



ARTICLES OF THE CONFERENCE

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
Georgian Technical University

საქართველო, თბილისი
12-13 ოქტომბერი, 2023 წელი

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRACTICAL CONFERENCE
MODERN CHALLENGES AND ACHIEVEMENTS IN INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES - 2023**



**12-13 OCTOBER 2023
TBILISI, GEORGIA**

საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია
„თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები
ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში - 2023“

კონფერენციის საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტი:

- თავმჯდომარე:** პროფესორი დავით გურგენიძე
- თანათავმჯდომარე:** პროფესორი თამარ ლომინაძე
- თანათავმჯდომარე:** პროფესორი მარიო ნოიგებაუერი (გერმანია)
- თანათავმჯდომარე:** პროფესორი ტომას ვიდემანი (გერმანია)

წევრები:

საქართველო

პროფესორი ლევან კლიმიაშვილი, პროფესორი ზურაბ გუდავაძე, პროფესორი ზურაბ გასიტაშვილი, პროფესორი კარლო კოპალიანი, პროფესორი თამარ წერეთელი, პროფესორი დევი ზვედელიანი, პროფესორი დავით მახვილაძე, პროფესორი ლილი პეტრიაშვილი, პროფესორი ნონა ოთხოზორია, პროფესორი თინათინ კაიშაური, პროფესორი გია სურგულაძე, პროფესორი ზურაბ ბოსიკაშვილი, პროფესორი სერგო შავგულიძე, პროფესორი ვახტანგ კვარაცხელია, პროფესორი ბესარიონ შანშიაშვილი, პროფესორი რევაზ (ივერი) კაკუბავა, პროფესორი ზაალ აზმაიფარაშვილი, პროფესორი მერაბ ახობაძე, პროფესორი აკაკი გიგინეიშვილი, პროფესორი მედეა თევდორაძე, პროფესორი ლევან იმნაიშვილი, პროფესორი ქეთევან კოტრიკაძე, პროფესორი დავით ნატროშვილი, პროფესორი მარინა ქურდაძე, პროფესორი იოსებ ქართველიშვილი, პროფესორი მარიამ ჩხაიძე, პროფესორი ზვიად ლურჯვანია, პროფესორი თემურ ცაბაძე

გერმანია

- პროფესორი მარკ განსბერგერ (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, დრეზდენი)
- პროფესორი დომენიკ შტოფელი (ტექნიკური უნივერსიტეტი, კაიზერსლაუტერნი)
- მიხეილ მიულერი (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, ვილდაუ)
- პროფესორი რობერტ მანცკე (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, კილი)

იტალია:

- ასოც. პროფესორი ანტონინო გალატი (ტექნიკური უნივერსიტეტი, პალერმო);
- ასოც. პროფესორი ნიკოლა ჯაკუინტო (პოლიტექნიკური უნივერსიტეტი, ბარი)

საბერძნეთი:

- პროფესორი კონსტანტინოს ბარლასი (საბერძნეთის დასავლეთ ატიკის უნივერსიტეტი)

უნგრეთი:

- პროფესორი იანოშ შტრიკი (დებრეცენის უნივერსიტეტის)

პოლონეთი:

- პროფესორი კშიშტოფ როკოში (კოშალინის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი, კოშალინი)
- ასოც. პროფესორი ვიტალი ბონდარიევი (ლუბლინის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი)

ესპანეთი

- ასოც. პროფესორი მანუელ ბარიო (ვალადოლიდის უნივერსიტეტი)

ინგლისი:

- პროფესორი დევიდ კოლინზი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)
- პროფესორი ფილიპა ჩემენი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)
- დოქტორი დანილა პრიკაზჩიკოვი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)

კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტი:

თავმჯდომარე: პროფესორი ლილი პეტრიაშვილი

წევრები: ზაზა ბუაჩიძე, პროფესორი დავით კაპანაძე, ასოც. პროფესორი ლადო ადამია, პროფესორი მიხეილ რამაზაშვილი, პროფესორი ნუგზარ ამილახვარი, ასოც. პროფესორი დალი მაგრაქველიძე, პროფესორი დავით გულუა, პროფესორი მზია კიკნაძე, პროფესორი ირინა ხომერკი, პროფესორი თალიკო ყვანია, პროფესორი ლევან ხეთაგური, ასოც. პროფესორი ლაშა იაშვილი, ასოც. პროფესორი მიხეილ ჩიხრაძე, ასოც. პროფესორი ოთარ თავდიშვილი, ასოც. პროფესორი ნინო თოფურია, ასოც. პროფესორი ეკატერინე გვარამია, ასოც. პროფესორი ეკატერინე ბოჭორიძე, ასოც. პროფესორი ნატალია გაბაშვილი, ასისტ. პროფესორი ნინო ჟიჟილაშვილი, ასოც. პროფესორი რუსუდან პაპიაშვილი, დოქტორანტი ანა გერგაული, დოქტორანტი ეკატერინე პაპავა, დოქტორანტი მირანდა ღვალაძე, ეკა მეგრელიშვილი, თეა ნატროშვილი, ნათია ქუხილავა

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023

ISBN 978-9941-512-06-3

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირ ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე. საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.



ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.

International Scientific committee of the conference:

Chairmen: Professor Davd Gurgenidze

Co Chairmen: Professor Tamar Lominadze

Co Chairmen: Professor Mario Neugebauer (Germany)

Co Chairmen: Professor Thomas Wiedemann (Germany)

Members:

Georgia

Professor Levan Klimiashvili, Professor Zurab Gudavadze, Professor Zurab Gasitashvili, Professor Karlo Kopaliani, Professor Tamar Tcereteli, Professor Devi Khvedeliani, Professor David Makhviladze, Professor Lily Petriashvili, Professor Nona Otkhozoria, Professor Gia Surguladze, Professor Zurab Bosikashvili, Professor Sergo Shavgulidze, Professor Vakhtang Kvatariskelia, Professor Besarion Shanshiashvili, Professor Iveri (Revaz) Kakubava, Professor T. Kaishauri, Professor Z. Azmaiparashvili, Professor M. Akhobadze, Professor A. Gigineishvili, Professor M. Tevdoradze, Professor L. Imnaishvili, professor K. Kotrikadze, Professor D. Natroshvili, Professor I. Kartvelishvili, Professor M. Kurdadze, Professor M. Chkhaidze, Professor Z. Ghurtskaya, Professor T. Tsadadze

Germany

- Professor Mark Gansberger (University of Applied Sciences, Dresden)
- Professor Domenic Stoffel (Technical University, Kaiserslautern)
- Michael Müller (University of Applied Sciences, Wildau)
- Professor Robert Manzke (University of Applied Sciences, Kiel)

Italy

- Assoc. Professor Antonino Galati (Technical University, Palermo)
- Assoc. Professor Nicola Giaquinto (Polytechnic University, Bari)

Greece

- Professor Constantinos Barlas (University of Western Attica, Greece)

Hungary

- Professor Janosz Strik (University of Debrecen)

Poland

- Professor Krzysztof Rokos (University of Technology, Warsaw)
- Assoc. Professor Vitaly Bondariev (Lublin University of Technology)

Spain

- Assoc. Professor Manuel Barrio (University of Valladolid)

England

- Professor David Collins (Technical University, Keele)
- Professor Philippa Chapman (University of Technology, Keele)
- Dr. Danila Prikazchikov (Technical University, Ki)

Conference Organizing Committee:

Chairman: Professor L. Petriashvili

Members: Z. Buachidze, Professor Dav

id Kapanadze, Assoc. Professor Lado Adamia, Professor M. RamazaSvili, Professor N. Amilakhvari, Assoc. Professor Dali Magrakvelidze, Professor Davod Gulia, Professor L. Khetaguri, Professor M. Kiknadze, Professor I. Khomerik, Professor T. Zhvania, Assoc. Professor L. Iashvili, Assoc. Professor M. Chikhradze, Asst. Professor O. Tavdishvili, Assoc. Professor N. Topuria, Assoc. Professor E. Gvaramia, Assoc. Professor E. Bochoridze, Assoc. Professor N. Gabashvili, Asst. Professor N. Zhizhilashvili, Assoc. Professor R. Papiashvili, A. Gergauli, E. Papava, M. Gvaladze, E. Megrelishvili, T. Natroshvili, N. Kukhilava

© Publishing House - Technical University, 2023

ISBN 978-9941-512-06-3

<http://www.gtu.ge>

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced (will this be a text, photo, illustration or otherwise) in any form or by any means (electronic or mechanical) without the prior written permission of publisher.

Piracy is punished according to the law.

Author(s) are responsible for the accuracy of all the facts provided in the book.

The position of author(s) might not be coinciding with the position of the Publishing House.



იბეჭდება საორგანიზაციო კომიტეტის მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 28.11.2023. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.11.2023. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 22.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent

სარჩევი - Contents

- გია სურგულაძე, სოფიკო პაპავაძე, გულბათ ნარეშელაშვილი - ინფორმაციული საზოგადოება და სასწავლო პროცესის უნიფიცირებული მოდელირება	12
- ალექსი კობაიძე, მარიამ ჩხაიძე - მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის როლი მობილური აპლიკაციების განვითარებაში	20
- ანა ჯიქია, იზოლდა ყურაშვილი, მარინა ქურდაძე - ტელეკომუნიკაციის მართვის სისტემის ფუნქციონალურ ბლოკებს შორის ეკონომიკური პარამეტრებისა და მონაცემთა კლასიფიკაცია	25
- Badri Meparishvili, Gulnara Djanelidze and Irakli Khachidze - Some New Aspects of Knowledge Engineering	28
- ბადრი მეფარიშვილი, გულნარა ჯანელიძე, ირაკლი ხაჩიძე - ცოდნის ინჟინერიის ზოგიერთი ახალი ასპექტი	
- Alexander Sharmazanashvili, Salome Vashakidze - Development of the Simulation Tool for the Radiation Length in the HEP Experiments	36
- ალექსანდრე შარმაზანაშვილი, სალომე ვაშაკიძე - რადიაციის პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება HEP ექსპერიმენტების სიმულაციისათვის	
- დავით საცერაძე - ხელოვნური ინტელექტის პლატფორმების მიმოხილვა და მათი პერსპექტივები	43
- მირანდა ღვალაძე, მარიამ ჩხაიძე, ნინო აშორტია - სტრატეგიული გზა ხელოვნური ინტელექტისკენ	48
- Kitavich Mikheil - Automatic classification of pulmonary data recorded in real-life setting	53
- მიხეილ კიტაევიჩი - ფილტვის ბგერების ავტომატური კლასიფიკაციის გაუმჯობესება მონაცემთა ახალი ნაკრებით	
- Ekaterine Papava, Tamar Lominadze, Zurab Bosikashvili - Designing an NLP-Powered SEO API for Georgian Language Leveraging Technology for Intelligent Content Optimization	61
- ეკატერინე პაპავა, თამარ ლომინაძე, ზურაბ ბოსიკაშვილი - ქართულ ენისთვის SEO API-ის დაპროექტება ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდებით	
- თამარ ლომინაძე, სოფიკო გოგოლაძე, ლელა პაპავა - ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები „ჭკვიან“, საკლასო ოთახში	68
- მაგდა ბერუაშვილი - ხელოვნური ინტელექტი და მართლმსაჯულება - შესაძლებლობები და რისკები	75
- თამაზ გიგილაშვილი, გიორგი გიგილაშვილი, ირინე გოცირიძე - Microsoft Excel-ის აპლიკაცია AHP მეთოდის რეალიზებისთვის	81
- გივი მურჯიკნელი, კოტე ბეგიაშვილი - მობილური კავშირის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შეფასება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე	85
- Tamaz Sulaberidze, Otar Tavdishvili, Zurab Alimbarashvili - Digital image enlarging using the generalized interpolation formulae	91
- თამაზ სულაბერიძე, ოთარ თავდიშვილი, ზურაბ ალიმბარაშვილი - ციფრული გამოსახულების გადიდება ინტერპოლაციის განზოგადებული ფორმულების გამოყენებით	
- ნუგზარ ამილახვარი, გია სურგულაძე - კომპანიის მართვის სისტემის მონაცემთა ბაზების შემუშავების თავისებურებანი	95
- Didmanidze Ibraim, Zaslavski Vladimir, Thkhilashvili Rima - Raising security of information systems	104
- დიდმანიძე იბრაიმ, ზასლავსკი ვლადიმერ, თხილაიშვილი რიმა - საინფორმაციო სისტემების უსაფრთხოების ამაღლება	

- მედეა თევდორაძე, ნინო მელიქიძე, ნინო ლუდუშაური - ორგანიზაციის IT-სტრატეგიის შემუშავება	108
- მაია მიქელაძე, ნორა ჯალიაბოვა, ნათელა ანანიაშვილი - ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება იშვიათი დაავადებების მკურნალობის მართვაში	116
- მარიამ წიკლაური, გიორგი სარიშვილი - ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლების მონიტორინგის სისტემა	123
- სერგო შავგულიძე, ნოდარ უღრელიძე, მამუკა ჩხაიძე - მომდევნო თაობის თანამგზავრული საკომუნიკაციო ქსელები	129
- ნონა ოთხოზორია, ანი კუდუხაშვილი - Python რეალური დროის სისტემებში	136
- ილია მოსაშვილი - RFID ტექნოლოგიის გამოყენებით რეალურ დროში იდენტიფიცირებისა და თრექინგის საგამოცდო სისტემა	140
- Besarion Shanshiashvili - IDENTIFICATION OF CLOSED-LOOP NONLINEAR SYSTEMS USING ONE CLASS OF BLOCK-ORIENTED MODELS	145
- ბესარიონ შანშიაშვილი - უკუკავშირის არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაცია ერთი კლასის ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების გამოყენებით	
- ლოლიტა ბაჟანიშვილი, მზიანა ნაჭყებია - რისკების პროგნოზირება პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესში	154
- ნინო ჟიჟილაშვილი, ლია რუხაძე - 5G ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული ზოგადი ტენდენციები და საქართველოს სატელეკომუნიკაციო სივრცეში ამ მხრივ არსებული გამოწვევები	162
- ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია - კომპიუტერული სისტემისთვის პროცესორის შერჩევის საკითხისათვის	170
- Lily Petriashvili, Kai Nobach - A Scientific Exploration of the Synergistic Impact of Big Data Analysis and Artificial Intelligence on Control and Monitoring Functions	176
- ლილი პეტრიაშვილი, კაი ნობახი - დიდ მონაცემთა ანალიზისა და ხელოვნური ინტელექტის გავლენა საკონტროლო და მაკონტროლებელ ფუნქციებზე	
- თამარ ბუზიაშვილი - რელაციურ - Microsoft SQL Server-ის და არარელაციურ - Mongo DB მონაცემთა ბაზების უსაფრთხოება	183
- გელა ღვინევაძე, ნინო ჩორბაული - ზოგიერთი სიახლის შესახებ ვებტექნოლოგიების სწავლებიდან	186
- ინგა აბულაძე, ნანა მალლაკელიძე, სანდრო იაშვილი - ხელოვნური ინტელექტის როლი განათლებაში	194
- გიორგი თანდილაშვილი, დავით კაპანაძე, თალიკო ჟვანია - ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის კლასიფიკაციის ასპექტები	198
- Tengiz Bakhtadze, Irakli Rodonaia, Vakhtang Rodonaia - Multiagent Decision Processes in Supply Chain Risk Management	206
- თენგიზ ბახტაძე, ირაკლი როდონაია, ვახტანგ როდონაია - მულტიაგენტური გადაწყვეტილების პროცესები მიწოდების ჯაჭვის რისკების მართვაში	
- ნინო თოფურია, შალვა ზაკალაშვილი, მარინა კაშიბაძე - დოკუმენტ-პროცესინგი ხელოვნური ინტელექტის მოდელების საშუალებით	214
- იური მოდებაძე, ვახტანგი აბულაძე, გურამი მურჯივანი - ოპტიკურ ბოჭკოში ოთხი ტალღის გავრცელებისას FWM ეფექტის გამოკვლევა LabVIEW პროგრამის გამოყენებით	218

- ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინიშვილი, არჩილ ჭოველიძე - საინჟინრო პროფილის საგანმანათლებლო დაწესებულებების მიერ ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების ერთი ტექნოლოგიის შესახებ	224
- ინგა აბულაძე, ნანა მალლაკელიძე, სანდრო იაშვილი - ხელოვნური ინტელექტის როლი განათლებაში	231
- ნოდარი აბელაშვილი, მალხაზ ბაბუაშვილი - გლუკოზის რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრის შედარებითი ანალიზი სხვადასხვა აპარატურული მეთოდის გამოყენებით	235
- ზაალ აზმაიფარაშვილი, გურამ მურჯიკნელი, ლადო სეხნიაშვილი - მიკროპროცესორული საზომი სისტემა პირველადი ინფორმაციის მიღების ოპტიკური არხებით	242
- ლაშა იაშვილი - AI ტექნოლოგიები ვებ პროგრამირებაში	250
- ლევანი ჯულაყიძე*, ზურაბ ქოჩლაძე**, თინათინ კაიშაურიჭ - ახალი კრიპტოგრაფიული ალგორითმის აგების შესაძლებლობა	255
- მზია კიკნაძე, ივანე მაკასარაშვილი, ეკატერინე გვარამია - ციფრული რეკონსტრუქციის სისტემა	261
- მერაბ ფხოველიშვილი, ზაზა ცირამუა, ნათელა არჩვაძე - მრავალფაქტორული პროგნოზირების ახალი ალგორითმი	267
- მანანა გოგბერაშვილი, ვახტანგი აბულაძე, ჯანიკო ხუნწარია - ციფრულ გამოსახულებათა კოდირების ადაპტური ალგორითმი	274
- მარეხ მაზანაშვილი, შორენა დეკანოსიძე - თერმოწყვილებიდან IR სენსორებამდე: მოგზაურობა ტემპერატურის მგრძნობელობის ტექნოლოგიებში	281
- მარინა ქურდაძე, გედევან მურჯიკნელი, გიორგი მურჯიკნელი - შემოთავაზებული კრიტერიუმებით საიმედოობის გათვლის ალგორითმი სატელეკომუნიკაციო სისტემებში	289
- ნიკა შარაშენიძე, თამარი მენაბდე - რეალური დროის განაწილებულ ჩაშენებულ სისტემებში რესურსების გამოყენების გაუმჯობესების გზები და საშუალებები	295
- მედეა თევდორაძე, ია გაიშვილი, თამარ ასათიანი - მონაცემთა საცავების გავლენა BI-ის და ბიზნესის ეფექტიანობაზე	298
- ნუგზარ ყოჩიაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი - მონაცემთა ცენტრის თანამედროვე გამოწვევები	306
- ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, მალხაზ სულაშვილი - ნეტერის თეორემის გამოყენებითი ასპექტები ოპტიმალური მართვის თეორიაში	309
- ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ირმა კუცია - ციფრული წიგნიერების ასპექტები და გამოწვევები	315
- ოთარ შონია, სოფიო შინჯიკაშვილი, ავთანდილ ბიჩნიგაური - 6G კომპიუტერული ქსელების საფრთხეების კვლევა კიბერუსაფრთხოების თვალსაზრისით	318
- ოთარი მაჩალაძე - ინფორმაციული საზოგადოება და ICT გამოწვევების ეფექტურად მართვა Jira-ტექნოლოგიის საფუძველზე	325
- რევაზ სვანიძე, მამუკა ჩხაიძე, ვახტანგი აბულაძე - გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა	328
- რევაზ სვანიძე, მამუკა ჩხაიძე, ვახტანგი აბულაძე - გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მუშაობის ანალიზი	333
- ვანო ოთხოზორია, ეკა ახლოური - რთული სიგნალების ფრაქტალური კლასიფიკაციის მეთოდი	340
- ზალომე მახარაძე, ჯატანა ბურკაძე, ჰელვირა ბჟინავა - მე-5 თაობის (5G) მობილური ქსელების გამოსხივების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე	346

- ნიკო სულხანიშვილი, რევაზ სვანიძე, ვახტანგ აბულაძე - სატელეკომუნიკაციო სიგნალების მათემატიკური დამუშავების თანამედროვე მეთოდები MATLAB-ის გამოყენებით	353
- ემელიანე გოგილიძე, ნათია გოგილიძე - თანამედროვე ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გავლენა საზოგადოების ფორმირებაზე	365
- ლელა გაჩეჩილაძე, ანა მარგველაშვილი - იერარქიების ანალიზის მეთოდის საფუძველზე სმარტფონის შერჩევის ალგორითმის შემუშავება	376
- სულხან ხუციშვილი, ზურაბ გასიტაშვილი, მაკა ხართიშვილი - ინოვაციური ბიზნეს მოდელების ფორმირების ძირითადი მიდგომების ანალიზი	383
- ილია ბაჯელიძე, გივი მურჯიკნელი - მობილური კავშირის ქსელში მობილობის პროცესის ოპტიმიზაცია მომხმარებლის ტერმინალების დაჯგუფების და მათი ჰენდოვერების ცენტრალიზებული მართვის მეთოდის გამოყენებით	390
- ირმა დავითაშვილი - ბურთის ძელზე წონასწორობის მოდელირება და მართვა	397
- ვიქტორ ნანობაშვილი, ჯანკო ხუნწარია, ვახტანგ აბულაძე - MILLER ტიპის სახაზო კოდში შეცდომების აღმოჩენის საკითხები	404
- იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი, ნინო ჩორხაული - ქსელური შეტევების აღმოჩენის არსებული მეთოდების მიმოხილვა და ანალიზი	410
- ირინა ჩხეიძე, მედეა ნარჩქემაშვილი, ნიკოლოზ აბზიანიძე - ფრაქტალური მეთოდების საფუძველზე დროით ცვლადი პროცესების გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის განხილვა	416
- ომარ შამანაძე, ომარ ტყეშელაშვილი, თემურ ბერიანიძე - YouTube-ის გამოცდილების ხარისხის (QoE) გაზომვა ქსელური და აპლიკაციის დონის (QoS) პარამეტრებით	422
- ნიკოლოზ ბჟალავა - ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში აბონენტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის პრობლემები და მათი გადაწყვეტა კერძო VLAN-ის საშუალებით	427
- Aleksandre Labadze, Zviad Ghurtskaia - Diabetic Retinopathy Classification using Hybrid Deep Learning Method	431
- ალექსანდრე ლაბაძე, ზვიად ღურცაია - დიაბეტური რეტინოპათიის კლასიფიცირება ღრმა სწავლების ჰიბრიდული მეთოდის გამოყენებით	
- გოჩიტაშვილი ლალი, დვალა თორნიკე, აფციაური ია - ინტერნეტ-ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტურობა და სარგებლიანობა ეკონომიკაში (ელექტრონულ კომერციაში)	440
- ირინა ხომერიკი, ანი კუდუხაშვილი - ბლოკჩეინის როლი ნივთების იტერნეტში, გამოწვევები, შესაძლებლობები	447
- ნინო ჯოჯუა, ეკატერინე ბოჭორიძე, ნინო წიკლაური - მობილური აპლიკაციები და მათი შექმნის თავისებურებები პლატფორმების გათვალისწინებით	452
- ვალიდა სესაძე, გელა ჭიკაძე - დიდი სისტემებში ინფორმაციული უსაფრთხოების რისკების მდგომარეობის შეფასება ალბათური კრიტერიუმების გამოყენებით	456
- ნოდარ ლომინაძე, რუსუდან პაპიაშვილი - ინფორმაციული უსაფრთხოების მოდელების სრულყოფის ტენდენციები	463
- ნიკა ბერიძე - მზის მოძრაობის მიმყოლი სისტემის შემუშავება	466
- ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარ ნარიანაშვილი - მართვის სივრცულად განაწილებული ობიექტების მოდელირება PDE Toolbox პაკეტის გამოყენებით	474
- ჭატანა ბურკაძე, ჟსლომე მახარაძე - ფიჭური ქსელები, Wi-Fi ქსელები და Li-Fi ქსელები	480
- ნინო ხაინდრავა - ტექნოლოგიური ინსტრუმენტების გამოყენება განათლებაში	488
- ნატალია გაბაშვილი, თამარ გაბაშვილი, თეონა ჭილაძე - თანამედროვე ტექნოლოგიები ტყის რესურსების მონიტორინგსა და მდგრად მართვაში	492
- ავთანდილ ბიჩნიგაური, იოსებ ქართველიშვილი, ლუკა შონია - ფიზინგისა და მანე კოდის მქონე ვებგვერდების პრევენციის ეფექტური მექანიზმის მოდელის შემუშავება და რეალიზაცია ვებბრაუზერის გარემოში	499

- ანა ფიცხელაური, ირინე გოცირიძე - In-vivo დოზიმეტრიის შედეგები ბრაქითერაპიის პაციენტებში 2018-2022 წწ. 505
- ქეთევან კოტრიკაძე, ნანა კურკუმული - რობასტული მართვა და მისი ზოგიერთი ასპექტები 508
- ანა გერგაული, მედეა თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი - ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენება ადამიანური რესურსების შეფასების საკითხებში 514
- Tamaz Minashvili, Giorgi Iluridze, Ketevan Davitadze - **Interface modification and optical properties of the Au/InAs(100) structures upon heating** 519
თამაზ მინაშვილი, გიორგი ილურიძე, ქეთევან დავითაძე - Au/InAs(100) სტრუქტურების ინტერფეისის და ოპტიკური თვისებების მოდიფიკაცია გახურებისას
- Nino Grigalashvili - Artificial Intelligence driven tools impact on Economics 523
ნინო გრიგალაშვილი - ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების გავლენა ეკონომიკაზე
- Zurab Bosikashvili, Tamar Bosikashvili, Ketevan Bosikashvili - Using Blocking Meta-heuristics in the Models of Deep Learning 527
ზურაბ ბოსიკაშვილი, თამარ ბოსიკაშვილი, ქეთევან ბოსიკაშვილი - ღრმა სწავლების მოდელებში ბლოკირებათა მეტა-ევისტიკების გამოყენების შესახებ
- Zurab Bosikashvili, Giorgi Kvartskhava, Merab Machavariani - Identification and analyses of tree species using UAV images of forests and deep machine learning models 535
ზურაბ ბოსიკაშვილი, გიორგი ქვარცხავა, მერაბ მაჭავარიანი - ხეების სახეობების იდენტიფიკაცია და ანალიზი ღრმა მანქანური სწავლების მოდელების და უპილოტო საფრენი აპარატიდან გადაღებული ტყის სურათების გამოყენებით

ინფორმაციული საზოგადოება და სასწავლო პროცესის უნიფიცირებული მოდელირება

გია სურგულაძე, სოფიკო პაპავაძე, გულბაათ ნარეშელაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.surguladze@gtu.ge, sopopapavadze@yahoo.com, g.nareshelashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების მიზნით საგანმანათლებლო ობიექტების ინტენსიფიკაციის საკითხები ახალი ციფრული ტექნოლოგიების საფუძველზე. წარმოდგენილია საგანმანათლებლო დაწესებულებათა (სკოლა, კოლეჯი, უნივერსიტეტი) საქმიანი პროცესების ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზი, კლასიფიკაცია და იმ საპრობლემო ამოცანების გამოყოფა, რომლებიც მნიშვნელოვანია ამ სფეროში და ჯერ კიდევ არაა დამუშავებული და დანერგილი. კერძოდ, სტატიაში შემოთავაზებულია სასკოლო და საუნივერსიტეტო სასწავლო პროცესებისთვის მოსწავლეთა/სტუდენტთა (საკონტროლო დავალების, გამოცდის) ნაშრომების შეფასების ავტომატიზებული სისტემა უნიფიცირებული მოდელირების ინსტრუმენტის და მანქანური დასწავლის ალგორითმების გამოყენებით Python-ენაზე). სისტემის სუფთა არქიტექტურა შემუშავებულია სოფთის პროექტირების DDD-მეთოდით და Oracle, MsSQL Server და NoSQL-ის Redis ბაზებით. აგებულია კვლევის ობიექტის ბიზნეს-მოთხოვნილებათა ანალიზის, ინტერაქტიული სცენარების და პროექტირების მოდელები, აგრეთვე შესაბამისი პროგრამული C#-კოდები კლასთა-ასოციაციის დიაგრამიდან კოდის ავტომატური გენერაციის საშუალებით. პროგრამული აპლიკაციის მწარმოებლურობა მოწმდება სტრეს-ტესტირებით ექსტრემალური დატვირთვის პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული საზოგადოება. საგანმანათლებლო დაწესებულება. სასწავლო პროცესი. უნიფიცირებული მოდელირება. საგამოცდო ნაშრომის შეფასება.

შესავალი:

განათლების სისტემის განვითარების ძირითადი მიმართულებები მიზნად ისახავს სწავლებისა და კვლევის ხარისხის, რელევანტურობისა და ხელმისაწვდომობის სრულყოფას გრძელვადიანი ეკონომიკური ზრდისა და სოციალური სტაბილურობის ხელშესაწყობად [1]. ამიტომაც, მეტად აქტუალურია მოსწავლეთა განათლების ხარისხის გაუმჯობესება, მისი მენეჯმენტის პროცესების ავტომატიზაცია/გაციფრულება და გამჭირვალობა. ასეთი ინოვაციური პროექტები ხელს უწყობს განათლების სფეროს პედაგოგთა, მოსწავლეთა და სხვა დაინტერესებულ პირთა ფართო მასების ჩართვას ერთიან სოციალურ ავტომატიზებულ სისტემაში, რაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წინაპირობაა ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირებისათვის [2].

ჩვენ მიერ შემუშავებული და წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილი პროექტის შედეგები ორიენტირებულია ისეთი მოქნილი მართვის სისტემის აგებაზე, რომელიც მორგებულია პედაგოგებზე, მოსწავლეებსა და მათ მშობლებზე (როგორც სისტემის მომხმარებლებზე) [3].

ამჯერად განვიხილავთ განათლების საპრობლემო სფეროს (სკოლა, კოლეჯი, უნივერსიტეტი) სასწავლო პროცესში მოსწავლეთა / სტუდენტთა საგამოცდო ნაშრომთა (ან დავალებათა შესრულების) ავტომატიზებული ანალიზის და შეფასების საკითხებს.

კვლევის მეთოდების სახით გამოვიყენეთ პროცესების უნიფიცირებული მოდელირების მეთოდები და მანქანური დასწავლის ალგორითმები [4,5].

ძირითადი ნაწილი:

მოსწავლის შეფასების პროცესის უნიფიცირებული მოდელირება

საჯარო სკოლის მაგალითზე განვიხილოთ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საქმიანი პროცესის, კერძოდ მასწავლებლის მიერ მოსწავლეთა შეფასების ამოცანა, დავალებების და საგამოცდო საკითხების შესრულების საფუძველზე. საჭიროა განისაზღვროს ამ პროცესის განსახორციელებლად აუცილებელი რესურსები: როლები (ვინ), ფუნქციები (ბიზნესპროცესები) და როგორ (რა ბიზნესწესებით ხდება მართვა).

ვიყენებთ სკოლის საგნობრივი სფეროს საქმიანი პროცესის უნიფიცირებული მოდელირების ინსტრუმენტს, რომელიც ეყრდნობა სისტემების ობიექტ-ორიენტირებულ ანალიზს და ობიექტ-ორიენტირებულ დაპროექტებას [6,7].

1-ელ ნახაზზე მოცემულია UML-ის UseCase დიაგრამა 4 როლით და 20 ფუნქციით (შეიძლება იყოს ალტერნატიული ვარიანტიც).

ნახ. 1. შეფასების სისტემის UseCase დიაგრამა (სკოლა)

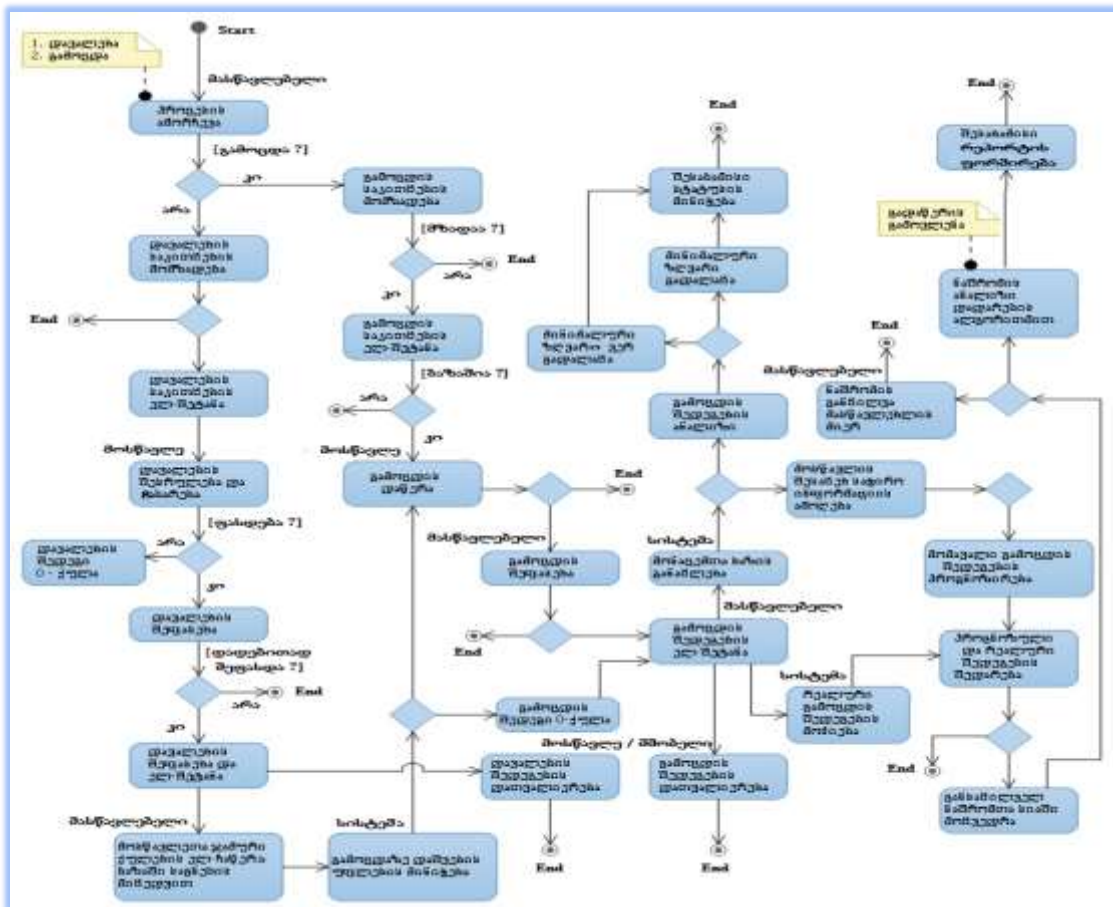
➤ *მასწავლებელი*. მისი ფუნქციებია: დავალების საკითხების მომზადება; გამოცდის საკითხების მომზადება; დავალების საკითხების ელ-შეტანა; გამოცდის საკითხების ელ-შეტანა; დავალების საკითხების შეფასება; გამოცდის საკითხების შეფასება; დავალების შედეგების ელ-შეტანა; გამოცდის შედეგების ელ-შეტანა;

➤ *მოსწავლე*. მისი ფუნქციებია: დავალების მომზადება (შესრულება); დავალების ჩაბარება; დავალების შედეგების დათვალიერება; გამოცდის დაწერა; გამოცდის შედეგების დათვალიერება; მომავალი გამოცდის შედეგების პროგნოზირებისთვის საჭირო მონაცემების შეგროვება;

➤ *მშობელი*: მისი ფუნქციებია: დავალების შედეგების დათვალიერება; გამოცდის შედეგების დათვალიერება; მომავალი გამოცდის შედეგების პროგნოზირებისთვის მონაცემების შეგროვება;

➤ *სისტემა*: მისი ფუნქციებია: გამოცდაზე დაშვების უფლების მინიჭება; გამოცდის შედეგების ანალიზი (გადალახა თუ არა მინიმალური ზღვარი); სავარაუდო გადაწერის მცდელობის აღმოჩენა; შესაბამისი გამოცდის პროგნოზული შედეგების გენერირება; მომავალი გამოცდის შედეგების პროგნოზირებისთვის საჭირო მონაცემების შეგროვება; მომავალი გამოცდის შედეგების პროგნოზირება.

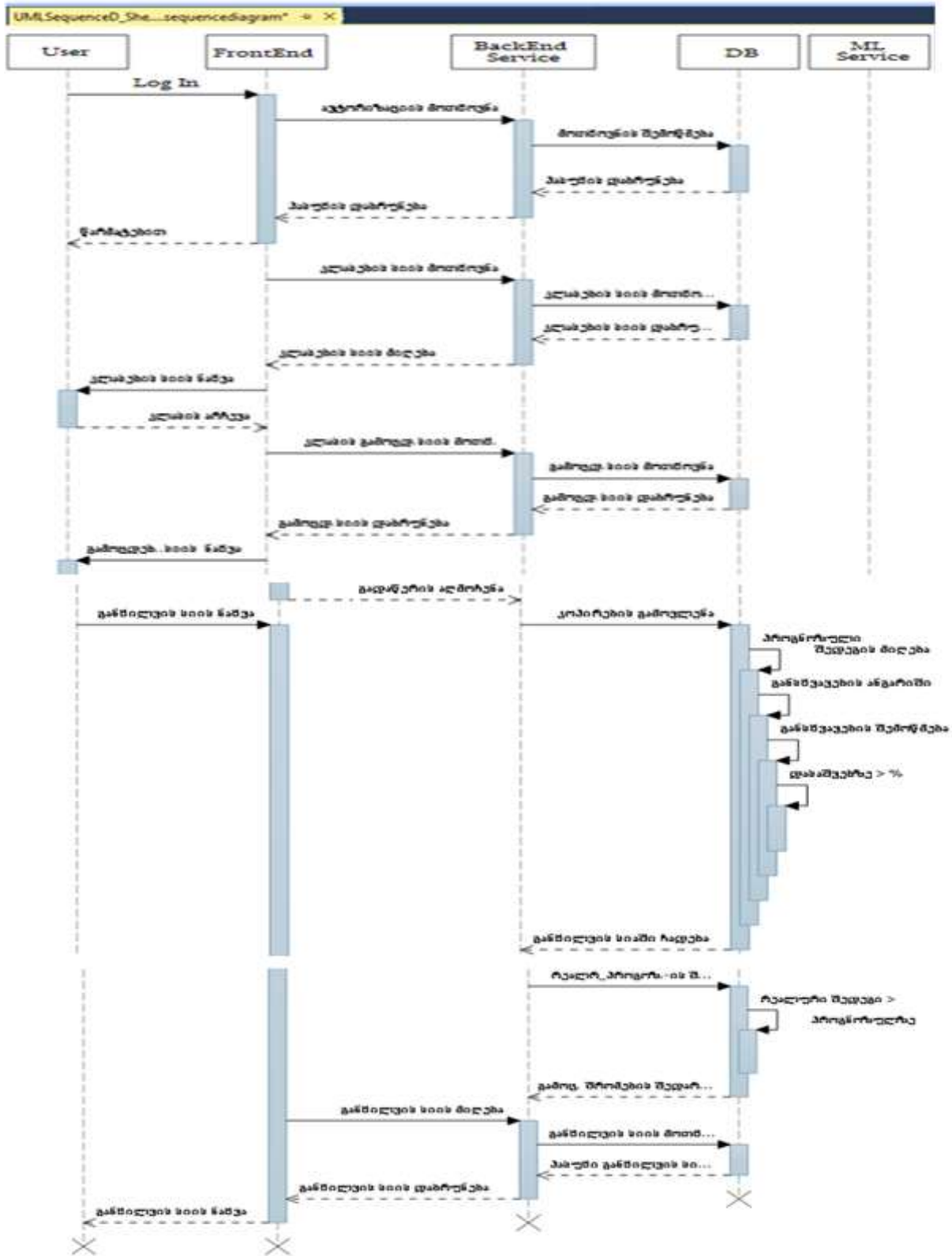
მე-2 ნახაზზე მოცემულია UML-ის *აქტიურობათა დიაგრამა* მოსწავლეთა (სტუდენტთა) შეფასების პროცესისათვის. იგულისხმება მათ მიერ სავალდებულო (სემესტრალური) დავალებების შესრულების და ბოლოს, გამოცდის ჩაბარების პროცესების შეფასება.



ნახ. 4.3. მოსწავლის შეფასების Activity დიაგრამა

ნახაზზე ჩანს ამ პროცესში მონაწილე როლები და მათი ფუნქციები. რომლებში ჩადებულია პროცესის ბიზნესრესები, რომელთა საფუძველზე ხდება გადაწყვეტილების მიღება და მომდევნო პროცესის არჩევა. დიაგრამას აქვს ერთი დასაწყისი (Start) და რამდენიმე დასასრული (End).

შემდეგ ეტაპზე პროექტს დავამატეთ მოსწავლეთა გამოცდის შედეგების შეფასების პროცესის „სცენარი“ – *მიმდევრობითობის (Sequence) დიაგრამა*, იგი შედგება კლასთა ობიექტების და მათი მოქმედების ბილიკებისგან, სადაც თავსდება ფუნქციური ქმედებები (შეტყობინებები) დროში მიმდევრობით (ზემოდან-ქვემოთ) (ნახ.3).



ნახ. 3. მოსწავლეთა შეფასების პროცესის სცენარის წარმოდგენა Sequence დიაგრამით

მე-4 ნახაზზე წარმოდგენილია UML-ის კლასთა-ასოციაციის დიაგრამა. ესაა კლასების დაკავშირებით მიღებული ერთიანი სქემა „მოსწავლეთა შეფასების“ კონკრეტული ამოცანისათვის. კავშირები შეიძლება იყოს: ასოციაციური, მემკვიდრეობითი, აგრეგატული და რელაციური [6].

ნახ.4. მოსწავლეთა საგამოცდო შეფასების ამოცანის კლასთა დიაგრამა
(აგებული Visual Studio.NET პლატფორმაზე)

დაგვრჩა CASE ტექნოლოგიის ბოლო, მნიშვნელოვანი ბიჯი - C# კოდის გენერაცია. მაუსის მარვენა ღილაკით გამოიტანება კონტექსტური მენიუ და ვირჩევთ *Generate Code*. იგი ავტომატურად წერს C# პროგრამის ტექსტს ჩვენი კლასთა დიაგრამისათვის. ესაა დაპროგრამების ავტომატიზაციის საფეხური, როცა სისტემა მოდელიდან აგებს პროგრამულ კოდს. ლისტინგზე ნაჩვენებია ერთი კოდის ფრაგმენტი.

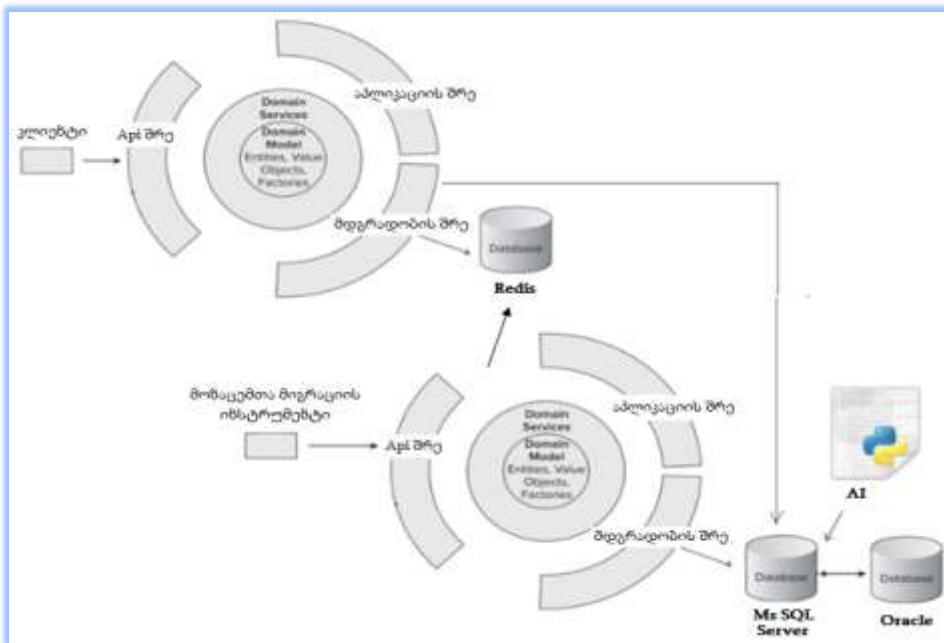
```
// ---- ლისტინგი 1. Pupils.cs --- (მოსწავლეები)-----
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
public class Pupils
{
    public virtual object Pupil_ID { get; set; }
    public virtual object firtdtName { get; set; }
```

```

public virtual object lastName { get; set; }
public virtual object personalID { get; set; }
public virtual object gender { get; set; }
public virtual object citizenship { get; set; }
public virtual object birthDate { get; set; }
public virtual object address { get; set; }
public virtual object MobNum { get; set; }
public virtual object sMail { get; set; }
public virtual object classID { get; set; }
public virtual object branchID { get; set; }
public virtual object recDate { get; set; }
public virtual object User_ID { get; set; }
public virtual object Branch_ID { get; set; }
public virtual Users Users { get; set; }
public virtual Branches Branches { get; set; }
public virtual void insert() { throw new System.NotImplementedException(); }
public virtual void update() { throw new System.NotImplementedException(); }
public virtual void delete() { throw new System.NotImplementedException(); }
}

```

საგანმანათლებლო ობიექტის მართვის საინფორმაციო სისტემის მიკროსერვისული სუფთა არქიტექტურის დასაპროექტებლად გამოყენებულია დომენზე ორიენტირებული დიზაინი (DDD), ხოლო მონაცემთა ბაზებისათვის - Oracle, Ms SQL Server და NoSQL-ის Redis ბაზები (ნახ. 5) [10].



ნახ. 5. სისტემის არქიტექტურის მოდელი

მოსწავლის შეფასების სისტემის სტრეს-ტესტის შედეგები:

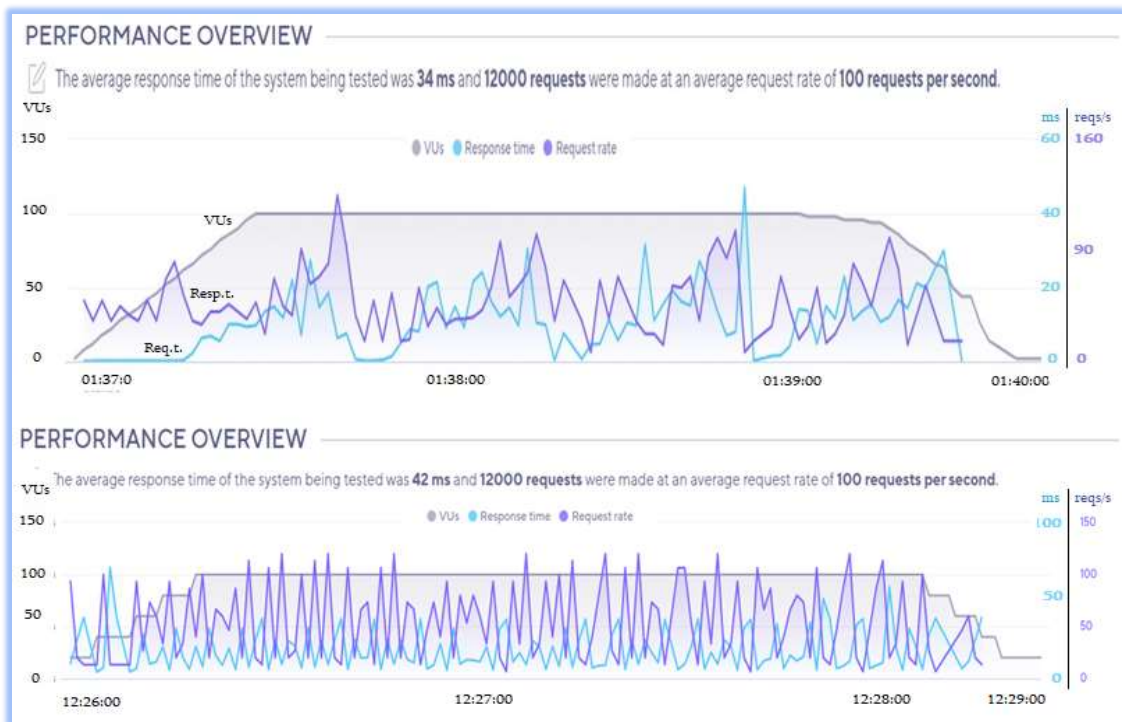
არსებობს პროგრამების შესრულების (performance - წარმადობა, მწარმოებლურობა, გამტარუნარიანობა) ტესტირების რამდენიმე სახე. მაგალითად, დატვირთვის ტესტირება (Load testing) და სტრეს ტესტირება (Stress testing). ისინი ამოწმებს, თუ როგორ მუშაობს პროგრამული აპლიკაცია, როდესაც მას ერთდროულად იყენებენ დიდი რაოდენობის

მომხმარებლები [9]. დატვირთვის ტესტირება ახდენს აპლიკაციის რეალური დატვირთვის სიმულაციას, სტრეს-ტესტი კი არის წარმადობის (შესრულების) ტესტის ტიპი, რომელიც ამოწმებს პროგრამული სისტემის ზედა ზღვარს ექსტრემალური დატვირთვის დროს.

სტრეს-ტესტები ამოწმებს, თუ როგორ იქცევა სისტემა ინტენსიური დატვირთვის დროს და როგორ აღდგება იგი ნორმალურ რეჟიმზე დაბრუნებისას; არის თუ არა ეფექტიანობის ძირითადი ინდიკატორები, გამტარუნარიანობა და რეაგირების დრო, იგივე, რაც დატვირთვის მატებამდე და სხვ.

პროექტის ფარგლებში არქიტექტურის გასატესტად ჩავატარეთ სტრეს-ტესტირება. გავუშვით ვირტუალური იუზერები წუთში 6000 მოთხოვნა (Request), ანუ წამში 100 მოთხოვნა.

მე-5 ნახაზზე გამოტანილია 2 წუთის მუშაობის შედეგები ორი ვარიანტისათვის - 34 და 42 მილიწამების შემთხვევაში.



ნახ. 5. სისტემის ტესტირების შედეგები 34 მწმ. და 42 მ.წმ შემთხვევაში

დასკვნა

აგებული სისტემისათვის გადაცემული 12000 მოთხოვნიდან პასუხები დაბრუნდა 34 მწმ და შემდეგ 42 მწმ-ში, მიმართვის მუშაობის საშუალო დროით 12000 Request-ისთვის (3 წუთი ჩანს დიაგრამაზე, მაგრამ ერთი წუთი დასჭირდა ჯერ იუზერების გენერირებას და შემდეგ ტესტის გაშვებას). წარმოდგენილი სისტემის არქიტექტურის, ბაზების და პროგრამული უზრუნველყოფის აგების საფუძველზე მარტივდება საგანმანათლებლო ობიექტების მენეჯმენტის პროცესები, მატულობს ეფექტიანობა და სისტემის მოქნილობა.

ლიტერატურა:

1. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. განათლებისა და მეცნიერების სისტემის განვითარების სტრატეგიული მიმართულებები. ინტერნეტ რესურსი: <https://www.mes.gov.ge/uploads/strategia..pdf>, (25.06.2023)

2. ჩოგვაძე გ., ფრანგიშვილი ა., ჯაგოდნიშვილი თ., სურგულაძე გ. საინფორმაციო სისტემებიდან ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ. სტუ, შრ.კრ. „მას“, N 1(23). თბ., 2017. გვ.7-16. DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3979>
3. პაპავაძე ს., სურგულაძე გ., ნარეშელაშვილი გ. სასწავლო დაწესებულების მენეჯმენტის პროცესების სრულყოფა ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“, N 1(32), 2021. გვ. 206-211. DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3979>
4. პაპავაძე ს. სასწავლო დაწესებულებებში გამოცდების შედეგების განხილვა და დამუშავება. სტუ-ს შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, N 1(32), 2021. გვ. 161-167
5. პაპავაძე ს. მანქანური დასწავლის მეთოდების გამოყენება სასწავლო დაწესებულებებში. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“, N 1(30), 2020. გვ. 124-130. DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3979>
6. Booch G., Jacobson I., rambaugh J. Unified Modeling Language for Object-Oriented Development. Rational Software Corporation, Santa Clara, 1996
7. ჩოგვაძე გ., სურგულაძე გ., თოფურია ნ., ხარიტონაშვილი მ. ინფორმაციული საზოგადოება და ინტერდისციპლინური სწავლება ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე. ISBN 978-9941-8-3338-0. მონოგრაფია. სტუ. „IT-კონსალტინგ.სამეცნ. ცენტრი“, თბ., 2021. –360 გვ.
8. ჩოგვაძე გ., ფრანგიშვილი ა., სურგულაძე გ. მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები და მონაცემთა მენეჯმენტი. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017, 1001 გვ.
9. Cohen N. What Is Performance Testing vs. Load Testing vs. Stress Testing? 2022. <https://www.blazemeter.com/blog/performance-testing-vs-load-testing-vs-stress-testing> (31.07.23)
10. სურგულაძე გ., პაპავაძე ს., მაჩალაძე ო. ინფორმაციული საზოგადოება და ინფორმატიკის დიდაქტიკა. ISBN 978-9941-8-5443-9. მონოგრაფია. სტუ. „IT-კონსალტინგ.სამეცნ. ცენტრი“, თბ., 2023. –260 გვ

INFORMATION SOCIETY AND UNIFIED MODELING OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Surguladze Gia, Papavadze Sofiko, Nareshelashvili Gulbaat

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, sopopapavadze@yahoo.com, g.nareshelashvili@gtu.ge

Summary

The issues of intensification of educational facilities based on new digital technologies for the purpose of forming the information society are discussed. An object-oriented analysis of the business processes of educational institutions (school, college, university) is presented, classification and separation of the problem tasks that are important in this field and have not yet been processed and implemented. In particular, the article proposes an automated system for evaluation of students'/students' (control assignments, exams) papers for school and university learning processes using a unified modeling tool and machine learning algorithms (in Python language). The clean architecture of the system is developed with the DDD-method of software design and Oracle, MsSQL Server and NoSQL Redis databases. Business requirements analysis, interactive scenarios and design models of the corresponding system, as well as corresponding software codes by means of automatic code generation from the class-association diagram, have been developed. The performance of the software application is tested by stress testing under extreme load conditions.

Keywords: Information society. educational institution. Learning process. Unified modeling. Assessment of examination work.

მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის როლი მობილური აპლიკაციების განვითარებაში

ალექსი კობაიძე, მარიამ ჩხაიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Kobaidze.aleksi22@gtu.ge, m.chkhaidze@gtu.ge

მობილური აპლიკაციების ინჟინერია, შედარებით ახალი დარგია ინფორმაციულ ტექნოლოგიებში. ნაშრომის ძირითად მიზანს წარმოადგენს საზოგადოებას დაანახოს მობილური აპლიკაციების როლი მათ ცხოვრებაში და რა გავლენას ახდენს მანქანური სწავლება და ხელოვნური ინტელექტი მობილურ აპლიკაციაზე. ნაშრომში წარმოდგენილია კვლევა, რომელიც აჩვენებს, მობილურ აპლიკაციაში ბიომეტრიული ამომცნობი სისტემის, და ობიექტების ამოცნობის განხორციელებას. კვლევის პროცესში ამოცნობის სიზუსტე იწყებოდა 70 %-დან, თუმცა, გაუმჯობესებისა და დამატებითი ბიბლიოთეკების გამოყენების შემდეგ 90-100% მიაღწია. მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ მობილურ აპლიკაციაში ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება, და ასევე შესაბამისი ამოცანების გადაწყვეტა მობილური აპლიკაციის ინჟინერიის და ხელოვნური ინტელექტის ფართოდ და ეფექტიანად გამოყენების ხელშემწყობია.

საკვანძო სიტყვები: მობილური აპლიკაცია, მანქანური სწავლება, ბიომეტრიული იდენტიფიკაცია, ობიექტების ამოცნობა.

მობილური აპლიკაციების ბაზარი საოცარი ტემპით ვითარდება. ბოლო დროს, ადამიანებისათვის უფრო კომფორტულია ის ოპერაციები, რომლებიც მხოლოდ და მხოლოდ კომპიუტერზე კეთდება, მობილურშიც იყოს ხელმისაწვდომი, რადგან შეიძლება ცხოვრების აქტიური წესიდან გამომდინარე კონკრეტულ დროს არ გვქონდეს წვდომა კომპიუტერთან. მობილური აპლიკაციები ხშირად ემსახურება მომხმარებლებისთვის კომპიუტერებზე წვდომის მსგავსი სერვისების მიწოდებას. ზოგიერთი დღევანდელი ინოვაციური ფუნქცია მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებული მობილური აპლიკაციის შემუშავებაში, რომელიც მალე კლასიკური გახდება, მოიცავს:

- გაფართოებული და ვირტუალური რეალობის გამოყენება სათამაშო და გასართობი მობილური აპლიკაციებისთვის;
- პროგნოზირებადი ანალიტიკის გამოყენება UX დიზაინში;
- ღრუბელზე მომუშავე აპლიკაციების შექმნა უკეთესი შენახვისა და კავშირისთვის;
- მობილური ტელეფონებისა და IoT მოწყობილობების დაკავშირება;
- ინტელექტუალური ვირტუალური ასისტენტების ინტეგრირება;
- ადვილად გასაგები m-commerce აპლიკაციების შექმნა;
- მომხმარებლის ხმის ინტერფეისის შემუშავება.

მობილური მოწყობილობებისთვის აპლიკაციების შემუშავება მოითხოვს ამ მოწყობილობების შეზღუდვებისა და მახასიათებლების გათვალისწინებას. მობილური მოწყობილობები მუშაობს ბატარეაზე და აქვთ ნაკლებად მძლავრი პროცესორები, ვიდრე პერსონალურ კომპიუტერებს და ასევე აქვთ მეტი ფუნქცია, როგორცაა მდებარეობის ამოცნობა და კამერები. დღევანდელი ტენდენციები ასევე უნდა განიხილონ ეკრანის ზომების, ტექნიკის სპეციფიკაციებისა და კონფიგურაციების ფართო სპექტრი მობილურ პროგრამულ

უზრუნველყოფაში ინტენსიური კონკურენციისა და თითოეულ პლატფორმაში ცვლილებების გამო.

მობილური აპლიკაციების შემუშავება მოითხოვს სპეციალიზებული ინტეგრირებული განვითარების გარემოს გამოყენებას. მობილური აპლიკაციების პირველადი ტესტირება ხდება საინჟინრო გარემოში ემულატორების გამოყენებით და მოგვიანებით ექვემდებარება გარე ტესტირებას. ტიპური აპლიკაციის პროექტი შედგება სამი განუყოფელი ნაწილისგან: Back-And/Server ტექნოლოგია, API, მობილური აპლიკაციის დიზაინი Front-And/ UI. მობილური აპლიკაციის შექმნის დროს, ძირითად შემთხვევაში, მხოლოდ იმ დეველოპერულ გარემოს ვიყენებთ, რომელიც განკუთვნილია კონკრეტული პლატფორმის აპლიკაციის შექმნისთვის. თუმცა, არსებობს აპლიკაციები, რომლებისთვისაც მხოლოდ საინჟინრო გარემო არ კმარა, მათ სჭირდებათ დამატებითი ბიბლიოთეკები. მანქანური სწავლება და ხელოვნური ინტელექტი, მობილურ აპლიკაციებს საშუალებას აძლევს გადავიდნენ განვითარების შემდეგ ეტაპზე და შექმნან აპლიკაციების ახალი ერა.

მანქანური სწავლება საკმაოდ სწრაფად იქნა აღიარებული, როგორც პერსპექტიული, და თუნდაც, რეკოლუციური მობილური აპლიკაციების შემუშავებისთვის. ის სპეციალიზირებულია ისეთ მიმართულებებში, როგორცაა პირისახის და გამოსახულების ამოცნობა, მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი, კლასიფიკაცია, პროგნოზირება, კომერცია, განათლება, გართობასა და ა.შ. ცნობილია მანქანური სწავლების მობილური აპლიკაციების შემუშავებაში გამოყენების უპირატესობები: 1. უკეთესი უსაფრთხოება, 2. მომხმარებლის პროგნოზირებული ქცევა, 3. პერსონალიზებული კონტენტი, 4. კლიენტების გაუმჯობესებული ჩართულობა, 5. გაზრდილი შემოსავლები.

მობილურ აპლიკაციებში მანქანური სწავლება ამარტივებს და აუმჯობესებს აპლიკაციის ავტორიზაციის უსაფრთხოებას. ვიდეო, აუდიო და ხმის ამოცნობა საშუალებას აძლევს კლიენტებს, დაადასტურონ მომხმარებლის იდენტურობა მათი ბიომეტრიული მონაცემების გამოყენებით. ასეთი მონაცემების გაყალბება უფრო რთულია, ამიტომ, პერსონალური ან საქმიანი მონაცემების ქურდობის აცილება შესაძლებელია. უფრო მეტიც, მანქანური სწავლება ასევე ეხმარება კლიენტებისთვის წვდომის უფლებების განსაზღვრას. თუ ბიზნესს ესმის მომხმარებლის ქცევა სწრაფად ცვალებად გარემოში, მას შეუძლია უკეთ დაგეგმოს და განახორციელოს თავისი მარკეტინგული აქტივობები. მანქანური სწავლების ალგორითმები მუშაობს დიდი რაოდენობით მონაცემებთან, მათ შორის მომხმარებლების ასაკთან, სქესთან, მდებარეობასთან, ძიების მოთხოვნებთან, აპლიკაციის გამოყენების სიხშირითა და ინტენსივობით და პოულობენ მომხმარებელთა ქცევის ფარულ შაბლონებსაც კი. მომხმარებელთა ქცევის, პრეფერენციებისა და არჩევანის გაცნობით, თქვენ შეგიძლიათ შექმნათ უკეთესი გამოცდილება და გააუმჯობესოთ თქვენი სტრატეგია, რათა მიიღოთ უფრო მაღალი მოგება და დაეხმაროთ თქვენს ბიზნესს განვითარებაში. წარმატებული თანამედროვე კომპანიები ისწრაფვიან მომხმარებლებთან პერსონალიზებული კომუნიკაციისთვის. მობილურ აპლიკაციაში მანქანური სწავლის გამოყენებით, ვუახლოვდებით ამ მიზანს. მანქანური სწავლების ალგორითმებს შეუძლია გააანალიზონ მომხმარებლის მონაცემები და ქცევა, რაც აპლიკაციას საშუალებას აძლევს აჩვენოს უნიკალური შინაარსი თითოეული მომხმარებლისთვის. მობილურ აპლიკაციებში მანქანური სწავლება დაგეხმარებათ მომხმარებლების ჩართვაში სხვადასხვა ვარიანტების გამოყენებით, როგორცაა ჩეთბოტები, ვირტუალური ასისტენტები, სარეკომენდაციო სერვისები.

ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა უპირატესობა დადებითად მოქმედებს მომხმარებლის/კლიენტის გამოცდილებაზე, რაც, თავის მხრივ პირდაპირ გავლენას ახდენს შემოსავლების გაზრდაზე. უფრო მეტიც, მანქანური სწავლების აპლიკაციის შემუშავებაში ჩადებული ინვესტიციების ანაზღაურება უფრო მაღალია, რადგან ეს გამოსავალი აქცევს მონაცემებს ინსაიტებად, რაც უზრუნველყოფს გადაწყვეტილების მიღების უფრო დროულ და ზუსტ პროცესს.

მანქანური სწავლება ეხმარება მობილურ დეველოპერებს შექმნან მორგებული მოდული მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებული აპლიკაციების შესამოწმებლად. ის დაზოგავს დეველოპერების დროსა და ძალისხმევას საძიებო ტესტების გაშვებით, შემთხვევითი ქცევების მოსაძებნად. ასევე ეხმარება მათ შეიმუშაონ პროგნოზირებადი ანალიტიკური ძრავები, რომლებიც მუდმივად სთავაზობენ მომხმარებლებს შესაბამის პროდუქტებს. ზოგიერთი მობილური აპლიკაცია, განსაკუთრებით ელექტრონული კომერციის ინდუსტრიაში, ამუშავებს მონაცემთა დიდ რაოდენობას. ამ შემთხვევაში, დეველოპერებს შეუძლიათ აამუშაონ ალგორითმები, რომლებიც ავტომატურად განაახლებს პროდუქტებისა და სერვისების დიაპაზონს, თქვენი მონაცემთა ფონდის ცვლილებების შესაბამისად. მანქანური სწავლება მობილურ დეველოპერებს ეხმარება შექმნან აპები, რომლებსაც შეუძლიათ თვითპროგრამირება. ალგორითმებს შეუძლიათ შაბლონების იდენტიფიცირება და შემდეგ შესაბამისი კოდირების გენერირება. დეველოპერები წყვეტენ, სურთ თუ არა ამ კოდის ავტომატურად დანერგვა თუ შემოთავაზების სახით გამოყენება.

ჭკვიანი ბიზნეს-პროცესის მენეჯმენტი ეხმარება კომპანიის დეპარტამენტებს, ეფექტურად და შეუფერხებლად იმუშაონ. საბოლოო ჯამში, ეს აუმჯობესებს მომსახურების ხარისხს. მეთვალყურეობის ქვეშ მყოფი მანქანური სწავლების ალგორითმებს შეუძლიათ ამოიციონ მონაცემთა ღირებული შაბლონები ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაციისთვის და ჩვეულებრივი BPM ხელსაწყოების ინტელექტუალურ მექანიზმებად გადაქცევა.

მონაცემების საფუძველზე გადაწყვეტილებების მიღება გადამწყვეტია ეფექტური ბიზნესისთვის. საწარმოს აპლიკაციებში მანქანური სწავლის ალგორითმები ადვილად ამუშავებენ დიდი რაოდენობით მონაცემთა ნაკრებებს და აღმოაჩენენ შეხედულებებსა და შაბლონებს, რომლებიც შემდეგ შეიძლება გამოყენებულ იქნას კომპანიის მიზნების დასაკმაყოფილებლად და ზრდის სტიმულირებისთვის.

საწარმოს აპლიკაციას ჩაშენებული მანქანური სწავლების ალგორითმებით შეუძლია ავტომატურად გააანალიზოს და შეაფასოს თანამშრომლების მიერ შესრულებული ძიებები. ის ამღვეს მათ უფლებას სამუშაოსთან დაკავშირებულ საკითხებზე შესაბამისი და დროული ინფორმაციის მიწოდებით. მათი პროდუქტიულობის გაუმჯობესებით და დროის დაზოგვით.

მანქანური სწავლება გეხმარებათ გააანალიზოთ და დაუყოვნებლივ უპასუხოთ უსაფრთხოების საფრთხეებს. პროგნოზირებადი ანალიტიკური ხელსაწყოებით, ეს შეიძლება გაკეთდეს ადრეულ ეტაპზე. უფრო მეტიც, აპლიკაცია შეისწავლის და ამოიცნობს ნებისმიერ შემდგომ საფრთხეს უსაფრთხოების ყველა წინა შაბლონზე დაყრდნობით.

ბევრ საწარმოს აპლიკაციას აქვს ჩაშენებული თანამშრომლობის ინსტრუმენტები. მანქანური სწავლების ალგორითმების წყალობით, ისინი უკეთესად და დადებითად იმოქმედებენ სხვადასხვა ადგილას მომუშავე გუნდებზე. მაგალითად, შეგიძლიათ დააკავშიროთ ვიდეოს, აუდიოსა და გამოსახულების ავტომატური ამოცნობა, ჩატბოტები ან მეტყველების ავტომატური თარგმანი, თუ გყავთ მრავალეროვნული გუნდი.

მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენება ახალ ნორმად იქცევა. გამონაკლისი არც მობილური აპლიკაციებია. ჩვენ ვცხოვრობთ მონაცემთა მობილურობის ეპოქაში და ამ მონაცემების მოცულობა სწრაფად იზრდება. მობილური აპლიკაციები საჭიროებს ინფორმაციის დამუშავების დაჩქარებას, ხოლო მანქანური სწავლება შეუცვლელი ინსტრუმენტია პროდუქტიული და მაღალი ხარისხის ფუნქციონირებისთვის. თუმცა, ეს შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იცით, როგორ გამოიყენოთ მანქანური სწავლება მობილური აპლიკაციების შემუშავებაში რაც შეიძლება ეფექტიანად.

არსებობს სამი ძირითადი გზა, რომლითაც მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმი შეიძლება ჩაერთოს მობილურ აპლიკაციებში, რათა აპლიკაცია უფრო ეფექტური და ინტელექტუალური გახდეს. მსჯელობა, რეკომენდაცია, ქცევა. ეს სამი ძირითადი საბაზისო კომპონენტი, პასუხობს, თუ რა არის საუკეთესო გზა მანქანური სწავლებისა და ხელოვნური ინტელექტის აპლიკაციის შემუშავებაში ჩართვისთვის, შეიძლება გამოყენებულ იქნას მრავალჯერადი შესაძლებლობებით, რათა თქვენს აპს შესთავაზოს მომხმარებლის ბევრად უკეთესი გამოცდილება.

ხელოვნურ ინტელექტსა და მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებული აპლიკაციების შემუშავების მეშვეობით თქვენ მიიღებთ აპლიკაციას, რომელიც საშუალებას გაძლევთ მოახდინოთ ოპტიმიზაცია ძიების ვარიანტებში თქვენს მობილურ აპლიკაციებში. ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება ძიების შედეგებს უფრო ინტუიციურ და კონტექსტურს ხდის მისი მომხმარებლებისთვის. ალგორითმები სწავლობენ მომხმარებლების მიერ დასმულ სხვადასხვა შეკითხვებს და პრიორიტეტს ანიჭებენ ამ შეკითხვებზე დაყრდნობით.

სინამდვილეში, არა მხოლოდ საძიებო ალგორითმები, თანამედროვე მობილური აპლიკაციები საშუალებას გაძლევთ შეაგროვოთ მომხმარებლის ყველა მონაცემი ძიების ისტორიებისა და ტიპური მოქმედებების ჩათვლით. ეს მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქცევის მონაცემებთან და ძიების მოთხოვნებთან ერთად თქვენი პროდუქტებისა და სერვისების რეიტინგისთვის და საუკეთესო გამოსაყენებელი შედეგების საჩვენებლად. განახლებები, როგორცაა ხმოვანი ძიება ან ქვსტებით ძიება, შეიძლება ჩართული იყოს უკეთესი შესრულებისთვის.

ახლა კი, გავცნოთ კვლევას, რომელიც აჩვენებს, მობილურ აპლიკაციაში მანქანური სწავლების ჩართვის მაგალითს და ეფექტიანობას. კვლევა მოიცავს ბიომეტრიული ამომცნობი სისტემის, და ობიექტების დეტექციისა და ამოცნობის განხორციელებას.

ვიწყებთ iOS აპლიკაციაში პირისახის სკანერის ინტეგრაციით. ვქმნით პირისახის სკანერს დამოუკიდებლად შესაბამისი ბიბლიოთეკებიდან მზა ფუნქციების გამოყენების გარეშე. ვიღებთ Apple-ს ბიბლიოთეკის გამოყენებით მიღებული პროდუქტისგან განსხვავებულ დიზაინს, თუმცა, ფუნქციონალი იგივე რჩება. პირისახის ნაკვთების ყველა წერტილი მუშაობს ისე, როგორც ეფლის ბიბლიოთეკაშია. შესაბამისად, ის ოპერაციები, როგორცაა სახის ნაკვთის მოძრაობის ამოცნობა რათქმაუნდა შეგვიძლია აქ ხელით ჩავაშენოთ და შემდეგ მივანიჭოთ ფუნქციები. ადამიანის იდენტიფიკაცია, ანუ მისი პირისახის ამოცნობის სიზუსტე მივიღეთ 70%. გარს Swift 5 ის შემთხვევაში, Apple-მა დაამატა ბიბლიოთეკა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს პირისახეზე ავტომატურად გაავლოს კონტურები ტელეფონის კამერით მისი ამოცნობისას.

ბიბლიოთეკის გამოყენებით ვასრულებთ წარდგენილი პირისახის მოძრაობის გაკონტროლებას. შემდეგ ეტაპზე საჭიროა გავმართოთ ფუნქცია, რისი საშუალებითაც აპლიკაცია მართავს პირისახის მიმიკებს. პირისახის ნებისმიერ მდგომარეობას ვაფიქსირებთ სკანერის საშუალებით. ასევე სკანერი გვიწერს, თუ რა მდგომარეობაშია მითითებული პირისახე, ან რომელ ნაკვთს ამოძრავებს საკვლევი პიროვნება. სკანერის ამ ფუნქციის საშუალებით შესაძლებელია პირისახის ნებისმიერ მდგომარეობას მივანიჭოთ რაიმე დანიშნულება. მაგალითად, იმ შემთხვევაში, თუ ადამიანი დაახამხამებს მარცხენა თვალს, ტელეფონი ავტომატურად დარეკავს შერჩეულ ნომერზე. ან, იმ შემთხვევაში, თუ მომხმარებელი დაახამხამებს მარჯვენა თვალს, კამერა ავტომატურად გადაუღებს ფოტოს. ფუნქცია საშუალებას გვაძლევს დავაფიქსიროთ ნებისმიერი მდგომარეობა. რაც შეეხება ამოცნობის

სიზუსტეს, დანამდვილებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ 70% სიზუსტე გაიზარდა 90% სიზუსტით. თუმცა, აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი სახის სკანერის შემთხვევაში ამოცნობის 70 %-იანი, უფრო ნაკლები საიმედოობა პირისახის მიმიკების ამოცნობისას ბუნებრივია, რადგან ეფლის ბიბლიოთეკასთან შედარებით ის ნაკლებ რესურსს მოიხმარს და მხოლოდ 2D გამოსახულების მიხედვით შეუძლია პირისახის კონკრეტული მიმიკის ამოცნობა.

ახლა კი, დავამატოთ აპლიკაციაში ახალი ფუნქციონალი - ობიექტების ამოცნობა, არ გვჭირდება ახალი პროექტის შექმნა და შეგვიძლია უკვე არსებულ პროექტში გავაგრძელოთ მუშაობა. მანქანური სწავლებით შექმნილი ფუნქციებით ვასწავლით სხვადასხვა საგნებს. მოდელის დამატების შემდეგ კი ვწერთ ფუნქციას, რომელიც გახსნის კამერას და ობიექტს, რომელიც კამერაზე გამოჩნდება, ამოიცნობს, მიანიჭებს შესაბამის სახელს და ამოცნობის საიმედოობას, რომელიც 70-100 %-იან სიზუსტეს აჩვენებს.

წარმოდგენილი კვლევის მაგალითიდანაც ჩანს, რომ მობილური აპლიკაციების წარმატებულმა შემქმნელებმა არ უნდა უგულვებელყონ ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანური სწავლების მნიშვნელოვანი გავლენა. ამჟამად, მეცნიერების ეს დარგი გახდა მძლავრი გადაწყვეტილება და ინსტრუმენტი მობილური აპლიკაციების განვითარების ინდუსტრიისათვის.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ben Feigin, "[Mobile Application Development](#)". [Amazon Web Services, Inc, 2020](#).
2. Siegler, MG. "[Analyst: There's a great future in iPhone apps](#)". *Venture Beat* June 11, 2008
3. Rao, Leena "[Apple's App Store Crosses 15B App Downloads, Adds 1B Downloads In Past Month](#)". *TechCrunch*. AOL Inc, July 7, 2011.
4. [Marta Travagliani](#), [Antonella Petrillo](#) Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Smart Production: Progress, Trends, and Directions, 2020
5. Abhishek Mishra, Machine learning For iOS Developer, Wiley, 2020
6. Veeramani Ganesan, Machine Learning in Mobile Applications, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, IJCSMC, Vol. 11, Issue. 2, February 2022, pg.110 – 118.
7. Tom M. Mitchell, „Machine learning”, Mc GROW ill, Indian Edition, 2017

The role of Machine Learning and Artificial Intelligence in Mobile Application development

Alexi Kobaidze, Mariam Chkhaidze

Georgian Technical University

Kobaidze.aleksi22@gtu.ge, m.chkhaidze@gtu.ge

Mobile application engineering is a relatively new field in Information Technology. The main goal of the paper is to show the public the role of mobile applications in their lives and the impact of Machine Learning and Artificial Intelligence on mobile applications. The paper presents a study

that demonstrates the implementation of the Biometric recognition system and object recognition in a mobile application. During the research, the recognition accuracy started from 70%, however, after refinement and the use of additional libraries, it reached 90-100%. The obtained results show that the use of artificial intelligence methods in the mobile application, as

well as the solution of the corresponding tasks, contribute to mobile application engineering and the widespread and effective use of artificial intelligence.

Keywords: mobile application, machine learning, biometric identification, object recognition.

ტელეკომუნიკაციის მართვის სისტემის ფუნქციონალურ ბლოკებს შორის ეკონომიკური პარამეტრებისა და მონაცემთა კლასიფიკაცია

ანა ჯიქია, იზოლდა ყურაშვილი, მარინა ქურდაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

a.jikia@gtu.ge, i.kurashvili@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია უმნიშვნელოვანესი ნიშნები, რომელთა მიხედვითაც ხორციელდება ინფორმაციული ნაკადების (მონაცემების) კლასიფიკაცია, იმ შემთხვევაში, როცა განიხილება კავშირები მართვის სისტემის ფუნქციონალურ ბლოკებს შორის, შესამჩნევია, რომ ერთ ფუნქციონალურ ნაწილში ცვლილება იწვევს მის სხვა ნაწილში გარკვეულ ცვლილებას, მაგრამ ეს არ მოქმედებს მათ შორის კავშირის არსებობაზე. როცა მართვის სისტემა წარმოადგენს საინფორმაციო სისტემას, მასში კავშირებიც ინფორმაციულ ხასიათს ატარებს. სატელეკომუნიკაციო სისტემების და ქსელების განზოგადებული სტრუქტურა იძლევა იმის საშუალებას, რომ მომსახურების ეს სფერო, მომხმარებელთათვის და ნებისმიერი დარგის მმართველი გუნდისთვის ხელმისაწვდომი და გასაგები იყოს, თუ როგორ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს კლასიფიკაციების ერთ სივრცეში ფუნქციონალური ბლოკები, განზოგადებული სტრუქტურა კი წარმოდგენილია, როგორც ერთიანი სივრცის დამაკავშირებელი სხვადასხვა ფუნქციონალური რგოლები.

საკვანძო სიტყვები: განზოგადებული სტრუქტურა, კლასიფიკაცია, სტიმულირება, მდგრადობა, ინტერპრეტაცია, დეზინფორმაცია.

შესავალი

ჩვეულებრივ ინფორმაციის გადაცემისას კავშირის არხებში გაუთვალისწინებელი დაბრკოლებათა (მტყუნებათა) გამო, მისი რაღაც ნაწილი იკარგება, რომელიც აღდგენას ან მის კვანძებს შორის გადაცემის დროს კონტროლის გაძლიერებას საჭიროებს, სადაც ტექნიკური და შესაბამისად ლოგიკური მხარეც შეიძლება განვიხილოთ. მტყუნება შეიძლება წარმოიშვას სხვადასხვა მიზეზის გამო. დაბრკოლებათა ერთი ჯგუფი ატარებს შემთხვევით ხასიათს-გარეშე დამაბრკოლებლები კავშირის ფიზიკურ არხებში, შეცდომები შეტყობინებათა კოდირებისას და დეკოდირებისას. მეორე დაკავშირებულია შეტყობინებათა არასწორ ინტერპრეტაციასა და დეზინფორმაციასთან. როგორც წესი, გადაცემის დაბრკოლებათა მიმართ მდგრადობის უზრუნველყოფა წარმოებს გადასაცემი ინფორმაციის სიჭარბის ხარჯზე, მათ შორის შეტყობინებათა დუბლირების, პარალელური არხებით მათი გადაცემის ხარჯზე და ა. შ.

მაგრამ შეტყობინებათა არასწორ ინტერპრეტაციასა და დეზინფორმაციასთან ბრძოლის მთავარ საშუალებას წარმოადგენს ფიზიკური სისტემის ცალკეული ბლოკების შეფასებისა და

სტიმულირების კრიტერიუმების შეთანხმებულობის უზრუნველყოფა. უნდა იქნან ლიკვიდირებულნი მიზნები, რომელებიც წარმოშობენ დაინტერესებას მსგავსი სახის საინფორმაციო დაბრკოლებებში.

ძირითადი ნაწილი

სატელეკომუნიკაციო ქსელის სტრუქტურა მოიაზრება, როგორც ფიზიკური, ლოგიკური, საორგანიზაციო, საპროექტო, მართვის სისტემის ქვედანაყოფებისა და ფუნქციონალური ურთიერთქმედებით. აღწერისას და ფუნქციონალური რეჟიმის გაანალიზებისას სარგებლობენ გრაფთა თეორიის მეთოდებით, რომლებსაც ეყრდნობიან მართვის საკომუნიკაციო ქსელების წარმოდგენის მრავალრიცხოვანი კონკრეტული ხერხები.

როგორც წესი, ასეთ სქემებში წარმოდგენილია მიმართული კომუნიკაციები, ე. ი. მოცემული საორგანიზაციო სტრუქტურის მიერ მართვის ბლოკების ფიქსირებული კავშირები, რომელთაც ჩვეულებრივ გააჩნიათ ზუსტი მისამართები, კონტაქტების რეგლამენტირებული ვადები და ფორმები. მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი ხორციელდება დოკუმენტბრუნვის სახით, რომლის აღწერით შემოიფარგლება მრავალი სტრუქტურულ-საინფორმაციო სქემა.[1]

ამასთან ერთად, სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას ღებულობენ არამიმართული კომუნიკაციები, რომლებშიც ინფორმაციის მიმღები თვითონ ამყარებს კონტაქტს მის წყაროსთან „შეკითხვა-პასუხის“ სახით. ასეთია საწარმოო ან სამეცნიერო დაწესებულებების კავშირები ბიბლიოთეკებთან, საპატენტო საცავებთან, სამეცნიერო ინფორმაციის ცენტრებსა და მათ მსგავს „მონაცემთა ბანკებთან“. ასეთი „ბანკების“ როლი კი სისტემატურად იზრდება და საშუალებას იძლევა მკვეთრად შემცირდეს მიმართული კავშირების რიცხვი, გამტარუნარიანობა და გადასაცემი ინფორმაციის მოცულობა. არამიმართული კომუნიკაციების ორგანიზაციისას განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ღებულობენ: მეტაინფორმაციის სისტემის ორგანიზაცია, ე. ი. ინფორმაციისა, ინფორმაციის შესახებ (საძიებლები-კატალოგები, „მონაცემთა ბანკების“ მომსახურების შესახებ ცნობები და ა.შ.); მიმღების მიერ ინფორმაციასთან მისაწვდომობისა და მისი აღქმის სიადვილე, ვინაიდან აქ უფრო სრულად უნდა იყოს გათვალისწინებული მომხმარებელთა სხვადასხვა ჯგუფები. თავისებულებები და შესაძლებლობები.

სატელეკომუნიკაციო ქსელის განხილვის წმინდა ინფორმაციული ასპექტი განსაკუთრებით გამოსადეგია ინფორმაციის გადაცემის არხების ანალიზისათვის. ინფორმაციის არხებით გადასაცემი შეტყობინებების, განსაკუთრებით კი მათი შინაარსობრივი მახასიათებლების უფრო სრული შესწავლის მიზნით, საკომუნიკაციო ქსელი უნდა განვიხილოთ როგორც მონაცემთა ნაკადების სისტემა, რომლის საწყისს ეტაპს წარმოადგენს მათი კლასიფიკაცია, ანალიზის ამოცანებიდან გამომდინარე, კლასიფიკაცია შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით. მაგრამ თითოეულ შემთხვევაში ის უნდა პასუხობდეს გარკვეულ ლოგიკურ მოთხოვნებს. მათგან მთავარს წარმოადგენს ფუძის (საკვალიფიკაციო ნიშნის) ერთიანობა, რითაც უზრუნველყოფილი ხდება კლასიფიკაციის სისრულე და კლასების თანაკვეთის თავიდან აცილება. ე.ი. კლასიფიკაციას დაქვემდებარებული ყოველი ობიექტი მხოლოდ ერთ კლასში უნდა შევიდეს. [2] შესაძლებელია ობიექტთა გარკვეული სიმრავლის დაყოფა კლასებად, საკვალიფიკაციო ნიშნის გათვალისწინების გარეშე, რომლითაც ობიექტი ავტომატურად ჩაირთვებოდა ამა თუ იმ კლასში. ასეთ შემთხვევაში თითოეული კლასი მოიცემა მასში შემავალი ობიექტების ჩამოთვლით, ე. ი. სიით, და ამიტომ მას უწოდებენ სიობრივ კლასს. მაგრამ აქაც საჭიროა კლასების სისრულისა და თანაკვეთის თავიდან აცილების უზრუნველყოფა.

ანალიზური მეთოდით და იმ პრაქტიკის გათვალისწინებით, რომელზეც ზემოთ გვქონდა მსჯელობა და რომლის მიხედვითაც ხორციელდება სატელეკომუნიკაციო ქსელში

მონაცემების კლასიფიკაცია, გამოყოფილია შემდეგი უმნიშვნელოვანესი ნიშნები:

დამოკიდებულება კონკრეტულ მომენტში მოცემულ მმართველ სისტემასთან- საშუალებას იძლევა შეტყობინებები დაიყოს შესავალ (შემოსულ), შინაგან და გამოსავალ (გასულ) შეტყობინებებად . ის ფართოდ გამოიყენება საქმის წარმოებაში.

დროის ნიშანი-მოვლენის დროის მიხედვით შეტყობინებები იყოფიან პერსპექტიულ (მომავალი ამბების შესახებ) და რეპროსპექტიულ შეტყობინებებად. პირველ კლასს მიეკუთვნებიან ყველა გეგმები, პროექტები და ა. შ. მეორეს - ყველა ანგარიშები, საადიციო მონაცემები და ა. შ. აგრეთვე შეტყობინების შემოსვლის ან გაცემის დროის საინტერვალო სკალის მიხედვით შეტყობინებები იყოფიან პერიოდულ (გრძელვადიან, მიმდინარე ოპერატიულ) და არაოპერატიულ შეტყობინებებად;

გარდაქმნის ნიშნები-იძლევიან საშუალებას შეტყობინებები დავყოთ არაგარდაქმნილ (მართვის რომელიღაც სისტემისათვის საწყისი მონაცემები) და გარდაქმნის შეტყობინებებად, ხოლო უკანასკნელები კიდევ გარდაქმნის სახეების მიხედვით;

ფუნქციონალური ნიშნები-აყალიბებენ მრავალრიცხოვან შინაარსობრივ კლასიფიკაციებს უწყებებსა და მის გარემოს ფუნქციონალურ ქვესისტემების შორის. მაგალითად: შრომითი რესურსების, საწარმოო პროცესების, ფინანსების, დაგეგმვის, ნორმირების, კონტროლისა და ა. შ. შეტყობინებებად. [3]

აღსანიშნავია, რომ ხშირად მუშავდება მონაცემთა რთული მრავალსაფეხურიანი კლასიფიკაციები, რომელთა ყოველ საფეხურზე შემოდის დაყოფის ახალი ფუძე.

ეს კლასიფიკაციები გამოიყენებიან საკლასიფიკაციო ენების შესაქმნელად სხვადასხვა კოდების შედგენისა და საინფორმაციო-სამიეზო სისტემების დაპროექტების დროს, მაგრამ საკლასიფიკაციო ენების სტრუქტურა საკმაოდ ხისტია. [4] ის აგებულია იერარქიული ხის პრინციპის მიხედვით და ცუდად ეგუება ახალი ცნებების აღქმას, მათ შორის მრავალფეროვანი არაცალსახა კავშირების გამომჟღავნებას. მაგალითად, უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაციის გამოყენებისას ნაშრომი ან წიგნი ერთდროულად შეიძლება მივაკუთნოთ სოციოლოგიას, ეკონომიკურ მეცნიერებებს, მათემატიკას, მართვას და ა. შ.

დასკვნა

ეკონომიკური მართვისა და ინფორმაციის ენათა კომპლექსურმა შესწავლამ მიგვიყვანა ეკონომიკური სემიოტიკის (ნიშნურ სისტემათა თეორია). წარმოშობასთან. ნიშნებს, როგორც ინფორმაციის განსაკუთრებულ მატარებლებს, ის იკვლევს რამდენიმე ასპექტში. სინტაქტიკის ასპექტი შეისწავლის ნიშნებს შორის ფორმალურ დამოკიდებულებებს მათ მიერ გადმოცემული ინფორმაციისა და მნიშვნელოვნებისაგან დამოუკიდებლად; მას შეიძლება მივაკუთნოთ ინფორმაციის სტატისტიკური თეორიაც. სემანტიკა იხილავს დამოკიდებულებებს, ნიშნებსა და ასახავს დაქვემდებარებულ ობიექტებს შორის (აგრეთვე ცნებებსა და მოდელებს შორის); მას აინტერესებს ინფორმაციის შინაარსი და ბოლოს, პრაგმატიკა იკვლევს დამოკიდებულებებს ნიშნებსა და მათ მომხმარებელს შორის; ამით ის შეისწავლის ინფორმაციის სარგებლიანობისა და მნიშვნელოვნების საკითხებს. შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ შემდგომში საინფორმაციო, სტრუქტურული და სემიოტიკური მიდგომის განზოგადება მიგვიყვანს მმართველ სისტემებში კომუნიკაციათა უფრო მეტად დახვეწის მექანიზმებთან. თვით სატელეკომუნიკაციო სისტემებში ამ და მსგავს მიდგომებს

კომუნიკაციის სფეროებთან კავშირში საკმაოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს, ურთიერთშორის კავშირების მარტივ ფორმებით წარმოსახვას, მომსახურეობის სფეროში დიდი მნიშვნელობა აქვს, რამეთუ ეკონომიკური პარამეტრების მსაზღვრელობის დროს ციფრულ ფორმატში დაუმახინჯებლად გადაცემამ დროული და მსაზღვრელობითი როლი

უნდა შეასრულოს.

ლიტერატურა

1. <https://enterpriseproject.com/what-is-digital-transformation>
2. <https://www.statista.com/statistics/719385/investments-into-fintech-companies-globally/>
3. <https://cutt.ly/wMkLyo7>
4. http://www.modernpublishing.ge/view_post.php?id=3&pub=2&year=2008

Classification of economic parameters and data among the functional blocks of the telecommunications management system

Anna Jikia, Isolda Kurashvili, Marina Kurdadze

Georgian Technical University

a.jikia@gtu.ge, i.kurashvili@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge

Resume

The paper discusses the most important signs, according to which the classification of information flows (data) is carried out, in the case when the connections between the functional blocks of the management system are considered, it is noticeable that a change in one functional part causes a certain change in another part of it, but this does not affect the existence of a connection between them. When the management system is an information system, the connections in it were also informative. The generalized structure of telecommunications systems and networks allows this service area to be accessible and understandable to users and the management team of any industry, how functional blocks can be presented in a single space of classifications, and the generalized structure is presented as.

Keywords: Generalized structure, classification, stimulation, persistence, interpretation, misinformation.

Some New Aspects of Knowledge Engineering

Badri Meparishvili¹, Gulnara Djanelidze¹ and Irakli Khachidze²

1. Georgian Technical University, 75 Kostava St, 0175 Tbilisi, Georgia

2. Akhaltsikhe State Educational University, 106 Rustaveli, 0800 Akhaltsikhe, Georgia

meparishvilibadri08@gtu.ge, janelidzequlnara08@gtu.ge, irakli.khachidze3@gmail.com

Abstract

This paper makes an overview about the development of the field of Knowledge Engineering. Here we consider knowledge engineering in the context of modern information systems, namely artificial intelligence, big data analytics, as well as information integration and knowledge management. We discuss and describe new approaches which considerably shaped research about Knowledge representation and processing. To illustrate knowledge representation we describe graph model of knowledge representation based on working principles of the human brain model, where each vertex (node) of the knowledge graph (hypergraph) contains the axon-dendritic type attributes. Their compatibility i.e. synergy of sinapse ensures the integrity criterion of the knowledge model. We describe also the interaction between two narators, where

intermediary function is fulfilled by human language - Linguistic translator. It performs mutual conversion, when knowledge decomposition begins from a higher dimensional level top-down for transmission to the other side, where down-top the knowledge building process begins. Thus, we conclude with outlining the relationship of Knowledge Engineering to Information processing and Knowledge Management.

Keywords: knowledge representation, artificial intelligence, thinking model, informational metabolism.

I. Introduction to the problematics

Any human behavior can be considered a process of exchanging information with the environment. Actually we cannot perceive information directly because it is intangible. Therefore, its direct measurement is impossible. Similarly, we measure heat only indirectly by measuring another physical quantity (for example, the length of a column of mercury). Also, any means of presenting information is a material form of its presentation, which a person interprets only after it is perceived and processed by the brain. That any bearer of information does not possess any knowledge. That is also evidenced by the fact that, for example, the most solid textbook of mathematics cannot solve even an elementary problem. And moreover, how can we describe the information about the smell or taste that the receptors perceive? Of course, in the form of a graph, the structure of which corresponds to the molecules of the given substance. This article is devoted to the ideological problems and challenges of the representation of human knowledge and its acquisition. Machine translation approaches are still quite far from its real purpose. In particular, a computer does not understand natural language, it cannot adequately translate from one language to another. Practically limited natural language is used in information search engines. One of the first reasons for this is that we operate through symbols, single words, or different types of literals. Machine learning is mainly limited to solving clustering or classification tasks. At this stage, a cluster does not represent knowledge, but only data sets, while knowledge should be considered more as a graph (or hypergraph) [10].

The Knowledge Engineering (KE) is known as a field within artificial intelligence that contains large amounts of knowledge, like metadata and information about a data object that describes content, structure and processes. In this article, we discuss knowledge engineering in the context of modern information systems, namely artificial intelligence, big data analytics, as well as information integration and knowledge management [1].

Information as such. Before we get into the data analysis session, let's start with a simple but incredibly important concept: the DIKW pyramid. To clarify the concept, let's consider all levels of the pyramid [2,11].



Figure 1

The general concept of information, as we regularly use it, consists of several types of meaning, such as data, knowledge (of various levels), intelligence, awareness, etc.

Data is a string of symbols or language (semiotic or other information) that says nothing about its meaning or relevance. Unlike data, semantic information (just information) is data with processed content, presented in an organized manner. Information is also seen as an understanding of the relationship between pieces of data, the meaning of which depends largely on context. Data together with metadata and context create information, in other words, a piece or fragment of knowledge.

Knowledge, as a relevant collection of semantic information, is acquired and intended for use through perception, learning, and discovery. Thus, to be considered knowledge, there must be patterns between data, information, and other knowledge along with understanding and cognition, because knowledge is a product of the assimilation of information in the human thought process. A knowledge hierarchy is built from lower-level subordinate knowledge.

Intelligence is a more complex concept of information that differs from knowledge because it includes the following triads: knowledge system, intellectual skills or talents, and mind. If talent and intelligence are innate qualities, then knowledge is acquired. Knowledge is a function of learning and experience. The quality of learning is determined by a certain domain-specific talent. Mind is the user's ability (by logical deduction) to use knowledge best and correctly as a basis for decision-making and actually make a decision to achieve desired goals. Whereas knowledge depends on the volume of incoming information, the mind can recursively enrich its own knowledge based on logic without external input. *Genius* is the highest level of talent, but *wisdom* can be considered the highest intelligence.

In this article, we focus on the problem of *knowledge representation and processing*. There are several models of knowledge representation: Predicate logic (first-order logic), Type theories (higher-order logics), Semantic networks, Frames, Scripts, Production rules, Ontologies, Knowledge Graphs [3]. Based on our research interests, we focused on the graph model of knowledge representation.

Knowledge representation and processing. In the case of our proposed model, each vertex (node) of the knowledge graph (hypergraph) contains attributes of the axon-dendritic type. It is their compatibility that ensures the integrity criterion of the knowledge model.

Modern information technology describes information with the following concepts: epistemology, ontology, taxonomy, entropy, etc. Any action characterized by changes in entropy (increase or decrease). It led to the development of many models using entropy, including Shannon's information theory, synergetics, and complexity theory. At the level of thermodynamics, factual information means the opposite of entropy; At the level of awareness, it has syntactic, semantic and pragmatic dimensions.

2. The hierarchical representation of knowledge system

In human consciousness, knowledge and thinking are inseparable, because there is no knowledge without thinking, and conversely, the quality of thinking is determined by existing knowledge. In the subconscious, knowledge is realized through a stereotypical system. Its degree of complexity is determined by the dimensional level. It forms a hierarchy of the entire fractal structure of the knowledge system, consisting of the corresponding epistemological layers (Figure 2) [4].

It is known that the smallest unit of information is „Bit“. The hierarchical structure of the knowledge system cannot be considered as a "sandwich" layer. Knowledge formation takes place in a multi-level hypergraph hierarchy (as an inverted pyramid), where the volume of information in the knowledge system increases in hierarchical order or dimensional quality. For example, some low-level letter-sounds make up thousands of words, and they themselves make up a lot of ideas and knowledge at the macro level, and so on. Naturally, any information in the brain is not described as text, because it is realized in brain as semantic graphs (or hypergraphs) in the form of neuronal ensembles through axon-dendrite synapses.

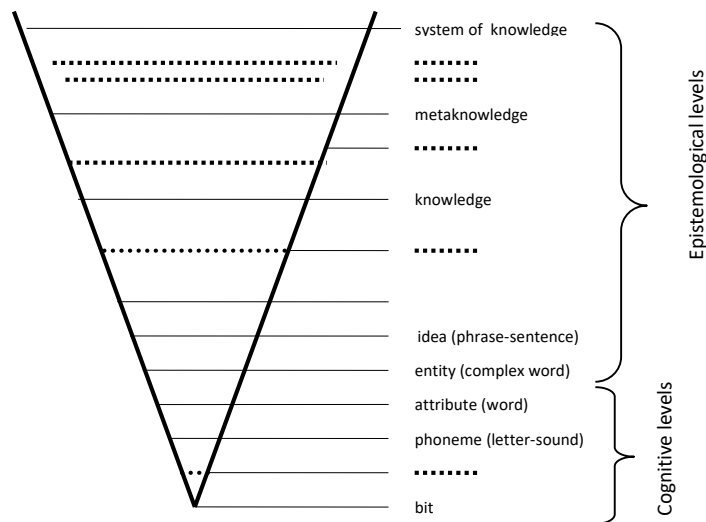


Figure 2

The point is that knowledge representation models differ according to levels. In addition, the external reflection and internal (real) models of knowledge are distinguished. A real sense of knowledge is realized in the hierarchy of neural ensembles of the brain and it is hidden from us, while the external reflection is declared and visible. In turn, external perception is divided into linguistic and ontological types. If we consider any word or concept as a certain sequence (string) of phonemes, which in the process of language learning forms an ontological "atomic" model consisting of relevant attributes, then when reading or hearing this sequence in a given language, it is associated with this model in consciousness. However, this is not the case when reading or hearing the same sequence in another language. For example, in a different linguistic aspects the words: „მსგოდს“, „стол“, „table“ have the same ontological model, which is universal, but they can be perceived only in the case of a given language. The matter is complicated by the fact that in linguistics there are synonyms and homonyms.

There is another nuance of phoneme sequence that significantly changes the ontological model. For example, two words consisting of the same letters, but in a different order ("მოს" – „mountain“ and "ომოს" – „hair“), they have a completely different ontological model with corresponding attributes. Thus, not only the composition of letter-sounds is important, but also their order. When we see or hear a given word in the corresponding spoken language, our brain finds the neural center with its internal original, which is universal, that is, independent of the spoken language and common to all people.

So, at the micro level, any entity of the real world (thing, event or other object) is associated with attributes perceived in consciousness through sensory channels. These attributes form a corresponding unique neural network, i.e. contain a model of a semantic entity in the brain. They do not depend on any linguistic aspects of the language.

As for the next phrase-sentence level, it creates a structure consisting of a sequence of words. As is well known, ontology provides a formalism for knowledge representation. In general, each idea (phrase-sentence) can be described in the following form: (<subject, predicate, object, time). The subject is the unique identifier of the event, the predicate and the object describe the properties of the event. A timestamp can be added to describe for event dynamics. Each idea (phrase-sentence) or concept is characterized by the so-called by the criterion of integrity, which is determined by the semantic compatibility or synergy of its components. Integrity is one of the most important criteria in knowledge engineering, in particular in the process of knowledge construction, which is related to the concepts of synergy.

At the next level, the sentence itself represents the entity (node), the graph of which will be the primary model of knowledge. The knowledge model given at the macro level is already

considered as a semantic macroentity, which accordingly forms a metaknowledge hypergraph, and so on in the hierarchy.

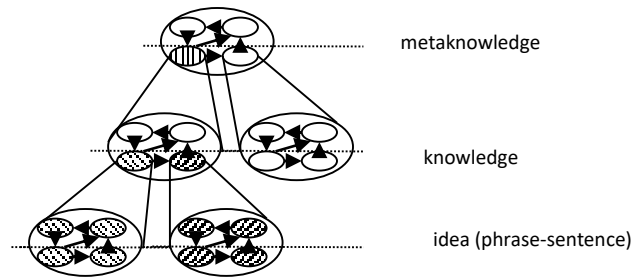


Figure 3

Any entity model can be a dynamic space-time (oriented hypergraph) or a static (non-oriented) structure, while the top-level semantic fractal models are only dynamic. For example, if the model of any unit (any object) can be considered static, then another type of unit (action, event) is dynamic and causes changes in the next level of modeling a more complex semantic fractal (idea, knowledge, etc.). However, the dynamic (flow) knowledge model finally completes its development in the form of a static model.

There is a necessary condition that applies to every epistemological level of a knowledge system. Certain graphs of knowledge with different configurations can be considered as a node of the knowledge graph at the next level. Thus, according to fractal principles, there are epistemological layers of original knowledge at different dimensional levels, and they as a whole form a unified knowledge system.

The brain, which is a flexible multilevel neural system with a regenerative structure, manipulates super geometric representations of large dimensions. The well-known model of the brain's knowledge in neural networks also does not correspond to the framework of the modern model of artificial knowledge, as high-dimensional super geometry in linear or even two-dimensional geometry. To date, all existing approaches are only a first approximation to natural artificial intelligence. Therefore, it is very important to develop a new generation of artificial intelligence, which will be based on a new paradigm of knowledge representation.

3. Synergy-based modeling approach

Contemporary systems models are more nonequilibrium models based on the concept of entropy. It has led to the development of a number of models using entropy, including synergy, and complexity theory [12]. As regards to synergy (also called synergic/synergistic science or synergetics), it means that wholes have properties (functional effects) different than those of the parts. Without synergy, there is no Integrity [5]. Every system is characterized by a structure, composition and state. The state of a system is described by the different degree of incompatibility. Evolution (systembuilding recursive process) in general represents ascending process in hierarchy when transition to the upper level occurs only after the formation of the lower level.

Generally, any large scale system and its components conditionally can be considered as a neural model (Fig. 4b). This mode of graph (or hypergraph) were first invented for the purpose of describing any level complex system like the brain neural model as a perfect fractal of universe [8,9].



a) The elements of neural model

b) The example of neural model

Fig. 4.

Formally axon-dendrite model can be composed using a set of the attributes (axon-dendrites):

$$B = \{b_i\}, \quad i = \overline{1, N} \quad (1)$$

with: dendrites as the set of requirements or needs, also desires and wishes;
axons as the set of possibilities and motivations.

Each neuron can be represented in the following form:

$$b_i = \{b_{ik}\}, \quad k = \overline{1, L} \quad (2)$$

Generally, each axon or dendrite is described as a terminal:

$$t_{ik} = \{s_{ik}, d_{ik}, \omega_{ik}\} \quad (3)$$

where: $s_{ik} \in \{-1, +1\}$ - is the sign of terminal;

$d_{ik} \in D$ - is the type of terminal;

$\omega_{ik} \in [0, 1]$ - is the weight coefficient of terminal.

$$\text{The total number of terminals: } Q = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^L t_{ik} \quad (4)$$

Connection between neurons is realized by synapses

$$C_{ij} = \{t_{ik} \circ t_{kj}\} \quad (5)$$

where: \circ - is the synapse or cohesion.

Each synapse is established in case of respective conditions:

$$C_{ij} = \left\{ (s_{ik} = -s_{kj}) \wedge (d_{ik} = d_{jk}) \wedge (|\omega_{ik} - \omega_{jk}| = \min_k) \right\} \quad (6)$$

where: $s_{ik} = -s_{kj}$ is opposite polarity of terminals;

$d_{ik} = d_{jk}$ is the identity of types;

$(\omega_{ik} - \omega_{jk}) = \min$ is minimum difference of weight coefficients, which actually determines the degree of incompatibility.

Let us consider the environment as virtual element of system. The weight coefficients for all its terminals will be $\omega_{or} = 0$,

where: $r = \overline{1, F}$.

R – number of synapses: $R = \text{Card}\{C_{ij}\};$

F – number of free terminals: $F = Q - 2R;$

μ – degree of incompatibility.

After reindexing $(ik) \rightarrow r_{(ik)}$, it will be: $\mu_{r_{(ik)}} = |\omega_{ik} - \omega_{jk}|.$ (7)

Entropy is determined by the number of ways you could achieve a state. And entropy is calculated as the following function [9]:

$$H = - \sum_{r_{(ik)}=1}^F \mu_{r_{(ik)}} \log \mu_{r_{(ik)}} - \sum_{r_{(ik)}=1}^R P_{r_{(ik)}} (\mu_{r_{(ik)}} \log \mu_{r_{(ik)}} + (1 - \mu_{r_{(ik)}}) \log(1 - \mu_{r_{(ik)}})) \quad (8)$$

Compatibility of the synapses is the necessary condition of neuron graph unity. Synergy, on its part, is the function (8):

$$S = \log \sum_{i=1}^n \mu_i - \sum_{i=1}^h p_i \log p_i \quad (9)$$

where: h – number of the orbits of isomorphic groups;
 p – probability of the orbits of isomorphic groups.

As a result of synapses there takes place the merging of neurons, creation of a new ensemble that consists of synergic-entropic union. Every synapse or interaction between any two neurons recursively form the new entity, the new united neural cluster, which has mutually modified or provoked redistribution of synergy-entropy, its balance and fitness function. Creation occurs when entropy converts into synergy and vice versa, when breaking up synergy converts into entropy.

4. Informational metabolism

This part of paper focused on the understanding which means intersection of epistemological level semantic hypergraphs of conversing pair knowledge system. The more intersection - the more understanding. Let's consider interactivity according to the following scheme, where intermediary function is fulfilled by human language. Linguistic translator performing mutual conversion [6,7].

In the **A** narrator's (or information transferor's) knowledge system on the meta knowledge level defragmentation and activation take place. For transferring the following downward decomposition tract is carried out:

Metaknowledge → *knowledge* → *knowledge fragment* → *idea* → *conversion in the spoken language* → *phrase* → *word* → *letter-sound*.

Information transferring is the letter-sound (phonemes) chain sequence or array, sensibly perceived in **B** reception side, where reverse consecutive process or rising composition tract is carried out. This time morphological analysis i.e. words recognition from the letter-sound sequence, then syntactic analysis or sentence construction, and finally semantic analysis takes place subconsciously.

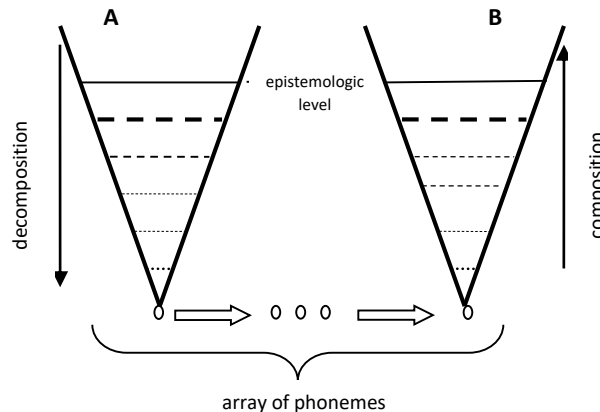


Figure 5

Thus, knowledge from a higher dimensional level begins to decompose the semantic "textile" into a "thread-like" for transmission to the other side, where the "weaving" begins from this "thread" (textus - Latin for fabric). Understanding depends on whether the received and received products correspond to the original. Thus from high dimensional level the knowledge begins to decomposition of the semantic in "thread like" for transmission to the other side, where "knitting" begins from this "thread" (textus - in Latin means fabric). Understanding depends on the fact whether received and derived products conform to the original.

5. Conclusion

This article is devoted to the modern information technology problems and challenges of the representation of human knowledge and its acquisition. Here we discuss knowledge engineering in the context of modern information systems, namely artificial intelligence, big data analytics, as well as information integration and knowledge management. Based on our research interests, we focused on the graph model of knowledge representation. The article discusses a graph-based knowledge model, where synergy is the main criterion for evaluating integrity.

Finally, the representation and processing of high-dimensional complex structural semantic information needs an artificial intelligence system based on working principles of the human brain, because modern computer models and corresponding software are no longer satisfactory. New approaches to knowledge representation and, therefore, the creation of a new generation of linguistic processors can have a great technological impact on the design of next-generation computers. It will be possible also working at high level knowledge and metaknowledge models. This in its own part will be the beginning of a new paradigms of the Artificial Intelligence, which embryonic fragments can be spotted in this paper.

6. References

- [1] Ackoff, Russell .L. "From Data to Wisdom," *Journal of Applied Systems Analysis* 16 (1989): 3–9.
- [2] Bellinger, Gene; Castro, Durval; and Mills, Anthony., *Date, Information, Knowledge, and Wisdom*. Accessed 5/03/2006
- [3] Clark, K. (2020) What is a Knowledge Graph?. Available at: <https://www.stardog.com/blog/what-is-a-knowledge-graph/> (Accessed: 11 May 2021).
- [4] Ediberidze A., Meparishvili B., Janelidze G, (2008). *New Approaches to a Modeling of Knowledge*. IFAC 9 th Workshop on Intelligent Manufacturing Systems (IMS'08), Szczecin, Poland, October 9-10, 2008. 99-103 pp.
- [5] Heylighen, F. 2002. The Global Superorganism: an evolutionary-cybernetic model of the emerging network society. *Journal of Social and Evolutionary Systems*.
- [6] Janelidze, G. and Meparishvili, B. 2006. Evolution Algorithm of Multiextreme Optimization. *Periodical Scientific Journal „Intelect”*, 1(24), Tbilisi, ISSN 1512-0333, 119-121.
- [7] Kervalishvili, P., Meparishvili, B., (2008). "Molecular Machines-Modeling Approaches". ERA-2 Proceedings The Contribution Of Information Technology Science, Economy, Society and Education. T.E.I. of PIREAUS : 453-460 pp.
- [8] Meparishvili, B. 2010. From Systemology to Systemosophy. *Periodical Scientific Journal „Intelect”*, 1(36), Tbilisi, ISSN 1512-0333, 36-42.
- [9] Meparishvili, B. Gachechiladze, T. Janelidze, G. NATO Science for Peace and Security Series "Complexity and Security", 2007, ISSN 1874-6276. 379-388 pp.
- [10] Meparishvili B., Meparishvili T., Janelidze G. (2008). *Artificial Intelligence: Problems and Prospects*. Transactions Automated Control Systems № 1(4), ISSN 1512-3979.
- [11] Nikhil Sharma, "The Origin of Data Information Knowledge Wisdom (DIKW) Hierarchy", (Google Inc, February 2008).
- [12] Parunak. H.V.D. and Bruecker. S. 2001. Entropy and Self-Organization in Multi-Agent Systems. *International Conference on Autonomous Agents*

ცოდნის ინჟინერიის ზოგიერთი ახალი ასპექტი

ბადრი მეფარიშვილი¹, გულნარა ჯანელიძე¹, ირაკლი ხაჩიძე²

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2. ახალციხის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

meparishvilibadri08@gtu.ge, janelidzegulnara08@gtu.ge, irakli.khachidze3@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში გაკეთებულია მოკლე ანალიზი ცოდნის ინჟინერიის დარგის განვითარების აქტუალობის, ასევე არსებული პრობლემების თაობაზე. მსჯელობა მიმდინარეობს ცოდნის ინჟინერიის თანამედროვე საინფორმაციო სისტემების კონტექსტში, კერძოდ, ხელოვნური ინტელექტის, დიდი მონაცემების ანალიტიკის, ასევე ინფორმაციის ინტეგრაციისა და ცოდნის მენეჯმენტის თვალსაზრისით. ნაშრომში აღწერილია ახალი მიდგომები, რომლებიც

მნიშვნელოვნად განაპირობებს კვლევის გაღრმავებას ცოდნის წარმოდგენისა და დამუშავების მიმართულებით. ცოდნის ახლებურად წარმოდგენის საილუსტრაციოდ მოცემულია ცოდნის წარმოდგენის გრაფიკული მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია ადამიანის ტვინის ნეირონული მოდელის მუშაობის პრინციპებზე, სადაც ცოდნის გრაფის (ჰიპერგრაფი) თითოეული კვანძი (ნეირონი) შეიცავს აქსონ-დენდრიტული ტიპის ატრიბუტებს, რომელთა თავსებადობა, ანუ სინაპსის სინერგია განაპირობებს ცოდნის მოდელის მთლიანობას. ინფორმაციული მეტაბოლიზმის თვალსაზრისით, აღწერილია ტექსტური დიალოგის ინტერაქციის პროცესი, სადაც შუამავალ ფუნქციას ასრულებს ადამიანის სამეტყველო ენა. ლინგვისტური პროცესორი ახორციელებს ინფორმაციის ორმხრივ კონვერტაციას, როდესაც ერთ მხარეს იწყება ცოდნის მოდელის დეკომპოზიცია უფრო მაღალი განზომილებიანი დონიდან ზემოდან ქვემოთ, ხოლო მეორე მხარეს გადაცემის შემდეგ, ქვემოდან ზევით იწყება ცოდნის კომპოზიციის პროცესი. შედეგად, ნათლად იკვეთება ინფორმაციის დამუშავებისა და ცოდნის მენეჯმენტის წარმოდგენილი მიდგომების მნიშვნელობა ცოდნის ინჟინერიაში.

საკვანძო სიტყვები: ცოდნის წარმოდგენა, ხელოვნური ინტელექტი, აზროვნების მოდელი, ინფორმაციული მეტაბოლიზმი.

Development of the Simulation Tool for the Radiation Length in the HEP Experiments

Alexander Sharmazanashvili, Salome Vashakidze

¹Georgian Technical University

lasha.sharmazanashvili@cern.ch, salome.vashakidze@cern.ch

Abstract

The simulation is employed to generate synthetic occurrences that can be used for conducting physics experiments and analyses. Within the ATLAS experiment at CERN's LHC in Geneva, Switzerland, the simulation process relies on the GEANT4 platform. GEANT4 utilizes geometry descriptions to model how particles propagate through materials. The incorporation of the CATIA (Computer-Aided Three-dimensional Interactive Application) CAD application into the simulation infrastructure provides an avenue for early exploration of detector geometry to enhance precision in the simulation process. The paper outlines a technique for computing X_0/λ radiation parameters specifically tailored to CATIA's native geometry descriptions. At its heart, this method relies on a "scanner function" that facilitates the creation of control points on the geometry, serving as the focal points for subsequent calculations. Furthermore, the algorithm includes initial adjustments to the geometry before the scanning process, ensuring it is in the desired form. It seamlessly connects with commonly used software like Excel, enabling effortless visualization and analysis of the results. This paper presents a methodology for streamlining geometry within the CATIA platform and showcases the outcomes achieved through its practical implementation.

Keywords: Simulation, CATIA, Radiation Length, Geometry descriptions, GEANT4

1. Introduction

The ATLAS detector at the LHC records data from proton-proton collisions at a rate of one event every 25 ns, which corresponds to a frequency of 40 million events per second (40 MHz). On average, this results in approximately 40 events being recorded for each bunch crossing during Run2 collisions [1]. Hence, a simulation is employed to facilitate the generation of synthetic events

sourced from Monte-Carlo generators. This simulation process aims to produce output data that closely mirrors the characteristics of real detector measurements. The ATLAS experiment utilizes Geant4 as its simulation framework. In this framework, Geant4 generates simulated interactions and records the corresponding "hits." These simulations rely on geometry descriptions of the detector, which serve as crucial input data for accurately modeling particle interactions and their outcomes [2].

CATIA, which stands for "Computer-Aided Three-dimensional Interactive Application," serves as the official CAD application at CERN for engineering, designing, constructing, and maintaining high-energy physics (HEP) facilities, including detectors and subsystems. CATIA holds the distinction of being one of the most widely used engineering geometry modeling applications worldwide. It empowers users with versatile tools for creating various forms of geometry and executing a wide array of descriptive geometry transformations.

A key feature of CATIA is its robust Digital Mock-Up (DMU) engine, facilitating digital comparisons between different geometries of varying types. Therefore, integrating CATIA into the existing ATLAS simulation infrastructure allows the consolidation of geometry descriptions from diverse sources into a unified platform. This integration enables early-stage examination of these descriptions, optimizing the simulation process for the best possible outcomes.

2. X_0/λ Calculation Methodology

It is imperative to devise distinctive methodologies and specialized tools to conduct a comprehensive early-stage analysis of detector geometry. This approach is essential to guarantee that the simplified geometry maintains both high-performance capabilities and precision in the context of simulation. The initial simplification process is particularly crucial because the as-built geometry, in its raw form, cannot be directly employed in simulations due to its inherent complexity and intricacies. The ATLAS detector is meticulously documented in a CATIA 3D model, representing the most accurate rendition of the actual as-built geometry of its constituent components. Consequently, it is imperative to invest in the development of methodologies and tools within CAD platforms, specifically designed to facilitate early-stage geometry simplification for simulation purposes. These tools and methods are indispensable for streamlining the intricate geometry of the detector, ensuring that it aligns with the requirements and constraints of the simulation process. The proposed methodology must guarantee that the simplified geometry descriptions maintain identical mass and radiation properties as those observed in the as-built geometry. This stringent requirement is essential to ensure the accuracy and fidelity of the simulation results, as any deviation in these properties could introduce significant discrepancies in the simulation outcomes.

In the initial step of the process, we load the "working" geometry, denoted as Geo1 or Geo2, into CATIA. Subsequently, we proceed to assign the appropriate materials to this geometry and accurately position it in the XYZ coordinate system. At this stage, we utilize a specialized function known as "preview" to examine the specific points at which the radiation length calculations will be conducted. The crucial decisions regarding the range and step size for these calculations are made on an individual basis for each geometry, and there are no fixed numerical values.

If a highly detailed analysis is desired, we opt for a minimal step size to ensure precision. However, it's important to note that this choice may come at the expense of significantly increased computation time, potentially impacting system performance.

The calculation process proceeds as follows: We perform the necessary calculations, and upon completion, we obtain specific values. If there is no discernible difference between these values, we proceed to the next point and replicate the calculation for all the designated points in the geometry. This iterative approach ensures that we comprehensively assess and capture the radiation properties across the entire geometry.

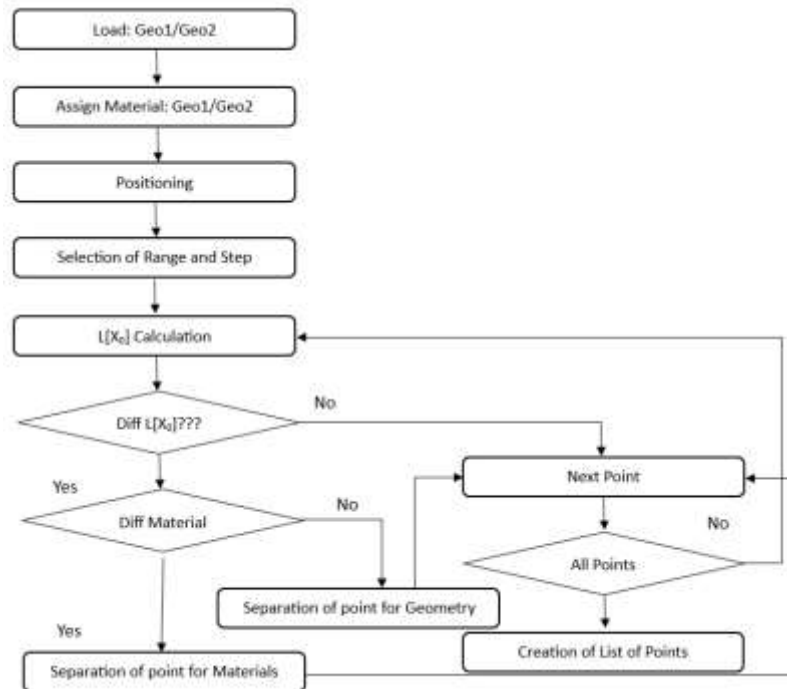


Figure 1 Algorithm of Intercomparison of As-built and simplified geometries using the radiation parameters

In cases where critical areas exhibit significant variations in radiation length, a thorough analysis is conducted. This analysis involves examining whether the disparities arise from distinct material compositions. If material differences are identified as the source of variation, the same analytical method is systematically applied to all relevant points.

In contrast, when the discrepancies are attributed to disparities in geometries, a meticulous examination is required. This examination focuses on the specific region within the simplified geometrical description where the problematic point was initially observed. As with material differences, the same method is consistently employed to assess all points within this region.

Ultimately, the output of this algorithm is a comprehensive list of critical cases, each identified by its unique ID. These cases are categorized based on whether the variation arises from differences in materials or geometries, thus providing a clear separation of the underlying factors contributing to the discrepancies.

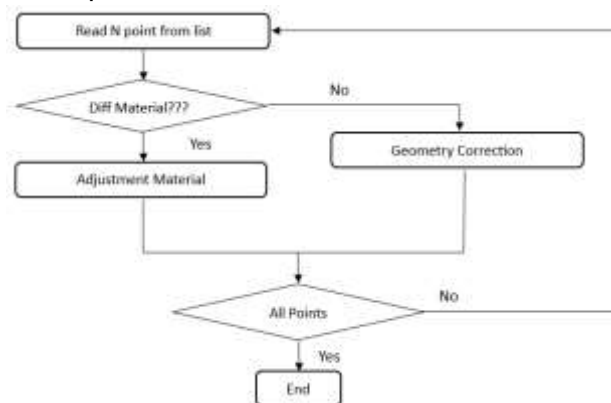


Figure 2 Algorithm for the modification of simplified geometry description

In the second phase, illustrated in Figure 2, we outline the algorithm for modifying the simplified geometry description based on the findings from the previous analysis. After generating a list of critical areas and identifying their respective causes, we initiate the modification process as follows:

- Read N-points from the critical areas list.
- If the discrepancy is attributed to material differences, it is imperative to make the necessary adjustments to the affected areas. This adjustment process is iteratively applied to each point on the list until all critical areas stemming from material differences have been rectified.
- In cases where the variation is not due to material differences but instead results from geometry disparities, we revisit the geometry description. Subsequent corrections are made to the geometry to address the problematic areas.
- The process continues until all critical areas, whether caused by material or geometry discrepancies, have been appropriately corrected.

The outcome of this algorithm is the attainment of a refined and simplified geometry description that has been systematically adjusted to eliminate discrepancies identified during the previous analysis.

3. CATIA Tool for the Simulation

The tool have been specifically tailored to function seamlessly within the CATIA environment and have been built using the object-oriented programming language VBA. They leverage the powerful functionalities provided by the CATIA macros library to enhance and extend the capabilities of CATIA for various engineering tasks and processes. This specialized CATIA application serves a dual purpose. Firstly, it enables the precise calculation of radiation length for intricate geometries. Secondly, it offers a visualization feature for control points, enhancing the overall utility and effectiveness of the application within the CATIA framework.

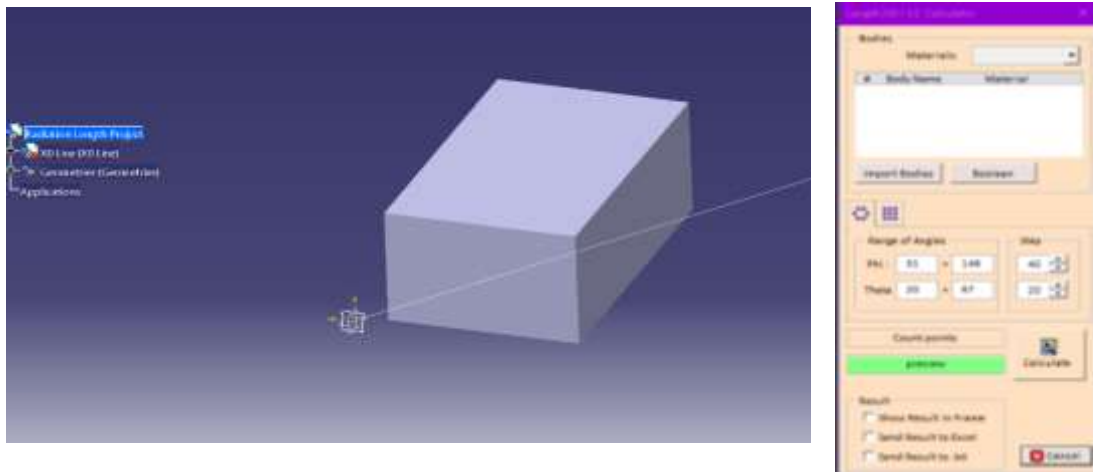


Figure 3 The CATIA Tool for the Simplification

The user interface, as depicted in Figure 3, functions as follows:

1. **Import Bodies (N1 Red Frame):** To begin using the radiation length calculator, the first step involves importing the solid geometry into the user form. Clicking the "Import Bodies" button loads the geometry into the form.
2. **Assigning Material (N2 Red Frame):** After importing the geometry, the next step is to assign the appropriate material. This is accomplished by clicking the "Materials" button. A material selection interface allows you to choose the desired material for your geometry. Once selected, the chosen material is assigned to the geometry.

3. **Defining Ranges (N3 Red Frame):** In the N3 red frame, you define the ranges for Phi start, Phi end, Theta start, Theta end, and the step size for each parameter. These ranges are crucial for specifying the angular domain in which radiation length calculations will be performed.
4. **Displaying Results (N4 Red Frame):** Moving to the "Result" frame (N4), you can select the "Show result in frame" checkbox. This action enables you to view the results of the radiation length calculations directly within this frame. Clicking the "Preview" button initiates the calculation process and displays the outcomes.

In summary, this user form streamlines the process of importing geometry, assigning materials, defining calculation parameters, and visualizing radiation length calculation results for the specified geometry and settings.

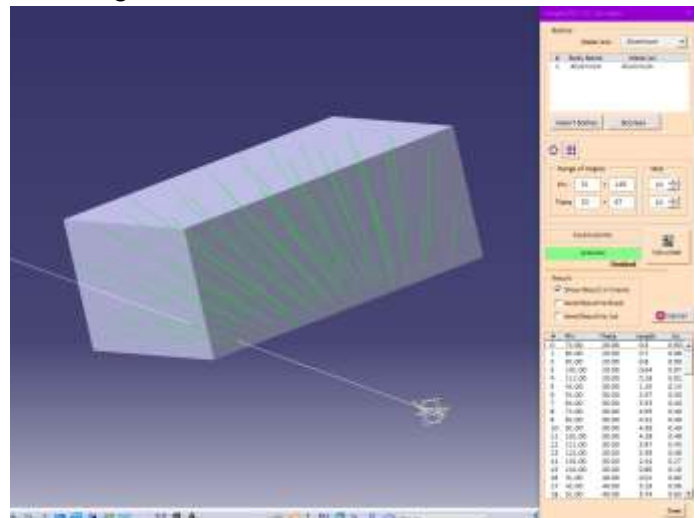


Figure 4 results

In Figure 4, we observe the presence of green lines, which represent the points where radiation length measurements are taken. The user form also incorporates a frame that contains the calculated data for these measurements. Here's an overview of the data presented within this frame:

- **Numbering (Column 1):** This column provides a numerical identifier for each data point.
- **Phi Value (Column 2):** The second column displays the values of Phi, representing the azimuthal angle of the particle's path.
- **Theta Value (Column 3):** The third column presents the values of Theta, representing the polar angle of the particle's path.
- **Path Length (Column 4):** In the fourth column, you can find the length of the line along which the particle is expected to pass.
- **Radiation Length (Column 5):** The fifth column is populated with the calculated radiation length values corresponding to the points.

This user form offers users the capability to visualize and interact with the calculated data. It allows users to export this data to both text (txt) and Excel files, facilitating further analysis.

5. Case Study of the Simulation for the ATLAS ITk Detector

ITk Detector is the part of the ATLAS detector. The ATLAS ITk consists of pixel layers close to the interaction point, complemented by layers of strip detectors at larger radii. It will instrument an area of approximately 180 m² with more than 5 billion channels. [3]

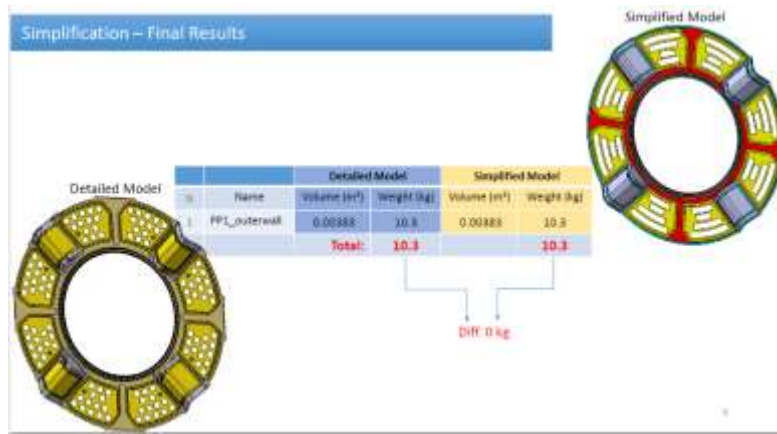


Figure 5 ITk Detector PP1-outerwall simplification

In Figure 5, we are presented with a visual representation of the ITk detector's pp1 outerwall-frame model, highlighting the distinction between the as-built geometry and the simplified geometry. Notably, the displayed difference is as 0 kilograms.

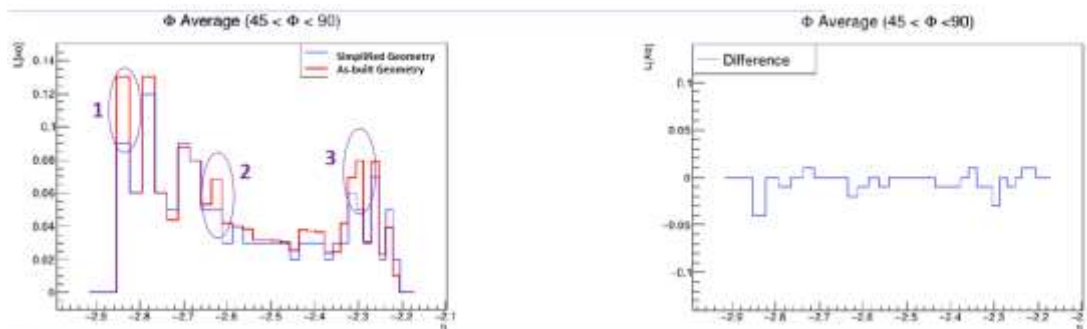


Figure 6 Compare Analyses – Radiation Length (Average Values)

Figure 6 provides a histogram depicting the average values obtained from comparative analyses of the radiation length between the as-built geometry and the simplified geometry. Within this analysis, three distinct cases of critical differences have been identified.

In the upcoming phase, the algorithm and tool previously described will be employed to thoroughly investigate and determine the underlying reasons for these observed differences. This comprehensive examination will help pinpoint whether the disparities are attributable to material variations, geometry discrepancies, or other factors, facilitating a more precise understanding of the observed variations in radiation length values.

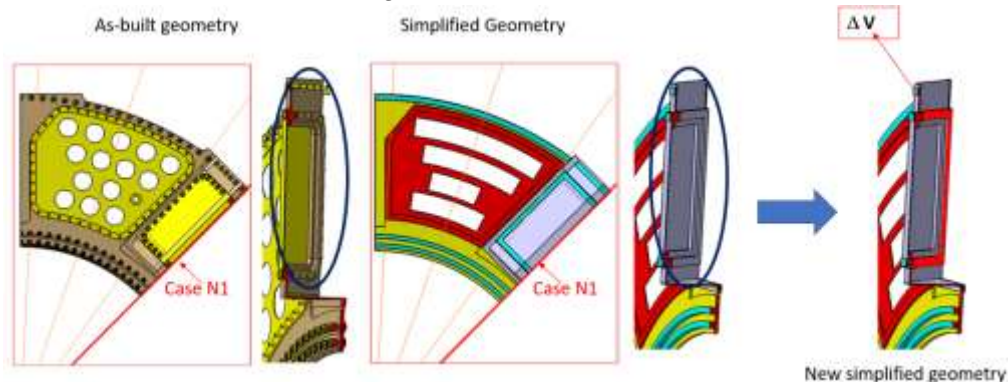


Figure 7 Critical case

Figure 7 provides a cut view of both the as-built and simplified geometries. The left image reveals the presence of bolts, which are the source of critical differences in radiation length values. To address these disparities, corrective measures are taken within the simplified geometry description.

In the right picture, highlighted in red, we can see that the areas where differences were identified have been proportionally adjusted by adding delta-V. This modification aligns the

simplified geometry more closely with the as-built geometry. Subsequently, radiation length calculations are reevaluated, now taking into account the refined simplified geometry. This leads to the determination of a final radiation length value.

Following the geometry correction process, a new histogram is generated and presented in Figure 8. This updated histogram is expected to demonstrate a reduction in the observed differences, highlighting the effectiveness of the corrective actions taken to harmonize the radiation length values between the as-built and simplified geometries.

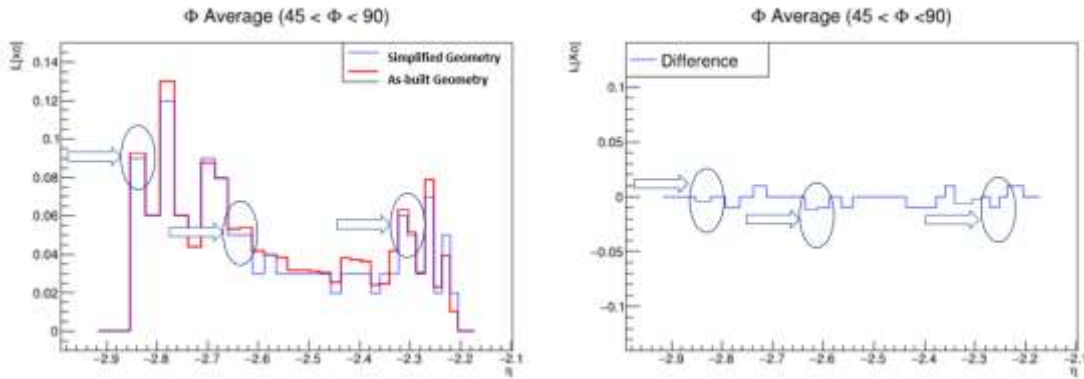


Figure 8 Radiation length after geometry correction

Conclusion

1. A highly efficient method for simplifying complex geometries based on radiation analysis within the CATIA environment has been successfully developed.
2. This method enables the precise identification of critical areas within a geometry, where the disparity in radiation length values between the as-built and simplified geometries exceeds permissible thresholds. It provides a systematic approach to simplify geometry while maintaining accuracy.
3. The method, along with the accompanying CATIA tools, has undergone rigorous testing in the context of ongoing projects related to the development of ITK simulation geometry. These tests have conclusively demonstrated the method's effectiveness in optimizing complex geometries for simulation purposes.

References

- [1] - The ATLAS Collaboration "The ATLAS Simulation Infrastructure"/The European Physics Journal C 70:823-874, DOI 10.1140/epjc/s10052-010-1429-9 (2010)
- [2] - Flavia de Almeida Dias "The New ATLAS Fast Calorimeter Simulation"/ICHEP2016, 5 August (2016)
- [3] - Craig Buttar "ATLAS ITk Pixel Detector Overview"
<https://indico.cern.ch/event/803258/contributions/3582845/attachments/1962390/3265284/259-Buttar-ATLASPixelsOverview-v3.pdf>

რადიაციის პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება HEP

ექსპერიმენტების სიმულაციისათვის

ალექსანდრე შარმაზანაშვილი, სალომე ვაშაკიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

lasha.sharmazanashvili@cern.ch, salome.vashakidze@cern.ch

რეზიუმე

სიმულაცია გამოიყენება სინთეზური მოვლენების წარმოქმნისთვის, კომპიუტინგის საშუალებით, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ფიზიკის ექსპერიმენტებისა და ანალიზის ჩასატარებლად. ATLAS-ის ექსპერიმენტში (CERN, შვეიცარია, ჟენევა) სიმულაციის პროცესისთვის გამოყენებულია GEANT4 პლატფორმა. GEANT4 იყენებს გეომეტრიულ აღწერებს, ნაწილაკების მასალასთან ურთიერთქმედების მოდელირებისთვის. CATIA-ს (computer-aided three-dimensional interactive application) გამოყენება სიმულაციაში, უზრუნველყოფს ადრეულ სტადიაზე დეტექტორის გეომეტრიული აღწერების კვლევას, რათა გაზრდილი იქნას სიმულაციის პროცესის სიზუსტე. სტატიაში განხილულია XO/λ რადიაციის სიგრძის გამოთვლის ტექნიკა, რომელიც სპეციალურად მორგებულია CATIA-ს გეომეტრიულ აღწერებზე. მეთოდი ეყრდნობა „სკანერის ფუნქციას“, რომელიც ამარტივებს გეომეტრიაზე საკონტროლო წერტილების შექმნას. გარდა ამისა, ალგორითმი მოიცავს სკანირების პროცესის დაწყებამდე, საწყისი გეომეტრიული აღწერის კორექტირებას. იგი უპრობლემოდ უკავშირდება სხვა გამოყენებით პროგრამულ უზრუნველყოფას, როგორცაა Excel, რაც შედეგების ანალიზს და ვიზუალიზაციას შესაძლებლებელს ხდის. ნაშრომი წარმოადგენს CATIA პლატფორმის ფარგლებში გეომეტრიის გამარტივების მეთოდოლოგიას და აჩვენებს მისი პრაქტიკული განხორციელებით მიღწეულ შედეგებს.

საკვანძო სიტყვები: სიმულაცია, CATIA, რადიაციის სიგრძე, გეომეტრიული აღწერები, GEANT4.

ხელოვნური ინტელექტის პლატფორმების მიმოხილვა და მათი

პერსპექტივები

დავით საცერაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

dsatseradze@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ხელოვნური ინტელექტის სხვადასხვა პლატფორმები და მათი გამოყენების სფეროები. გაკეთებულია მათი განვითარების პროგნოზი.

საძიებო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური და ღრმა სწავლება, Torch, H2O, Caffe, PyTorch, TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit, Keras, Theano, CNTK, MXNet, RapidMiner, SAS AI, BigML, DataRobot, Rapid AI, Seldon, AutoML.

შესავალი

ბოლო წლებში ხელოვნური ინტელექტის ფეთქებადმა განვითარებამ ამ დარგში უამრავი კომპანია მოიხიდა, რომლებიც საკუთარ ნეირონული ქსელის არქიტექტურაზე და მანქანური სწავლების ახალ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ პლატფორმებს ქმნიან. მათი

რიცხვი მუდმივად იზრდება რაც ერთის მხრივ ზრდის კონკურენციას, ხოლო მეორეს მხრივ სხვადასხვა მიმართულებების სპეციალისტებს ურთულებს საერთო ენის გამონახვას.

სწორედ აღნიშნული პლატფორმების განხილვას ეძღვნება წინამდებარე სტატია.

ძირითადი ნაწილი

ყველაზე ცნობილი გახლავთ პლატფორმა **ChatGPT** (<https://chat.openai.com/>) რომელიც შექმნილია კომპანია **OpenAI** (<https://openai.com/>) მიერ და წარმოადგენს პროგრამას („ჩატ-ბოტი“) რომელსაც შეუძლია ერთდროულად აწარმოოს დიალოგი უამრავ მომხმარებელთან სხვადასხვა თემაზე. მისი მეშვეობით უკვე იქმნება მუსიკალური თუ მხატვრული ნაწარმოები, კომპიუტერული პროგრამები და სხვა

შემდეგი არის პლატფორმა **IBM Watson-ი** (<https://www.ibm.com/watson>). ამ სუპერკომპიუტერს აქტიურად იყენებენ კიბოს მკურნალობაში (ახსოვს 600 000 მეტი კლინიკური შემთხვევა და დიაგნოზი), მეცნიერებაში (კომპანია „Johnson & Johnson“-ი იყენებს სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზისათვის), განათლებაში (აშშ-ს სკოლები ტესტირებას უტარებენ პროგრამას Teacher Advisor with Watson, რომელიც სთავაზობს რჩევებს სასწავლო გეგმის გაუმჯობესებისა და სასწავლო პროგრამების პერსონალიზაციის თაობაზე), საფინანსო სფეროში, იურისპრუდენციაში, კიბერუსაფრთხოებაში, დიდი მასივების არასტრუქტურირებულ მონაცემების (BigData) დამუშავებაში. ამის გარდა, პლატფორმას შეუძლია ბუნებრივი ენების ამოცნობა და ოპერატორთან დიალოგი, დინამიური სისტემების აგება და პროცესების მოდელირება.

საკუთარი პლატფორმის განვითარებაში Google-მ განახორციელა 2 მლრ. აშშ დოლარის ინვესტიცია, რათა კონკურენცია გაუწიოს OpenAI-ს. მან ორიენტაცია ღრუბლოვან სერვისზე გააკეთა (**Google Cloud AI** (<https://cloud.google.com/products/ai>), სადაც უკვე წარმოდგენილია და მომხმარებელს სთავაზობენ მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის სხვადასხვა ინსტრუმენტებს.

ასევე ღრუბლოვან სერვისებზე ამუშავებს თავის პლატფორმას კომპანია Microsoft-ი (**Microsoft Azure AI** (<https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/ai>)). გამზადებულ 600 სერვისის გარდა მომხმარებელს სთავაზობენ პროგრამირების სხვადასხვა სახელმძღვანელოებს, დოკუმენტაციას და სასწავლო კურსებს.

Amazon AWS AI (<https://aws.amazon.com/en/machine-learning/ai-services/>): Amazon Web Services უზრუნველყოფს მთელ რიგ სერვისებს ხელოვნური ინტელექტის შემქმნელებისათვის, მათ შორისა საკმაოდ ცნობილი Rekognition - რეალური დროის სახეთა ამოცნობისა და კომპიუტერული ხედვის სერვისი და SageMaker - მონაცემთა სპეციალისტებს და პროგრამისტებს საშუალებას აძლევს სწრაფად შექმნან, მოამზადონ და განათავსონ მანქანური სწავლის მოდელები.

ცალკე განხილვას იმსახურებენ ხელოვნური ინტელექტის მოდელების შექმნისათვის დაწერილი პროგრამული ინსტრუმენტების მზა ნაკრებები („ფრეიმვორკები“), რომლებიც ეხმარებიან პროგრამისტებს შესაბამისი პროდუქტის სწრაფ შექმნაში. იმავე მიზნებს ემსახურება პროგრამების მეორე ჯგუფი ე. წ. API ანუ პროგრამული ინტერფეისი, რომელიც აკავშირებენ სხვადასხვა პროგრამულ მოდულებს. მათი მოცულობიდან და შესაძლებლობებიდან გამომდინარე მათ უკვე განიხილავენ როგორც პლატფორმებს. ესენია:

TensorFlow (<https://www.tensorflow.org/?hl=en>): Google-ის მიერ შემუშავებული TensorFlow არის ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული მანქანური სწავლებისა და ხელოვნური ინტელექტის „ფრეიმვორკი“. ის გვთავაზობს უამრავ ინსტრუმენტს და ბიბლიოთეკას ხელოვნური ინტელექტის მოდელების შესაქმნელად და მათი სწავლებისთვის.

PyTorch (<https://pytorch.org/>): შემუშავებულია Facebook-ის მიერ, ეს ფრეიმერი ასევე პოპულარულია მკვლევარებსა და პროგრამისტებს შორის. PyTorch უზრუნველყოფს დინამიური გამოთვლის გრაფს და მოსახერხებელი ინტერფეისის ხელოვნური ნეირონული ქსელების შესაქმნელად.

Keras (<https://keras.io/>): Keras-ი არის მაღალი დონის მანქანური სწავლების API, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას TensorFlow, Theano ან Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK) ერთად. ის ამარტივებს ნეირონული ქსელების შექმნას და მათ სწავლებას.

Caffe (<https://caffe.berkeleyvision.org/>): Caffe არის ღრმა სწავლის პლატფორმა, რომელიც აქტიურად გამოიყენება კომპიუტერული ხედვის ამოცანებისათვის. ის შეიქმნა Berkeley-ს უნივერსიტეტში და უზრუნველყოფს პროგრამულ ინსტრუმენტებს კონვოლუციური ნეირონული ქსელის მოდელების შექმნისა და ტრენინგისთვის.

Theano (<https://github.com/Theano/Theano?ysclid=lnvzi3q1g9606042967>): ის შეიქმნა MILA Research Lab-ში მანქანური სწავლების ამოცანების გადასაჭრელად და უზრუნველყოფს ოპტიმიზაციასა და გამოთვლებს გრაფიკულ პროცესორებზე.

CNTK (Microsoft Cognitive Toolkit - <https://learn.microsoft.com/en-en/cognitive-toolkit/მი>): შემუშავებულია Microsoft-ის მიერ, CNTK არის მანქანური სწავლების „ფრეიმვორკი“, რომელიც ორიენტირებულია მოდელების მუშაობის წარმადობაზე და განაწილებულ გამოთვლებზე.

MXNet (<https://mxnet.apache.org/versions/1.9.1/>): MXNet არის ღია კოდზე დაფუძნებული ღრმა სწავლების პლატფორმა, რომელიც გვთავაზობს მოქნილ API-ს და მხარს უჭერს პროგრამირების სხვადასხვა ენებს, მათ შორის Python, Scala-ს და Julia-ს.

H2O.ai (<https://h2o.ai/>): H2O.ai წარმოადგენს მანქანური სწავლებისა და ხელოვნური ინტელექტის ღია პლატფორმას, რომელიც უზრუნველყოფს მოდელების შექმნის პროცესის ავტომატიზაციას.

RapidMiner (<https://rapidminer.com/>): ეს არის მონაცემთა ანალიზისა და მანქანური სწავლების პლატფორმა, რომელსაც გააჩნია ინსტრუმენტების ფართო სპექტრი და მოდელების შექმნისა და დანერგვის ინტერფეისი.

SAS AI (https://www.sas.com/en_us/solutions/ai.html): SAS გვთავაზობს ხელოვნური ინტელექტისა და მონაცემთა ანალიზის გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება საწარმოსა და სამეცნიერო კვლევებში.

KNIME (<https://www.knime.com/>): KNIME არის ღია პლატფორმა მონაცემთა ანალიზისთვის, მანქანური სწავლების განხორციელებისა და ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაციისათვის. ის უზრუნველყოფს მონაცემთა ანალიზის დროს სამუშაო პროცესებისათვის გრაფიკული ინტერფეისის შექმნას.

BigML (<https://bigml.com/>): BigML არის ღრუბელზე დაფუძნებული პლატფორმა მანქანური სწავლების მოდელების შესაქმნელად და მათ განსათავსებლად, ყოველგვარი პროგრამირების გარეშე.

DataRobot (<https://www.datarobot.com/>): ის უზრუნველყოფს მანქანური სწავლების ავტომატიზირებას, რაც საშუალებას გვაძლევს სწრაფად შექმნათ მოდელები და განვახორციელოთ მათი ოპტიმიზაცია.

RapidAI (<https://www.rapidai.com/>): ეს არის პლატფორმა ხელოვნური ინტელექტის მოდელების შემუშავებისა და დანერგვისთვის, რომელიც ორიენტირებულია ვიდეო ანალიტიკასა და გამოსახულების დამუშავებაზე.

Seldon (<https://www.seldon.io/>): Seldon-ი არის მანქანური სწავლების მოდელების სასიცოცხლო ციკლის მართვის პლატფორმა, რომელიც შექმნილია პროგრამისტების გუნდებისთვის.

AutoML პლატფორმები (<https://aws.amazon.com/ru/machine-learning/automl/>): არსებობს მრავალი პლატფორმა და ბიბლიოთეკა, როგორცაა H2O.ai, Driverless AI, Google AutoML (<https://cloud.google.com/automl>) და ა.შ., რომლებიც სპეციალიზირებულნი არიან მანქანური სწავლების პროცესის ავტომატიზაციაში.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს მანქანური სწავლების პლატფორმები საგანმანათლებლო დაწესებულებებისათვის. ესენია:

IBM Watson განათლებისთვის: IBM Watson გთავაზობს უამრავ გადაწყვეტილებებს და ინსტრუმენტებს ხელოვნური ინტელექტის აპლიკაციების სწავლისა და განვითარებისთვის. ეს მოიცავს Watson Studio-ს ხელოვნური ინტელექტის მოდელების განვითარებისთვის და Watson Discovery-ს ტექსტური მონაცემების გასაანალიზებლად.

Google AI for Education: Google გთავაზობს რესურსებსა და ინსტრუმენტებს ხელოვნური ინტელექტის სწავლებისთვის. TensorFlow, შემუშავებული Google-ის მიერ, არის ღრმა სწავლის ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული პლატფორმა.

Microsoft AI განათლებისთვის: Microsoft უზრუნველყოფს სასწავლო მასალებს და რესურსებს ხელოვნური ინტელექტის განათლებისთვის, მათ შორის Azure Machine Learning და Cognitive Services.

Coursera: Coursera გთავაზობს ბევრ კურსს ხელოვნური ინტელექტის შესასწავლად, რომლებიც შექმნილია უნივერსიტეტებისა და დარგის ექსპერტების მიერ.

edX: edX ასევე გთავაზობს ონლაინ კურსებს და სპეციალობებს ხელოვნური ინტელექტის დარგში, რომლებიც შექმნილია სხვადასხვა უნივერსიტეტებისა და ორგანიზაციების მიერ.

Fast.ai: Fast.ai გთავაზობს უფასო კურსებს ღრმა სწავლისა და ხელოვნური ინტელექტის თაობაზე.

OpenAI: OpenAI უზრუნველყოფს რესურსებსა და ბიბლიოთეკებს ხელოვნური ინტელექტის განვითარებისა და ექსპერიმენტებისთვის.

NVIDIA Deep Learning Institute: NVIDIA გთავაზობს უფასო ონლაინ კურსებს და სასწავლო მასალებს ღრმა სწავლებისა და გრაფიკული პროცესორების გამოყენებას ხელოვნური ინტელექტისათვის.

AI4ALL: AI4ALL არის ორგანიზაცია, რომელიც უზრუნველყოფს საგანმანათლებლო პროგრამებს სტუდენტებისთვის ხელოვნური ინტელექტის სფეროში.

კარნეგი მელონის უნივერსიტეტის AI აკადემია: კარნეგი მელონის უნივერსიტეტი გთავაზობს ონლაინ კურსებს და რესურსებს ხელოვნური ინტელექტის სწავლებისა და კვლევისთვის.

ცხადია, რომ ხელოვნური ინტელექტის შემქმნელები ცდილობენ საზოგადოებას გამართული პროდუქტი შესთავაზონ, თუმცა ამას, როგორც ყველა ახალ საქმეს ნეგატიური მომენტებიც ახლავს. კერძოდ, ცნობილი მოდელის ChatGPT-ს წინა ვერსიას (ChatGPT-2) უკვე შეეძლო საკმაოდ ხარისხიანი ფეიკ-ნიუსების შექმნა რის გამოც იგი არ წარუდგინეს ფართო აუდიტორიას. Amazon-ის მიერ შექმნილმა რეალური დროის სახეთა ამოცნობის მოდელის გამოყენებით პოლიცია უკვე წარმატებით იჭერს კრიმინალებს, რაც საზოგადოებაში არაერთგვაროვან რეაქციას იწვევს, ვინაიდან, მათი აზრით, მოდელი სათანადოდ არ არის დაცული ჰაკერებისაგან. ამას ემატება იმ მსახიობთა პროტესტი, რომელთა ხმა გამოიყენეს უნებართვით შესაბამისი პლატფორმის მეშვეობით. უკმაყოფილებას გამოხატავენ მხატვრებიც,

რომელთა ნახატებსაც რეპროდუქციის სახით იმეორებენ მანქანური სწავლების ტექნოლოგიების გამოყენებით. კონსალტინგური კომპანია Challenger, Gray & Christmas-ის მონაცემებით უკვე 2023 წლის მაისში ხელოვნური ინტელექტის გამო აშშ-ი უმუშევარი დარჩა 3,9 ათასი ადამიანი, ხოლო Goldman Sachs Businessinsider-ის მონაცემებით 2035 წლისათვის ხელოვნური ინტელექტი 300 მილიონ ადამიანს დატოვებს სამსახურის გარეშე. თუ გავითვალისწინებთ რობოტოტექნიკის განვითარებასა და ხელოვნურ ინტელექტთან გაერთიანებას ეს რიცხვი შეიძლება გაიზარდოს. გარდა ამისა, არ უნდა დაგვავიწყდეს რომ მიმდინარეობს კვლევები სამხედრო სფეროში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების თაობაზე, რაც კიდევ უფრო დიდ საფრთხეს წარმოადგენს.

დასკვნა

ხელოვნური ინტელექტის პლატფორმების რაოდენობის ზრდის ტემპები შენელებდა ვინაიდან მათი შესაძლებლობების სპექტრი იმდენად ფართოა, რომ მათი მხრიდან მომდინარე შესაძლო საფრთხეებზე უკვე თვით შემქმნელებიც კი დაფიქრდნენ. ამიტომ უახლეს მომავალში საზოგადოებისა და პროფესიონალთა მოთხოვნით დაიწყება ამ დარგის რეგულირების პროცესი, რომლის დროსაც გადაწყდება შემდეგი საკითხები:

- მთავრობებმა უნდა დაარეგულირონ ხელოვნური ინტელექტის ინდუსტრია, შესაბამისი მაკონტროლებელი სააგენტოების უფლებამოსილების გაფართოებით, რათა მათ გააკონტროლონ, ჩაუტარონ აუდიტი და განახორციელონ მონიტორინგი ყველა ტექნოლოგიაზე და მათ შემქმნელ კომპანიებზე რომლებიც მოღვაწეობენ ამ ინდუსტრიაში.
- სახისა და ემოციების ამოცნობა უნდა იყოს მკაცრად რეგულირებული, რათა დაცული იყოს საზოგადოებრივი ინტერესები.
- ხელოვნური ინტელექტის კომპანიებმა უარი უნდა თქვან სავაჭრო საიდუმლოებაზე და სხვა იურიდიულ პრეტენზიებზე, რომლებიც ხელს უშლის საჯარო სექტორის ანგარიშვალდებულებას.
- ფარმაკოლოგიასა და ავიაინდუსტრიაში არსებული პრაქტიკის ანალოგიურად ხელოვნური ინტელექტის შემქმნელებმა უნდა დაამტკიცონ თავისი ტექნოლოგიის უსაფრთხოება კონკრეტული ამოცანის ამოხსნისათვის.

ლიტერატურა

1. Cannady J. - Artificial Neural Networks for Misuse Detection // Proceedings, National Information Systems Security Conference (NISSC'98), October, Arlington, VA, 1998. C. 443 – 456.
2. Kevin P. Murphy - **Probabilistic Machine Learning: An Introduction** //The MIT Press, (March 1, 2022), ISBN-10: 0262046822, ISBN-13: 978-0262046824.
3. Eleni Adamopoulou, Lefteris Moussiades - **Chatbots: History, technology, and applications** // Machine Learning with Applications, Volumes 2, 15 December 2020, 100006, journal homepage: www.elsilver.com/locate/mlwa
4. https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf - ნანახია 08/09/2023

An overview of artificial intelligence platforms and their prospects

David Satseradze
Georgian Technical University
dsatseradze@gtu.ge

Abstract

The article discusses various artificial intelligence platforms and their areas of application. A forecast of their development is made.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine and Deep Learning, Torch, H2O, Caffe, PyTorch, TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit, Keras, Theano, CNTK, MXNet, RapidMiner, SAS AI, BigML, DataRobot, Rapid AI, Seldon, AutoML

სტრატეგიული გზა ხელოვნური ინტელექტისკენ

მირანდა ღვალაძე, მარიამ ჩხაიძე, ნინო აშორტია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Ghvaladze.m@gtu.ge, m.chkhaidze@gtu.ge, ashortia.n.@gtu.ge

რეზიუმე

მას შემდეგ, რაც მსოფლიო ითვისებს ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტრანსფორმაციულ პოტენციალს, საქართველო მზად უნდა იყოს გამოიყენოს ეს ტექნოლოგია, რათა დააჩქაროს ეკონომიკური ზრდა, გააძლიეროს საჯარო სერვისები და გადაჭრას საზოგადოებაში არსებული გამოწვევები. ხელოვნური ინტელექტი მრავალი ასპექტით ცვლის სამყაროს. მსოფლიოს მასშტაბით მოწინავე ქვეყნებმა წლებია დაიწყეს ხელოვნური ინტელექტის მასშტაბური იმპლიმენტაციისთვის აქტიური პროცესები სხვადასხვა სისტემებში. რა თქმა უნდა, ევროკავშირი და მისი სტანდარტები ამ მხრივ აქტიურ როლს ასრულებს. ევროკავშირის ეროვნული სტრატეგიის გაანალიზებით ხდება რეკომენდაციებისა და იმ კონკრეტული ნაბიჯების ჩამოყალიბება, რაც ევროკავშირის მსგავსად საქართველოსთვისაც უმნიშვნელოვანესია.

ხელოვნური ინტელექტის ეროვნული სტრატეგია მოიცავს ძირითად სფეროებს, როგორცაა პოლიტიკის ფორმულირება, ინფრასტრუქტურის განვითარება, ტალანტის განვითარება, ეთიკური მოსაზრებები, ინდუსტრიის მხარდაჭერა და საერთაშორისო თანამშრომლობა. შემოთავაზებული ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგია ხაზს უსვამს მხარდამჭერი პოლიტიკისა და მარეგულირებელი ჩარჩოს აუცილებლობას, რომელიც ითვალისწინებს იურიდიულ და ეთიკურ განზომილებებს ინოვაციებისა და პასუხისმგებელი ხელოვნური ინტელექტის გავრცელების ხელშეწყობისას.

სტატიაში განხილულია ინდივიდუალურად საქართველოსთვის საჭირო ნაბიჯები, ვინაიდან პერსონალიზაცია და ლოკალიზაცია გადამწყვეტ როლს თამაშობს ხელოვნური ინტელექტის ინიციატივების შესაბამისობისა და ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად. ალგორითმების, მონაცემებისა და ინტერფეისების ადაპტაცია ადგილობრივ კონტექსტში, მათ შორის კულტურული, ლინგვისტური და სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორები, აძლიერებს

ხელოვნური ინტელექტის გადაწყვეტილებების მიღებას და გავლენას. სტატიის ირგვლივ აღწერილი სტრატეგია მხარს უჭერს მონიტორინგისა და შეფასების მექანიზმების აუცილებლობას პროგრესის მეთვალყურეობისთვის, გავლენის შესაფასებლად და განვითარებადი ტენდენციებისა და საჭიროებებისადმი ადაპტაციის უზრუნველსაყოფად. გამომდინარე იქიდან, რომ რესურსებით გარკვეულწილად ჩამოვრჩებით ევროკავშირის შესაძლებლობებს ხელოვნური ინტელექტის აქტიურად ინტეგრაციის კუთხით, საქართველოსთვის დამატებითი ზომების მიღება საჭიროა, რათა ამ მიმართულებით, პირველ რიგში, მიუახლოვდეს ევროკავშირის სტანდარტებს.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი; მარეგულირებელი ჩარჩო; სტრატეგიული ლიდერობა.

შესავალი

ხელოვნური ინტელექტის (AI) იდეა დასამაბიდანვე იყო მანქანების ან კომპიუტერული სისტემების შექმნა, რომლებსაც შეუძლიათ შეასრულონ ამოცანები და გამოავლინონ ქცევები, რომლებიც, როგორც წესი, მოითხოვს ადამიანის ინტელექტს. შესაბამისად, დღესაც მთავარი იდეა არის, რომ მანქანებმა მოახერხონ ადამიანის ინტელექტის მაქსიმალური სიმულაცია, რაც გულისხმობს ალგორითმებისა და მოდელების შექმნას, რომლებიც მანქანებს მონაცემთა დამუშავებისა და ინტერპრეტაციის საშუალებას აძლევს, რის მიხედვითაც შეეძლება ამოიცნონ შაბლონები, გაიგონ და გამოიმუშაონ ადამიანის ენა, აღიქვან, იმსჯელონ და გამოიტანონ დასკვნები, ისწავლონ გამოცდილებიდან ან მონაცემებიდან და მოერგონ ახალ გარემოს/სიტუაციებს. ზოგადი ხელოვნური ინტელექტის კონცეფცია მოიცავს სხვადასხვა ქვედარგს და ტექნიკას, მათ შორის მანქანურ სწავლებას, ბუნებრივი ენის დამუშავებას, კომპიუტერულ ხედვას, რობოტიკას, საექსპერტო სისტემებს და სხვა. ეს მიდგომები საშუალებას აძლევს მანქანებს შეიძინონ ცოდნა, ისწავლონ მაგალითებიდან ან მონაცემებიდან და გამოიყენონ ეს ცოდნა პრობლემების გადასაჭრელად, პროგნოზირების გასაკეთებლად ან სამყაროსთან ურთიერთობისთვის ისეთი ხერხებით, რაც აღემატება ადამიანის შესაძლებლობებს.

იმისათვის, რომ ხელოვნური ინტელექტი სახელმწიფოსთვის სარგებლის მომტანი იყოს, საჭიროა შემუშავდეს გარკვეული სტრატეგია და პროცესის წარმმართველი პრინციპები, იქიდან გამომდინარე, რომ რეგულაციები ამ საკითხის მიმართ სულ უფრო და უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რადგან ტექნოლოგია ვითარდება და მისი გავლენა საზოგადოებაზე იზრდება. ქვეყნებს, მთელი მსოფლიოს ირგვლივ, დაწყებული აქვთ ეროვნული სტრატეგიის შემუშავება ხელოვნური ინტელექტის მაქსიმალური ინტეგრაციისა და გამოყენებისთვის სხვადასხვა, ინდივიდუალურად პრიორიტეტულ დარგებსა და სექტორებში, როგორცაა საჯარო ტრანსპორტი, სოფლის მეურნეობა, ჯანდაცვა, საჯარო ადმინისტრირება და სხვა. მაგალითად, დანიაში ხელოვნური ინტელექტი სიცოცხლის გადარჩენაში ეხმარება და საშუალებას აძლევს სასწრაფო დახმარების სამსახურებს, აბონენტის ხმის საფუძველზე დაადგინონ გულის შეტევა ან სხვა მდგომარეობა. ავსტრიაში ის ეხმარება რენტგენოლოგებს სიმსივნეების უფრო ზუსტად გამოვლენაში, რენტგენის სხივების მყისიერი შედარებით სხვა სამედიცინო მონაცემებთან.

ევროპის ბევრი ფერმა უკვე იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს, რათა აკონტროლოს მათი ცხოველების გადაადგილება, ტემპერატურა და საკვების მოხმარება. ხელოვნური ინტელექტის სისტემას შეუძლია ავტომატურად მოახდინოს გათბობისა და კვების მექანიზმის ადაპტირება, რათა დაეხმაროს ფერმერებს აკონტროლონ ცხოველების კეთილდღეობა და გაათავისუფლონ

ისინი სხვა ამოცანებისთვის. ხელოვნური ინტელექტი ასევე ეხმარება ევროპელ მწარმოებლებს გახდნენ უფრო ეფექტურები და დაეხმარონ ქარხნებს ევროპაში დაბრუნებაში. მაგალითად, ევროკავშირმა 2021 წელს გამოაქვეყნა დოკუმენტი სახელად “European AI Strategy“, თუმცა საწყისი სამოქმედო გეგმა შემუშავებული და გამოქვეყნებული იქნა 2018 წელს. ევროკავშირის წევრი სახელმწიფოები და კომისია მჭიდროდ თანამშრომლობდნენ, რეგულარულად ხვდებოდნენ და მუშობდნენ 2018 წლის კოორდინირებულ გეგმაში შემოთავაზებულ ძირითად ნაბიჯებზე. მათ მიაღწიეს წინსვლას გეგმის ყველა სფეროში, მათ შორის მონაცემთა სტრატეგიის შეთავაზებით, მცირე და საშუალო საწარმოების მხარდაჭერით და სრულყოფილების პირობების შექმნით კვლევასა და განვითარებაში ხელოვნური ინტელექტის მაქსიმალურად ათვისებისთვის ევროპაში.

წევრ სახელმწიფოთა უმეტესობამ შეიმუშვა ინდივიდუალური ეროვნული ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიები და დაიწყო მათი განხორციელება. ინვესტიციები ხელოვნურ ინტელექტში გაიზარდა და ევროკავშირმა შეძლო კრიტიკული რესურსების მობილიზება ამ პროცესების მხარდასაჭერად.

2021 წლის კოორდინირებული გეგმა იწვევს წევრ სახელმწიფოებს გადახედონ და განაახლონ ეროვნული ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიები საჭიროებისამებრ. ევროკავშირის 27 წევრი ქვეყნიდან 23-მა ქვეყანამ უკვე განაახლა თავისი საწყისი სტრატეგიები, ასევე ნორვეგიამ და შვეიცარიამ გამოაქვეყნა თავიანთი ეროვნული სტრატეგიები. ევროკავშირის ოფიციალურ ვებ-გვერდზე ნახსენებია, რომ დარჩენილი ეროვნული სტრატეგიებიც მალე გამოქვეყნდება.

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში გარკვეულ სექტორებში ვიციენტთ ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებს, აუცილებელია საქართველომ ფეხი აუწყოს და ითანამშრომლოს ისეთ სახელმწიფოებთან, რომლებიც აქტიურად ცდილობენ ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიებში გაწერილი მოცემულობების დანერგვას, იმისათვის რომ არ ჩამოვრჩეთ ამ მხრივ განვითარებას და გვქონდეს შესაძლებლობა დავნერგოთ უახლესი ტექნოლოგიები. პირველ რიგში აუცილებელია შევქმნათ საკუთარი ეროვნული სტრატეგია და ვცვლიდეთ ინფორმაციას აღნიშნულ სახელმწიფოებთან.

ძირითადი ნაწილი

ევროკავშირს აქვს კოორდინირებული მიდგომა, რათა მაქსიმალურად გამოიყენოს ხელოვნური ინტელექტის მიერ შემოთავაზებული შესაძლებლობები და გადაჭრას ახალი გამოწვევები, რომლებიც მას მოაქვს. ევროკავშირს შეუძლია იხელმძღვანელოს ხელოვნური ინტელექტის განვითარებასა და გამოყენებაში ყველასთვის სასიკეთოდ, მის ღირებულებებსა და ძლიერ მხარეებზე დაყრდნობით. მას შეუძლია კაპიტალიზაცია მოახდინოს: მსოფლიო დონის მკვლევრების, ლაბორატორიებსა და სტარტაპებზე; ერთიან ციფრული ბაზარზე; სამრეწველო, კვლევითი და საჯარო სექტორის მონაცემების სიმდიდრეზე. ევროპა კონკურენტუნარიანია ხელოვნური ინტელექტის სფეროში, თამამი ინვესტიციებით, რომელიც შეესაბამება მის ეკონომიკურ წონას. ეს ეხება კვლევისა და ინოვაციების მხარდაჭერას ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების შემდეგი თაობის განვითარებისთვის და განლაგებას იმისთვის, რომ კომპანიებს - განსაკუთრებით მცირე და საშუალო ზომის საწარმოებს, რომლებიც შეადგენენ ბიზნესის 99%-ს ევროკავშირში - შეეძლოთ აითვისონ ხელოვნური ინტელექტი.

ხელოვნური ინტელექტი სწრაფად მიიწევს წინ და ქვეყნები ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიის გარეშე რისკის ქვეშ დარჩებიან ტექნოლოგიურ წინსვლაში. მათ გაურთულდებათ გზის გაკვალვა ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ ინოვაციების წინსვლაში სხვადასხვა სექტორში, როგორცაა ჯანდაცვა, ფინანსები, ტრანსპორტი და წარმოება. ამან შეიძლება შეაფერხოს პროდუქტიულობა, ეფექტურობა და ტექნოლოგიური პროგრესი, რაც ზღუდავს ქვეყნის შესაძლებლობას გამოიყენოს ხელოვნური ინტელექტი სოციალური და ეკონომიკური სარგებლისთვის. ევროკავშირის და მისი წევრი სახელმწიფოების მაგალითზე შემუშავდა რეკომენდაციები, თუ რა კონკრეტული ქმედებები უნდა განხორციელდეს საქართველოში ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიული დოკუმენტის შემუშავებისთვის. რეკომენდაციები მოიცავს და განიხილავს შემდეგ ძირითად საკითხებს: განათლება და საჭირო უნარების განვითარება, სტარტაპებისა და მეწარმეობის მხარდაჭერა, პარტნიორობა და თანამშრომლობა, პერსონალიზაცია და ლოკალიზაცია, პოლიტიკა და მარეგულირებელი ჩარჩო, დაფინანსება და ინვესტიციები, გრძელვადიანი მდგრადობა, მონაცემთა ხელმისაწვდომობა და ხარისხი, ინფრასტრუქტურა, მონაცემთა გაციფრულება და, რა თქმა უნდა, დანერგვის მეთოდოლოგიას.

დასკვნა

საქართველოს სპეციფიკურ კონტექსტსა და პრიორიტეტებზე მორგებული ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიის შემუშავება და განხორციელება წარმოადგენს უზარმაზარ შესაძლებლობას ქვეყნისთვის გახსნას ხელოვნური ინტელექტის ტრანსფორმაციული პოტენციალი. ისეთი მიდგომის მიღებით, რომელიც მოიცავს პოლიტიკის ფორმულირებას, ინფრასტრუქტურის განვითარებას, ტალანტის განვითარებას, ეთიკურ მოსაზრებებს, ინდუსტრიის მხარდაჭერას და საერთაშორისო თანამშრომლობას, საქართველოს შეუძლია თავი დაიმკვიდროს ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთ ლიდერად.

შემოთავაზებული ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგია აღიარებს საქართველოში ხელოვნური ინტელექტის არსებული მდგომარეობის მნიშვნელობას, მკაფიო სტრატეგიული მიზნების დასახვას და დამხმარე პოლიტიკისა და მარეგულირებელი ჩარჩოს ჩამოყალიბებას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policie.s/plan-ai> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.04.2023
2. III. ETHICS GUIDELINES FOR TRUSTWORTHY AI - INDEPENDENT HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE SET UP BY THE EUROPEAN COMMISSION, 2019
3. <https://ec.europa.eu/futurium/en/eu-ai-alliance/BestPractices.html> ხელოვნური ინტელექტის ალიანსი/კავშირი; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 04.2023
4. ხელოვნური ინტელექტის სისტემების გამოყენება საქართველოში. დავით ერისთავი, გიორგი დავითური
5. IX. ნატო გოდერძიშვილი, ხელოვნური ინტელექტი: არსი, საერთაშორისო სტანდარტები, ეთიკური ნორმები და რეკომენდაციები. (თბილისი: ინფორმაციის თავისუფლების განვითარების ინსტიტუტი, 2020)
6. ქეთევან კუკავა და ახალაძე ნატა. “მოდერნიზებული 108-ე კონვენციის მნიშვნელობა საქართველოსთვის” ინფორმაციის თავისუფლების განვითარების ინსტიტუტი (აპრილი 2021)

7. https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf France (2018b). For a Meaningful Artificial Intelligence: towards a French and European Strategy. Cédric Villani, Member of the French Parliament; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 07.2023
8. https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/Fortschreibung_KI-Strategie_engl.pdf Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 07.2023
9. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION: Artificial Intelligence for Europe: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0237> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.04.2023

A Strategic Approach to Artificial Intelligence

Miranda Gvaladze, Mariam Chkhaidze, Nini Ashortia

Georgian Technical University

Ghvaladze.m@gtu.ge, m.chkhaidze@gtu.ge, ashortia.n@gtu.ge

Abstract

As the world embraces the transformative potential of artificial intelligence (AI), Georgia must be ready to use this technology to accelerate its economic growth, strengthen public services and solve societal challenges. Artificial intelligence is changing the world in many ways. For years, advanced countries around the world have started active processes for large-scale implementation of artificial intelligence in various systems. Of course, the European Union and its standards play an active role in this regard. By analyzing the national strategy of the European Union, the recommendations and those concrete steps are formed, which, like the European Union, are the most important for Georgia.

The National Strategy for Artificial Intelligence covers key areas such as policy formulation, infrastructure development, talent development, ethical considerations, industry support and international cooperation. The proposed AI strategy highlights the need for a supportive policy and regulatory framework that addresses the legal and ethical dimensions of promoting innovation and the diffusion of responsible AI.

The article discusses the steps needed for Georgia individually, as customization and localization play a critical role in ensuring the relevance and effectiveness of AI initiatives. Adapting algorithms, data, and interfaces to local contexts, including cultural, linguistic, and socioeconomic factors, enhances AI decision-making and impact. The strategy outlined in the article supports the need for monitoring and evaluation mechanisms to monitor progress, assess impact and ensure adaptation to emerging trends and needs. Based on the fact that in terms of resources we are somewhat behind the capabilities of the European Union in terms of actively integrating artificial intelligence, Georgia needs to take additional measures in order to, first of all, come closer to the standards of the European Union, which in turn will help the country not to fall behind in the active international introduction of artificial intelligence.

Keywords: Artificial Intelligence; Regulatory framework; Strategic leadership.

Automatic classification of pulmonary data recorded in real-life setting

Kitaevich Mikheil

kitaevichm@gmail.com

Summary

The spread of COVID-19 drew attention to the gaps in the existing telehealth infrastructure and the imperative to address them in order to develop a more efficient solution to the needs of both patients and medical practitioners. A robust and well-established healthcare system is crucial for a contemporary economy. However, the conventional approach of in-person medical care, as exemplified by the challenges posed by the COVID-19 pandemic, is not always feasible. Over the past few years, advancements in technology have made significant strides in communication technologies, enabling the growth of telehealth. Telehealth utilizes telecommunications and virtual technology to provide healthcare services beyond the confines of traditional medical facilities. Despite more than twenty years of adapting to telemedicine, many countries, particularly those in the developing world, have faced challenges in fully incorporating and utilizing it in their routine healthcare practices. Using the example of digital lung auscultation, which requires automatic data classification methods, I highlight some of the gaps that prevent the popularization of this digitization trend. The practice of lung auscultation has been one of the areas that has undergone noticeable changes to address these needs. Automatic data classification is at the core of the methodological practices enabling the digitization of this practice. While the current state of the field features several valuable datasets—such as ICBHI 2017 Challenge Respiratory Sound Dataset and HF_Lung_V2 dataset—that serve as a valuable foundation for automatic data classification, certain features of these datasets present a challenge to the reliable and efficient classification process. This article focuses on several limitations—such as an imbalanced amount of disease diagnosis and the process of annotations—and presents a plausible solution by assembling a new dataset that compensates for these gaps. Using this new data, a novel CNN model that is designed for the classification of respiratory sounds was created. The proposed model was able to achieve an accuracy of 0.89 and precision of 0.90, which is a significant achievement.

Key words: Lung Auscultation, Digital Health, Automatic classification.

1. Introduction.

Respiratory diseases present a significant challenge to the public health domain. Even prior to the outbreak of the COVID-19, respiratory diseases adversely affected the quality of life of millions of people around the world. Respiratory diseases, such as asthma, are also some of the most common chronic diseases. In addition to being high frequency, as suggested by the WHO findings, respiratory diseases represent some of the most common diseases with fatal outcomes.

The accurate classification of lung sounds is critical for early detection and treatment of respiratory diseases. In recent years, automatic classification of lung sounds using machine learning techniques has gained significant attention from researchers. However, the lack of sufficient and reliable datasets has been a major challenge faced by researchers in this area. This paper addresses this problem by presenting a new dataset of lung sounds and proposing a new convolutional neural network (CNN) model for their automatic classification. The improvement stems from significantly expanding one of the most well-established datasets in the field the ICBHI 2017 Challenge Respiratory Sound Dataset [1] by collecting new data that is more representative of healthy patients and adding precise labeling and more data for other disease diagnosis. In this article I thoroughly describe the new dataset's properties and methodologies used. The newly

presented dataset is a comprehensive collection of lung sounds recorded from patients with various respiratory diseases, as well as healthy individuals. The dataset is structured into different categories, each representing a specific type of lung sound, such as wheezes, crackles, and normal breath sounds. To classify the lung sounds in the new dataset, we propose a novel CNN model that is specifically designed for the classification of respiratory sounds. The proposed model takes advantage of the feature extraction such as mel spectrograms and mel frequency cepstral coefficients and other specific data parameters in the lung sound signals to accurately classify them into different categories. The data preprocessing and model's architecture, hyperparameters, and training procedure are described in detail. Results shown by the model are presented and analyzed.

The proposed model was able to achieve an accuracy of 0.89 and precision of 0.90, which is a significant achievement. These findings are reassuring for the prospects of digitization of lung auscultation. Future studies can further develop and refine the proposed model to achieve even higher accuracy scores, and the new dataset can serve as a benchmark for comparison with other datasets in future studies.

2. Main Part

In this section I introduce some of the key terms describing both the medical conditions of interest for this study, as well as the methods used to obtain the measurements for these conditions.

Respiratory diseases affect pathologically areas of the respiratory tract, as well as nerves and muscles of respiration. Some of the most commonly encountered respiratory diseases are asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), pulmonary fibrosis, pneumonia. As a major public health problem, they present a growing burden to healthcare systems and to society. For example, asthma affects about 339 million people and is especially common among the pediatric population. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is experienced by more than 200 million people.

Importantly, aside from being a relatively common condition, respiratory diseases can result in fatal outcomes. According to the 2019 survey by the World Health Organization in 2019, respiratory disease accounts for three of the top ten causes of death in the world. Specifically, COPD is the third most common contributor, lower respiratory infection—the fourth, and trachea, bronchus, and lung cancer rank as the 6th top reason for fatal outcomes. It is estimated that close to 8 million people die from respiratory diseases annually.[2] Early detection and treatment are thus critically important for the prevention of these diseases.

Lung auscultation has been the key procedure for detecting pathological deviations in patients' breathing. As such, auscultation is an essential component of the physical examination and assessment of the respiratory system. The procedure entails listening to the sounds produced by the lungs and the airways during respiration. During an auscultation exam, a healthcare provider uses a stethoscope to listen to the sounds of a patient's breathing. The stethoscope allows the provider to hear the sounds of airflow, movement of the chest wall, and any abnormal sounds, such as crackles, wheezes, or rhonchi. It is a non-invasive, inexpensive, and simple diagnostic technique that can provide important information about the respiratory system's health and diagnose pulmonary diseases. Thus, despite the explosive advancement in technology related to health sciences, a detailed physical examination, including inspection, palpation, percussion, and auscultation, remains an essential part of clinical examination even in the 21st century.

Wheezing and crackles are two types of sounds commonly detected during lung auscultation. Wheezing has been defined by the American Thoracic Society Committee on Pulmonary Nomenclature as a high-pitched continuous sound that occurs during the inhale or

exhale and has a dominant frequency of 400 Hz or more. They are usually heard during expiration and may last for several seconds.

It can be symptomatic of a potential narrowing of airways or a barrier that keeps the air from flowing through them. Wheezes are audible throughout the chest area and trachea, but the sound can differ among patients depending on the severity of the condition and the placement of the stethoscope during auscultation. [3]

Crackles, in contrast to wheezing, are a series of short, explosive sounds that are more likely to occur during the inhale (although they also can occur during the exhale). They can also sound like bubbling, rattling, or clicking. On average, the duration of a crackle is lower than 20 ms and the frequency range is between 100 and 200 Hz. [4]

Crackles are soft and can be difficult to hear, and sounds from rubbing cloth or skin can be mistaken for them. Deep breathing can also mask the sound of crackles. Fine crackles have a different waveform that makes them easier to identify, with an amplitude that differs more significantly from normal lung sounds. [5]

In recent years, however, several factors contributed to the evolution in how the auscultation procedure is performed. While this list is not exhaustive, this article highlights three of these reasons. First, with the increasing popularity of telehealth, conventional lung auscultation has become a more challenging task. In traditional face-to-face consultations, the practitioner can use a classical analog stethoscope to listen to the patient's lung sounds. However, in telehealth consultations, practitioners need to rely on digital tools to perform lung auscultation remotely. Second, the spread of COVID-19 and the challenge it presented to the respiratory system made a question about the digitization of the lung auscultation process particularly relevant to prevent the spread and to enable patients to maintain relatively mild cases without the need to leave the house. Finally, given that respiratory diseases are not uncommon, developing tools that would allow patients to monitor their breathing from the comfort of their own home is of paramount importance. As the practice of medicine progresses towards enabling patients to act as stewards of their own health under the supervision of a medical professional, while minimizing the ever-growing workload for the practitioners, digitization of lung auscultation is a welcome phenomenon.

As part of greater digitization of lung auscultation, new digital tools have been developed, including, but not limited to electronic stethoscopes, mobile apps, and web-based platforms that can transmit audio and visual data in real-time. While digital tools have made remote lung auscultation easier, there are limitations to their use. The quality of the audio and visual data can be affected by factors such as internet connectivity, background noise, and the patient's position. Additionally, practitioners need to have the necessary training and experience to use these digital tools effectively.

To circumvent some of these limitations—and particularly, reducing the chance of human errors—automatic classification of the data can be helpful. Several advancements have been made in regards to dataset development. These datasets feature different types of data obtained from the recordings of lung auscultation. Later, the data serve as a foundation for automatic classification performed with Convolutional Neural Networks or other types of machine learning strategies. For the purposes of this article, I will highlight two key datasets.

The first dataset was presented as a ICBHI 2017 Challenge Respiratory Sound Dataset. The Database is a collection of audio recordings of respiratory cycles, comprising 5.5 hours of data and 6898 respiratory cycles with annotations for the presence of crackles, wheezes, both, or none. The recordings were collected independently over several years by research teams from Portugal and Greece, and they were obtained using different equipment (e.g., AKG C417L Microphone, 3M Littmann Classic II SE Stethoscope, etc.) with varying durations and chest locations. The database also includes some respiratory cycles with high levels of noise to simulate real-life conditions. The dataset is freely available for researchers to use. The database also includes demographic

information and diagnoses for each subject. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), Lower Respiratory Tract Infection (LRTI), and Upper Respiratory Tract Infection (URTI) are the most common diagnoses found in the database. [1]

In order to overcome limitations of the existing datasets for automatic classification, there was a strong need to create a new database and propose a novel model which could serve as a benchmark for the future. The properties of the dataset and a new classification model proposed are described below:

Dataset description

Key characteristics of the new Respiratory Sound Database are as follows: the dataset consists of 271 individual patients, containing 9431 annotated respiratory cycles. The recordings contain information about chest location, acquisition mode, and recording equipment.

The dataset contains annotated respiratory cycles, with information about crackles, wheezes, or no adventitious respiratory sounds. Respiratory cycles were manually annotated. Each cycle was assigned a starting and ending timestamp, as well as a binary value indicating whether it contained crackles and another binary value indicating whether it contained wheezes. The recordings vary in duration, ranging from 10 seconds to 120 seconds. The noise levels in some respiratory cycles are high, simulating real-life conditions. Dataset also includes labels of diagnosis for the patient's records. Diagnoses are: URTI – Upper respiratory tract infection, Healthy condition, Asthma, COPD – Chronic obstructive respiratory disease, LRTI – Lower tract respiratory infection, Bronchiectasis, Pneumonia, Bronchiolitis.

Methodology

To solve the classification problem of the dataset the Convolutional Neural Network was chosen as a strategy. Convolutional Neural Networks (CNNs) are a popular choice for audio classification because they are able to learn local features from raw audio data. CNNs use convolutional layers to extract local features and learn patterns in the data, which are then combined in later layers to learn higher-level representations of the audio signal. This is in contrast to traditional machine learning approaches that rely on hand-crafted features extracted from the audio signal.

In the context of audio classification, CNNs can effectively capture local features such as frequency content, timbre, and rhythm, which are important for distinguishing between different types of sounds. Additionally, CNNs are able to handle the high-dimensional nature of audio data and are robust to small variations in the signal, such as changes in amplitude and frequency.

Overall, the ability of CNNs to automatically learn features from raw audio data, coupled with their ability to handle high-dimensional input data, make them a powerful tool for audio classification tasks.

Before feeding the data to the CNN model, data has to be preprocessed. Since the audio files are different in length we decided to divide them into equal parts by using information about start and end of the respiratory cycle. To do so, we plotted the data to choose an optimal length Fig. 1.

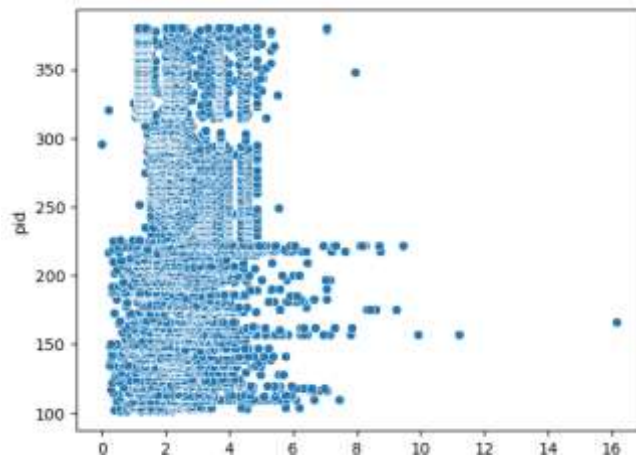


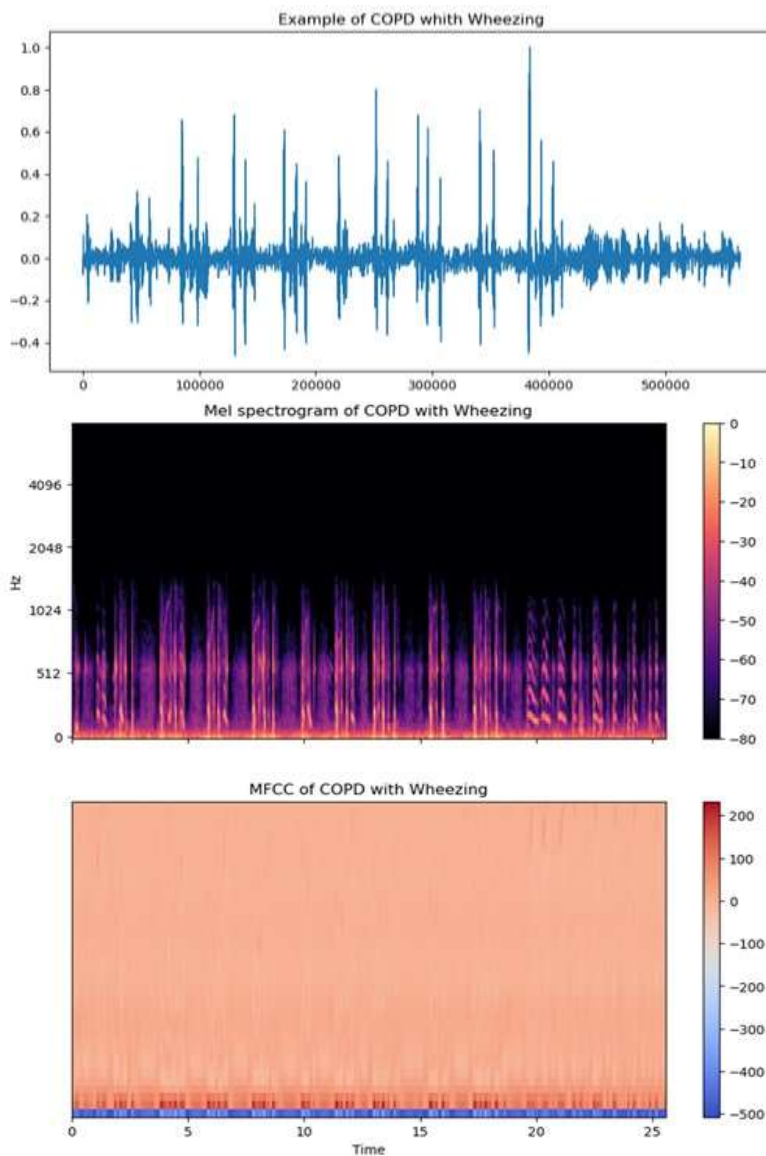
Fig.1 Demonstrates length in seconds of a respiratory cycle (x axis) and patient id (y axis)

To implement the project, the Python programming language and Conda environment were utilized. Librosa module was used to load the audio information into an array. The number of files processed turned out to be 9430.

The observation of the class imbalance led to a conclusion that data should be divided into a train and validation sets using the stratified manner. A common way to split the data is to randomly divide the dataset into a training set and a test set. However, in some cases, this may result in an uneven distribution of the classes in the training and test sets, which can affect the performance of the model. Stratified data splitting is a way to ensure that the distribution of the classes in the training and test sets is similar to that of the original dataset. By ensuring that the proportion of samples in each class is similar in both the training and test sets, stratified data splitting can help to ensure that the model is not biased towards one class over the other(s) and can improve the overall performance of the model.

Feature extraction.

The goal of feature extraction is to extract a set of features that are relevant for the task at hand and that capture the most important information in the input data. To do so in our case we decided to use Mel spectrograms, Mel Frequency Cepstral Coefficients and Chromagrams. Below are examples of the Mel-spectrograms, MFCCs and initial data of different diagnosis and inclusion of crackles and wheezes. (Fig 2,3).



To define the input shape of our model we needed to calculate the feature numpy arrays shapes based on the previous extraction and preprocessing. The shapes turned out to be (20, 259) (12,259) and (128,259). These shapes are an input for the three separate CNNs that we combined later into one dense network. The rectified linear unit (ReLU) activation function was in the model. ReLU applies a threshold at zero: if the input value x is less than or equal to zero, the output is zero; if the input value is greater than zero, the output is equal to the input value.

ReLU has become a popular choice in deep learning because it can help to overcome the problem of vanishing gradients, which can occur in models with many layers.

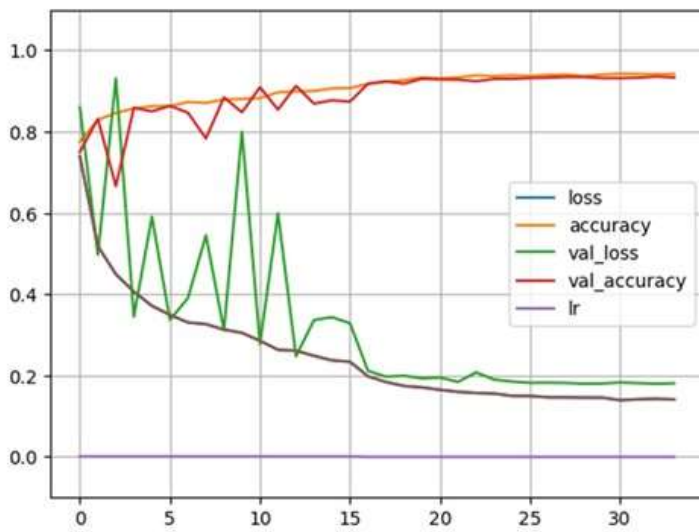
Batch Normalization was also used in neural network models to improve the training process and performance. It normalizes the input to a layer by scaling and shifting it, so that it has a mean of zero and a variance of one.

The Batch Normalization layer is typically inserted after the linear transformation and activation function of each layer in a neural network. During training, it normalizes the input to each layer based on the mean and variance of the input data in the current mini-batch (a small random subset of the training data). This normalization process helps to stabilize the distribution of the input data, which can make it easier for the network to learn and prevent overfitting.

Results

Model was trained in a Georgian University Computer science laboratory. The proposed model was able to achieve an accuracy of 0.893 and loss of 0.1911 which is a significant achievement. Using the history evaluation function in Keras, we were able to plot the training process of the model (Fig. 31) which highlights the positive performance of the model. The detailed look through the model also showcases that there was no issue of overfitting, and both set accuracy: Training set accuracy: 0.924 and Testing set accuracy: 0.893 achieved positive results. Total of trainable parameters in the dense model was 262,245 out of 262,973 which is another example of a properly designed model. Model training accuracy and model loss through the epochs are plotted in Fig. 4.

Lastly, the robust ROC-AUC values, exceeding an average of 0.97 for all classes, highlight the model's excellent discriminatory power. This signifies its capability to effectively differentiate



between different respiratory patterns or conditions. By providing reliable classifications, the model reduces the chances of false alarms or missed detections, contributing to its overall efficacy in the digital automatic classification of respiratory audio recordings.

In summary, the evaluation scores of the CNN model demonstrate its strong performance in classifying respiratory audio recordings obtained through a digital stethoscope. Its high accuracy, precision, recall, and robust ROC-AUC values collectively underscore its

effectiveness in accurately categorizing respiratory patterns, distinguishing between normal and abnormal cycles, and differentiating various respiratory conditions.

Conclusion.

In conclusion, this article discussed the need for improved automatic classification of the data to enhance the current needs of telehealth digitization trends. To accomplish this objective, this paper presented a plausible solution to the problem of automatic classification of lung sounds by proposing a new Convolutional Neural Network model that achieved high accuracy scores on a new dataset. The lack of sufficient datasets has been a major challenge in this field, and the newly presented dataset is introducing a potential improvement in this aspect. The proposed model was designed to address the limitations and to improve the accuracy of lung sound classification. The results of the experiments showed that the model was successful in classifying the different types of lung sounds with high accuracy.

The automatic classification of lung sounds in auscultation is of great importance in the diagnosis of respiratory diseases. It provides a non-invasive and cost-effective method for the detection and monitoring of lung conditions. By automating this process, healthcare professionals can save time and improve accuracy in diagnosis, resulting in better patient outcomes. Furthermore, the availability of large and diverse datasets like the one proposed in this paper can lead to the development of more accurate and robust models for lung sound classification. The proposed convolution neural network model in this paper demonstrated high accuracy in classifying the new dataset, which indicates promising potential for clinical and telehealth application. With further advancements in machine learning and artificial intelligence, the automatic classification of lung sounds can become an essential tool in the early detection and management of respiratory diseases.

The performance evaluation of the developed CNN model demonstrated highly encouraging results. The evaluation metrics, including accuracy (0.89), precision (0.90), recall (0.89), and F1 score (0.88), showcased the model's effectiveness in accurately classifying respiratory sounds. These results indicate the potential of the model to aid in remote diagnosis, monitoring, and management of respiratory conditions within a telehealth setting.

The creation of a new dataset addressed the limitations of existing datasets and enabled the development and evaluation of more accurate and robust machine learning models for respiratory sound classification. Combined with the lightweight CNN model, the integration of

digital lung auscultation within a telehealth setting holds great promise for revolutionizing respiratory healthcare. While this accomplishment is not a cure-all panacea, it is an important step forward for the successful implementation of telehealth. As this or similar methodologies are developed, the chance of errors using the telehealth platform becomes lower, thus, making it a more appealing solution for healthcare systems around the world—especially those ones that are more limited in their resources.

Overall, the findings of this paper provide a promising avenue for future research, as well as practical applications for healthcare professionals in the diagnosis and treatment of respiratory diseases. The proposed model can be further developed and refined to achieve even higher accuracy scores, and the new dataset can serve as a benchmark for comparison with other datasets in future studies. Ultimately, the development of more accurate and efficient models for automatic classification of lung sounds has the potential to greatly benefit patients and healthcare professionals alike.

References:

1. Rocha BM et al. (2019) "An open access database for the evaluation of respiratory sound classification algorithms" *Physiological Measurement* 40 035001
2. World Health Organization. The Top 10 Causes of Death. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> [2021 Apr 16].
3. Konstantinos Douros, Vasilis Grammeniatitis, and Ioanna Loukou. Crackles and other lung sounds. *Breath Sounds*, pages 225–236, 2018.
4. Robert Lethbridge and Mark L Everard. The stethoscope: historical considerations. In *Breath Sounds*, pages 15–31. Springer, 2018.

ფილტვის ბგერების ავტომატური კლასიფიკაციის გაუმჯობესება მონაცემთა ახალი ნაკრებით

მიხეილ კიტაევიჩი

kitaevichm@gmail.com

რეზიუმე

COVID-19-ის გავრცელებამ ყურადღება გაამახვილა არსებულ ტელემედიცინის ინფრასტრუქტურაში არსებულ ხარვეზებზე და მათი გადაჭრის აუცილებლობაზე, რათა შემუშავდეს უფრო ეფექტური გამოსავალი როგორც პაციენტების, ასევე სამედიცინო პრაქტიკოსების საჭიროებებისთვის. ფილტვების აუსკულტაციის პრაქტიკა იყო ერთ-ერთი სფერო, რომელმაც განიცადა შესამჩნევი ცვლილებები ამ საჭიროებების დასაკმაყოფილებლად. მონაცემთა ავტომატური კლასიფიკაცია არის მეთოდოლოგიური პრაქტიკის საფუძველი, რომელიც ამ პრაქტიკის გაციფრულების საშუალებას იძლევა. მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად არის წარმოდგენილი რამდენიმე მონაცემთა ნაკრები - როგორცაა ICBHI 2017 Challenge Respiratory Sound Dataset და HF_Lung_V2 მონაცემთა ნაკრები - რომლებიც უდებენ საფუძველს მონაცემთა ავტომატური კლასიფიკაციის მიდგომას, ამ მონაცემთა ნაკრების გარკვეული

მახასიათებლები წარმოადგენს გამოწვევას სანდო და ეფექტური კლასიფიკაციის პროცესისთვის. ეს სტატია ყურადღებას ამახვილებს რამდენიმე შეზღუდვაზე – როგორცაა დაავადების დიაგნოსტიკის გაუწონასწორებელი რაოდენობა და ანოტაციების პროცესი – და წარმოადგენს გამოსავალს ახალი მონაცემთა ნაკრების შეკრებით, რომელიც ანაზღაურებს ამ ხარვეზებს.

ამ ახალი მონაცემების გამოყენებით შეიქმნა ახალი CNN (კონვოლუციური ნეირონული ქსელების) მოდელი, რომელიც განკუთვნილია რესპირატორული ბგერების კლასიფიკაციისთვის. შემოთავაზებულმა მოდელმა შეძლო 0.943 სიზუსტის მიღწევა და 0.1811 ზარალის მიღწევა, რაც მნიშვნელოვანი მიღწევაა.

საკვანძო სიტყვები: ფილტვის აუსკულტაცია, ციფრული ჯანმრთელობა, ავტომატური კლასიფიკაცია.

Designing an NLP-Powered SEO API for Georgian Language Leveraging Technology for Intelligent Content Optimization

Ekaterine Papava, Tamar Lominadze, Zurab Bosikashvili
Georgian Technical University
papava.e@gtu.ge, t.lominadze@gtu.ge, zurab.bosikashvili@gtu.ge

Abstract

This article explores the intricate fusion of Natural Language Processing (NLP) and Search Engine Optimization (SEO) in the context of the Georgian language. It highlights the challenges faced, particularly in tasks like Named Entity Recognition (NER) and tokenization, owing to Georgian's rich morphological structure and unique script. The study underscores the scarcity of annotated datasets and the need for sophisticated solutions. Despite these challenges, the article emphasizes the transformative potential of integrating NER into SEO APIs, envisioning a future where content is intricately tagged, enhancing user interaction. It also delves into the complexities of keyword research and backlink analysis in the Georgian context. Overall, this integration represents a harmonious synthesis of technology and language, unveiling an enriched landscape of digital interaction.

Keywords: Natural Language Processing (NLP), Machine Learning, Search Engine Optimization (SEO), Georgian language, Language Models, Named Entity Recognition, Tokenization, Constraint Grammar, Disambiguation, Lexicon lookup, sentence splitting Keyword Research, Parts of Speech Tagging, API, Website Visibility, Online Presence, Content Optimization, Content tagging.

Introduction:

In the intricate nexus of Natural Language Processing (NLP) and Search Engine Optimization (SEO), the convergence of technology and linguistics has given birth to a specialized

field, marked by challenges and opportunities alike. Libraries such as NLTK and spaCy, bolstered by advanced AI models, represent the forefront of human language understanding, yet hurdles persist, especially in languages like Georgian, renowned for its linguistic richness but lacking widespread usage. This article delves into the complexities of Georgian, exploring the challenges faced in NLP and SEO integration. From the nuances of morphologically rich languages to the scarcity of annotated datasets, this exploration sheds light on the complexities inherent to Georgian, offering a roadmap for overcoming these challenges..

Georgian, with its elegant yet complex morphological structure and unique script, presents a fascinating challenge for NLP. Tools and solutions for this language, though promising, are in their nascent stages and need further development, particularly in the specialized domain of SEO. Every endeavor and model is a step toward bridging this gap, but there is still a significant journey ahead before Georgian NLP tools can achieve sophistication and comprehensive applicability.

Morphologically rich languages like Georgian are enigmatic due to their complexity, inflectional variance, and a scarcity of annotated resources. The process of transforming raw data into actionable intelligence goes beyond cleansing; it involves refining the text to understand linguistic subtleties, resulting in meticulously structured datasets for neural network training. This process reflects the seamless integration of technological precision and linguistic artistry, forming a robust foundation for complex NLP tasks.

Named Entity Recognition (NER) in Georgian, a lesser-known language, is akin to solving a mystery. It requires not only identifying entities like person names, organizations, and locations but also understanding their intricate morphosyntactic features. Challenges abound, from sentence splitting complexities to lexicon lookup and disambiguation, demanding a balance between rule-based and statistical methods.

Machine learning emerges as a key solution, bridging linguistic gaps and enabling seamless integration across diverse languages. It plays a vital role in deciphering the intricacies of morphologically rich languages, recognizing intricate morphemes, and improving the precision of NER systems. Machine learning doesn't just address technological challenges; it acts as a bridge connecting languages and the digital world.

In this complex landscape, Georgian NER represents a journey of continual evolution, with each iteration becoming more attuned to linguistic intricacies and cultural nuances. Incorporating NER into SEO APIs opens transformative opportunities, facilitating enriched user interactions, precise search functionalities, and contextually relevant advertising. Keyword research and backlink analysis in Georgian require a blend of technological innovation and linguistic sensitivity.

Assessing Georgian websites goes beyond conventional metrics, encompassing cultural appreciation, and national significance. It's a fusion of quantitative analysis and cultural insights, providing a multidimensional view of digital presence. As NLP and SEO tools merge into an API, a narrative of technological and linguistic harmony unfolds, offering an enriched landscape of digital interaction.

In this integration, functionality becomes intuitive, and endpoints become portals to linguistic richness and digital optimization. It's not just a technological feat; it's a harmonious synthesis of tools and languages, unveiling an enriched, intuitive landscape of digital interaction.

Navigating Linguistic Labyrinths: Challenges in NLP and SEO Integration

The fusion of Natural Language Processing (NLP) and Search Engine Optimization (SEO) has developed into a specialized field within the realm of technology. Libraries such as NLTK, spaCy, and various others, in conjunction with advanced AI models tailored for NLP, represent the forefront of human language processing. Nevertheless, obstacles persist, particularly in languages like Georgian, which, despite their linguistic richness, lack widespread usage. While SEO APIs such as Moz, Ahrefs, and SEMrush demonstrate exceptional performance in well-established

languages, their effectiveness diminishes when confronted with the intricate nuances of less commonly spoken languages, thereby creating gaps in the technological landscape.

The Georgian language is an intricate tapestry of cultural and linguistic complexity. Characterized by an elegant yet complex morphological structure and a distinct script, Georgian poses an intriguing challenge for NLP. Tools and solutions engineered for this language, though budding and showing glimpses of potential, are akin to young saplings – they are yet to grow, mature, and reach their full flourish, especially in the specialized domain of SEO. Every initiative and model is a step towards breaching this gap, but there's still a significant journey ahead before Georgian NLP tools can claim sophistication and comprehensive applicability.

Morphologically rich languages, Georgian being a sterling example, are enigmatic in their complexity. The high inflectional variance, coupled with a stark shortage of annotated resources, casts a shadow of challenge that is not easily dispelled. It's not just about building models; it's about crafting intelligent, adaptable, and sensitive tools that can dance to the intricate tunes of these languages, capturing their essence while navigating their multifaceted structures with grace and precision.

Developing an NLP-powered SEO API for the Georgian language is akin to sculpting a masterpiece from a block of marble, each stroke revealing more of the concealed majesty. At the heart of this endeavor lies the crafting of language and N-gram models – a task that's both an art and a science. The underpinning pillar is the assemblage of a diverse and comprehensive corpus of Georgian text, each fragment, each expression, akin to a brushstroke contributing to a grand painting of linguistic richness, crucial for the nuanced training of effective models.

The process of transformation plays a pivotal role as raw data undergoes a profound evolution, morphing into actionable intelligence. This meticulous procedure encompasses more than mere cleansing; it involves refining the text, which includes lexicon lookup, sentence splitting, disambiguation, and named-entity recognition. This transformation aims not only at technical tokenization but also at grasping the subtleties of language. The ultimate result is a meticulously structured dataset, finely tuned for the intricate training processes of neural networks. Each step in the model's training and subsequent evaluation represents a harmonious fusion of technological precision and linguistic artistry. This synergy forms a sturdy foundation essential for tackling complex and multifaceted natural language processing tasks.

Decoding the Georgian language, especially in the realm of morphosyntactic analysis[5], is akin to unravelling a mystery. Each word and sentence is a repository of intricate morphemes and grammatical features, each unveiling layers of meaning and expression. It demands an analytical eye coupled with a poetic touch, to not just identify but truly understand and interpret the rich, multifaceted linguistic expressions embedded within.

Decoding the Complexity: Georgian Language and NER Challenges

In the intricate landscape of linguistic processing, Named Entity Recognition (NER) emerges as a guiding light, particularly within the domain of lesser-known languages such as Georgian. This sophisticated process involves categorizing named entities like person names, organizations, and locations, transforming raw text into organized, actionable data. While a familiar territory in widely spoken languages like English, NER in the context of Georgian resembles navigating unexplored territories, rife with challenges yet brimming with unparalleled opportunities.

The Georgian language, with its agglutinative nature, is a labyrinth of linguistic complexities. Every word is a symphony of morphemes, strung together to create meanings as rich as they are varied. This richness, while a testament to the language's cultural depth, poses a formidable challenge to NER systems. The task of recognizing and relating the plethora of word forms back to their respective entities becomes akin to finding a needle in a haystack, requiring not just precision but an intricate understanding of the language's morphological nuances.

The challenges in Sentence splitting in the context of Georgian are multifaceted. While many languages rely on clear sentence-ending punctuation marks like full stops, question marks, or exclamation marks, Georgian presents complexities. Sentences might end with ellipsis (...), internal to a sentence. Headlines often lack punctuation, necessitating additional markup. Furthermore, dots are used in abbreviations and number expressions, leading to potential ambiguities. Georgian, lacking case distinction in its script, lacks the uppercase cues to denote sentence beginnings, adding another layer of complexity to sentence splitting. All of these nuances require sophisticated methods to accurately split sentences, ensuring meaningful linguistic units are preserved.

Sentence splitting in Georgian poses challenges due to its unique features. While some languages use clear punctuation marks like full stops, question marks, or exclamation marks to indicate sentence boundaries, Georgian sentences might end with ellipsis (...), creating complexities in defining the end of a sentence. Headlines often lack punctuation, requiring additional markup for proper identification of sentence boundaries. Moreover, dots are used in abbreviations and number expressions, causing potential ambiguities when trying to split sentences into meaningful units.

Example:

Consider the Georgian sentence: "გასაგებია, მაგრამ რას ნიშნავს ეს... ვინ იცის?" (Translation: "I understand, but what does this mean... who knows?") Here, the ellipsis within the sentence challenges traditional sentence splitting methods.

Lexicon lookup in Georgian introduces its own set of challenges. Every word or token needs to be analyzed in isolation, with all potential morphosyntactic readings considered, irrespective of context. Lemmatization, the process of assigning lemma forms to words, compounds the ambiguity. In Georgian, words often have multiple possible readings, making disambiguation a daunting task.

Example:

Take the word "თვალი" (tvali), which can mean "eye" or "gemstone" in Georgian. Without the context of the sentence, determining the correct meaning solely based on the word itself is challenging.

Disambiguation, the process of resolving the multiple possible morphosyntactic analyses of a word based on context, is a critical challenge. In Georgian, the syntax of the sentence and, to some extent, its semantics, play a crucial role in disambiguation. While statistical and rule-based taggers offer disambiguation approaches, the contextual and semantic nuances in Georgian demand a meticulous balance. Rule-based taggers, especially those utilizing Constraint Grammar (CG), offer linguistic knowledge-driven solutions. However, writing detailed, context-specific rules is time-consuming and requires an in-depth understanding of the language.

Example:

Consider the verb "იხილე" (ikile), which can mean "to see" or "to open (an eye)" in Georgian. Disambiguating its meaning depends on the context of the sentence. For instance, in the sentence "ფერებით შემკული (..) იხილე" (perebit shemkuli (..) ikile – See the (..) decorated with colors), the context suggests the meaning "to see." On the other hand, "ვიხილები და მოვდივარ" (vikhilebi da movdivar – I open my eyes and start seeking), the context suggests the meaning "Ready or not, here I come!" (Hide and Seek game).

Constraint Grammar (CG) in Georgian provides a robust framework, consisting of rules operating on words, lemma forms, and readings within a sentence context. These rules, such as Select and Remove rules, are applied sequentially, narrowing down potential readings until a suitable match is found. However, even CG doesn't guarantee total disambiguation due to the

inherent complexity and richness of the language. Balancing precision and recall is an ongoing challenge, necessitating continual refinement and revision of rule sets.

Example:

A CG rule might select the correct morphosyntactic reading of the word "მე" (me) based on its context in the sentence: "მე ვიცი" (me vitsi - I know). Here, the rule ensures that the pronoun "მე" (me) is correctly identified as the first-person singular subject.

In practice, residual ambiguity often requires additional processing steps. Statistical modules can prioritize the most probable readings, offering a compromise between precision and recall. Manual correction, supported by tools like Corpuscle, allows linguists to rectify errors across a corpus. These efforts highlight the intricate nature of processing Georgian text, emphasizing the need for a nuanced understanding of both the language's intricacies and the capabilities of computational tools. The distinct Georgian script, beautiful yet complex, does not resemble the Latin, Cyrillic, or other widely-used scripts. This uniqueness, while a source of cultural pride, also complicates the application of pre-trained NER models or tools designed for more widely spoken languages. Each letter, each word, demands a bespoke approach to NER, tailored to honor the language's unique scriptural identity.

These examples illustrate the intricate nature of processing Georgian text, highlighting the need for a nuanced understanding of both the language's complexities and the capabilities of computational tools. Achieving accurate linguistic analysis in Georgian requires a delicate balance between rule-based approaches, statistical methods, and human expertise.

Named entities in Georgian are not just varied but manifold in their representations. Especially for foreign transliterations, the variations are as diverse as they are complex. Each variation is a different shade of meaning, a distinct narrative that adds to the rich tapestry of the language. Navigating this diversity requires NER systems that are not just technically adept but linguistically sensitive, capable of capturing the subtlest of variations with nuanced precision.

Adding to the complexity is the scarcity of extensive, high-quality annotated datasets for Georgian. In the world of machine learning and NER, data is the lifeblood. It's the foundation upon which models are trained, refined, and perfected. For Georgian, the lack of such datasets is not just a technical hurdle but a barrier to unleashing the language's full potential in the digital space.

As an example, let's demonstrate tokenization and NER challenges in the Georgian language using Python's Natural Language Toolkit (NLTK) library. First, we'll tokenize a Georgian sentence, and then we'll attempt to perform Named Entity Recognition (NER) on it. Finally, we'll show the code and its outcome within the text.

Example: Tokenization and NER Challenges in Georgian

To illustrate the tokenization and NER challenges in the Georgian language, let's consider the following Georgian sentence:

```
georgian_sentence = "თბილისი არის საქართველოს დედაქალაქი."  
import nltk  
nltk.download('punkt')  
nltk.download('stopwords')  
from nltk.corpus import stopwords  
from nltk.tokenize import word_tokenize, sent_tokenize  
# Tokenize the Georgian sentence into words  
words = word_tokenize(georgian_sentence, language='georgian')  
print("Tokenized words:")  
print(words)  
print()
```

Attempt NER (Note: NLTK doesn't support Georgian NER out of the box, so this is a simplified example)

```
ner_result = [("თბილისი", "LOC"), ("საქართველოს", "LOC")]  
print("NER Result:")  
for entity, label in ner_result:  
    print(f"{entity} - {label}")
```

Outcome:

Tokenized words:

```
['თბილისი', 'არის', 'საქართველოს', 'დიდი', 'ქალაქი', '.']
```

NER Result:

თბილისი - LOC

საქართველოს - LOC

Please note that NLTK is not well-suited for Georgian NER, and this example provides a simplified illustration of the challenges. In practice, we would need specialized tools and models to perform accurate NER in Georgian due to its complex linguistic structure and script. Additionally, the absence of a comprehensive dataset further compounds the challenges in Georgian NER[1].

Machine Learning: Bridging Linguistic Gaps in NLP and SEO Integration:

In the intricate domain where Natural Language Processing (NLP) and Search Engine Optimization (SEO) converge, machine learning stands as the linchpin addressing the profound challenges outlined in the article. Libraries like NLTK and spaCy, bolstered by advanced AI models, epitomize the forefront of human language understanding. Machine learning algorithms, meticulously trained on diverse and comprehensive Georgian corpora, play a pivotal role in deciphering the linguistic labyrinth of morphologically rich languages. Through a careful metamorphosis of raw data into actionable intelligence, these algorithms become adept at recognizing intricate morphemes, navigating complex compound words, and understanding the absence of capitalization – all nuances unique to Georgian.

Machine learning models, intertwined with linguistic artistry, not only classify entities but honor the cultural and scriptural identity of the language. Moreover, in the realm of SEO, machine learning algorithms pave the way for nuanced keyword research and sophisticated backlink analysis. By recognizing patterns in vast datasets, machine learning augments the precision of Named Entity Recognition (NER) systems.

```
import spacy
```

```
# Load the Georgian spaCy model (you may need to install the model first using: python -m spacy  
download ka_core_news_md)
```

```
nlp_georgian = spacy.load("ka_core_news_md")
```

```
# Georgian sentence
```

```
georgian_sentence = "ბატა არის ფეხსაცმელების მაღაზია, რომელსაც აქვს მაღაზია სითი მოლში  
და მდებარეობს საქართველოში"
```

```
# Process the Georgian sentence using spaCy
```

```
doc_georgian = nlp_georgian(georgian_sentence)
```

```
# Print named entities and their labels
```

```
print("Named Entities in the Georgian Sentence:")
```

```
for ent in doc_georgian.ents:
```

```
    print(ent.text, "-", ent.label_)
```

Expected Outcome:

Named Entities in the Georgian Sentence:

ბატა - ORG

ფეხსაცმელების მაღაზია - FAC

სითი მოლში - LOC

საქართველოში - LOC

In this example, the spaCy model recognizes the named entities in the Georgian sentence. "ბატა" is identified as an organization (ORG), "ფეხსაცმელების მაღაზია" (shoe store) as a facility (FAC), and "სითი მოლში" (shopping center) and "საქართველოში" (in Georgia) as locations (LOC). Please be aware that the precision of named entity recognition relies on the caliber and extent of the foundational language model. This aspect will be explored more comprehensively in subsequent stages of our ongoing research.

In this landscape, machine learning isn't just a technological solution; it's a bridge spanning the linguistic gaps, enabling seamless integration between diverse languages and the digital world. Through machine learning, the transformative opportunities highlighted in the article come to fruition, reshaping how we perceive and interact with the intricate tapestry of language in the digital age.

Beyond Metrics: Evaluating Georgian Websites in a Cultural Context

Yet, amidst these challenges, the opportunities are boundless. Every hurdle is a gateway to innovation, every complexity a call for more sophisticated, nuanced solutions. In a world where technology and linguistics converge, Georgian NER is not just a task but a journey. A journey where every word is a world of meanings, every sentence a narrative, and every named entity a thread connecting the rich cultural tapestry of the Georgian language to the boundless opportunities of the digital age.

This journey is marked by the continual evolution of NER systems, each iteration more adept at navigating the intricate waters of the Georgian language. It's a narrative of technology, not just adapting but evolving, becoming more attuned to the linguistic intricacies and cultural nuances embedded within every word, every phrase. In this narrative, NER for Georgian isn't just about recognizing words but understanding them, not just classifying entities but honoring them.

Despite these inherent challenges, the incorporation of NER into SEO APIs unveils a horizon of transformative opportunities. It beckons an era where content is not merely accessible but is intricately tagged and meticulously organized, facilitating enriched user interaction. NER enhances search functionalities, embedding a level of precision and contextual relevance previously unattained. Advertising, in this enriched landscape, evolves into a narrative of contextual resonance. Every piece of content, imbued with recognized entities, weaves into the complex, dynamic ecosystem of personalized content recommendations, elevating user engagement to unprecedented heights.

In the SEO expanse, keyword research emerges as a dynamic entity. For Georgians, this is not a generic task but a specialized endeavor, seeking a harmonious blend of technological innovation and linguistic sensitivity to identify keywords that resonate profoundly. Backlink analysis transitions from a technical task to a sophisticated analysis, requiring algorithms that are not just robust but are imbued with the intelligence to navigate the complex, nuanced web of links defining the digital identity of Georgian websites.

Assessing Georgian websites goes beyond just the realms of conventional metrics and quantitative assessments. The Georgian language isn't merely a means of communication; it's an emblem of national pride and identity, deeply interwoven with the country's rich history and cultural tapestry. As such, the digital presence of Georgian content carries a weight of national importance. Evaluating Georgian websites, therefore, becomes an intricate blend of technological analysis and cultural appreciation. It's akin to an interpretive dance, where quantitative metrics meld with storied narratives, and data-driven analytics gracefully intertwine with cultural and national insights. This synthesis offers a comprehensive, multidimensional view of organic traffic, keyword ranking, and

backlink profiles, all the while rooted in, and respectful of, the unique cultural, linguistic, and national significance of the Georgian context.

As NLP and SEO tools merge into an API, a narrative of technological and linguistic harmony unfolds. It's an ecosystem where functionality is intuitive, and every endpoint is a portal to linguistic richness and digital optimization, meticulously crafted, and rigorously evaluated. This integration is not a mere technological feat but a harmonious synthesis of tools and languages, unveiling an enriched, intuitive landscape of digital interaction.

Bibliography:

1. Chkhaidze, Mariam, Tavdishvili Otari, Chichua Giorgi, Sophio Barnovi, et al. Artificial Intelligence. ISBN 978-9941-8-2866-9, Georgian Technical University Educational Scientific Centers, 2022, p. 48.
2. Kachiashvili, Kartlos. Machine Learning Methods and Algorithms. Georgian Technical University Educational Scientific Centers, 2021, p. 27.
3. Sarkar, Dipanjan. "Practical Machine Learning with Python: A Problem-Solver's Guide to Building Real-World Intelligent Systems [Book]." O'Reilly Online Learning, Apress, Dec. 2017.
4. Vaknin, Shlomo, and Marina Schwartz. The Big Book of NLP, Expanded: 350+ Techniques, Patterns & Strategies of Neuro Linguistic Programming by Shlomo Vaknin. Inner Patch Publishing, 2 Aug. 2010.
5. Paul Meurer, The Morphosyntactic analysis of Georgian, Uni Research Computing, Bergen, Norway (<https://clarino.uib.no/gnc/doc/Morphosyntactic-analysis-of-Georgian.pdf>)
6. Meurer, Paul: Corpuscle – a new corpus management platform for annotated corpora.
7. In: Gisle Andersen (ed.): «Exploring Newspaper Language: Using the Web to Create and Investigate a large corpus of modern Norwegian», Studies in Corpus Linguistics 49, John Benjamins, 2012.

ქართულ ენისთვის SEO API-ის დაპროექტება ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდებით

ეკატერინე პაპავა, თამარ ლომინაძე, ზურაბ ბოსიკაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

papava.e@gtu.ge, t.lominadze@gtu.ge, zurab.bosikashvili@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია კვლევა ბუნებრივი ენის დამუშავების (NLP) და საძიებო სისტემების ოპტიმიზაციის (SEO) შერწყმის შესახებ ქართული ენის კონტექსტში. იგი ხაზს უსვამს იმ გამოწვევებს, რომელთა წინაშეც ქართული ქონთენტი დგას, განსაკუთრებით, ისეთ ამოცანებში, როგორცაა დასახელებული ერთეულების ამოცნობა (NER), ტოკენიზაცია, ომონიმების ამოხსნა, ლექსიკონები, გრამატიკული შეზღუდვები და სხვ. ენის სპეციფიკური, რთული, მდიდარი მორფოლოგიური სტრუქტურისა და უნიკალური დამწერლობის გამო. კვლევა ხაზს უსვამს მარკირებულ/ანოტირებულ მონაცემთა ნაკრების სიმცირეს და მოქნილი გადაწყვეტილებების საჭიროებას. მიუხედავად ამ გამოწვევებისა, სტატია ხაზს უსვამს NER-ის

SEO API-ებში ინტეგრაციის ტრანსფორმაციულ პოტენციალს, რომელიც ითვალისწინებს მომავალს, სადაც კონტენტი კომპლექსურად არის არის მარკირებული, რაც აძლიერებს მომხმარებლის ინტერაქციას. ის ასევე იკვლევს საკვანძო სიტყვებისა და backlink-ების ანალიზის გამოწვევებსა და პრობლემების გადაჭრის გზებს ქართულენოვან კონტენტში. მთლიანობაში, ეს ინტეგრაცია წარმოადგენს ტექნოლოგიისა და ენის ჰარმონიულ სინთეზს, რომელიც ავლენს ამ ორი მოვლენის ციფრული ურთიერთქმედების შესაძლებლობებსა და გამოწვევებსაც.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი ენის დამუშავება (NLP), სამიუზო სისტემების ოპტიმიზაცია (SEO), API, ქართული ენის მოდელები, მანქანური სწავლება, დასახელებული ერთეულების ამოცნობა, ტოკენიზაცია, ომონიმების ამოხსნა, ლექსიკონები, გრამატიკული შეზღუდვები, წინადადებების დაყოფა, საკვანძო სიტყვების კვლევა, ტეგირება, ვებსაიტის ხილვადობა, კონტენტის ოპტიმიზაცია.

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები „ჭკვიან“, საკლასო ოთახში

თამარ ლომინაძე, სოფიკო გოგოლაძე, ლელა პაპავა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.lominadze@gtu.ge, gogoladzesopiko08@gtu.ge, papavalela08@gtu.ge

რეზიუმე

ხელოვნურმა ინტელექტმა განათლებაში (AIED) დიდი გზა განვლო და ტექნოლოგიების სფეროში ნამდვილად გაზარდა ციფრული მოწყობილობების შესაძლებლობები. შევეცდებით განვიხილოთ, თუ როგორ გამოიყენება ხელოვნური ინტელექტი დასწავლისა და სწავლების პროცესის გასაუმჯობესებლად. განვიხილავთ ორ შემთხვევას: პირველი - რობოტოტექნიკა და მეორე - „ჭკვიანი კლასების“ მოწყობა, რომელშიც გამოიყენებული იქნება სენსორები და ნივთების ინტერნეტი (IoT).

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, „ჭკვიანი“ კლასი, საგანმანათლებლო ტექნოლოგია, განვითარებადი ტექნოლოგიები. ხელოვნური ინტელექტი განათლებაში, ინტელექტუალური სასწავლო გარემო, ნივთების ინტერნეტი.

შესავალი

ხელოვნურმა ინტელექტმა განათლებაში (AIED) დიდი გზა განვლო და ტექნოლოგიების სფეროში გაზარდა ციფრული მოწყობილობების შესაძლებლობები. როცა კომპიუტერები ახდენენ ადამიანური განსჯის უნარის ავტომატიზაციას, რომელიც ეფუძნება მონაცემებზე ასოციაციას, ხორციელდება ორი ფუნდამენტალური ცვლილება AI - (ხელოვნური ინტელექტი) სთვის, პირველი: მონაცემების შეკრებიდან ამ მონაცემებში კანონზომიერების აღმოჩენისკენ და მეორე: წვდომის უზრუნველყოფიდან - იმ სასწავლო რესურსებამდე რომელიც საჭიროა სწავლებისა და სხვა საგანმანათლებლო პროცესებისათვის საჭირო გადაწყვეტილებების

ავტომატიზაციამდე. კანონზომიერების აღმოჩენა და გადაწყვეტილებების ავტომატიზაცია - ეს ის დონეა, რომლის დელეგირებაც შესაძლებელია კომპიუტერული სისტემის მიერ. მაგრამ ხელოვნური ინტელექტის სისტემების შემუშავების პროცესმა, შესაძლოა მიგვიყვანოს კანონზომიერების აღმოჩენის მეთოდების მიკერძოებამდე და გადაწყვეტილებების არასამართლიანად ავტომატიზაციამდე - ამიტომ საგანმანათლებლო სისტემებმა უნდა დაარეგულირონ ხელოვნური ინტელექტის სისტემების გამოყენება. აღნიშნულ სტატიაში ჩვენს მიერ განხილული იქნება AI ს გამოყენება საგანმანათლებლო პროცესის გასაუმჯობესებლად და იმ პრობლემების აღმოსაჩენად რომლებიც შესაძლოა წარმოიშვას მუშაობის პროცესში და შემუშავებულ იქნას რეკომენდაციები შემდგომი პოლიტიკის განვითარებისთვის. სტატიაში ასევე მიმოხილულია, თუ როგორ შეიძლება გამოყენებულ იქნას ხელოვნური ინტელექტი უფრო მეტად, დასწვალისა და სწავლების პროცესის გასაუმჯობესებლად.

1. ჭკვიანი საკლასო ოთახი

ტერმინი "ხელოვნური ინტელექტი" (AI) პირველად ახსენა ჯონ მაკკარტიმ 1956 წელს, იგი ეხება კომპიუტერული სისტემების უნარს, შეასრულონ ადამიანური ამოცანები, როგორცაა სწავლა და აზროვნება, რომელიც ხშირად მიიღწევა მხოლოდ ადამიანის ინტელექტის საშუალებით, ხოლო ტერმინი AIED - ხელოვნური ინტელექტის სპეციფიკური სფერო განათლებაში - 1970-იანი წლებიდან გამოჩნდა.

AIED განვითარებამ ნათლად წარმოაჩინა სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიის გამოყენების აუცილობელობა, პირველ რიგში სწავლების პროცესი გასაუმჯობესებლად და მოსწავლეთა მიღწევების ასამაღლებლად. AIED-ის მიზანია ხელოვნურ ინტელექტზე მომუშავე სისტემების შექმნა, მაგ. ისეთების - როგორცაა: ვირტუალური პედაგოგიური აგენტები, ხელოვნური ინტელექტის მქონე რობოტები (საგანმანათლებლო კობოტები) და ინტელექტუალური სისტემები, რომლებიც მოქნილობის, ჩართულობისა და პერსონალიზების საშუალებას იძლევა.

McKinsey - ანგარიშში [1] პირველად იყო გამოთქმული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ საგანმანათლებლო პროცესში, თავდაპირველი სარგებელი AI - გან იქნება ადმინისტრაციული და საკანცელარიო სამუშაოების შემცირება და შესაბამისად მასწავლებლის შრომის შემსუბუქება. ანგარიშში ასევე გამოთქმულია მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ხელოვნური ინტელექტით მიღებული სარგებლიანობა, სხვა მრავალ სიკეთესთან ერთად, პირველ რიგში გამოყენებულ უნდა იქნას სწავლისათვის განკუთვნილი დროის შესამცირებლად.

მოსწავლეებისთვის და მასწავლებლებისთვის დღეისათვის არსებული AIED (ხელოვნური ინტელექტი განათლებაში) სისტემების უმრავლესობა გამოიყენება კომპიუტერების საშუალებით. დღეისათვის არსებულმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი მოთხოვნა AIED -ზე არა მხოლოდ მოსწავლეების, არამედ მასწავლებლების მხრიდანაც, აღნიშნული პროცესი კი მნიშვნელოვნად დააჩქარა მსოფლიო პანდემიამ. მაგრამ მიუხედავად ამ ყველაფრისა, კვლევები აჩვენებს, რომ სასწავლო პროცესში AIED არ მონაწილეობს იმ დოზით რისი შესაძლებლობაც არსებობს რეალურად.

თუმცაღა რიგ მოწინავე ქვეყნებში, მასწავლებლები ხელოვნური ინტელექტის ბაზაზე დაფუძნებულ სერვისებს თავიანთ ყოველდღიურ ცხოვრებაში უკვე იყენებენ, მაგალითად ხმოვანი დამხმარეები(თანაშემწეები); ინსტრუმენტები, რომლებსაც შეუძლიათ გრამატიკის შესწორება, წინადადებების შედგენა და ესეების შექმნა. ასევე დღის განრიგის შედგენა საკუთერ ტელეფონებში და მრავალი სხვა; მასწავლებლების დიდი ნაწილი აქტიურად

სწავლობს დღეისათვის ხელმისაწვდომ ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებს. მათი უმრავლესობა ხედავს AI ს სარგებელს ისეთ საკითხებში როგორებიცაა მეტყველების ამოცნობა, შშმ პირებისთვის დამატებითი შესაძლებლობების გაჩენა, მრავალენოვანი მოსწავლეებისთვის მაქსიმალურად კომფორტული გარემოს შექმნა და სხვ. ისინი სწავლობენ, თუ როგორ შეიძლება დაეხმაროს მოსწავლეებს AI დავალებების შესრულებასა და საჭირო მასალების უკეთ მოძიებასა და შერჩევაში.

მაგრამ იგივე მასწავლებლები ასევე აცნობიერებენ რისკებს, მაგალითად: სასარგებლო და მოცულობით ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს შესაძლოა თან ახლდეს კონფიდენციალურობის დარღვევის რისკი და მონაცემთა უსაფრთხოების რისკი, ასევე აცნობიერებენ, რომ AI შესაძლოა ავტომატურად შესარულოს ისეთი ქმედებები, რომ არასწორ შედეგებამდე მისვლა გარდაუვალი აღმოჩნდეს;

აღნიშნული რისკების აღმოსაფხვრელად, მკვლევარებმა მოახდინეს მთელი რიგი კონცეფციების ფორმულირება და ხელოვნური ინტელექტის ეთიკური ჩარჩოების შექმნა; ის რომ: ხელოვნური ინტელექტი უნდა იყოს სამართლიანი, პასუხისმგებლიანი და მაქსიმალურად ორიენტირებული ადამიანზე. ვინაიდან AI - ს სასწავლო პროცესში გამოყენების პოლიტიკა მოითხოვს დროს, საჭიროა მკვლევარებისა და საგანმანათლებლო დაწესებულებების მჭიდრო თანამშრომლობა დაიწყოს უკვე დღეს, რათა მაქსიმალურად უზრუნველყოფილ იქნას მოსწავლეთა და მასწავლებელთა პოზიტიური და უსაფრთხო მომავალი. დასაწყისისთვის აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას შემდეგი:

1. მოხდეს სწავლების პროცესის ავტომატიზაცია მის გასაუმჯობესებლად, და ამავდროულად დაცული იქნას ადამიანის მიერ გადაწყვეტილებების მიღების პროცესი;
2. გამოკვლეულ იქნას საბაზისო მონაცემების ხარისხი ხელოვნური ინტელექტის მოდელებში, რათა უზრუნველყოფილ იქნას შეიქმნას სამართლიანი და მიუკერძოებელი გარემო, რაც აგრერიგად მნიშვნელოვანია საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხიანი და შედეგიანი წარმართვისათვის;
3. უზრუნველყოფილ იქნას ხელოვნური ინტელექტის როგორც ცალკეული ტექნოლოგიების ასევე მსხვილი საგანმანათლებლო სისტემების მიერ მოსწავლეთა გათანაბრება, მათი დისკრიმინაციის მინიმუმამდე დაყვანის გზით;
4. შეზღუდულ იქნას ნებისმიერი სისტემისა და ხელოვნური ინტელექტის იმ ინსტრუმენტების გამოყენება, რომლებიც რაიმე გზით ახორციელებენ მოსწავლეთა დისკრიმინაციას;

ამრიგად, აუცილებელია შემუშავებულ იქნას პოლიტიკა, რომლის მიხედვითაც AI ორიენტირებული იქნება განათლებაზე, დაიცავს ადამიანების უფლებებს და წინ წამოწევს დემოკრატიულ ფასეულობებს. [2]

არსებობს სხვადასხვა კვლევებზე დაფუძნებული მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ მომდევნო 25 წლის მანძილზე AIED უარს იტყვის მხოლოდ კომპიუტერებიდან ან პლანშეტებიდან სწავლების პროცესზე, რათა ახლებურად იურთიერთოს მოსწავლეებთან და დაეხმაროს მასწავლებელს ეფექტურად სწავლებაში, შეიქმნება რა ე.წ. „ჭკვიანი“ საკლასო ოთახები.

ტერმინი „ჭკვიანი“ საკლასო ოთახი ნიშნავს მართვად, ხელმისაწვდომ, ინტერაქტიულ რეალურ გარემოს, სადაც ფიზიკური სივრცე გაჯერებულია საგულდაგულოდ აგებული ციფრული ხელსაწყოებითა და რესურსებით, რომელიც უზრუნველყოფს სტუდენტური ერთიანობის წახალისებას სხვადასხვა სოციალურ დონეზე. „ჭკვიანი“ საკლასო ოთახი განისაზღვრება, როგორც რამდენიმე მაღალი დონის ტექნოლოგიის ერთობლიობა, რომელიც

მიზნად ისახავს დაეხმაროს მასწავლებლებსა და მოსწავლეებს მათი საერთო გამოცდილების ოპტიმიზაციაში. „ჭკვიანი“ კლასი აერთიანებს საგანმანათლებლო პროცესს და ტექნოლოგიებს - როგორებიცაა: მობილური ტექნოლოგიები, ავტომატური კომუნიკაციისა და სასწავლო ინსტრუმენტები, ვიდეო პროექტორები, კამერები, სენსორები, სახის ამოცნობის პროგრამული უზრუნველყოფა და სხვა მოდულები. ჭკვიანი კლასის მიზანია გააუმჯობესოს მოსწავლეთა შემოქმედებითი და სააზროვნო უნარები. იგი ასევე იყენებს სწავლების ახალ მეთოდოლოგიებს - როგორებიცაა: სოციალური სწავლა, მობილური სწავლება, ყველგან სწავლა.

ხელოვნური ინტელექტის (AI) დანერგვას განვითარებად ტექნოლოგიებთან ერთად აქვს ინტერაქტიული, დისტანციური და მობილური გამოთვლის ფორმა - ფიზიკურ ან ვირტუალურ გარემოში, რომელიც წარმოადგენს გადამწყვეტ როლს „სმარტის“ კონცეფციის განვითარებაში. „ჭკვიან“ საკლასო ოთახში გამოყენებული ტექნოლოგიების უმეტესობა ეყრდნობა ხელოვნურ ინტელექტს(AI), რომელიც აძლიერებს ამ ტექნოლოგიების ინტერაქტიულ, ადაპტირებულ და ჭკვიანურ გამოყენებას სასწავლო პროცესის დროს. [3]

ჭკვიან საკლასო ოთახებში გამოიყენება ასევე შერეული რეალობა (MR). ეს არის რეალური სამყაროსა და ვირტუალურ/ციფრული სამყაროს ობიექტების შერწყმა, რომლებიც ვიზუალიზებულია ერთად მხოლოდ ერთ ჩვენებაზე თანმიმდევრულ სივრცეში. ვირტუალური რეალობა (VR) ეხება 3D წარმოსახვითი ან რეალური გარემოს სიმულაციას, რომლის ვიზუალიზაციითაც მომხმარებელს შეუძლია შეისწავლოს კონკრეტული დისციპლინა ან გამოიმუშაოს საჭირო უნარ-ჩვევები.

„ჭკვიანი“ საკლასო ოთახები ასევე აღჭურვილია ეკრანებით (All Screen). ის წარმოადგენს შეადლებლობას მოახდინოს მულტიმედიის (აუდიოს, ფოტოების და ფილმების) გაზიარება ბევრ ეკრანზე, როგორებიცაა ტელევიზორები და სმარტფონები. Screen Mirroring საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს ნახოს ერთი და იგივე სურათი ან ვიდეო ორ ან მეტ ეკრანზე.

„ჭკვიან“ საკლასო ოთახში ასევე მნიშვნელოვნად გაადვილდა სტუდენტის შეფასება, რადგან ასეთ კლასში არის მრავალარჩევანიანი კითხვების გამოყენების შესაძლებლობა, რაც საშუალებას იძლევა მოხდეს ავტომატური შეფასება ონლაინ ვებ სერვერის დახმარებით. მნიშვნელოვანია ხელოვნური ინტელექტის(AI)-ის გამოყენება სტუდენტის სამართლიან შეფასებაში, ასევე შესაძლებელია პლაგიატის მარტივად შემოწმებაც.

საგანმანათლებლო რობოტები

რობოტოტექნიკის გამოყენება სასწავლო პროცესში განიხილება, როგორც სისტემის შექმნის საშუალება, რომელიც გამოდის ტრადიციული კომპიუტერული პარადიგმების ჩარჩოებიდან და უზრუნველყოფს მეტ სოციალურ ურთიერთობებს, რომელიც შეესაბამება ჩვენთვის კარგად ნაცნობ და უკვე შეთვისებულ სასწავლო პროცესს.

საგანმანათლებლო რობოტები შეიძლება იყოს „რეალური“ მოწყობილობები, ან იყვნენ პროგრამული აგენტები ჩატბოტების სახით. რაც შეეხება საგანმანათლებლო კობოტებს (კობოტი - იგივე რობოტი დამხმარე, რომელიც მუშაობს ადამიანებთან ერთად) - ესაა რობოტი, რომელიც დაეხმარება მასწავლებელს სასწავლო პროცესის წაყვანაში.

ადამიანებისა და რობოტების ერთობლივი მუშაობა წარმოადგენს რობოტოტექნიკის ინტერესის სფეროს უკვე მრავალი წელია. რობოტებს გააჩნიათ მოსწავლეთა ყურადღების მიპყრობის პოტენციალი, რაც დაეხმარება მასწავლებელს ეფექტურად წარმართოს სასწავლო პროცესი. საგანმანათლებლო კობოტების ხელმისაწვდომობა კლასში, დაეხმარება მასწავლებელს მოახდინოს სწავლების დიფერენციაცია, რათა მოსწავლეებმა მიიღონ თითქმის

ინდივიდუალური სწავლების პროცესი და ზუსტად აქ იქნება გამოსადეგი ყველა ის შესაძლებლობა რომლებიც ხელმისაწვდომი იქნება AIED-ისთვის. საგანმანათლებლო კობოტებს რომ ჰქონდეთ ის შესაძლებლობა რაც აქვს AIED-ს, მათ შეეძლებოდათ მაგ: ყურადღება მიექციათ მოსწავლეებისთვის, როცა ისინი იყენებენ ინტელექტუალურ სასწავლო გარემოს (Intelligent Learning Environments) (ILE -ს ასევე შესაძლებელია ჰქონდეს პირდაპირი კავშირი კობოტებთან), ასევე აღრიცხავდნენ და დახმარებას გაუწევდნენ იმ მოსწავლეებს, რომელთაც სჭირდებათ დამატებითი დახმარება ILE -ს გამოყენების დროს, შეძლებდნენ მოსწავლეების დაინტერესებას და პასუხს გასცემდნენ მათ მიერ დასმულ შეკითხვებს.

ნივთების ინტერნეტი

უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე, შეიმჩნევა სენსორების გამოყენების შემთხვევების ზრდა საცხოვრებელ სახლებში, ეს იქნება ოთახების განათება, თუ კარების გახსნა დახურვის ფუნქცია და ა.შ. ყველაფერ ამას კი დაერქვა ნივთების ინტერნეტი (Internet of Things - IoT)

AIED ის და IoT ის (ნივთების ინტერნეტი) გამოყენება განიხილება როგორც სწავლების ახალი საშუალებების გამოყენების შესაძლებლობა და დიდი მონაცემების გამოყენება, რომელსაც ვიღებთ „ჭკვიანი“ ტექნოლოგიების საშუალებით. თვალსაჩინო მაგალითისთვის ავიღო მოსწავლის მიერ რომელიმე სიმებიან ინსტრუმენტზე დაკვრის შესწავლის პროცესი: მუსიკალური პარტიტურა აისახება პლანშეტზე (ან რომელიმე ციფრულ მოწყობილობაზე), რომელიც აგზავნის სიგნალს თუ რომელი აკორდი უნდა იქნას აღებული თითების განლაგების სქემასთან ერთად. ან შესაძლებელია მეორე ვარიანტი - თავად ინსტრუმენტს გააჩნდეს შესაძლებლობა შეაფასოს მოსწავლის მიერ აღებული აკორდი და შესაბამისი ტაქტი გააფერადოს. არასწორი აკორდის შემთხვევაში კი ტაქტი მიიღებს განსხვავებულ ფერს. მთელ ამ პროცესში მასწავლებელი არ მონაწილეობს. მაგრამ თუკი მასწავლებელს აქვს სურვილი გაიგოს მოსწავლის თითოეული ნაბიჯის შესახებ? ასეთ შემთხვევაში სისტემას შეეძლებოდა ჩაეწერა და გაენალიზებინა მოსწავლის ყოველი შეცდომა თუ წარმატება, რომლის ნახვასაც მასწავლებელი მარტივად მოახერხებდა მისთვის ხელსაყრელ დროს. ან მეორე ვარიანტი: სისტემავე გაუწევდა რეკომენდაციას კონკრეტულ სავარჯიშოს, რომლის დახმარებითაც მოსწავლე დამოუკიდებლად შეეცდებოდა თავისი ხარვეზის მოგვარებას. სწავლების მსგავსი პროცესისთვის საჭირო იქნება სწავლების შემდეგი ფორმა „ობიექტი-ობიექტი - მასწავლებელი - მოსწავლე“.

„ჭკვიანი“ საკლასო ოთახის მოწყობის ერთ ერთ მოდელში მოსწავლეებს და თავად ოთახს, შეიძლება ჰქონდეს სენსორები, რომლებიც საშუალებას მისცემს მასწავლებელს მართოს კლასი, ასევე გადაწყვიტოს სასწავლო დავალებები. უკვე არსებობს სატარებელი ბეიჯები, რომელიც შემუშავებულ იქნა მასაჩუსეტის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში, სენდი პენტლანდისა და კომპანია Sociometric Solutions ის მიერ.[2] აღნიშნული ბეიჯები „ხედავენ“, მფლობელის ადგილმდებარეობას, მათ შეუძლიათ დაადგინონ მფლობელის ემოცია ხმის ტონის მიხედვით. შესაძლებელია ასეთი მოწყობილობების გამოყენებამ დროთა განმავლობაში თავი მოუყაროს და ანალიზი გაუკეთოს მონაცემებს, რათა შესაძლებელი გახდეს ტიპური მოდელების დადგენა მცირე ჯგუფებში და გამოვლენილ იქნას ანომალური მოდელები, რომლის დროსაც არ აისახება ის მოქმედებები, რომელიც დაკავშირებულია კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტასთან. თუ მოსწავლეების ბეიჯები აინთება მაგ: მწვანედ, ისინი ასრულებენ ამოცანას, ხოლო თუ წითლად - მათი ქმედებები არ შეესაბამება სასწავლო პროცესს, ასეთ შემთხვევაში მასწავლებელი მარტივად დაინახავს პრობლემურ ჯგუფს და მიიღებს

გადაწყვეტილებას დაეხმაროს მათ ან მონაცემებს გადაუზღავნოს კობოტს და ამჯერად კობოტი შეითავსებს დამხმარე მასწავლებლის ფუნქციას.

მაგრამ ყველა ზემოთ აღნიშნულ სიკეთესთან ერთად, აქვე უნდა ვთქვათ რომ არსებობს მთელი რიგი რისკები და შემაფერხებელი ფაქტორები, რომლებიც შეიძლება თან სდევდეს თანამედროვე „ჭკვიანი“ კლასების მოწყობას, მაგ: აღჭურვილობის სიძვირე, რომელიც საჭიროა დიდი მონაცემების სისტემების მოსამზადებლად; AI სისტემების დიდ სერვერებზე ჰაკერების შესაძლო თავდასმები; ასევე ადამიანების მხრიდან საჭიროზე და აუცილებელზე მეტი ნდობის გამოცხადება ხელოვნურ ინტელექტზე და მის შესაძლებლობებზე და ასევე მისი არასამართლიანად გამოყენება, მაგალითად მითვისებულ იქნას სხვის მიერ შესრულებული სამუშაო.[2]

დასკვნა

ამრიგად - AIED ის საშუალებით „ჭკვიანი“ საკლასო ოთახების შექმნას პირველ რიგში უკავშირდება სისტემების შექმნა - რომელიც თავის მხრივ უზრუნველყოფს სოციალურ ურთიერთობებს; მეორე მომენტი ესაა - ურთიერთობის ახალი ფორმის კვლევა - ძიება მოსწავლეებს, მასწავლებლებსა და დამხმარე ტექნოლოგებს შორის (მათ რიცხვში მოიაზრება საგანმანათლებლო კობოტებიც) და მესამე - ნივთების ინტერნეტის(Lot) გამოყენება განათლებაში. ამასთანავე გარდა ჩვენ მიერ წარმოდგენილი მოკრძალებული კვლევისა, ჩვენი ყოველდღიურობაც ნათლად ადასტურებს, თუ როგორ გამოიკვეთა ხელოვნური ინტელექტის როლი თანამედროვე განათლების სისტემაში; გამოიკვეთა „ჭკვიანი“ საკლასო ოთახების საჭიროება და მნიშვნელობა; ამასთანავე გამოჩნდა „ჭკვიანი“ კლასების როგორც უპირატესობები, ასევე უარყოფითი მხარეებიც. საბოლოოდ კი შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული „ჭკვიანი“ კლასების შემდგომი განვითარება ნამდვილად იწვევს მეტ ინტერესს და ზრდის განვითარების აუცილებლობას.

ლიტერატურა - References – Литература:

1. Bryant, J., Heitz, C., Sanghvi, S., & Wagle, D. (2020, January 14). How artificial intelligence will impact K-12 teachers. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/how-artificial-intelligence-will-impact-k-12-teachers>;
2. <http://www.roboticstoday.com/news/cowriter-children-using-robots-to-learn-writing-3113>
3. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-016-0095-y>
4. <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00231-3>
5. Angela E. B. Stewart, Jaemarie Solyst, Amanda Buddemeyer, Leshell Hatley, Sharon Henderson-Singer, Kimberly Scott, Erin Walker, and **Amy Ogan**. (2021) Explaining Engagement: Learner Behaviors in a Virtual Coding Camp. In: Roll I., McNamara D., Sosnovsky S., Luckin R., Dimitrova V. (eds) Artificial Intelligence in Education. AIED 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12749. Springer, Cham.
6. https://www.researchgate.net/publication/220049897_The_Careful_Double_Vision_of_Self.
7. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12369-015-0303-1#..>
8. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-chileno-britanica-de-cultura/ingles-starter/ai-and-teaching-engaging-educators/68753344>
9. 6 Bryant, J., Heitz, C., Sanghvi, S., & Wagle, D. (2020, January 14). How artificial intelligence will impact K-12 teachers. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/how-artificial-intelligence-will-impact-k-12-teachers>
10. Gardner, J., O'Leary, M. & Yuan, L. (2021). Artificial intelligence in educational assessment: "Breakthrough? Or buncombe and ballyhoo?" Journal of Computer Assisted Learning, 37(5),

1207–1216. <https://doi.org/10.1111/jcal.12577> 61 Merrill, S. (2020). In schools, are we measuring what matters? Edutopia. <https://www.edutopia.org/article/school>

Artificial intelligence technologies in the smart classroom

Tamar Lominadze, Sopiko Gogoladze, Lela Papava
Georgian Technical University

t.lominadze@gtu.ge, gogoladzesopiko08@gtu.ge, papavalela08@gtu.ge

Summary

Thus, creating smart classrooms through AIED is primarily about creating systems that, in turn, enable social relationships; The second point is the study of a new form of communication - the search between students, teachers and supporting technologies (including educational cobots) and the third - the use of the Internet of Things (Iot) in education. At the same time, in addition to the modest research we have presented, our daily life also clearly confirms how prominent the role of artificial intelligence is in the modern education system. The need and importance of “smart” classrooms in the modern education system is emphasized. At the same time, both the advantages and disadvantages of “smart” classes emerged. Finally, we can say that the further development of “smart” classes based on artificial intelligence is indeed arousing more interest and increasing the need for development.

Keywords: Artificial Intelligence, AIED - Artificial Intelligence in Education, ILE - Intelligent Learning Environments, IoT - Internet of Things.

ხელოვნური ინტელექტი და მართლმსაჯულება - შესაძლებლობები და რისკები

ბიზესისა და ტექნოლოგიების უნივერსიტეტის სადოქტორო პროგრამის, ციფრული მმართველობა და ხელოვნური ინტელექტი საჯარო სექტორში, დოქტორანტი

მაგდა ბერუაშვილი

Magda.beruashvili@gmail.com

რეზიუმე

ხელოვნურმა ინტელექტმა გასული წლების განმავლობაში ჩვენი ცხოვრების ბევრ სფეროში შეაღწია და ძირეულად შეცვალა ისინი.¹ იგი ჩვენი ყოველდღიურობის ნაწილი გახდა, მას იყენებენ როგორც ბიზნესში ასევე საჯარო სექტორებში. ციფრული პლათფორმები და საშუალებები იქცა ყველა საკვანძო მიმართულებით საქმიანობის უწყვეტობის უზრუნველყოფის ერთგვარ გარანტიად.² შესაბამისად ხელოვნური ინტელექტი სხვადასხვა ქვეყნის მართლმსაჯულების სისტემაშიც აქტუალურად გამოიყენება, რაც რა თქმა უნდა ქმნის შესაძლებლობებს და რისკებს. სტატიაში განხილული იქნება კონკრეტულად რა სახის შესაძლებლობებს ქმნის ხელოვნური ინტელექტი, რომელიც უკვე გამოიყენება სასამართლო სისტემებში და ასევე რა რისკები არსებობს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას.

საკვანძო სიტყვები: AI, მართლმსაჯულება, AIT სასამართლო სისტემაში, ეთიკა/ეთიკური ჩარჩო.

შსავალი

ტერმინი ხელოვნური ინტელექტი (artificial intelligence) პირველად გაქდერდა 1956 წელს აშშ-ში სტენფორდის უნივერსიტეტის ერთ-ერთ სემინარზე, რომელიც ეძღვნებოდა ლოგიკურ და არა გამოთვლით ამოცანებს.³ ხელოვნური ინტელექტი შეიძლება შეფასდეს, როგორც „მანქანის უფლებას მოიქცეს ისე, რომ მას ეწოდოს ინტელექტუალური, თუ ადამიანი ასე მოიქცევა“. ეს არის განმარტება, რომელიც ჯონ მაკკარტიმ, რომელიც ითვლებოდა, რომ გამოიგონა ტერმინი "ხელოვნური ინტელექტი", მისცა AI-ს 1956 წელს.^{4/5}

დუდენის ლექსიკონის მიხედვით, ტერმინი „ხელოვნური“ აღწერს ბუნებრივი პროცესის იმიტაციას, ხოლო „ინტელექტი“ განისაზღვრება, როგორც ადამიანის უნარი, იფიქრონ აბსტრაქტულად და გონივრულად და განახორციელონ მიზანმიმართული მოქმედებები. აღნიშნული განმარტების საფუძველზე ხელოვნური ინტელექტი შეიძლება გავიგოთ აბსტრაქტულად, როგორც ადამიანის გონებრივი შესაძლებლობების იმიტაციის შექმნის მცდელობა.⁶

ხელოვნური ინტელექტის განმარტება ასევე გვხვდება კომპიუტერული მეცნიერების სფეროშიც, მაგალითად, AI-ს განმარტება, როგორც „კომპიუტერების აზროვნების სწავლების მცდელობა“⁷ ხაზს უსვამს ადამიანის გონებრივი მუშაობის იმიტაციას ისეთი სისტემების მიერ, როგორიცაა მანქანები ან კომპიუტერები. ეს თვალსაზრისი აისახება, მაგალითად, ბრიტანელი მეცნიერის ალან მ. ტურინგის მიერ შემუშავებულ „ტურინგის ტესტში“⁸, რომლის ჩაბარებაც

¹ https://www.unesco.de/sites/default/files/2022-03/DUK_Broschuere_KI-Empfehlung_DS_web_final.pdf

² ხელოვნური ინტელექტის საქართველოს ეროვნული სტრატეგიის სახელმძღვანელო პრინციპები, 2023წ.

³ ხელოვნური ინტელექტი, როგორც გამოწვევა და მისი რეალიზაციის ზოგიერთი მეთოდოლოგიური ასპექტები - ნატალი სიდამონიძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 2019 წ.

⁴ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>. 2 J. McCarthy et al., "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (31 August 1955)", in: Jerry Kaplan (red.) Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know, Oxford: Oxford University Press 2016.

⁵ Courts and Artificial Intelligence , A. D. (Dory) Reiling

⁶ <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>

⁷ Haugeland, J. Artificial Intelligence: The Very Idea. s.l. : MIT Press, 1985

⁸ Turing, A. Computing machinery and intelligence. s.l. : Mind, 1950.

AI-ს შეუძლია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იგი დაუკავშირდება ადამიანთან მის ბუნებრივ ენაზე, იძენს და წარმოადგენს ცოდნას, გონებას. ლოგიკურად და მოერგოს ცვალებად გარემოებებს.⁹

ძირითადი ნაწილი

ხელოვნური ინტელექტის სისტემები დიფერენცირებულია მათი შესრულების და აპლიკაციის დომენის მიხედვით. აბსტრაქტული განსხვავება ეგრეთ წოდებულ "ძლიერ" და "სუსტ" AI-ს შორის განსაკუთრებით ხშირია AI კვლევაში. ამ განსხვავების საფუძველი ფილოსოფიური ხასიათისაა და ეფუძნება ორ ჰიპოთეზას: სუსტი ჰიპოთეზა, რომ სისტემას (მაგ. მანქანას) შეუძლია ჭკვიანურად მოიქცეს და უფრო ძლიერი ჰიპოთეზა, რომ ასეთ სისტემას შეიძლება ჰქონდეს გონება. ანალოგიურად, ძლიერი AI სისტემა გამოავლენს ინტელექტუალურ ქცევას, რადგან ის რეალურად ფიქრობს, ხოლო სუსტი AI სისტემა უბრალოდ იქცევა, თითქოს ინტელექტუალური იყოს.¹⁰ ძლიერი ხელოვნური ინტელექტის სისტემის მუშაობა ტოლი იქნება ან თუნდაც აღემატება ადამიანის ტვინის მუშაობას. ამის საპირისპიროდ, სუსტი ხელოვნური ინტელექტის სისტემა სპეციალიზირებულია ინდივიდუალური ამოცანების დამუშავებაში და ემსახურება ხალხის მხარდაჭერას მათ (აზროვნების) მუშაობაში და არა მათ შეცვლაში.¹¹

“ხელოვნური ინტელექტი უნდა ემსახურებოდეს ხალხს და უნდა იყოს ხალხის უფლებებთან შესაბამისობაში“ - ურსულა ფონ დერ ლაიენი, ევროკომისიის პრეზიდენტი

ხელოვნური ინტელექტი - ეს არის რთული ხელოვნური კიბერნეტიკული კომპიუტერულ პროგრამულ-აპარატული სისტემა (ელექტრონული, მათ შორის ვირტუალური, ელექტრო მექანიკური, ბიო-ელექტრო-მექანიკური ან ჰიბრიდული), რომელსაც გააჩნია კოგნიტურ ფუნქციური არქიტექტურა და საკუთარი ან ფარდობითი დაშვება საჭირო მოცულობის სწრაფმოქმედი გამოთვლითი სიმძლავრეებით.¹²

ეთიკა და ხელოვნური ინტელექტი

შესაბამისად წარმოდგენილი დეფინიციები ნათლად წარმოაჩენენ ხელოვნური ინტელექტის არსს, მიუხედავად იმისა, რომ იგი წარმოადგენს კომპიუტერულ პროგრამული სისტემა, რომელსაც აქვს რესურსი დამოუკიდებლად მიიღოს გადაწყვეტილება, თუმცა მისი ძირითადი ფუნქციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ხელოვნური ინტელექტი უნდა ემსახურებოდეს ხალხს. სწორედ ამიტომ მისი გამოყენებისას დაცული უნდა იქნეს საქართველოს კონსტიტუციითა და ადამიანის უფლებათა და ძირითადი თავისუფლებათა დაცვის შესახებ კონვენცია. გერმანიის ფედერაციის მთავრობის განმარტებით, ხელოვნური ინტელექტი უნდა ემსახურებოდეს მოქალაქეებს უსაფრთხოების, ეფექტურობისა და მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად და სოციალური და კულტურული მონაწილეობის მოქმედების თავისუფლებებისა და თვითგამორკვევის უზრუნველსაყოფად. AI თავისთავად არ არის ეთიკური ან არაეთიკური - მაგრამ მისი გამოყენება შეიძლება იყოს. უკვე დაფიქსირდა შემთხვევები, როდესაც ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებამ გამოიწვია ადამიანების დისკრიმინაცია მათი სქესის ან კანის ფერის მიხედვით. გარდა ამისა, არსებობს

⁹ S.J. Russell, P. Norvig. Artificial Intelligence. s.l. : Pearson Education Inc, 2010.

¹⁰ S.J. Russell, P. Norvig. Artificial Intelligence. s.l. : Pearson Education Inc, 2010.

¹¹ Nilson, N. J. The Quest for Artificial Intelligence. Cambridge : University Press, 2010.

¹² იხ. ზვიად გაბისონიას, ინტერნეტ სამართალი და ხელოვნური ინტელექტი გვ. 446, გამომც. "იურისტების სამყარო" 2022

საზოგადოებაში შიში იმისა, რომ ადრე თუ გვიან ისინი ყოვლისმცოდნე AI სისტემის და მისი შეფასების წყალობაზე აღმოჩნდებიან. ცხადია, რომ საფუძვლიანი ნდობა ხელოვნური ინტელექტის მუშაობისადმი იქნება აუცილებელი სამშენებლო მასალა მომავლისთვის, ამ ტექნოლოგიის ფართოდ მიღებისთვის.¹³

მომხმარებლებისთვის და დაზარალებულებისთვის, AI სისტემა ხშირად არც გასაგებია და არც გამჭვირვალე იმის შესახებ, თუ როგორ მოვიდა გადაწყვეტილებები ან შედეგები. სხვა საკითხებთან ერთად, გადაწყვეტილებები გასაგები უნდა იყოს, რათა ხელოვნური ინტელექტის სისტემები მიღებულ იქნეს როგორც სანდო AI და აკმაყოფილებდეს იურიდიულ მოთხოვნებს. გარდა ამისა, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ეფექტური დაცვა დისკრიმინაციის, მანიპულაციის ან სხვა უარყოფითი გამოყენებისგან.¹⁴

ზემო აღიშნული გარემოებების გათალისწინებით საფუძველი დაედო ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ეთიკურ ნორმებს, რომელთა თანახმად, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ყოველთვის უნდა ეფუძნებოდეს ფუნდამენტურ ადამიანის უფლებებს, რომლებიც იურიდიულად სავალდებულოა ევროკავშირის ხელშეკრულებებითა და ევროკავშირის ფუნდამენტური უფლებების ქარტიით. უპირველეს ყოვლისა, მოხსენიებულია ადამიანის ღირსების, პიროვნების თავისუფლების პატივისცემა, დემოკრატიისა და კანონის უზენაესობის პატივისცემა, ასევე თანასწორობა, არადისკრიმინაცია და სოლიდარობა.

2018 წლის ივნისში, ევროკომისიის მიერ დაარსებულმა HLEG-მა გამოაქვეყნა თავისი ეთიკური სახელმძღვანელო სანდო ხელოვნური ინტელექტის შესახებ. გაიდლაინების მიზანია ხელი შეუწყოს სანდო AI-ს, რომელიც უნდა ხასიათდებოდეს სამი კომპონენტით მთელი ცხოვრების ციკლის განმავლობაში:¹⁵

ა. ის უნდა იყოს ლეგალური და, შესაბამისად, შეესაბამებოდეს ყველა მოქმედ კანონსა და რეგულაციას

ბ. ის უნდა იყოს ეთიკური და, შესაბამისად, დაიცვას ეთიკური ღირებულებები და პრინციპები.

გ. ის უნდა იყოს ძლიერი, როგორც ტექნიკური, ასევე სოციალური თვალსაზრისით.

ამგვარად, HLEG გთავაზობთ მითითებებს ეთიკური და ძლიერი ხელოვნური ინტელექტის ხელშეწყობისა და უზრუნველსაყოფად და უზრუნველყოფს მის დანერგვის მხარდაჭერას სოციალურ-ტექნიკურ სისტემებში. ექსპერტთა 52-კაციანი ჯგუფი თვლის, რომ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებას აქვს პოტენციური მდგრადი შეცვალოს საზოგადოება: “ხელოვნური ინტელექტი თავისთავად არ არის მიზანი, არამედ პერსპექტიული საშუალებაა ადამიანთა აყვავების და, შესაბამისად, ინდივიდების და საზოგადოების კეთილდღეობისა და საერთო სიკეთის გაზრდის, ასევე პროგრესისა და ინოვაციების ხელშეწყობაში.”

ევროკავშირის სახელმძღვანელო პრინციპებზე დაყრდნობით, თანამშრომლობისა და განვითარების საერთაშორისო ორგანიზაციამ (OECD) - საერთაშორისო ორგანიზაცია 36 წევრი სახელმწიფოსგან, ძირითადად ევროპიდან და ჩრდილოეთ ამერიკიდან - ასევე ჩამოაყალიბა AI-ს პრინციპები. ეს არის ის, რაც OECD-ს სურს ხელი შეუწყეთ ინოვაციურ და სანდო AI-ს,

¹³ <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekter-data.pdf>

¹⁴ <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekter-data.pdf>

¹⁵ Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz. Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Brüssel : Europäische Kommission, 2018

რომელიც პატივს სცემს ადამიანის უფლებებსა და დემოკრატიულ ღირებულებებს. AI-ის ექსპერტთა ჯგუფმა ჩამოაყალიბა სულ ხუთი რეკომენდაცია¹⁶:

ა. ხელოვნური ინტელექტი უნდა იყოს სასარგებლო ადამიანებისთვის და პლანეტისთვის ინკლუზიური ზრდის, მდგრადი განვითარებისა და ცხოვრების ხარისხის ხელშეწყობით.

ბ. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები უნდა იყოს შემუშავებული კანონის უზენაესობის, ადამიანის უფლებების, დემოკრატიული ღირებულებებისა და მრავალფეროვნების პატივისცემაზე და უნდა უზრუნველყოფდეს სათანადო გარანტიებს, როგორცაა ადამიანის ჩარევის შესაძლებლობა საჭიროების შემთხვევაში. მიზანი არის სამართლიანი და სამართლიანი საზოგადოება.

გ. ხელოვნური ინტელექტის სისტემებმა უნდა უზრუნველყონ გამჭვირვალობა და პასუხისმგებლობით გამყლავნება, რათა ადამიანებს შეეძლოთ AI-ზე დაფუძნებული შედეგების გაგება და კითხვა.

დ. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები უნდა ფუნქციონირებდეს მყარად და უსაფრთხოდ მთელი მათი სიცოცხლის ციკლის განმავლობაში და პოტენციური რისკები მუდმივად უნდა შეფასდეს და კონტროლდებოდეს.

ე. ორგანიზაციები და პირები, რომლებიც ავითარებენ, ავრცელებენ ან ამუშავებენ AI სისტემებს, პასუხისმგებელნი უნდა იყვნენ მათი სათანადო ფუნქციონირებისთვის ზემოთ ჩამოთვლილი პრინციპების შესაბამისად.

OECD-ის დოკუმენტი რეკომენდაციას უწევს წევრ მთავრობებს ხელი შეუწყონ საჯარო და კერძო ინვესტიციებს კვლევასა და განვითარებაში, რათა ხელი შეუწყონ ინოვაციას სანდო AI-ში და შექმნან პოლიტიკის გარემო, რომელიც გზას გაუხსნის სანდო AI სისტემების დანერგვას. პრინციპში, ტრანსსასაზღვრო და ინდუსტრიებს შორის თანამშრომლობა აუცილებელი იქნება სანდო AI-ის პასუხისმგებლობით მენეჯმენტში პროგრესის მისაღწევად.¹⁷

ამავდროულად AI სისტემებმა უნდა უზრუნველყონ მონაცემთა დაცვასთან შესაბამისობა სისტემის მთელი ციკლის განმავლობაში. ეს მოიცავს მომხმარებლის მიერ თავდაპირველად მოწოდებულ ინფორმაციას, ისევე როგორც მომხმარებლის შესახებ გენერირებულ ინფორმაციას სისტემასთან მათი ურთიერთქმედების დროს.¹⁸

ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტები მართლმსაჯულების სისტემაში

ამდენად, მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნურ ინტელექტს ახასიათებს რისკები სხვადასხვა ორგანიზაციებისა და სახელმწიფოთა მიერ შემუშავებული ეთიკური ჩარჩოს საფუძველზე შესაძლებელია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება იმგვარად, რომ არ შეილახოს ადამიანის უფლებები და პირიქით დახმაროს არსებული ინტერესების განხორციელებაში.

არსებული რისკების მიუხედავად ხელოვნური ინტელექტი ქმნის შესაძლებლობას, ხელოვნური ინტელექტის სისტემები სულ უფრო ხშირად გამოიყენება სამართალწარმოებაში და სასამართლო დარბაზებში მთელი მსოფლიოს იურისდიქციებში, დაწყებული ავსტრალიიდან, ჩინეთიდან, შერთებული შტატებიდან და გაერთიანებული სამეფოდან ესტონეთამდე, მექსიკამდე და ბრაზილიამდე. სხვადასხვა ხელოვნური ინტელექტის

¹⁶ OECD, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Artificial Intelligence . OECD Principles on AI. [Online] <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles/>.

¹⁷ <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>

¹⁸ Hoehrangige Expertengruppe für Künstliche Intellig. Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Brüssel : Europäische Kommission, 2018.

სისტემები შენდება, ტესტირება და განლაგებულია სასამართლოებსა და ტრიბუნალებში გლობალურად, ახალი მეთოდებით მუდმივად ვითარდება.

საკითხი. სასამართლო განხილვა არ საჭიროებს პირისპირ მოსმენას, რადგან საკომუნიკაციო ტექნოლოგია ხელს უწყობს მოსმენას. Solution Explorer გამოიყენეს 160,527 ჯერ 2016 წლის 13 ივლისიდან 2021 წლის 31 მარტამდე. 2020/2021 წლებში დავის გადაწყვეტის საშუალო დრო იყო 85.8 დღე, ხოლო გადაწყვეტის მედიანური დრო იყო 59 დღე ყველა ტიპის დავისთვის.

ჩინეთში სასამართლოები იყენებენ ხელოვნურ ინტელექტს მოსამართლეთა გაფრთხილების მისაცემად, თუ მათი გადაწყვეტილება არ ემთხვევა მონაცემთა ბაზას.¹⁹

ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ადამიანის უფლებათა ევროპული სასამართლოს (ECHR) გადაწყვეტილებების პროგნოზირება. ეს ინსტრუმენტი იყენებს ენის ბუნებრივი დამუშავებისა და მანქანური სწავლების გამოყენებას, რათა წინასწარ განსაზღვროს, არის თუ არა სასამართლო კონკრეტულ სიტუაციაში. გადაწყვეტს, დაირღვა თუ არა ადამიანის უფლებათა ევროპული კონვენციის (ECHR) კონკრეტული დებულება. ინსტრუმენტი მუშაობს ადრინდელი გადაწყვეტილების ინფორმაციით. ეს AI აცხადებს 79% სიზუსტეს.²⁰

დასკვნა

ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების გამოყენება არ უნდა არღვევდეს ადამიანის უფლებებს მისი დანერგვით უნდა ხდებოდეს ადამიანთა ეკონომიკური, სოციალური მდგომარეობის გაუმჯობესება. არსებული რისკების შემცირების მიზნით შემუშავებულია ეთიკური ჩარჩოები, შესაბამისად ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას დაცული უნდა იქნეს აღნიშნული ეთიკური ნორმები. სასამართლო სისტემაში გამოყენებული ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტები ნათლად წარმოაჩენს მის შესაძლებლობებს იგი ხელს უწყობს სასამართლო სისტემას, რომ დავები განიხილული იქნეს უფრო სწრაფად და ეფექტიანად.

ლიტერატურა:

- AI Decision-Making and the Courts, A guide for Judges, Tribunal Members and Court Administrators. June 2022
- Courts and Artificial Intelligence, A. D. (Dory) Reiling
- <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>
- Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intellig. Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Brüssel : Europäische Kommission, 2018.
- OECD, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Artificial Intelligence . OECD Principles on AI. [Online] <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles/>.
- იხ. ზვიად გაბისონიას, ინტერნეტ სამართალი და ხელოვნური ინტელექტი გვ. 446, გამომც. "იურისტების სამყარო" 2022
- <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>
- Haugeland, J. Artificial Intelligence: The Very Idea. s.l. : MIT Press, 1985
- Turing, A. Computing machinery and intelligence. s.l. : Mind, 1950.
- S.J. Russell, P. Norvig. Artificial Intelligence. s.l. : Pearson Education Inc, 2010.
- Nilson, N. J. The Quest for Artificial Intelligence. Cambridge : University Press, 2010.
- https://www.unesco.de/sites/default/files/2022-03/DUK_Broschuere_KI-Empfehlung_DS_web_final.pdf

¹⁹ AI Decision-Making and the Courts, A guide for Judges, Tribunal Members and Court Administrators. June 2022

²⁰ Courts and Artificial Intelligence, A. D. (Dory) Reiling

- ხელოვნური ინტელექტის საქართველოს ეროვნული სტრატეგიის სახელმძღვანელო პრინციპები, 2023წ.
- ხელოვნური ინტელექტი, როგორც გამოწვევა და მისი რეალიზაციის ზოგიერთი მეთოდოლოგიური ასპექტები - ნატალი სიდამონიძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 2019 წ.
- <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>. 2 J. McCarthy et al., “A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (31 August 1955)”, in: Jerry Kaplan (red.) Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know, Oxford: Oxford University Press 2016.

Artificial Intelligence and Justice - Opportunities and Risks

Ph.D. Program in Digital Governance and Artificial Intelligence in the Public Sector
Bizet University of Technology

Magda Beruashvili

Email: magda.beruashvili@gmail.com

Abstract:

In recent years, artificial intelligence has permeated various aspects of our lives, bringing about fundamental changes. It has become an integral part of our daily routines, finding applications in both the business and public sectors. Digital platforms and tools now serve as essential components, guaranteeing the continuity of activities across various domains. Consequently, artificial intelligence is actively employed in the justice systems of different countries, presenting both opportunities and risks. This article explores the specific opportunities that artificial intelligence introduces, particularly in its current utilization within judicial systems. Additionally, it addresses the potential risks associated with the use of artificial intelligence.

Keywords: AI, justice, AIT in the judicial system, ethics, ethical framework.

Microsoft Excel-ის აპლიკაცია AHP მეთოდის რეალიზებისთვის

თამაზ გიგილაშვილი, გიორგი გიგილაშვილი, ირინე გოცირიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ta.gigilashvili@gtu.ge, g.gigilashvili@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge

რეზიუმე

ანალიტიკურ იერარქიული პროცესი (Analytic Hierarchy Process – AHP Saaty method 1980) გულისხმობს გამოსაკვლევ ალტერნატივების კრიტერიუმების მიხედვით შედარებით დომინირების (მნიშვნელოვნობის) განსაზღვრას, რომელიც გამოსახება რიცხვებში პრიორიტეტების ვექტორების სახით, რომლებიც წარმოადგენენ შეფასებებს (წონებს)

დამოკიდებულებათა სკალაზე. ჩვენს მიერ შექმნილი იქნა Microsoft Excel-ის აპლიკაცია, რომელიც უზრუნველყოფს AHP მეთოდის რეალიზებას და მის პრაქტიკულ გამოყენებას.

საკვანძო სიტყვები: AHP მეთოდი, აპლიკაცია, შესაფასებელი კრიტერიუმები.

შესავალი

ანალიტიკურ იერარქიული პროცესი (Analytic Hierarchy Process – AHP Saaty method 1980) გულისხმობს გამოსაკვლევ ალტერნატივების კრიტერიუმების მიხედვით შედარებით დომინირების (მნიშვნელოვნობის) განსაზღვრას, რომელიც გამოსახება რიცხვებში პრიორიტეტების ვექტორების სახით, რომლებიც წარმოადგენენ შეფასებებს (წონებს) დამოკიდებულებათა სკალაზე.

მეთოდში შემავალი ელემენტები მოიცავს ალტერნატივებს და მათ შესაფასებელ კრიტერიუმებს. მეთოდის მიდგომა მოიცავს ეტაპებს:

- ცალკე კრიტერიუმების და თითოეული კრიტერიუმის მიხედვით ალტერნატივების ე. წ. წონების მატრიცების სახით წყვილ-წყვილ დადარებას, თითოეულის მნიშვნელოვნობის დასადგენად;
- მნიშვნელოვნობის კოეფიციენტის განსაზღვრა (წონების) და მათი თანაფარდობის შემოწმება.

ძირითადი ნაწილი

მეთოდის საშუალებით ამოცანის ამოხსნა მდგომარეობს გადაწყვეტილების მიმღები პირის (შემფასებლის) მიერ სხვადასხვა ალტერნატივებიდან საუკეთესოს შერჩევაში.

ცალკე კრიტერიუმების და თითოეული კრიტერიუმის მიხედვით ალტერნატივების ე. წ. წონების მატრიცების სახით წყვილ-წყვილ დადარებისას, გამოიყენება შემდეგი შეფასებების დამოკიდებულებათა სკალა.

ცხრილი 1. შეფასებების დამოკიდებულებათა სკალა

მნიშვნელოვნებათა ხარისხი (წონა)	შინაარსი
1	თანაბარი მნიშვნელოვნება
3	ერთი მოქმედების მნიშვნელოვნობის გარკვეული უპირატესობა მეორეზე
5	არსებითი ან ძლიერი მნიშვნელოვნობა
7	აშკარა ან ძალიან ძლიერი მნიშვნელოვნობა
9	აბსოლუტური მნიშვნელოვნობა
2, 4, 6, 8	შუალედური მნიშვნელოვნობა
შებრუნებული სიდიდეები	თუ ელემენტ i-ს, ელემენტ j-თან შედარებით ენიჭება ზემოთ ჩამოთვლილი ერთ-ერთი რიცხვი, მაშინ ელემენტ j-ს i-თან შედარებით, ენიჭება ამ რიცხვის შებრუნებული (1/n) მნიშვნელობა

დაწყვილებული დადარებები ხდება ერთი ელემენტის სხვაზე დომინირების (მნიშვნელოვნობის) თვალსაზრისით, დამოკიდებულებათა სკალის შესაბამისად.

თუ i ელემენტი უფრო მნიშვნელოვანია j ელემენტზე, მაშინ წყვილთა დადარების მატრიცის i სტრიქონისა და j სვეტის გადაკვეთის შესაბამისი უჯრა ივსება წონების შესაბამისი

მთელი რიცხვით, ხოლო j სტრიქონისა და i სვეტის გადაკვეთის შესაბამისი უჯრა ივსება შებრუნებული რიცხვით (შესაბამისად n და $1/n$).

წყვილების დადარებისას უნდა უპასუხოთ კითხვებს: ორი დადარებითი ელემენტიდან რომელი უფრო მნიშვნელოვანია ან უფრო დიდი გავლენა აქვს, რომელი უფრო სავარაუდო და სასურველია.

კრიტერიუმების დადარებისას, იგულისხმება თუ რომელი კრიტერიუმია უფრო მნიშვნელოვანი; ალტერნატივების დადარებისას კრიტერიუმთან მიმართებით კი, - თუ რომელი ალტერნატივაა უფრო მნიშვნელოვანი, სასურველი ან უფრო სავარაუდო შესაბამისი კრიტერიუმის მიხედვით.

საუკეთესო ალტერნატივად ჩაითვლება ის, რომლის წონასაც ექნება მაქსიმალური მნიშვნელობა.

დადარებისას შემფასებლის მიერ შეფასებების თანმიმდევრულობის შესაფასებლად, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს λ_{max} -ის - მაქსიმალური საკუთარი მნიშვნელობის სიდიდის λ_{max} -ს გადახრა მატრიცის განზომილებასთან - n .

დადარებისას განსჯის შესაბამისობა შეფასებულია თანმიმდევრულობის ინდექსით (თანმიმდევრულობის თანაფარდობით) შემდეგი ფორმულების შესაბამისად:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

სადაც CI - თანმიმდევრულობის ინდექსი, CR - თანმიმდევრულობის მაჩვენებელი, RI - თანმიმდევრულობის ინდექსის საშუალო მნიშვნელობა, რომელიც ემყარება ექსპერიმენტულ მონაცემებს. მისი მნიშვნელობა არის ცხრილური სიდიდე, შემავალ პარამეტრად მონაწილეობს მატრიცის განზომილება (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. თანმიმდევრულობის ინდექსის საშუალო მნიშვნელობა მატრიცის განზომილებასთან მიმართებაში

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

CR -ის მნიშვნელობა ≤ 0.1 -ის ითვლება, როგორც მისაღები. თუ წყვილთა დადარების მატრიცისთვის ეს მნიშვნელობა > 0.1 -ზე, მაშინ ეს მიუთითებს შემფასებლის მიერ გამოტანილი განსჯის ლოგიკის მნიშვნელოვან დარღვევაზე დადარების მატრიცის შევსებისას, ამიტომ მას ევალება გადახედოს მონაცემებს, თანმიმდევრულობის გასაუმჯობესებლად. აქ ძირითადად იგულისხმება შემდეგი განსჯა: თუ i ელემენტის წონა მეტია j ელემენტის წონაზე და j ელემენტის წონა მეტია k ელემენტის წონაზე, i ელემენტის წონა მეტი უნდა იყოს k ელემენტის წონაზე და ამასთან უფრო მეტით ვიდრე i -ს j -ზე.

ჩვენს მიერ შექმნილი იქნა Microsoft Excel-ის აპლიკაცია, რომელიც უზრუნველყოფს AHP მეთოდის რეალიზებას და მის პრაქტიკულ გამოყენებას.

აპლიკაციის საწყისი ფანჯარა:

	A	B	C	D
6	კრიტერიუმები	წონა	წონა	ალტერნატივები
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14	კრიტერ. რ-ბა			ალტერნატ. რ-ბა
15	0			0
16				
17				
18				
19				

დამთავრება

აპლიკაციის საბოლოო სახე:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6	კრიტერიუმები	წონა	წონა	ალტერნატივები		კრიტერიუმების წონების მატრიცა			
7		c1	0.457	0.325	a1	c1	c2	c3	c4
8		c2	0.300	0.217	a2	1	2	4	3
9		c3	0.138	0.144	a3	0.300	1	3	3
10		c4	0.105	0.254	a4	0.250	0.333	1	2
11						0.333	0.333	0.500	1
12									
14	კრიტერ. რ-ბა			ალტერნატ. რ-ბა		მიუთითეთ ალტერნატივების წონები კრიტერიუმ „c1“-ს მიხედვით			
15	4			4	c1-ით	a1	a2	a3	a4
16					a1	1	5	6	1/3
17					a2	0.300	1	2	1/6
18					a3	0.167	0.500	1	1/8
19					a4	1.000	0.300	0.200	1
22						მიუთითეთ ალტერნატივების წონები კრიტერიუმ „c2“-ს მიხედვით			
23					c2-ით	a1	a2	a3	a4
24					a1	1	1/3	5	8
25					a2	3.000	1	7	9
26					a3	0.300	0.143	1	2
27					a4	0.125	0.111	0.200	1
						მიუთითეთ ალტერნატივების წონები კრიტერიუმ „c3“-ს მიხედვით			
					c3-ით	a1	a2	a3	a4
					a1	1	5	4	8
					a2	0.200	1	1/2	4
					a3	0.250	2.000	1	5
					a4	0.125	0.200	0.200	1
						მიუთითეთ ალტერნატივების წონები კრიტერიუმ „c4“-ს მიხედვით			
					c4-ით	a1	a2	a3	a4
					a1	1	3	1/5	1
					a2	0.333	1	1/8	1/3
					a3	5.000	0.300	1	5
					a4	1.000	0.300	0.200	1
						პროექტი დასრულდა! უპირატეს ალტერნატივად ითვლება - a1 დასამთავრებლად გადაჭიმურეთ ან ლილაკი „დამთავრება“ ან Ctrl+J ლილაკების კომბინაცია			

ლიტერატურა

[1] N. Fred and T. M. Salvatore, "Design Science and The Accumulation of Knowledge in The Information Systems Discipline", ACM TMIS Journal, vol. 3, no. 1, (2012), April.

[2] F. N. Jay Jr. and O. B. Robert, "Toward a Broader Vision for Information Systems", ACM TMIS Journal, vol.2, no. 4, (2011), December.

[3] N. Sami, "Toward Reducing Data Cubes," Journal of Data Processing", vol. 2, no. 2, (2012) June, pp. 68-71.

[4] K. H. Kettner, "The Integrative Effect of Electronic Data Processing", Business & Information Systems Engineering Journal, vol. 1, Issue 1, (2009), pp. 84-88.

[5] R. Jan, "Information Systems Research as a Science: Scientific Research in Information Systems", Progress in IS, (2013), pp. 11-21.

- [6] A. S. Mariya, "A Multicriteria Multilevel Group Decision Method for Supplier Selection and Order Allocation", International Journal of Strategic Decision Sciences (IJSDS), vol. 3, Issue 1, (2012), pp. 25.
- [7] S. A. Alan and T. R. Cliff, "A Decision Support System For Patient Scheduling in Travel Vaccine Administration", Decision Support Systems Elsevier Publisher, vol. 54, Issue 1, (2012) December, pp. 215- 225.
- [8] L. Reeva and B. J. Robert, "Decision Support or Support for Situated Choice: Lessons for System Design from Effective Manual Systems", European Journal of Information Systems, (2011) April 19, pp. 510-528.
- [9] V. Rakesh and K. Saroj, "Dynamic Vendor Selection: A Fuzzy Ahp Approach, the Analytic Hierarchy Process", International Journal of the Analytic Hierarchy Process, vol. 4, no. 2, (2012).
- [10] K. Jitendra and R. Nirjhar, "Analytic Hierarchy Process (AHP) for a Power Transmission Industry to Vendor Selection Decisions", International Journal of Computer Applications, (2011) January, pp. 26–30.

A Microsoft Excel application for implementing the AHP method

Tamaz Gigilashvili, Giorgi Gigilashvili, Irine Gotsiridze

Georgian Technical University

ta.gigilashvili@gtu.ge, g.gigilashvili@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge

Resume

The Analytic Hierarchy Process (AHP Saaty method 1980) involves the determination of the relative dominance (importance) of the researched alternatives according to the criteria, which is expressed in numbers in the form of priority vectors, which represent evaluations (weights) on a scale of dependence. We have created a Microsoft Excel application that provides the realization of the AHP method and its practical use.

Keywords: AHP method, application, evaluation criteria.

მობილური კავშირის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შეფასება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე

გივი მურჯიკნელი, კოტე ბეგიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.murjikneli@gtu.ge, kotebeg@gmail.com

რეზიუმე

დღეისათვის მობილური კავშირის ქსელების ოპერატორების წარმატებული საქმიანობისათვის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა რადიომულწევის ქსელის სრულყოფილი ფუნქციონირების უზრუნველყოფა მისი მახასიათებლების ობიექტური შეფასების საფუძველზე. მომსახურების მიწოდების ხარისხი პირდაპირ კავშირშია ზემოაღნიშნული ქსელის პარამეტრების მნიშვნელობასთან.

ამჟამად მოთხოვნილება მონაცემთა უსადენო გადაცემის სერვისსზე სწრაფი ტემპით იზრდება, ასევე ფართოდება მისი გამოყენების სფერო, კერძოდ 5G ტექნოლოგიაში უკვე კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ხდება მისი გამოყენება, ისეთ მნიშვნელოვან დარგებში, როგორცაა მედიცინა, საავტომობილო ტრანსპორტის ავტომატური მართვის სისტემები, ნივთების ინტერნეტის გამოყენებაზე დაფუძნებული სხვადასხვა ინტელექტუალური სისტემები (IoT) შესაბამისად, მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე და საიმედოობა, მცირე დაყოვნება, მნიშვნელოვნად ამაღლებს ოპერატორის ქსელის კონკურენტუნარიანობას.

მობილური კავშირი ქსელებში ყოველი მომდევნო თაობის ტექნოლოგიის დანერგვა განაპირობებს მობილური კავშირის ერთიანი ქსელის კომპლექსურობის ხარისხის ამაღლებას, იზრდება გამოყენებული სიხშირული დიაპაზონების რაოდენობა და მათი ჯამური ზოლი, რაც თავის მხრივ განაპირობებს აღჭურვილობის სერიოზულ რაოდენობრივ და სტრუქტურულ ცვლილებებს ქსელში. ქსელის სტრუქტურის ცვლილება თავის მხრივს განაპირობებს მისი მომსახურების სფეროს გაფართოებასა და გართულებას. მონაცემთა მიწოდების სერვისის ხარისხის პროგნოზირება და ობიექტური შეფასება, მისი ხარისხობრივი მახასიათებლების გაუმჯობესება დაკავშირებულია დროისა და მატერიალური რესურსების დამატებით ხარჯებთან, ამასთან მაღალი ეფექტის მიღებისათვის ეს პროცედურები მოითხოვს შესრულების მაღალ ოპერატიულობას.

ზემოაღნიშნული პრობლემების დაძლევის მიზნით ჩვენს მიერ შესწავლილი და გაანალიზებული იქნა რადიომელწევის ქსელის მახასიათებლების შეფასებისათვის მანქანური სწავლების (Machine Learning) მეთოდების გამოყენების საკითხი.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ქსელში მრავლობითი გაზომვების ჩატარების შედეგად მიღებული მონაცემების გამოყენება, მომდევნო ეტაპზე ქსელში ჩატარებული ცვლილებით განპირობებული პარამეტრების პროგნოზირებისათვის.

ასეთი მდოგომა მოგვცემს საშუალებას პროგნოზირების შედეგების საფუძველზე შევაფასოთ აღნიშნული ცვლილებების განხორციელების მიზანშეწონილობა და არ არის აუცილებელი ცვლილების შემდეგ Drive Test-ით სასწრაფო შემოწმება, იგი შეიძლება განხორციელდეს მოგვიანებით, ხოლო მანამდე პროგნოზირების შედეგები საკმარის სანდოობას მოგვცემს ქსელის ხარისხის გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

ასევე შესაძლებელია, მომხმარებლის გამოცდილების (end user experience) პროგნოზირება ქსელის მოდერნიზაციის ფიზიკურ განხორციელებამდე სათანადო მონაცემების შეგროვების საფუძველზე არსებულ ქსელში. ჩვენს მიერ დამუშავებული მოდელი შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ქსელის ოპტიმიზაციისას, დაგეგმარებისას, რესურსების მენეჯმენტში და ინტერფერენციის შეფასებისას.

საკვანძო სიტყვები: მობილური ქსელი, რეგრესია, მელწევის ქსელი, ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური სწავლება.

შესავალი

ჩატარებული კვლევა ეხება მობილური რადიომელწევის ქსელის მახასიათებლებისა და მომსახურების მიწოდების ხარისხის შეფასებას. ამჟამად მობილური მომსახურების ხარისხის შეფასების ტრადიციულ გზას წარმოადგენს არსებულ ქსელში გაზომვების ჩატარება სხვადასხვა მეთოდით. ქსელის ოპტიმიზაცია ეფუძნება თანამედროვე სიმულაციის პროგრამების გამოყენებას, რომლებიც არ იყენებენ Drive Test-ით ჩატარებულ სიგნალის გაზომვების შედეგებს, მიუხედავად იმისა, რომ ეს Drive Test-ის შედეგები სრულფასოვნად ასახავს ქსელის რეალურ მდგომარეობას. გარდა ამისა, ქსელში რაიმე სახის ცვლილების შემდეგ, გარდა

სიმულაციისა, რეალური სურათის დანახვის ერთადერთი საშუალებაა ისევ და ისევ ახალი გაზომვის/ების ჩატარებაა, რაც საკმაოდ გრძელვადიანი პროცესია.

ძირითადი ნაწილი

ჩვენი კვლევის მიზანია პროგნოზირების შედეგების გაუმჯობესებისათვის სიმულაციის პროგრამებთან ერთად Drive Test-ის შედეგების გამოყენება. სტატიაში მოცემულია LTE ტექნოლოგიის მახასიათებლების შესწავლა მანქანური სწავლების (Machine Learning) მეშვეობით [2]. მობილურ ქსელში მონაცემები შეგროვებულ იქნა მოძრავი მობილური ტერმინალების მეშვეობით, რომლებიც ერთი სიხშირულ ბლოკისათვის განუწყვეტლივ იწერდნენ მონაცემებს ფაილ-სერვერიდან. ეს მახასიათებლებია: RSRP, RSRQ, SINR, PRB, CQI, Download Throughput. მონაცემების მოდელირება მოხდა მანქანური სწავლების პოლინომიური რეგრესიის (Polynomial Regression) [2]. შესწავლის მიზანი იყო RSRP, RSRQ, SINR, PRB, CQI მონაცემების საფუძველზე Download Throughput ის პროგნოზირება გამოყენებული მოდელით. RSRP, RSRQ, SINR, CQI მახასიათებლების მნიშვნელობების შეფასება ასევე შესაძლებელია სიმულაციის პროგრამის გამოყენებითაც. გარდა ამისა ხსენებული პარამეტრების დამახსოვრება ხდება სპეციალური შესანახი სისტემების მიერ, რომლებიც იყენებენ მობილური ტერმინალის მიერ დარეპორტებულ ინფორმაციას.

Drive Test-ის გამოყენებით, აღებული მონაცემების საფუძველზე, ზემოხსენებული პარამეტრების ფორმირების პროცესი განხორციელებულ იქნა Google Colab (Google Colaboratory) გარემოში, რომელიც წარმოადგენს ღრუბლოვან პლათფორმას და იძლევა საშუალებას გამოყენებული იქნას Python (პროგრამირების ენა) და Jupyter Notebook ერთ გარემოში. მანქანური სწავლების პოლინომიური რეგრესიის მოდელი აღებული იქნა scikit-learn ბიბლიოთეკიდან.

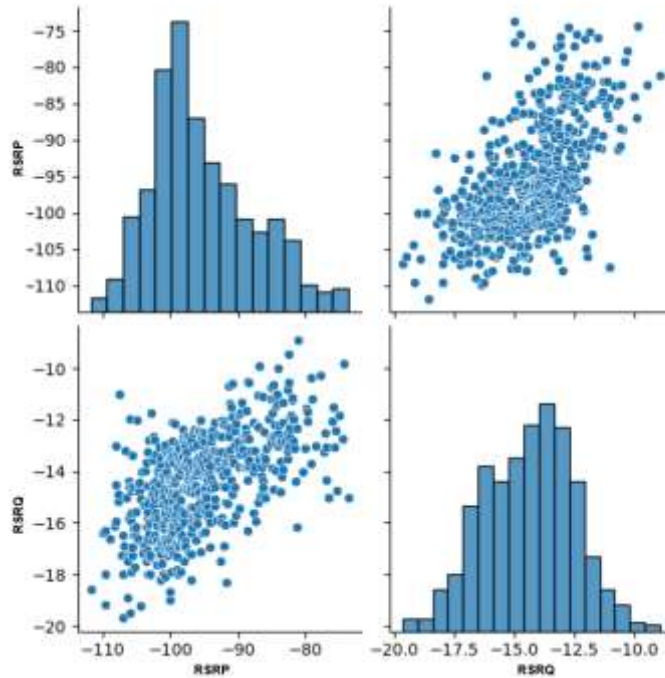
აღსანიშნავია, რომ სერვერს ჩამოტვირთვის სიჩქარის ლიმიტი არ აქვს. შესაბამისად ტერმინალი იწერდა მაქსიმალური სიჩქარით არსებული რადიო მდგომარეობის და რესურსების პირობებში, მოცემულ დროის მომენტში. კერძოდ მანქანური სწავლების პოლინომიური რეგრესიისთვის გაერთიანდა ორი სახის მონაცემები, გაზომვის შედეგები, რომლებიც ასახავს რადიოქსელის მდგომარეობას ხარისხობრივი სახით, RSRP, RSRQ, SINR, CQI და მეორე ნაწილი რომელიც კავშირშია უშუალოდ ქსელის არსებულ მდგომარეობასთან, ანუ დატვირთლობასთან PRB, Download Throughput [1]. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მონაცემები გაზომვადია და მათი გამოთვლების თუ შეფასების ცნობილი მეთოდები არსებობს, ამ ყველა პარამეტრის ერთობლივი მიმოხილვა რთული ამოცანაა. ამასთან ეს პარამეტრები ერთმანეთზე დამოკიდებული, მაგალითად SINR გამოითვლება შემდეგნაირად [1]:

$$SINR = \frac{RSRP}{\sum RSRP + I + N}$$

როგორც ჩანს SINR-ის გამოსათვლელად RSRP საჭირო კომპონენტია. RSRQ გამოითვლება შემდეგნაირად [1]:

$$RSRQ = \frac{N \times RSRP}{RSSI}$$

ფორმულიდან ასევე ჩანს რომ RSRQ-ს გამოსათვლელად RSRP არის საჭირო. ამ სიდიდეებს შორის არსებობს გარკვეული თანაფარდობა. ჩვენ შესწავლის საფუძველზე ვნახეთ, რომ ეს კორელაცია არაწრფივია. მაგალითად მზომელობების შედეგად ჩატარებული პარამეტრების კორელაცია შემდეგნაირია:



სურათი 1. RSRP-ის კორელაცია RSRQ-სთან

სურათ 1-ზე მოცემულია RSRP-ის დამოკიდებულება RSRQ-ზე და პირიქით [3]. ასევე თითოეული მზომელობის განაწილების კანონი. სურათზე ჩანს რომ ეს დამოკიდებულებები არა წრფივია, ამიტომ მანქანური სწავლებით მოდელირებისთვის ავირჩიეთ სწორედ არა წრფივი რეგრესიის მოდელი, არამედ მრავალ ცვლადიანი, მაღალი რიგის პოლინომიური რეგრესია, რომლის ზოგადი სახე გაოისახება შემდეგნაირად [2]:

$$h_{\theta}(x_1, x_2) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_1^2 + \theta_4 x_2^2 + \theta_5 x_1 x_2$$

ფორმულა წარმოადგენს მეორე რიგის პოლინომს ორი ცვლადით. ამ შემთხვევაში x_1, x_2 არის მახასიათებლები, ხოლო θ არის კოეფიციენტები, რომლებიც უნდა იქნეს შეფასებული რეგრესიის ამოცანისას. აქ ჩდნება ერთი კითხვა, მიუხედავად იმისა რომ ვიყენებთ მრავალ ცვლადიან კოეფიციენტებს, რა უნდა იყოს პოლინომის ხარისხი. ამისათვის, ჩვენ ავიღეთ გაზომვის მონაცემები, გავყავით 90% სასწავლ სიმრავლედ, 5% სატესტო სიმრავლედ, ხოლო 5% გადამოწმების (validation) სიმრავლედ. აღსანიშნავია, რომ ტესტირების სიმრავლე შემთხვევითად იქნა აღებული მთლიანი საწვრთნელი მასალიდან და გაწვრთნის დროს არ მიუღია მონაწილეობა წონების შერჩევისას, ხოლო გადამოწმების 5% აღებული იქნა მთლიანი მასალის ბოლოდან, მიმდევრობით. პოლინომის ხარისხის მაჩვენებლები ვცვალეთ 0-დან 10-მდე. მოდელის სისწორის შესაფასებლად გამოვიყენეთ სამი პარამეტრი, შეცდომების საშუალო (mae), შეცდომების კვადრატების საშუალო (mse) და ფესვი შეცდომების კვადრატული საშუალოდან (rmse). mae (Mean Absolute Error) გამოითვლება შემდეგნაირი ფორმულით [2]:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|^2$$

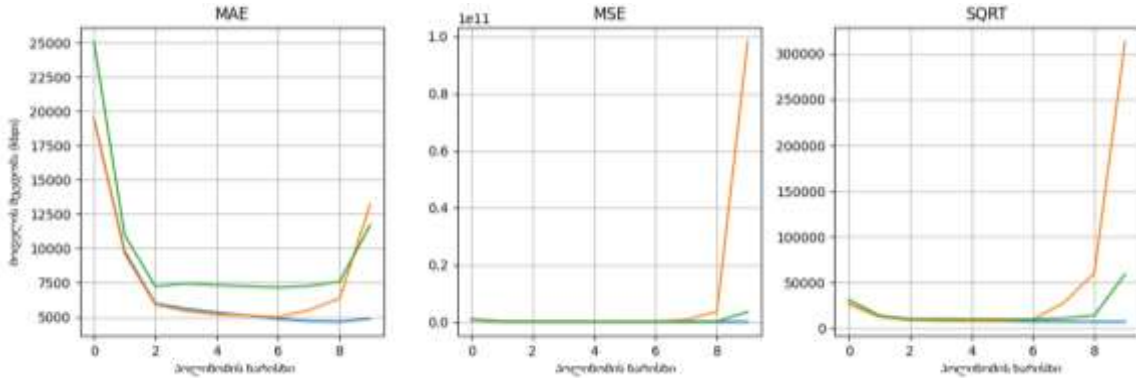
mse (Mean Squared Error) შემდეგი ფორმულით [2]:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

ხოლო rmse (Root Mean Square Error) [2]:

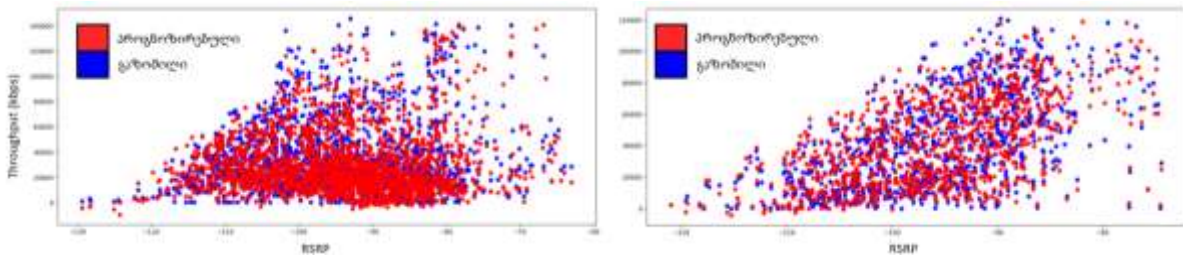
$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

მოცემულ ფორმულაში n წარმოადგენს ცდების რაოდენობას, y წარმოადგენს გაზომვის შედეგებს, ხოლო \hat{y} მოდელის მიერ პროგნოზირებულ შედეგებს.



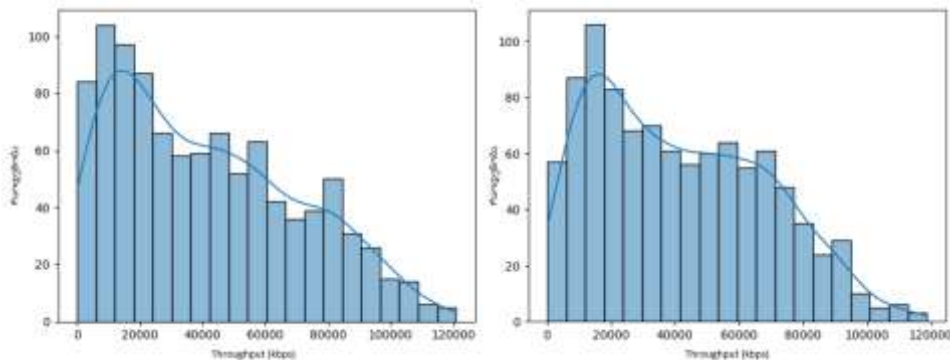
სურათი 2. mae, mse, rmse მზომელობების შედეგები 0-დან 10-მდე პოლინომის ხარისხებში.

სურათზე ლურჯი ხაზი ეკუთვნის სასწავლ მონაცემებს, სტაფილოსფერი ტესტირების, ხოლო მწვანე ვალიდაციის, როგორც შეფასებიდან ჩანს რეგრესიული მოდელი ხარისხით 2 დან 6 მდე ერთნაირ შედეგს იძლევა. ამიტომ გამოთვლითი რესურსების დაზოგვისთვის შევარჩიეთ მეროე ხარისხის მრავალწევრი. წონების დაკორექტირების დასრულების შემდეგ მოვახდინეთ სატესტო და ვალიდაციის სიმრავლეებში შემავალი Download Throughput პარამეტრების პროგნოზირება მიღებული მოდელის გამოყენებით.



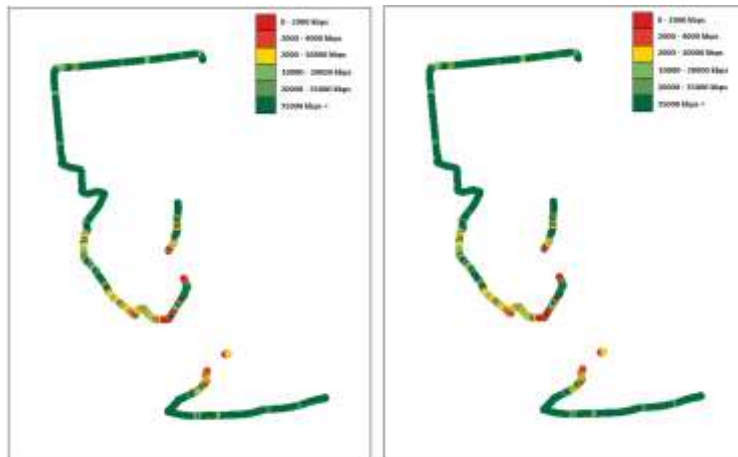
სურათი 3. სატესტო და ვალიდაციის ნამდვილი და პროგნოზირებული Download Throughput.

სურათ 3-ზე მოცემულია ლურჯი წერტილებით გაზომილი სიჩქარეებო, ხოლო წითელი წერტილებით მოცემული სიჩქარეები არის მოდელი მიერ პროგნოზირებული. როგორც ჩანს, ტესტირების, ასევე გადამოწმების (ვალიდაციის) სიმრავლეებზე, ღრუბლების ფორმა ერთნაირია და დინამიკაში ერთმანეთს ემთხვევა. გარდა ამისა გადავამოწმეთ პროგნოზირებული და გაზომილი სიჩქარეების განაწილების ფორმა როგორია:



სურათი 3. სატესტო და ვალიდაციის ნამდვილი და პროგნოზირებული Download Throughput.

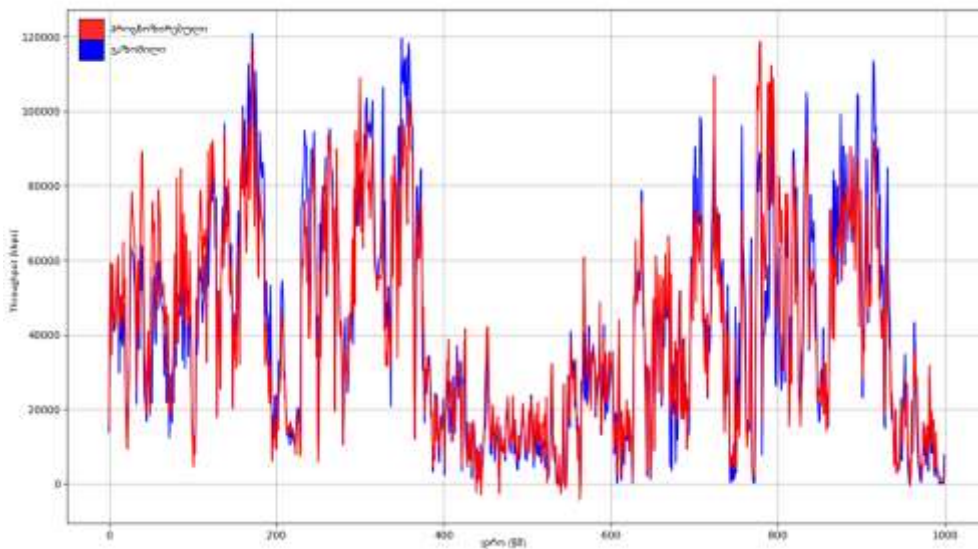
ასევე გადავამოწმეთ რუქაზე, მოძრავი ტერმინალის შემთხვევაში როგორი იქნებოდა სიჩქარეების პროგნოზირების სურათი.



სურათი 4. მონაცემთა ჩამოტვრითვის გაზომილი და პროგნოზირებული შედეგები.

სურათ 4-ზე მარცხნივ მოცემული მონაცემები მოდელს წონების შეფასებისთვის არ გამოუყენებია.

მარცხივ მოცემულია რეალური გაზომვების შედეგები, ხოლო მარჯვნივ მოდელის მიერ პროგნოზირებული სიჩქარეები. ასევე მოვახდინეთ ვიზუალიზაცია დროითი მომდევრობის ჭრილში.



სურათი 5. მონაცემთა ჩამოტვრითვის გაზომილი და პროგნოზირებული შედეგები

ლურჯ ფერში მოცემულია გაზომის შედეგების დიაგრამა, ხოლო წითელში პროგნოზირებული მონაცემების დიაგრამა. როგორც სურათ 5-ზე ჩანს, პროგნოზირებული მონაცემები მიყვება მზომელობების შედეგებს. ჩვენს მიერ თავმოყრილი იქნა მობილური LTE ქსელის ტერმინალების მზომელობები. შეგროვებული მონაცემებიდან ამოვარჩიეთ ისეთი სახის მონაცემები, რომლებიც ჩავთვალეთ რომ მიზნობრივი იქნებოდა ჩვენი ამოცანისთვის.

დასკვნა

დამუშავებულია ქსელის ხარისხობრივი მაჩვენებლების პროგნოზირების მეთოდი, დაფუძნებული ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებზე, რომელიც იძლევა საშუალებას ქსელში ადრე აღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე განისაზღვროს ქსელში შეტანილი ცვლილებების შედეგად განპირობებული მოსალოდნელი ხარისხობრივი მაჩვენებლები.

ასეთი მიდგომა გვაძლევს საშუალებას პროგნოზირების შედეგების საფუძველზე შევავსოთ აღნიშნული ცვლილებების განხორციელების მიზანშეწონილობა და არ არის აუცილებელი ცვლილების შემდეგ Drive Test-ით სასწრაფო შემოწმება, იგი შეიძლება განხორციელდეს მოგვიანებით, ხოლო მანამდე პროგნოზირების შედეგები საკმარის სანდოობას მოგვცემს ქსელის ხარისხის გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] *Xincheng Zhang*, "LTE Optimization Engineering Handbook"
- [2] Aurélien Géron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow
- [3] Elsevier: Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 2014.

Evaluation of the quality indicators of mobile connection based on the use of artificial intelligence methods

Givi Murjikneli, Kote Begiashvili
Georgian Technical University
g.murjikneli@gtu.ge, kotebeg@gmail.com

Summary

Nowadays, one of the most important tasks for the mobile communication network operator's successful operation is to ensure the perfect functioning of the radio network based on an objective assessment of its characteristics. The network parameters are directly related to the value of the quality of service.

At present, the requests of wireless data transmission services is growing rapidly, and the application field is also expanding. In 5G technology data service is already becoming critically important, in such important fields as medicine, vehicle automatic control systems, various intelligent systems, based on the Internet of Things (IoT) technology. High data transfer speed, reliability, and low delay, significantly increase the operator's network competitiveness.

The release of each next generation of technology in mobile communication networks leads to an increase in the complexity of the unified mobile communication network, the number of used frequency bands and their total bandwidth increases, which in turn leads to serious quantitative and structural changes in equipment in the network. The change in the structure of the network, in turn, leads to the expansion and complication of its service area. Forecasting and objective assessment of the quality of data delivery service, improving its qualitative characteristics are associated with additional costs of time and material resources, and in order to obtain a high effect, these procedures require high operational efficiency.

In order to overcome the above-mentioned problems, we have studied and analyzed the issue of using machine learning methods to evaluate the characteristics of the radio network. We aimed to use the data obtained as a result of conducting multiple measurements in the network to predict the parameters caused by the changes in the network at the next stage. Such a test will allow us to evaluate the expediency of making the mentioned changes based on the prediction results, and it is not necessary to immediately check with a Drive Test after the change, it can be performed later, and the prediction results before that will give us sufficient reliability in terms of improving the quality of the network.

It is also possible to predict the end user experience based on the collection of appropriate data on the existing network prior to the physical implementation of the network modernization.

Our developed model can be used in network optimization, planning, resource management and interference assessment.

Key Words: Mobile network, regression, access network, artificial intelligence, machine learning.

Digital image enlarging using the generalized interpolation formulae

Tamaz Sulaberidze, Otar Tavdishvili, Zurab Alimbarashvili

Georgian Technical University

tamaz.sulaberidze@gmail.com, tavidshviliotar08@gtu.ge, prtebi@yahoo.com

Abstract

An important place in the problems of digital image analysis is occupied by the task of enlarging the resolution of an image by scaling it. The scope of such tasks includes, in particular: obtaining more detailed information from a fragment of an image as a result of its enlarge; enlarging of an image to identify objects; obtaining a high-resolution image from a low-resolution image to facilitate its further detailed analysis, and so on. Each of the existing methods is characterized by both positive and negative sides. In particular, the distortion of the geometric shape of small details, damage to the texture on the image is a negative side. Interpolation algorithms are used to reduce these shortcomings One approach to solving this problem is using of interpolation methods. The presented article proposes the use of generalized interpolation formulae (Piranashvili's formulae) with a high speed convergence for the task of enlarging the image size. The results of using the Whitaker-Kotelnikov-Shannon and the Piranashvili interpolation formulae for enlarging of the digital images are shown. To estimate the accuracy of approximation of images obtained after interpolation the remainder terms are calculated and compared.

Key Words: Image Interpolation, Digital Image Enlarging, Whitaker-Kotelnikov-Shannon Interpolation, Generalized Interpolation Formulae.

Introduction

One way to get as much information as possible from a digital image is to enlarge its scale and resolution. Among the methods used to solve these problems, an important place is occupied by the use of interpolation methods of stochastic processing. The scope of such tasks includes, in particular: obtaining more detailed information from a fragment of an image as a result of its enlarge; enlarging of an image to identify objects; obtaining a high-resolution image from a low-resolution image to facilitate its further detailed analysis, and so on. Each of the existing methods is characterized by both positive and negative sides. In particular, the distortion of the geometric shape of small details, damage to the texture on the image is a negative side. Interpolation algorithms are used to reduce these shortcomings [1].

Interpolation allows to convert an image from one resolution to another without compromising the visual quality of the image. Various interpolation methods are used to scale an image. For example, the easiest way to double the size of a digital image is to simply copy its pixels. The image obtained in this way is characterized by the effect of a staircase [2,3].

Generally, interpolation methods are divided into 2 groups: adaptive and non-adaptive. When using non-adaptive interpolation methods, the intensity value in each new pixel is determined based on the intensity value of adjacent pixels. This operation is repeated for all new pixels in the image. Accordingly, such methods are characterized by simplicity of calculations and low computational cost. Adaptive methods are more complex interpolation methods, because in order to calculate the intensity value in new pixels, in addition to the intensity value, information about edges, texture, and other data must be taken into account. Therefore, the computational costs of such methods are high, but the result is better than when using non-adaptive methods [2,3].

By enlarging size of the digital image while maintaining the same value of resolution, new pixels are added to the digital image in which different methods of interpolation are used to calculate the brightness values. Accordingly, different are the computational cost and the visual quality of the obtained images. Therefore, the task is to achieve a certain compromise between computational costs and the quality of the resulting image. Obviously, the best option would be to obtain the highest quality image from the minimum number of samples. To do this, it is proposed to use generalized, with a high rate of convergence, interpolation formulae of the Whitaker-Kotelnikov-Shannon type for interpolation of images, which, with a smaller number of samples, unlike the Whitaker-Kotelnikov-Shannon formula, allow obtaining images of better quality. The application of these formulae gave a good results for a compact description of the contour of a segment on a segmented image [4]. This article is an attempt to use generalized interpolation formulae (Piranashvili's formulae) for the problem of enlarging the image size while maintaining its quality. The presented approach refers to the method of non-adaptive interpolation.

Interpolation Technique

In the task of enlarging the size of the digital image by introducing additional new pixels, we use the well-known the Whitaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formula as well as generalized interpolation formulae with high speed convergence [5]. Both of these approaches are compared in terms of the accuracy of approximation and visual quality of the obtained images by calculating the remainder terms of the series.

It is known, the image is described by the intensity function. To calculate the values of the intensity function (brightness) in the each new pixels obtained as a result of image enlarging by several times, let's consider the finite sum of Piranashvili's interpolation formulae [5]:

$$x_n(t) = (a \cdot e^{\delta t} + b \cdot e^{-\delta t}) \cdot \sum_{k=-n}^n \frac{x\left(\frac{k\pi}{\alpha}\right)}{\left(a \cdot e^{\delta \frac{k\pi}{\alpha}} + b \cdot e^{-\delta \frac{k\pi}{\alpha}}\right)} \cdot \frac{\sin \alpha \left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)}{\alpha \left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)} \cdot \left(\frac{\sin \beta \left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)}{\beta \left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)}\right)^q \quad (1),$$

where $\alpha > \sigma$, $0 < \beta < (\alpha - \sigma)/q$, $0 < \delta < \alpha - \sigma - q\beta$, while q – some non-negative integer and $\alpha > 0$, $b > 0$ – the real numbers.

It is more convenient for further computations to write down the formula (1) as follows (as a result of simple transformation of the summation variable):

$$x_n(t) = (ae^{\delta i} + be^{-\delta i}) \sum_{k=1}^{2n+1} \frac{x\left(\frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}\right)}{\left(ae^{\delta \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}} + be^{-\delta \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}}\right)} \cdot \frac{\sin \alpha \left(t - \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}\right)}{\alpha \left(t - \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}\right)} \cdot \left(\frac{\sin \beta \left(t - \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}\right)}{\beta \left(t - \frac{(k-n-1)\pi}{\alpha}\right)}\right)^q \quad (2).$$

As for the accuracy of the approximation, we calculated the remainder term using the following formula [5]:

$$|x(t) - x_n(t)| \leq L_x \cdot \frac{2^{q+2} \cdot D_1(a, b)}{D_0(a, b) \cdot (1 - e^{-\pi})} \cdot |\sin(\alpha t)| \cdot \left[e^{-(1-\theta)\delta(n+\frac{1}{2})\frac{\pi}{\alpha}} + e^{-\delta(n+\frac{1}{2})\frac{\pi}{\alpha}} \right] \cdot \left[\left(\frac{\alpha}{\pi(n+\frac{1}{2})}\right)^{q+1} + \left(\frac{\alpha}{\pi(n+\frac{1}{2})}\right)^{q+1-m} \right] \quad (3),$$

where $|t| \leq \theta(n + \frac{1}{2})\frac{\pi}{2}$; $0 < \theta < 1$, $D_1(a, b) = D_1(b, a) = \max\{a, b\}$, $L_x = \sup|x(t)|$, $-\infty < t < \infty$,

$D_0(a, b) = \min\{a, b, |a - b|\}$. In the Z. Piranashvili's article, it is recommended to take:

$b = \frac{\alpha}{2}$ or $b = 2\alpha$, and particularly, to take $a = 1, b = 2$, or $a = 2, b = 1$.

If in (1) $\delta = 0$ and $q = 0$, then we get the finite sum of the well-known Whittaker-Kotelnikov-Shannon series [6]:

$$x_n(t) = \sum_{k=-n}^n x\left(\frac{k\pi}{\alpha}\right) \cdot \frac{\sin \alpha\left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)}{\alpha\left(t - \frac{k\pi}{\alpha}\right)} \quad (4).$$

To estimate the remainder term for the Whittaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formula, we use the following formula [5]:

$$|x(t) - x_n(t)| \leq \frac{4L_x\alpha}{(\alpha - \sigma)n\pi(1 - e^{-\pi})} \quad (5).$$

The presented formulae (2) and (4) were used to solve both approaches. In particular, to calculate the brightness values obtained by interpolation in the new pixels using Piranashvili's and Whittaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formulae.

Experiments and Results

To show the results of applying the presented approach with an example, we considered the task of image scaling, in particular, enlarging the image size for two cases:

1. Enlarging the image size by 4 times;
2. Enlarging the image fragment size by 4 times.

In order to test our interpolation technique we select 2 images. To test our interpolation technique for the experiment we selected 2 images, namely an image and its fragment presented on Figure 1 and 2 respectively. The results of application of the (2) and (4) interpolation formulae (Piranashvili and Whittaker-Kotelnikov-Shannon respectively) for original image and its fragment presented on Figure 1 and 2. At the same time, the images obtained as a result of interpolation were not subjected to further processing in order to improve their quality.

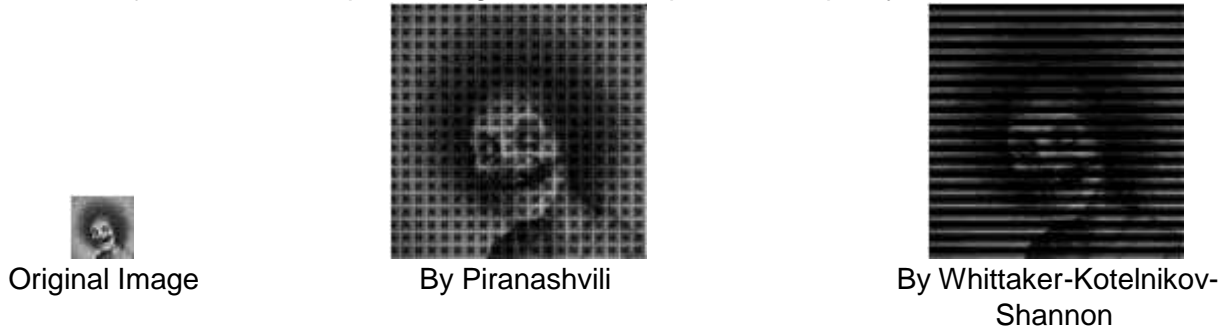


Figure 1

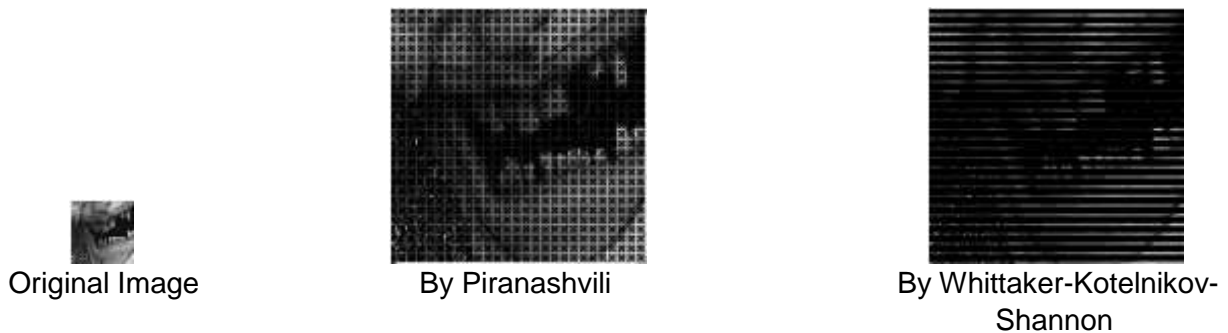


Figure 2

To estimate the accuracy of approximation of images enlarged by 4 times using interpolation formulae (2) and (4), the estimate of the residual terms of interpolation was calculated using formulae (3) and (5), respectively. The results of calculating the estimates of the residual terms of the Piranashvili and Whittaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formulae for the obtained images shown on Figure 1 and 2 are given in Table 1.

Table 1

Figure #	By Whittaker-Kotelnikov-Shannon formula	By Piranashvili formulae
1	4,011	0,00219
2	3,9722	0,00718

Table 1 shows that in both of the above cases presented on Figure 1 and 2 the accuracy of the approximation obtained as a result of calculating the values of the remainder term for the Piranashvili's interpolation formulae gives a much more accuracy than the value of the remainder term of the Whittaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formula. Thus, using Z. Piranashvili's generalized interpolation formulae we obtain a 4 times enlarged image of better visual quality, which also coincides with the above visual presentation.

Conclusion

In the presented article the task of enlarging the size of a digital image using the Whittaker-Kotelnikov-Shannon interpolation formula and generalized Piranashvili's interpolation formulae are considered. Comparison of the approximation accuracy results based on the estimation of the remainder term and the visual quality of the obtained images shows that Piranashvili's generalized interpolation formulae give a high approximation accuracy and a better image quality.

References

1. Shreyas Fadnavis, Int. Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 10(Part -1), pp.70-73, October 2014.
2. Manjunatha. S Malini M Patil, Interpolation Techniques in Image Resampling. International Journal of Engineering & Technology, 7 (3.34), pp. 567-570, 2018.
3. Pankaj Parsania, Paresh V. Virparia, A Review: Image Interpolation Techniques for Image Scaling. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 2, Issue 12, pp. 7409-7414, 2014, DOI:[10.15680/IJIRCCCE.2014.0212024](https://doi.org/10.15680/IJIRCCCE.2014.0212024).
4. T. Sulaberidze, O. Tavdishvili, T. Todua, Z. Alimbarashvili, Compact Description of the Segments on the Segmented Digital Image, Advances in Visual Computing, Lecture Notes in Computer Science, Volume 8887, pp. 250-257, Springer International Publishing Switzerland, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14249-4_24;
5. Z. Piranashvili, On the Generalized Formula of Exponentially Convergent Sampling. Bull. Georg. Acad. Sci., Vol. 170, #1, pp. 50-53, 2004.
6. Z. Piranashvili, On the Problem of Interpolation of Random Processes. Theory Probab. Appl., Vol. 12, Issue 4, pp. 647-657, 1967.

ციფრული გამოსახულების გადიდება ინტერპოლაციის განზოგადებული ფორმულების გამოყენებით

თამაზ სულაბერიძე, ოთარ თავდიშვილი, ზურაბ ალიმბარაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

tamaz.sulaberidze@gmail.com, tavdishviliotar08@gtu.ge, prtebi@yahoo.com

რეზიუმე

ციფრული გამოსახულების ანალიზის ამოცანებში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს გამოსახულების გარჩევადობის გაზრდის ამოცანას მისი მასშტაბირების გზით. ასეთ ამოცანებს კერძოდ მიეკუთვნება: გამოსახულების ფრაგმენტიდან უფრო დეტალური ინფორმაციის მიღება მისი გადიდების შედეგად; გამოსახულების გადიდება ობიექტის იდენტიფიკაციისთვის; დაბალი გარჩევადობის გამოსახულებიდან მაღალი გარჩევადობის გამოსახულების მიღება მისი შემდგომი დეტალური ანალიზის გასაადვილებლად და ა.შ. თითოეული არსებული მეთოდი ხასიათდება როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მხარეებით. კერძოდ, უარყოფითი

მხარეა მცირე ნაწილების გეომეტრიული ფორმის დამახინჯება და გამოსახულების ტექსტურის დაზიანება. ამ მიზნების შესამცირებლად გამოიყენება ინტერპოლაციის ალგორითმები. აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი მიდგომაა წარმოადგენს ინტერპოლაციის მეთოდების გამოყენება. წარმოადგენილ სტატიაში გამოსახულების ზომის გადიდების ამოცანისთვის შემოთავაზებულია მაღალი კრებადობის მაჩვენებლის მქონე ინტერპოლაციის განზოგადებული ფორმულების (ფირანაშვილის ფორმულები) გამოყენება. ნაჩვენებია ციფრული გამოსახულების გადიდების შედეგები უიტეკერ-კოტელნიკოვ-შენონისა და ფირანაშვილის ინტერპოლაციის ფორმულების გამოყენებით. ინტერპოლაციის შედეგად მიღებული სურათების აპროქსიმაციის სიზუსტის შესაფასებლად გამოთვლილია და შედარებულია ერთმანეთთან ნაშთითი წევრების სიდიდეები.

საკვანძო სიტყვები: გამოსახულების ინტერპოლაცია, ციფრული გამოსახულების გადიდება, უიტეკერ-კოტელნიკოვ-შენონის ინტერპოლაცია, ინტერპოლაციის განზოგადებული ფორმულები.

კომპანიის მართვის სისტემის მონაცემთა ბაზების შემუშავების თავისებურებანი

ნუგზარ ამილახვარი, გია სურგულაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.amilakhvari@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია კვლევის შედეგები, რომელიც მიზნად ისახავს გააუმჯობესოს კომპანიების მართვის სისტემები მონაცემთა ბაზის კავშირების და ოპტიმიზაციების გზით. კვლევა გამოსახავს მთლიან სურათს და შესაძლებლობას, რათა გაზარდოს მართვის სისტემის ეფექტურობა, მასშტაბურობა და სანდოობა. ნაშრომში მოყვანილია არსებული სტრუქტურების ანალიზი და გამოსახულია პრობლემები. კვლევის შედეგად გამოისახა შესაქმნელი ან არსებული სისტემის ოპტიმიზაციის გზები, როგორცაა ნორმალიზება, ინდექსირება და სხვა. ნაშრომში განხილულია მონაცემთა მენეჯმენტის ეფექტური მუშაობის გზები: ჭარბი მონაცემების შემცირება, მასშტაბურობის გაზრდა და სხვა. ნაშრომში გადმოცემულია რჩევები როგორც შესაბამისი პროფესიის მკვლევართა და პრაქტიკოსებისაგან, ასევე სხვადასხვა კომპანიებისგან. აღნიშნული კვლევა საშუალებას იძლევა გააუმჯობესოს ცოდნა და გაცნობიერების, პრაქტიკული უნარებისა მიღების ხარისხი მართვის სისტემებისა და მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზების გზით.

ნაშრომის კვლევის მიზანია კომპანიის მართვის სისტემის გაუმჯობესება მონაცემთა ბაზების სტრუქტურებისა და ურთიერთკავშირების ოპტიმიზაციით. ამისათვის განხორციელდა სისტემაში არსებული პრობლემებისა და გამოწვევების შესწავლა, რათა ისინი გადალახულ იქნენ მართვის სისტემებში მონაცემთა ბაზების ეფექტურობის გამოყენებით პოტენციური სარგებლის კოეფიციენტების დახმარებით, ანუ კომპანიებში მონაცემთა ბაზების

ოპტიმიზებით შერჩეულ იქნა უკეთესი გადაწყვეტილებების მიღება და საბოლოო ჯამში ინსტიტუტის მართვის გაუმჯობესება.

პირველი გამოწვევა, რომელიც ნაშრომში იქნა გამოკვლეული, არის მონაცემთა უსაფრთხოება და ხელმისაწვდომობა. კვლევის ფარგლებში განხილულ იქნა შეზღუდული მონაცემები, რომლებმაც დააზუსტეს ანალიზის წარმოების მეთოდები და შეძლეს უკეთესი დასკვნის გაკეთება.

ნაშრომში მოცემული კვლევების მეორე გამოწვევა უკავშირდება ტექნიკურ ექსპერტიზას, რომლის განხორციელებისას საჭირო იქნა თანამშრომლობა სხვადასხვა IT სპეციალისტების ჩართვით მათი პრობლემების ეფექტურად გამოძიება და შესაბამისი გამოცდილების გაზიარება.

ნაშრომში აღწერილი კვლევების შემდეგების მიხედვით, გამოწვევა არის ინსტიტუციური წინააღმდეგობა, ანუ სისტემაში შესაძლებელია წარმოიქმნას გარკვეული ტიპის წინააღმდეგობები მონაცემთა მართვის სისტემების ცვლილებასთან დაკავშირებით. ცვლილებები პირდაპირ კავშირშია ხარჯებთან ან / და მიმდინარე პროცესების დროებით შეფერხებასთან და ამისათვის შესაძლებელია საჭირო გახდეს გარკვეული სტრატეგიების შემუშავება ამ წინააღმდეგობის დასაძლევად.

ასევე, ნაშრომში საკვლევი ობიექტის კომპანიის მაგალითზე გადმოცემულია მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზების ეთიკისა და კონფიდენციალურობის საკითხები, რომლებიც განსაკუთრებით გამოისახება კომპანიის პერსონალის კრიტიკული მონაცემების გამოყენებისას.

დაბოლოს, კომპანიასთან შეფარდებაში დადგა საკითხი დამატებითად განზოგადოებული კვლევების ჩატარებაზე, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ ძირითადად კვლევები ხორციელდება გამოსაკვლევ კომპანიასთან, კვლევის ფარგლებში შესაძლებელია ასევე სხვა ტიპის კომპანიების მოკვლევა, სადაც მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზება არის მრავალმხრივი და ადგილზე საჭიროებს ყველა მიმართულების ეფექტურობის გაზრდას.

საკვანძო სიტყვები: კომპანია, კვლევა, მონაცემთა ბაზა, ოპტიმიზაცია, ეფექტურობა, საიმედოობა.

შესავალი

დღეისათვის ძალზედ მნიშვნელოვანია მენეჯმენტისა და მართვის მეთოდოლოგიების ოპტიმიზება და ოპტიმიზებისთვის ტექნოლოგიებთან ადაპტაცია. ნაშრომში წარმოჩენილია კომპანიების თანამედროვე მართვის სისტემების მონაცემთა ბაზების ძირითადი პრობლემები და გამოწვევები. ხაზგასმით არის წარმოჩენილი თუ რა სირთულეებს აწყდებიან კომპანიები და რა შედეგებზე გადიან ისინი ტექნოლოგიებთან მეგობრობაზე უარის თქმით [1].

ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად სწრაფად იზრდება მოთხოვნა ყველა ტიპის მომსახურეობაზე, რაც ითხოვს მინიმალური დროითი თუ სხვა ტიპის რესურსების დანახარჯით სერვისის მიწოდების უზრუნველყოფას. აქ ცალსახად იგულისხმება მონაცემების სწრაფად დამუშავება/დახარისხება, რისთვისაც აუცილებელია გამოვიყენოთ ისეთი ტექნოლოგიები, როგორცაა ციფრული მონაცემთა საცავები [2].

ასევე, კვლევისას გამოყოფილ იქნა რამდენიმე ძირითადი ასპექტი, რომლებიც აჩვენებენ მართვის სისტემაში მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზების საჭიროებას:

1. კომპანიის მონაცემთა ბაზები ინახავენ სხვადასხვა კრიტიკულ ინფორმაციას. მონაცემთა ბაზების არასწორ სტრუქტურირებისას, შესაძლებელია მუშაობის შეფერხება და მონაცემების დაკარგვაც კი. სისტემის სწორად დაგეგმვით, განხორციელებითა და

ოპტიმიზების გამოყენებით, კომპანიას უმარტივდება ოპერაციები, უმცირდება შეცდომები, რისკები, ხარჯები ციფრული მონაცემების საუკეთესო გადაწყვეტილებების მიღებისას;

2. სისტემის პროექტის შექმნა საჭიროებს არსებული გამოწვევებისთვის მზაობას და საკითხების კომპლექსურ გადაწყვეტას. ოპტიმიზების ეფექტურობისათვის და მაქსიმალური შედეგის მიღწევისათვის საჭიროა მონაცემთა ფორმატირებისას მათი სტრუქტურირება, ანალიზი და კომპლექსური მოდელირება, რაც მოითხოვს დიდ რესურსებს და პროფესიონალიზმს სისტემის შეუფერხებლად მუშაობისათვის. გარდა ამისა აუცილებელია ისეთი დეტალების გათვალისწინება, რაც გულისხმობს უსაფრთხოებას, მასშტაბურობას და დინამიურობას, რათა სხვა სისტემებთან ინტეგრაცია მაქსიმალურად მოქნილად შეიძლებოდეს [3].

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის კვლევებისას გათვალისწინებულია შემდეგი საკითხები:

1. ეფექტურობისა და სიზუსტის გაუმჯობესება ბაზების ოპტიმიზებით;
2. მონაცემთა გაძლიერებული უსაფრთხოება მონაცემთა კონფიდენციალურობის დაცვით არავტორიზებული წვდომისგან, რაც ხელს შეუწყობს მონაცემების დაკარგვის, კორუფციისა და უსაფრთხოების სხვა რისკების თავიდან აცილებას.
3. ოპტიმიზების დანერგვით ხარჯების შემცირება რუტინული ხელით შესასრულებელი საქმიანობის ავტომატიზებით, რაც გამოათავისუფლებს ადამიანურ რესურსს სხვა კრიტიკული ამოცანების შესასრულებლად.
4. კონკურენტული უპირატესობა, რომელიც გულისხმობს მომხმარებლებისთვის უკეთეს სერვისებს, რაც ზრდის მათ კმაყოფილებას და ხელს უწყობს რეპუტაციის გაძლიერებას.
5. დარგში შეტანილი წვლილი. კვლევები ხელს შეუწყობენ მონაცემთა მართვის საუკეთესო პრაქტიკისა და სახელმძღვანელო მითითებების შემუშავებას, რომლებიც სხვა კომპანიებს მისცემს სტიმულს მონაცემთა მართვის სისტემების დასანერგად.

სენოლი ნაშრომში „The Importance Of Strategic Management In Business“ ამახვილებს ყურადღებას გლობალურ დონეზე სწორი მენეჯმენტის აუცილებლობაზე. მართვის სისტემის მუშაობისას უმნიშვნელოვანესი როლი აკისრია ინფორმაციის სწორ მიღებასა და მის დამუშავებას, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს პროდუქტიულობის გაზრდას. ასევე საჭიროა ხარისხის მართვის ტექნიკაც, რაც მნიშვნელოვანია ტექნოლოგიური რესურსში ბიზნესში ალტერნატიული ძალის შექმნისა და მენეჯმენტში როლის შეთავსებისათვის. ანუ ორგანიზაციული კულტურა მხარს უჭერდეს ბიზნესის სტრუქტურას, რომელიც დინამიურ ჭრილში შეიძლება ხშირი ტემპით ცვლილებებს გადაიოდეს. ზუსტად ამ ნაწილშია აუცილებელი სწორი სტრატეგიული მართვის სისტემა, თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით და მათ შორის ციფრული მონაცემთა საცავების სწორი სტრუქტურირებით, რათა მოხდეს დროის ეფექტური გადანაწილება და აჩვენებდეს სამუშაო პროცესები მნიშვნელოვან პერფორმანსს [1].

რობერტ ჯონსონი და გრეჰემ კლარკი წიგნში „Service Operations Management: Improving Service Delivery“ ამტკიცებენ, რომ სერვისების ოპერაციების მართვის სისტემა სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რადგან უფრო და უფრო მეტი კომპანია ამახვილებს ყურადღებას მომსახურების მიწოდებაზე. პირველ ეტაპზე უნდა განხორციელდეს სერვისის ოპერაციების მართვის სისტემის გაცნობა და ოპტიმიზაციის სხვადასხვა გზით ახსნა. შემდეგ განიხილება მომხმარებელთა კმაყოფილების მნიშვნელობა და ციფრული მონაცემების საცავით მომსახურების მიწოდების გაუმჯობესება თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. აქვე

განიხილება მართვის სისტემებში ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანური სწავლების დახმარებით მონაცემების სწორად გამოყენება, რომლის მაგალითებში მოყვანილია შედეგები, რომლებზეც გადის კომპანია მონაცემების სწორად სტრუქტურირებისას, როგორც ახალი ტიპის სერვისების შექმნით, ასევე არსებულის გაუმჯობესებით. აღნიშნულია ტექნოლოგიების როლი, რომლებიც ცვლიან სისტემის მართვის მეთოდებს და უპირატესობა აქვთ მონაცემთა ბაზების გამოყენებას სერვისების მიწოდების უზრუნველყოფისას [2].

გარი ლინგის სტატიაში „4 Risks of Storing Large Amounts of Unstructured Data“ განიხილავს არასტრუქტურირებული მონაცემების გამოყენების რისკებს: უსაფრთხოება, შეუსაბამობა, ხარჯები და ხელმისაწვდომობა. უპირატესად სტატია ამხვილებს ყურადღებას მონაცემების უსაფრთხოებას და პირდაპირ არის მითითებული, რომ არასტრუქტურირებული მონაცემები უსაფრთხოების რისკს ზრდიან და კომპანია ხდება ჰაკერების სამიზნე. გლობალურ დონეზე პერსონალური მონაცემების დაცვა უნდა ხორციელდებოდეს GDPR და CCPA სტანდარტებით, რასაც ვერ ვხვდებით არასწორად სტრუქტურირებული მონაცემთა საცავების შემთხვევაში. რეალურად ამ სტანდარტების დაცვა განვითარებულ ქვეყნებში რეგულაციების დონეზე კონტროლდება და მისი არშესრულება სერიოზულ სამართლებრივ დავას იწვევს კომპანიის წინააღმდეგ. აქვე აღნიშნულია, რომ თუ მონაცემები არასწორად არიან სტრუქტურირებული, ისინი ძალიან დიდ რესურსს მოითხოვენ და პირდაპირ პროპორციულნი არიან მონაცემების შენახვის ხარჯის ზრდასთან. ამასთან ერთად საუბარია მონაცემებთან ხელმისაწვდომობის რისკებზეც და არასტრუქტურირებული მონაცემებისას მონაცემთა ძებნის და ანალიზის სირთულეს. დაბოლოს უნდა აღინიშნოს უსაფრთხოების სათანადო ზომების გატარება, რაც გულისხმობს რეგულაციების დაცვას, ხარჯების სწორად მართვას და მონაცემებთან ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას რისკების შესამცირებლად [3].

ევროკავშირმა 2018 წელს შემოიღო მონაცემთა დაცვის ზოგადი რეგულაცია „GDPR - General Data Protection Regulation“, რომლის მიზანია დაიცვას ყველას პერსონალური მონაცემების უსაფრთხოება და იგი ვრცელდება ევროკავშირის ზონაში მცხოვრობ ყველა პირზე. რეგულაცია მკაცრ მონიტორინგს აწესებს კომპანიების მიერ პერსონალური მონაცემების შეგროვებაზე, გავრცელებაზე, შენახვასა კონტროლზე. აქ მკაცრად არის გაწერილი მონაცემების წაშლა, განახლება ან შესწორების შემთხვევები. ამ რეგულაციების არ დაცვის შემთხვევაში კომპანიებს ეკისრებათ მნიშვნელოვანი ჯარიმები [4].

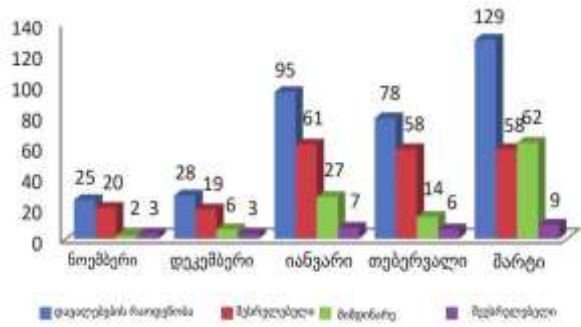
მსგავსი წესი არის კალიფორნიის მომხმარებელთა კონფიდენციალურობის აქტი „CCPA - California Consumer Privacy Act“, რომელიც კომპანიებს ავალდებულებს მეტი კონტროლი ჰქონდეთ პერსონალურ მონაცემებზე, განსაკუთრებით ბიზნესის განვითარების მიზნით მონაცემების აქტიურად შეგროვებისას. კომპანიების მონაცემთა საცავებში ეს რეგულაცია პერსონალს ანიჭებს გარკვეული ტიპის უფლებებს, როგორცაა:

- პერსონალს შეუძლია გამოითხოვოს მასზე ნებისმიერი ინფორმაცია, რაც კომპანიას გააჩნია;
- გარკვეული გამონაკლისების გარდა, პერსონალს შეუძლია მოითხოვოს საკუთარი ინფორმაციის წაშლა კომპანიის საცავებიდან;
- პერსონალს შეუძლია უარი თქვას მისი მონაცემების გაყიდვაზე ან გაზიარებაზე [5].

სტატიაში „EACH INSTITUTION'S STUDENT DATA IS PRIVATE AND SHOULD BE HANDLED WITH EXTREME CAUTION. A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM (DBMS) INTEGRATED WITH SCHOOL ERP SOFTWARE IS AN IDEAL SOLUTION“ ავტორი საუბრობს მონაცემთა ბაზის ფართოდ გამოყენების აქტუალობაზე. აქ განსაკუთრებული ყურადღება

ეთმოზა ERP სერვისებს, რომლებიც სხვადასხვა ფუნქციითა და მოდულებით კომპანიებს ეხმარება მენეჯმენტის მართვაში. ეს მოდულები ერთმანეთთან არიან დაკავშირებული მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემით (DBMS) და მისი დახმარებით მოდულები მარტივად ამყარებენ ერთმანეთთან კომუნიკაციას. და ეს ყველაფერი ხორციელდება ეფექტური მონაცემთა უსაფრთხო და საიმედო მენეჯმენტით, გამარტივებულ კომუნიკაციით, ნაკლები დოკუმენტაციით. ყველა ეს ფუნქცია მონაცემთა ბაზების სწორი მეთოდების გამოყენებით ეფექტურად მუშაობს ERP მოდულებში. მონაცემების უკიდურესი სიფრთხილით დამუშავება DBMS-ის ERP-ში ინტეგრაციით არის საუკეთესო გადაწყვეტილებაა [6].

ნაშრომში „კომპანიის მენეჯმენტის ოპტიმიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია დავალების მართვის სისტემის დანერგვაზე“ გამოკვლეულია დავალების მართვის სისტემის დანერგვა კომპანიაში. აქ ჯერ აღწერილია კომპანიაში ეფექტური მენეჯმენტის მნიშვნელობისა და დავალებების მართვისას მდგარი გამოწვევები, ხოლო შემდგომ - დავალების მართვის სისტემის კონცეფცია და მისი პოტენციური სარგებელი პროცესების გამარტივებისთვის. ნაშრომში მოცემულია სხვადასხვა კომპანიაში ჩატარებული შესაბამისი კვლევები და გაანალიზეს მიღებული შედეგები. ასევე, განხილულია მენეჯმენტში ოპტიმიზაციის განსხვავებული მიდგომები დავალების მართვის პროცესში საწყისი დავალების შექმნიდან წარდგენამდე და შეფასებამდე, რომელიც გადმოცემულია დიაგრამის სახით.



გრაფიკი 1.

ეს გრაფიკი გამოსახავს დავალების მართვის პროცესში ჩართული სხვადასხვა საფეხურს და მათ ერთმანეთთან კავშირებს. აქ ნათელია, რომ სისტემის გამოყენებით დავალებების რაოდენობა ეტაპობრივად იზრდება. ასევე იზრდება შესრულებული დავალებების მაჩვენებელიც, ხოლო დაუსრულებელი დავალებების მაჩვენებელი კი საერთო რაოდენობასთან მიმართებაში შემცირებულია [7].

ნაშრომში გაყენებულ იქნა თვისებრივი კვლევა (კერძოდ - ლიტერატურის მიმოხილვის მეთოდი). გამოკვლეულ იქნა მონაცემთა საცავების ოპტიმიზაციის როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მხარეები, რისკები, ხარჯები და ა.შ., რომელიც ასევე მოიცავს მეორად მონაცემების დამუშავებას და საბოლოოდ პირველადი კვლევის შედეგებთან შედარებაში. არსებული ვითარების შესასწავლად და შემდგომ მისი გასაანალიზებლად და დასამუშავებლად გამოყენებულ იქნა რაოდენობრივი კვლევები, რომლის შედეგადაც მიღებულ იქნა პირველადი მონაცემები, რომლებშიც იქნა მიმოხილული კომპანიაში მართვის სისტემებთან დაკავშირებით არსებული ვითარება. იმისათვის, რომ ნათელი ყოფილიყო თუ რა პრობლემები და გამოწვევებია სისტემაში, გამოყენებულ იქნა სოციოლოგიური მეთოდი, ანუ რაოდენობრივი კვლევები, რის შედეგადაც ჩამოყალიბებულ იქნა საკვლევი ჰიპოთეზები. საკვლევი თემის სპეციფიკურობიდან გამომდინარე კვლევის რესპოდენტები არიან საქართველოში არსებული კომპანიები. კვლევის ინსტრუმენტად შედგენილ იქნა ონლაინ

კითხვარი google forms-ის გამოყენებით. კომპანიების ჩართულობისას აღნიშნული იქნა, რომ ძალიან მნიშვნელოვანი იყო მათი ანონიმური დამოკიდებულება საკვლევ თემასთან მიმართებით, რომლის შედეგები მათ დაეხმარებოდათ სამომავლოდ. კომპანიები ჩამოყალიბდნენ ჩამოყალიბდა არაალბათური მიზნობრივი ტიპის შერჩევის მიხედვით რესპოდენტების წინასწარ განსაზღვრული მახასიათებლებით.

კვლევაში მონაწილე კომპანიების 42%-მა პირველ კითხვაზე თქვა, რომ მათ კომპანიაში მონაცემებს, როგორც ქალაქდზე, ასევე ციფრულ საცავებშიც ინახავენ. 58% კი მხოლოდ ციფრულ საცავებს ენდობა. საერთო სურათიც დაახლოებით მაჩვენებელს უტოლდება. აღსანიშნავია, რომ ინტერვიუს დროს, მათ ვინც ქალაქი მონიშნეს, დასძინეს, რომ კრიტიკული ინფორმაციის შენახვას მაინც ციფრულ საცავებში ახდენენ.

ჩატარებულ კვლევისას კომპანიებში მონაცემთა მართვის სისტემის დამატებითი შედეგიანობაზე, აღნიშნულია, რომ არცერთ მათგანს უკმაყოფილება არ გამოუთქვამს, თუმცა 33.3%-მა მხოლოდ გარკვეულწილად კმაყოფილება გამოთქვა. 22.2% იყო ისეთ, რომელმაც თქვა რომ ნორმალურად მუშაობდა სისტემა. რაც შეეხება გამოკითხულთა 44.4%-ს, ისინი მართვის სისტემის შედეგიანობით მათ კომპანიებში კმაყოფილები არიან.

ინტერვიუს ადრესატები ასევე აფიქსირებდნენ აზრს სირთულეების შესახებ, თუ რამდენად ხშირად ჰქონდათ პრობლემები მონაცემთა საცავებთან მუშაობის დროს. მათგან უმეტესობამ, 55.6%-მა თქვა, რომ მონაცემებზე წვდომის ან მათთან მუშაობის პრობლემა იშვიათად აქვთ. 22.2% ამბობს, რომ ეს პრობლემა ხშირად აწუხებთ. გამოკითხულთა უმცირესი ნაწილია ისეთი, რომელმაც თქვა რომ პრობლემა ძალიან ხშირია და ამავდროულად არის 12%-მდე, სადაც ეს პრობლემა საერთოდ არ უფიქსირდებათ.

ჩატარებული კვლევების სტატისტიკის ფონზე, გამოკითხულთა აბსოლუტური უმრავლესობა 80%-მდე მიიჩნევს, რომ კომპანიებში კარგად ორგანიზებული და სტრუქტურირებული მონაცემთა ბაზის სისტემის არსებობა მნიშვნელოვანია. 11% ფიქრობს, რომ ეს საკითხი გარკვეულწილად მნიშვნელოვანია, ხოლო 12%-მდე გამოკითხულები მიიჩნევენ, რომ მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზაცია სასწავლო კომპანიებში კარგი შესაძლებლობაა, თუმცა მისი არარსებობაც ბევრს არაფერს არ აკარგვინებს. კვლევა მოიცავდა ასევე ინფორმაციას კომპანიის ჩართულობაზე ისეთ პროექტებში, რომლებიც მოიაზრებდა მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზაციას და მართვის სისტემების გაუმჯობესებას. უმრავლესობა (55.6%) იყოს გამოკვლევამდე ჩართული, 33.3% არ იყო ჩართული, ხოლო 12% არ ფლობდა ამაზე ინფორმაციას.

კვლევის შედეგად გამოისახა, რომ კომპანიებში მონაცემთა ბაზის სტრუქტურისა და ურთიერთკავშირების ოპტიმიზაციის სარგებელს ხედავდნენ გამოკითხულთა ნახევარზე მეტი (55.6%), 33.3% ფიქრობს, რომ ბაზების ოპტიმიზაცია უკეთესი მონაცემების ანალიზის საშუალებას მისცემთ მათ, ხოლო 11%-ზე ოდნავ მეტი კი ფიქრობს, რომ დეპარტამენტებს შორის გაუმჯობესებული კომუნიკაცია ექნებათ.

ჩატარებული კვლევის ერთერთი მიმართული იყო კომპანიაში დამატებითი ფუნქციონალის საჭიროების შესახებ, რომელიც მათ მონაცემთა მართვის სისტემას აკლდა. 33.3%-მა გამოთქვა სურვილი მაქსიმალურად მოქნილი სისტემის საჭიროებაზე, რომელიც სხვა პროგრამულ სერვისებთან მარტივად ინტეგრირებადი იქნებოდა. ამდენივე გამოთქვა სურვილი არსებულ მართვის სისტემაში მეტი მართვის პარამეტრების საჭიროებაზე, ხოლო 22.2%-მა კითხვარში ჩამოთვლილი პასუხებიდან არცერთი არ დაასახელა, თუმცა აღნიშნეს, რომ დამატებითი ფუნქციონალები სერვისთან მუშაობას უფრო კომფორტულს გახდის.

მხოლოდ 11%-მა გამოთქვა სურვილი გაუმჯობესებული მომხმარებლის ინტერფეისის შექმნაზე. რაც შეეხება გამოწვევებს, რომლებიც მონაცემების მართვას ახლავს თან, გამოკითხულთა ნახევარზე მეტი (55.6%) ყველაზე დიდ გამოწვევად დინამიურ მონაცემებთან მუშაობისას ტექნიკურ სირთულეებს ასახელებს, 22.2% ჩამოთვლილთაგან არცერთ გამოწვევას არ ასახელებს და ამდენივე საუბრობს არასაკმარის რესურსზე.

იმის გასაგებად თუ რამდენად დიდ ყურადღებას აქცევენ გამოკითხულთა კომპანიებში მონაცემთა მართვის პოლიტიკას და მასთან დაკავშირებულ პროცედურებს, კომპანიების 66.7% წელიწადში ერთხელ განიხილავს სისტემის მართვის პოლიტიკასთან დაკავშირებულ საკითხებს, 11% მხოლოდ მაშინ განიხილავენ მსგავსი ტიპის საკითხებს, როცა პრობლემა ჩნდება, 12%-ს პასუხის გაცემა გაუჭირდა და ამდენივემ აღიარა, რომ კომპანია ამას იშვიათად აკეთებს.

კვლევის შედეგად გამოისახა, რომ კომპანიების 66.7% იყენებს წვდომის კონტროლის მენეჯმენტსა და როლების მართვის მექანიზმებს, 55.6% – დაშიფვრა და პაროლის დაცვის მექანიზმებს, 44.4% – თანამშრომლების გადამზადების ცნობიერების ამაღლების პროგრამებს, 22.2% – რეგულარული სარეზერვო ასლებს და კატასტროფის აღდგენის გეგმებს და ამდენივემ გარეთ მექანიზმები დაასახელეს.

დაბოლოს 44.4% კომპანიები თვლიან, რომ შეუძლიათ მონაცემები ახალი სერვისების ან არსებული სერვისების გასაუმჯობესებლად, 33.3% – მეტნაკლებად შეუძლიათ, ხოლო 22% – არ შეუძლიათ და ხედავენ ამის საჭიროებას.

დასკვნა

კვლევის შედეგების მიხედვით შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ლიტერატურაში, რომელშიც განხილულია და აღწერილია მონაცემთა ბაზების ურთიერთკავშირების მნიშვნელობა და ოპტიმიზაცია, დადასტურდა ჩვენს მიერ ჩატარებულ კვლევებშიც: საქართველოს კომპანიებში არსებობს მრავალი სახის გამოწვევა, რაც პირდაპირ ნიშნავს მონაცემთა ბაზების არასტრუქტურირებულ მუშაობას. იმ კომპანიებში, რომლებშიც მართვის სისტემებში მუშაობის პრობლემა არ არსებობს, მაინც აუცილებელია განვითარება და წინსვლა: კომპანიებში არ არის დაცული სტანდარტები, რომლებიც მონაცემთა ბაზების სწორად მუშაობას განსაზღვრავს, არ ტარდება საკმარისი აქტივობები თანამშრომელთა ცოდნის ამაღლების კუთხით და სხვა. ამ ყველაფრის ფონზე თუ საერთაშორისო კვლევებს დავეყრდნობით და ამ კვლევებში მიღებულ პრაქტიკულ ცოდნას ქართულ კომპანიებსაც გავუზიარებთ, შესაძლებელია არსებული სიტუაციის რადიკალური ცვლილება. კვლევის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დაწესებულებებს თანამედროვე მართვის სისტემების ინტეგრაციით, რაც მონაცემთა ბაზების ოპტიმიზაციას გულისხმობს, შეუძლიათ სისტემა გააუმჯობესონ რამდენიმე მიმართულებით: მისი საშუალებით შეძლებენ უფრო მარტივად შეაგროვონ და შეინახონ მონაცემები, გააჩნდეთ წვდომა მათზე, რაც შეამცირებს ადმინისტრაციულ დატვირთვას პერსონალზე. უფრო მეტიც, მონაცემთა საცავების ოპტიმიზაცია და სტრუქტურირება შესაძლებელს ხდის კომპანიაში გადაწყვეტილების მიღებას სხვადასხვა დონეზე. ანალიტიკისა და კვლევის ფუნქციონალების საშუალებით დაწესებულებებს შეუძლიათ სხვადასხვა სახის შეფასებები გააკეთონ სისტემის მუშაობის ხარისხზე. ეს ყველაფერი კი ხელს შეუწყობს პროცესების მუდმივ განვითარებას.

კომპანიებმა არსებული გამოწვევების მოსაგვარებლად აუცილებლად უნდა მიეცინენ სტანდარტებს, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ნაშრომში. კომპანიებში უნდა გაკეთდეს

არსებული მონაცემების ანალიზი და შეფასება. იდენტიფიცირება იმ მიმართულებების, სადაც ხდება ჭარბი მონაცემების დაგროვება და ამ მონაცემების დახარისხება და გაფილტვრა იმ დეპარტამენტების მიხედვით, სადაც ეს ინფორმაცია არის საჭირო.

ასევე, კომპანიებში უნდა განხორციელდეს მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის და მონაცემების ნორმალიზება, რომელიც აუცილებელია ჭარბი მონაცემების შესამცირებლად და მთლიანობის გასაუმჯობესებლად. კომპანიებმა უნდა გამოიყენონ ისეთი მექანიზმები, რომლებიც მონაცემებს ლოგიკურ ერთეულებად დაპყოფს და სხვადასხვა ტიპის მონაცემებს ერთმანეთთან დააკავშირებს. ეს ყველაფერი შეამცირებს დუბლირებულ მონაცემებს, გააუმჯობესებს მონაცემებთან წვდომის მეთოდებს და მათ თანმიმდევრობას.

გარდა ამისა კომპანიებმა საკუთარ მონაცემთა საცავებში უნდა გამოიყენონ ინდექსირების ტექნოლოგია. სისტემამ უნდა იცოდეს ყველა მოთხოვნადი მონაცემების სწრაფი დამუშავების მექანიზმების შესახებ, რისთვისაც უნდა იქნეს გამოყენებული ქეშირების ტექნოლოგიები, მონაცემთა დაარქივებისა და garbage collector-ის მსგავსი მექანიზმები და სხვა. უნდა განხორციელდეს არავალიდური ინფორმაციის გაფილტვრა, რომელიც აღარ არის აქტიური. ეს ხელს შეუწყობს სისტემის მუშაობის გაუმჯობესებას და ასევე ხარჯების შემცირებას.

კომპანიებმა უნდა გაითვალისწინონ ყველაზე კრიტიკული მიმართულება – უსაფრთხოება, რისთვისაც უნდა არსებობდეს მონაცემთა სარეზერვო ასლები და კატასტროფის აღდგენის მექანიზმები.

მუდმივად უნდა განხორციელდეს თანამშრომლების გადამზადება და კვალიფიკაციის ამაღლება თანამედროვე ტექნოლოგიებთან ურთიერთობისათვის. ტრენინგები აუცილებელია მართვის სისტემის გაუმჯობესებისთვის, რადგან ახალ ტექნოლოგიებთან მუშაობისას შესაძლოა მუდმივი ცვლილებები შედიოდეს სერვისში სისტემის ოპტიმიზაციისთვის. ტრენინგები კი ხელს შეუწყობს ახალ სისტემებთან თანამშრომლების ადაპტაციას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ŞENOL L. „The Importance Of Strategic Management In Business“. Social Sciences Studies Journal. 2020. pp 616-623. <https://rb.gy/waxqrw>
2. Dierdonck Roland Van. „Service Operations Management: Improving Service Delivery“. International Journal of Service Industry Management. 2006. pp 99-100. <https://rb.gy/yeo5u0>
3. Lyng Gary. „4 Risks of Storing Large Amounts of Unstructured Data“. Data Governance Information Quality. 2021. <https://rb.gy/zqm0ql>
4. GENERAL DATA PROTECTION REGULATION (GDPR). Intersoft consulting. 2018. <https://rb.gy/g93g>
5. California Consumer Privacy Act (CCPA). State of California Department of Justice. 2023. <https://rb.gy/95jj>
6. BENEFITS OF DATABASE MANAGEMENT SYSTEM IN EDUCATION ERP SOFTWARE. Elviserp.com. 2021. <https://rb.gy/5l6rvu>
7. Krechetov Andrey, Shatko Dmitry and Strelnikov Pavel. Optimization of an educational organization management based on the assignment. SHS Web of Conferences 101. 2021. <https://rb.gy/ap5yv>
8. Vidyalyaya. Why Institutions Should Use Student Database Management Software in 2020?. vidyalayaschoolsoftware.com. 2022. <https://rb.gy/yrewyd>

Peculiarities of the development of databases of the company's management system

Nugzar Amilakhvari, Gia Surguladze
Georgian Technical University
n.amilakhvari@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge

Resume

The paper presents the results of a study aimed at improving the management systems of companies through database connections and optimizations. The study presents the overall picture and the opportunity to increase the efficiency, scalability and reliability of the management system. The research includes an analysis of the existing structures and outlines the problems. As a result of the research, ways of optimizing the employed or existing system were shown, such as normalization, indexing and others. The paper discusses ways of effective data management: reducing redundant data, increasing scalability, and others. The research provides advice from researchers and practitioners in the relevant profession, as well as from various companies. This research allows to improve the quality of knowledge and understanding, practical skills through optimization of management systems and databases.

The aim of the study is to improve the management system of the company by optimizing the database structures and relationships. For this, a study of the problems and challenges in the system was carried out so that they could be overcome by using the efficiency of databases in management systems with the help of potential benefit coefficients, that is, by optimizing databases in companies, better decisions were made and, ultimately, the management of the institute was improved.

The first challenge explored in the paper is data security and availability. Limited data were considered within the framework of the study, which clarified the methods of analysis and were able to draw better conclusions.

The second challenge of the studies presented in the paper is related to technical expertise, in the implementation of which it was necessary to cooperate by involving various IT specialists to effectively investigate their problems and share relevant experience.

According to the results of the studies described in the paper, the challenge is institutional resistance, that is, certain types of resistance to changes in data management systems can arise in the system. Changes are directly related to costs and/or temporary disruption of current processes, and it may be necessary to develop certain strategies to overcome this resistance.

Also, on the example of the research object company, the paper presents the ethics and privacy issues of database optimization, which are especially manifested when using critical data of the company's personnel.

Finally, in relation to the company, the question of conducting additional generalized research arose, because although research is mainly carried out with the company under investigation, it is also possible to research other types of companies within the framework of the research, where the optimization of databases is multi-faceted and needs to increase the efficiency of all directions on site.

Keywords: company, research, database, optimization, efficiency, reliability.

Raising security of information systems

Didmanidze Ibraim, Zaslavski Vladimir, Thkhilaishvili Rima
Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia, Batumi
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge, zas@unicyb.kiev.ua, rima.tkhliaishvili@bsu.edu.ge

Naturally, the method of building codes, which means that the code is based on a set of coded structure which provides a rational solution of the problem. In terms of the use of spaces vector coding problem has a special importance.

Then everywhere a subset of the vector quantity is regarded as space subspace or linear code.

Keywords: excessive structures, raising process, informational systems, surplus structure, reliability of information systems, error-correcting codes.

I. INTRODUCTION

Let's discuss a specific example. Let's say the binary sequences and symmetrical errors, so the transitions (distortions) are $1 \rightarrow 0$ and $0 \rightarrow 1$, the probability of them is equal. Let us assume that thrice-repeated binary sequence must be transferred into the channel:

$$a_1=101, a_2=110, a_3=111,$$

There is an unit deviation (error) in the channel which influences with the equal probability to each sequence. They can distort the transferred sequence among three of them. Accordance to above mentioned regulation, it is possible to increase the reliability of system (stability) by adding the proper abundance. Indeed, if we add the initial 3-sequenced message $a_i (i = \overline{0,7})$ to the excess (additional) binary sequences, it is possible to discover (localization) and correct all the errors. Such structures are called the correcting, extra or coded structures [1].

The newly constructed (coded) sequences must satisfy the following conditions: the distance between them (any – two sequences (vector) should not be less than the d . In case of the correction of one error - $d \geq 2t \oplus 1$. (addition – mod 2, i.e. what can be divided into 2, is equal to 0). t is the amount of errors. In our case we obtain the significance of coding distance:

$$d \geq 2t \oplus 13$$

For the next stage, it is necessary that extra coding structure must be built taking into account the d coding distance, which will find and correct all the errors. Clearly we see e binary system.

II. EASE OF USE

Let's build the proper excessive structure – the corrective code (7.3) for all the errors, where:

3 – an initial (informative) sequence;

4 – control (excess, extra) sequence;

Proceeding from the above let's build coding operator for code (3x7) matrix [Shannon]

$$L = |E_m B|$$

Where $E_m (m = 3)$ is a single matrix (3x3), the part B represents such 4 – sequenced binary sequences, where the conditions of coding distance between lines if L matrix is

$$d \geq 3$$

So the coding matrix must be written as

$$L = \begin{vmatrix} 100 & 0101 \\ 010 & 0011 \\ 001 & 1101 \end{vmatrix}$$

And the decoding matrix be obtained from L

$$M = \begin{bmatrix} B \\ E_r \end{bmatrix}, \quad M = \begin{bmatrix} 0101 \\ 0011 \\ 1101 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \\ 0001 \end{bmatrix}$$

Where r will be amount additional (extra) sequences

$$r = n - m = 4.$$

Here n is the total length of code sequence (of code vector, code word), taking into account the additional sequences, m is an initial message, amount of sequences [2].

Correcting code (7.3) is a space of L - matrix lines or it is a combination of equalities of between these lines including zero sequences: $Q=(0000000)$.

So we have such (7.3) code G :

$$G = \left\{ \begin{array}{l} 100 \ 0101 \\ 010 \ 0011 \\ 001 \ 1101 \\ \text{-----} \\ 110 \ 0110 \\ 101 \ 1000 \\ 011 \ 1110 \\ 111 \ 1011 \end{array} \right\}$$

Essentially V^7 binary, $n = 7$ dimensional vector of space was structured or divided (factorization) into $t=7$ crossing, adjacent classes, where the producing elements for all classes are hindrances $e_i \in E$, where i passes values from 1 to 7 i.e. $e_i \in E (i = \overline{1,7})$.

Hence the building of the excess $r = n - m$ was made from the point of optimum i.e. all the deviations ("from norm") due to discover and localize the hindrances and correct them. As we can see L and M Matrices are interconnected – they are mutually orthogonal, i.e. $LM = 0$, and their construction is very simple. By using this we can make:

- The transfer into 7 dimensioned binary space (vector space V^7) and we have vector V^7 space in the field $GF(2)$ (so vectors of coddling elements are 0 or 1);
- The constructed redundant structure allows us to make the organization of the vector space V^7 in a certain manner;
- The Organization (structurization) allows us to correct all distortion [3].

So we have obtained the structurization- organization of - $2^7=128$ sequence in the field $GF(2)$ of V^7 space whose foundation is the sum of 2 with modul of the lines of L matrix.

So we have the code correcting single errors, where:

e_i – is double indication of single error of designated by 1 in i – sequence;

G - code, (L – length of matrix lines);

M - Matrix of decoding;

t - amount of single errors.

This operation in turn means the division of V^7 space into $t=7$ adjacent classes, each class is represented by the sum mod 2

$$e_i \oplus \{G\} (i = \overline{1,7}).$$

In case of (7,3) correcting code when $n = 7, m = 3, r = 4$ we get the following syndromes as a result of the above mentioned structurisation

$$S_0 = e_0 M = (000 \ 0000)M = 000 \ 000.$$

$$\begin{aligned}
S_1 = e_1 M &= (100\ 0000)M = (100\ 0000) \begin{vmatrix} 0101 \\ 0011 \\ 1101 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \\ 0001 \end{vmatrix} = 0101. \\
S_2 = e_2 M &= (010\ 0000)M = (010\ 0000) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 0011. \\
S_3 = e_3 M &= (001\ 0000)M = (001\ 0000) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 1101. \\
S_4 = e_4 M &= (000\ 1000)M = (000\ 1000) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 1000. \\
S_5 = e_5 M &= (000\ 0100)M = (000\ 0100) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 0100. \\
S_6 = e_6 M &= (000\ 0010)M = (000\ 0010) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 0010. \\
S_7 = e_7 M &= (000\ 0001)M = (000\ 0001) \begin{vmatrix} B \\ e_r \end{vmatrix} = 0001.
\end{aligned}$$

The syndromes of classes and errors are different i.e. the localization of errors must be clearly defined. Classes are not configured and the multiplication of any elements of e_i class by M, so the syndrome for all classes are different and must be S_i ($i = \overline{0,7}$).

Multiplication of element of zero-class by M is equal 0, because it is an element of the matrix core. (There are no errors or mistakes).

$$\text{For example: } (010\ 0011) \begin{vmatrix} B \\ E_r \end{vmatrix} = 0000 = S_0.$$

The multiplication of elements belong to other classes by M is equal to S_i syndrome. Let's take an element of the 3rd class and multiplying by M

$$S_2 = e_1 M = (011\ 1101)M = (011\ 1101) \begin{vmatrix} 0101 \\ 0011 \\ 1101 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \\ 0001 \end{vmatrix} = 0011$$

Indeed, S_2 syndrome indicates to third class and the error into the second sequence. So the error $e_2 = (010\ 0000)$ is localized and for the correction, it is necessary to implement the change "1" with "0" in the second rank of the obtained sequence or that is the same with module, 2 plus 1.

CONCLUSION

As mentioned above, the building of L and M matrices provides the the adequate organization of space V7, or the division into eight (7 +1) adjacent classes and the presentation as error or as the producing element of class. is the leader of zero class or the coded abundance. At the same time, M matrix makes an identification of classes: multiplying of errors by M gives syndrome or the compressed type of class, indicator which indicates the deviation:). It provides the localization and identification of error and its correction later.

REFERENCES

1. N. Nanobashvili – Wholeness of from Perception at Multilevel (Heirarchic) coding and its

Appendices Bull. Of the Academy of Sciences of the Georgian №4, 2003.

2. Z.Kifshidze., G. Ananiashvili., N. Qavtaradze, About systematic presentation of adoption of the knowledge, "Intellect", Tbilisi 2012 .

3. Z.Khipshidze, G.Ananiashvili. Information theory, coding and sinergetika Management Information Bases. "Technical University, Tbilisi, 2003".

საინფორმაციო სისტემების უსაფრთხოების ამაღლება

დიდმანიძე იბრაიმ, ზასლავსკი ვლადიმერ, თხილაიშვილი რიმა

ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge, zas@unicyb.kiev.ua, rima.tkhilaishvili@bsu.edu.ge

რეზიუმე

კოდი ეფუძნება კოდირებული სტრუქტურების ერთობლიობას, რომელიც უზრუნველყოფს პრობლემის რაციონალურ გადაწყვეტას. სივრცეების გამოყენების თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ვექტორული კოდირების პრობლემას. ვექტორული სიდიდის ქვესიმრავლე განიხილება, როგორც სივრცის ქვესივრცე ან ხაზოვანი კოდი.

საკვანძო სიტყვები - გადაჭარბებული სტრუქტურები, ამაღლების პროცესი, საინფორმაციო სისტემები, ჭარბი სტრუქტურა, საინფორმაციო სისტემების სანდოობა, შეცდომების გამოსწორების კოდები.

ორგანიზაციის IT-სტრატეგიის შემუშავება

მედეა თევდორაძე, ნინო მელიქიძე, ნინო ლუდუშაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

medeat@gtu.ge, Melikidze.nino22@gtu.ge, ghudushauri.n@gtu.ge

რეზიუმე

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია ნებისმიერი ტიპის ორგანიზაციაში IT-სტრატეგიის შემუშავების საკითხები. ამასთან დაკავშირებით თავდაპირველად მოცემულია ბიზნეს-სტრატეგიის ცნება და ყველა იმ ტერმინის შინაარსი, რომელიც დაკავშირებულია ბიზნეს-სტრატეგიასთან - ხედვა, მისია, მიზნები, წარმატების კრიტიკული ფაქტორები. მოცემულია ბიზნეს-სტრატეგიის განსხვავებული განმარტებები, განხილულია ორგანიზაციაში სტრატეგიული პროცესი, რომელიც მოიცავს ოთხ ეტაპს, რომლებიც გარკვეული პერიოდულობით მეორდება: გარემოს ანალიზი, სტრატეგიის შემუშავება, სტრატეგიის განხორციელება, შესრულების მონიტორინგი და ანალიზი. ამის შემდეგ განხილულია IT-სტრატეგია, მოყვანილია მისი განმარტებები, მათ შორის ინფორმაციული ტექნოლოგიების არქიტექტურის ცნებასთან მიმართებაში. დახასიათებულია ბიზნეს- და ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიების ურთიერთდამოკიდებულება და ურთიერთკავშირი. დახასიათებულია IT-სტრატეგიის ობიექტები, როგორც არის: ინფორმაციული სისტემა, ინფორმაციული ტექნოლოგიების ინფრასტრუქტურა, მართვა, ინფორმაციული უსაფრთხოება და ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ინფორმაციული

სისტემები. აღწერილია სტრატეგიის კომპონენტები, შემადგენელი ნაწილები, და ის საკითხები რომელიც აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიაში, მაგალითად ინფორმაციული სისტემა, მონაცემები, ინფრასტრუქტურა. ასევე დახასიათებულია ინფორმაციული ტექნოლოგიები სტრატეგიის სტრუქტურა. მოყვანილია სტრატეგიის შემუშავების ეტაპები და შემოთავაზებულია მოქმედებების თანმიმდევრობა, რომლითაც უნდა მუშავდებოდეს IT-სტრატეგია ორგანიზაციაში. დახასიათებულია ის სირთულეები, რომელიც თან სდევს IT-სტრატეგიის შემუშავებას. როგორც წესი, სირთულეების უმრავლესობა დაკავშირებულია ბიზნესის წარმომადგენლების არ ჩართულობასთან IT-სტრატეგიის შემუშავებაში და IT-სპეციალისტების მონაწილეობასთან ბიზნეს-სტრატეგიის დამუშავებაში. დახასიათებულია IT-სტრატეგიის შემუშავების ისეთი უმნიშვნელოვანესი საკითხები, როგორც არის IT-ის მდგომარეობის ანალიზის და ინფორმაციული ტექნოლოგიების ეფექტიანობის შეფასების ჩატარების თავისებურებანი. მოყვანილია IT-ის ეფექტიანობის შეფასების მეთოდების კლასიფიკაცია. ასევე ყურადღება ეთმობა ისეთ თანამედროვე საკითხებს, როგორც არის მწვანე ტექნოლოგიები და მდგრადი განვითარება. როგორც ცნობილია, დღეს მსოფლიო აქტიურად მუშაობს მწვანე ტექნოლოგიების შემუშავებაზე, რომლებიც ენერგოდამზოგი და უსაფრთხო არის გარემოსთვის. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ მწვანე გამოთვლების მოთხოვნები აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიაში მისი დაგეგმვის დროს, ეს ეხება როგორც პროგრამულ, ასევე აპარატურულ უზრუნველყოფას, ანუ პრაქტიკულად ყველა იმ ობიექტს, რომელიც შედის IT-სტრატეგიაში. ასევე დახასიათებულია ისეთი ცნება, როგორც არის მდგრადი განვითარება, რომელიც დღეს წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მოთხოვნას. ცნობილია, რომ ნებისმიერი ტიპის ორგანიზაციის საქმიანობა უნდა პასუხობდეს მდგრადი განვითარების მოთხოვნებს, რომელიც ვითრდება რამდენიმე მიმართულებით: ეკონომიკა, სოციალური სფერო და გარემო. აქედან გამომდინარე წარმოდგენილ ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ორგანიზაციის ბიზნეს-სტრატეგია უნდა იყოს ორიენტირებული მდგრადობის მხარდაჭერაზე, და შესაბამისად ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიაც მხრას უნდა უჭერდეს აღნიშნულ მოთხოვნებს

საკვანძო სიტყვები: IT-სტრატეგია, თანამედროვე მოთხოვნების გათვალისწინება IT - სტრატეგიის შემუშავების პროცესში.

შესავალი

დღეს კარგად არის ცნობილი, რომ ნებისმიერი ორგანიზაცია/საწარმოს წარმატებული ფუნქციონირება დამოკიდებულია მასში IT-ის წარმატებულ გამოყენებაზე. უნდა აღინიშნოს, რომ IT-ს განვითარება და გამოყენება არ უნდა იყოს სპონტანური, ის უნდა იგეგმებოდეს და ამ მიზნით უნდა მუშავდებოდეს IT-სტრატეგია. ეს სტრატეგია უნდა იყოს ორიენტირებული ბიზნეს-სტრატეგიის მხარდაჭერაზე და მხოლოდ ამ შემთხვევაში იქნება მიღწეული ის მიზნები, რომელიც დასახულია ბიზნეს და IT-სტრატეგიაში.

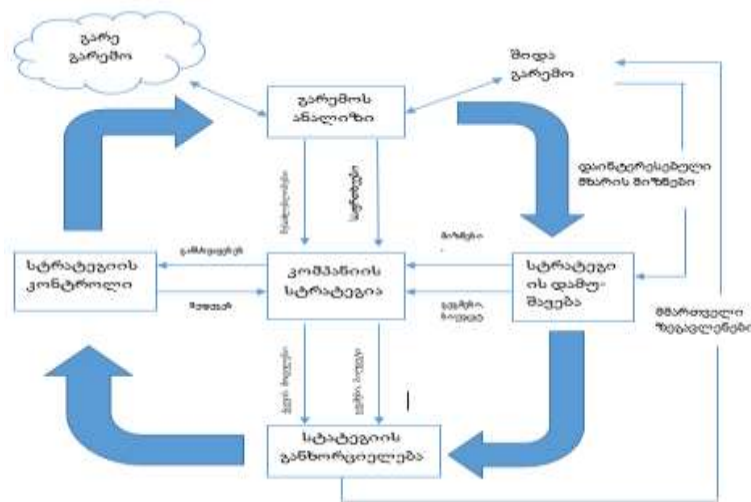
ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ, თუ რას წარმოადგენს ბიზნეს-სტრატეგია. ნებისმიერი კომპანიის შექმნის პროცესში იწერება მისია, სადაც მოკლედ უნდა აღიწეროს კომპანიის დანიშნულება, როლი საზოგადოებაში. შემდეგ ამ მისიიდან გამოყავთ მიზნები, რომელთა განხორციელებისკენ/მიღწევისკენ უნდა მიისწრაფოდეს კომპანია, რათა ჩაითვალოს რომ ის ასრულებს თავის მისიას. მიზნების ჩამოყალიბება არის საკმაოდ რთული პროცესი, და მათი

კორექტულობის შემოწმების მიზნით გამოიყენება ე.წ. SMART-სისტემა, რომელიც წარმოადგენს ინგლისური სიტყვების აბრევიატურას, რომლებიც ასახავენ მოთხოვნებს მიზნების მიმართ: კონკრეტული (Specific); გაზომვადი (Measurable); მიღწევადი (Achievable); შედეგზე ორიენტირებული (Result-oriented); დროში მიღწევადი (Timed) [1]. ამის შემდეგ შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნას ბიზნეს-სტრატეგია, რომელიც არის კომპანიის მიზნების მისაღწევად შექმნილი ქმედებების გეგმა.

სტრატეგიული დაგეგმვის პროცედურა შედგება რამდენიმე ეტაპისაგან: 1. ორგანიზაციის ხედვისა და მისიის ფორმულირება; 2. მიზნების განსაზღვრა და მიზნების ხის შემუშავება; 3. მიმდინარე სიტუაციის ანალიზი, რომელიც მოიცავს ორგანიზაციის ძლიერი და სისტი მხარეების, და მისი პოტენციალური შესაძლებლობების ანალიზს არსებული შიდა და გარე ინფორმაციის საფუძველზე; 4. ალტერნატივების შეფასება და სტრატეგიის შერჩევა; 5. სტრატეგიის, მიზნების, მაჩვენებლების დაზუსტება; 6. საჭირო რესურსების განსაზღვრა; 7. მიგრაციის გეგმის შემუშავება მიმდინარე მდგომარეობიდან მომავალში გადასასვლელად [1].

სტრატეგიული პროცესი, ანუ ორგანიზაციაში სტრატეგიის შექმნა და მის საფუძველზე საქმიანობის წარმართვა, შეიძლება მოიცავდეს ოთხ პერიოდულ განმეორებად ეტაპს (ნახ.1): არსებული სიტუაციის ანალიზი; სტრატეგიის შემუშავება; სტრატეგიის რეალიზაცია; სტრატეგიული კონტროლი და კორექტირება [1].

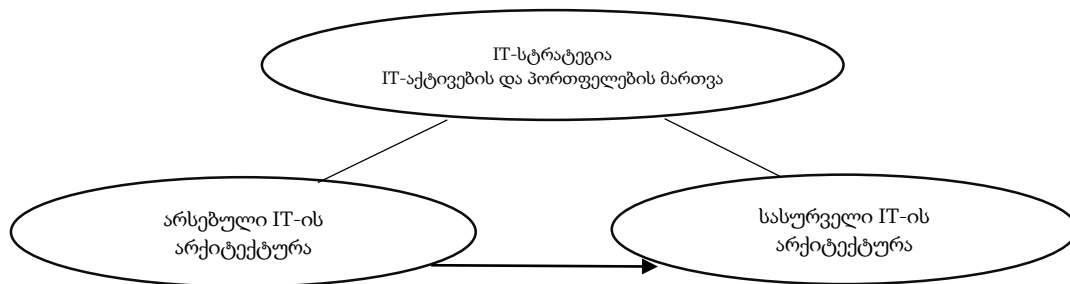


ნახ.1. სტრატეგიული პროცესის ეტაპები

უნდა აღინიშნოს, რომ ბიზნეს-სტრატეგიას შეიძლება გააჩნდეს ქვესტრატეგიები: ადამიანური რესურსების მართვის, ინფორმაციული ტექნოლოგიების, მარკეტინგის, უსაფრთხოების. აქედან უნდა გამოვყოთ ინფორმაციული ტექნოლოგიების (იტ, IT) სტრატეგია - დღეს ბიზნესი ვერ იქნება კონკურენტუნარიანი, მომგებიანი, უწყვეტი, თუ ის არ გამოიყენებს იტ-ს. რადგანაც ბიზნესი ვითარდება ბიზნეს-სტრატეგიის საფუძველზე, ანალოგიურად, ინფორმაციული ტექნოლოგიაც უნდა ვითარდებოდეს იტ-სტრატეგიის შესაბამისად, მაგრამ, იტ-ის სტრატეგია უნდა იყოს ორიენტირებული ბიზნეს-სტრატეგიის მიზნების განხორციელებაზე [2]. შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგია არის გეგმა, რომლის მიხედვითაც უნდა განვითარდეს საწარმოს ინფორმაციული ტექნოლოგიები ბიზნესის განვითარების ხელშეწყობის მიზნით და რომელიც ასახავს ამისთვის საჭირო რესურსებს.

იმისათვის, რომ შემუშავდეს იტ-ის სტრატეგია, თავდაპირველად უნდა იყოს განსაზღვრული ორგანიზაციის IT-ის არსებული მდგომარეობა, შემდეგ უნდა განისაზღვროს სასურველი მდგომარეობა, რომელშიც უნდა გადავიდეს ორგანიზაციის ინფორმაციული ტექნოლოგიები და უკვე ამის შემდეგ შეიძლება იყოს დამუშავებული გეგმა IT-ის არსებული მდგომარეობიდან სასურველ მდგომარეობაში გადასასვლელად. ზუსტად ეს გეგმა არის IT-ის - ის სტრატეგია. ეს ცნება მჭიდროდ არის დაკავშირებით ორგანიზაციის ინფორმაციული ტექნოლოგიების არქიტექტურის ცნებასთან [3]. არქიტექტურის ქვეშ იგულისხმება ნაკრები, რომელშიც შედის პროგრამული უზრუნველყოფა, მონაცემები, ინფრასტრუქტურა, IT-პროექტები. ამ შემთხვევაში, იტ-სტრატეგია შეიძლება განისაზღვროს, როგორც გადასვლა IT-არქიტექტურის მიმდინარე მდგომარეობიდან - სასურველ მდგომარეობაში ბიზნეს-სტრატეგიიდან გამომდინარე (ნახ.2).

IT-ის სტრატეგია ეხება შემდეგ ობიექტებს: **ინფორმაციული სისტემა**, ინფორმაციული ტექნოლოგიების ინფრასტრუქტურა, ინფორმაციული ტექნოლოგიების მართვა, ინფორმაციული ტექნოლოგიების უსაფრთხოება, ტექნოლოგიური პროცესის მართვის ინფორმაციული სისტემები. ინფორმაციული სისტემა არის პასუხისმგებელი ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების წარმატებულ შესრულებაზე და ორგანიზაციის მართვაზე. ამიტომაც, IT-ის სტრატეგიის ქვენაწილს წარმოადგენს ინფორმაციული სისტემის განვითარების ქვესტრატეგია.



ნახ.2. ურთიერთკავშირი IT-სტრატეგიასა და ორგანიზაციის IT-ის არქიტექტურას შორის

ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიის შემუშავება შეიძლება იყოს დაკავშირებული მთელ რიგ პრობლემასთან. ჩვენს მიერ შესწავლილია და წარმოდგენილია ძირითადი პრობლემები: სტრატეგიის შექმნის და შესრულების ჯგუფის შერჩევა; IT-ის მენეჯერების მიერ სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მიღება ბიზნეს-სფეროში და ასევე ბიზნესის მესაკუთრეებისათვის და ინვესტორებისათვის გასაგებ ენაზე გადასვლა; IT სტრატეგიის შემუშავებაში ბიზნესის წარმომადგენლების მონაწილეობა; ბიზნესის წარმომადგენლების მიერ ორიენტაცია მხოლოდ მზა პროდუქტის (IT-სტრატეგიის) ხელში ჩაგდებაზე; IT-ის თანამშრომლების მიერ ძველ პროგრამების გამოყენებაზე უარის თქმის პრობლემურობა; IT-ის სტრატეგია არ წარმოადგენს შეგრძნებად პროდუქტს - ის ვერ იქნება პირდაპირ გამოყენებული წარმოებაში, რაც ცუდად მოქმედებს ბიზნესის წარმომადგენლებზე; მესაკუთრეები, ინვესტორები, მენეჯერები თანხების გამოყოფასთან დაკავშირებით გადაწყვეტილებებს იღებენ შეგრძნებადი შედეგების მიღებაზე ორიენტირებით, რაც ხიფათს წარმოადგენს იტ-სტრატეგიისთვის; IT-სტრატეგიის შემუშავებაში ბიზნესის კვანძოვანი წარმომადგენლების არ მონაწილეობა; IT-ის ბიუჯეტის ფორმირება არა ბიზნესის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, არამედ IT-ის განყოფილების გადაწყვეტილების საფუძველზე.

მთავარი პრობლემა კი ორგანიზაციაში წარმოიშვება იმ შემთხვევაში, როდესაც IT-ს განყოფილება შორს არის ბიზნესის რეალური მოთხოვნებისაგან.

IT-ის სტრატეგიის შემუშავების დროს, ისევე როგორც ბიზნეს-სტრატეგიის შემთხვევაში გამოიყოფა ოთხი ძირითადი ეტაპი [4]: 1. ორგანიზაციაში IT-ს არსებული სიტუაციის ანალიზი; 2. IT-სტრატეგიის შემუშავება; 3. IT-სტრატეგიის განხორციელება; 4. IT სტრატეგიის ეფექტიანობის მონიტორინგი და საჭიროების შემთხვევაში მისი კორექტირება.

ისევე, როგორც ბიზნეს-სტრატეგიის შემთხვევაში ორგანიზაციაში განიხილავენ იტ-სტრატეგიულ პროცესს. პროცესის განხორციელების დროს უნდა იყოს გადაჭრილი შემდეგი ამოცანები: IT-სადმი ბიზნესის მოთხოვნების გაგების შეთანხმება; კრიტერიუმების/ინსტრუმენტების შერჩევა სტრატეგიის ვარიანტების შედარებით ანალიზისთვის; IT-არქიტექტურის "ზედა" დონის შესაძლო რეალიზაციების განსაზღვრა (გამოყენებითი პროგრამების არქიტექტურა და ინტეგრაცია, IT-ინფრასტრუქტურის განვითარების მიმართულებები); IT-სისტემის მიზნობრივი მდგომარეობის რეალიზაციის ვარიანტების შეფასება მათი მიმდინარე მდგომარეობის გათვალისწინებით; პროგრამული დანართების განვითარების/ცვლილებების სტრატეგიის შემუშავება; IT-ის მართვის პროცესების განვითარებისათვის სტრატეგიის ფორმირება; IT-დეპარტამენტისთვის საჭირო ადამიანური რესურსების განვითარების ამოცანების განსაზღვრა და IT-პროექტების შემსრულებლების შერჩევის (დაქირავების) სტრატეგიის ფორმირება; IT-სტრატეგიის დოკუმენტირება; სამომავლოდ სტრატეგიის სიცოცხლისუნარიანობის მხარდაჭერის პროცესის ორგანიზება [4].

შემდეგ მოყვანილია IT-სტრატეგიის და ინფორმაციული სისტემის ქვესტრატეგიის სტრუქტურა: შესავალი, ბიზნესის მიზნები და გარემო, ინფორმაციული ტექნოლოგიების და ასევე ინფორმაციული სისტემების ახლანდელი მდგომარეობა და მისი ანალიზი, სამომავლო მდგომარეობის და მოთხოვნების ანალიზი, სამოქმედო გეგმის შემუშავება, ეფექტიანობის შეფასება, რისკის შეფასება, სამოქმედო გეგმების რეალიზება და ხარჯები, სტრატეგიის შესრულების მონიტორინგი.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია იმ ნაბიჯების თანმიმდევრობა, რომელიც უნდა განახორციელოს ორგანიზაციამ, რათა მიიღოს სრულყოფილი იტ-სტრატეგია [4,5]:

ანალიზის ეტაპი - სამუშაო ჯგუფის ჩამოყალიბება; IT-ხედვის და მისიის ჩამოყალიბება; IT-სტრატეგიის მიზნების ბიზნეს მიზნებთან შესაბამისობაში მოყვანა; IT-ს შეფასება: აქტივების შეფასება, ორგანიზების შეფასება, ინვესტიციების შეფასება; პრობლემების იდენტიფიკაცია: აქტივებში, ორგანიზებაში, ინვესტირებაში. ამ ეტაპზე უნდა იყოს გაანალიზებული მდგრადი განვითარების მოთხოვნები მათ შორის მწვანე გამოთვლების. გაუმჯობესებული გადაწყვეტილებების მიღების და კადრების განვითარების საფუძვლის ჩადება;

სტრატეგიული გეგმის შემუშავების ეტაპი - პრიორიტეტიზაცია; მეტრიკების გეგმის შემუშავება; ხვადასხვა ვარიანტების შეფასება (მათ შორის ხარჯების, რისკების და სხვა); სტრატეგიული არჩევანის გაკეთება; შესაბამისი გეგმის ჩამოყალიბება; ინფორმაციის მიწოდება თანამშრომლებისათვის;

სტრატეგიული გეგმის განხორციელების ეტაპი- სასურველი არქიტექტურული სქემის შექმნა IT-სტრატეგიის საფუძველზე შემუშავებული პროექტების განხორციელების საშუალებით; რისკების მართვა.

სტრატეგიის მონიტორინგის ეტაპი - IT-სტრატეგიის მიხედვით საქმიანობის მონიტორინგი; IT-სტრატეგიის მიხედვით საქმიანობის შედეგების ანალიზი.

როგორც ვხედავთ სტრატეგიაში აუცილებელ საკითხს წარმოადგენს იტ-ის მდგომარეობის ანალიზი და ეფექტიანობის შეფასება [6]. ანალიზი ეხება იტ-ის - არსებულ და სამომავლო მდგომარეობას. ანალიზს უნდა დაექვემდებაროს ისეთი ასპექტები, როგორც არის: კომპანიის არსებული ბიზნეს სტრატეგია, ხელმძღვანელების კომპანიის მომავლის ხედვა, განვითარების ტენდენციები და კონკურენტული უპირატესობების ფაქტორები; ბიზნესის მოთხოვნები IT-ისადმი და როლის შეფასება ბიზნესის განვითარებაში; კრიტერიუმები და ინსტრუმენტები, რომლებიც გამოიყენება ბიზნესის ეფექტიანობის შეფასებისთვის, კერძოდ ისეთი შემადგენელი ნაწილის, როგორც არის IT; საწარმოს ბიზნესის არქიტექტურა, რომელიც მოიცავს ორგანიზაციულ სტრუქტურას, საკვანძო ბიზნეს-პროცესებს, ძირითად წესებს და სხვა; არსებული პრობლემები ბიზნესისა და IT -ის განვითარებაში; IT-ის არქიტექტურა, რომელიც მოიცავს ინფორმაციას, პროგრამებს, ტექნოლოგიურ ინფრასტრუქტურას; IT-ის სიმწიფის დონე , რომელიც პრაქტიკულად, ასახავს იტ-ის განვითარების დონეს შესაბამისი გავლენით ბიზნესის მდგომარეობაზე; IT- განვითარების ინიციატივები და პროექტები; სხვა საკითხები, რომელიც გარკვეულ როლს თამაშობენ კომპანიის IT-ის და ბიზნესის განვითარებაში. ბიზნეს და IT-ანალიზის საბოლოო მიზანია - მიღებულ იქნას კომპანიის განვითარების სტრატეგია აღწერილი და შეთანხმებული კომპანიის ხელმძღვანელობის, IT-ხელმძღვანელობის და IT-სტრატეგიაზე მომუშავე ჯგუფის მიერ.

სტრატეგიის შემუშავებისას ფრიად მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს იტ-ის ეფექტიანობის შეფასება. ეფექტიანობის შეფასება უნდა ხორციელდებოდეს თავად სტრატეგიის შემუშავების და განხორციელების დროს, პროექტების შექმნის, შერჩევისა და რეალიზაციის პროცესში და ასევე იტ-ის ფუნქციონირების დროს [1]. შემუშავებულია იტ-ის ეფექტიანობის შეფასების მრავალი ტიპის მეთოდი. მათი უმრავლესობა ატარებს ეკონომიკურ ხასიათს. ამ ტიპის მეთოდები იყოფა ტრადიციულ და თანამედროვე მეთოდებად. ტრადიციული მეთოდები შეიძლება იყოს დაჯგუფებული შემდეგნაირად: ხარჯვითი მეთოდები - ქვების მეთოდი, ფუნქციონალური წერტილების მეთოდი, ფლობის ერთობლივი ღირებულება (TCO); პირდაპირი შედეგის შეფასების მეთოდები - სამომხმარებლო ინდექსი, გამოყენებითი ინფორმაციული ეკონომიკა, ეკონომიკური ღირებულების წყაროების შეფასება (EVS), დამატებული ღირებულების შეფასება (EVA); პროცესის იდეალურობის შეფასებაზე დამყარებული მეთოდები - ინდუსტრიის საშუალო დარგობრივი შედეგები, Gartner Measurement გარტნერის გაზომვა, ინვესტიციის დაბრუნება (ROI)); კვალიმეტრული მეთოდები: ერთიანი ეკონომიკური ეფექტის მოდელი (TEI), მაჩვენებლების დაბალანსებული სისტემა (BSC). თანამედროვე მეთოდებში გაერთიანებულია შემდეგი მეთოდები: შესაძლებლობების ერთობლივი ფასეულობა (TVO); სწრაფი ეკონომიკური დასაბუთების მეთოდი (REI); ITIL/ITSM მეთოდი. განსაკუთრებულად უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ ITIL/ITSM მეთოდი არ მიეკუთვნება ეკონომიკური მეთოდების ჯგუფს ვინაიდან ის აფასებს ინფორმაციული სისტემის ეფექტიანობას IT-ის მხრივ. ყველა აღნიშნულ მეთოდს გააჩნია თავისი სპეციფიკა და გამოყენების არეალი. ამიტომ ხშირად წარმოიშვება აღნიშნული მეთოდებიდან სასურველის შერჩევის ამოცანა, რაც საკმაოდ დიდ სირთულეს წარმოადგენს და ორგანიზაციამ უნდა შეიმუშაოს მეთოდოლოგია, რომლითაც ის იხელმძღვანელებს ეფექტიანობის შეფასების პროცესში.

უნდა აღინიშნოს მდგრადი განვითარების მოთხოვნა, რომელიც მჭიდროს არის დაკავშირებული მწვანე გამოთვლების მოთხოვნებთან და არა მარტო [7,8]. როგორც ცნობილია მდგრადი განვითარება გულისხმობს ისეთი პროდუქტების და სერვისების განხორციელებას, რომლებიც არ გამოიყენებენ რესურსებს, რომელთა აღდგენა შეუძლებელია და რომლებიც უარყოფით ზეგავლენას მოახდენენ გარემოზე. და რა თქმა უნდა, ყველა პროცესი უნდა იყოს ენერგოდამზოვი. ეს მოთხოვნები მოიცავს შემდეგ სამ მიმართულებას: ეკონომიკა, სოციალური სფერო და ეკოლოგია. ამ მიზნით უნდა იყოს: უზრუნველყოფილი მდგრადი ბიზნესის პრინციპების გამოყენება კომპანიაში; შემუშავებული პროგრამები, რომელიც უზრუნველყოფს კომპანიის მუდმივ განვითარებას; შემუშავებული პროგრამები, რომლებიც მხარს დაუჭრენ კომპანიების მუშაობაში მდგრადი განვითარების პრინციპების გამოყენებას; სხვადასხვა ბიზნესის სახეობებში დანერგილი უნდა იყოს მდგრადი განვითარების პრინციპები; უზრუნველყოფილი რესურსების ღირებულების შემცირება ბიზნეს-საქმიანობაში. ყოველივე აღნიშნული, შეუძლებელია ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე, არც აუცილებლად უნდა იყოს ასახული როგორც ბიზნეს, ასევე IT-სტრატეგიაში.

დასკვნები

იმისათვის, რომ ორგანიზაციამ შეიმუშაოს წარმატებული IT-სტრატეგია განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაქციოს IT-ანალიტიკას, რათა განისაზღვროს მიმდინარე მდგომარეობა და ორგანიზაციის შესაძლებლობები, მზადყოფნა ცვლილებებისათვის. სწორად უნდა იყოს შერჩეული იტ-ის ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. ასევე აუცილებელია იტ-ის სტრატეგიის შემუშავების პროცესში მდგრადი განვითარების მათ შორის მწვანე გამოთვლების მოთხოვნების გაანალიზება. რეგულარულად უნდა ხორციელდებოდეს IT სტრატეგიული გეგმის განხორციელების მონიტორინგი, შეფასება და გადახედვა. ეს არის ერთადერთი გარანტია იმისა, რომ ეს სტრატეგია იქნება არა მხოლოდ ორგანიზაციის მიზნების, არამედ თანამედროვე ტექნიკური გარემოს შესაბამისი.

სტრატეგიული გეგმის შექმნის და განვითარების პროცესში დაუშვებელია ხისტი მიდგომა - რა სრულყოფილი IT სტრატეგიული გეგმა არ უნდა შეიქმნას დასაწყისში, მას შემდგომში აუცილებლად დასჭირდება დახვეწა და გაუმჯობესება. აღნიშნული პროცესი უნდა ვითარდებოდეს საკმაოდ სწრაფად, ვინაიდან როგორც ითვლება, იტ-პროექტების შეუსრულებლობის შემთხვევაში ისინი ძველდება სამ თვეში. უპირატესობა უნდა მიენიჭოს მინიმალურ ფინანსური თვალსაზრისით მაგრამ ფუნქციონალური გეგმის შექმნას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. მ.თევდორაძე, ნ.წულუკიძე, ე.დადიანი, მ.დარჩიაშვილი, ნ.ლოლაშვილი, მ.სალთხუციშვილი.ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგია. სახელმძღვანელო. სტუ.თბილისი, 2019, სტუ-ს ბიბლიოთეკა CD – 6155. 200 გვ.
2. მ.თევდორაძე. ნ.წულუკიძე, ე.დადიანი, ა.ბაჯიაშვილი, მ.სალთხუციშვილი. ინფორმაციული ტექნოლოგიების სტრატეგიის გავლენა ბიზნესზე. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები UNESCO, (ISITE 18). სტუ, საქართველო, თბილისი. შრომები - მართვის ავტომატიზებული სისტემები N2(26) გვე.319-323
3. <https://www.info-strategy.ru/it-strategy/>

4. https://itcompanies.net/blog/it-strategy-planning-guide-with-examples?gclid=EAlalQobChMlj-GR3ZPh_AIVDAIGAB30XAQGEAMYASAAEgJTkvD_BWE&fbclid=IwAR2pnMytPXf0Ld9KIgVMzw740_SsFC1-54Q_PRC8HpOpV5NC9AmHuIIInWfU
5. Cepy Slamet, Aedah binti Abdul Rahman , Muhammad Ali Ramdhani. Concepts of Strategic Management of Information Technology. 1st International Conference on Advance and Scientific Innovation (ICASI) IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1175 (2019) 012264 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1175/1/012264. 5pages
6. Jörg Hoffmann, Martin Bleider. Developing IT Strategies. FIR at RWTH Aachen University, 2019, 33 pages
7. მ.თევდორაძე, მ.სალთხუციშვილი.მწვანე კომპიუტინგის მოთხოვნები ინფორმაციული სისტემების სტრატეგიაში. მეორე საერთაშორისო კონფერენცია “ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი, სერია: ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები. თბილისი. N4(96)/2020. ნაწილი 2 გვ.149-153
8. Ozili, Peterson K. Sustainability and sustainable development research around the world. Munich Personal RePEc Archive. Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/115767/> MPRA Paper No. 115767, posted 26 Dec 2022 08:44 UTC .2022.

Development of IT-strategy of the organization

Medea Tevdoradze, Nino Melikidze, Nino Ghudushauri
Georgian Technical University

medeat@gtu.ge, Melikidze.nino22@gtu.ge, ghudushauri.n@gtu.ge

Resume

The presented work discusses the issues of IT-strategy development in any type of organization. In this regard, the concept of business strategy and the content of all the terms related to business strategy - vision, mission, goals, critical success factors - are given. Different definitions of business strategy are given, the strategic process in the organization is discussed, which includes four stages that are repeated with certain periodicity: environmental analysis, strategy development, strategy implementation, performance monitoring and analysis. After that, the IT-strategy is discussed, its definitions are given, including in relation to the concept of information technology architecture. The interdependence and interrelationship of business and information technology strategies is characterized. Objects of IT strategy are characterized, such as: information system, information technology infrastructure, management, information security and information systems for technological processes management. The components of the strategy, the constituent parts, and the issues that must be considered in the strategy of information technologies, for example information system, data, infrastructure, are described. The structure of information technology strategy is also characterized. The stages of strategy development are given and a sequence of actions is proposed, by which IT-strategy should be developed in the organization. The difficulties associated with IT-strategy development are characterized. As a rule, most of the difficulties are related to the non-involvement of business representatives in the development of IT-strategy and the participation of IT-specialists in the development of business-strategy. The most important issues of IT-strategy development are characterized, such as the features of IT situation analysis and information technology

effectiveness assessment. The classification of efficiency assessment methods is presented. Attention is also paid to such modern issues as green technologies and sustainable development. As it is known, today the world is actively working on the development of green technologies, which are energy-saving and safe for the environment. The paper notes that the requirements of green computing must be taken into account in the strategy of information technology during its planning, this applies to both software and hardware parts. That is, practically all objects included in the IT strategy. The concept of sustainable development, which is one of the most important requirements today, is also characterized. It is known that the activities of any type of organization must respond to the requirements of sustainable development, which develops in several directions: economy, social sphere and environment. Therefore, the presented work mentions that the organization's business strategy should be focused on supporting sustainability, and accordingly, the information technology strategy should also support the mentioned requirements.

Key words: IT strategy, modern requirements to the IT strategy development

ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება იშვიათი დაავადებების მკურნალობის მართვაში

მაია მიქელაძე, ნორა ჯალიაბოვა, ნათელა ანანიაშვილი

სტუ-ს არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

mikeladzemaia@yahoo.com, noraj@mail.ru, ia.ananiashvili@gmail.com

რეზიუმე

ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები ფართოდ გამოიყენება ინტელექტუალური ინფორმაციული სისტემების შემუშავებაში მედიცინის სფეროში, განსაკუთრებით დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის მართვის ამოცანების გადაწყვეტისას.

მკურნალობა წარმოადგენს პროცესს, რომელიც შედგება რამოდენიმე ეტაპისგან: პირველადი მკურნალობის შერჩევა, პაციენტის მდგომარეობის მონიტორინგი და მონიტორინგის შედეგების საფუძველზე მკურნალობაში საჭირო კორექტივების შეტანა. მკურნალობის შერჩევას მრავალი ფაქტორია გასათვალისწინებელი: დაავადების ტიპი, სიმძიმე, სტადია, კონკრეტული პაციენტის ორგანიზმის თავისებურებები. ეს ფაქტორები ასევე განსაზღვრავენ მკურნალობის მიზანს - ექიმმა შეიძლება მიზნად დაისახოს პაციენტის სრული განკურნება ან დაავადების კონტროლი ანდა მხოლოდ მდგომარეობის შემსუბუქება. სამკურნალო დანიშნულება აუცილებლად შეიცავს დაავადების მიზეზზე და მექანიზმზე მოქმედ წამლებს და პროცედურებს. საჭიროების შემთხვევაში სამკურნალო კომპლექსს ემატება პრეპარატები სიმპტომური მკურნალობისთვის.

რაც შეეხება იშვიათ დაავადებებს, ინფორმაცია ამ დაავადებების ეტიოპათოგენეზზე და გამოვლინებებზე მწირია, არ არის დაგროვებული საკმარისი გამოცდილება ამ დაავადებების

მკურნალობის სფეროშიც. ყოველივე ეს ართულებს მათ დიაგნოსტიკას და ეფექტური მკურნალობის შერჩევას.

მოცემულ ნაშრომში შემოთავაზებულია სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის მოდელი, რომელიც განკუთვნილია პირველადი მკურნალობის შერჩევის ამოცანის გადასაწყვეტად. მოდელის ფარგლებში შემუშავებულია მეთოდები, რომელთა დახმარებით შესაძლებელია იშვიათ დაავადებებზე მწირი ინფორმაციის მიუხედავად ეფექტური მკურნალობის შერჩევა პაციენტის ინდივიდუალური ფაქტორების გათვალისწინებით.

მკურნალობის შერჩევასთან დაკავშირებული ცოდნის წარმოსადგენად გამოყენებულ იქნა სემანტიკური ქსელი. ამ ქსელის წევროები წარმოადგენენ მკურნალობის „სამიზნებს“ და სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსებს, ხოლო რკალები მიუთითებენ, თუ რომელი სამკურნალო კომპლექსი გამოიყენება ამა თუ იმ „სამიზნის“ შემთხვევაში. თითოეულ რკალს მიეწერება წონა, რომელიც ასახავს სამკურნალო კომპლექსის ეფექტურობას შესაბამისი „სამიზნის“ მკურნალობისას.

იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში მთავარი სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ ექიმები ნაკლებად ფლობენ ინფორმაციას ამ დაავადებებზე - როგორც შესაძლო გამოვლინებებზე, ასევე სამკურნალო საშუალებებზე და მათ ეფექტურობაზე. შესაბამისად, შეუძლებელი ხდება ზემოთ აღწერილი მოდელის გამოყენება მკურნალობის პროცესის მოდელირებისას.

ამ პრობლემის გადასაწყვეტად შემოთავაზებული გვაქვს რამოდენიმე მეთოდი, რომლების საშუალებით შესაძლებელია სამკურნალო კომპლექსების ფორმირება, მათი წონების განსაზღვრა და პაციენტისთვის სამკურნალო კომპლექსის შერჩევა მისი ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინებით.

სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის შემოთავაზებული მოდელი ითვალისწინებს მკურნალობის ზოგად პრინციპებს და მის საფუძველზე შესაძლებელია პირველადი მკურნალობის შერჩევის პროცესის კომპიუტერული რეალიზება. ხოლო იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში, როდესაც გაგვაჩნია მცირე და არასრული ინფორმაცია დაავადებისა და მის მკურნალობის შესახებ, ნაშრომში განხილული მეთოდები უზრუნველყოფენ მოდელის ყველა კომპონენტის დადგენას და მათ საფუძველზე მკურნალობის შერჩევის პროცედურის შესრულებას.

საკვანძო სიტყვები სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემა, იშვიათი დაავადებები, პირველადი მკურნალობის შერჩევა

დღესდღეობით სამედიცინო ინფორმაციული სისტემები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ამოცანის გადასაწყვეტად. მათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია დიაგნოსტიკის, პროგნოზირების, ოპტიმალური მკურნალობის შერჩევისა და კვლევის შედეგების დამუშავების ამოცანები. ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები ფართოდ გამოიყენება შესაბამისი ინტელექტუალური ინფორმაციული სისტემების შემუშავებაში, განსაკუთრებით დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის მართვის სფეროში.

მკურნალობა - დინამიური პროცესია, რომელიც შედგება რამოდენიმე ეტაპისგან: პირველადი მკურნალობის შერჩევა, პაციენტის მდგომარეობის მონიტორინგი და მონიტორინგის შედეგების საფუძველზე მკურნალობაში საჭირო კორექტივების შეტანა. მკურნალობის შერჩევისას მრავალი ფაქტორია გასათვალისწინებელი: დაავადების ტიპი, სიმძიმე, სტადია და ა.შ. ეს ფაქტორები ასევე განსაზღვრავენ მკურნალობის მიზანს - ექიმმა

შეიძლება მიზნად დაისახოს პაციენტის სრული განკურნება ან დაავადების კონტროლი ანდა მხოლოდ მდგომარეობის შემსუბუქება (პალიატიური მკურნალობა). მკურნალობის შერჩევას ექიმმა აუცილებლად უნდა გაითვალისწინოს ინდივიდუალური ფაქტორებიც - კონკრეტული პაციენტის ორგანიზმის თავისებურებები, თანარსებული დაავადებები და გართულებები.

მკურნალობის ძირითადი სახეობებია:

- ეტიოტროპული - უშუალოდ დაავადების მიზეზზე მოქმედი;
- პათოგენეზური - დაავადების მექანიზმზე მოქმედი;
- სიმპტომური - სიმპტომებზე მოქმედი.

ნებისმიერი სამკურნალო დანიშნულება აუცილებლად შეიცავს სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსს, რომელიც ემსახურება ეტიოტროპულ და პათოგენეზურ მკურნალობას. საჭიროების შემთხვევაში სამკურნალო კომპლექსს ემატება პრეპარატები სიმპტომური მკურნალობისთვის, რომელიც მიზნად ისახავს პაციენტის მდგომარეობის შემსუბუქებას.

რაც შეეხება იშვიათ დაავადებებს, ეს ტერმინი გამოიყენება ისეთი ნოზოლოგიური ერთეულის აღსანიშნავად, რომლის სიხშირე პოპულაციაში 0.05 %-ს არ აღემატება, თუმცა იშვიათი დაავადებების რიცხვი 7-8 ათასს აღწევს. ინფორმაცია ამ დაავადებების ეტიოპათოგენეზზე და გამოვლინებებზე მწირია, არ არის დაგროვებული საკმარისი გამოცდილება ამ დაავადებების მკურნალობის სფეროშიც. ყოველივე ეს ართულებს მათ დიაგნოსტიკას და ეფექტური მკურნალობის შერჩევას. იშვიათი დაავადებები, როგორც წესი, გენეტიკური დარღვევებით არის გამოწვეული და მათი სრული განკურნება შეუძლებელია. ამ შემთხვევაში ძირითადად სიმპტომური მკურნალობა გამოიყენება და, ზოგჯერ, პათოგენეზურიც, რათა განხორციელდეს დაავადების კონტროლი და პაციენტის მდგომარეობის შემსუბუქება [1].

მოცემულ ნაშრომში შემოთავაზებულია სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის მოდელი, რომელიც განკუთვნილია პირველადი მკურნალობის შერჩევის ამოცანის გადასაწყვეტად. მოდელის ფარგლებში შემუშავებულია მეთოდები, რომელთა დახმარებით შესაძლებელია იშვიათ დაავადებებზე მწირი ინფორმაციის მიუხედავად ეფექტური მკურნალობის შერჩევა პაციენტის ინდივიდუალური ფაქტორების გათვალისწინებით.

მკურნალობის ზოგადი პრინციპებისა და გაიდლაინების საფუძველზე მკურნალობის შერჩევის შედეგი შეგვიძლია წარმოვადგინოთ როგორც სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსი, რომელშიც შეიძლება გამოვყოთ ორი კომპონენტი:

პირველი კომპონენტი - ეს არის სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსი, რომელიც ემსახურება ეტიოტროპულ და პათოგენეზურ მკურნალობას. ეს მკურნალობა განპირობებულია თვით დაავადებით და მისი განვითარების მექანიზმებით,

მეორე კომპონენტი - ეს არის სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსი, რომელიც ემსახურება სიმპტომურ მკურნალობას და განპირობებულია კონკრეტული პაციენტის ინდივიდუალური გამოვლინებებით.

შესაბამისი ცოდნა ასახულია სახელმძღვანელოებში და გაიდლაინებში და წარმოადგენს ექიმების განზოგადებულ გამოცდილებას მკურნალობის სფეროში.

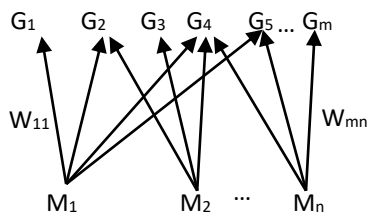
ერთი დაავადების ფარგლებში არსებულ მდგომარეობათა სიმრავლე შეიძლება დავყოთ კლასებათ და თითოეულ კლასს მიუსადაგოთ ესა თუ ის სამკურნალო კომპლექსი. ფაქტობრივად, თითოეული კლასი წარმოადგენს მსგავსი მდგომარეობების სიმრავლეს,

რომლებიც ხასიათდებიან გარკვეული თავისებურებით და ზუსტად ეს თავისებურება არის გათვალისწინებული შესაბამის სამკურნალო კომპლექსში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ესა თუ ის სამკურნალო კომპლექსი შეიძლება გამოყენებულ იქნას მდგომარეობათა სხვადასხვა კლასისთვის, მაგრამ ამ შემთხვევაში მას სხვადასხვა კლასისთვის განსხვავებული ეფექტურობა ექნება.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე მკურნალობასთან დაკავშირებული ცოდნის წარმოსადგენათ ჩვენ ავირჩიეთ სემანტიკური ქსელი (იხ. ნახ.1).

G წევროები წარმოადგენენ მკურნალობის „სამიზნებს“, ანუ დაავადების მიზეზებს, პათოლოგიურ მექანიზმებს და მდგომარეობათა კლასებს. თითოეული კლასი წარმოადგენილია მასში შემავალი მდგომარეობების განზოგადებული აღწერის სახით, რომელიც განისაზღვრება როგორც გარკვეული ნიშანთვისებების კონიუნქცია: $G = S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_r}$. M წევროები წარმოადგენენ სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსებს, ხოლო რკალები მიუთითებენ, თუ რომელი სამკურნალო კომპლექსი გამოიყენება ამა თუ იმ „სამიზნის“ შემთხვევაში. თითოეულ რკალს მიეწერება წონა W_{ij} , რომელიც ასახავს M_j სამკურნალო კომპლექსის ეფექტურობას G_i „სამიზნის“ მკურნალობისას. შესაბამისი მიმართებათა მატრიცა წარმოადგენილია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 1

	M_1	M_2	...	M_n
G_1	W_{11}	W_{12}	...	W_{1n}
G_2	W_{21}	W_{22}	...	W_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
G_m	W_{m1}	W_{m2}	...	W_{mn}

ნახ. 2

ასეთი სემანტიკური ქსელის საფუძველზე მკურნალობის შერჩევის პროცესი დაიყვანება მარტივ პროცედურამდე:

- თავიდან დგინდება, თუ რომელ „სამიზნეს“ შეესაბამება პაციენტის მდგომარეობა;
- ამ „სამიზნის“ შესაბამისი სამკურნალო კომპლექსებს შორის აირჩევა მაქსიმალური ეფექტურობის მქონე კომპლექსი.

ანუ თუ პაციენტის მდგომარეობა $P \in G_i$, მაშინ მას დაენიშნება M_k სამკურნალო კომპლექსი,

$$\text{სადაც } W_k = \max_j W_{ij}.$$

პაციენტის მდგომარეობა $P \in G_i$, თუ ის აკმაყოფილებს კლასის აღმწერ კონიუნქციას $S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_r}$. იმ შემთხვევაში, თუკი პაციენტის მდგომარეობა არ აკმაყოფილებს კლასების აღმწერ არცერთ კონიუნქციას, ჩვენ შეგვიძლია დავადგინოთ მისთვის უახლოესი კლასი ჰემინგის მსგავსების ზომის საფუძველზე: $\mu_{ik}^H = \frac{n_{ik}}{N}$, და მკურნალობის სახით ავირჩიოთ ამ კლასის სამკურნალო კომპლექსებს შორის მაქსიმალური ეფექტურობის მქონე კომპლექსი.

ცოდნა იმის შესახებ, თუ რა კორექტივებია შესატანი სამკურნალო კომპლექსში პაციენტის ამა თუ იმ თავისებურების (მაგალითად, რაიმე თანმხლები დაავადების) შემთხვევაში, შეგვიძლია წარმოვადგინოთ პოდუქციული წესების სახით:

თუ თავისებურება, მაშინ კორექტივა .

საბოლოოდ, მკურნალობის შერჩევის პროცესი შედგება 2 ეტაპისგან:

- პირველ ეტაპზე სემანტიკური ქსელის საფუძველზე შეირჩევა სამკურნალო კომპლექსი;
- მეორე ეტაპზე, საჭიროების შემთხვევაში, პროდუქციული წესების საფუძველზე მოხდება სამკურნალო კომპლექსის კორექტირება.

იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში მთავარი სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ ექიმები ნაკლებად ფლობენ ინფორმაციას ამ დაავადებებზე - როგორც შესაძლო გამოვლინებებზე, ასევე სამკურნალო საშუალებებზე და მათ ეფექტურობაზე. შესაბამისად, შეუძლებელი ხდება ზემოთ აღწერილი მოდელის გამოყენება მკურნალობის პროცესის მოდელირებისას.

ამ პრობლემის გადასაწყვეტად შემოთავაზებული გვაქვს რამოდენიმე მეთოდი, რომლების საშუალებით შესაძლებელია სამკურნალო კომპლექსების ფორმირება, მათი წონების განსაზღვრა და პაციენტისთვის სამკურნალო კომპლექსის შერჩევა მისი ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინებით.

სამკურნალო ჩარევების/წამლების კომპლექსის ფორმირება. იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში დაავადების საბოლოო განმკურნება შეუძლებელია, რადგან მიზეზზე ზემოქმედება ვერ ხერხდება. იშვიათი დაავადებების დროს ძირითადად მიმართავენ სიმპტომურ მკურნალობას, რომ როგორმე შეუმსუბუქონ პაციენტს მდგომარეობა.

სიმპტომური მკურნალობის დროს წამოიჭრება შემდეგი ამოცანა. სიმპტომების ნაკრების საფუძველზე უნდა შეირჩეს წამლების ისეთი ნაკრები, რომელიც იმოქმედებს არსებულ ყველა სიმპტომზე, არ მოხდება სხვადასხვა წამლის მიერ ერთდამავე სიმპტომზე ზემოქმედების დუბლირება და ნაკრებში შემავალი წამლების რაოდენობა იქნება მინიმალური.

ამ ამოცანის ფორმალური აღწერა მდგომარეობს შემდეგში:

გვაქვს S_1, S_2, \dots, S_n სიმპტომები და მათზე მოქმედი L_1, L_2, \dots, L_m წამლები. დამოკიდებულება წამლებს და სიმპტომებს შორის შეგვიძლია გამოვსახოთ მატრიცით, რომლის E_{ij} ელემენტები აკმაყოფილებენ პირობას:

$$E_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } L_j \text{ მოქმედებს } S_i \text{ სიმპტომზე} \\ 0, & \text{თუ } L_j \text{ არ მოქმედებს } S_i \text{ სიმპტომზე} \end{cases}$$

უნდა შეირჩეს წამლების ისეთი ქვენაკრები, რომელიც მოიცავს ყველა სიმპტომს და გააჩნია მინიმალური სიმძლავრე. ანუ ვეძებთ წამლების ისეთ ქვენაკრებს, რომლისთვის:

$$f = \sum_{j=1,2,\dots,m} x_j \rightarrow \min \quad (1)$$

სადაც $x_j, j = 1, 2, \dots, m$ დებულობს მნიშვნელობას:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{თუ არჩეულია } L_j \text{ წამალი} \\ 0, & \text{თუ არ არის არჩეული } L_j \text{ წამალი} \end{cases}$$

შემდეგი შეზღუდვების გათვალისწინებით:

$$\sum_{j=1}^m E_{ij} \cdot x_j = 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

ეს არის უმცირესი დაფარვის ამოცანა [2], მისი ზუსტი ამოხსნისთვის საჭიროა შესაძლო ამოხსნების სრული გადარჩევა, რაც შეუძლებელია ამოცანის დიდი ზომის შემთხვევაში. ამიტომ ამ ამოცანის ამოხსნისთვის იყენებენ მიახლოებით ალგორითმებს, რომლებიც ზუსტ ამოხსნასთან მიახლოებულ ამოხსნებს იძლევიან შედარებით მცირე დროში [3].

სამკურნალო კომპლექსების წონების განსაზღვრა. ზემოთ განხილულ მოდელში, სამკურნალო საშუალებათა ყოველი M_i კომპლექსი ხასიათდებოდა W_i წონით. W_i წონა წარმოადგენს სამკურნალო საშუალებების ნაკრების კომპლექსურ შეფასებას სხვადასხვა კრიტერიუმების მიხედვით (ეფექტიანობა, ტოქსიკურობა, სწრაფქმედება, გვერდითი მოვლენები და ა.შ.) ამ წონებს ექიმი-ექსპერტი იძლევა თავისი ცოდნის და გამოცდილების გათვალისწინებით.

იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში ასეთი გამოცდილება ექიმებს ნაკლებად აქვთ. თუმცა, ცნობილია ცალკეული წამლების ეფექტიანობა ამა თუ იმ კრიტერიუმის მიხედვით და ამ ინფორმაციის საფუძველზე შესაძლებელია სამკურნალო საშუალებების კომპლექსური, ანუ ყველა კრიტერიუმის მიხედვით შეფასების განსაზღვრა. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებულია სამუშაო [4] შემოთავაზებული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიაზე [5, 6].

ვთქვათ, გვაქვს r სამკურნალო ჩარევების კომპლექსი, რომელთაგან თითოეული ფასდება ექსპერტის მიერ სხვადასხვა Q_1, Q_2, \dots, Q_m კრიტერიუმების მიხედვით. შეფასება $\mu_{ij}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, r$ დებულობს მნიშვნელობას $[0,1]$ შუალედიდან და წარმოადგენს M_j კომპლექსის Q_i არამკაფიო სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხს, სადაც Q_i არამკაფიო სიმრავლე ასახავს სამკურნალო კომპლექსების შეფასებას i -ური კრიტერიუმის მიხედვით [4]:

$$Q_i = \left\{ \frac{\mu_{i1}}{M_1} \dots \frac{\mu_{ir}}{M_r} \right\}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, r.$$

Q არამკაფიო სიმრავლე, რომელიც ასახავს ჩარევების კომპლექსურ შეფასებას ყველა კრიტერიუმის მიხედვით, მიიღება როგორც Q_i არამკაფიო სიმრავლეების გადაკვეთა:

$$Q = \{\mu_1 \dots \mu_r\} = Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_m = \left\{ \frac{\min_i \mu_{i1}}{M_1} \dots \frac{\min_i \mu_{ir}}{M_r} \right\}$$

შესაბამისად, M_j კომპლექსის Q არამკაფიო სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხი შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ამ კომპლექსის W_j წონა.

სამკურნალო კომპლექსის შერჩევა პაციენტის ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინებით. ერთერთი მოთხოვნა მკურნალობის მიმართ - მკურნალობა უნდა იყოს ინდივიდუალიზირებული. შესაბამისად, უკვე ფორმირებული და შეფასებული სამკურნალო საშუალებების კომპლექსებიდან უნდა შეირჩეს ისეთი, რომელიც გაითვალისწინებს კონკრეტული პაციენტის მდგომარეობას და მის თავისებურებებს. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ჩვენ მოვახდინეთ სამუშაო [7] შემოთავაზებული მეთოდის მოდიფიცირება.

ვთქვათ, კონკრეტული პაციენტის მდგომარეობა წარმოდგეილია S ვექტორის სახით, რომლის $s_1, s_2 \dots s_m$ კომპონენტები წარმოადგენენ პაციენტის შესაძლო თავისებურებებს, რომლებიც ყურადსაღებია მოცემული დაავადების მკურნალობისას. თითოეული $s_i, i = 1, \dots, m$ მნიშვნელობის სახით დებულობს ან 1 - თუ შესაბამისი თავისებურება აღენიშნება კონკრეტულ პაციენტს, და 0 - წინააღმდეგ შემთხვევაში.

ყოველი M_j სამკურნალო კომპლექსი ხასიათდება დადებითი ზემოქმედების c_{ij} ეფექტიანობით s_i თავისებურების პირობებში, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$. C მატრიცა (ნახ.3) წარმოადგენს სამკურნალო კომპლექსების ეფექტიანობას ამა თუ იმ თავისებურების პირობებში. კონკრეტული პაციენტის პირობებში საუკეთესო სამკურნალო კომპლექსის გამოსავლენად ვიყენებთ „შეწონილი ხმების დათვლას“. „ხმებს“ ვითვლით თითოეული სვეტისთვის, ოღონდ ხმის მიცემაში მონაწილეობას მიიღებენ მხოლოდ ის სტრიქონები, რომლებიც შეესაბამებიან ამ კონკრეტული პაციენტის თავისებურებებს, ანუ სადაც $s_i = 1$.

$$\begin{array}{cccc}
 M_1 & M_2 & \dots & M_n \\
 S_1 & \left[\begin{array}{cccc} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{array} \right. \\
 S_2 & & & \\
 \vdots & & & \\
 S_m & & &
 \end{array}$$

ნახ.3

ამისათვის საკმარისია ვიპოვოთ პაციენტის მდგომარეობის S ვექტორის და სამკურნალო კომპლექსების ეფექტიანობის C მატრიცის ნამრავლი $D = (d_1 d_2 \dots d_n)$:

$$D = S \cdot C, \quad d_j = \sum_{i=1}^m s_i c_{ij}, \quad j = 1, \dots, n$$

აქ d_j წარმოადგენს j -ური სამკურნალო კომპლექსისთვის დათვლილ „ხმების შეწონილ ჯამს“.

„ხმების შეწონილი ჯამის“ და თვით სამკურნალო კომპლექსების W_j წონების გათვალისწინებით მოცემული პაციენტისთვის ყველაზე მიზანშეწონილად ჩაითვლება M^* სამკურნალო კომპლექსი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:

$$W^* \cdot d^* = \max_j (W_j \cdot d_j).$$

სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის შემოთავაზებული მოდელი ითვალისწინებს მკურნალობის ზოგად პრინციპებს და მის საფუძველზე შესაძლებელია პირველადი მკურნალობის შერჩევის პროცესის კომპიუტერული რეალიზება. ხოლო იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში, როდესაც გაგვაჩნია მცირე და არასრული ინფორმაცია დაავადებისა და მის მკურნალობის შესახებ, ნაშრომში განხილული მეთოდები უზრუნველყოფენ მოდელის ყველა კომპონენტის დადგენას და მათ საფუძველზე მკურნალობის შერჩევის პროცედურის შესრულებას.

ლიტერატურა

1. P. M. Posada, D. Taruscio, S. C. Groft. Rare diseases epidemiology: Update and overview. Cham, Switzerland : Springer, 2017, 704 p.
2. Christofides Nicos Graph Theory. An Algorithmic Approach, Computer science and applied mathematics [Book]. - London : Academic Press, 1986.
3. ანანიაშვილი ნ., “მცირე და საშუალო ზომის უმცირესი დაფარვის ამოცანების ამოხსნის ერთი მარტივი ალგორითმის შესახებ”, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა.ელაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №25, თბ, 2021, გვ.157-162.
4. ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ნ. ჯალიაბოვა, გ. ბესიაშვილი, პ. ქარჩავა, დ. რაძიევსკი. კონკრეტული ავადმყოფისთვის სამკურნალო პრეპარატების არჩევის ინტელექტუალური სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის 60 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო კონფერენცია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №20, თბ., 2016 წ., გვ. 169 – 174.
5. R.Jager. Multiple objective decision – making using fussy sets – “Int – jMen. Mashine studies 1977, v 9.
6. Л. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. «Мир», М., 1976.
7. ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი. დაავადების გამოვლინების ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინებით სამკურნალო პრეპარატების შერჩევის ინტელექტუალური სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №24, თბ, 2020, გვ. 144-149.

Application of artificial intelligence methods in treatment management of rare diseases

Maia Mikeladze, Nora Jaliabova, Natela Ananiashvili
Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the Georgian Technical University

Summary

Artificial intelligence methods are widely used in the development of intelligent information systems in the field of medicine, especially when solving diagnostic and treatment management tasks.

Treatment is a process that consists of several stages: selection of primary treatment, monitoring of the patient's condition and making the necessary corrections in the treatment based on the monitoring results. There are many factors to be taken into account when choosing treatment: type of disease, severity, stage, peculiarities of a particular patient. These factors also determine the goal of treatment - the doctor may aim to completely cure the patient or control the disease or only to alleviate the condition. The treatment prescription necessarily includes drugs and procedures affecting the cause and mechanism of the disease. If necessary, drugs for symptomatic treatment are added to the treatment complex.

As for rare diseases, information on the etiopathogenesis and manifestations of these diseases is scarce, and there is not enough experience in the field of treatment of these diseases. All this makes it difficult to diagnose them and choose an effective treatment. In this paper, a model of a medical intelligent system is proposed, which is intended to solve the task of selecting the primary treatment. Within the framework of the model, methods have been developed, with the help of which it is possible to select effective treatment, taking into account the individual factors of the patient, despite the limited information on rare diseases. A semantic network was used to represent knowledge related to treatment selection. The vertices of this network represent treatment 'targets' and treatment intervention/drug combinations, while the arcs indicate which treatment combination is used for which 'target'. Each arc is assigned a weight that reflects the effectiveness of the treatment complex in treating the corresponding "target".

In the case of rare diseases, the main difficulty lies in the fact that doctors have little information about these diseases - both about the possible manifestations, as well as about the remedies and their effectiveness. Therefore, it becomes impossible to use the model described above when modeling the treatment process.

In order to solve this problem, we have proposed several methods, by means of which it is possible to form therapeutic complexes, determine their weights, and select a therapeutic complex for the patient, taking into account his individual characteristics.

ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლების მონიტორინგის სისტემა

მარიამ წიკლაური, გიორგი სარიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

m.tsiklauri@gtu.ge, giorgisarishvili99@gmail.com

რეზიუმე

ჩვენი მიზანი იყო მობილური ელექტრონული მოწყობილობის პროტოტიპის აწყობა ადამიანის ჯანმრთელობის ძირითადი სასიცოცხლო პარამეტრების სწრაფად წაკითხვისა და გადასაცემად. დღესდღეობით კაცობრიობა სულ უფრო და უფრო მოწინავე ტექნოლოგიებს იყენებს დაავადებების დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისთვის. ეს მოწყობილობა საშუალებას მოგვცემს სწრაფად მივიღოთ ინფორმაცია ადამიანის ჯანმრთელობის შესახებ და გადავცეთ იგი ექიმს. დროულად მივიღოთ კვალიფიციური პროფესიონალების დახმარება და რჩევა. დღეს, ბაზარი სავსეა სხვადასხვა "გაჯეტებით", რომლებიც აღრიცხავენ ჯანმრთელობის გარკვეულ პარამეტრებს, მაგრამ ყველას არ შეუძლია შეიძინოს ეს ნივთი და არც მიღებული მონაცემები გამოირჩევა სიზუსტით. პაციენტების სასიცოცხლო პარამეტრების მონიტორინგი რთულია სახლის პირობებში, განსაკუთრებით ხანდაზმული პაციენტებისათვის. ჩვენი მოწყობილობა იყენებს ჭკვიან ვებსერვერს, რათა ექიმმა თვალყური ადევნოს პაციენტის

ჯანმრთელობას. შესაძლებელია პაციენტის ჯანმრთელობის ისეთი პარამეტრების მონიტორინგი, როგორცაა სხეულის ტემპერატურა, გულისცემის სიხშირე, სისხლში ჟანგბადის დონე, ასევე ოთახის ტემპერატურა და ტენიანობა.

პაციენტის ჯანმრთელობის მდგომარეობის მონიტორინგისათვის ვიყენებთ ESP8266 მიკროკონტროლერს. ხელსაწყო ზომავს გულისცემა/პულსი (BPM) და სისხლში ჟანგბადის დონეს (SpO2) - MAX30100/102 ტიპის პულსოქსიმეტრის სენსორის გამოყენებით, სხეულის ტემპერატურის გასაზომად ვიყენებთ DS18B20 ტიპის ტემპერატურის სენსორს, ანალოგიურად, პაციენტი უნდა იმყოფებოდეს ოთახში სადაც კონტროლდება ტემპერატურისა და ტენიანობის დონე, რათა შეიქმნას კომფორტული გარემო. ამის გასაკონტროლებლად ვიყენებთ DHT11 ტენიანობის და ტემპერატურის სენსორს. მიღებული მონაცემების სერვერზე გადასაგზავნად - ESP8266 ტიპის მიკროკონტროლერს, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია გვექონდეს წვდომა ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ მონაცემზე რეალურ დროით რეჟიმში.

საკვანძო სიტყვები: ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლები, მონიტორინგის სისტემა, მიკროკონტროლერი, პულსოქსიმეტრის სენსორი.

შესავალი

ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლების მონიტორინგის სისტემა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სისტემაა ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, მისი განვითარების დონე ტექნოლოგიურად შესამჩნევად მატულობს დღით-დღე, ასევე დიდი პოპულარობით სარგებლობს უსადენო ტექნოლოგია სხვადასხვა ინდუსტრიის საჭიროებების დასაკმაყოფილებლად. გამოირჩევა ავტომატიზაციისა და კონტროლის სფეროები, ამრიგად ხარისხიანი ჯანდაცვის უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მიმართულება ბიოინჟინერიაა.

დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნებში, დღით-დღე იზრდება დაავადებული ადამიანების რიცხვი, მათ აქვთ ქრონიკული დაავადებები განსხვავებული რისკებით და ფაქტორებით, როგორცაა უმოქმედობა, ალკოჰოლის მოხმარება, კვების პრობლემები და ა.შ.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებზე დაყრდნობით, 4,9 მილიონი ადამიანი იღუპება ფილტვის კიბოთი, 2,6 მილიონი ადამიანი გადაჭარბებული წონის, 4,4 მილიონი ადამიანი მაღალი ქოლესტერინის და 7,1 მილიონი ადამიანი მაღალი წნევის გამო. ამბობენ, რომ მომდევნო 10 წლის განმავლობაში, ქრონიკული დაავადებების პაციენტებში, სიკვდილიანობა 17%-ით გაიზრდება, რაც დაახლოებით 64 მლნ ადამიანს შეადგენს. ქრონიკული დაავადებები ცვალებადია როგორც სიმპტომებით, ასევე მათი ევოლუციითა და მკურნალობით. ზოგიერთი ქრონიკული დაავადება, თუ ადრეულ პერიოდში არ გამოვლინდა და თუ დროული მკურნალობა არ დაინიშნა, შესაძლებელია ლეტალური შედეგით დასრულდეს პაციენტისათვის. ყველაზე გავრცელებულ ქრონიკულ დაავადებებს შორის, რომელთა მკურნალობა და მონიტორინგი შესაძლებელია არის დიაბეტი, არტერიული წნევა, გულის არითმია. ამ დაავადებების მქონე პაციენტები, გარდა იმისა, რომ აქვთ შეზღუდვები ფიზიკური შესაძლებლობები, ასევე ხშირად აქვთ ეკონომიკური, ემოციური და სოციალური ურთიერთობების პრობლემები [1],[2],[3].

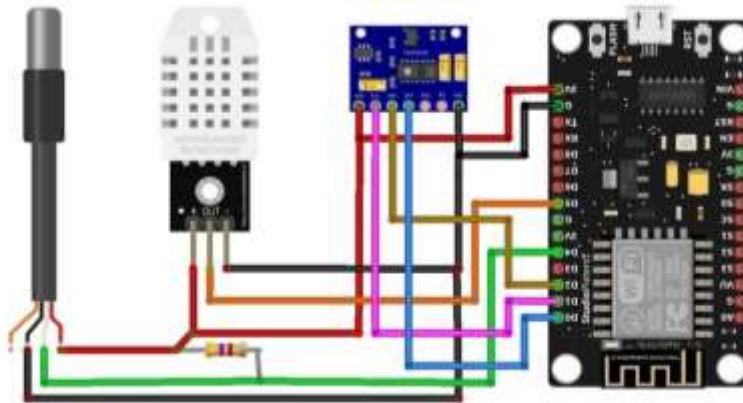
ამ ფაქტორების გათვალისწინებით ქრონიკული დაავადებების დასაძლევად ყველაზე კარგი შესაძლებლობაა - რეალური დროის რეჟიმში ადამიანის მონიტორინგის სისტემა. სისტემის გამოყენება საშუალებას მისცემს ექიმს პაციენტზე მუდვივი დაკვირვება აწარმოოს რეალურ დროით რეჟიმში, ნებისმიერი ტერიტორიიდან, რითაც ხელი შეეწყობა პაციენტის სიცოცხლის ხარისხიან შენარჩუნებას.

ძირითადი ნაწილი

პროტოტიპის აწყობა და კომპონენტები

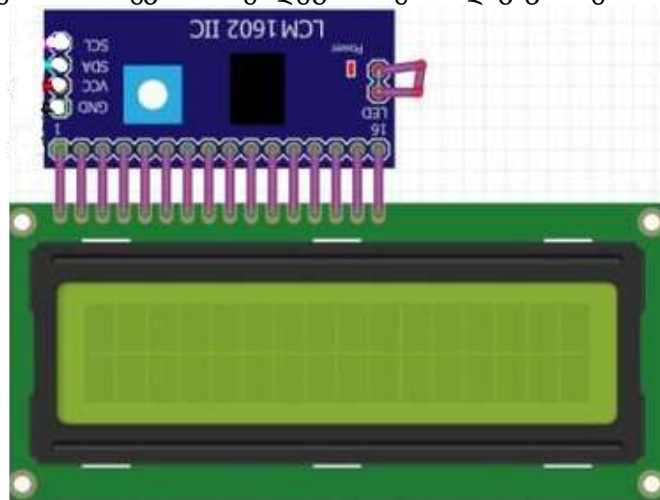
სასიცოცხლო მაჩვენებლების მონიტორინგის სისტემის პროტოტიპის აწყობა შედგება ორი ნაწილისაგან: სქემის აწყობა და კოდის ჩამოყალიბებისაგან. ჩვენს მიერ ხსენებული ხელსაწყო აწყობისას გამოყენებულია შემდეგი ნაწილები.

1. პულსოქსიმეტრი Gy-max30100 - ის პინები დაკავშირებულია მიკროკონტროლერის შემდეგ პოზიციებზე: 3.3V, -/GND, D0, D1, D2.
2. ტემპერატურის სენსორი DS18B20 - ის პინები დაკავშირებულია მიკროკონტროლერის შემდეგ პოზიციებთან: 3.3V, -/GND, D4.
3. ტემპერატურის და ტენიანობის სენსორი DHT11 - ის პინები მიკროკონტროლერის შემდეგ პოზიციებს უერთდება: 3.3V, -/GND, D5.
4. LCD ეკრანი მიკროკონტროლერთან დაკავშირებულია შემდეგ პოზიციებზე: 3.3V, -/GND, D1, D2.



სურ 1. პროტოტიპის სქემა

ამ სქემას ემატება LCD ეკრანი შემდეგი პინების დაკავშირებით:



სურ 2. LCD ეკრანის დაკავშირება ძირითად სქემასთან

ასევე გადავხედოთ ყველა პინის პოზიციებს:

SCL – პინი უკავშირდება D1- ის პინს მიკროკონტროლერზე.

SDA – პინი უკავშირდება D2- ის პინს მიკროკონტროლერზე .

VCC – პინი უკავშირდება 3.3 v - ის პინს მიკროკონტროლერზე.

GND - პინი უკავშირდება GND - ის პინს მიკროკონტროლერზე.

კოდირება

აწყობილ პროტოტიპს სჭირდება მართვა. პროტოტიპის აწყობისას გამოვიყენეთ მეთოდი: თითოეული მექანიზმი მიკროკონტროლერთან დაკავშირებულია ისე რომ არ შეიქმნას რაიმე ხარვეზი, ასევე დაკავშირებულია სერვერთან, სადაც შესაძლებელია მიღებული მონაცემების ნახვა რეალურ დროში, მოწყობილობების ფუნქციონირება და ინფორმაციის გადატანა დამოკიდებულია მიკროკონტროლერზე, რომელიც იძლევა IP მისამართს სადაც გადააქვს მონაცემები. ამ მეთოდს აქვს როგორც დადებითი მხარეები ასევე უარყოფითი მხარეები:

1. ზემო აღნიშნული მეთოდის უარყოფითი მხარეა მიკრო კონტროლერის კავშირი ინტერნეტ ქსელთან, თუ მიკროკონტროლერმა გაწყვიტა კავშირი მას აღარ აქვს შესაძლებლობა იმისა რომ მონაცემები გადაიტანოს სერვერზე.
2. მეთოდის დადებითი მხარე არის მისი სანდოობა და მონაცემების უწყვეტი გაზომვა, თუ გაწდება კავშირი ინტერნეტთან ის მაინც განარგობს გაზომვას და მონაცემების გამოტანას სერიულ მონიტორზე. ასევე დადებითად შეგვიძლია ჩავთვალოთ მისი უწყვეტ რეჟიმში მუშაობა და რამოდენიმე სასიცოცხლო მაჩვენებლის ერთდროულად გაზომვა.

მეთოდის შესამოწმებლად მოწყობილობა გამოიცადა, შესაბამისად მუშაობს გამართულად და უწყვეტად, მნიშვნელოვანი და აღსანიშნავია ის ფაქტი რომ, მოწყობილობას აქვს უნარი ხელახლა აღდგინოს კავშირი ინტერნეტ ქსელთან ავტომატურად, რაიმე პრობლემის არსებობის შემთხვევაში.

კოდის ჩაწერას ვიწყებთ DHT სენსორის ტიპის განსაზღვრით, რომ მისი სიგნალის პინი ჩართულია NodeMCU-სთან. ანალოგიურად, ასევე განსაზღვრულია ტემპერატურის სენსორის DS18B20 პინი და საანგარიშო პერიოდი 1000ms MAX30100 სენსორისთვის. კოდით განსაზღვრულია ხუთი განსხვავებული ცვლადი (ტემპერატურა, ტენიანობა, BPM, SpO2 და სხეულის ტემპერატურა). შემდეგი კოდი - პასუხისმგებელია მიკროკონტროლერის ინტერნეტთან წვდომაზე, რაც შემდგომში მიზნად ისახავს ინფორმაციის გადატანას სერვერზე. საჭიროა იმ ინტერნეტის ქსელის სახელის შეცვლა და პაროლის, ამის შემდეგ მიკრო კონტროლერი ავტომატურად უკავშირდება. მიკროკონტროლერმა და პროგრამამ უნდა დაინსტალიროს შემდეგი მოწყობილობები: ტენიანობისა და ოთახის ტემპერატურის სენსორი, სხეულის ტემპერატურის სენსორი და პულსოქსიმეტრის სენსორი. კოდის მიხედვით მოწყობილობა განსაზღვრავს გამომავალ პინს, ამოწმებს ტენიანობისა და ოთახის ტემპერატურის სენსორს, ცდილობს დაუკავშირდეს ინტერნეტ ქსელს ასევე ამოწმებს კავშირს, დაკავშირების შემთხვევაში გვამღევეს IP მისამართს, რომლის დახმარებითაც შეგვიძლია სერვერზე წვდომა მონაცემების რეალურ დროში მოწოდებით. კოდის შემდგომ მონაკვეთში ხდება სენსორების ჩართვა და გაშვება მუშა მდგომარეობაში, თუ რომელიმე სენსორი ვერ გაივლის ინსტალიზაციას ამის შესახებ ხდება ინფორმაციის მოწოდება, ამრიგად ის ამოწმებს სენსორების წარმატებულ კავშირს (იხ.სურ.3.) შემდეგ კოდი ითხოვს სენსორების წაკითხვას და შემდგომში გაზომილი მონაცემების ამობეჭვდას, თითოეულ პარამეტრზე როგორებიცაა: სხეულის ტემპერატურა, ოთახის ტემპერატურა და ტენიანობა, სისხლში ჟანგბადის შემცველობა და გულისცემის სიხშირე (იხ.სურ.4.).

მე-5 სურათზე მოცემულია სერვერზე მონაცემების გამოტანის და თითოეულზე მნიშვნელობების მინიჭების კოდი. ამ კოდირების საშუალებით, ჩვენ ვიღებთ ყოველ წამს განახლებულ მონაცემებს სერვერზე და არ გვჭირდება სერვერის გადატვირთვა ან განახლება (იხ.სურ.5.).

```
server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);

server.begin();
Serial.println("HTTP server started");

Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

if (!pox.begin()) {
  Serial.println("FAILED");
  for (;;)
} else {
  Serial.println("SUCCESS");
}
```

სურ 3. პროგრამის კოდი

```

void(*im_reset) (void) = 0;
void loop() {
  server.handleClient();
  pox.update();
  sensors.requestTemperatures();
  if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
    Serial.println(i);
    if(i==60){
      i=0;
      float t = dht.readTemperature();
      String Temperature_Value = String(t);
      float h = dht.readHumidity();
      int i=0;
      String Humidity_Value = String(h);
      bodytemperature = sensors.getTempCByIndex(0);
    }
  }
}

```

სურ 4. პროგრამის კოდი

```

//Ajax Code Start
html += "<script>\n";
html += "setInterval(loadDoc,1000);\n";
html += "function loadDoc() {\n";
html += "var xhttp = new XMLHttpRequest();\n";
html += "xhttp.onreadystatechange = function() {\n";
html += "if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {\n";
html += "document.body.innerHTML =this.responseText}\n";
html += "};\n";
html += "xhttp.open(\"GET\", \"/\", true);\n";
html += "xhttp.send();\n";
html += "}\n";
html += "</script>\n";
//Ajax Code END

```

სურ 5. პროგრამის კოდი

პროტოტიპის კონსტრუქცია

პროტოტიპის ასაწყობად გამოყენებულ იქნა 3D პრინტერზე დაბეჭდილ მასალას: PLA.

ეს არის მარტივი კონსტრუქცია რომლის ზედაპირზე თავსდება შემდეგი კომპონენტები: ეკრანი, პულსოქსიმეტრი, ოთახის ტემპერატურის და ტენიანობის სენსორი, ერთი გვერდიდან გამოყვანილია სხეულის ტემპერატურის სენსორი.

მოცემულ მოდელებში ყურადღება გამახვილებულია თითოეული დეტალის ზომასა და მათ განლაგებაზე, წარმოდგენილ მოდელებში თავისუფალი ადგილები ეკუთნის თითოეულ სენსორს, ეკრანს და მიკროკონტროლერის სამართავ ადაპტერს. დეტალები (ნაწილები) ერთმანეთისაგან დაშორებულია შერჩეული მანძილით, რადგან მათი მუშაობის პრინციპებიდან გამომდინარე, დეტალებმა არანაირი პრობლემა არ უნდა შეუქმნან ერთმანეთს და კომფორტული იყოს მომხმარებლებისთვის თითოეული განზომილების გამოყენება (იხ.ნახ. 6.).



სურ 6. ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლების მონიტორინგის სისტემა დასკვნა

წარმოდგენილი მოწყობილობა ზომავს ადამიანის ძირითად სასიცოცხლო მაჩვენებლებს, როგორცაა: სხეულის ტემპერატურა, სისხლში ჟანგბადის შემცველობა, გულისცემის სიხშირე, ასევე იმ გარემოს ტემპერატურასა და ტენიანობას სადაც პაციენტი იმყოფება.

მოწყობილობა ინფორმაციას გადასცემს სერვერზე რეალურ დროით რეჟიმში (შემდგომ მონაცემების დასამუშავებლად), რომელიც ნებისმიერი ბრაუზერის დახმარებითაა შესაძლებელი. ხასიათდება მიღებული მონაცემების საიმედოობით და სიზუსტით. მომხმარებლებისათვის ფინანსურად ხელმისაწვდომი და კომფორტულია (მსუბუქია) ანალოგებთან შედარებით.

ხელმისაწვდომი და კომფორტულია განსაკუთრებით ხანდაზმული ადამიანებისათვის, რადგან შესაძლებლობა ეძლევათ საკუთარი ჯანმრთელობა აკონტროლონ სახლიდან გაუსვლელად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Pemanfaatan Google Firebase pada Implementasi Enkripsi dan Dekripsi Data sebagai Alat dan Aplikasi Pemantau Kondisi Kesehatan Lanjut Usia. Regina Aprilia, Maharani Yusuf, Riko Firmando, Mina Naidah Gani, Nila Novita Sari.
[file:///C:/Users/Giorgi/Downloads/2115-Article%20Text-4831-1-10-20200914%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Giorgi/Downloads/2115-Article%20Text-4831-1-10-20200914%20(3).pdf) - უკანასკნელად იყო გადამოწმებული - 16.08.2023
2. NodeMCU ESP8266 Detailed Review. Make-It.ca. <https://www.make-it.ca/nodemcu-details-specifications/> - უკანასკნელად იყო გადამოწმებული - 16.08.2023
3. Human Vital Signs Detection Methods and Potential Using Radars. Mamady Kebe, Rida Gadhafi, Baker Mohammad, Mihai Sanduleanu, Hani Saleh, and Mahmoud Al-Qutayri. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7085680/> - უკანასკნელად იყო გადამოწმებული - 16.08.2023

Human vital signs monitoring system

Mariam Tsiklauri, Giorgi Sarishvili

Georgian Technical University

m.tsiklauri@gtu.ge, giorgisarishvili99@gmail.com

Abstract

Our goal was to build a prototype of a mobile electronic device to quickly read and transmit basic vital parameters of human health. Nowadays, humanity uses more and more advanced technologies for diagnosis and treatment of diseases. This device will allow us to quickly get information about a person's health and give it to a doctor. Get timely help and advice from qualified professionals. Today, the market is full of various "gadgets" that record certain health parameters, but not everyone can afford this item, and the data obtained is not accurate. Monitoring the vital parameters of patients at home is a challenging task due to our busy schedule and daily work, which leads to a lack of time. Periodic follow-up of elderly patients, in particular, is difficult and, most importantly, elderly patients require more careful monitoring. So, we offer an innovative system that simplifies this task. Our device uses an intelligent web server so that the

doctor can monitor the patient's health with this tracking system. In this way, patient health parameters such as body temperature, heart rate, blood oxygen levels, and room temperature and humidity can be monitored.

Patient Health Monitoring Using the ESP8266 microcontroller, we created an IoT-based patient health monitoring system. The system measures heart rate/pulse (BPM) and blood oxygen level (SpO2) using a MAX30100/102 pulse oximeter sensor, we use a DS18B20 temperature sensor to measure body temperature, similarly, the patient must be in a room where temperature and humidity levels are controlled to create a comfortable environment. And for control, we used the DHT11 humidity and temperature sensor. As for sending the received data to the server, this is provided by the ESP8266 microcontroller, which connects to the Internet, then gives us an IP address, and we have the ability to copy it and use any browser to access all of the above data, currently.

Key words: Human vital signs, monitoring system, microcontroller, pulse oximeter sensor.

მომდევნო თაობის თანამგზავრული საკომუნიკაციო ქსელები

სერგო შავგულიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნოდარ უღრელიძე, კავკასიის უნივერსიტეტი

მამუკა ჩხაიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.shavgulidze@gtu.ge, toban555@gmail.com, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

რეზიუმე

მოცემულია შემდეგი თაობის LEO მეგათანავარსკვლავედების სისტემური ანალიზი, წარმოდგენილია მათი შესაძლებლობები, არსებული გამოწვევები და მახასიათებლები. განხილულია მრავალშესასვლიან და მრავალგამოსასვლელიან უსადენო სისტემების, ასევე სივრცითი მოდულაციის და განზოგადებული მრავალნაკადიანი სივრცითი მოდულაციის გამოყენების შესაძლებლობები LEO მეგათანავარსკვლავედებში. ნაჩვენებია, რომ თანამედროვე სწრაფი ანალიზური მოდელირება ამარტივებს ინტეგრირებული ტერესტრიალური და თანამგზავრული ქსელების სირთულეს და იძლევა წვდომას ქსელის მუშაობის სწრაფ აღქმაზე. ნაშრომი აღწერს გარკვეულ შესაძლებლობებს, რომლებიც აყალიბებენ LEO თანავარსკვლავედებს, როგორც პერსპექტიულ გადაწყვეტას გლობალური დაფარვის მისაღწევად. ხაზგასმულია ის გამოწვევები, რომლებიც წარმოიქმნება ქსელების ჰიბრიდიზაციის პროცესში და ტექნიკური ასპექტები, რომლებიც დაკავშირებულია მათ განლაგებასთან. გარდა ამისა, წარმოდგენილია LEO თანამგზავრული მეგათანავარსკვლავედების ანალიზთან დაკავშირებული მიდგომები, რომელიც ითვალისწინებს ანალიზურ და კომპიუტერულ სიმულაციაზე დაფუძნებულ მოდელირებას.

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული მეგათანავარსკვლავედები, საკომუნიკაციო ქსელები, სივრცითი მოდულაცია, ინტეგრირებული ტერესტრიალური და თანამგზავრული ქსელები.

შესავალი

ამჟამინდელი ქსელის ინფრასტრუქტურა, სადენიანი იქნება ეს თუ უსადენო, დომინირებს ტერესტრიალური (მიწისპირა) საკომუნიკაციო სერვისებით, რომელთა

განლაგება ძირითადად განპირობებულია მოკლევადიანი მოგებით, რაც ამძაფრებს წვდომის უთანასწორობის პრობლემას შორ მანძილებზე არსებულ ტერიტორიებთან არასაკმარისი კავშირის გამო, რომლებსაც არ გააჩნიათ საკმარისი ბიზნესმოტივები. არატერესტრიალური ქსელები (NTN) ახლახან გამოჩნდა, როგორც პერსპექტიული გადაწყვეტა ტერესტრიალური ქსელების კავშირის გასაძლიერებლად გაფართოებული დაფარვის უზრუნველყოფის გზით. NTN-ების ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია თანამგზავრული ქსელები, მათ შორის ბოლო პერიოდში ფართოდ გამოყენებული დედამიწის დაბალი ორბიტის (LEO) თანამგზავრული მეგათანავარსკვლავედები [1]-[4]. მოსალოდნელია, რომ შემდეგი თაობის თანამგზავრული საკომუნიკაციო სერვისები უზრუნველყოფენ უწყვეტ კავშირს სოფლად და შორეულ რეგიონებში ინტეგრირებული კავშირით, თუნდაც მკვრივ ურბანულ გარემოში. მეხუთე თაობისა (5G) და მისი შემდგომი პერიოდის კომუნიკაციების განვითარებასთან დაკავშირებული გამოყენების შემთხვევების მხარდასაჭერად საჭიროა საყოველთაოდ დაკავშირება და მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე. თუმცა, ტერესტრიალური სერვისები სულაც ვერ უზრუნველყოფს თანმიმდევრულ და სამართლიან სამომხმარებლო გამოცდილებას შორეულ რეგიონებში კავშირის განხორციელებასთან დაკავშირებული სირთულეების გამო. თანამგზავრები ჩნდება, როგორც დამატებითი საშუალება, რათა უზრუნველყოს ფართოზოლოვანი კომუნიკაციები ურბანული ტერიტორიების მიღმა. საკმარისად დიდი (ფართო) სხივის გამოყენებით, LEO თანამგზავრს შეუძლია უზრუნველყოს დედამიწის ზედაპირის 3 და 12 პროცენტის ეკვივალენტური დაფარვა, ზღვის დონიდან შესაბამისად, 400 და 2000 კმ სიმაღლეებზე განთავსების შემთხვევაში. აქედან გამომდინარე, სოფლისა და შორეული (დისტანციური) ტერიტორიები შეიძლება ეფექტიანად დაიფაროს ციფრული განხეთქილების შესამცირებლად. თანამგზავრული დაფარვა ასევე შესაფერისია საზღვაო კომუნიკაციებისთვის და მაღალსიჩქარიანი მოძრავი პლატფორმებისთვის.

მეგათანავარსკვლავედების შესაძლებლობები, არსებული გამოწვევები და მახასიათებლები

თანამგზავრების საშუალებით გლობალური დაფარვა შეიძლება განხორციელდეს დედამიწის გეოსტაციონარული ორბიტის (GEO), დედამიწის საშუალო ორბიტის (MEO) და LEO თანამგზავრების გამოყენებით. მიუხედავად იმისა, რომ GEO თანამგზავრი ფარავს ზედაპირის გაცილებით დიდ რეგიონს, ტიპური გადაცემის ორმხრივი დრო (RTT) 250–350 მწმ-ზე მეტია, რაც მათ არაპრაქტიკულს ხდის შეყოვნებისგან თავისუფალი აპლიკაციებისთვის. ანალოგიურად, მიუხედავად იმისა, რომ MEO თანამგზავრების განთავსების სიმაღლე ოდნავ დაბალია, მათი RTT მაინც შედარებით დიდია. GEO-სა და MEO-ზე დაფუძნებულ თანამგზავრულ ქსელებთან შედარებით, LEO თანავარსკვლავედებს უჭირავთ გაცილებით დაბალი სიმაღლე ზღვის დონიდან (ჩვეულებრივ 400–2000 კმ). ეს შედარებითი სიახლოვე მნიშვნელოვნად აძლიერებს ლინკის ბიუჯეტს (45–60 დბ გაუმჯობესება GEO-სა და LEO-ს შორის) და ამცირებს კომუნიკაციის შეყოვნებას (მაგალითად, 30 მწმ RTT-ზე ნაკლები). თუმცა, ეს სიახლოვე ასევე იწვევს თანამგზავრის დაფარვის არეალის შემცირებას; შესაბამისად, აღნიშნულის კომპენსირება აუცილებელია თანავარსკვლავედში მეტი თანამგზავრის განთავსებით. დაბალი სიმაღლე ასევე იწვევს თანამგზავრის გაშვების ხარჯების შემცირებას, განსაკუთრებით მცირე და საშუალო ზომის გამშვები მოწყობილობების გაჩენით. ამიტომ, LEO მეგათანამგზავრულმა ქსელებმა ბოლო დროს მიიპყრო ინტენსიური ინტერესი.

ცნობილია, რომ მრავალშესასვლიან და მრავალგამოსასვლელიან (MIMO) უსადენო სისტემებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად გაზარდონ სპექტრული ეფექტიანობა სივრცითი

მულტიპლექსირებისგან მიღებული მოგების გამოყენებით. სივრცითი მულტიპლექსირებით მაღალი მოგების მისაღწევად, საჭიროა ანტენებს შორის დაბალი სივრცითი კორელაცია, რაც ჩვეულებრივ მიიღწევა, როდესაც ანტენები ერთმანეთისაგან საკმარისად არიან დაშორებული. მრავალმომხმარებლიანი MIMO-სთვის შეიძლება განიხილებოდეს სხვადასხვა კონფიგურაცია თანამგზავრზე საანტენო მესრის ფორმირებისთვის: ერთი თანამგზავრი, რომელიც იყენებს თანამგზავრს მრავალი ანტენით; თანამდებარე თანამგზავრები, რომლებიც იყენებენ რამდენიმე თანამგზავრს (თითოეული აღჭურვილია ერთი ანტენით) იმავე ორბიტულ სიბრტყეში; მრავალი თანამგზავრი, რომლებიც იყენებენ შემთხვევას, სადაც თითოეული თანამგზავრი აღჭურვილია ერთი ანტენით სხვადასხვა ორბიტულ სიბრტყეში.

სივრცითი მოდულაცია (SM) შეიძლება ჩაითვალოს MIMO გადაცემის განსაკუთრებულ შემთხვევად, რომელიც იყენებს მხოლოდ ერთ აქტიურ გადამცემ ანტენას თითოეულ დროით ინტერვალში. განზოგადებული მრავალნაკადიანი სივრცითი მოდულაციის (GMSM) დროს გადამცემი ანტენების ქვეჯგუფი გამოიყენება გადაცემული სიმბოლოებისთვის. მთავარი განსხვავება GMSM-სა და ჩვეულებრივ MIMO გადაცემას შორის არის ის, რომ GMSM-ით გადამცემი სიგნალის ვექტორში არის ნულოვანი ელემენტები, ანუ ყველა ანტენა ერთდროულად არ არის გააქტიურებული. ინფორმაციის გადაცემა ხდება სიგნალის კონსტელაციიდან სიმბოლოების არჩევით და დამატებით გადამცემი ანტენების ქვეჯგუფის არჩევით. როგორც კვლევებმა გვიჩვენა SM-ის და GMSM-ის გამოყენება ძალიან კარგ შედეგებს იძლევა თანამგზავრული კომუნიკაციებისთვის.

LEO თანამგზავრული ლინკები უზრუნველყოფს ლინკების ენერჯის უფრო გაუმჯობესებულ ბიუჯეტს, ვიდრე თანამგზავრები, რომლებიც მდებარეობს მაღალ სიმაღლეზე, რაც მათ უფრო მიმზიდველს ხდის NTN-ის მომდევნო თაობაში. თუმცა, თანამგზავრულ რადიოარხში, ჩნდება დედამიწის მოძრაობასთან დაკავშირებული რამდენიმე პრობლემა. ჩვეულებრივი გეოსტაციონარული ლინკებისგან განსხვავებით, LEO თანამგზავრებს აქვთ უფრო მცირე ორბიტული პერიოდები. მაგალითად, LEO თანამგზავრს, რომელიც მდებარეობს 400 კმ სიმაღლეზე, დაახლოებით 1.5 საათი სჭირდება დედამიწის გარშემო თავისი ორბიტული სვლის დასრულებისათვის, ხოლო 2000 კმ-ზე მდებარე თანამგზავრებს ამისთვის სჭირდება 2.1 საათამდე. ეს ნიშნავს, რომ თანამგზავრი მხოლოდ 6.25-დან 12.5 წუთამდე რჩება ხმელეთზე მყოფი მომხმარებლის ხედვის ველში.

ვინაიდან LEO თანამგზავრები საოცრად მაღალი სიჩქარით მოძრაობენ ხედვის ველის ფანჯარაში, ადგილი აქვს ხმელეთზე მომხმარებლის სიმაღლის კუთხის დიდ ცვალებადობას (სიმაღლის კუთხე არის კუთხე, რომელიც იქმნება ჰორიზონტის ხაზსა და მხედველობის ხაზს შორის). ეს იწვევს სიმძლავრის ლინკის ბიუჯეტში დიდ რყევებს. თავისუფალი სივრცეში გზის დაკარგვა, რომელიც დამოკიდებულია თანამგზავრსა და სახმელეთო მომხმარებელს შორის მანძილზე, მერყეობს მისი მინიმალური მნიშვნელობიდან, როდესაც თანამგზავრი მდებარეობს მომხმარებლის ზენიტში, ლოკალურ ჰორიზონტზე არსებულ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე. უფრო მეტიც, LEO ლინკებისთვის პირდაპირი ხედვის ხაზით (LoS) კომუნიკაციის მიღწევის ალბათობა დიდად არის დამოკიდებული სიმაღლის კუთხეზე. გადაადგილებითი სიჩქარის (რომლითაც მოძრაობენ LEO თანამგზავრები) კიდევ ერთი შედეგი, არის დოპლერის წანაცვლების ეფექტით გამოწვეული, მაღალი სიხშირული წანაცვლება, რომელიც წარმოიშობა მიწისპირა ტერმინალის გადაადგილების სიჩქარისგან დამოუკიდებლად. გარდა ამისა, ამჟამად მიმდინარეობს სიხშირული სპექტრის უფრო მაღალი უბნების შესწავლა, როგორცაა Q (33–50 გჰც) და V (40–75 გჰც) სიხშირული დიაპაზონები და

მათ ზემოთ არსებული ზოლი, მათი პოტენციური გამოყენებისთვის LEO მეგათანავარსკვლავედებში. ეს ზოლები გვთავაზობენ უზარმაზარ სპექტრულ ვაკანსიას გაზრდილი არახელსაყრელი პირობების ხარჯზე, რომელთა შორისაა გაზრდილი ატმოსფერული შთანთქმა და მგრძნობიარობა უკიდურესი რყევების გამო. აღსანიშნავია, რომ არხის რობასტული პროგნოზირება იძლევა ადაპტირების შესაძლებლობას თანამგზავრულ სისტემებში, როდესაც საქმე ეხება რადიოარხში დიდ ცვალებადობას.

რადიოსიხშირული სპექტრი არის შეზღუდული რესურსი, რომელსაც ინაწილებს უამრავი უსადენო გადამცემი. უსადენო ტექნოლოგიების მზარდი რაოდენობის გამო, რომლებიც მუდმივად კონკურენციაში არიან შეზღუდული სპექტრის გამო, სპექტრული რესურსების ხელახალი გამოყენება სასიცოცხლო მნიშვნელობის გახდა, რათა მივაღწიოთ უფრო მაღალ სპექტრულ ეფექტიანობას მრავალჯერადი წვდომის ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამიტომ, როდესაც დიდი რაოდენობით გადაცემები ცდილობენ ერთობლივ წვდომას სიხშირულ ზოლებზე, წარმოიქმნება თანაარხის ინტერფერენციის უფრო მაღალი დონე. ამრიგად, შემდეგი თაობის თანამგზავრული წვდომის სისტემებმა უნდა გამოიყენონ ინტელექტუალურად განაწილებული მრავალჯერადი წვდომის მექანიზმები და შესაბამისი დაგეგმარება, რათა უზრუნველყონ გადაცემების თანაარსებობა. უფრო მეტიც, თანაარხის ინტერფერენცია, რომელიც გამოწვეულია უფრო მაღალ სიმაღლეზე განთავსებული თანამგზავრებით, როგორცაა GEO, უნდა აღმოფხვრას. კონკრეტულად, LEO თანავარსკვლავედები განიცდიან უფრო მაღალ თანაარხის ინტერფერენციას GEO ლინკებთან შედარებით, როგორც დაუნლინკში, ასევე აპლინკში.

დაუნლინკისთვის, LEO თანავარსკვლავედში განლაგებული თანამგზავრების დიდი რაოდენობა (თითო თანავარსკვლავედზე 1000 თანამგზავრზე მეტი) ძირითადად იყენებს ერთსა და იმავე სპექტრულ ზოლს. მაშასადამე, მიწისზედა მომხმარებლის ლოკალურ გუმბათში (თანავარსკვლავედის სფეროს ნაწილი), რომლის ფარგლებშიც თანამგზავრებს შეუძლიათ მიწისზედა მომხმარებელთან დაკავშირება, მათ პოტენციურად შეიძლება ხელი შეუშალონ ერთმანეთს. თანაარხის ინტერფერენცია (მოცემულ თანავარსკვლავედში) შეიძლება მნიშვნელოვნად შემცირდეს სხვის გონივრულად ფორმირების, ფრაქციული სიხშირის ხელახალი გამოყენებისა და თანამგზავრთაშორისი ინტერფერენციის აღმოფხვრის პროტოკოლების გამოყენებით. თუმცა, სპექტრის გადანაწილება სხვადასხვა თანავარსკვლავედებს შორის ან თანამგზავრულ და ტერესტრიალურ სერვისებს შორის გაცილებით რთული პრობლემაა კოორდინაციის თანდაყოლილი ნაკლებობის გამო. ამიტომ, ქსელის წვდომის ტექნოლოგიების პარამეტრების დასარეგულირებლად საჭიროა სიხშირული სპექტრის ფრთხილად და გონივრულად მართვა.

ანალოგიურად, აპლინკისთვის მიწისზედა მომხმარებელთა დიდი რაოდენობის მიერ წარმოქმნილმა ინტერფერენციამ შეიძლება გამოიწვიოს მახასიათებლების მნიშვნელოვანი დეგრადაცია, თუ სპექტრული ზოლები გაზიარებულია ტერესტრიალურ სერვისებთან. ეს პრობლემა გამწვავებულია LEO თანამგზავრებისკენ გზაში დანაკარგების შემცირების გამო. უფრო მეტიც, თანამგზავრების დიდი დაფარვის კვალით (მის ტერესტრიალურ ანალოგთან შედარებით), აპლინკისთვის საჭიროა უფრო დიდი საკოორდინაციო რეგიონი. დაუნლინკში გამოყენებული მეთოდების მსგავსად, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ინტერფერენციის აღმოფხვრის რამდენიმე სქემა. დამატებით ბარიერს წარმოადგენს თანამგზავრული სერვისების გლობალური ბუნება, რაც მოითხოვს მრავალი სტანდარტისა და სხვადასხვა მარეგულირებელი ორგანოების ჰარმონიზაციას მთელს მსოფლიოში. გარდა ამისა,

მექანიზმები, რომლებსაც შეუძლიათ გააუმჯობესონ აპლინკი, როგორცაა სიმძლავრის მართვა, უკიდურესად რთულია, განსხვავებით ტერესტრიალური და გეოსინქრონული კომუნიკაციებისგან, LEO თანამგზავრებში არხის სწრაფად ცვალებადობის გამო.

5G კომუნიკაციების შემდგომი პერიოდისთვის, ინტეგრირებული ტერესტრიალური და თანამგზავრული ქსელები (ITSN) მოსალოდნელია, რომ ერთობლივად მოიცავდეს ორივე ტიპს, მათი უპირატესობების გაერთიანების მიზნით. ასეთ ჰიბრიდულ სქემაში, ტერესტრიალური ქსელების მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე და თანამგზავრების დიდი დაფარვის კვალი გაერთიანებულია უწყვეტი კონტინუუმის შესაქმნელად. თანამგზავრული საკომუნიკაციო პროტოკოლები, როგორც ფიზიკური, ასევე წვდომის ფენების ჩათვლით, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება განლაგებულ ქსელებში, ძირითადად კერძო საკუთრებაშია. მესამე თაობის პარტნიორობის პროექტი (3GPP) აქტიურად სწავლობს NTN-ების ინტეგრაციას მომავალ 5G-ის შემდგომ გამოშვებებში, ფიზიკური ფენისა და ქსელების სხვადასხვა არქიტექტურის ჩათვლით.

თანამგზავრთაშორისი ლინკები (ISL) სასურველია თანამგზავრული ქსელების განსახორციელებლად, განსაკუთრებით LEO თანავარსკვლავედებში თანამგზავრების დიდი რაოდენობით. ISL-ები უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემას, ურთიერთკავშირს და ინფორმაციის სარელეო გადაცემას თანამგზავრებს შორის. ISL-ების გარეშე, მეგათანამგზავრული ქსელები საჭიროებენ კარიბჭეების დიდ რაოდენობას რეალურ დროში გლობალური დაფარვის უზრუნველსაყოფად. უფრო მეტიც, ISL-ები ძალიან სასურველია შორ მანძილზე დაბალი შეყოვნების კომუნიკაციებისთვის, სადაც LEO თანამგზავრული ქსელის ISL-ებთან გამოყენებამ შეიძლება შეამციროს შეყოვნება ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებზე დაფუძნებულ ტერესტრიალურ ქსელებთან შედარებით. აქედან გამომდინარე, ISL-ებს შეუძლიათ უზრუნველყონ შეყოვნებისადმი მგრძობიარე სერვისები, როგორცაა ფინანსური აპლიკაციები (მაგალითად, დაბალი შეყოვნების კავშირები ფინანსურ ცენტრებს შორის). უფრო მეტიც, ბორტზე დამუშავების და თანამგზავრების ინტელექტის გაზრდის ტენდენციები ასევე მოითხოვს ISL-ებისგან ქსელის ავტომატური მართვის განხორციელებას. როგორც რადიოსიხშირე, ასევე ოპტიკური ზოლები შეიძლება შესწავლილი იყოს ISL-ებისთვის. რადიოსიხშირეებზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებებთან შედარებით, მიუხედავად იმისა, რომ ISL-ებისთვის ოპტიკური სპექტრის გამოყენება მოითხოვს სხივის მიმართულების ზუსტ განსაზღვრას, ამ უკანასკნელს აქვს ძირითადი უპირატესობები უფრო მაღალი გამტარუნარიანობის, ენერჯის დაბალი მოხმარებისა და დაბალი ინტერფერენციების გამო. ამიტომ, ოპტიკური ISL-ების გამოყენებამ შეიძლება უზრუნველყოს მონაცემთა გადაცემის უფრო მაღალი სიჩქარე და გაუმჯობესებული სიგნალისა და ხმაურის თანაფარდობა (SNR). მიუხედავად იმისა, რომ ISL-ები ფართოდ იქნა შესწავლილი და განვითარებული, არსებობს მთელი რიგი კრიტიკული საკითხები, რომელთა მოგვარებაც საჭიროა. ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევაა ჰენდოვერი სხვადასხვა თანამგზავრებს შორის, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც თანამგზავრების დიდი რაოდენობაა სხვადასხვა ორბიტულ სიმაღლეზე. ეს პრობლემა კიდევ უფრო უარესდება ოპტიკური ISL-ების შემთხვევაში, სხივის სივიწროვის გამო, რომელიც მოითხოვს სხივის ზუსტ პოვნას, მისთვის თვალყურის დევნებას და დამიზნებას, ასევე ხშირ ჰენდოვერს. გარდა ამისა, LEO-ზე დაფუძნებული თანამგზავრული ქსელების დინამიური ბუნება ასევე იწვევს ქსელის ტოპოლოგიის ცვლილებებს და, შესაბამისად, სიგნალის ოვერჰედის (ზედნადები ხარჯების) ზრდას.

LEO თანამგზავრები ორბიტაზე მოძრაობენ ძალიან მაღალი სიჩქარით, რითაც მხოლოდ რამდენიმე წუთის განმავლობაში რჩებიან მომხმარებლის ანტენის დიაპაზონში. ეს არის ძალიან მოკლე პერიოდი და მის ფარგლებში, ქსელმა უნდა შეასრულოს ჰენდოვერის რთული პროცედურა, რათა შენარჩუნდეს მომხმარებლის უწყვეტი სესია. ჰენდოვერის პროცედურები საკმაოდ კარგადაა შემუშავებული ტერესტრიალურ ქსელებში და 5G-ის საგზაო რუკა მუდმივად ვითარდება უფრო საიმედო ჰენდოვერებისკენ, დაბალი შეყოვნებით. ასეთ ქსელებში ჰენდოვერის პროცედურა ჩვეულებრივ იწყებს მოქმედებას მომხმარებლის მობილურობის გამო. ამის საპირისპიროდ, თანამგზავრების ჰენდოვერი ხორციელდება თანამგზავრების სწრაფი ფარდობითი მოძრაობის გამო, ქსელის მუდმივად ცვალებად ტოპოლოგიასთან ერთად. ხშირ ჰენდოვერებთან არის დაკავშირებული რამდენიმე გამოწვევა, მათ შორის გაზრდილი სიგნალური ოვერჰედი; ტრაფიკის უფრო ხშირი გადამისამართება (და შესაბამისად გაზრდილი შეყოვნება); მექანიკურად მართვადი ანტენების გაზრდილი ცვეთა. გარდა ამისა, ძალიან მნიშვნელოვანია ჰენდოვერის რაოდენობრივი მახასიათებელი.

ქსელის ანალიზური მახასიათებელი ჩვეულებრივ ფასდება რადიოპაკეტის წარმატებით მიღების საშუალო ალბათობით. თანამგზავრულ საკომუნიკაციო ლინკში წარმატება დამოკიდებულია რადიოარხის მდგომარეობაზე და გამოყენებულ გარემოსთან წვდომის მართვაზე. გარდა ამისა, ქსელის მუშაობის ანალიზი განსხვავებულია დაუნლინკის და აპლინკის საკომუნიკაციო სისტემებისთვის.

ITSN-ები წარმოქმნიან უკიდურესად რთულ საპროექტო პრობლემებს; საბედნიეროდ, თანამედროვე სწრაფი ანალიზური მოდელირება ამარტივებს სირთულეს და იძლევა წვდომას ქსელის მუშაობის სწრაფ აღქმაზე. ITSN-ების ანალიზური მოდელირება დიზაინერებს აძლევს საშუალებას უხეშად შეაფასონ საჭირო ქსელური ინფრასტრუქტურა, როგორც ტერესტრიალური, ისე თანამგზავრული კომპონენტების ზომების კუთხით. გარდა ამისა, სტოქასტური გეომეტრიის (SG) გამოყენებით თანამგზავრული თანავარსკვლავედის მახასიათებლების მოდელირების თანდაყოლილი უპირატესობა არის ტერესტრიალური ქსელის კარგად ჩამოყალიბებული მოდელების ხელმისაწვდომობა, რომლის მიხედვითაც ITSN მახასიათებლების თანმიმდევრულად მიღება შესაძლებელია ორი მოდელის კომბინაციით. შეიძლება განიხილებოდეს ორი ცნობილი ITSN კონფიგურაცია.

სარელეო ITSN: ეს იყენებს ტერესტრიალურ საბაზო სადგურებს, თანამგზავრებსა და სახმელეთო მომხმარებლებს შორის სარელეო გადაცემის მიზნით, რათა შეამციროს სიგნალის დეგრადაცია, რომელიც ხდება დაჩრდილვის გამო. ბინომიალური წერტილოვანი პროცესის (BPP) მოდელის კომბინაციით თანავარსკვლავედში თანამგზავრების წარმოსადგენად დამოუკიდებელ პუასონის წერტილოვანი პროცესთან (PPP) ტერესტრიალური საბაზო სადგურებისთვის, გაუმჯობესებული დაფარვა სოფლის რეგიონებში შეიძლება მიღებულ იქნას ანალიზის საფუძველზე.

ჰეტეროგენული ITSN: ეს საშუალებას აძლევს თანამგზავრებს და ტერესტრიალურ საბაზო სადგურებს ერთობლივად ჰქონდეთ წვდომა ერთსა და იმავე სპექტრულ რესურსზე კოორდინირებული რადიოტექნოლოგიის საფუძველზე, იქნება ეს ცენტრალურად კოორდინირებული თუ განაწილებული. ვინაიდან სახმელეთო მომხმარებლებს შეიძლება მოემსახუროს ორივე ქსელი ერთდროულად, მახასიათებლები დამოკიდებულია ორივე არხზე. სისტემას, რომელიც განათავსებს ორ დამოუკიდებელ PPP-ის, როგორც თანამგზავრული თანავარსკვლავედისთვის, ასევე ტერესტრიალური საბაზო სადგურებისთვის, შეუძლია

დააფიქსიროს თანავარსკვლავედის ზომისა და საბაზო სადგურების განთავსების სიმკვრივის გავლენა საკომუნიკაციო ლინკის მახასიათებელზე.

გავლის ხანგრძლივობა არის ინტერვალი, რომლის დროსაც თანამგზავრი ხელმისაწვდომია მოცემულ სახმელეთო მომხმარებელთან საიმედო კავშირის დასამყარებლად. თანამგზავრების გავლის პროგნოზირება და არა-გეოსინქრონული ორბიტების თვალყურის დევნება მნიშვნელოვანი ფუნქციაა თითქმის ყველა თანამგზავრზე დაფუძნებული კომუნიკაციის, ზონდირებისა და პოზიციონირების სისტემებისთვის. ამ სისტემებში პროგნოზირების ალგორითმები იძლევა ზუსტ შეფასებას იმ მომენტისა, როდესაც თანამგზავრი შედის დამკვირვებლის ხედვის ველში, კოორდინატების ვექტორის ჩათვლით გავლის ხანგრძლივობის მიხედვით. გამარტივებული ზოგადი პერტურბაციის (SGP) მოდელები ჩვეულებრივ გამოიყენება დედამიწის მახლობლად მყოფი თანამგზავრების თვალყურის დევნებისთვის, რომელიც ეფუძნება პარამეტრებს, რომლებიც აღწერს ორბიტას დროის მოცემულ მომენტში. ამრიგად, აშკარაა, რომ გამოთვლითი სიმძლავრის მატებასთან ერთად ძნელი არ არის გარკვეული თანამგზავრული თანავარსკვლავედის გავლის ხანგრძლივობის სტატისტიკური განაწილების მიღება. თუმცა, ასეთი გამოთვლები არ ექვემდებარება დამუშავებას და ევრისტიკულად ვერ ხერხდება მათი ინვერსია (ანუ, ისინი არ იძლევა ორბიტული პარამეტრების მიღების შესაძლებლობას გავლის ხანგრძლივობის სასურველ სტატისტიკაზე დაყრდნობით). თანავარსკვლავედის გავლის ხანგრძლივობის შეფასება საშუალებას იძლევა უკეთ გავაცნობიეროთ მრავალი პრაქტიკული ასპექტი; მათ შორის, მაგალითად, საჭირო სასიგნალო ოვერჰედი თანამგზავრებს შორის ჰენდოვერისთვის; მაქსიმალური უწყვეტი საკომუნიკაციო სესია, რომელიც შეიძლება დამყარდეს თანამგზავრსა და მომხმარებელს შორის; საჭირო გაღვიძების დრო ელექტრონერგიით შეზღუდული საგანთა ინტერნეტის (IoT) მოწყობილობებში, ისეთი რომ, მათ ატვირთონ საჭირო სენსორული ინფორმაცია და აუცილებლობის შემთხვევაში მიიღონ დაუნლინკის ბრძანებები.

SG-ზე დაფუძნებული ანალიზური მოდელების გამოყენების უპირველესი სარგებელი არის მახასიათებლების სწრაფი ოპტიმიზაციის უნარი. ეს ოპტიმიზაცია შეიძლება მიღწეული იყოს ანალიზური (დიფერენცირების გამოყენებით) ან კარგად ჩამოყალიბებული რიცხვითი ალგორითმების მეშვეობით. მაგალითად, LEO მეგათანავარსკვლავედებისთვის ოპტიმიზაცია შეიძლება განხორციელდეს წარმატების ალბათობის მაქსიმიზაციის საფუძველზე ქსელის ძირითადი პარამეტრების დარეგულირებით. ბევრ მნიშვნელოვან პარამეტრს შორის, რომელიც გავლენას ახდენს მახასიათებლებზე, არის თანავარსკვლავედში თანამგზავრების რაოდენობა, მათი საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან და ანტენის სხივის სიგანე, რომელსაც თანამგზავრი ან მიწისზედა მომხმარებლები იყენებენ ქსელში. უფრო მეტიც, ოპტიმიზაციის მიდგომები შეიძლება გაფართოვდეს ჰიბრიდულ ITSN-ზე ტერესტრიალური და თანამგზავრული ქსელის პარამეტრების ერთობლივად დასარეგულირებლად.

დასკვნა

გლობალურად მზარდი ციფრული განხეთქილების ფონზე, საჭიროა არსებული ქსელის ინფრასტრუქტურის შეცვლა, რაც საშუალებას მოგვცემს ხელახლა წარმოვადგინოთ ქსელის ძირითადი კომპონენტები, რომლებიც ქმნიან ჩვეულებრივ ქსელებს და ხელახლა შევაფასოთ ქსელების მუშაობის მეტრიკები. ნაშრომში წარმოდგენილია LEO თანამგზავრული მეგათანავარსკვლავედები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელი იქნება შემდეგი თაობის უსადენო საკომუნიკაციო ქსელებში. ნაშრომი აღწერს გარკვეულ შესაძლებლობებს, რომლებიც აყალიბებენ LEO თანავარსკვლავედებს, როგორც პერსპექტიულ გადაწყვეტას გლობალური

დაფარვის მისაღწევად. უფრო მეტიც, ხაზგასმულია ის გამოწვევები, რომლებიც წარმოიქმნება ქსელების ჰიბრიდიზაციის პროცესში და ტექნიკური ასპექტები, რომლებიც დაკავშირებულია მათ განლაგებასთან. გარდა ამისა, წარმოდგენილია LEO თანამგზავრული მეგათანავარსკვლავედების ანალიზთან დაკავშირებული მიდგომები, რომელიც ითვალისწინებს ანალიზურ და კომპიუტერულ სიმულაციაზე დაფუძნებულ მოდელირებას.

ლიტერატურა

1. B. A. Homssi *et al.* "Next Generation Mega Satellite Networks for Access Equality: Opportunities, Challenges, and Performance," IEEE Commun. Mag., vol. 60, no. 7, April 2022, pp. 18–24.
2. R. T. Schwarz *et al.*, "MIMO Applications for Multibeam Satellites," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 65, no. 4, 2019, pp. 664–81.
3. B. Evans *et al.*, "Integration of Satellite and Terrestrial Systems in Future Multimedia Communications," IEEE Wireless Commun., vol. 12, no. 5, Oct. 2005, pp. 72–80.
4. A. Al-Hourani, "An Analytic Approach for Modeling the Coverage Performance of Dense Satellite Networks," IEEE Wireless Commun. Letters, vol. 10, no. 4, 2021, pp. 897–901.

კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-22-4050]“.

Next Generation Satellite Communication Networks

Sergo Shavgulidze, Georgian Technical University

Nodar Ugrelidze, Caucasus University

Mamuka Ckhaidze, Georgian Technical University

s.shavgulidze@gtu.ge, toban555@gmail.com, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

Abstract

A systematic analysis of the next generation LEO mega-constellations is given, their capabilities, current challenges and characteristics are presented. The possibilities of using multiple-input and multiple-output wireless systems as well as spatial modulation and generalized multi-stream spatial modulation in LEO mega-constellations are discussed. State-of-the-art fast analytical modeling has been shown to simplify the complexity of integrated terrestrial and satellite networks and provide access to a rapid understanding of network performance. The paper describes some of the possibilities that make LEO constellations a promising solution for achieving global coverage. The challenges that arise in the process of hybridization of networks and the technical aspects related to their deployment are highlighted. In addition, approaches related to the analysis of LEO satellite mega-constellations are presented, which includes modeling based on analytical and computer simulation.

Keywords: Satellite Mega-constellations, Communication Networks, Spatial Modulation, Integrated Terrestrial and Satellite Networks.

Python რეალური დროის სისტემებში

ნონა ოთხოზორია, ანი კუდუხაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

kudukhashvili.ani@gmail.com, n.otkhozoria@gtu.ge

რეზიუმე

Python იძლევა სწრაფი პროტოტიპების და აპლიკაციების შემუშავების საშუალებას, რაც მნიშვნელოვანია ბაზარზე გასვლის დროის შესამცირებლად და ცვალებად მოთხოვნებთან ადაპტაციისთვის. სტატიაში განხილულია პითონის გამოყენება მიკროკონტროლერებსა და ჩაშენებულ სისტემებში, შეფასებულია მისი ეფექტურობა საკმაოდ მძლავრი და ხელმისაწვდომი ბიბლიოთეკებით ჩაშენებული სისტემების კრიტიკულად მნიშვნელოვანი მონაცემთა ბაზების მისაღებად, მონაცემთა ანალიზისა და შედეგების ვიზუალიზაციისათვის.

საკვანძო სიტყვები: Python, ჩაშენებული სისტემები, ტესტირება

შესავალი

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში Python გახდა ტრენდული პროგრამირების ენა. ეს არის ობიექტზე ორიენტირებული და ინტერპრეტირებადი (არა კომპილირებადი) ენა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება Linux-ზე, Windows-ზე, ასევე Raspberry Pi-ზე. საინტერესოა Python-ის როლი რეალურ დროში ჩაშენებულ სისტემებში. ენის მოქნილობა და სიმარტივე საფუძველს ქმნის მიკროკონტროლერის გარემოში მისი ადაპტირებისათვის. ბოლო პერიოდში Python ქმნის თავის ახალ როლს მიკროკონტროლერის გარემოში ჩაშენებული სისტემების შემუშავებისას. Python არ ითვლება ძირითად ენად ჩაშენებული სისტემების შემუშავებისას, რადგანაც გააჩნია უფრო მეტი მოთხოვნები რესურსების მიმართ, ვიდრე ასემბლერსა და C-ს, თუმცა განსაზღვრული ამოცანების დამუშავებისას ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას ეფექტურად. მნიშვნელოვანია შეირჩეს პლატფორმა, რომელსაც გააჩნია Python-ის მხარდაჭერა. მისი გამოყენება შესაძლებელია Micro Python და Circuit Python-ის ფორმით, რომლებიც წარმოადგენს Python-ის ვერსიას, რომელიც ოპტიმიზირებულია მიკროკონტროლერებისა და ჩაშენებული სისტემებისათვის

Python-ის ერთ-ერთი გამოყენება შესაძლებელია იყოს რეალური მოვლენების მოდელირება სტატისტიკური ფუნქციების გამოყენებით, ძირითადად რიგების და რესურსების გამოყენების მართვისათვის ლოგისტიკაში, წარმოებაში, ჯანდაცვასა და სხვა სფეროებში. ასევე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჩაშენებული პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისას დეველოპერები ხშირად ანალიზებენ სალტის ტრაფიკს, როგორცაა USB, SPI ან I²C. ხშირ შემთხვევაში ეს ანალიზი აუცილებელია სალტის ანალიზატორის მართვისათვის და ჩაშენებული სისტემისთვის შეტყობინების გადასაგზავნად. პითონის საშუალებით შესაძლებელია სცენარების შემუშავება ინსტრუმენტების სამართავად. ინსტრუმენტების კონტროლის შესაძლებლობა, რომლებსაც შეუძლიათ შეტყობინებების გაგზავნა და მიღება ჩაშენებული სისტემიდან Python-ის საშუალებით, ქმნის შესაძლებლობას ავტომატური ტესტების შესაქმნელად, მათ შორის რეგრესიული ტესტირების. შეიძლება შეიქმნას პითონის სკრიპტები, რომელთა საშუალებით ჩაშენებული სისტემისთვის განისაზღვროს სხვადასხვა მდგომარეობები, კონფიგურაციის ცვლილებით შესაძლებელია შემოწმდეს ყველა შესაძლო დარღვევა. პითონის ავტომატური ტესტირებისთვის გამოყენების ერთ-ერთი უპირატესობა ის არის, რომ შესაძლებელია რეგრესიული ტესტების შემუშავება, რომლებიც მუდმივად ამოწმებს

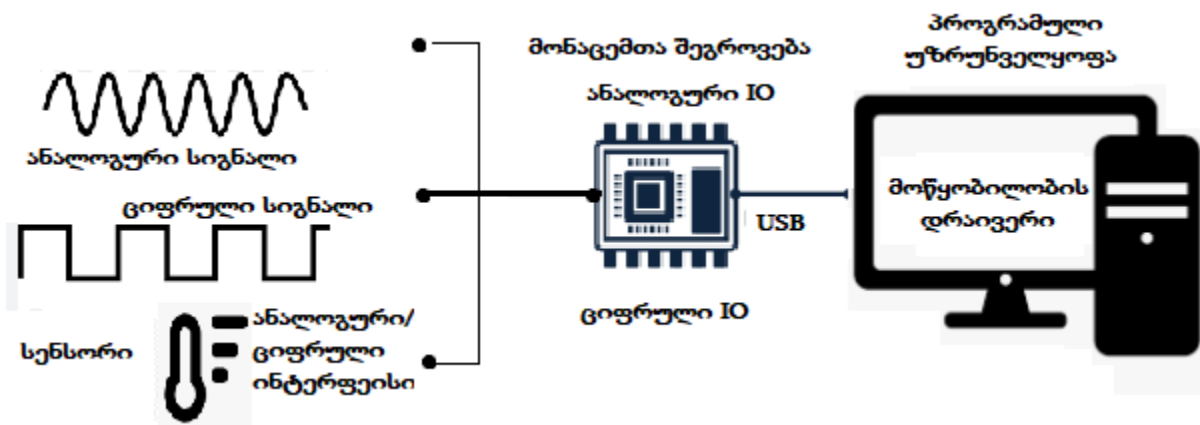
სისტემას. კოდის ნებისმიერი ცვლილება, რომელიც გამოიწვევს შეცდომებს ან შეუსაბამობებს, დაუყოვნებლივ აღმოჩენილი იქნება [1].

ძირითადი ნაწილი

რეალური დროის სისტემებში პირველადი ინფორმაციის წყარო შეიძლება იყოს სენსორი, საიდანაც ხდება მონაცემების წაკითხვა. როგორც წესი, ამ შემთხვევაში საჭიროა მონაცემთა შეგროვების მოწყობილობა (DAQ), რომელიც დაკავშირებული უნდა იყოს კომპიუტერთან ან მაგალითად, Raspberry Pi მოწყობილობასთან [2].

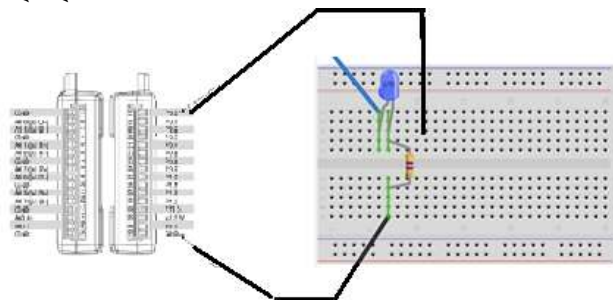
DAQ სისტემა შედგება 4 ნაწილისგან:

- სიგნალების შეტანა/გამოტანა, სენსორები;
- DAQ მოწყობილობა მონაცემთა შეგროვებისათვის;
- დრაივერის პროგრამული უზრუნველყოფა;
- პროგრამული აპლიკაცია (Application software) - ამ შემთხვევაში შეგვიძლია გამოვიყენოთ Python



ნახ. 1 მონაცემთა შეგროვების სისტემა

Measurement Automation Explorer (MAX) არის პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია მონაცემთა შეგროვების სისტემის პარამეტრების მართვისათვის და გასატესტად, სანამ გამოვიყენებთ ნებისმიერი პროგრამირების ენას, მათ შორის Python-ს. MAX-ით შეგიძლიათ დარწმუნდეთ, რომ თქვენი DAQ მოწყობილობა მუშაობს ისე, როგორც მოსალოდნელი იყო. თქვენ შეგიძლიათ გამოიყენოთ სატესტო პანელები ანალოგური და ციფრული შეტანისა და გამოტანის არხების გასატესტად. განვიხილოთ მარტივი მაგალითი - შუქდიოდის მართვა. დაგვჭირდება შემდეგი აღჭურვილობა: კომპიუტერი, DAQ მოწყობილობა, სამაკეტო დაფა, შუქდიოდი, რეზისტორი, მავთულები კომპონენტების დასაკავშირებლად და სქემის შესაქმნელად. სამაკეტო დაფა გამოვიყენოთ ელექტრონული კომპონენტების შესაერთებლად



ნახ. 2 შუქდიოდის დაკავშირება DAQ მოწყობილობასთან

```

import nidaqmx
import time

from nidamax.constants import (TerminalConfiguration)
with nidamax.Task() as problem:
    problem.ai_channels.add_ai_chan("Dev1/port0/line0")
    value= true
    problem.start
    i=1
    while i<10 :
        problem.write(value)
        time.sleep(1)
        value = not value
        problem.write(value)
        i=i+1
    problem.stop
)

```

ნახ. 3 შუქდიოდის მართვა Python-ის გამოყენებით

PythonDAQ არის Python-ის ღია კოდით პაკეტი საზომი მონაცემების მოგროვების, ვიზუალიზაციის, შენახვისა და შემდგომი დამუშავებისთვის. კოდს შეუძლია მიიღოს გაზომვის მონაცემები ნებისმიერი სენსორიდან ციფრული მონაცემების სახით, შეასრულოს ონლაინ გამოთვლები და შეინახოს გაზომილი და გამოთვლილი მონაცემები. პროგრამულ პაკეტში ასევე არის რეალურ დროში მონაცემთა ვიზუალიზაციის და შემდგომი დამუშავების ინსტრუმენტები.

PythonDAQ-ის იმპლემენტაცია ჯერ არ დასრულებულა, ჯერ კიდევ მიმდინარეობს უწყვეტი განვითარება. ამ დროისთვის მონაცემთა სერვერის სინქრონული განხორციელება დასრულებულია და მზად არის გამოსაყენებლად. სინქრონული რეალიზაცია ნიშნავს, რომ სენსორების გამოკითხვა ხდება მონაცემებისთვის, ერთჯერ, გამოთვლების დაწყებამდე სათითაოდ. ეს პროცედურა სავსებით მოსახერდებელია აპლიკაციებისთვის შეზღუდული რაოდენობის სენსორებით ან თუ შესრულების რეალური დრო სასურველი ციკლის დროზე გაცილებით ნაკლებია. ციფრული საკომუნიკაციო ინტერფეისის მქონე სენსორების უმეტესობა რეაგირებს რამდენიმე მილიწამში ყოველი მოთხოვნისთვის. კვლევებით დგინდება, რომ ყველაზე დიდი დრო იხარჯება სენსორებიდან პასუხების შემოსვლაზე, დაპარალელება არის საკითხის დაძლევის ერთერთი გზა. იდეა შემდეგში მდგომარეობს, მოთხოვნის ბრძანება დაეგზავნოს ყველა სენსორს და გადავიდეს საკომუნიკაციო ინტერფეისებიდან პასუხების ლოდინის რეჟიმში. ამ შემთხვევაში ლოდინის დრო იხარჯება პარალელურად და, შესაბამისად, არ ჯამდება. ასეთი პროცედურის განხორციელება შესაძლებელია Python-ის asyncio პაკეტის გამოყენებით .

დასკვნა

პითონის ბიბლიოთეკაში შესაძლებელია აღმოვაჩინოთ საკმაოდ მძლავრი და ხელმისაწვდომი ბიბლიოთეკები ჩაშენებული სისტემების კრიტიკულად მნიშვნელოვანი მონაცემთა ბაზების მისაღებად, მონაცემთა დასამუშავებლად და ვიზუალიზაციისათვის. PythonDAQ არის საინტერესო შესაძლებლობა გადაწყდეს საინჟინრო ამოცანები, ნივთების ინტერნეტის ეპოქაში, რომელიც მოითხოვს სენსორებისა და მონაცემთა შეგროვების მოწყობილობების ინტეგრაციას მნიშვნელოვანია PythonDAQ-ის შესაძლებლობების გამოყენება

პროგრამული აპლიკაციების შესამუშავებლად, რომელიც უზრუნველყოფს სენსორებთან კავშირს და მიღებული ინფორმაციის ანალიზს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. D Jäger and V Gümmer 2023 J. Phys.: Conf. Ser. PythonDAQ – A Python based measurement data acquisition and processing software
2. D. B. Singh, A. Leela Shawani Enhancement in wind tunnel data acquisition system using NI-LabVIEW, Volume 2316, Issue 1, 2021

Python in real-time systems

Nona Othozoria, Ani Kudukhashvili

Georgian Technical University

kudukhashvili.ani@gmail.com, n.otkhozoria@gtu.ge

Abstract

Python enables rapid prototyping and application development, which is essential for reducing time to market and adapting to changing requirements. This article discusses the utilization of Python in microcontrollers and embedded systems, evaluating its effectiveness through the use of accessible and powerful libraries for obtaining crucial embedded systems data, performing data analysis, and visualizing results.

Keywords: Python, embedded systems, testing.

RFID ტექნოლოგიის გამოყენებით რეალურ დროში იდენტიფიცირებისა და ტრეკინგის საგამოცდო სისტემა

ილია მოსაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

mosashvili.ilia@gtu.ge

რეზიუმე

ტექნოლოგიური განვითარების, სავაჭრო ბარიერების შემცირებისა და მრავალი ქვეყნის ეროვნული ეკონომიკის გლობალურ ეკონომიკურ სისტემაში ინტეგრაციის შედეგად მნიშვნელოვმად გაიზარდა სატვირთო ნაკადები, მნიშვნელოვანია რეალურ დროში ტვირთის მდებარეობის განმსაზღვრელი სისტემა, მდებარეობის სისტემების სიზუსტის გასაზრდელად და ზოგადად ნივთების იდენტიფიკაციის უზრუნველსაყოფად განვითარდა რამდენიმე მიმართულება, რომელთაგან უპირატესობა შეიძლება მივანიჭოთ რადიოსიხშირულ იდენტიფიკაციას (RFID). ნაშრომში განხილულია რადიოსიხშირული იდენტიფიკაციის უპირატესობები, დამუშავებულია საკონტროლო სისტემა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ტვირთის ძირითადი მახასიათებლების: ტვირთის მგრძობელობა და ტვირთის დიაპაზონის განსაზღვრა. შემუშავებულია ტესტირების სტრუქტურული სქემა.

საკვანძო სიტყვები: RFID, ტესტირება, ტვირთის მგრძობელობა, ტვირთის დიაპაზონი, LabVIEW

შესავალი

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში მსოფლიო ეკონომიკის საგრძნობლად მაღალი ტემპებით ზრდა გლობალიზაციის მკაფიო მაგალითია. იგი ტექნოლოგიური განვითარების, სავაჭრო ბარიერების შემცირებისა და მრავალი ქვეყნის ეროვნული ეკონომიკების გლობალურ ეკონომიკურ სისტემაში ინტეგრაციის შედეგია.

მზარდი ტენდენციის მქონე მსოფლიო ეკონომიკა პირდაპირ მიბმულია ონლაინ ბაზარსა და საერთაშორისო ვაჭრობასთან, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს საქონლის ხელმისაწვდომობა მსოფლიო მასშტაბით.



ნახ. 4 საერთაშორისო ტრანსპორტირების მომსახურების ინდექსი

სხვადასხვა ქვეყნების მიერ მოთხოვნილი ტვირთების მიღება დაკავშირებულია ლოჯისტიკურ შესაძლებლობებზე, მატერიალური ნაკადების ეფექტურ მართვაზე, სასაწყობო პოტენციალზე, ტვირთების დამუშავებაზე, გადაზიდვებსა და მომსახურებაზე. ნახ.1-ზე მოცემულია ბოლო სამი წლის საერთაშორისო გადაზიდვების სტატისტიკა, რომელსაც ონლაინ ვაჭრობის მსგავსად მზარდი დინამიკა გააჩნია.

ბუნებრივია, რომ დამკვეთი დაინტერესებულია მის მიერ მოთხოვნილი საქონლის მოძრაობით, რომელიც საჭიროებს რეალურ დროში ტვირთის/პაკეტის ლოკაციის შესახებ ინფორმაციას. სწორედ ამან განაპირობა უფრო მეტი მკვლევარის ჩართულობა ადგილმდებარეობის სისტემების გაუმჯობესებასა და მასთან დაკავშირებული ამოცანის გადაწყვეტის ინოვაციური მიდგომების შემუშავების საქმეში. მდებარეობის სისტემების სიზუსტის გასაზრდელად და ზოგადად ნივთების იდენტიფიკაციის უზრუნველსაყოფად განვითარდა რამდენიმე მიმართულება, რომელთაგან თითოეულს აქვს საკუთარი დადებითი და უარყოფითი მხარეები [2].

- (1) შტრიხკოდების (Barcodes) ტექნოლოგია;
- (2) QR (Quick Resposne) კოდი;
- (3) რადიოსიხშირული იდენტიფიკაციის ანუ RFID (Radio Frequency Identification) ტექნოლოგია.

რადიოსიხშირული იდენტიფიკაცია (RFID), QR კოდები და შტრიხკოდები წარმოადგენს სისტემებს, რომლებიც გამოიყენება დიდი რაოდენობით მონაცემთა მცირე ფორმატში გადასაცემად. სხვა მრავალ უპირატესობასთან ერთად, ისინი გამოირჩევიან მაღალი სიჩქარით, შრომის დაზოგვითა და ხარჯების ეფექტურობით. აღნიშნული სისტემების ერთმანეთთან შედარებისას იკვეთება გარკვეული მსგავსება და განსხვავება.

მსგავსება: ყველა მათგანი წარმოადგენს ზოგადად მონაცემთა შეგროვების ტექნიკას, სადაც სამივე ტიპის ბარათზე შენახული მონაცემები, როგორც წესი, აღიქმება ფიქსირებული ან

ხელის სკანირების მოწყობილობების მეშვეობით. შესაბამისად, ორივე ტექნიკა/მეთოდი კარგად გამოცდილი და მოწონებულია, როგორც ინვენტარის თვალთვალის სამუშაო პროცესის ნაწილი. გარდა ამისა, ყველა RFID ბარათს და შტრიხკოდს ან QR კოდს შეუძლია ისეთი მოთხოვნის დაკმაყოფილება, როგორცაა ნივთების მდებარეობაზე თვალყურის დევნების საჭიროება.

განსხვავება: შტრიხკოდები მუშაობს სინათლეზე და სენსორზე ბარათზე დაშიფრული ინფორმაციის წასაკითხად. ამისათვის მას სჭირდება ხედვის ხაზი (წარმოსახვითი ხაზი სკანერსა და ობიექტს შორის). მისგან განსხვავებით, RFID იყენებს რადიოტალღებს, რომელსაც მონაცემების მისაღებად არ სჭირდებათ ხედვის ხაზი. როგორც კი ობიექტი მოხვდება მკითხველის დიაპაზონში, მას შეუძლია ამოიცნოს და გაუგზავნოს უკუკავშირის სიგნალი მკითხველს.

RFID სკანერებს შეუძლიათ წამში ათობით RFID ბარათის დამუშავება, ხოლო შტრიხკოდის/QR კოდის სკანერებს შეუძლიათ მხოლოდ ტეგების (tags) ინდივიდუალურად დამუშავება თითოეული სკანირების საშუალებით.

RFID ბევრად უფრო უსაფრთხოა, მაგრამ RFID სისტემა უფრო რთულია. შტრიხკოდების/QR კოდის გამოყენება მარტივია და ასევე ადვილია მათი ტირაჟირება ან გაყალბება[2].

სამუშაო გარემოსგან დასაცავად, RFID ჩანართი (inlay) შესაძლებელია დამალულ იქნას ბარათის შიგნით, ხოლო შტრიხკოდი/QR კოდი უნდა ჩანდეს გარეთ.

ბოლოს, შტრიხკოდის/QR კოდის ბარათსა და RFID ბარათს შორის ღირებულების სხვაობა საკმაოდ დიდია, სადაც RFID ბარათი მნიშვნელოვნად ძვირია. თუმცა ფასების სხვაობა სულ უფრო მცირდება, რადგან ბოლო წლებში RFID ბარათი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ინდუსტრიაში და შესაბამისად მათი ფასი ყოველწლიურად იკლებს.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის ძირითადი მიზანია ტეგის გატესტვისა და გაზომვის სისტემის შექმნა, რომელიც განაპირობა ზუტი ტესტირებისა და RFID ტეგის პარამეტრების შეფასების სიზუსტის განსაკუთრებულმა მნიშვნელობამ. ჩვენი მიზანია ტეგის ტესტირებისა და გაზომვის ოპტიმალური სისტემის შემუშავება შემდეგი თვისებებით: ზუსტი (0.1-dB სიმძლავრის სიზუსტე ან უკეთესი), ფართოხოლოვანი (ფარავს არანაკლებ 860–960-MHz დიაპაზონს), სწრაფი (გაზომვის დრო 1 წმ სიხშირის წერტილზე ან ნაკლები), მგრძობიარე და მოქნილი (მარტივი მორგება მომავალი კონკრეტული საჭიროებისთვის). ვფიქრობთ რომ ეს არის ის მახასიათებლები, რომლებიც განაპირობებს სისტემის ოპტიმალურობას.

ტეგის ეფექტურობის განმსაზღვრელი ორი მეთოდი არსებობს, ორივე ეფუძნება ორ მნიშვნელოვან მახასიათებელს გადაცემულ სიმძლავრეს (P) და ტეგამდე დაშორებას, მანძილს (d). პირველი მეთოდი დაფუძნებულია ფიქსირებული სიმძლავრის და ცვლადი მანძილის მნიშვნელობის გამოყენებაზე, მეთოდი არ საჭიროებს სპეციალურ მოწყობილობას და ხშირად გამოიყენება საველე პრაქტიკაში. წამკითხველი გადასცემს მუდმივ სიმძლავრეს, ტეგის დაშორება კი ხდება მანამ, სანამ შეუძლებელი არ გახდება მისი წაკითხვა და ჩაწერა. ინჟინერს ეს მეთოდი საშუალებას აძლევს რეალურად გაზომოს ტეგების დიაპაზონი გავრცელების სხვადასხვა არეში, სადაც ტეგების რეაგირება შესაძლებელია განსხვავებული იყოს [3].

მეორე მეთოდი დაფუძნებულია ცვლადი სიმძლავრის და ტეგამდე ფიქსირებული მანძილის გამოყენებაზე, გადაცემული სიმძლავრე იცვლება მინიმალურ სიმძლავრემდე მანამ,

სანამ ტეგის წაკითხვა არის შესაძლებელი. ეს საშუალებას მოგვცემს ჩავატაროთ განმეორებადი გაზომვები და კვლევები. ორივე მეთოდში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სპეციალური რადიოსიხშირული მოწყობილობა და ჩავატაროთ ტესტირება სიხშირის ფართო დიაპაზონში.

ასევე შესაძლებელია სტანდარტული RFID წამკითხველის გამოყენება, რომლის სიმძლავრის მართვა შესაძლებელია პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით ან გარე ატენატორებით. წამკითხველის სიხშირის ცვლილება თავისუფალ რეჟიმში არ არის დასაშვები, შესაძლებელია RF-ინტერფეისის მოდიფიცირება, ფართოზოლოვანი დიაპაზონის უზრუნველსაყოფად, ისე რომ საბაზისო ზოლი/დიაპაზონი შენარჩუნებულ იქნას. ტესტირების სისტემაში მნიშვნელოვანი ყურადღება უნდა დაეთმოს RF-ანტენის კონფიგურაციას. არსებობს ორი ძირითადი ვარიანტი: მონოსტატიკური და ბისტატიკური კონფიგურაცია. მონოსტატიკური იყენებს რადიოსიხშირულ იზოლატორს და ერთ ანტენას მიღებისა და გადაცემისათვის. ბისტატიკური კონფიგურაცია იყენებს ცალკეულ გადამცემ და მიმღებ ანტენებს.

როდესაც ტესტირება ტარდება, მხედველობაში მიიღება პოლარიზაციის შეუსაბამობა გადამცემ/მიმღებ ანტენებსა და ტეგს შორის, ხოლო ტეგის მგრძობელობა (პირდაპირ დაკავშირებულია პოლარიზაციის შეუსაბამობასთან) ხშირად არის ტეგის ერთ-ერთი ტესტირებადი მახასიათებელი.

განვიხილოთ ტეგის ძირითადი მახასიათებლები: ტეგის მგრძობელობა და ტეგის დიაპაზონი. ტეგის მგრძობელობა არის სიგნალის მინიმალური სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ტეგის წასაკითხად ან ჩასაწერად. ტეგის დიაპაზონი არის მაქსიმალური მანძილი, საიდანაც შესაძლებელია ტეგის წაკითხვა ან ჩაწერა თავისუფალ სივრცეში. ორივე ეს მახასიათებელი არის პირდაპირ გაზომვადი და, შესაბამისად, ტეგის ხშირად გამოყენებული მუშა მახასიათებელი.

საცდელ სისტემაში ფიქსირებული მანძილით, ძირითად გასაზომ სიდიდეს, რომლის საფუძველზეც უნდა გამოვთვალოთ ორივე მახასიათებლის მნიშვნელობა, არის მინიმალური სიმძლავრე P_{min} , რომელიც საჭიროა ტეგის წასაკითხად ან ჩასაწერად.

ჩაწერის მგრძობელობა განსხვავდება წაკითხვის მგრძობელობისგან, როგორც წესი, დაახლოებით 3 დბ-ით, რადგან RFID IC-ს მეტი ძალა სჭირდება ჩაწერის ოპერაციის შესასრულებლად. შესაბამისად, წაკითხვისა და ჩაწერის დიაპაზონი განსხვავდება ასევე დაახლოებით 30%-ით.

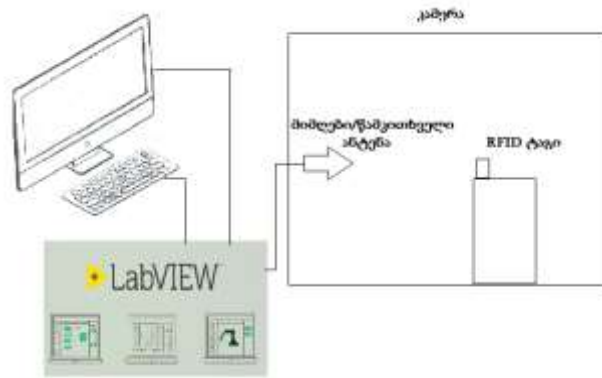
$$P_{\text{ტეგ}} = EIRP \left(\frac{\lambda}{4 \pi r_{\text{ტეგ}}} \right)^2$$

სადაც, λ არის ტალღი სიგრძე და $EIRP$ კი წამკითხველის მიერ გამოსხივებული სიმძლავრე.

ფიქსირებული მანძილის პირობებში მგრძობელობა და დიაპაზონი შეიძლება გამოთვლილ იქნეს შემდეგი გამოსახულებებით:

$$P_{\text{ტეგ}} = P_{min} G_t \left(\frac{\lambda}{4 \pi d} \right)^2$$

$$r_{\text{ტეგ}} = d \sqrt{\frac{EIRP}{P_{min} G_t}}$$



ნახ. 5 ტესტირების სტრუქტურული სქემა

ნახ.2-ზე მოცემულია ტესტირების სისტემის სტრუქტურული სქემა, რომელმაც უნდა იმუშაოს შემდეგი პირობებით: RFID ტაგი განთავსდება ფიქსირებულ მანძილზე ანტენიდან. წამკითხველსა და ტაგს შორის მანძილი შეირჩევა იმის მიხედვით, რომ ის იყოს განთავსებული ანტენიდან მოშორებით და კამერის უხმაურო ზონაში. შესაბამისად ეს მანძილი იქნება ტეგის მინიმალური დიაპაზონი, რომელიც შესაძლებელია გაიზომოს სისტემის მაქსიმალური სიმძლავრის (4 ვტ) პირობებში.

დასკვნა

განხილული იქნა RFID ტექნოლოგია და მისი გამოყენება რეალურ დროში ინფორმაციის მისაღებად. გამოვლენილ იქნა აღნიშნული სისტემის უპირატესობა სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით. როგორც ნებისმიერი სხვა ხელმისაწვდომი ტექნოლოგია, RFID-ს აქვს უპირატესებები და შეზღუდვები. თუმცა მათი ანალიზის შედეგად ვლინდება, რომ აღნიშნული ტექნოლოგიის სარგებელი გაცილებით მაღალია, ვიდრე დღეს არსებული სხვა მსგავსი ტექნოლოგიის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ რთული მოდულაციის ტექნიკის უწყვეტი შემუშავებითა და გამოყენებით, RFID სისტემა მომავალში უკეთეს გადაწყვეტას უზრუნველყოფს. ყოველივე აქიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანია RFID-ზე დაფუძნებული სისტემის მუშაობის ეფექტურობის შეფასება და ამისთვის შემუშავებულია ტეგის გატესტვისა და გაზომვის სისტემა Labview-ს ბაზაზე. სისტემა მოგვცემს საშუალებას შევაფასოთ ტეგი სორი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი: მგრძობელობა და ტეგის დიაპაზონი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Zahir Irani, Angappa Gunasekaran, Yogesh K. Dwivedi Radio frequency identification (RFID): research trends and framework. International Journal of Production Research, 48:9, 2485-2511, DOI: 10.1080/00207540903564900
2. N. Sivakami, Tamil Nadu. comparative study of barcode, qr-code and rfid system in library environment, Vol 1 No 1 (2018): International Journal of Academic Research in Library & Information Science
3. Paul Kis, Marian Alexandru. Real time monitoring and tracking system for an item using the rfid technology, Review of the Air Force Academy No 3 (30) 2015

Testing system of Using RFID technology for real-time identification and tracking

Ilia Mosashvili
Georgian Technical University

Due to technological advancements, the diminishing of trade barriers, and the amalgamation of numerous national economies into the global economic network, cargo flows have witnessed a substantial increase. The need for a real-time cargo location tracking system has become imperative. This article delves into the benefits of radio frequency identification (RFID) technology. It also presents the development of a control system capable of determining key tag characteristics, such as tag sensitivity and range. Furthermore, a comprehensive test block diagram has been designed for evaluation.

Key Words: RFID, Testing, Tag Sensitivity, Tag Range, LabVIEW

IDENTIFICATION OF CLOSED-LOOP NONLINEAR SYSTEMS USING ONE CLASS OF BLOCK-ORIENTED MODELS

Besarion Shanshiashvili
Georgian Technical University
b.shanshiashvili@gtu.ge

Summary

The Structure and parameter identification problems of the nonlinear systems with feedback on the set of continuous block-oriented models, elements of which are linear model with nonlinear feedback and nonlinear model with linear feedback in the frequency domain are considered. Taking into account the characteristics of nonlinear production systems with positive feedback, it is assumed in the work that the **linear element of these models is described by the ordinary differential equation and the nonlinear element – by a polynomial function of the second degree.** The problem of structure identification is solved in the steady state based on the observation of the system's input and output variables at the input harmonic influences. The solution of the parameter **identification problem is reduced to the solution of the algebraic equations using the Fourier approximation. The identification method allows us to determine the static characteristics in the stationary state, and dynamic characteristics in the steady state, based on the method of the least squares. The identification methods are investigated in terms of accuracy** through theoretical analysis and computer modelling.

Keywords: nonlinear, linear, feedback, identification, structure, parameter.

1. INTRODUCTIONS

Most real practical systems are nonlinear. When researching such systems, we have to encounter fundamentally new phenomena, the characteristics of which can be reflected and characterized only by nonlinear models.

Block-oriented models [1] or general models, in particular, Volterra [2] and Wiener [3] series and Kolmogorov-Gabor continuous and discrete polynomials [4, 5], are widely used to determine the peculiarities of processes in nonlinear systems and also to control them.

In manufacturing processes are widely used systems, in which a part of the initial material, after passing through the working part of the system, remains unprocessed to the required state and then returns to the input of the system for further processing. Such systems form an important class of closed-loop nonlinear systems. It should be noted that systems with positive feedback are

characterized by maximum utilization of raw materials and relatively high efficiency [6]. Systems with feedback are widely used in industrial processes, especially in metallurgical, mining, chemical, cement, pulp-and-paper industries, ecology, etc.

The peculiarity of model building for such closed-loop systems of industrial processes is that it is possible to consider certain a priori information about the system. For example, proceeding from functioning peculiarities for the mill of ore-dressing plant working with feedback, there is a priori information about the static characteristics of the system, which can be approximated by a second-degree polynomial function. System dynamic properties can be considered in the form of linear dynamic - in particular, aperiodic elements [7]. Therefore, it is possible to use nonlinear block-oriented models for modeling such nonlinear systems.

When constructing the system's mathematical model, by the system identification methods it is necessary to solve different problems depending on the a priori information about the system [8]. Building an adequate system model depends in many ways on successfully solving the problems of structure and parameter identification.

Usually, the model structure is determined based on the use of the physical laws of the processes that take place in the system or depends on the amount of a priori information [8]. However, the model structure defined in this way often has high dimensions, and its application is not expedient for the modeling of manufacturing processes.

In the following years, several works appeared [9-11], in which the task of determining the structure of the model with input-output data of the system was solved. The parameter identification problem can usually be solved based on the use of experimental data obtained as a result of conducting experiments on the system.

Identification problems in closed-loop systems are much more complex than the same problems in open nonlinear systems, due to the functioning peculiarities of nonlinear systems with feedback and mathematical difficulties in the solution of nonlinear differential equations describing processes in the systems.

In the given work the problems of structure and parameter identification of the closed-loop nonlinear systems at their representation by linear model with nonlinear feedback and nonlinear model with linear feedback based on the observation of the system's input and output variables at the input harmonic influences are considered.

The problem of structure identification is coordinated with Zadeh's classical definition of identification [8], i.e., it is supposed, that classes of models and input signals are given; it is required to develop a criterion identifying the model structure from the class of models.

The problem of parameter identification is connected to the problem of structure identification by using the same experimental data. The offered method allows us to determine the first part of the parameters – static characteristics in the stationary state, and the second part of the parameters – dynamic characteristics in the steady state in the frequency domain on the basis of the method of the least squares.

The developed identification method can be used to construct mathematical models for industrial systems with positive feedback. For example, for the grinding units working with the closed cycle in the mining industry, metallurgical, cement production, etc.

2. CLASSES OF MODEL AND INPUT SIGNALS

Depending on the features of the systems operating with positive feedback, it is conventionally possible to distinguish a direct channel and a feedback channel. The raw material is transformed into a ready product through a direct channel, and the process of moving recyclable material through the feedback channel takes place in the system. Knowing the mathematical model of the feedback channel allows the building of a model for the entire system.

To represent the feedback channel, we consider a set of block-oriented models with two elements:

$$L = \{s_i | s = 1, 2\}, \quad (1)$$

where s_1 - linear model with nonlinear feedback, s_2 - nonlinear model with linear feedback.

Models of sets (1) are described by the equations:

- **Linear model with nonlinear feedback**

$$y(t) = W(p) \{u(t) + f[y(t)]\}, \quad (2)$$

where $w(p)$ is the transfer functions in the operator form of the model's linear dynamic parts and p - designates the differentiation operation: $p \equiv d/dt$, $f(\cdot)$ is a polynomial function that describes the relationship between the input and output variables of the nonlinear element.

- **Nonlinear model with linear feedback**

$$y(t) = W^{-1}(p) \{f^{-1}[y(t)] - u(t)\}. \quad (3)$$

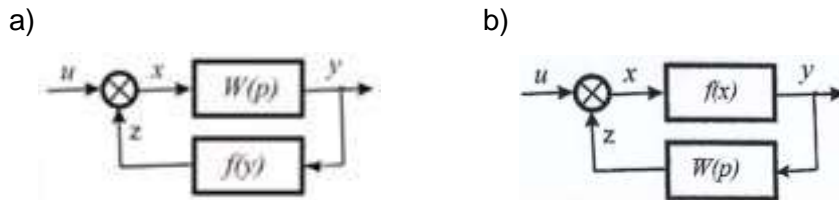


Fig. 1. The block-oriented models with feedback: a) linear model with nonlinear feedback, b) nonlinear model with linear feedback.

For solving the identification problems of nonlinear systems, it is supposed that the input variable of the system $u(t)$ is a harmonic function:

$$u(t) = A \sin \omega t + B. \quad (4)$$

3. MATHEMATICAL EQUATIONS OF THE BLOCK-ORIENTED MODELS WITH FEEDBACK

To determine the mathematical equations of the mentioned models in a clear form, let's take advantage of the peculiarities of the functioning of practical feedback systems.

Based on a priori information, which is obtained taking into account the features of the functioning of systems with feedback [7], it is supposed that part of block-oriented models, in particular, the nonlinear static element is described by a second-degree polynomial function:

$$f(x) = c_1 x + c_2 x^2, \quad (5)$$

and the transfer function of the linear dynamic element has the following form:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1}, \quad (6)$$

where c_1, c_2 - constant coefficients and the free member is absent since there is no signal on the output of the system with feedback at the zero-input signal, and T - time constant.

- **Linear model with nonlinear feedback**

If we consider expressions (5) and (6) in expression (2) after several transformations, we get that the linear model with nonlinear feedback is described by equations:

$$\dot{y}(t) = -\frac{1-c_1}{T} y(t) + \frac{c_2}{T} y^2(t) + \frac{1}{T} u(t). \quad (7)$$

- **Nonlinear model with linear feedback**

Considering the expression (5), we get:

$$f^{-1}(y) = -\beta + \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y}, \quad (8)$$

where from a physical point of view, there is a positive sign in front of the radical in (8) and

$$\beta = \frac{c_1}{2c_2}. \quad (9)$$

If we consider (8) and (9) in the expression (3), as a result of a number of transformations we get:

$$\dot{y} = -\frac{2}{T}y + \frac{2c_2}{T} \left\{ [T\dot{u}(t) + u(t) + y + \beta] \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y - \beta^2} \right\}. \quad (10)$$

Let's introduce the designation:

$$v = \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y}. \quad (11)$$

Then (10) is reduced to the following form:

$$\dot{v} = -\frac{1}{T}v + \frac{1}{T}c_2v^2 + \dot{u}(t) + \frac{1}{T}u + \frac{1}{T}(\beta - c_2\beta^2). \quad (12)$$

Taking into account (11), you will get the following equations:

$$y = c_2v^2 - c_2\beta^2. \quad (13)$$

4. MATHEMATICAL DESCRIPTION OF OUTPUT FORCED OSCILLATIONS

The solution of the identification problems requires the solution of Riccati differential equations taking into account (4) and the consideration of the stability conditions of the steady motion at the output of the closed-loop nonlinear systems.

It was obtained earlier [7], that the implementation of the following conditions for such closed-loop systems:

$$0 < c_1 < 1, \quad c_2 > 0, \quad \bar{u} < \frac{1-c_1}{2c_2}, \quad (14)$$

where \bar{u} - a value of the input signal for some steady state, guarantees the system stability.

Therefore, for the models of the set (1), it is supposed that the conditions (14) are valid.

- **Linear model with nonlinear feedback**

From conditions (14) follows that c_2 is a small parameter and for the solution of Riccati equations, corresponding to the model, it is possible to use the method of a small parameter and to search for the solution of the equations in the form of the following series:

$$x(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \mu^n x_n(t), \quad (15)$$

where μ is a small parameter.

Because c_2 is a small parameter and we can assume that $\mu = c_2$.

Since the smallness of the parameter c_2 ensures convergence of the solution (15), it is possible in the expression (15) that members of the second and higher orders small values are not taken into account, and we can be limited to two members:

$$y(t) = y_0(t) + c_2 y_1(t). \quad (16)$$

If we put (16) in equation (7) and equate coefficients of terms with the same degree of c_2 on the right and left sides of the equation, we get:

$$\dot{y}_0(t) = -\frac{1-c_1}{T}y_0 + \frac{1}{T}A \sin \omega t, \quad (17)$$

$$\dot{y}_1(t) = -\frac{1-c_1}{T} y_1 + \frac{1}{T} y_0^2. \quad (18)$$

Equations (19) and (20) are linear ordinary differential equations. If we solve these equations with zero initial conditions, we get that in the steady state, the output signal of the model is represented as follows:

$$y = \frac{B}{1-c_1} + \frac{c_2 B^2}{(1-c_1)^3} + \frac{c_2 A^2}{2(1-c_1) \left[(1-c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right]} + \frac{c_2 A^2}{\sqrt{(1-c_1)^2 + \omega^2 T^2}} \sin(\omega t - \varphi_1) + \frac{2c_2 AB}{(1-c_1) \sqrt{(1-c_1)^2 + \omega^2 T^2}} \times \\ \times \sin(\omega t - 2\varphi_1) + \frac{c_2 A^2}{2 \left[(1-c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right] \sqrt{(1-c_1)^2 + 4\omega^2 T^2}} \cos(2\omega t - 2\varphi_1 - \varphi_2), \quad (19)$$

where

$$\varphi_1 = \arctg \frac{\omega T}{1-c_1}, \quad \varphi_2 = \arctg \frac{2\omega T}{1-c_1}.$$

- **Nonlinear model with linear feedback**

If for the solution of Riccati equations (12), corresponding to the model, we use the method of a small parameter by considering (4) and members of the second and higher orders small values are not taken into account as for equation (7), we can get:

$$v = B_1 + c_2 B_1^2 + \frac{c_2 A^2}{2} + A \sin \omega t + \frac{2c_2 AB_1}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \sin(\omega t - \varphi_1) - \frac{c_2 A^2}{\sqrt{1 + 4\omega^2 T^2}} \cos(2\omega t - \varphi_2), \quad (20)$$

where

$$B_1 = B + \beta - c_2 \beta^2, \quad \varphi_1 = \arctg \omega T.$$

If we insert the expression (20) into (13) and do not take into account members of the second and higher order's small values during the calculation, then in the established state we get:

$$y = c_2 B_1^2 - c_2 \beta^2 + 2c_2 AB_1 \sin \omega t. \quad (21)$$

5. STRUCTURE IDENTIFICATION

The problem of structure identification of closed-loop nonlinear systems was considered earlier on the set of continuous block-oriented models with the feedback at system input periodic influences [12-13].

In the given work the structure identification problem on the subset of continuous block-oriented models, elements of which are linear model with nonlinear feedback and nonlinear model with linear feedback at the system input harmonic influences are considered.

By analyzing the expressions of forced oscillation at the output of these models, it is possible to determine the criterion for choosing the model structure:

- linear model with nonlinear feedback - a constant component of the output periodic signal depends on the change of the frequency of the input periodic signal.
- nonlinear model with linear feedback - a constant component of the input periodic signal does not depend on the change of the frequency of the input periodic signal.

6. PARAMETER IDENTIFICATION

Most block-oriented models with the feedback are nonlinear concerning the parameters and the analytical solution of the parameter identification problem is possible for some low-order models.

The analytical solution of the parameter identification problem for most block-oriented models with feedback is complicated by their nonlinearity with respect to the parameters, and therefore this problem can be solved only for some low-order models.

Most of the parameter identification methods are developed for opened systems (e.g., [14-15]) using nonlinear block-oriented models.

Some works [12-13] offered method of parameter identification of nonlinear systems with feedback that allows us to define parameters, but when determining the dynamic characteristics, it is necessary to calculate the derivatives based on the data obtained as a result of the experiment, which is related to the acceptance of errors.

It should be noted that methods based on the use of other approaches have also been developed for the identification of nonlinear systems with feedback (e.g., [16-17]).

6.1. Identification of static parameters

For the nonlinear models from the class (1), the connection between the input and output variables in the stationary state is determined by the equation:

$$(1 - c_1)x - c_2x^2 = u. \quad (22)$$

Estimates of static parameters were previously obtained [12-13] by the least squares method using expressions (22):

$$\hat{c}_1 = 1 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i\right) + \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i^2\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)^2}, \quad \hat{c}_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i^2\right) + \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)^2}. \quad (23)$$

In expressions (23) - $u_i, x_i (i=1,2,\dots,n)$ are the values of the system's input and total variables in the steady state at the moment $t_i (i=1,2,\dots,n)$.

6.2. Identification of dynamic parameter

When estimating dynamic characteristics - time constants, it is assumed, that the estimations of static characteristics and the values of $u_i, y_i (i=1,2,\dots,n)$ in the steady state are known.

- **Linear model with nonlinear feedback**

Equating the estimate of Fourier coefficient $\hat{a}_0/2$ with its theoretical values, which is obtained using the Fourier approximation [18], we get:

$$\frac{a_0}{2} = \frac{B}{1 - c_1} + \frac{c_2 B^2}{(1 - c_1)^3} + \frac{c_2 A^2}{2(1 - c_1)\left[(1 - c_1)^2 + \omega^2 T^2\right]}. \quad (24)$$

From (24), after transformation, at different frequencies $\omega = \omega_i (i = 1, 2, \dots, n)$, we obtain:

$$(1 - \hat{c}_1)^2 \left[2B(1 - \hat{c}_1)^2 + \hat{c}_2 A^2 + 2\hat{c}_2 B^2 - \hat{a}_{0i}(1 - \hat{c}_1)^3 \right] = \left[\hat{a}_{0i}(1 - \hat{c}_1)^3 - 2B(1 - \hat{c}_1)^2 - 2\hat{c}_2 B^2 \right] \omega_i^2 T_0 + \varepsilon_i, \quad (25)$$

where $\hat{a}_{0i} (i=1,2,\dots,n)$ - values of the Fourier coefficient at the frequency $\omega_i, \varepsilon_i (i=1,2,\dots,n)$ - errors of measurements and approximations, and $T_0 = T^2$.

According to the method of least squares, the error squared sum is:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left\{ (1 - \hat{c}_1)^2 \left[2B(1 - \hat{c}_1)^2 + \hat{c}_2 A^2 + 2\hat{c}_2 B^2 - \hat{a}_{0i}(1 - \hat{c}_1)^3 \right] - \left[\hat{a}_{0i}(1 - \hat{c}_1)^3 - 2B(1 - \hat{c}_1)^2 - 2\hat{c}_2 B^2 \right] \omega_i^2 T_0 \right\}^2. \quad (26)$$

If we differentiate (25) by T_0 and equating the received value to zero, and take into account the equality $T_0 = T^2$, after transformation, we'll the obtain estimate of the parameter T :

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i N_i \omega_i^2}{\sum_{i=1}^n N_i^2 \omega_i^4}}, \quad (27)$$

where

$$M_i = (1 - \hat{c}_1)^2 \left[2(1 - \hat{c}_1)^2 B - \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 + \hat{c}_2 A^2 + 2\hat{c}_2 B^2 \right], \quad N_i = \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 - 2B(1 - \hat{c}_1)^2 - 2\hat{c}_2 B^2.$$

- **Nonlinear model with linear feedback**

The use of the expression (21) does not allow the dynamic parameter T to be estimated, so let's define the expression of recycled material considering that in many industrial processes it and the input variables are measured. The variables z and y are related to each other by the equation:

$$T\ddot{z} + z = y(t). \quad (28)$$

If we solve the differential equation (28) taking into account the expression (21), then we get in the established state:

$$z = c_2 B_1^2 - c_2 \beta^2 + \frac{2c_2 AB_1}{1 + \omega^2 T^2} \sin \omega t - \frac{2c_2 AB_1 \omega T}{1 + \omega^2 T^2} \cos \omega t. \quad (29)$$

Using the expression (29) and the value of the estimate of the Fourier coefficient \hat{b}_1 , by the method of least squares, after several transformations, we get the parameter T estimate:

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (2\hat{c}_2 AB \hat{b}_{1i} \omega_i^2 + \hat{c}_1 A \hat{b}_{1i} \omega_i^2 - \hat{b}_{1i}^2 \omega_i^2)}{\sum_{i=1}^n \hat{b}_{1i}^2 \omega_i^3}}. \quad (30)$$

\hat{T} of models can also be obtained by using estimates of other Fourier coefficients.

7. RESEARCH OF ACCURACY PROBLEM

Research was conducted to determine the possibility of using the developed identification method for building a model of non-linear systems operating with positive feedback under production conditions in the presence of noise and errors. The reliability of the obtained results depends on the accuracy of the measurement of the input and output signals of the system and the mathematical processing of the experimental data.

At the same time, it is known that the least squares method used for parameter estimation is noiseless.

Computer modeling using MATLAB confirmed the correctness of the results obtained in theoretical studies and the feasibility of using the developed method in production conditions.

8. CONCLUSIONS

Due to the peculiarities of the functioning of nonlinear systems with feedback, their identification tasks take specific forms. Since the stable movement at the output of such systems is obtained under certain restrictions on the parameters and the input signal, it is necessary to take them into account when conducting an experiment in the system.

In this work structure and parameter identification problems of nonlinear systems with feedback are considered in the frequency domain at the input harmonic influences using Fourier approximation.

During parameter identification by using the least squares method, static parameters are estimated first, and then, dynamic parameters estimates are obtained using them.

REFERENCES

1. Haber, R. and Keviczky, L. (1976). Identification of nonlinear dynamic systems. *Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, part 1. Institute of Control Sciences, Moscow, pp. 62-112.
2. Volterra, V. (1959). *Theory of Functionals and of Integral and [Integro-Differential Equations](#)*. Dover Publ., New York.
3. Wiener, N. (1958). *Nonlinear Problems in Random Theory*. Wiley, New York.
4. Kolmogorov, A. N. (1941). Interpolation and extrapolation of stationary random series. *Bulletin of the Academy Sciences of USSR. Mathematical series*, vol. 5, no.1, pp. 3-14.
5. Gabor, L., Wilby, P.L. and Woodcock, R. (1961). A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. *IEE Proceedings*, vol. 108, part B, pp. 422-433.
6. Nagiev, M.F. (1962). *Theoretical Foundation of Recirculation Processes*. Academy of Sciences of the USSR, Moscow (in Russian).
7. Arefiev, B.A. (1969). *Inertial Processes Optimization*. Mashinostroenie, Leningrad (in Russian).
8. Eykhoff, P. (1974). *System Identification. Parameter [and](#) State Estimation*. John Wiley and Sons Ltd, London.
9. Haber R. and Unbehauen H. (1990). Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. *Automatica*. 26(4), pp. 651-667.
10. Shanshiashvili B.G. (1991). Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous-time systems. *Preprints of the 9 th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, vol. 1, Budapest, pp. 640 – 643.
11. Giri F. and Bai E-W. (Eds). (2010). *Block-oriented nonlinear system identification*. Springer, Berlin.
12. Salukvadze, M. and Shanshiashvili, B. (2013). Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle. *International Journal of Information Technology & Decision making*, 12 (2): 179-199.
13. Prangishvili, A., Shanshiashvili, B. and Tsveraidze, Z. (2016). Identification of nonlinear dynamic systems with feedback of manufacturing processes. *ScienceDirect. IFAC-PapersOnLine*, 49, (12), pp. 580-585.
14. Giordano, G. and Sjöberg, J. (2018). “Maximum Likelihood identification of Wiener-Hammerstein system with process noise”. [IFAC PapersOnLine](#), 51 (15), pp. 401-406.
15. Shanshiashvili, B. and Rigishvili, T. (2020). “Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain”. *IFAC PapersOnLine*, 53 (2) 10695–10700.
16. Burghi, T., Schoukens, M. and Sepulchre, R (2019). Feedback for nonlinear system identification, *18th European Control Conference (ECC)*, pp. 1344-1349.
17. Shakib M.F., Toth R., Pogromsky A.Y., Pavlov A. and Van de Wouw N. (2020). State-Space Kernelized Closed-Loop Identification of Nonlinear Systems. *Preprints of the 21st IFAC World Congress (Virtual) Berlin*, pp. 1148-1153.
18. Hamming R. W. (1987). *Numerical methods for scientists and engineers*. Dover Publications Inc., New York.

**უკუკავშირიანი არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაცია ერთი კლასის
ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების გამოყენებით**

ბესარიონ შანშიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
b.shanshiashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია უკუკავშირის არაწრფივი სისტემების სტრუქტურისა და პარამეტრების იდენტიფიკაციის ამოცანები სიხშირულ არეში უწყვეტ ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების სიმრავლეზე, რომელს ელემენტებია წრფივი მოდელი არაწრფივი უკუკავშირით და არაწრფივი მოდელი წრფივი უკუკავშირით. დადებითი უკუკავშირის არაწრფივი საწარმოო სისტემების მახასიათებლების გათვალისწინებით, ნაშრომში იგულისხმება, რომ ამ მოდელების წრფივი ელემენტი აღიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებით, ხოლო არაწრფივი ელემენტი - მეორე ხარისხის პოლინომიური ფუნქციით. სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა გაწყვეტილია დამყარებულ მდგომარეობაში სისტემის შემავალ და გამომავალ ცვლადებზე დაკვირვებების საფუძველზე შემავალი ჰარმონიული ზემოქმედებებისას. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის ამოხსნა დაიყვანება ალგებრული განტოლებების ამონახსნად ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებით. იდენტიფიკაციის მეთოდი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სტატისტიკური მახასიათებლები სტაციონარულ მდგომარეობაში, ხოლო დინამიკური მახასიათებლები დამყარებულ მდგომარეობაში, უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენების საფუძველზე. იდენტიფიკაციის მეთოდები გამოკვლეულია სიზუსტის თვალსაზრისით თეორიული ანალიზისა და კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: არაწრფივი, წრფივი, უკუკავშირი, იდენტიფიკაცია, სტრუქტურა, პარამეტრი.

რისკების პროგნოზირება პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესში

ლოლიტა ბაჟანიშვილი, მზიანა ნაჭყებია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
lolita.bejanishvili@gtu.ge, mzianachkebia@yahoo.com

რეზიუმე

თანამედროვე პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესების მნიშვნელობა და სირთულე საზოგადოების ციფრული ტრანსფორმაციის კონტექსტში იწვევს რისკებს მათი პროექტირებისას. ამ მიზეზების გასაანალიზებლად დიდი რაოდენობით კვლევები ტარდება. პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების მართვის მთავარი მიზანია პროგრამული პროდუქტის ოპტიმალური ხარისხის მიღწევა მინიმალური დანახარჯებით, პროექტის რისკების შეფასება და მართვა პროგრამული პროექტების დამუშავების სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე. დეველოპერული გუნდისთვის, რომელიც გეგმავს მასობრივი წარმოების

პროგრამული პროდუქტების ბაზარზე გაშვებას, სასიცოცხლო ციკლის თითოეულ ფაზაში პროგრამული პროექტების დამუშავების რისკების მართვის საკითხები საკვანძოა.

ამ სტატიის მიზანია გადაჭრას მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებით პროგრამული პროექტების დამუშავების რისკების შეფასების და პროგნოზირების პრობლემები, წარმოდგენილია რისკების პროგნოზირების ამოცანის ამოხსნის ალგორითმის ბლოკ-სქემა. ალგორითმი შედგება ორი ეტაპისგან. პირველ ეტაპზე ყალიბდება სასწავლო ნაკრები, რომლის სვეტები არის რისკების ფაქტორები, ხოლო სტრიქონები რისკების სიტუაციები. მეორე ეტაპზე იქმნება კლასიფიკაციის ალგორითმების ნაკრები და ფასდება მათი ხარისხი ტესტის ნიმუშის გამოყენებით.

სტატიაში აღწერილია რისკების გაანგარიშების მეთოდოლოგია პროექტის სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე ბაიესის ქსელების გამოყენების საფუძველზე. ბაიესის ქსელების აპარატი შეიძლება ეფექტურად იქნას გამოყენებული რისკების მოდელის შემუშავებისა და მისი წარმოშობის ალბათობის რაოდენობრივად შეფასების ამოცანებში როგორც მატერიალიზაციის, ასევე პროექტში სხვა რისკებზე ზემოქმედების თვალსაზრისით. რისკების მართვის ამოცანებში ბაიესის ქსელების გამოყენების მთავარი უპირატესობა არის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების ერთობლივად გათვალისწინების შესაძლებლობა, შემოსული ინფორმაციის დინამიური დამუშავება, ასევე რისკების აშკარა დამოკიდებულება წარმოქმნის მიზეზებზე.

გარდა ამისა, ასევე გასათვალისწინებელია CMM(CMMI) მოდელის რეკომენდაციები ძირითადი პრაქტიკებისთვის, როგორცაა: მოთხოვნების მენეჯმენტი, პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის დაგეგმვა, პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების თვალყურის დევნება და ზედამხედველობა, პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის უზრუნველყოფა, პროგრამული უზრუნველყოფის კონფიგურაციის მენეჯმენტი და ა.შ., ასევე უფრო მაღალი დონის ძირითადი პრაქტიკების სიმწიფე: პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების ინტეგრალური მართვა, ჯგუფთაშორისი კოორდინაცია, საექსპერტო გამოკვლევები, პროცესების რაოდენობრივი მართვა, პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის მართვა.

ამ მეთოდების გამოყენება გააუმჯობესებს რისკების შეფასების და პროგნოზირების პრობლემების გადაჭრის ხარისხს. ეს ვარაუდი ემყარება ორ ფაქტორს: ტრენინგის ნიმუშის შექმნის შესაძლებლობას და დიდი რაოდენობის ხელსაწყოების ხელმისაწვდომობას, რომლებიც საშუალებას იძლევა გადაიჭრას ასეთი პრობლემები. მოდელი, რომელიც აგებულია ბაიესის სანდოობის ქსელის სახით, დინამიურია და ადვილად ეგუება მიღებულ მტკიცებულებებს. ეს საშუალებას გაძლევთ შეიყვანოთ სისტემაში მონაცემები, რომლებიც მიღებულია პროექტის თითოეულ ეტაპზე.

საკვანძო სიტყვები: პროგნოზირება, პროექტის რისკების შეფასება, პროექტის მართვა, CMM, კლასიფიკაცია, ბაიესის ქსელი.

1. შესავალი

მაღალი ხარისხის პროგრამული პროდუქტის შექმნის განუყოფელი ნაწილია პროგრამული პროექტის დამუშავება. პროექტის რისკების ანალიზი და მართვა გარდაისახება საყოველთაოთ აღიარებულ მეთოდოლოგიად პროექტის განხორციელებისთვის და გახდა ბიზნესის კეთების განუყოფელი ნაწილი. პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების მართვის მთავარი მიზანია პროგრამული პროდუქტის ოპტიმალური ხარისხის მიღწევა

მინიმალური დანახარჯებით, პროექტის რისკების შეფასება და მართვა პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე.

თანამედროვე პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესების მნიშვნელობა და სირთულე საზოგადოების ციფრული ტრანსფორმაციის კონტექსტში იწვევს რისკებს მათი პროექტირებისას. რისკი შეიძლება გამოწვეული იყოს ერთი ან რამდენიმე მიზეზით. ამ მიზეზების გასაანალიზებლად დიდი რაოდენობით კვლევები ტარდება. ასეთი კვლევების შედეგად დგინდება რისკების სიები, ხდება მათი რანჟირება, ცვლილებების დინამიკის ანალიზი და ა.შ.

არსებობს რამდენიმე სარგებელი, რომელსაც რისკების ანალიზი აძლევს მენეჯერს: პროექტის სპეციფიკის უფრო ღრმად გააზრება, რაც საშუალებას იძლევა შექმნას უფრო რეალური პროექტის გეგმები და ბიუჯეტი; რისკების ბუნებისა და მათი პოტენციური შედეგების გაგება შესაძლებელს ხდის მათ განაწილებას აგენტებს შორის, რომლებსაც უკეთ შეუძლიათ მათი მართვა; რისკების დასაფარად შექმნილი რეზერვების შეფასების უნარი და ეს, თავის მხრივ, ამცირებს პროექტის წარუმატებლობის ალბათობას [1]. ჩამოთვლილი უპირატესობების წარმატებით რეალიზებისთვის აუცილებელია კომპეტენტურად შეძლოთ რისკების ხარისხობრივ, არსებით დონეზე გაანალიზება მათი იდენტიფიცირების, მიზეზების დადგენის, პოტენციური შედეგების შესაფასებლად, „რეაგირების“ სტრატეგიის შემუშავებისთვის და ა.შ.

პროექტის მენეჯმენტის ცოდნის ორგანო - Project Management Body of Knowledge (PMBOK) - განსაზღვრავს ძირითად პროცესებს დაპროექტების რისკების მართვისთვის, ასევე იდენტიფიკაციის, ხარისხობრივი და რაოდენობრივი რისკის ანალიზის, რეაგირების დაგეგმვის, მონიტორინგისა და მართვის ინსტრუმენტებს [2]. მიუხედავად ამ დოკუმენტში მითითებული ინსტრუმენტების დიდი რაოდენობისა, ისევე როგორც რისკების მართვის სტანდარტში, პრობლემები რჩება IT პროექტების შესრულებაში. ამრიგად, კვლევითი მრჩეველთა ორგანიზაციის Standish Group [3] მიერ მომზადებული ყოველწლიური ანგარიში მიუთითებს, რომ წარუმატებელი პროექტების წილი, განსაკუთრებით მსხვილი პროექტებისთვის, მაღალია და მიღებული ზომების მიუხედავად, მაღალი რჩება. პროექტების მართვის ტრადიციული მეთოდებისთვის მრავალი კვლევის მიხედვით, პროექტები საშუალოდ იღებენ თავდაპირველად დაგეგმილი ხანგრძლივობის 222%-ს, საწყისი ბიუჯეტის 189%-ს. პროექტების 70% ამცირებს პროექტის თავდაპირველ მოცულობას. ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, ეჭვარეშეა პროგრამული პროდუქტის დაპროექტების რისკის მართვის ინსტრუმენტების შემუშავებისა და გაუმჯობესების პრობლემების გადაჭრის აქტუალობა.

დეველოპერული გუნდისთვის, რომელიც გეგმავს მასობრივი წარმოების პროგრამული პროდუქტების ბაზარზე გაშვებას, სასიცოცხლო ციკლის თითოეულ ფაზაში პროგრამული პროექტების დამუშავების რისკის მართვის საკითხები საკვანძოა. არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის დამუშავების სასიცოცხლო ციკლის რამდენიმე მოდელი. პროექტის რისკის შეფასება მნიშვნელოვანია ყველა მოდელისთვის, მაგრამ განსაკუთრებით აუცილებელია თანამედროვე მოდელებისთვის, როგორცაა სპირალური მოდელი და Agile ტექნოლოგია, სადაც ყოველი იტერაციისას ფასდება:

- პროექტის ვადების და ხარჯების გადალახვის რისკი;
- მორიგი იტერაციის შესრულების აუცილებლობა;
- სისტემური მოთხოვნების გააზრების სისრულისა და სიზუსტის ხარისხი;
- პროექტის შეწყვეტის მიზანშეწონილობა.

რისკების მართვის სტანდარტი [2] შეიცავს რისკის შეფასების ძირითად მეთოდებს: ტვინის შტორმი, სცენარები, მარკოვის ქსელები, ბაიესის ქსელები, გადაწყვეტილების ხეები, მოვლენის ხეები, მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი და ა.შ. სტანდარტი აღწერს მათ გამოყენებას სხვადასხვა შეფასების პროცესებში. რისკები გვიჩვენებს, რომ ყველაზე მეტად გამოიყენება მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ზემოქმედების ალბათობის მატრიცის გამოყენებაზე, ასევე მარცხის ტიპებისა და შედეგების ანალიზის მეთოდზე. ამ შემთხვევაში, პირველი მათგანი საშუალებას გაძლევთ მიიღოთ რაოდენობრივი საშედეგო მონაცემები. RMBOK -ის ცოდნის ჯგუფში აღწერისას მითითებულია სიტუაციების სამი კლასი: მაღალი, საშუალო და დაბალი რისკი. თუმცა, შესაბამისი კლასისთვის არსებული სიტუაციის მინიჭების წესები არ არის განსაზღვრული.

რისკების იდენტიფიკაცია, რომელიც გულისხმობს რისკების გამოვლენისა და აღრიცხვის პროცესს, არის რისკების მართვის პირველი ეტაპი. დაპროექტების მთელი პროცესი დამოკიდებულია მის წარმატებაზე. იდენტიფიკაციის ხარისხი შეიძლება გაუმჯობესდეს სხვადასხვა ინსტრუმენტული მეთოდებისა და ხელსაწყოების გამოყენებით. ითვლება, რომ ყველაზე ღირებული რამ PMBOK-ის ცოდნის ჯგუფში არის სხვადასხვა ინსტრუმენტების აღწერა, მათ შორის რისკების მართვის ინსტრუმენტები. მათი მახასიათებლები მოცემულია [4]-ში, ნაჩვენებია, რომ მიუხედავად მათი დიდი რაოდენობისა, ისინი ძირითადად ორიენტირებულია ხარისხის მართვის ტრადიციულ მიდგომებზე, არ იყენებენ მანქანური სწავლების თანამედროვე მეთოდებს, მეცნიერებას მონაცემებზე, მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკის მეთოდებს.

ამ სტატისტიკის მიზანია გადაჭრას მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებით პროგრამული პროექტების დამუშავების რისკების შეფასების და პროგნოზირების პრობლემები, რაც გააუმჯობესებს რისკების შეფასების და პროგნოზირების პრობლემების გადაჭრის ხარისხს. ეს ვარაუდი ემყარება ორ ფაქტორს: ტრენინგის ნიმუშის შექმნის შესაძლებლობას და დიდი რაოდენობის ხელსაწყოების ხელმისაწვდომობას, რომლებიც საშუალებას იძლევა გადაიჭრას ასეთი პრობლემები.

2. ძირითადი ნაწილი

რისკების კლასიფიკაციის ამოცანის გადასაჭრელად ჩვენ განვსაზღვრავთ შემდეგ ათ ფაქტორს:

- პროექტის სირთულე;
- პროექტისთვის მოთხოვნების სისრულის ხარისხი;
- პროექტის განხორციელებაში მომხმარებელთა და სპონსორთა მონაწილეობის ხარისხი;
- რესურსებით უზრუნველყოფის ხარისხი;
- პროექტის განხორციელების დროს ხელმძღვანელობის მხარდაჭერა. ხელმძღვანელობის ინტერესი მისი შედეგებით;
- მოთხოვნების სტაბილურობა ან ცვალებადობა. შევნიშნავთ, რომ Agile ტექნოლოგიების შემორანდუმის ერთ-ერთი დებულების თანახმად ცვლილებებისთვის მზადყოფნა უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე თავდაპირველი გეგმის შესრულება;
- პროექტის განხორციელების დროს დაგეგმვის ორგანიზების ხარისხი;
- გამოყენებული ტექნოლოგიები. მოქნილი ტექნოლოგიების გამოყენება;
- პროექტის გუნდის შესაძლებლობები;
- პროექტის განხორციელების მენეჯმენტის ორგანიზება.

ხარისხის მართვის სისტემის ხელმისაწვდომობა, შესრულების ძირითადი მაჩვენებლები, მაჩვენებლების გამოყენება Capability Maturity Model (Capability Maturity Model), რომელიც

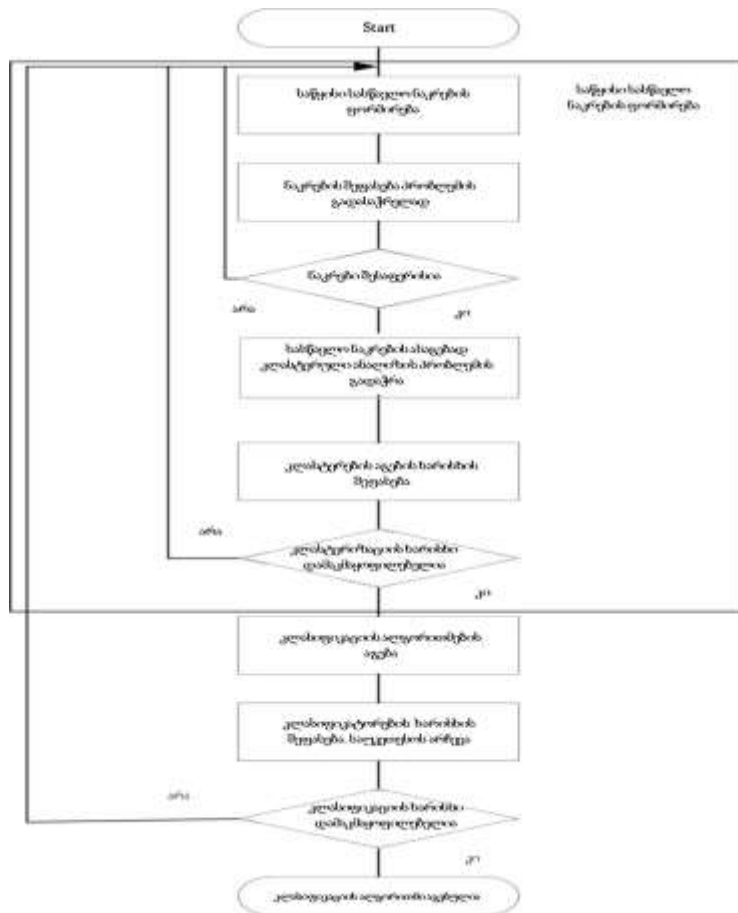
განსაზღვრავს დამუშავების პროცესების ძირითად ჯგუფებს, აყალიბებს ამ პროცესების სიმწიფის სხვადასხვა დონის მახასიათებლებს და იძლევა პრაქტიკულ რეკომენდაციებს პროცესების გასაუმჯობესებლად გარკვეული დონის მისაღწევად, და ა.შ. [5]

რისკების პროგნოზირების ამოცანა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასახვის სახით $F: P \rightarrow K$, სადაც P არის კლასიფიკაციის მახასიათებლების ნაკრები, K არის კლასების სიმრავლე. მახასიათებლებად ჩავთვლით პროექტის მითითებულ რისკ-ფაქტორებს და დავახარისხებთ სამად: პროექტის წარმატებით დასრულება, პროექტის დასრულება ნაწილობრივი ცვლილებებით, პროექტის წარუმატებლად დასრულება. ჩვენ ამ კლასების პროექტებს შევუსაბამებთ რისკების სამ დონეს: დაბალი, საშუალო და მაღალი.

ნახაზი 1 გვიჩვენებს რისკების პროგნოზირების ამოცანის ამოხსნის ალგორითმის ბლოკ-სქემას. ალგორითმი შედგება ორი ეტაპისგან. პირველ ეტაპზე ყალიბდება სასწავლო ნაკრები, რომლის სვეტები არის რისკების ფაქტორები, ხოლო სტრიქონები რისკების სიტუაციები.

მეორე ეტაპზე იქმნება კლასიფიკაციის ალგორითმების ნაკრები და ფასდება მათი ხარისხი ტესტის ნიმუშის გამოყენებით. ნაკრების ჩამოყალიბება ემყარება იმ ფაქტს, რომ არსებობს კლასიფიკაციის მეთოდების მრავალფეროვნება, მაგალითად, გულუბრყვილო ბაიესის კლასიფიკატორი, გადაწყვეტილების ხეები, დამხმარე ვექტორული მანქანები, შემთხვევითი ტყე, ნერონული ქსელები და ა.შ. ყველა მათგანი ეხება მანქანურ სწავლებას და ეფუძნება სასწავლო ნიმუშის აგებას და მის გამოყენებას შერჩეული კლასიფიკაციის მეთოდის ალგორითმის აგებისას.

პროექტების მართვის თანამედროვე პროგრამულ ინსტრუმენტებში არ წყდება, მაგალითად, ადამიანური ფაქტორით გამოწვეული რისკების რიცხვითი შეფასების პრობლემები და მათი აღრიცხვა ხორციელდება მენეჯერის ინტუიციისა და საღი აზრის საფუძველზე.



ნახ. 1. პროგრამული სისტემების შექმნისთვის რისკების კლასიფიკატორის აგების ალგორითმი

პროექტის დამუშავების რისკების კომპლექსური შეფასების ერთერთი მეთოდი არის ალბათური მოდელირების მეთოდი ბაიესის ქსელების გამოყენებით. ბაიესის ქსელები (Bayesian networks - BNs) წარმოადგენენ სტატისტიკური ინფორმაციის მოდელირებაში ცვლადებს შორის ალბათური და მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გრაფიკულ მოდელს. BN-ს შეუძლია ორგანულად დააკავშიროს ცვლადების სხვადასხვა მნიშვნელობების წარმოქმნის ემპირიული სიხშირე, "მოლოდინების" სუბიექტური შეფასებები და თეორიული წარმოდგენები აპრიორი ინფორმაციისგან გარკვეული შედეგების მიღების მათემატიკური ალბათობის შესახებ. ეს არის მნიშვნელოვანი პრაქტიკული უპირატესობა და განასხვავებს ბაიესის ქსელებს რისკების შეფასების სხვა მეთოდებისგან. [6]

პირობითი ალბათობის ცნება $P(A|B) = x$ ქმნის ბაიესის მიდგომის საფუძველს განუზღვრელობის ანალიზისადმი. A და B მოვლენების ერთობლივი ალბათობა მოცემულია სრული ალბათობის ფორმულით:

$$P(A, B) = P(A | B) P(B) \quad (1)$$

დამოკიდებული ცვლადების (შედეგების) შესახებ ინფორმაციის გათვალისწინებით, ბაიესის თეორემის გამოყენებით შეიძლება განისაზღვროს თავდაპირველი ცვლადების (მიზეზების) შედარებითი ალბათობა.

ვთქვათ, გვაქვს რაიმე A ჰიპოთეზის დადგომის პირობითი ალბათობა $P(A|B)$ იმ პირობით, რომ მოხდა B ხდომილობა. ბეიესის თეორემა იძლევა შეზღუდული ამოცანის ამოხსნას - რა არის B ადრინდელი მოვლენის დადგომის ალბათობა. ოთხობილია, რომ მოაიანიზო მოხდა A მოვლენა. A_1, \dots, A_n იყოს შეუთავსებელი ურთიე სადაც $P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot P(B | A_i)$ (2) (ალტერნატიული ჰიპოთეზები). მაშინ ყოველი A_j მოვლენის აპოსტერიორული ალბათობა $P(A_j|B)$, იმ პირობით, რომ B მოვლენა მოხდა, გამოიხატება აპრიორი ალბათობით $P(A_j)$:

$$P(A_j | B) = \frac{P(A_j) \cdot P(B | A_j)}{P(B)}$$

შებრუნებულ ალბათობას $P(B|A_j)$ ეწოდება სანდოობა, ხოლო მნიშვნელს $P(B)$ ბაიესის ფორმულაში ეწოდება მტკიცებულება(მოწმობა). სრული ალბათობა არის დაკვირვებული მონაცემების ყველაზე სრული სტატისტიკური აღწერა.

ამოცანაში ერთობლივი განაწილება წარმოდგენილია როგორც მრავალი ცვლადის ფუნქცია. ზოგადად, ეს აღწერა მოითხოვს ყველა ცვლადის მნიშვნელობების ყველა დასაშვებ კონფიგურაციის ალბათობის დაზუსტებას, რაც ნაკლებად გამოსაყენებელია რეალურ ამოცანებში. ბაიესის ქსელებში, იმ პირობებში, როდესაც არსებობს დამატებითი ინფორმაცია მახასიათებლების დამოკიდებულების ან დამოუკიდებლობის ხარისხის შესახებ, ეს ფუნქცია ფაქტორირებულია ცვლადების უფრო მცირე რაოდენობის ფუნქციებად:

$$P(A_1, \dots, A_n) = \prod_j P[A_j | Pa(A_j)] \quad (3)$$

სადაც $Pa(A_j)$ არის ყველა წინა მდგომარეობები - A_j ცვლადისთვის.

BN-ის ადრე ჩამოთვლილ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, ასევე (1), (2) და (3) გამოყენებით, შეიძლება ეფექტურად იქნას გამოყენებული BN აპარატი რისკების მოდელის შემუშავებისა და მისი წარმოშობის ალბათობის რაოდენობრივად შეფასების ამოცანებში როგორც მატერიალიზაციის, ასევე პროექტში სხვა რისკებზე ზემოქმედების თვალსაზრისით.

რისკების მართვის პრობლემებში ბაიესის ქსელების გამოყენების მთავარი უპირატესობა არის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების ერთობლივად გათვალისწინების შესაძლებლობა, შემოსული ინფორმაციის დინამიური დამუშავება, ასევე აშკარა დამოკიდებულება რისკების წარმოქმნის მიზეზებზე.

ამ მეთოდის გამოყენების ალგორითმი მოიცავს შემდეგ ნაბიჯებს.

1. რისკების ხარისხობრივი ანალიზის ჩატარება გვერდითი მოვლენების ალბათობის ერთდროული შეფასებით. ამ შემთხვევაში აუცილებელია პროექტზე აღწერილი რისკის გავლენის ხარისხის განსაზღვრა.

2. შემუშავებული რესურსის სასიცოცხლო ციკლის ანალიზის ჩატარება. აუცილებელია განისაზღვროს რომელ ეტაპებზე წარმოიქმნება რისკები, რომელი ამოცანები სრულდება პარალელურად და რომელი თანმიმდევრულად, რათა დადგინდეს ზოგიერთი რისკის გავლენა სხვებზე.

3. წესების შედგენა, რომელიც აღწერს პროექტის შესრულების მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს, რისკების გათვალისწინებით.

4. პროექტის მახასიათებლების შესაბამისი ბაიესის ქსელის აგება.

5. პირობითი ალბათობების ცხრილების დადგენა ბაიესის ქსელის თითოეული არაფოთლოვანი წვეროსთვის.

6. ბაიესის ქსელის სწავლება, მოდელის ადეკვატურობის შემოწმება.

თითოეული მოვლენისთვის BN და წინასწარი ალბათობების ცხრილების შესადგენად, გამოყენებულია მონაცემები, რომელთა მიღება შესაძლებელია დარგის ექსპერტებისგან ან მსგავსი პროექტების განმეორებით განხორციელების გამოცდილებიდან. პროგნოზირების ხარისხის შემდგომი გაუმჯობესება შეიძლება მიღწეული იქნას ბაიესის ქსელის სწავლებით არსებულ ექსპერიმენტულ მონაცემებზე. ტრენინგი ტრადიციულად იყოფა ორ ნაწილად: ეფექტური ქსელის ტოპოლოგიის არჩევა, შესაძლოა, ფარული ცვლადების შესაბამისი ახალი კვანძების დამატება და პირობითი განაწილების პარამეტრების რეგულირება კვანძებში ცვლადების მნიშვნელობებისთვის.

ქსელის შექმნისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული პროგრამული უზრუნველყოფის სასიცოცხლო ციკლის ეტაპებზე წარმოქმნილი რისკები:

1. მოთხოვნების დადგენა და ანალიზი: ორაზროვანი მოთხოვნები;
2. დაპროექტება: პროგრამული არქიტექტურის სირთულე; მომხმარებელთა არასასიამოვნო ინტერფეისი; მონაცემთა ბაზის არასწორი სტრუქტურა; მონაცემთა სტრუქტურების არაოპტიმალური არჩევანი; პროგრამირების ენის არაოპტიმალური არჩევანი;
3. პროგრამირება: კოდი არსებული ბიბლიოთეკების შესაძლებლობების გამოყენების გარეშე; წაუკითხავი კოდი; არარეგულარული კოდის სარეზერვო ასლი;
4. ტესტირება: ტესტირების მეთოდების არაეფექტური არჩევანი; მოთხოვნები არ არის პრიორიტეტული; ტესტირების პროტოკოლები არ გამოიყენება.

გარდა ამისა, CMM(CMMI) მოდელის [5] რეკომენდაციები საკვანძო პრაქტიკებისთვის, როგორცაა: მოთხოვნების მართვა, პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის დაგეგმვა, პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების თვალყურის დევნება და ზედამხედველობა, პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის უზრუნველყოფა, პროგრამული უზრუნველყოფის კონფიგურაციის მართვა და ა.შ., ასევე უფრო მაღალი დონის საკვანძო პრაქტიკების სიმწიფე: პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების ინტეგრალური მართვა, ჯგუფთაშორისი კოორდინაცია, საექსპერტო გამოკვლევები, პროცესების რაოდენობრივი მართვა, პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის მართვა და ა.შ. ასევე გასათვალისწინებელია ქსელის აგებისას.

მოდით ავაგოთ BN, რომელიც ახასიათებს პროექტის ეტაპობრივ დამუშავებას (ნახ. 2)



ნახ. 2. ბაიესის ქსელის ფრაგმენტი

წარმოვადგინოთ BN-ის პირობითი ალბათობების ცხრილები, რომლებიც შექმნილია რაოდენობრივი რისკების შეფასებისთვის პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების ყველა ეტაპზე (ცხრილი 1):

წვერო	მდგომარეობა							
	წარმატებით				აუცილებელია გადამუშავება			
სამუშაოს დასრულება	წარმატებით				აუცილებელია გადამუშავება			
კონსტრუირება	წარმატებით		დაგვიანება		წარმატებით		დაგვიანება	
დოკუმენტაციის დროულად მომზადება	დიახ	არა	დიახ	არა	დიახ	არა	დიახ	არა
პროექტი დასრულდა დროულად	0,99	0,85	0,8	0,65	0,85	0,75	0,7	0,01
პროექტი ჩაბარდა დაგვიანებით	0,01	0,15	0,2	0,35	0,15	0,25	0,3	0,99

ცხრილი1. პირობითი ალბათობების ცხრილი წვეროსთვის "პროექტი დასრულებულია"

რისკის ალბათური შეფასების მისაღებად აუცილებელია ალბათობის განაწილების ფუნქციის გამოყენება. სტატუსის ფანჯარაში გამოჩნდება, რომ „პროექტის დაგვიანებით მიწოდება“ მოვლენის დადგომის ალბათობა, მიზეზების პირობითი ალბათობის გათვალისწინებით, უდრის 10,29%. თქვენ შეგიძლიათ მიიღოთ ეს, როგორც მაქსიმალური მისაღები რისკის ზღვარი და შეადაროთ მიღებული შედეგები. თუ ისინი არ აჭარბებენ მაქსიმალურ დასაშვებ ზღვარს, რეკომენდებულია მათი მიღება, წინააღმდეგ შემთხვევაში რეკომენდებულია რისკის მოდელის შესწავლა და პროექტში დროის რეზერვების შეტანა რისკის მატერიალიზაციის შედეგების დასაძლევად. სასურველი რისკის მნიშვნელობის ქვედა

ზღვრის საპოვნელად გამოიყენება მაქსიმუმის გავრცელება. რისკის „პროექტის დაგვიანებით მიწოდების“ გაჩენის ყველაზე დაბალი ალბათობაა 2.13%.

პროექტის ვადების შეუსრულებლობის ფაქტის ანალიზიდან გამომდინარე, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ 47%-იანი ალბათობით, დაგვიანების გამო, ეს მოხდება საწყის ეტაპზე, 42%-ის ალბათობით - დიზაინის (კონსტრუირების) ეტაპზე და 48% ალბათობით პროექტის ტესტირებისას. იმისათვის, რომ ვიპოვოთ ყველა წვეროს მდგომარეობის ყველაზე სავარაუდო კომბინაცია, საჭიროა კვლავ გამოვიყენოთ მაქსიმუმების გავრცელება. ხელახალი გაანგარიშების შემდეგ ვიღებთ ახალ განაწილებას ფანჯრებში ქსელისა და წვეროების ჩვენებისთვის. ამ შემთხვევაში, წვეროების თითოეული მდგომარეობა, რომელსაც აქვს 100% მნიშვნელობა, მიეკუთვნება მდგომარეობების ყველაზე სავარაუდო კომბინაციას. განსახილველ მაგალითზე მიიღება ერთი უნიკალური კომბინაცია, რომელშიც დიდი ალბათობით პროექტი შეფერხდება, როცა მოვლენა „სამუშაოს დასრულება“ არის „აუცილებელია გადამუშავება“ მდგომარეობაში.

3. დასკვნა

სტატიაში შემოთავაზებულია რისკების შეფასების მოდელი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის ყველა ეტაპზე. ბაიესის ქსელები წარმოადგენენ მოსახერხებელ აპარატს რისკების შესასწავლად, მათი მოდელის შედგენისა და რაოდენობრივად განსაზღვრისთვის. მოსახერხებელია რისკების მოდელის წარმოდგენა ორიენტირებული გრაფის სახით, ეს საშუალებას გაძლევთ მაქსიმალურად ზუსტად შეისწავლოთ რისკის კომპონენტები და შეიტანოთ ფაქტორების მაქსიმალური რაოდენობა, რომლებიც გავლენას ახდენენ რისკის წარმოშობის ალბათობაზე. ბაიესის სანდოობის ქსელებში შესაძლებელია გამოიყენოთ როგორც ემპირიულად მიღებული ალბათობა, ან სისტემის მრავალჯერადი გამოყენების გამოცდილებიდან, ასევე საექსპერტო შეფასებები, რაც შესაძლებელს ხდის გამოიყენოთ სპეციალისტი ექსპერტის ცოდნა, გამოხატული ვარაუდების სახით, რისკის მოდელის შედგენის პროცესში. მოდელი, რომელიც აგებულია ბაიესის სანდოობის ქსელის სახით, დინამიურია და ადვილად ეგუება მიღებულ მტკიცებულებებს. ეს საშუალებას გაძლევთ შეიყვანოთ სისტემის მონაცემები, რომლებიც მიღებულია პროექტის თითოეულ ეტაპზე. ამ გზით გაუმჯობესებული რისკის მოდელები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვა მსგავს პროექტებში.

ლიტერატურა – References:

1. Russell D. Archibald. Managing High-Technology Programs and Projects, 3rd Edition, ISBN: 978-0-471-26557-3, 2003
2. A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK® GUIDE, 7th edition, and The Standard for Project Management, ISBN: 978-1-62825-664-2 Published by: Project Management Institute, Inc., 2021
3. CHAOSReport2015-Final.pdf. – URL: https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf.
4. Software Project Risk Assessment and Efforts Contingency Model based on COCOMO Cost Factor COCOMO. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/236679817> (28.09.2019)
5. Kulpa, Margaret K.; Kent A. Johnson. Interpreting the CMMI: A Process Improvement Approach. Auerbach Publications. 2003
6. Ke-Lin Du, M.N.s. Swamy. Probabilistic and Bayesian Networks, January 2014, DOI:10.1007/978-1-4471-5571-3_19 In book: Neural Networks and Statistical Learning (pp.563-619)

Risk forecasting in the process of software project development

Bejanishvili Lolita, Nachkebia Mziana

Georgian Technical University

lolita.bejanishvili@gtu.ge, mzianachkebia@yahoo.com

Abstract

The importance and complexity of modern software design processes in the conditions of digital transformation of society leads to the risks of their design. A great number of researches are conducted to analyze these reasons. The main goal of software project management is to achieve optimal quality of a software product at minimum cost, assessment and management of project risks at all stages of the software development life cycle. The issues of software project risk management at each phase of the development life cycle are key for a development team planning to launch replicated software products on the market.

The purpose of this article is to solve the problem of estimating and predicting the risks of developing software project based on the use of machine learning methods, the block diagram of the algorithm for solving the problem of risk prediction is presented. The algorithm consists of two stages. At the first stage, a training sample is formed, the columns of which are risk factors, and the rows are risk situations. The second stage involves the formation of classification algorithms and evaluation of their quality using a test sample. The article describes the methodology of risk calculation at all stages of the project life cycle based on the application of Bayesian networks. The BN apparatus can be effectively used in the tasks of developing a risk model and quantifying the probability of its occurrence and materialisation, as well as its impact on other risks in the project. The main advantage of using Bayesian networks in the tasks of risk management is the possibility of joint accounting of quantitative and qualitative indicators, dynamic processing of incoming information, as well as explicit dependencies between the causes affecting the occurrence of risk. In addition, CMMI model recommendations on key practices such as: requirements management, software project planning, software project tracking and oversight, software quality assurance, software configuration management, etc., as well as key practices of a higher maturity level: integrated software development management, inter-team coordination, specialist expertise, quantitative process management, software quality management are considered. The application of these methods will improve the quality of solving the problems of risk assessment and forecasting. This assumption is based on two factors: the possibility to form a training sample and the availability of a large number of tools to solve such problems. The model built in the form of a Bayesian trust network is dynamic, it can be easily adjusted to the obtained evidence. This makes it possible to enter the data obtained at each stage of project implementation into the system.

Keywords: forecasting, project risk assessment, project management, CMM, classification, Bayesian network.

5G ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული ზოგადი ტენდენციები და საქართველოს სატელეკომუნიკაციო სივრცეში ამ მხრივ არსებული გამოწვევები

ნინო ჟიჟილაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, n_jijilashvili@gtu.ge
ლია რუხაძე, კომუნიკაციების კომისია, l.rukhadze@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე ტექნოლოგიურ ეპოქაში, როდესაც ყოველდღიურად ინერგება ინოვაციური სერვისები, ტექნოლოგიურმა განვითარებამ ბევრ სიკეთესთან ერთად, ახალი გამოწვევებიც გააჩინა, რომელსაც ქვეყანამ ეფექტურად უნდა უპასუხოს, განავითაროს და დაანერგოს ახალი ტექნოლოგიები. ციფრული კომუნიკაციები ზუსტად ის სფეროა, რომელიც უწყვეტ განვითარებას, ინოვაციებისა და თანამედროვე ტექნოლოგიების დაანერგვას მოითხოვს, ვინაიდან კომუნიკაციებისა და ტექნოლოგიების საუკუნეში სრულფასოვნად ინტეგრირება, ცხოვრება და მით უმეტეს, პროგრესი, წარმოუდგენელია. სტატიაში განხილულია მეხუთე თაობის (5G) ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული ზოგადი ტენდენციები

და საქართველოს სატელეკომუნიკაციო სივრცეში ამ მხრივ არსებული გამოწვევები. წარმოდგენილია ტექნოლოგიური ცვლილებები, რაც განიცადა მობილურმა კავშირგაბმულობამ ბოლო 10 წლის განმავლობაში და ზოგადად ნაჩვენებია ის არსებითი ამოცანები, რომლებიც უნდა გადაწყვიტოს 5G ტექნოლოგიებმა და განხილულია მეხუთე თაობის მობილური ტექნოლოგიების ძირითადი უპირატესობები.

5G მიზნად ისახავს „ინდუსტრიული კომუნიკაციის“ განვითარებას, რაც ითვალისწინებს ეკონომიკის გაციფრულებასა და გლობალურ ციფრულ ტრანსფორმაციას. ტრანსპორტირების, მედიისა და წარმოების დარგები ამ ტექნოლოგიის წამყვანი მომხმარებლები უნდა გახდნენ. აღნიშნულია, რომ მეხუთე თაობის ტექნოლოგიების განვითარება სატელეკომუნიკაციო სექტორთან ერთად, სრულიად ახალ საფეხურზე გადაიყვანს ისეთ უმნიშვნელოვანეს დარგებს, როგორებიცაა სოფლის მეურნეობა, წარმოება, ჯანდაცვა, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება, წყალმომარაგება და ელექტროენერგეტიკა, მშენებლობა, ვაჭრობა, ტრანსპორტირება და შენახვა, საზოგადოებრივი უსაფრთხოება, კულტურა და დასვენება, საქალაქო მეურნეობა.

სტატიაში, ასევე, მოყვანილია საქართველოსთვის მნიშვნელოვანი მომსახურების სფეროებისა და ინდუსტრიების იდენტიფიცირება, რომლებისთვისაც 5G დანერგვას კრიტიკული მნიშვნელობა აქვს და აღნიშნულია, რომ სახელმწიფო სექტორი პოტენციურად მეხუთე თაობის ტექნოლოგიების ერთ-ერთი ყველაზე აქტიური ბენეფიციარი იქნება, ვინაიდან 5G ტექნოლოგიების გამოყენება უზრუნველყოფს არაერთი პრობლემური საკითხის გადაჭრას სახელმწიფოში.

სტატიაში, ასევე, საუბარია ციფრული კომუნიკაციების განვითარების შედეგად გაზრდილი ციფრული ბარიერის შესახებ, რაც ქვეყანაში ციფრული ტექნოლოგიების გავრცელებას და გავლენას გულისხმობს. მიუხედავად იმისა, რომ გასული ათწლეულის განმავლობაში, საქართველოში შიდა სატელეკომუნიკაციო ბაზარი მნიშვნელოვნად გაფართოვდა, ციფრული ეკონომიკის განვითარების დონე არც ისე მაღალია, რასაც განაპირობებს არსებული ციფრული უთანასწორობა, რომლის ერთ-ერთი მიზეზი ინტერნეტზე წვდომისა და ციფრული უნარების ნაკლებობაა. აქედან გამომდინარე, ქვეყნისა და საზოგადოების შემდგომ განვითარებაში ფართოზოლოვანი მომსახურებებისა და 5G ტექნოლოგიის განვითარებას მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება, რაც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს ქვეყნის ციფრული ტრანსფორმაციის დაჩქარებასა და ისეთი სექტორების განვითარებას, როგორიცაა ტრანსპორტი, ენერგეტიკა, წარმოება, ჯანდაცვა, სოფლის მეურნეობა და მედია. ყველაზე მნიშვნელოვანი, რაც 5G-ზე დაფუძნებულ მომავლის ინფრასტრუქტურას ახასიათებს არის უნიფიცირება: ეს იქნება ერთიანი ციფრული, „ჭკვიანი“ და ურთიერთდაკავშირებული მოწყობილობების ეკო-სისტემა, რომელიც შექმნის მასშტაბურ IoT და M2M ქსელს.

საკვანძო სიტყვები: 5G ტექნოლოგიები; მობილური ინტერნეტი; ციფრული რევოლუცია; ციფრული უთანასწორობა; სატელეკომუნიკაციო სივრცე.

თანამედროვე ციფრულ ერაში, სადაც ციფრული ტექნოლოგიები ელვის უსწრაფესად ვითარდება და ადამიანის ცხოვრების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილი ხდება, შესაბამისად იცვლება თანამედროვე ცხოვრების სტილი, ადამიანის ყოველდღიური ყოფა და ყოველდღიური საქმიანობა, იცვლება სამსახურებრივი მოვალეობები, კომუნიკაციის, მოგზაურობისა და გართობის საშუალებები.

ზოგადად, ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობა მოიცავს რთულ ტექნოლოგიურ სისტემებს, რომლებიც მილიონი წლების განმავლობაში იქმნებოდა და ყალიბდებოდა. პირველყოფილი შრომის იარაღების დამზადება პირველი ტექნოლოგიური პროცესებია, რომლის გამოყენებაც ადამიანმა დაიწყო. კაცობრიობის ისტორია ძირითადად ტექნოლოგიების შექმნის ისტორიაა და ცხოვრების დონის გაუმჯობესების მიზნით ადამიანი კვლავ და კვლავ ქმნის ახალ-ახალ ტექნოლოგიებს და ეს პროცესი დაუსრულებლად მიმდინარეობს. ტექნოლოგიზაციის დონე ცივილიზაციის დონის მაჩვენებელია. ამგვარად, ცნება „ტექნოლოგია“ ფართო მნიშვნელობის ტერმინია და მოიცავს ტექნოლოგიის მრავალ სახეობას, მათ შორის, განსაკუთრებული ადგილი ციფრულ ტექნოლოგიებს უკავია. დღეს იშვიათია ელექტრონული მოწყობილობა ან დანადგარი, რომელიც გარკვეულწილად არ მოიცავდეს ციფრულ ტექნოლოგიებს. როდესაც ციფრულ ტექნოლოგიებს ვახსენებთ, უპირველეს ყოვლისა, ვგულისხმობთ კომპიუტერს, ტელეფონს და ინტერნეტს, რომლებმაც ფუნდამენტურად შეცვალეს მანამდე არსებული საკომუნიკაციო სისტემა.

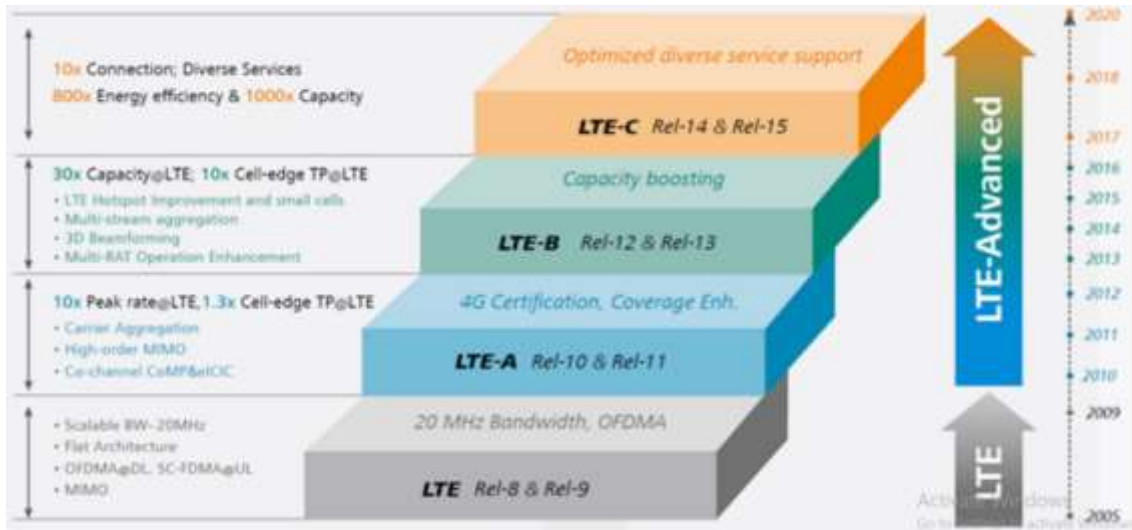
ციფრული რევოლუციის უმნიშვნელოვანესი მიღწევები მე-20 საუკუნის 80-იან წლებში გაჩნდა ქსელების განვითარებასთან ერთად, როდესაც დაიწყო 1G პირველი თაობის ინტერნეტქსელის განვითარება. შეიძლება ითქვას, რომ თითოეული ახალი მობილური თაობა დაახლოებით 10 წელიწადში ერთხელ ცვლის თავის წინამორბედს. 2G მეორე თაობა წარმოიშვა 1990-იანი წლების დასაწყისში, მესამე - 2000-იანი წლების და მეოთხე - 2009 წელს. რაც შეეხება მეხუთე თაობის მობილურ კავშირს, მისი დანერგვა 2020 წლიდან დაიწყო.

როგორც 4G-ის შემკვიდრე, 5G მობილური ტექნოლოგია გვთავაზობს სრულიად ახალ, ციფრულ ინოვაციებზე მაქსიმალურად ადაპტირებულ სამყაროს.

5G ახალი თაობის უსადენო ინტერნეტ ტექნოლოგია არსებულ ტექნოლოგიებთან შედარებით, მობილური ინტერნეტის სიჩქარეს მნიშვნელოვნად გაზრდის, შეამცირებს დაყოვნებას და სატელეკომუნიკაციო სექტორთან ერთად, სრულიად ახალ საფეხურზე გადაიყვანს ისეთ უმნიშვნელოვანეს დარგებს, როგორებიცაა:

- სოფლის მეურნეობა
- წარმოება
- ჯანდაცვა
- სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება
- წყალმომარაგება და ელექტროენერგეტიკა
- მშენებლობა
- ვაჭრობა
- ტრანსპორტირება და შენახვა
- საზოგადოებრივი უსაფრთხოება
- კულტურა და დასვენება
- საქალაქო მეურნეობა

ტექნოლოგიური ცვლილებები, რაც განიცადა მობილურმა კავშირგაბმულობამ ბოლო 10 წლის მანძილზე:



ამოცანები, რომლებიც უნდა გადაწყვიტოს 5G ტექნოლოგიებმა:

- მობილური ტრაფიკის გაზრდა;
- ქსელში მიერთებული მოწყობილობების რაოდენობის გაზრდა;
- დაყოვნებების შემცირება ახალი მომსახურების რეალიზაციისას;
- სიხშირული სპექტრის უკმარისობა.

5G მობილური ტექნოლოგიების ძირითადი უპირატესობები:

- პირველ რიგში, მობილური ინტერნეტის გაცილებით მაღალი სიჩქარე, დაახლოებით 10-20-ჯერ უფრო სწრაფი, ვიდრე არსებული 4G;
- ტექნიკური კუთხით, ქსელის უფრო მაღალი გამტარუნარიანობა, რაც უზრუნველყოფს დროის შუალედში უფრო მეტი მოწყობილობის დაკავშირებას (connected device);
- რადიოსიხშირული სპექტრის უფრო ოპტიმალური გამოყენება;
- ბევრად სტაბილური და უწყვეტი კავშირი ქსელთან.

ამგვარად, იქმნება შესაძლებლობა, შეიქმნას ტექნოლოგიური ბაზისი მომავლის სერვისებისთვის. ქსელის არქიტექტურის სპეციფიკიდან გამომდინარე, შესაძლებელი ხდება მომსახურების შეთავაზება როგორც დიდ რეგიონზე (macro cell), ისე სპეციფიკური ლოკალური და მცირე ტერიტორიულ მასშტაბზე გათვლილი მომსახურების (micro cell) გაშვება. სწორედ ამ უპირატესობების და თავისებურებების გამო აღნიშნული ტექნოლოგია მიჩნეულია ინდუსტრიული „რევოლუციის“ განვითარების მთავარ ქვაკუთხედად. მობილური ტექნოლოგიების წინა თაობები უზრუნველყოფდა ე.წ. „ადამიანურ კომუნიკაციას“ ხმოვანი, სმს და ინტერნეტ სერვისების მეშვეობით. თავის მხრივ, 5G მიზნად ისახავს „ინდუსტრიული კომუნიკაციის“ განვითარებას, რაც ითვალისწინებს ეკონომიკის გაციფრულებასა და გლობალურ ციფრულ ტრანსფორმაციას. ტრანსპორტირების, მედიისა და წარმოების დარგები ამ ტექნოლოგიის წამყვანი მომხმარებლები უნდა გახდნენ.

ამასთან დაკავშირებით, აღსანიშნავია, რომ 2020 წელს ევროკომისიამ გამოსცა რეკომენდაცია (Recommendation 2020/1307 - Common Union toolbox for reducing the cost of deploying very high capacity networks and ensuring timely and investment-friendly access to 5G radio spectrum, to foster connectivity in support of economic recovery from the COVID-19 crisis in the Union), რომელიც ეხება ფართოზოლოვანი ინფრასტრუქტურის განვითარების მიზნით ქსელის დანახარჯების შემცირებას და 5G ქსელის დროული ხელმისაწვდომობის, საინვესტიციო დანახარჯების შემცირებისა და საინვესტიციო მიმზიდველობის

უზრუნველყოფას, პანდემიით გამოწვეული ეკონომიკური მდგომარეობის გაჯანსაღების მიზნით.

ევროკომისიის მიერ შემუშავებულ სარეკომენდაციო დოკუმენტში აღნიშნულია, რომ ე.წ. გიგაბიტის კავშირს საფუძვლად უდევს მაღალი გამატარუნარიანობის საჭიროებების მქონე მომსახურებების გამოყენება, როგორცაა ჯანმრთელობის, განათლების, ტრანსპორტის, ლოგისტიკის და მედიის სფეროები, რომლებსაც გადამწყვეტი როლის შესრულება შეუძლიათ ევროპის ეკონომიკის აღდგენაში. ფიქსირებული და უსადენო კავშირი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ხელმისაწვდომი (როგორც გეოგრაფიული, ისე ფასის კუთხით) სერვისების მიწოდებასა და ციფრული უთანასწორობის აღმოფხვრაში, რომელიც ჯერ კიდევ არსებობს მსოფლიოში, მათ შორის საქართველოშიც, სოფელსა და ქალაქს შორის. ციფრულ მომსახურებაზე გადასვლამ კიდევ უფრო გაზარდა ციფრული ბარიერი და მკაფიოდ უჩვენა, რომ ციფრული ინფრასტრუქტურის და უნარების განვითარების მიუხედავად, საზოგადოებაში კვლავაც უამრავი არაპრივილეგირებული ადამიანია, ვისაც არ შეუძლია ჩაერთოს ციფრულ ეკონომიკასა და საზოგადოებაში. ამიტომ როგორც ევროკავშირში, ისე საქართველოშიც უფრო დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ამ ადამიანების მხარდაჭერასა და გაძლიერებას.

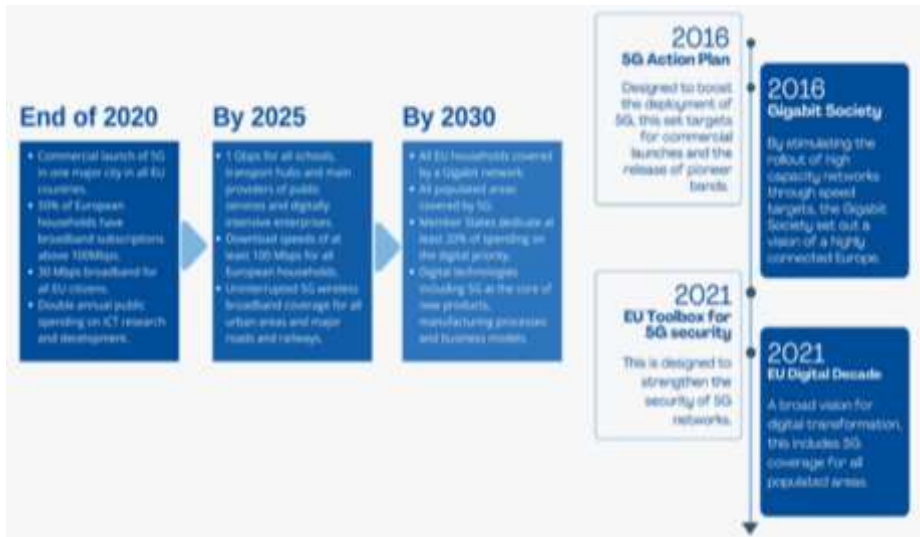
მაგალითისთვის, შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირთა ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებაზე ზრუნვა კაცობრიობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა და 5G ინტერნეტი ამ გამოწვევის საპასუხოდ უნიკალურ შესაძლებლობას იძლევა.

წარმოიდგინეთ უსინათლო ადამიანი კამერით აღჭურვილი ჭკვიანი სათვალეებით. სათვალეში ჩამონტაჟებული ხელოვნური ინტელექტი (რომელიც 5G ტექნოლოგიების დამსახურებით ბევრად უფრო დახვეწილია) რეალურ დროში აფიქსირებს გზას და მიკროფონის მეშვეობით რეალურ დროშივე აუწყებს მოსიარულეს მის წინ არსებული დაბრკოლებების შესახებ. ასეთი სისტემა უზრუნველყოფს სავაჭრო ცენტრებში ნავიგაციასა და უსინათლოს წინ არსებული პრობლემების ხმოვან აღწერასაც.

ამის ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია ნოემი რისტაუ, 30 წლის გერმანელი პარალიმპიური მოთხილამურე. ის უსინათლოა. მხედველობის დაკარგვის პროცესი დაახლოებით 15 წლის წინ დაეწყო, თუმცა ამას ხელი არ შეუშლია მისთვის, ერთ-ერთი ყველაზე წარმატებული სპორტსმენი გამხდარიყო. აქამდე მას თავის დამხმარესთან, პაულასთან, ერთად უწევდა სრიალი, რომელიც აკუსტიკური სიგნალებით ატყობინებდა, როდის უნდა მოეხვია.

წლის ივნისში ნოემი რისტაუ 15 წლის განმავლობაში პირველად დაეშვა მარტო მთიდან. პაულა მას ამჯერად ოთახიდან ეხმარებოდა. მოთხილამურის ჩაფხუტზე მიმაგრებული კამერის წყალობით, ის რეალურ დროში ხედავდა გზას და ისევ და ისევ მიკროფონით ატყობინებდა მანევრების შესახებ. განსხვავება ის იყო, რომ ამჯერად ნოემი პასუხს 10 მილიწამში იღებდა. ეს იგივე დროა, რაც ჩვენს ნერვულ სისტემას ისედაც სჭირდება. ასეთ წარმოდგენელ სისწრაფეს მეხუთე თაობის, იგივე 5G ინტერნეტი, უზრუნველყოფდა: „მარტო ჩამოსრიალებისგან იმ წამიდან ვიყავი აღფრთოვანებული, რა წამსაც ადგილზე დავდექი. ეს გრძნობა ძალიან დიდი ხანია, აღარ ვიცოდი.“

ევროკავშირმა ასევე შეიმუშავა 5G მობილური ქსელების განვითარებასთან დაკავშირებით სამოქმედო გეგმა და მისი ხელშემწყობი ინსტრუმენტები, რომელიც საქართველოსთვისაც მნიშვნელოვანია და საინტერესო, ასოცირების ხელშეკრულების ფარგლებში ნაკისრი ვალდებულებების ეფექტური შესრულების მიზნით.



იმისთვის, რომ დაკმაყოფილდეს ფართოზოლოვანი რადიოკავშირის სამომავლო მოთხოვნები, მნიშვნელოვანია, ქვეყანას გააჩნდეს ფართოზოლოვანი განვითარების სტრატეგია. საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, მსოფლიო ბანკის დახმარებით, მუშაობს აღნიშნულ საკითხზე. ხელთ არსებულ მონაცემებზე და განვითარების ტენდენციების ანალიზზე დაყრდნობით კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მოსაზრებით, მნიშვნელოვანია რომ 2025 წლისათვის სკოლებს, სატრანსპორტო მაგისტრალებსა და საჯარო სტრუქტურებს მიეწოდებოდეს ინტერნეტი, ჩამოტვირთვა-ატვირთვის 1 გიგაბიტი წაშში სიჩქარის შესაძლებლობით, რაც სრულ თანხვედრაშია ევროპის გაერთიანების გეგმებთან. აღნიშნული სერვისის ხარისხი მიღწევადია როგორც 5G თაობის უსადენო დაშვების ქსელის ტექნოლოგიების გამოყენებით, ისე საკაბელო (ოპტიკურბოჭკოვანი) მაგისტრალების გამოყენებით.

5G ძირეულად ცვლის მობილური ინტერნეტით მომსახურების სტანდარტებს, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს საბოლოო მომხმარებლის კმაყოფილების დონეს. მისი დანერგვა უნდა გახდეს ბევრი არსებული პრობლემური საკითხის გადამწყვეტი, დაწყებული სტანდარტული მოთხოვნებიდან, როგორცაა საცალო მომხმარებლებისთვის მონაცემთა გადაცემის სიჩქარისა და გამტარუნარიანობის გაზრდა, ინდუსტრიული ინტერნეტიზაციის ფართომასშტაბიანი გაშლით დამთავრებული.

სხვა ქვეყნებში 5G გამოყენების საუკეთესო პრაქტიკის გათვალისწინებით, შესაძლებელია საქართველოსთვის მნიშვნელოვანი მომსახურების სფეროებისა და ინდუსტრიების იდენტიფიცირება, რომლებისთვისაც 5G დანერგვას კრიტიკული მნიშვნელობა აქვს, მსოფლიო ბაზრის სტანდარტებისა და მომხმარებელთა მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად და საქართველოს, როგორც რეგიონული მოთამაშის კონკურენტუნარიანობის ასამაღლებლად. 5G ტექნოლოგიების განვითარება განაპირობებს ტექნოლოგიურ ევოლუციას და ინოვაციური პროდუქტების დანერგვას. ამიტომ მეხუთე თაობის ტექნოლოგიების დახასიათებისას და განსაზღვრისას მნიშვნელოვანი აქცენტი კეთდება მის „ინდუსტრიულ“ გამოყენებაზე.

მიღებული სარგებელი ინიცირებას გაუკეთებს ახალი მოთხოვნილებების გენერირებას როგორც საცალო მომხმარებლის მხრიდან, ისე კორპორაციული სექტორისგან - სახელმწიფო და კერძო სტრუქტურებისგან. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სახელმწიფო სექტორისა და ინდუსტრიების მოლოდინების, მოთხოვნების გათვალისწინებას, რადგან მეხუთე თაობის ტექნოლოგიებით მაქსიმალური სარგებლისა და ეფექტიანობის მისაღებად, ასევე, საბოლოო მომხმარებლის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად აუცილებელია სახელმწიფო და კერძო

სექტორის სინერგია სატელეკომუნიკაციო ოპერატორებთან და 5G ტექნოლოგიების მომხმარებელ წამყვან ინდუსტრიებთან.

სახელმწიფო სექტორი პოტენციურად 5G ტექნოლოგიების ერთ-ერთი ყველაზე აქტიური ბენეფიციარი იქნება. მეხუთე თაობის ტექნოლოგიების გამოყენება უზრუნველყოფს უამრავი პრობლემური საკითხის გადაჭრას:

- რეალურ დროში დაყოვნებების გარეშე მოვლენების დაფიქსირება ვიდეო კამარების საშუალებით, ინფორმაციის გადაცემა და შესაბამისი რეაგირების განხორციელება;
- საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მართვა/დაგეგმარება;
- ავტოსატრანსპორტო რეგულირების ინფრასტრუქტურის მართვა;
- სამოქალაქო უსაფრთხოების სისტემების დახვეწა/მუშაობა;
- სამაშველო ოპერაციების ეფექტიანი მართვა დრონებისა და სხვა ტექნიკური აღჭურვილობის გამოყენებით;
- მიუდგომელ ადგილებსა და სტიქიური უბედურებების ზონებში მძიმე ტექნიკის დისტანციური მართვა;
- ენერგორესურსების დისტანციური მართვა;
- ელექტრონული ჯანდაცვის სისტემის დანერგვა და მართვა;
- ჭკვიანი ქალაქის შექმნა.

მაღალსიჩქარიანი, მცირე დაყოვნებით და მაღალი გამტარუნარიანობით მონაცემთა გადაცემა კრიტიკულია სხვადასხვა ტიპის მანქანების ავტომატიზაციაში. მას ფართო გამოყენება ეძლევა ტრანსპორტირების და ლოგისტიკის სფეროში. საქართველოს შემთხვევაში ეფექტური გამოყენება შესაძლებელია პორტებში, სარკინიგზო კვანძებში, ნებისმიერი ტიპის როგორც მანუალური, ისე ავტომატიზებული მართვის სისტემებში. გადატვირთული ავტოსაგზაო მოძრაობის და დეფიციტური საპარკინგე ადგილების ფონზე მნიშვნელოვანია ისეთი გადაწყვეტილებების დანერგვა, რაც განტვირთავს საავტომობილო მოძრაობას და მძღოლებს მისცემს შესაძლებლობას, ადვილად მოძებნონ პარკინგისთვის განკუთვნილი თავისუფალი ადგილი. 5G ტექნოლოგიების საშუალებით შესაძლებელი იქნება ასეთი პროგრამული უზრუნველყოფის შეთავაზება მომხმარებლებისთვის.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოს გააჩნია მნიშვნელოვანი ინტერნეტრესურსი რეგიონში, რაც უკვე ანიჭებს მას მოწინავე პოზიციებს ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, ვინაიდან ციფრული უთანასწორობის აღმოფხვრა, ინტერნეტისა და ზოგადად ციფრული სერვისების ხელმისაწვდომობა, ასევე, უსაფრთხო ინტერნეტი და მომხმარებლების უფლებების დაცვა კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის პრიორიტეტებია.

გარდა ამისა, საქართველო მიმზიდველი გახდა მსოფლიო დონის სხვადასხვა ღონისძიებისა და მოვლენების ორგანიზებით (ცნობილი შემსრულებლების კონცერტები, სპორტული ჩემპიონატების მასპინძლობა, ტურისტულად მომხიბვლელი ადგილები და ინფრასტრუქტურა). აქედან გამომდინარე, შესაძლებელია მოწინავე პოზიციების დაჭერა ისეთ სფეროებში, როგორცაა გეიმინგი, ქლაუდმომსახურებები, აუგმენტური და ვირტუალური რეალობა. ბიზნესსექტორისთვის უკვე აქტუალური გახდა მომხმარებლებთან კომუნიკაციისთვის ისეთი ალტერნატიული სერვისების დანერგვა, როგორცაა ჩატ-ბოტები. მეხუთე თაობის ტექნოლოგიების გამოყენება უზრუნველყოფს უფრო სრულფასოვან მომსახურებას, როდესაც ძალიან მცირე დაყოვნების გამო დიალოგი, უკუკავშირი იქნება „ადამიანურ“ სტანდარტებთან მიახლოებული.

ასევე, ეს ტექნოლოგიები ახალ სტანდარტზე აიყვანს სარეკლამო სექტორს, სადაც შესაძლებელი იქნება მომხმარებლისთვის უფრო „targeted“ ნებისმიერი ტიპის საინფორმაციო-სარეკლამო შეტყობინების გაგზავნა. სხვადასხვა ქვეყნებში უკვე არსებობს IoT-ზე (ე.წ. „საგნების ინტერნეტი“) და M2M-ზე (ე.წ. „მოწყობილობებს შორის კავშირი“) დაფუძნებული სერვისების კომერციალიზაციის პრაქტიკა, რაც გაცილებით მაღალ ეფექტურობას მიაღწევს 5G ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის ძირითადი მიზანია, სწორად განისაზღვროს 5G ტექნოლოგიებისთვის გამოყენებადი სიხშირული სპექტრი, ისე, რომ დაცული იყოს ბალანსი გლობალურ ჰარმონიზაციასა და რეგიონულ დაგეგმარებას შორის. ამასთანავე, უზრუნველყოს მობილური ფართოზოლოვანი მომსახურებისათვის განკუთვნილი სიხშირული რესურსის ხელმისაწვდომობა, რომელიც კომპანიებს საშუალებას მისცემს ქვეყანაში განავითარონ და დაანერგონ ახალი თაობის (5G) მომსახურებები.

საქართველოში 5G ქსელის სრულად დაანერგვისა და განვითარების თვალსაზრისით მკაფიო ვადები განსაზღვრული არ არის. ქართულ სატელეკომუნიკაციო სივრცეში მოქმედი ოპერატორების ნაწილის მოსაზრებით, ქვეყნის არსებული მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად ახლო მომავალში LTE ტექნოლოგიაც საკმარისია. ოპერატორები, ასევე, ასახელებენ რამდენიმე დამაბრკოლებელ ფაქტორს, რომელთა ეფექტური მართვაც ხელს შეუწყობს 5G ქსელის დაანერგვას შედარებით მოკლე დროში - ახალი თაობის სატელეკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურის მოწყობის სიძვირე.

მეხუთე თაობის ქსელის საქართველოში დაანერგვასა და მის შემდგომ განვითარებაზე მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს საქართველოში მოქმედი ოპერატორების სურვილი და მზაობა 5G ქსელისა და მომსახურებების განვითარების კუთხით, ასევე, ისეთი ღონისძებების შედეგები, როგორებიცაა ტელეკომუნიკაციების საერთაშორისო კავშირის (ITU) მიერ რადიოკავშირის მსოფლიო კონფერენციაზე (WRC-19) მიღებული ფინალური აქტები და ევროპაში მიმდინარე სატესტო პროექტები, ასევე, მიმდინარე აუქციონები.

თანამედროვე ტექნოლოგიურ ეპოქაში, როდესაც ყოველდღიურად ინერგება ინოვაციური სერვისები, ტექნოლოგიურმა განვითარებამ ბევრ სიკეთესთან ერთად, ახალი გამოწვევებიც გააჩინა, რომელსაც ქვეყანამ ეფექტურად უნდა უპასუხოს, განავითაროს და დაანერგოს ახალი ტექნოლოგიები. ამასთან დაკავშირებით, კომუნიკაციების ეროვნული კომისია, რომლის საქმიანობა არეგულირებს მაუწყებლობისა და ელექტრონული კომუნიკაციების სფეროებს, ზრუნავს ინოვაციური ტექნოლოგიების დაანერგვაზე, რომ უზრუნველყოს სატელეკომუნიკაციო ბაზრის გამართული და სტაბილური ფუნქციონირება, უსაფრთხო და უკეთესი სატელეკომუნიკაციო სივრცის შესაქმნელად. ციფრული კომუნიკაციები ზუსტად ის სფეროა, რომელიც უწყვეტ განვითარებას, ინოვაციებისა და თანამედროვე ტექნოლოგიების დაანერგვას მოითხოვს. ყველაზე მნიშვნელოვანი, რაც 5G ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ მომავლის ინფრასტრუქტურას ახასიათებს, არის უნიფიცირება: ეს იქნება ერთიანი ციფრული, „ჭკვიანი“ და ურთიერთდაკავშირებული მოწყობილობების ეკო-სისტემა, რომელიც შექმნის მასშტაბურ IoT და M2M ქსელს და ხელს შეუწყობს კომუნიკაციებისა და ტექნოლოგიების საუკუნეში სრულფასოვნად ინტეგრირებას და პროგრესს.

ლიტერატურა:

1. 5G ტექნოლოგიები. თანამედროვე მსოფლიო გამოწვევები. კვლევითი ანგარიში.

<https://btu.edu.ge/wp-content/uploads/2022/07/5G-teqnologiebi-thanamedrove-msophlios-gamotsvevebi-Web.pdf>

2. 5G განვითარების ხელშეწყობის სტრატეგია. საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისია. 2019
3. https://comcom.ge/uploads/other/3/3445.pdf?fbclid=IwAR0BZ6-saZ_UT0OIlomrRFvMZ4Imtce7ESOGHSPCQlGMHmeXaIK6u3eyKLc
4. <https://5g.gov.ge/>

5G trends and related challenges in Georgian Telecom Industry

Nino Zhizhilashvili, Georgian Technical University, n_ijilashvili@gtu.ge

Lia Rukhadze, Communications Commission, l.rukhadze@gtu.ge

Summary

In the modern technological era, when innovative services are introduced every day, technological development, along with many benefits, also creates new challenges to which the country must respond effectively, develop and implement new technology. Digital communications is precisely the area that requires continuous development, innovation and adoption of modern technology, since it's impossible to ensure full integration, everyday life, and progress in the era of communications and technology.

The article refers to the 5G trends and challenges in Georgian telecom industry in this regard. Technological changes in the mobile communications during the last 10 years are shown, discussing the actual issues to be solved by 5G and the main advantages of this mobile technology as well. 5G aims to develop "industrial communication" that takes into account the digitalisation of the economy and global digital transformation. Transport, media and manufacturing industries should become leading users of this technology. It is noted that the development of 5G together with the telecommunications sector will bring to a completely new level such important fields as agriculture, manufacturing, health care, mining, water supply and electric power industry, civil engineering, trade, transportation and storage, public safety, culture and recreation, urban economy. The article also identifies important services and industries for Georgia for which 5G adoption is critical, and notes that the public sector will potentially be one of the most active beneficiaries of 5G technology, as the use of 5G will provide solutions to a number of issues in the country. Therefore, further development of broadband services and 5G plays an important role in the development of the country and society, accelerating the country's digital transformation and the progress of sectors such as transport, energy, industry, health care, agriculture and media. The most important feature characterizing the future 5G-based infrastructure is unification: it will be a unified ecosystem of digital, "smart" and interconnected devices creating a large-scale IoT and M2M network.

Key words: 5G Technology; Mobile internet; Digital revolution; Digital divide; Telecom industry.

კომპიუტერული სისტემისთვის პროცესორის შერჩევის საკითხისათვის

ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
a.benashvili@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია მე-12 თაობის Alder Lake მიკროარქიტექტურის მაღალწარმადული Intel Core i7, Intel Core i5 და წინამორბედი, მე-11 თაობის Rocket Lake მიკროარქიტექტურის ანალოგიური კლასის Intel Core i7 და Intel Core i5 პროცესორების მახასიათებლები. წარმოდგენილია შესაბამისი ბენჩმარკები და გაკეთებულია წარმადობის შედარებითი ანალიზი შესასრულებელი ამოცანათა კლასების მიხედვით. გამოკვეთილია ამოცანათა კლასები, რომლებშიც უფრო თანამედროვე, Alder Lake მიკროარქიტექტურის უპირატესობა აშკარაა და გამოყენების სფერო, რომელშიც Alder Lake და Rocket Lake მიკროარქიტექტურების მახასიათებლები ფაქტიურად იდენტურია.

საკვანძო სიტყვები: პროცესორი, პროცესორის წარმადობა, პროცესორის ბენჩმარკი, Alder Lake მიკროარქიტექტურა.

1. შესავალი

პროცესორის წარმადობაზე გავლენას ახდენენ ისეთი ფაქტორები, როგორებიცაა: ბირთვების რაოდენობა, მრავალნაკადიანობა, სამუშაო სიხშირე და Cache-მეხსიერების მოცულობა [1]. ამ თვალსაზრისით პირდაპირ, ყოველგვარი ტესტირების გარეშე შეიძლება შედარდეს მხოლოდ ერთი და იგივე მწარმოებლის და ერთი და იგივე თაობის პროცესორები. მაგალითად, ერთი და იგივე, მე-11 თაობის Intel Core i7-11700 და Intel Core i5-11600 პროცესორების ერთმანეთთან შედარებას აზრი არა აქვს, ისევე როგორც მე-12 თაობის Intel Core i7-12700 და Intel Core i5-12600 პროცესორების ერთმანეთთან შედარებას. ისედაც გასაგებია, რომ Intel Core i7 პროცესორების წარმადობა აღემატება Intel Core i5 პროცესორების წარმადობას.

რაც შეეხება სხვადასხვა თაობის Core პროცესორების ერთმანეთთან შედარებას, წარმადობის ანალიზისთვის საჭიროა სპეციალური ტესტური კრებულების, ე.წ. ბენჩმარკების გამოყენება.

მრავალბირთვიანი პროცესორების მეთორმეტე თაობა Intel Alder Lake ერთ-ერთი ყველაზე მასშტაბირებადი და მრავალი სიახლის მომცველი მიკროარქიტექტურაა Core პროცესორების ისტორიაში. ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სიახლე ეხება დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესს. Alder Lake წარმოადგენს Intel-ის მიერ რეალიზებულ პირველ მიკროარქიტექტურას, რომელიც იწარმოება 10 nm Enhanced SuperFin (Intel 7) ტექნოლოგიური პროცესის მიხედვით. მოცემული ტექნოლოგია მიეკუთვნება 10 ნმ-იანი ტექნოლოგიური პროცესის მეორე ოპტიმიზაციას, რომელიც უზრუნველყოფს 1 ვატზე კუთრი წარმადობის 10-15%-ით ზრდას წინამორბედ 10 nm SuperFin ტექნოლოგიურ პროცესთან შედარებით [2].

მიუხედავად იმისა, რომ ტექნოლოგიური პროცესი 10 ნმ-იანია, Intel 7 ტექნოლოგიური პროცესი კრისტალში ტრანზისტორების განლაგების სიმჭიდროვის მიხედვით აღემატება სხვა მწარმოებლების მიერ 7 ნმ-იანი ტექნოლოგიური პროცესით დამზადებულ პროცესორებს. მაგალითად, WikiChip-ის ინფორმაციით, 10 ნმ-იანი ტექნოლოგიური პროცესი Intel 7 უზრუნველყოფს 100,76 მილიონი ტრანზისტორის განთავსებას 1 მმ²-ზე, როდესაც 7-ნმ-ანი TSMC ტექნოლოგიური პროცესი იგივე ფართზე 91,2 მილიონი ტრანზისტორის განთავსების საშუალებას იძლევა.

Alder Lake არქიტექტურის ბაზაზე გამოშვებულია Core i9/7/5/3, Pentium და Celeron მოდელის პროცესორები. ყურადღებას იპყრობს პროცესორების ფართო სპექტრი, რომელიც მოიცავს სამაგიდო, მობილურ და ულტრა მობილურ პროცესორებს 9-153 ვატი დიაპაზონის მოხმარებული სიმძლავრის (TDP) მიხედვით, რაც განაპირობებს მათი გამოყენების შესაძლებლობას როგორც სამაგიდო, ასევე მობილურ სეგმენტში.

2. ძირითადი ნაწილი

ტესტირებისთვის შერჩეულია მე-12 თაობის Alder Lake მიკროარქიტექტურის Intel Core i7-12700, Intel Core i5-12600 და წინამორბედი, მე-11 თაობის Rocket Lake მიკროარქიტექტურის Intel Core i7-11700, Intel Core i5-11600 პროცესორები. ცხრილში 1 წარმოდგენილია პროცესორების ძირითადი მახასიათებლები [3].

ცხრილი 1. Intel Core i7-12700, Intel Core i5-12600, Intel Core i7-11700 და Intel Core i5-11600 პროცესორების მახასიათებლები

მახასიათებელი	Core i7-12700	Core i5-12600	Core i7-11700	Core i5-11600
„მაღალწარმადული“ ბირთვები	8	6	8	6
„ენერგოეკონომიური“ ბირთვები	4	-	-	-
პროცესების რაოდენობა	20	12	16	12
სატაქტო სიხშირე	1,6 და 2,1 გჰც	3,3 გჰც	2,5 გჰც	2,8 გჰც
Turbo სატაქტო სიხშირე	3,6 და 4,9 გჰც	4,8 გჰც	4,9 გჰც	4,8 გჰც
მეხსიერების მაქსიმალური მოცულობა	128 გბ	128 გბ	128 გბ	128 გბ
L3 Cache-ის მოცულობა	25 მბ	18 მბ	16 მბ	12 მბ
საბაზო ენერგომომხმარებლობა (TDP)	65 ვტ	65 ვტ	65 ვტ	65 ვტ

Intel Alder Lake – x86 პროცესორების პირველი მიკროარქიტექტურაა, რომელიც ბირთვების ორ კლასტერს აერთიანებს. თითოეულ კლასტერს განსხვავებული წარმადობა გააჩნია და სხვადასხვა ტიპის ამოცანების შესასრულებლად გამოიყენება. კერძოდ:

- „ენერგოეფექტური“ ბირთვები - E-Core. გამოიყენება საოფისე სამუშაოების, ვებ-ბროუზერთან მუშაობის და პროცესორზე სხვა დაბალი დატვირთვის მქონე პროცესების შესრულებისთვის.
- „მაღალწარმადული“ ბირთვები - P-Core. გამოიყენება პროცესორზე დიდი დატვირთვის შემთხვევაში. მაგალითად, თამაშებში და ვიდეოს დამუშავების დროს.

მოცემული მიკროარქიტექტურა Intel-მა პირველად წარმოადგინა ენერგოეფექტურ Lakefield პროცესორებში, თუმცა მიკროარქიტექტურამ არ გაამართლა, რადგან ოპერაციული სისტემა Windows 10 სხვადასხვა ტიპის ბირთვებზე დატვირთვის ყოველთვის სწორად არ ანაწილებდა, რის შედეგადაც პროცესორის წარმადობა მცირდებოდა.

პრობლემის თავიდან ასაცილებლად Alder Lake მიკროარქიტექტურაში რეალიზებულია აპარატურული ტექნოლოგია Intel Thread Director, რომელიც ოპერაციულ სისტემა Windows 11-თან ერთად დატვირთვის ოპტიმალურ განაწილებას უზრუნველყოფს [4].

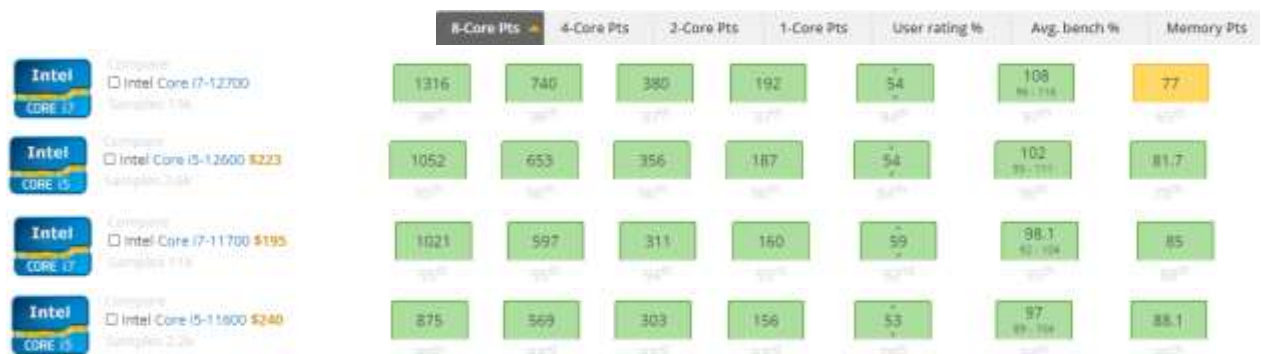
Intel Thread Director ტექნოლოგიის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ოპერაციული სისტემის დამკვეთს გადაეცემა ზუსტი ტელემეტრული მონაცემები თითოეული ბირთვის მდგომარეობის შესახებ, რის შედეგად მიიღება დასაბუთებული გადაწყვეტილებები პროცესების კონკრეტულ ბირთვებზე გადაგზავნის შესახებ. მნიშვნელოვანია წარმოდგენილი

ტექნოლოგიის სრული გამჭვირვალობა პროგრამული უზრუნველყოფისათვის, რაც არ მოითხოვს პროგრამულ კოდში რაიმე ცვლილების შეტანის აუცილებლობას.

საინტერესოა, რომ არსებობს ამოცანები, რომლებშიც „ენერგოეფექტური“ ბირთვები უფრო მაღალ წარმადობას აღწევენ მაღალწარმადულ ბირთვებთან შედარებით, თუმცა ბუნებრივია უმეტეს ამოცანებში მაღალწარმადული ბირთვები რეალურად უფრო ეფექტურია „ენერგოეფექტურ“ ბირთვებთან შედარებით. ბირთვების სამუშაო სიხშირე რეგულირდება გამოთვლითი დატვირთვის მიხედვით და ბალანსდება სხვადასხვა ტიპის ბირთვებს შორის. ფონური ნაკადების შერულებისას ბირთვები უფრო დაბალ სიხშირეზე მუშაობენ, ხოლო მაღალი პრიორიტეტის მქონე ნაკადების შესრულებისას - უფრო მაღალ სიხშირეზე.

Alder Lake პროცესორის ყოველი კომპონენტი, მათ შორის სხვადასხვა ტიპის ბირთვები, გრაფიკა, L3 cache მეხსიერება, ოპერატიული მეხსიერების და PCI express ინტერფეისის კონტროლერები დაკავშირებულია ორმხრივი რგოლური სალტით, რომლის გამტარუნარიანობა 1000 გბაიტ/წმ-ს შეადგენს [5].

ტესტირებისთვის შერჩეულია Userbenchmark პლატფორმა [6]. ტესტირების შედეგები წარმოდგენილია 1-ელ სურათზე.



სურ. 1. ტესტირების შედეგები Userbenchmark პლატფორმის მონაცემების მიხედვით

8-Core pts, 4-Core pts, 2-Core pts, 1-Core pts - პროცესორების წარმადობა იზომება შესაბამისად 8, 4, 2 და 1 პროცესის შესრულების დროს.

User Rating - მომხმარებლის რეიტინგი, რომელსაც პირდაპირი კავშირი არა აქვს პროცესორის წარმადობასთან, თუმცა თავისთავად საინტერესოა პროცესორის პოპულარობის შეფასების კუთხით.

AVG Bench - ეფექტური სიჩქარე, რომელიც მნიშვნელოვანია ტიპური პროგრამების მომხმარებლისთვის. ტესტი არ ითვალისწინებს მრავალნაკადიან სამუშაო დატვირთვებს, რამდენადაც ასეთი ამოცანები არ არის ორიენტირებული ტიპური პროგრამების მომხმარებელზე.

Memory Pts - პროცესორის ოპერატიულ მეხსიერესთან ურთიერთქმედების სიჩქარის მახასიათებელი, რომელიც უზრუნველყოფს გამტარუნარიანობის ზრდას დაყოვნებასთან შედარებით. ტესტი ორიენტირებულია სამაგიდო კომპიუტერებზე. რეალური წარმადობა საკმაოდ კარგად მასშტაბირდება ოპერატიული მეხსიერების სიხშირესთან (მონაცემთა გამტარუნარიანობა). თუ პროცესორი-მეხსიერება ორ კრებულს ერთი და იგივე

გამტარუნარიანობა გაჩნია (გბაიტი/წმ), იმ კრებულს, რომელსაც მეტი Memory Pts წარმადობა გააჩნია, ნაკლები დაყოვნება და აქედან გამომდინარე, მონაცემთა გადაცემის მეტი სიჩქარე ექნება.

ბუნებრივია, Intel Core i7-11700 პროცესორი ყველა მაჩვენებლით აღემატება Intel Core i5-11600 პროცესორს, ისევე, როგორც Intel Core i7-11700 პროცესორი - Intel Core i5-11600 პროცესორს. თუმცა საინტერესოა, რომ მე-12 თაობის Intel Core i5-12600 პროცესორი აგრეთვე ყველა პარამეტრით აღემატება მე-11 თაობის Intel Core i7-11700 პროცესორს, რაც მე-12 თაობის Alder Lake მიკროარქიტექტურის მნიშვნელოვან უპირატესობებზე მიუთითებს მე-11 თაობის Rocket Lake მიკროარქიტექტურასთან შედარებით.

ტესტირების დაახლოებით იგივე შედეგებია მიღებული Passmark პლატფორმის გამოყენებით [7]. ტესტირების შედეგები წარმოდგენილია მე-2 სურათზე.



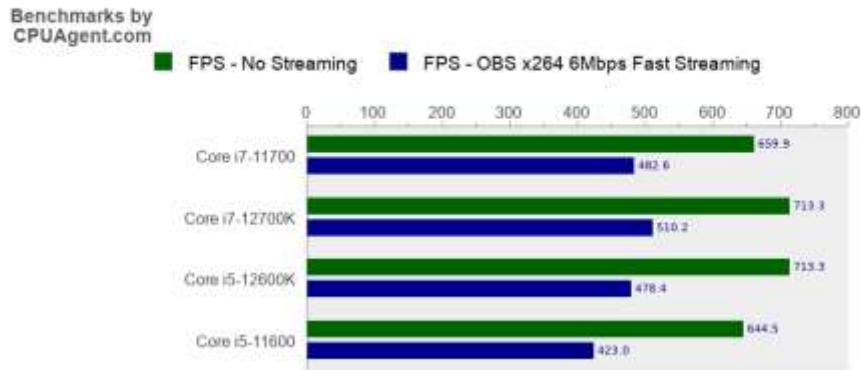
სურ. 2. PassMark პლატფორმაზე მიღებული ტესტირების შედეგები

ყურადღებას იპყრობს ორივე თაობის Intel Core i7 პროცესორის არამართო წარმადობის, არამედ წარმადობა/ფასი მაჩვენებლების უფრო მაღალი მნიშვნელობები Intel Core i5 პროცესორებთან შედარებით. ასევე საინტერესოა ერთნაკადიან ამოცანებში ერთი და იგივე თაობის Intel Core i7 და Intel Core i5 პროცესორების ფაქტიურად თანაბარი მაჩვენებლები, რაც გასათვალისწინებელია კომპიუტერული სისტემისთვის პროცესორის შერჩევის დროს. თუმცა სურათი იცვლება პროცესორების შეფასებისას სათამაშო პროგრამების რეალიზაციის დროს. მე-3 სურათზე წარმოდგენილია პროცესორების ბენჩმარკები ფართოდ გავრცელებულ თამაშებში - Counter-Strike, Fornite Battle Royale და Overwatch სათამაშო კომპიუტერებისთვის, რომლებშიც გამოყენებულია NVIDIA GeForce RTX 3080 Ti - 1080p ვიდეოკარტი. ტესტირება შესრულებულია უტილიტა CPUagent-ის გამოყენებით [8].

მიუხედავად სისტემაში ვიდეობარათის გამოყენებისა, პროცესორის მოდელის შერჩევა მნიშვნელოვანია, რასაც ადასტურებს Intel Core i7 პროცესორების უფრო მაღალი მაჩვენებლები Intel Core i5 პროცესორებთან შედარებით, თუმცა Alder Lake მიკრო-არქიტექტურის უპირატესობები Rocket Lake მიკროარქიტექტურასთან შედარებით არანაირ როლს აღარ თამაშობს, რასაც ადასტურებს როგორც Intel Core i7-12700K და Intel Core i7-11700 პროცესორების, ასევე Intel Core i5-11700 და Intel Core i5-11600 პროცესორების იდენტური მაჩვენებლები.

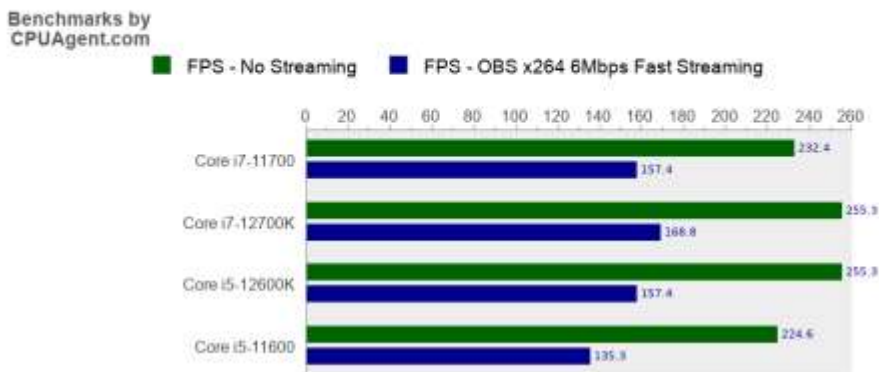
Counter-Strike: Global Offensive - 1080p ultra - Streaming Performance

Core i7-11700 vs Core i7-12700K vs Core i5-12600K vs Core i5-11600



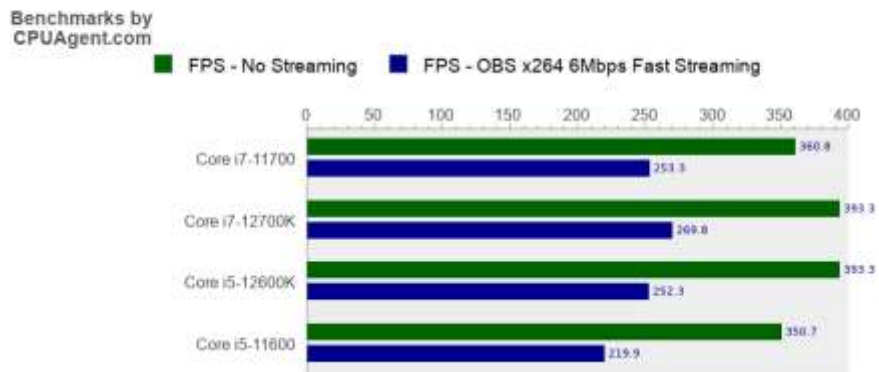
Fortnite Battle Royale - 1080p ultra - Streaming Performance

Core i7-11700 vs Core i7-12700K vs Core i5-12600K vs Core i5-11600



Overwatch - 1080p ultra - Streaming Performance

Core i7-11700 vs Core i7-12700K vs Core i5-12600K vs Core i5-11600



სურ. 3. უტილიტა CPUAgent-ის საშუალებით მიღებული ტესტირების შედეგები

3. დასკვნა

ტესტირების შედეგები აჩვენებს, რომ ამოცანათა უმეტესობაში მე-12 თაობის Intel Alder Lake მიკროარქიტექტურის პროცესორები წარმადობის კუთხით მნიშვნელოვნად აღემატებიან მე-11 თაობის Intel Rocket Lake მიკროარქიტექტურის პროცესორებს. ამ მხრივ საინტერესოა Intel Core i5-12600 პროცესორის წარმადობის უფრო მაღალი მაჩვენებლები Intel Core i7-11700 პროცესორთან შედარებით. თუმცა სათამაშო პროგრამებში, რომლებშიც გამოყენებულია მაღალი კლასის ვიდეოჩართები, ბენჩმარკები აჩვენებს, რომ Alder Lake მიკროარქიტექტურის უპირატესობები არ მჟღავნდება და ყოველგვარი დანაკარგების გარეშე შესაძლებელია უფრო დაბალწარმადული, Rocket Lake პროცესორების გამოყენება.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. ა. ბენაშვილი. გ. ბენაშვილი. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. მე-3 გამოცემა I ნაწილი თბ. „საქართველოს უნივერსიტეტი“. 2017.
2. <https://videocardz.com/newz/intel-introduces-its-new-node-naming-enhanced-superfin-is-now-intel-7/>
3. <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark.html>
4. <https://www.notebookcheck.net/Intel-Alder-Lake-architecture-overview-Heterogeneous-ISA-dynamic-Thread-Director-shared-30-MB-L3-cache-and-more.575759.0.html>
5. <https://images.idgesq.net/images/article/2021/08/intel-alder-lake-desktop-mobile-configurations-100899792-orig.jpg?auto=webp>.
6. <https://www.userbenchmark.com/>
7. <https://www.cpubenchmark.net/>
8. <https://www.cpubenchmark.com/>

On the Issue of Choosing a Processor for a Computer System

Alexander Benashvili, Ekaterine Gvaramia
Georgian Technical University
a.benashvili@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge

Summary

The article analyzes the characteristics of the high-performance 12th generation Intel Core i7 and Intel Core i5 processors of the Alder Lake microarchitecture, as well as processors of the same class Intel Core i7 and Intel Core i5 of the previous 11th generation of the Rocket Lake microarchitecture. Relevant benchmarks are presented and a comparative analysis of processor performance is carried out in accordance with the classes of tasks that need to be performed. Classes of tasks are identified in which the advantage of a more modern Alder Lake microarchitecture is obvious, and an application area in which the characteristics of Alder Lake and Rocket Lake microarchitectures are almost identical.

Keywords: processor, processor performance, processor benchmark, Alder Lake microarchitecture.

A Scientific Exploration of the Synergistic Impact of Big Data Analysis and Artificial Intelligence on Control and Monitoring Functions

Georgian Technical University

Lily Petriashvili

l.petriashvili@gtu.ge

Technical University of Georg Simon Ohm – Nuremberg, Germany

Kai Nobach

knobach@th-nuernberg.de

Abstract

This article delves into the intricate interplay between big data analytics and artificial intelligence (AI) and their profound implications for the evolution of control and monitoring paradigms. In an era characterized by an exponential surge in data generation, organizations are confronted with the imperative to harness sophisticated analytical methodologies and advanced AI algorithms to glean actionable insights. This study systematically investigates the transformative potential of this convergence in the context of control and monitoring functions across diverse sectors.

By scrutinizing the underlying principles and methodologies, the article elucidates the inherent power of big data analysis in deciphering intricate patterns and correlations within voluminous datasets. Concurrently, the integration of AI augments decision-making processes by endowing systems with learning capabilities, thus facilitating adaptive responses to dynamic operational landscapes. Real-world instances are dissected to provide tangible illustrations of the tangible advantages derived from the symbiosis of big data analytics and AI in control and monitoring.

Beyond extolling the virtues, this article critically examines the challenges germane to the adoption of these cutting-edge technologies. Privacy concerns, ethical considerations, and the imperative of fortifying systems against potential adversarial exploits are scrutinized, offering a nuanced perspective on the intricacies of implementation.

This scientific discourse seeks to contribute to the growing body of knowledge surrounding the amalgamation of big data and AI within the domain of control and monitoring. By extrapolating insights from interdisciplinary studies and seminal research, this article endeavors to equip scholars, researchers, and industry practitioners with a comprehensive understanding of the transformative landscape and future trajectories of this convergence.

Keywords: Big Data Analysis, AI, Control Systems, Monitoring Functions, Data Analytics

Main Part

In recent years, the convergence of big data analysis and artificial intelligence (AI) has reshaped the landscape of control and monitoring functions across industries. This transformative influence stems from the capacity of big data analytics to process and derive meaningful insights from massive datasets, coupled with the learning capabilities of AI algorithms that enable adaptive responses to dynamic environments. This section delves into the multifaceted impact of this convergence on traditional control and monitoring paradigms, exploring key advancements, practical applications, and challenges within this evolving landscape.

Advancements in Data-Driven Decision-Making - The integration of big data analytics into control and monitoring functions marks a paradigm shift from traditional rule-based approaches to data-driven decision-making. Organizations can now leverage sophisticated algorithms to sift through vast amounts of data, discerning patterns and correlations that were previously inaccessible. This evolution empowers decision-makers with a more comprehensive understanding of intricate systems, facilitating informed and strategic interventions. Real-time data processing capabilities enable a level of responsiveness that was once considered unattainable, particularly in sectors such as manufacturing, healthcare, and energy.

Furthermore, the infusion of artificial intelligence augments this data-driven decision-making by endowing systems with machine learning capabilities. AI algorithms can adapt and refine their models over time, learning from historical data and adjusting to evolving operational contexts. This adaptive capacity proves invaluable in scenarios where the complexity of control and monitoring functions demands dynamic and flexible solutions. From predictive maintenance in industrial

settings to anomaly detection in cybersecurity, the synergistic effect of big data analytics and AI unfolds new vistas of efficiency and precision.

Practical Applications Across Industries - The practical applications of this convergence are manifold, permeating diverse sectors with tangible and far-reaching effects. In manufacturing, predictive analytics derived from big data facilitate predictive maintenance, reducing downtime and enhancing overall equipment effectiveness. Healthcare systems leverage AI-enhanced monitoring for personalized patient care and early disease detection. Smart cities harness real-time data and AI algorithms for traffic management, energy optimization, and public safety.

The financial sector benefits from advanced fraud detection mechanisms, powered by the ability to analyze vast transaction datasets rapidly. The integration of big data and AI in cybersecurity fortifies systems against emerging threats, employing anomaly detection algorithms to identify and neutralize potential breaches proactively. These real-world applications underscore the transformative potential of this convergence, transcending theoretical frameworks to impact the fabric of everyday operations.

To fulfill this management function, referred to as "Lokomotion" by Becker and Baltzer (2010), corporate management employs the management instrument of controlling. However, the inherent Lokomotion function of controlling is only achievable if it also ensures a value-oriented coordination of execution and management activities, as well as an adequate supply of decision-relevant information. Considering the challenges of digitization and the resulting increased volatility in the corporate environment, controlling as an integrated management task is expected to play an even more significant role in the future (Kirchberg and Müller 2016, p. 79ff)

From an institutional perspective, according to Becker and Baltzer (2010), the locomotion tasks are fundamentally the responsibility of managers themselves, while coordination and information tasks within companies are assumed by specialized controller positions. As illustrated in Figure 1, these tasks in practice primarily include the conception of control logic, planning, forecasting, and reporting activities, as well as activities related to the design and maintenance of relevant information supply systems in finance and accounting. Some of these tasks involve standardizable routine processes, which are increasingly automated as part of the digital transformation. The extent to which this affects the tasks of controlling departments in companies and the role of controllers will be discussed in detail later.

The preceding discussions demonstrate that controlling focused on increasing value is affected by digitization from both a functional and institutional perspective. The specific extent of the change depends on the degree of digitization of business models and products, as well as the utilization of digital capabilities to optimize company-specific resources and processes.

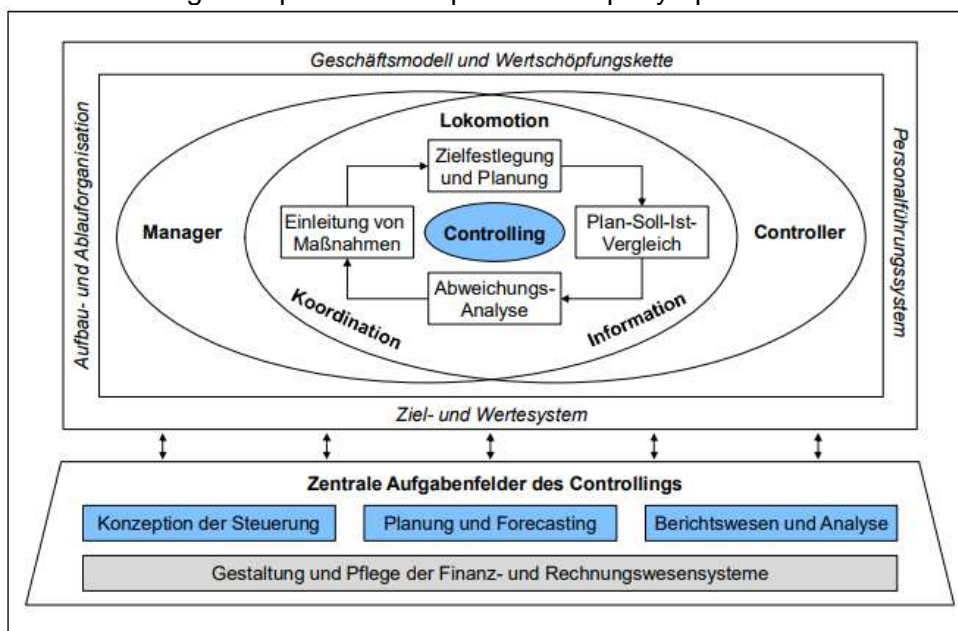


Figure 1: Impact Areas of Digitization from the Perspective of Corporate Management (Source: Author's Representation)

The described effects of digitization on products, processes, and resources not only have a direct impact on the cycle of potential success, success, and liquidity but also regularly lead to changed coordination and information needs. In this regard, digital transformation influences both the primary locomotion function of controlling and the derivative functions of coordination and the creation of information congruence. In practice, this results in far-reaching consequences for the task spectrum of controlling.

Corporate Planning and Forecasting

The agility and flexibility mandated by digitization in corporate management lead to leaner and more seamless planning processes. The rigid annual planning is expected to diminish in significance due to accelerated cycles. Budgeting will shift its focus from annual slices to quarters or even months. Whether digitization will entirely shift away from periodic planning cycles towards event-driven planning logic is currently uncertain. However, the observed high time and resource investment in periodic planning practices provides an incentive for companies to conduct planning activities only on specific occasions, such as initiating a new plan when departing from a defined corridor (Schäffer and Weber 2017, p. 56ff). In the era of digital transformation, driver-based planning logics play a crucial role in corporate plan creation. These logics describe monetary and non-monetary parameters and their effects on company-specific control variables, simulating business developments through parameter variation. While driver models have been used in planning in the past to derive Best, Realistic, and Worst-Case scenarios, these scenarios were often static and not further modifiable planning versions (Kopp 2017, p. 165ff). As depicted in Figure 2, companies can now, in addition to conventional rule-based approaches, utilize dynamic planning applications that simulate business developments through algorithms.

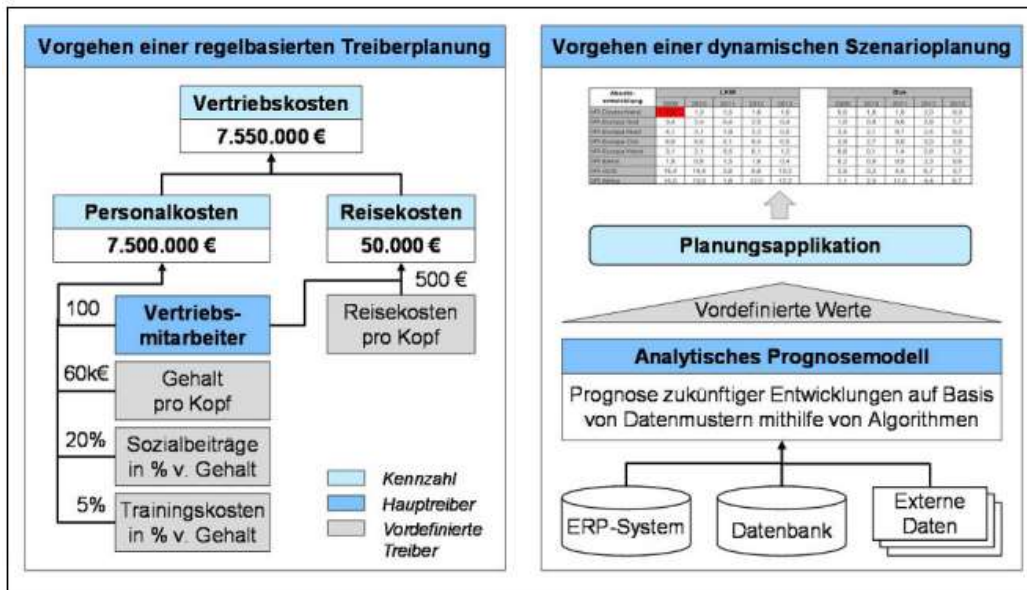


Figure 2: Alternative approaches for driver-based planning (source: own illustration)

The data basis used for this purpose will increasingly include not only internal but also external data in the future (Kirchberg and Müller 2016, p. 79ff). The use of dynamic algorithms for planning is expected to gain significance as the digital transformation necessitates continuous variation of influencing factors. Through such simulations, Top-Down targets for target setting can be modeled during "Frontloadings" (Kappes and Schentler 2012, p. 105ff), and ad-hoc decisions can be founded. Additionally, algorithms can automate risk management measures in preparation for worst-case scenarios. Algorithm-based models can also be applied to campus concepts, supporting the joint determination of ambitious goals during a central management planning retreat. Moreover, the use of such applications can significantly reduce planning efforts in budgeting. For instance, the personnel requirements of a company can be predicted with an

algorithm based on past market developments, product cycles, etc., rather than deriving them from often exaggerated reports of cost center managers and later reducing them to a realistic level in a laborious process (Kirchberg and Müller 2016, p. 79ff). It remains to be seen to what extent algorithms and new interactive formats will replace the substantive work of controllers in planning (Schäffer 2017a, p. 52f).

Due to the advancing digitization, driver models and algorithms will also assume a central role in forecasting. While driver logics form the basis for creating forecasts from a technical perspective, algorithms are used to generate forecasts automatically from granular data (Grönke 2017, p. 97ff). Predictive analytics models, particularly those involving stochastic methods, data mining concepts, and machine learning, enable statements about the likely future through pattern recognition and identification of relationships. The combination of these quantitative-statistical approaches with company-specific driver models into a "Predictive Forecasting" (Mehanna et al. 2015, p. 28ff) allows for ongoing forecasts that are more meaningful and accurate than conventionally created forecasts. This implies that the significance of pure expert estimates for forecasting will decrease significantly. Additionally, the increased level of automation reduces the effort required for creating forecasts. The growing use of predictive analytics results in significantly fewer resources being tied up in planning and forecasting processes in the future, as many planning, budget, and forecast numbers are automatically generated and only validated by the controller. However, the released capacities are somewhat necessary to deal with disruptive changes since planning algorithms cannot cover the entire range of possibilities. If the input parameters for an algorithm are outside predefined parameters, the planning results can be unusable and misleading. This has been evident in the past during stock market crashes, exacerbated by algorithm-based automatisms. Although protective mechanisms have been installed in the meantime, they cannot cover all eventualities (Kirchberg and Müller 2016, p. 79ff).

A meaningful use of algorithms for planning and forecasting thus requires effective prevention strategies that controllers must develop. For example, algorithms could be used only for time-intensive areas such as personnel cost planning. Moreover, an algorithm-based planning process could initially be supported by a concurrently created conventional plan (Schäffer 2017b, p. 34ff). In controlling, experiences with the new approaches must first be gathered to ultimately rely on such a type of planning.

Reporting and Analysis

Digital transformation also has profound consequences for reporting and analysis activities in controlling. The application of digital technologies facilitates easier information exchange and further automation of standardized reporting and analysis processes. Additionally, new tools for analyzing business data and corporate developments offer diverse opportunities to gain new insights for optimizing operational decisions. In reporting, digitization primarily enables more target-oriented and faster communication of decision-relevant information. Powerful tools for data integration and modern access technologies, especially those illustrated in Figure 3, contribute to better fulfilling the requirements for effective and efficient management reporting.

In this context, Self Controlling plays a significant role, as it has become an integral part of digitization scenarios (Schäffer and Weber 2017, p. 56ff).

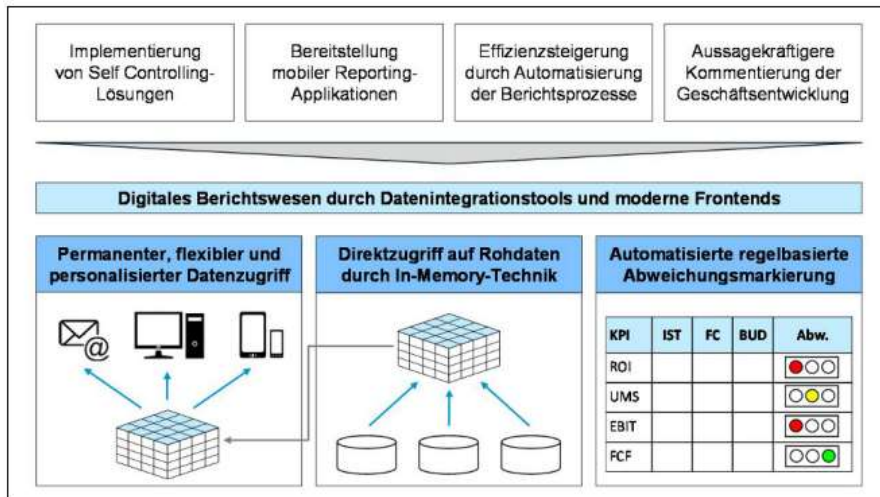


Figure 3: Significant influences of digitalization on reporting (source: own illustration)

Self Controlling solutions empower managers to independently access decision-relevant information comfortably, comprehensively, and in real-time from the company's Business Intelligence system. Increasingly, mobile reporting applications are used, allowing users to access company data flexibly in terms of time and location using portable devices such as smartphones or tablets. This leads to both democratizing information access within the company and the elimination of a significant portion of traditional controlling tasks. The reduction of the task spectrum is further reinforced by the use of artificial intelligence and crowd concepts for commenting on the remaining reports (Schäffer 2017a, p. 52f). A prerequisite for this is extensive standardization and automation of reporting. In practice, the creation of standard reports has long been heavily automated or outsourced to Shared Service Centers to cope with the continuously increasing efficiency pressure. While the trend towards automated and centralized reporting processes will continue due to digital transformation, the commonly practiced outsourcing of reporting activities to Shared Service Centers in low-wage countries could lose relevance in the future. This is because standardized reporting processes can now also be handled by software robots domestically through Robotic Process Automation (RPA). RPA can fully automate standard reports in a short time at very low costs (Grönke et al. 2017, p. 97ff). RPA can particularly contribute to efficiency and quality improvement in reporting where process outsourcing in Shared Service Centers was not sensible due to a lack of critical mass, as is often the case in medium-sized businesses.

The freed-up capacities in controlling can be utilized to take on higher-value tasks, such as validating, analyzing, and commenting on business-specific developments and special effects, or actively advising management in decision-making processes. Additionally, controllers must continue to translate economic reality into numbers and understand the story behind the numbers, packaging them accordingly. The analysis of business developments is also significantly influenced by digitization, as the generated big data in an increasingly data-driven economy must be evaluated and examined in a decision-oriented manner. In this context, Business Analytics, the ability to analyze structured and unstructured corporate data using suitable quantitative and statistical methods to contribute to value creation, plays a central role. Within the framework of Business Analytics, starting from collected data and described relationships (Descriptive Analytics), the causes for identified correlations are determined (Diagnostic Analytics). Based on this, using the already described methods of Predictive Analytics, forecast models are developed, which are then used to derive specific recommendations for corporate management (Prescriptive Analytics) (Internationaler Controller Verein 2017). These tasks are generally undertaken by the aforementioned data scientists, but controllers cannot be replaced by them in the long run. Business management know-how enables controllers not only to distinguish data correlation from causal relationships (Schäffer and Weber 2017, p. 56ff) but also enables them to advise management on questions of strategic business development. Thus, Business Analytics will only fully unfold its potential when the expertise in control, industry knowledge, and methodical skills of controllers, data scientists, and managers are meaningfully combined (Internationaler Controller

Verein 2017). Another influence of digitization on analytical tasks in controlling results from the real-time availability of control-relevant data and the potential benefits of artificial intelligence. The use of these technologies allows, to some extent, the automation of variance analyses. This results in shorter reaction times for decision-makers and the ability to implement countermeasures ad-hoc. The derivation of actions from past-related analyses is thus complemented by the possibility of exploratively identifying optimization potentials in real-time. This means that company data can be searched for optimization measures detached from deviations between plan, actual, and forecast values (Kieninger et al. 2015, p. 3ff). However, this primarily concerns standard variance analyses, as specific investigations will continue to be carried out by controllers in the long term (Schäffer and Weber 2017, p. 56ff). The explanations show that digitization profoundly changes the tasks in controlling and thus the work of controllers. Controllers should accept the challenge and adapt to new technologies and the higher pace of change in the digital age since automation and digital transformation often create the necessary capacity to actively support managers in steering the company. To fulfill this task, controllers must bring a whole set of different skills besides a general readiness for change.

Conclusion

In conclusion, the scientific exploration of the synergistic impact of big data analysis and artificial intelligence on control and monitoring functions reveals a landscape undergoing profound transformation in the era of digitization. As elucidated in the text, digitization not only reshapes the value creation dynamics of companies but also serves as a catalyst for fundamental changes in controlling and the role of controllers.

Control and monitoring functions, in particular, witness a paradigm shift, marked by new responsibilities in data management, the evolution of control logic, and a discernible reduction in traditional activities related to planning, forecasting, and reporting.

The advent of machine learning and predictive analytics introduces a transformative element, shifting the foundation for analyzing business development from retrospective evaluations to dynamic, automated simulations and forecasts. Planning processes are poised for increased automation and flexibility through the growing utilization of algorithms and driver models.

As controllers navigate these new and altered fields of action, it becomes imperative for them to proactively evolve their competencies. This evolution is critical not only to actively support management in decision-making during the digital age but also to instigate and guide change processes within the company. In essence, the scientific exploration underscores the transformative potential of big data analysis and artificial intelligence in reshaping the landscape of control and monitoring functions, urging stakeholders to adapt, innovate, and embrace the opportunities presented by this digital era.

Literatur

1. Kai Nobach - Bedeutung der Digitalisierung für das Controlling und den Controller
2. Abolhassan, F. (2016). Digitalisierung als Ziel – Cloud als Motor. In: Abolhassan F. (Hrsg.): Was treibt die Digitalisierung? – Warum an der Cloud kein Weg vorbeiführt, S. 15-26, Wiesbaden.
3. Becker, W., Baltzer, B. (2010). Die wertschöpfungsorientierte Controlling-Konzeption. In: Bamberger Betriebswirtschaftliche Beiträge, Bd. 172, Bamberg.
4. Becker, W., Ulrich, P., Botzkowski, T. (2016). Data Analytics im Mittelstand, Wiesbaden.
5. Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Digitalisierung. In: Springer Gabler Verlag (Hrsg.) <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/-2046143105/digitalisierung-v5.html>. Zugegriffen am: 26.01.2018.
6. Grönke, K., Wenning, A., Glöckner, A. (2017). Die Digitale Finanzorganisation – Automatisierte Prozesse, veränderte Rollen und neue Organisationsformen. In: Horváth, P., Michel, U. (Hrsg.): Unternehmenssteuerung der Zukunft – Innovativ, flexibel, proaktiv, S. 97-111, Stuttgart.

7. Horváth & Partners. (2017). Ergebnisse onlineTED – 31. Stuttgarter Controlling & Management Forum. Stuttgart. Horváth, P.; Gleich, R., Seiter, M. (2015). Controlling, 13. Auflage, München.
8. Internationaler Controller Verein (2017): Business Analytics – Der Weg zur datengetriebenen Unternehmenssteuerung, Dream Car der Ideenwerkstatt im ICV 2016, abrufbar im Internet: <https://www.icv-controlling.com/de/arbeitskreise/ideenwerkstatt/businessanalytics.html>. Zugegriffen am 27.01.2018. Internationaler Controller Verein (2017/2018).
9. Digitale Geschäftsmodellinnovationen, online im Internet: <https://www.icv-controlling.com/de/arbeitskreise/ideenwerkstatt/digitale-geschaeftsmodellinnovationen.html>. Zugegriffen am 27.01.2018.

დიდი მონაცემთა ანალიზისა და ხელოვნური ინტელექტის გავლენა საკონტროლო და მაკონტროლებელ ფუნქციებზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლილი პეტრიაშვილი

l.petriashvili@gtu.ge

ნიუმბერგის სიმონ ომის ტექნიკური უნივერსიტეტი

კაი ნობახი

knobach@th-nuernberg.de

აბსტრაქტი

ნაშრომში განხილულია რთული ურთიერთდაკავშირებული დიდი მონაცემთა ანალიზის სისტემებში ხელოვნურ ინტელექტის გამოყენების საკითხები, თუ რა გავლენას ახდენს ხელოვნური ინტელექტი კონტროლისა და მონიტორინგის პარადიგმების ევოლუციაზე.

დღეს არსებული მონაცემთა გენერირების ექსპონენციალური ზრდა, ორგანიზაციებს აყენებს გამოწვევების წინაშე, რათა შექმნან დახვეწილი, მოქნილი ანალიტიკური მეთოდოლოგიები ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმების გამოყენებით.

ნაშრომი ასახავს დიდი მონაცემთა ანალიზისას წარმოქმნილ რთული შაბლონებისა და კორელაციების გაშიფვრაში ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმების გამოყენების საკითხებს. ანალიზურ სისტემებში ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია უზრუნველყოფს ოპტიმალური და სწრაფი გადაწყვეტილების მიღების პროცესს, რაც საბოლოოდ ხელს უწყობს ადაპტირებულ პასუხებს დინამიურ საოპერაციო გარემოში. დიდი მონაცემების ანალიტიკის და ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმების სიმბიოზი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ორგანიზაციების კონტროლსა და მონიტორინგში.

საკვანძო სიტყვები: დიდი მონაცემთა ანალიზი, AI, კონტროლის სისტემები, მონიტორინგის ფუნქციები, მონაცემთა ანალიტიკა

რელაციურ - Microsoft SQL Server-ის და არარელაციურ - Mongo DB მონაცემთა ბაზების უსაფრთხოება

თამარ ბუზიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Buziashvilitamar08@gtu.ge

რეზიუმე

დღევანდელ ციფრულ ეპოქაში ინფორმაციულ-ტექნოლოგიურმა წინსვლამ, ინტერნეტ ქსელის გამოჩენამ და ციფრული ინფრასტრუქტურის განვითარებამ კიბერუსაფრთხოება მსოფლიოს წამყვან დარგად აქცია. კიბერსივრცე კი გახდა თანამედროვე ცხოვრების ერთ-ერთი განმსაზღვრელი მახასიათებელი. სტატიაში უსაფრთხოების კუთხით განხილულია რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზები, წარმოდგენილია ორ ყველაზე გამოყენებადი მონაცემთა ბაზის სისტემა-(რელაციურ) Microsoft Sql Server-ი და (არარელაციურ) MongoDB.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა ბაზები, უსაფრთხოება, რელაციული, არარელაციული, Microsoft Sql Server, MongoDB.

შესავალი

მონაცემთა ბაზა არის სათანადო საგნობრივი სფეროს ობიექტების შესახებ მონაცემების მოწესრიგებული ერთობლიობა. მონაცემთა ბაზების კლასიფიცირება შეიძლება მოვახდინოთ მონაცემების მოდელის მიხედვით. მონაცემების მოდელი არის მონაცემების სტრუქტურისა და მათი დამუშავების ოპერაციების ერთობლიობა. მონაცემების მოდელის მიხედვით შესაძლებელია ობიექტების სტრუქტურისა და მათ შორის არსებული კავშირების წარმოდგენა.

გამომდინარე იქიდან, რომ მონაცემთა ბაზებში საქმე სხვადასხვა ტიპის მილიონობით ჩანაწერს ეხება, დამუშავების მეთოდებიც განსხვავებულია. მეთოდები ერთმანეთისგან იმის მიხედვით განსხვავდება თუ რა გვინდა მივიღოთ საბოლოოდ. მონაცემების დაცულობა, სტრუქტურის შენარჩუნება და კლასიფიცირებული, მკაცრად განსაზღვრული ინტერფეისი თუ უბრალოდ სისწრაფე და მოქნილობა. უპირველესად უნდა აღინიშნოს, რომ მონაცემების საცავებად, მათი ორგანიზებისთვის, წაკითხვისა და განახლებისთვის დღეს ყველაზე გამოყენებადი სისტემები სწორედ მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემებია, რომელიც თავის მხრივ ორ კლასად იყოფა: რელაციურ, რომელიც SQL მონაცემთა ბაზების სახელითაა ცნობილი და არარელაციური ე. წ. No SQL მონაცემთა ბაზები.

რელაციურ მონაცემთა ბაზები

რელაციურ მონაცემთა ბაზებში ინფორმაცია ინახება ცხრილებში, რომლის სტრუქტურა წინასწარ, მკაცრად არის განსაზღვრული იმ სქემის, მიხედვით რომელ სქემაშიც იქმნება ესა თუ ის ცხრილი. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ რელაციურ მონაცემთა ბაზებში ცხრილი სქემის გარეშე არ არსებობს. მონაცემთა ბაზაში თითოეულ ცხრილს უნდა ჰქონდეს უნიკალური სახელი და უნდა შედგებოდეს ერთტიპური სტრიქონებისაგან.

MySQL მონაცემთა ბაზა 1995 წლიდან არსებობს და წარმოადგენს ყველაზე ხშირად გამოყენებული მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა მსოფლიოში. MySQL არის ღია და რელაციური მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა, რომელიც მიჰყვება ცხრილების მითითებულ სქემას, განსხვავებით MongoDB-ისგან, რომელიც არის დოკუმენტზე ორიენტირებული და სქემის გარეშე. MySQL იყენებს Structured Query Language-ს სტრიქონებში და სვეტებში შენახულ მონაცემებზე წვდომისა და დასაბრუნებლად.

SQL შემუშავებულია და ინახება ORACLE-ის მიერ. MySQL შექმნა შვედურმა კომპანია MySQLAB-მა, რომელიც დაარსდა დევიდ აქსმარკმა, ალან ლარსონისმა და მაიკლ ვიდენიუსმა. SQL ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში დაამტკიცა, რომ არის ყველაზე პოპულარული დიზაინის მოდელი რელაციური მონაცემთა ბაზებისთვის.

უსაფრთხოების სისტემა

უსაფრთხოების სისტემა მოიცავს ორ ქვესისტემას:

1 Windows security

2 SQL Server security

Windows security უზრუნველყოფს დაცვას ოპერაციული სისტემის დონეზე. ეს არის მეთოდი, რომლითაც იუზერი უკავშირდება სისტემას user account-ის საშუალებით.

SQL Server security არის დამატებითი უსაფრთხოება სისტემის დონეზე - რაც ნიშნავს სერვერთან კავშირისთვის დამატებითი იუზერის შექმნას. უსაფრთხოების ეს მეთოდი მოითხოვს SQL Server -ის Log-ის შექმნას.

ავთენტიფიკაციის რეჟიმების დაფიქსირება ხდება სერვერის ინსტალაციის პროცესში, თუმცა შესაძლებელია შემდეგ ამ რეჟიმის შეცვლაც. Database Engine - თან დაკავშირების შემდეგ, იუზერის წვდომა ბაზის ობიექტებთან არ არის დამოკიდებული ავთენტიფიკაციის მეთოდებზე. სერვერზე იქმნება ლოგები, რომელთაც ენიჭებათ გარკვეული უფლებები სერვერის დონეზე.

MySQL-ს აქვს მონაცემთა უსაფრთხოების ძლიერი ფენა, რათა დაცული იყოს მგრძობიარე მონაცემები ჰაკერებისგან. გარდა ამისა, MySQL შიფრავს პაროლებს.

ბაზას გააჩნია სხვადასხვა რეჟიმები: Read_only- მხოლოდ კითხვის რეჟიმი, Read_write - შესაძლებელია ბაზასთან სრულყოფილი მუშაობა, ასევე SQL სერვერს აქვს მრავალი ფუნქცია, რომელიც მხარს უჭერს მონაცემთა ბაზის უსაფრთხო აპლიკაციების შექმნას.

სერვერის უსაფრთხოების სისტემის ადმინისტრირების გასამარტივებლად მომხმარებლებს ვაერთიანებთ როლებში. სერვერზე რეალიზებულია ორი სტანდარტული როლი: სერვერის დონეზე და მონაცემთა ბაზის დონეზე. სერვერის დაინსტალირების დროს იქმნება სერვერისა და მონაცემთა ბაზის ცხრა ფიქსირებული როლი. იმისათვის, რომ მომხმარებელს მივანიჭოთ ის უფლებები, რომელიც აქვს სერვერის რომელიმე ფიქსირებულ როლს, საჭიროა მომხმარებლის ამ როლში ჩართვა. როლი არის ბაზის ობიექტი, რომელიც შეიცავს კონკრეტულ ობიექტებთან წვდომის პრივილეგიებს. როდესაც რამდენიმე მომხმარებელს სჭირდება ერთიდაიგივე მოქმედებების შესრულება კონკრეტულ ბაზებთან, ისინი ერთიანდებიან როლში.

არარელაციული მონაცემთა ბაზები

ტერმინი „არარელაციური მონაცემთა ბაზა“ პირველად 1998 წელს გაჟღერდა, როცა “Carlo Strozzi”-მ თავისი რელაციური ბაზა გამოუშვა, რომელიც SQL ენას არ იყენებდა. ხოლო უკვე შემდგომ 2009 წელს, მაშინ როცა რამოდენიმე არარელაციური მონაცემთა ბაზა უკვე არსებობდა - Mapreduce, BigTable (Google), Dynamo (Amazon), Hadoop, Casandra და MongoDB; Eric Evans-მა და Johan Oskarsson-მა საბოლოოდ დაუმკვიდრეს სახელი არარელაციურ მონაცემთა ბაზებს და დღეს ისინი NoSQL (Not Only Sql) მონაცემთა ბაზების სახელითაა ცნობილი. არარელაციური მონაცემთა ბაზების შექმნის საფუძველი გახდა ინტერნეტის აქტუალურობის ზრდა, კერძოდ კი ე.წ არასტრუქტურირებული ვებ ინფორმაციის შენახვის და ანალიზის პრობლემა. განსხვავებით რელაციური მოდელისგან აქ არარელაციურ მონაცემთა ბაზებში არ არსებობს სქემა. მონაცემები კი შემდეგი ოთხი მეთოდის მიედვით ინახება:

Key-Value storage
Document storage
Wide Column storage
Graph database

Key-Value storage: ასეთი ტიპის მონაცემთა ბაზაში ინახება გასაღებებისა და გასაღებზე „მიმაგრებული“ მონაცემების წყვილები; სადაც გასაღები შესაძლებელია იყოს ნებისმიერი ტიპის, გასაღებები უნიკალურია და არ მეორდება მასზე მიმაგრებული მონაცემები კი შეიძლება იყოს ნებისმიერი ტიპის, მათ შორის გასაღები-მონაცემის ტიპისაც კი, (გარდა გამონაკლისი მართვის სისტემებისა). ასეთი ტიპის სტრუქტურის უპირატესობა სიმარტივეა, თუმცა მისი გამოყენება არაეფექტურია იმ შემთხვევაში თუ მხოლოდ მონაცემების გაფილტვრა, წაკითხვა და განახლება გვინდა, რადგან ასეთი თიპის ბაზებში მონაცემების ფილტრაცია მხოლოდ გასაღებით არის შესაძლებელი.

უსაფრთხოება

მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოება ეხება ინსტრუმენტების, კონტროლისა და ზომების სპექტრს, რომლებიც შექმნილია მონაცემთა ბაზის კონფიდენციალურობის, მთლიანობისა და ხელმისაწვდომობის დასამყარებლად და შესანარჩუნებლად. მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების პოლიტიკა უნდა იყოს ინტეგრირებული და მხარს უჭერდეს თქვენს საერთო სამსახურებრივ მიზნებს, როგორც კრიტიკული ინტელექტუალური საკუთრების დაცვა, თქვენი კიბერუსაფრთხოებისა და ღრუბლოვანი უსაფრთხოების პოლიტიკა.

MongoDB გთავაზობთ სხვადასხვა ფუნქციებს, როგორცაა ავთენტიფიკაცია, წვდომის კონტროლი, დაშიფვრა, თქვენი MongoDB განლაგების უზრუნველსაყოფად. უსაფრთხოების ზოგიერთი ძირითადი მახასიათებელი მოიცავს: ავთენტიფიკაცია როლებზე დაფუძნებული წვდომის კონტროლი მომხმარებლებისა და როლების მართვა.

TLS/SSL (ტრანსპორტის დაშიფვრა).

mongod-ისა და mongos-ის კონფიგურაცია TLS/SSL-ისთვის.

TLS/SSL კონფიგურაცია კლიენტისთვის.

დასკვნა

ტრადიციულად, მონაცემთა ბაზის მენეჯმენტი დღეს ცხოვრების ყველა ასპექტის საფუძველია. ეს არის ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მართოთ და მოვიძიოთ საჭირო ინფორმაცია ნებისმიერ დროს, რადგან ეს არის მონაცემთა ორგანიზებული კოლექცია. ამასთან დაკავშირებით, ორი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული და კონკურენტუნარიანი მონაცემთა ბაზის სერვისი ვებ აპლიკაციებისთვის არის MySQL და MongoDB. მიუხედავად იმისა, რომ ორივე DBMS იძლევა მონაცემთა ამოღებას და ანგარიშების გენერირებას ვებსაიტებიდან და აპლიკაციებიდან, მათი დიზაინი განსხვავდება მათ მიერ მოწოდებული ფუნქციების მიხედვით. MySQL არის ღია კოდის ურთიერთობით მონაცემთა ბაზა. დიდი კორპორატიული მონაცემთა ბაზებიდან დაწყებული მცირე საიტებით დამთავრებული, როგორცაა ადგილობრივი ბიზნეს ვებსაიტები, MySQL მხარს უჭერს მონაცემთა მოთხოვნას, შენახვას და მონაცემთა უსაფრთხოებას. როგორც MySQL-ის ალტერნატივა, MongoDB არის ღია კოდის არარელატიური DBMS, რომელიც შექმნილია მონაცემთა მართვის უფრო მარტივი გზით MySQL-თან შედარებით. მისი დიზაინი მიმართულია მონაცემთა ბაზის სწრაფი,

მოხერხებული მუშაობის მიწოდებაზე. MongoDB არის დოკუმენტზე დაფუძნებული სისტემა, ხოლო MySQL არის ცხრილის სტრუქტურირებული სისტემა.

ლიტერატურა

1. რომან სამხარაძე – მონაცემთა ბაზები
ინტერნეტი
2. <https://www.ibm.com/topics/database-security?fbclid=IwAR2eHgkBlc-boUosnsqAHEEmS1SRAPT6-sVPxaJS5o0Mu06aKrZwigxHZtE>
3. <https://www.interviewbit.com/blog/mongodb-vs-mysql/?amp=1&fbclid=IwAR3QOFuzwr4cRCKnVlloc6T-zQAfkGdnnZY0F8EWwuQ586ye6AFERNEiivM>

Security of relational -Microsoft SQL Server and non-relational -Mongo DB databases

Tamar buziashvili

Buziashvilitamar08@gtu.ge

Georgian Technical University

Summary

In today's digital era, information technology progress, the emergence of the Internet and the development of digital infrastructure have made cyber security a leading field in the world, and cyberspace has become one of the defining characteristics of modern life. The article discusses relational and non-relational databases from a security perspective, presenting the two most commonly used database systems (relational) Microsoft Sql Server and (non-relational) MongoDB.

Keywords: databases, security, relational, non-relational, Microsoft Sql Server, MongoDB

ზოგიერთი სიახლის შესახებ ვებტექნოლოგიების სწავლებიდან

გელა ღვინევაძე, ნინო ჩორხაული

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ghvinepadzegela08@gtu.ge, m.chorkhauri@gtu.ge

რეზიუმე

დღევანდელ მსოფლიო მასშტაბით მეტად სწრაფად ცვლად გარემოში მრავალი პრობლემა მოითხოვს მათზე დროულად და ეფექტიანად რეაგირებას და ბუნებრივია, რომ აქ მეცნიერებას ეკისრება მთავარი როლის შესრულება. ამასთან, როგორც პრაქტიკა აჩვენებს, ნებისმიერი დარგის სპეციალისტების მიღწევათა დონეს დიდად განაპირობებს მათ მიერ თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების ფლობის უნარი. ბოლო ათწლეულებია, რაც ინფორმატიკის დარგი განსაკუთრებული სისწრაფით ვითარდება. ჯერ კიდევ 30 წლის წინ სპეციალისტები გამოთქვამდნენ მოსაზრებას, რომ ყოველ 5 წელიწადში კომპიუტერული ტექნოლოგიები და მათი ექსპლოატაციის შედეგად მიღებული ცოდნა 50%-ით ძველდება.

დღევანდელი სიტუაციის ანალიზი კი გვიჩვენებს, რომ ბოლო ხანებში ცვლილებების ტემპები კიდევ უფრო დაჩქარდა და ამ მხრივ ინფორმატიკაში სწორედ ვებტექნოლოგიების სფერო გამოირჩევა. შესაბამისად, ამ მიმართულების საგნების სწავლებისას იზრდება მოთხოვნებიც სასწავლო მასალების განახლების ინტენსივობისადმი.

სწორედ აღნიშნულ თემასთან დაკავშირებული საკითხები განიხილება წინამდებარე სტატიაში, რომლის მიზანია ავტორების მიერ ვებტექნოლოგიების საგნების კითხვისას წლების განმავლობაში დაგროვილი გამოცდილების გაზიარება.

ცნობილია, რომ ბოლო წლებში, მთელი მსოფლიოს მასშტაბით, განსაკუთრებული პოპულარობა მოიპოვა სწავლების პროცესის ონ-ლაინ ფორმატში ჩატარებამ. ამასთან აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიები ფართო შესაძლებლობას იძლევა მეცადინეობების ეს ფორმა აყვანილი იქნეს კიდევ უფრო მაღალ საფეხურზეც სწავლებისათვის ინტერაქტიური სახის მიცემით.

დასახული მიზნების მისაღწევად სტატიის ავტორები, პირველ რიგში, ვეცნობოდით ამ სფეროში არსებულ მოწინავე საზღვარგარეთულ გამოცდილებას, ცნობილი სპეციალისტების რეკომენდაციებს, მაგრამ, მივიჩინეთ, რომ საგნების სწავლებისათვის მასალების მომზადებისას საჭირო იყო არა მათი უბრალოდ კოპირება-გადმოქართულება, არამედ, შერჩეული მასალების ადგილობრივი პირობებთან მისადაგება-მოდისფიცირება, რიგ შემთხვევებში კი შესასრულებელი სამუშაოებისათვის ახალი ფუნქციების დაკისრებაც.

გარდა ამისა, ვთვლით, რომ პედაგოგებმა სტუდენტები არა მარტო დარგში არსებულ უახლეს მიღწევებს უნდა გააცნონ და დაეხმარონ მათ სიახლეების გამოყენებისათვის საჭირო უნარ-ჩვევების გამომუშავებაში, ასევე, ფრიად სასურველია, ლექტორებმა მომავალში მათი განვითარებისათვის გზამკვლევის როლიც შეასრულონ. კერძოდ, გაარკვიონ ისინი, თუ მოცემულ სფეროში (აქ ვებტექნოლოგიებში) დღეს გამოყენებული ტექნოლოგიებიდან რომელ მათგანს ექნება უკეთესი პერსპექტივა, და აქედან გამომდინარე, შესაბამისი ცოდნის შეძენის შემთხვევაში სტუდენტს ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ - დასაქმების მეტი პერსპექტივაც.

სწავლების პროცესში სტუდენტებს ვაცნობთ იმ რეკომენდაციებსაც, როგორ წარმართონ მათ მეცადინეობები ინსტიტუტის ფარგლებს გარეთაც. ასევე, გამოვთქვამთ მოსაზრებას, დედაქალაქში არსებული მდგომარების გათვალისწინებით, ზოგიერთ შემთხვევაში სწავლების ჰიბრიდული ფორმისათვის უპირატესობის მინიჭების თაობაზე.

საკვანძო სიტყვები: სწავლება; ვებტექნოლოგიები; ონ-ლაინ და ინტერაქტიური სახელმძღვანელოები.

შესავალი

წინამდებარე სტატიის ავტორებს წლების განმავლობაში უხდებოდათ და უხდებოდათ თანამშრომლობა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე ვებტექნოლოგიების პროფილის საგნების კითხვისას.

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია, დაინტერესებულ პირების გავეუზიაროთ ის შეხედულებანი და მათი რეალიზებით დაგროვილი გამოცდილება, რომელიც დაგვიგროვდა აღნიშნული მიმართულების დისციპლინების სწავლების პროცესში, Javascript ენის მაგალითზე.

პირველ რიგში, აღვნიშნავთ იმ ვითარებას, რომ დღეს ინფორმატიკის დარგი და კერძოდ, მისი უმნიშვნელოვანესი ნაწილი - ვებტექნოლოგიები არნახული სისწრაფით ვითარდება.

30 წლის წინ ინფორმატიკის დარგში მოღვაწე სპეციალისტები გვიმტკიცებდნენ, რომ ყოველ 5 წელიწადში ამ სფეროში არსებული ცოდნა 50%-ით ძველდება. ბოლო წლებში ცვლილებების ეს ტემპები კიდევ უფრო დაჩქარდა და ბუნებრივია, რომ გაიზარდა მოთხოვნებიც სასწავლო მასალების განახლების ინტენსივობისადმი.

ზემოთ თქმულის საილუსტრაციოდ, ვთვლით, საკმარისია ასეთი მაგალითის მოყვანაც:

ჩვენთვის საინტერესო მიმართულებით ფუნქციონირებად, დღეს მსოფლიოში ყველაზე პოპულარულ <https://www.w3schools.com/> საიტზე მასალის განახლება ხდება თითქმის ყოველთვიურად, ზოგჯერ კი კიდევ უფრო სწრაფადაც კი.

აქვე შევნიშნავთ, რომ, თავისი სპეციფიკიდან გამომდინარე, ამ საიტსაც გააჩნია ზოგიერთი ნაკლი, კერძოდ:

- მასზე არსებული კონტენტის სხვა ენებზე, მათ შორის ქართულადაც თარგმნისას (შევნიშნავთ, რომ ეს სერვისი საიტის უდავო ღირსებაა), აღნიშნული პროცესის ავტომატიზების გამო მიღებული თარგმანი ბუნებრივია, რომ სრულყოფილი ვერ იქნება.
- მომხმარებელს არ ეძლევა შესაძლებლობა, მარტივად დაიმახსოვროს საიტზე არსებული ფაილების საკუთარი შეხედულებისამებრ მოდიფიცირებული ვარიანტები, რისი მიზეზიც ადვილად ასახსნილია:
ამ საიტს დღეში უამრავი მომხმარებელი აკითხავს და თითოეული მათგანის ასეთი სერვისით უზრუნველყოფა, ჯერ ერთი, ფაქტობრივად, შეუძლებელია, და მეორეც, მის გამოყენებას აზრიც ნაკლებად ექნებოდა, განსხვავებით „ავტონომიური“ სწავლების მიდგომისაგან (რომელსაც ქვემოთ განვიხილავთ).
- გარდა ამისა, <https://www.w3schools.com/> საიტი ორიენტირებული არის მასობრივი მომხმარებლის ინტერესების დაკმაყოფილებაზე, რა დროსაც აქცენტი კეთდება ამა თუ იმ ენის მხოლოდ ძირითადი საშუალებების შესწავლაზე. ინფორმატიკის ფაკულტეტზე კი სტუდენტებს შესაძენი ცოდნის მოცულობის და სირთულის მხრივ გაცილებით მეტი მოთხოვნები წაეყენებათ, ამასთან, გასათვალისწინებელი არის ცალკეული დეპარტამენტებისთვის განსაზღვრული მიმართულების (ზოგჯერ კი რამდენიმე მიმართულების) სპეციფიკაც.

სტატია ეყრდნობა ჩვენ მიერ ადრე გამოქვეყნებულ ნაშრომებს [1-4]. ამასთან, გარდა ვებტექნოლოგიების სწავლების გასაუმჯობესებლად გადადგმული ნაბიჯებისა, მასში აღვწერთ, ასევე ჩვენ მიერ ბოლო პერიოდში პრაქტიკაში დანერგილ რეკომენდაციებსაც, რომლებიც შევიმუშავეთ, ზოგადად უნივერსიტეტებში სწავლების ხარისხის ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით.

ძირითადი ნაწილი

ვებტექნოლოგიების მიმართულების საგნების სწავლებისათვის მასალების მომზადებისას უმთავრესად ვთვლით ასეთ მიდგომის რეალიზებას:

საჭიროა არა ამ მასალების ინტერნეტიდან უბრალოდ კოპირება-გადმოქართულება, არამედ - ადგილობრივი სასწავლო გარემოს მიერ მოთხოვნილ პირობებთან მათი მისადაგება-მოდიფიცირება, რიგ შემთხვევებში კი - ახალი ფუნქციების დაკისრებაც.

ამ მცდელობების შედეგებს ქვემოთ აღვწერთ, მაგრამ ამავე დროს აქვე ხაზი უნდა გაესვას ერთ მნიშვნელოვან გარემოებასაც:

დღეს ფრიად სასურველია, ლექტორმა მასზე დაკისრებული უშუალო მოვალეობის გარდა, სტუდენტებისათვის გზამკვლევის როლიც შეასრულოს. კერძოდ, დაანახოს მათ,

მოცემულ სფეროში (აქ ვებტექნოლოგიებში) არსებული მრავალი მიმართულებიდან თუ რომელთა ექნებათ მეტი განვითარების პერსპექტივა (რაც შესაბამისად, განაპირობებს მომავალში ამ ცოდნით შეიარაღებულ სპეციალისტებზე მოთხოვნების გაზრდას).

საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ საწარმოს, კომპანიების მიერ შერჩეული თუ შესარჩევი გზებისათვის პერსპექტივების და მიღებულ გადაწყვეტილებებთან დაკავშირებული რისკების გათვლა სრულებითაც არ გახლავთ ადვილი საქმე. ამ სფეროში შეცდომები მოსდით მეტად სოლიდურ კომპანიებსაც კი, მაგალითად ისეთს, როგორც არის IBM. ცნობილი ფაქტია, რომ ამ კომპანიის ხელმძღვანელობა თავიდან ვერ შეძლო განეჭვრიტა ის უდიდესი მომავალი, რომელიც ელოდა პერსონალურ კომპიუტერებს.

არსებობს საპირისპირო შინაარსის მაგალითებიც - თავის დროზე სპეციალისტები ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებზე დაფუძნებულ კომპიუტერულ ენას „ადას“ მეტად დიდ მომავალს უწინასწარმეტყველებდნენ. მართალია, ეს ენა დღესაც წარმატებით გამოიყენება, მაგრამ მისი სირთულის გამო ეს ხდება გაცილებით ვიწრო არეალში (ძირითადად სამხედრო სფეროში), ვიდრე ამას ვარაუდობდნენ [5].

მოვიყვანოთ სტატიაში განსახილველ თემასთან უფრო ახლოს მყოფი მაგალითი - დაახლოებით 15-20 წლის წინ ვებტექნოლოგიების სფეროში მოღვაწე ECMA TC39TG1 ჯგუფის წევრი სპეციალისტები ინტენსიურად მუშაობდნენ ECMAScript Edition 4 ენის სტანდარტს დაქვემდებარებული JavaScript 2.0 ვერსიის შექმნაზე.

მაგრამ შემდგომ ვითარების უფრო ღრმად შესწავლამ აჩვენა, რომ JavaScript ენის არსებულ ღირებებზე დაყრდნობით შესაძლებელი იყო ამ ენის არა მხოლოდ „უბრალოდ“ გაუმჯობესება (რიგი ახალი ფუნქციების დამატების მეშვეობით), არამედ - მისი შესაძლებლობების თვისებრივად ახალ დონეზე აყვანა.

და შეიძლება ითქვას, რომ JavaScript ენამ მეორე სიცოცხლე იპოვა, ოღონდ არა დარგის სპეციალისტების დიდი ნაწილის მიერ ნაწინასწარმეტყველები Javascript 2.0 ვერსიის სახით, არამედ JavaScript ენის ბაზაზე მრავალი ფრეიმვორკის შექმნით.

ამ ფრეიმვორკებს შორის კი განსაკუთრებით აღსანიშნავია უკვე სერვერულ დონეზე ფუნქციონირებადი Nodejs პროგრამული პროდუქტი. სპეციალისტების ვარაუდით, რამდენიმე წელიწადში სწორედ Nodejs მნიშვნელოვნად შეზღუდავს ინტერნეტში დღეს ყველაზე მეტად გამოყენებული PHP სერვერული ენისთვის გამოყენების არეალს.

ზემოთ აღვნიშნეთ, თუ რა სწრაფი ტემპებით ხდება დღეს ინფორმატიკის დარგის და განსაკუთრებით კი მისი ნაწილის - ვებტექნოლოგიების განვითარება. ყველა საფუძველი არსებობს იმის მტკიცებისათვის, რომ 10-15 წელიწადში ეს ტემპები კიდევ მეტად გაიზრდება. და ეს განპირობებული იქნება ბევრი ფაქტორით, რომელთა შორის განსაკუთრებით ყურადსაღებია განვითარებული სახელმწიფოების მისწრაფებანი, შექმნან თავიანთ ქვეყნებში ე. წ. ჭკვიანი გარემო - სახლები და მთელი ქალაქებიც კი.

ყოველივე ზემოთ თქმულის გათვალისწინებით, წინა პლანზე დგება ძირეული ცვლილებების შეტანის მოთხოვნა სასწავლო სფეროში.

ამ საკითხთან მიმართებით უპრიანია, მოვიყვანოთ ამერიკელი სპეციალისტის, მენციერულ მიღწევათა ცნობილი პოპულარიზატორის მიჩიო კაკუს სიტყვები:

„მომავალში სწავლება დაფუძნებული იქნება ინტერნეტ-ტექნოლოგიებსა და გაჯეტებზე... ადამიანები თვითონვე ასწავლიან საკუთარ თავს იმის გაანალიზებით, თუ რა ცოდნა სჭირდებათ მათ, კონსულტაციების გავლას კი შეძლებენ ე. წ. "ჭკვიანი კედლის"

დახმარებით. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებზე აგებული მოწყობილობები იქნება ყველგან: ბინებსა და ოფისებში თუ ქუჩებში“ [6].

წინამდებარე სტატიის დანიშნულებიდან გამომდინარე, ჩვენთვის განსაკუთრებით საინტერესოა ამ მეცნიერის მოსაზრებები სწავლების სფეროში მოსალოდნელი ნოვაციების თაობაზე.

მიჩიო კაკუ თვლის, რომ პრიორიტეტული გახდება დღეს დაბადების სტადიაში მყოფი ონ-ლაინ სწავლება, თუმცა:

„ ...უნივერსიტეტებს არვინ გააუქმებს, ოღონდ ისინი მეტწილად მიიღებენ ვირტუალური სასწავლო დაწესებულებების სახეს.

... გაუქმდება დიპლომები, ამასთან ერთად, განათლების მიღება აღარ შემოიზღუდება დროისა და სივრცის ფარგლებით, მისი მსურველები გამოცდებს ჩააბარებენ სერტიფიცირების ცენტრებში. სასურველი თანამდებობის მიღება კი სწორედ ამ ცენტრების მიერ გაცემულ სერტიფიკატებში ასახულ შედეგებზე იქნება დამოკიდებული“.

ვთვლით, რომ ყოველივე ზემოთ თქმულიდან ბევრი რამის გათვალისწინება არის მიზანშეწონილი ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე სწავლების პროცესში სიახლეების შეტანისას.

ქვემოთ აღვწერთ ამ მიმართულებით ჩვენ მიერ გადადგმული ნაბიჯების შედეგად მიღებულ იმ გამოცდილებას, რომელიც ბოლო წლებში დაგვიგროვდა ვებტექნოლოგიის სფეროს საგნების კითხვისას, კერძოდ, 2021 წელს შევქმენით ინტერაქტიურ რეჟიმში მუშაობისათვის განკუთვნილი სახელმძღვანელო Javascript ენის შესასწავლად. იგი თავდაპირველად მოიცავდა 230 სცენარს, რომელთაც ყოველ მომდევნო სემესტრში ემატებოდა ახალი მასალები.

აქვე აღვნიშნავთ, რომ ეს სახელმძღვანელო, ფაქტობრივად, შაბლონიცაა სხვა კომპიუტერული ენების შესასწავლად.

ბუნებრივია, რომ მოდიფიცირების ყოველ ჯერზე, პირველ რიგში, ვითვალისწინებდით ინტერნეტში ამ მიმართულებით გამოქვეყნებულ სიახლეებს. მაგრამ, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მასში, ადგილზე არსებულ სიტუაციასთან მისადაგებისა და მოთხოვნების გასათვალისწინებლად, შევიტანეთ რიგი სიახლეებისა, კერძოდ:

- სტუდენტს, ამა თუ იმ მოსაზრების შემოწმების მიზნით, შეუძლია როგორც ნებისმიერი ფაილის მოდიფიცირება და შესრულებაზე გაშვება, ასევე, მას ეძლევა შესაძლებლობა, დაიმახსოვროს ეს მოდიფიცირებული სცენარი იმგვარად, რომ არ მოხდეს ფაილური სტრუქტურის დარღვევა.
- სისტემაში დავამატეთ ასეთი სერვისიც: ინგლისურ ენაში უკეთ გაწაფვის მიზნით, შესაძლებელი ხდება ინფორმაციის გამოტანა (სასურველი თანმიმდევრობით) ქართულ, ინგლისურ ანდა ერთდროულად ორივე ენაზე (სურვილის შემთხვევაში „მენიუს“ შეიძლება დაემატოს სხვა ენებიც).
- რამდენიმე სიახლე შევიტანეთ მიღებული ცოდნის დონის შემმოწმებელ გამოკითხვის სისტემაშიც. კერძოდ, რესპოდენტის მოთხოვნის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება: ალტერნატიული პასუხების რაოდენობის შემცირება, თითოეული პასუხისათვის წონითი კოეფიციენტის მინიჭება, (გეომეტრიული ამოცანებისათვის) ამოხსნის გზის მინიშნება.

მოგვყავს სტატიის დაწერის პერიოდისათვის ამ სისტემის ბოლო მოდიფიცირებული ვარიანტიდან ერთ-ერთი კადრის მაგალითი:



ნახ. 1

შემდეგ, მეცნიერები თვლიან, რომ ნებისმიერი საგნის სწავლებისას პროცესის წარმატებას მნიშვნელოვნად განაპირობებს მასში კრეატიული აზროვნების ელემენტების შეტანა და ისიც, თუ რამდენად სახალისოა სწავლების პროცესი.

ჩამოვთვალოთ ის თანამედროვე მიდგომები, რომელთაც, არაერთი სპეციალისტის აზრით, დღეს უნდა ეფუძნებოდეს როგორც მეცადინეობების, ასევე, - სტუდენტებთან თანამშრომლობისას კვლევითი სამუშაოების წარმართვა.

ესენია: ინტერ-, მულტი- და ტრანსდისციპლინური კავშირები; ინფორმატიკის დარგში შემუშავებული უახლესი ტექნოლოგიები.

ბოლო წლებში ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე იკითხება საგანი „კრეატიული აზროვნების საფუძვლები“, რომლის სალექციო კურსში აღწერილმა რეკომენდაციებმა და მეთოდებმა გამოყენება იპოვა Javascript ენის სწავლებისათვის განკუთვნილ მასალებშიც:

მეცადინეობებისას, ზემოთ მოყვანილი რეკომენდაციების გათვალისწინებით, სტუდენტებს ვაძლევთ ისეთ ამოცანებსაც, რომელთა გადაწყვეტა შესაძლებელი არის სამი განსხვავებული გზით:

- მკაცრად მათემატიკურით,
- პროგრამისტულით,
- და არასტანდარტულით, რომელიც სწორედ კრეატიულ მიდგომებს ემყარება.

ქვემოთ მოგვყავს ერთი ასეთი ამოცანის მაგალითი:

0 - 1 სიგრძის მონაკვეთზე მის ნებისმიერ წერტილში თანაბარი მოხვედრის ალბათობით ეცემა წვიმის 2 წვეთი (წვეთების ზომა უკუვადლოთ, ანუ ისინი წერტილებად ჩავთვალოთ). მოითხოვება, განისაზღვროს წვიმის წვეთებს შორის მანძილის მათემატიკური მოლოდინი.

ამოცანის პირობასთან გაცნობის შემდეგ პედაგოგი სტუდენტებს ამ შემთხვევაშიც ამცნობს, რომ მისი ამოხსნა შესაძლებელია სამი განსხვავებული ხერხით.

შემდეგ, გვსურს შევხვით კიდევ ერთ მნიშვნელოვან საკითხს, რომელიც ასევე კავშირშია სწავლების ეფექტიანობის ამაღლებასთან, ოღონდ სხვა კუთხით:

აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ყველა ის ფაქტორი - დადებითი თუ უარყოფითი, რომლებიც გავლენას ახდენს სწავლების ხარისხზე.

დადებითების თაობაზე ზემოთ ვიმსჯელოთ. რაც შეეხება სწავლების პროცესისთვის ხელისშემშლელ ფაქტორებს, ესენია:

1. უნივერსიტეტში (უნივერსიტეტებში) სკოლებიდან მოსული ახალგაზრდობის მომზადების არცთუ მაღალი დონე;
2. დედაქალაქში არსებული ვითარება: სტუდენტებისათვის საერთო საცხოვრებლების არარსებობა, ბინების დაქირავების სიძვირე, ტრანსპორტის გადატვირთულობა, ... ყოველივე ეს დიდად ამცირებს სტუდენტთა კონტიგენტის შემოდინებას დედაქალაქს დაცილებული ტერიტორიებიდან, ამასთან, როგორც წესი, ცოდნის შექმნაზე ფრიად მოტივირებული ახალგაზრდობის.
3. და ისეთი ფაქტორიც კი, როგორცაა ზედა კურსებისა და მაგისტრატურის სტუდენტების დასაქმებულობა (რაც, ერთი მხრივ, მისასაღმებელია, მაგრამ როდესაც სამსახურს შესაძენ სპეციალობასთან არანაირი კავშირი არ აქვს, მაშინ ... ნაკლებად).

ჩამოთვლილი ფაქტორებიდან ბოლო ორი პუნქტის უარყოფითი გავლენის შემცირება, ვფიქრობთ, შესაძლებელი იქნება სწავლების პროცესის ორგანიზებაში ასეთი ფორმის შემოღებით (რაც განათლების სამინისტროს პრეროგატივაა):

უნივერსიტეტებში სალექციო საათების ჩატარება 2-3 დღის განმავლობაში მოხდეს ონ-ლაინ სწავლების წესით (ან პლუს ამ ფორმითაც), დანარჩენ მეცადინეობებზე კი - სპეციალური ნებართვის გაცემით.

დაბოლოს, სწავლების ეფექტიანობის ასამაღლებლად სტუდენტებს ვაცნობთ ცნობილი ამერიკელი სპეციალისტის ბრუკსის რჩევას:

შესასწავლ მასალაზე დამოუკიდებელი მუშაობისას უპირატესობა მიანიჭონ **ერთ კომპიუტერთან წყვილში მუშაობის ფორმას** [].

დასკვნა

ვებტექნოლოგიების მიმართულების საგნების სწავლებისათვის მასალების მომზადებისას უნდა მოხდეს ამ მასალების ინტერნეტიდან არა უბრალოდ კოპირება-გადმოქართულება, არამედ - ადგილობრივი სასწავლო გარემოს მიერ მოთხოვნილ პირობებთან მათი მისადაგება-მოდულიზაცია, რიგ შემთხვევებში კი - ახალი ფუნქციების დაკისრებაც. შექმნილი სიტუაციის გასაუმჯობესებლად უნივერსიტეტებში სალექციო საათების ჩატარება უნდა მოხდეს 2-3 დღის განმავლობაში მოხდეს ონ-ლაინ სწავლების წესით (ან პლუს ამ ფორმითაც), დანარჩენ მეცადინეობებზე - სპეციალური ნებართვის გაცემით.

ლიტერატურა

1. გ. ღვინეფაძე, თ. შავიშვილი. „გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების გზები.“ თბილისი. სტუ-ს გამომცემლობა, „შრომები“, 2020, №1 (515), გვ. 80-93. ISSN 1512-0996.
2. გ. ღვინეფაძე, თ. შავიშვილი. „On-line სახელმძღვანელოების დაპროექტების კონცეფცია“. თბილისი. სტუ-ს გამომცემლობა, „შრომები“, 2021, №1 (519), გვ. 40-54. ISSN 1512-0996.
3. გ. ღვინეფაძე, თ. შავიშვილი. “ინტერდისციპლინური მიდგომების ეფექტიანობა მეცნიერული კვლევებისა და სწავლების პროცესებში”. 2021. მაისი. მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრის დაარსებიდან 50-ე წლისთავისა და მისი

დამაარსებლის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის 80 წლის იუბილესადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“. სტუ, „შრომები, მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, 2021. №1 (32), გვ. 316-319. ISSN 1512-3979.

4. გელა ღვინევაძე - ტრანს- და ინტერდისციპლინური მიდგომები პრობლემების გადასაწყვეტად. II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საქართველო და ევროინტეგრაცია“. სტუ, სტატიების კრებული, 29-30 სექტემბერი 2022. გვ. 114-122.
<https://drive.google.com/file/d/1Bxge5mIXd-6LqEnfMQUiNR2mp2RmV5dF/view>
5. <https://www.adacore.com/about-ada>
6. https://akvobr.ru/mitio_kaku_obrazovanie_budushego.html

Some News about Training in the Web Technologies

Summary

Gela Ghvinepadze, Nino Chorkhauri

Georgian Technical University

ghvinepadzegela08@gtu.ge, m.chorkhauri@gtu.ge

In today's highly variable global environment, many problems have to be solved quickly and efficiently and it is logical that science has a major role to play in this. But as practice shows, the level of achievements of specialists in any field is greatly determined by their ability to master modern computer technologies. For the last decades, the field of informatics has been developing at an exceptional speed, even 30 years ago, specialists working in this field expressed the opinion that every 5 years, computer technologies and the knowledge obtained as a result of their exploitation become obsolete by 50%. Analysis of today's situation shows that these paces of change have accelerated even more in recent years. In this regard, web technologies stand out in informatics. Therefore, it is normal that when teaching the subjects in this sphere, the demand for the intensity of updating the teaching materials also increases. The purpose of this article is to discuss the issues related to this topic, in particular, to share the experience accumulated by its authors during the years of teaching the subjects in this field.

In recent years, conducting the teaching process in an online format has gained special popularity all over the world. In addition to this, modern computer technologies provide a wide opportunity to take this form of education to a higher level, in particular, to give it the interactive format of education. In order to achieve the set goals, the authors of the article, first of all, were already familiar with the advanced foreign experience in this field and with the recommendations of well-known specialists. However, we considered that when preparing the materials for teaching these subjects, it was necessary not only to copy and translate them, but also to take into account a number of local specificities by adapting the selected materials to them and changing, when need be, or in some cases even adding new functions and elements.

In addition to this, we believe that teachers should not only introduce students to the latest achievements in the field and relevant technologies and help them develop the necessary skills to use the innovations, but it is also highly desirable for professors to act as guides for future development for students. In particular, let them find out which of the technologies used today in the given field (here in web technologies) will have more prospects for further development, and

therefore, in case of acquiring relevant knowledge, the student will have more prospects for employment after graduating from the universities.

In the process of teaching, we introduce students to the recommendations on how to conduct their studies outside the university, as well as express some opinions about the advantages of hybrid forms of teaching in a number of cases, depending on the conditions in the country.

Keywords: teaching; web technologies; on-line and interactive textbooks.

ხელოვნური ინტელექტის როლი განათლებაში

ინგა აბულაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i_abuladze@gtu.ge

ნანა მაღლაკელიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

n.maglanelidze@gtu.ge

სანდრო იაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

iashvilisandro7@gmail.com

რეზიუმე: ნაშრომში შემუშავებულია ხელოვნური ინტელექტის (AI) ქვედარგის მანქანური სწავლების ალგორითმების საფუძველზე სტუდენტთა ზუსტი და ობიექტური შეფასება, შესაბამისად თითოეული სტუდენტის საშუალო ქულის გამოყვანა. შემუშავებული მოდელის საფუძველზე სამუშაოს გაადვილება დეკანატის თანამშრომელთათვის, რომელთა გამოყენება ეფექტურია საგანმანათლებლო დაწესებულებებისათვის დროის და რესურსების დაზოგვის ხარჯზე. ამ მიზნით ავტორების მიერ შემუშავებულია მოდელი Python-პითონ დაპროგრამების ენაზე.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური სწავლება, სტუდენტთა შეფასება, დაპროგრამების ენა.

შესავალი

სამეცნიერო ნაშრომის მიზანია სასწავლო პროცესის მოქნილი და თითოეულ სტუდენტზე ორიენტირებული სისტემის შექმნა. ამასთან ერთად, სასწავლო პროცესთან დაკავშირებული შრომა შეუმსუბუქდეს პროფესორ-მასწავლებელს. სასწავლო პროცესში ნებისმიერი სასწავლო კურსის ეფექტურობა ფასდება სტუდენტის მიერ მიღებული სწავლის შედეგით. ეფექტიანობის მისაღწევად სასწავლო პროცესის სერვისი უნდა მორგებულ იქნას სტუდენტებზე, ანუ პედაგოგმა უნდა აითვისოს და გააუმჯობესოს ონლაინ პლატფორმასთან მუშაობის სხვადასხვა მეთოდი [1].

ჰანდეშიამ და პოსტ-ჰანდეშიურმა პერიოდმა საგანმანათლებლო სისტემაში შეიტანა ძალიან დიდი ცვლილება. ტექნოლოგიების მზარდი ტემპი კიდევ უფრო მეტად გამოიწვია და მოიცვა ყველა დარგი, განსაკუთრებით მას დიდი როლი აკისრია საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. რადგან დღესდღეობით კვლავ აქტუალურია ონლაინ სწავლება და დისტანციური შეფასების სისტემა [1].

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ამ უკანასკნელი სამუშაოს გაადვილება საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. კერძოდ დეკანატებში, სტუდენტთა მოსწრების საფუძველზე საშუალო ქულის (GPA) გამოთვლა, იმ მიზნით თუ რომელი სტუდენტი მიიღებს სტიპენდიას და ა.შ.

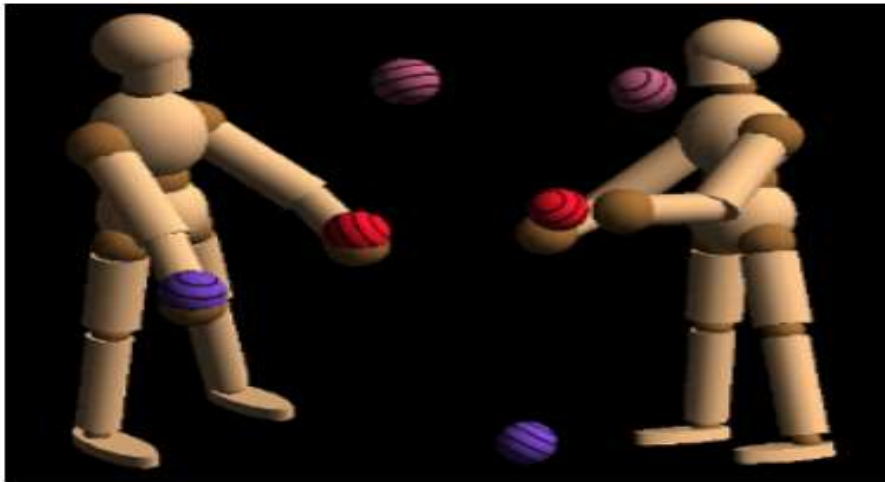
სწორედ, ამ მიზნით ნაშრომში შემუშავებულია ხელოვნური ინტელექტის ქვედარგის მანქანური სწავლების ალგორითმები სტუდენტთა ზუსტი და ობიექტური შეფასებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

ავტორების მიერ შემუშავებულია სასწავლო დაწესებულებებში სტუდენტთა შეფასების მოდელი, დაფუძნებული მანქანური სწავლების ალგორითმებზე. ცნობილია, როდესაც საუბარია მანქანურ სწავლებაზე აუცილებლად დაპროგრამების ენა პითონი იგულისხმება.

ნაშრომში მოყვანილია მანქანური სწავლების ორი სხვადასხვა ავტორის განმარტება.

მანქანური სწავლება არის დაპროგრამების სახეობა, რომელიც „ჭკვიანი“ რობოტს შესაძლებლობას აძლევს მონაცემებიდან ზუსტად და დეტალურად ავტომატურად შეისწავლოს ინფორმაცია, დაპროგრამების გარეშე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სწავლების ასეთი მიდგომა ცვლის მის ქცევას მონაცემებიდან შესწავლის საფუძველზე [2].



ნახ.1. „ჭკვიანი“ რობოტი

მანქანური სწავლება შეიძლება დაიყოს 3 კატეგორიად [2]:

❖ მეთვალყურეობის ქვეშ სწავლა

მანქანური სწავლება გულისხმობს ორივეს როგორც საწყის მონაცემთა შეტანას, ასევე მათზე დაკვირვებას.

❖ უკონტროლო სწავლა

სწავლისას/დასწავლისას ალგორითმს არ აქვს რაიმე მკაცრად განსაზღვრული წესი. ალგორითმის თანახმად „ჭკვიანმა“ რობოტმა თვითონ უნდა განახორციელოს დასწავლა რაიმე ფაქტის ან მეთოდის მიხედვით.

❖ განმტკიცებული სწავლა

„ჭკვიანი“ რობოტი დინამიკურად ურთიერთქმედებს იმ გარემოსთან სადაც უწევს ურთიერთქმედება. ეს ნიშნავს, რომ იგი იღებს დადებით და/ან უარყოფით გამოხმაურებას მისი მუშაობის გასაუმჯობესებლად.

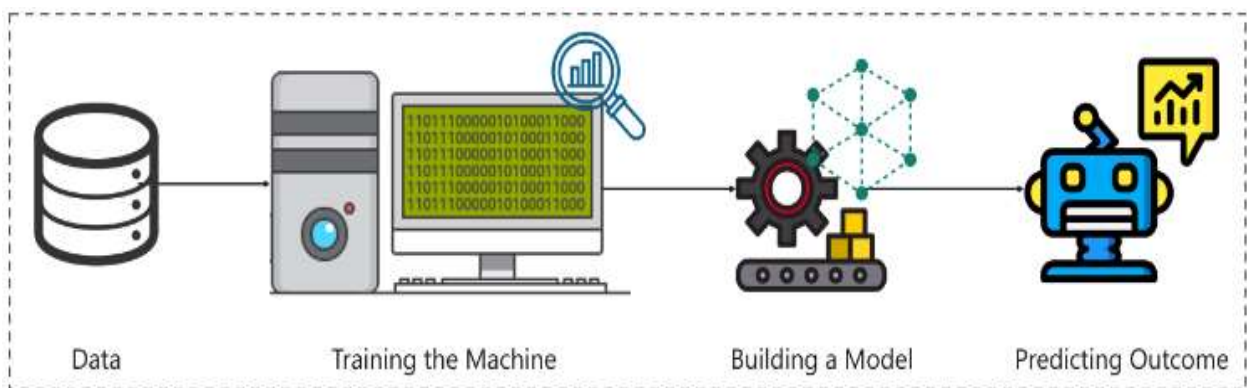
ქვემოთ მოყვანილია მეორე განმარტება მანქანური სწავლების შესახებ:

მანქანური სწავლება არის ხელოვნური ინტელექტის სახეობა, რომელიც ხელს უწყობს მანქანას ისწავლოს და გადაწყვეტილება მიიღოს ავტომატურად გამოცდილების საფუძველზე. ამრიგად, მანქანური სწავლების ალგორითმის თანახმად „მანქანამ თავად უნდა იფიქროს, როგორც ადამიანმა“ და გადაჭრას მის წინაშე მდგარი პრობლემა [3].

გთავაზობთ მანქანური სწავლების ალგორითმის 3 ეტაპს. ესენია:

- ❖ მანქანური სწავლების პროცესი იწყება ძალიან ბევრი მონაცემების მიწოდებით მანქანისათვის.
- ❖ მანქანა ვარჯიშობს ამ მონაცემებზე, რათა აღმოაჩინოს მსგავსობები და გააკეთოს შაბლონები. შემუშავებული შაბლონები მას ეხმარება მსგავს შემთხვევაში ზუსტი და ეფექტური გადაწყვეტილების მიღებაში.
- ❖ ამ მსგავსების შედეგად ადგენს მანქანური სწავლების მოდელის, თუ შემდეგში როგორ გადაჭრას მსგავსი ამოცანა.
- ❖ ამოცანის შესაბამისი მოდელის პროგნოზირება.

მაშასადამე, თუ მანქანას მიაწვდით ძალიან დიდი რაოდენობის ინფორმაციას მას უკვე ეცოდინება როგორ გააკეთოს მათი დახარისხება, დამუშავება და ანალიზი მანქანური სწავლების ალგორითმების გამოყენებით (ნახ. 2).

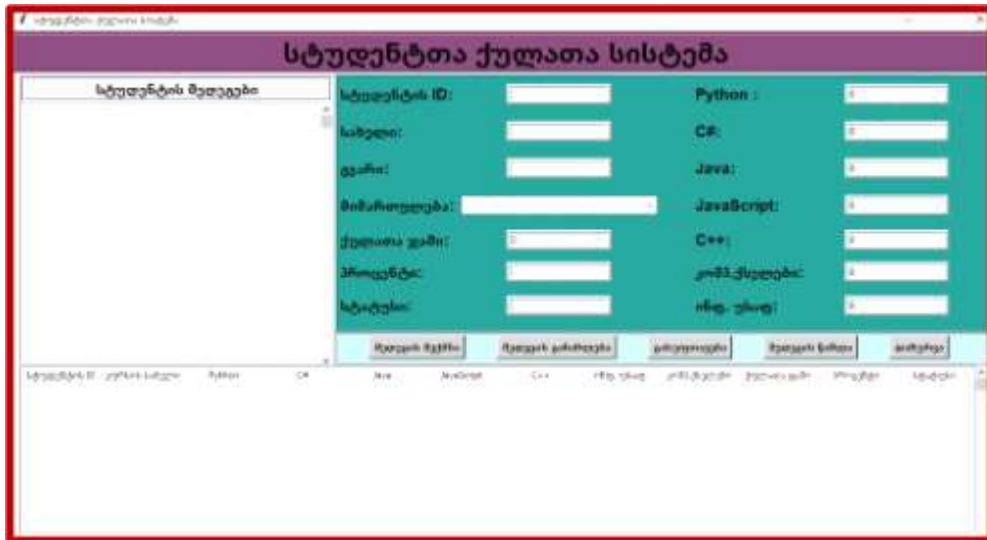


ნახ.2. მანქანური სწავლების მოდელი

მანქანური სწავლება არის **ტრენდული ტექნოლოგია**, რომლის მიზანია დიდი ზომის ინფორმაციის მოძიება, დამუშავება და მართვა. ასეთი მიდგომა დაგვეხმარება სასწავლო პროცესის მოქნილი და ეფექტური ფუნქციონირებისათვის [4].

მანქანური სწავლების ალგორითმები ცვლის საგანმანათლებლო სისტემის გამოცდილებას. ამ დროს საქმე გვაქვს სწავლების ინოვაციურ მეთოდებთან. *მანქანური სწავლების ალგორითმი გულისხმობს თითოეულ მოსწავლეთან ინდივიდუალურ მიდგომას*, რომელიც დამყარებულია მათ მიერ შეძენილ ცოდნაზე და ეხმარება პედაგოგს თითოეული სტუდენტი შეაფასონ სწრაფად და ობიექტურად [4].

გთავაზობთ ჩვენს მიერ კვლევების შედეგად შემუშავებულ მეთოდს. მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია შემუშავებული გრაფიკული ინტერფეისი, რომელიც წარმოადგენს სტუდენტთა შეფასების მოდელს. პროგრამული კოდი რეალიზებულია **Python** დაპროგრამების ენაზე [5].



ნახ.3. სტუდენტთა შეფასების მოდელი

ისმის შემდეგი კითხვა აულოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული სისტემის უსაფრთხოება?

დასმული ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტის გზების ძიება 21-ე საუკუნის პრობლემას წარმოადგენს, რადგან ხელოვნური ინტელექტის სისტემა სრულიად უკონტროლოა. დავალებული ამოცანის გარდა „ჭკვიანმა“ რობოტმა შესაძლებელია სრულიად უკონტროლო ქმედება გააკეთოს. ამიტომ, მეცნიერებს გვმართებს დიდი სიფრთხილე ხელოვნური ინტელექტის მიდგომით ამოცანის გადაჭრისას.

დასკვნა

ნამშრომში შემუშავებულია ინოვაციური იდეა, როგორ დავნერგოთ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება განათლების სისტემაში, სამუშაო პროცესის ეფექტურად წარმართვისათვის.

გამოსავალი და ჩემი მოკრძალებული რეკომენდაცია მდგომარეობს შემდეგში: AI სისტემის გაკონტროლება უნდა შეგვეძლოს ნებისმიერ დარგში, სწორედ ყველა სამუშაოს გაკეთება მას არ უნდა მივანდოთ. AI სისტემას თან უნდა ახლდეს ასისტენტი, რომელიც მის ქმედებას გააკონტროლებს.

ლიტერატურა

1. ი. აბულაძე, ნ. მაღლაკელიძე, ი. მეგრელიძე. ხელოვნური ინტელექტის როლი საგანმანათლებლო პროცესის ეფექტურობისათვის. სტუ 100 და იმს 65 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები - 2022“. თბილისი.
2. <https://python-course.eu/machine-learning/>
3. **Bernd Klein.** Machine Learning, 2022.
4. <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022>
5. ი. აბულაძე. ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამება და აპლიკაციები Python-ის ბაზაზე. სტუ-ს IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი, თბილისი, 2023.

Role of artificial intelligence in education

Abuladze Inga, Georgian Technical University

i_abuladze@gtu.ge

Nana Maglakeridze, Georgian Technical University

n.maglakeridze@gtu.ge

Sandro Iashvili, Georgian Technical University

iashvilisandro7@gmail.com

ABSTRACT

In the paper, an accurate and objective assessment of students based on machine learning algorithms of the subfield of artificial intelligence (AI) has been developed, and therefore the average score of each student has been derived. On the basis of the developed model, the work of the dean's office staff will be made easier, the use of which is effective in saving time and resources for educational institutions. For this purpose, the authors have developed a model in the Python programming language.

Key Words: AI, machine learning, student assessment, programming language.

ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის კლასიფიკაციის ასპექტები

გიორგი თანდილაშვილი, დავით კაპანაძე, თალიკო ჟვანია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

tandilashviligiorgi08@gtu.ge, david@gtu.ge, talizhvania@gtu.ge

რეზიუმე

ციფრული ტექნოლოგიების ევოლუციამ გარდატეხა მოახდინა განათლების სფეროში, რამაც გამოიწვია ისეთი ინოვაციური მიდგომის წარმოქმნა, როგორცაა ელექტრონული სწავლება. ელექტრონული სწავლება სცილდება განათლების ტრადიციულ საზღვრებს და მისი ერთ-ერთი განმსაზღვრელი მახასიათებელი ხდება პერსონალიზაციის კონცეფცია, სადაც სასწავლო სტრატეგიები და კონტენტი მორგებულია სტუდენტთა ინდივიდუალურ საჭიროებებზე/პრეფერენციებზე.

ნაშრომში კლასიფიცირებულია პერსონალიზაციის მრავალმხრივი შესაძლებლობები ელექტრონული სწავლების პროცესში. შემუშავებული კლასიფიკაცია მოიცავს ადაპტირებული სასწავლო ობიექტების აგება/მიწოდების, სტუდენტზე ორიენტირებული სწავლების მეთოდოლოგიისა და სტუდენტის ინდივიდუალურ მონაცემებზე ორიენტირებული პერსონალიზაციის ასპექტებს. კლასიფიკაციის ამგვარი სტრუქტურის საფუძველზე შესაძლებელია თანამედროვე სწავლების მართვის სისტემების (LMS) ინსტრუმენტების საშუალებით პერსონალიზებული სწავლის რეალური მოდელების აგება, რასაც პრაქტიკული სარგებელი მოაქვს სტუდენტებისა და კურსის დიზაინერებისათვის. ეს კვლევა ხელს უწყობს მეცნიერულ დისკურსს ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის მრავალმხრივი ბუნების გასაგებად სტრუქტურირებული ჩარჩოს შეთავაზების გზით. სხვადასხვა ასპექტის კლასიფიკაციითა და განხილვით კვლევაში ნაჩვენებია, თუ როგორ შეიძლება ტექნოლოგიების გამოყენება პერსონალიზებული საგანმანათლებლო გამოცდილების შესაქმნელად.

საკვანძო სიტყვები - პერსონალიზებული სწავლების კლასიფიკაცია, პერსონალიზაცია სწავლების მართვის სისტემებში.

დღეს განათლების საჭიროება აქტუალურია ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროში. სწავლის პროცესი გულისხმობს სასწავლო ინფორმაციის მიღებასა და ტრანსფორმაციას [1]. ტრადიციული სასწავლო პროცესის დროს, როგორც წესი, ერთი და იგივე სასწავლო მასალა მიეწოდება სწავლების ყველა სუბიექტს - სტუდენტს. ცოდნის შეძენა, განმტკიცება და სასწავლო უნარ-ჩვევების განვითარება სტუდენტებში არათანაბრად ხდება. არსებობს პირობითი პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს სტუდენტის სწავლის სტილს. საგანმანათლებლო პროცესის ორგანიზების დღევანდელი ტენდენციაა, მოხდეს სწავლების სტილებისა და სტრატეგიების მორგება (ადაპტირება) თითოეულ სტუდენტზე ან სტუდენტთა ჯგუფზე, მათი სასწავლო მიზნებისა და მოთხოვნების (preferences - პრეფერენციები) დასაკმაყოფილებლად. პრეფერენციების განსაზღვრა შეიძლება ხდებოდეს სხვადასხვა ტიპის კვლევის საფუძველზე, რომელიც შეიძლება ჩატარდეს სწავლის დაწყებამდე ან მიმდინარეობისას. სასწავლო პროცესის ასეთი ორგანიზების დროს სწავლა მორგებულია სტუდენტის ინდივიდუალურ, ანუ პერსონალურ, მოთხოვნებზე [2],[3],[4]. დღეისათვის ასეთ ორგანიზებას უწოდებენ პერსონალიზებულ (Personalized) სწავლებას ან სწავლების პერსონალიზაციას. სწავლების პერსონალიზაციის კონცეფციის განვითარებას მძლავრი ბიძგი მისცა სასწავლო პროცესებში ტექნოლოგიების დანერგვამ და ელექტრონული სწავლების პლატფორმების განვითარებამ.

სწავლების პერსონალიზაციის კონცეფცია 60-იანი წლებიდან მომდინარეობს და მისი ადაპტირება ელექტრონულ სწავლებასთან დღეისათვისაც აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. მრავალი წლის განმავლობაში სწავლების პერსონალიზაციის იდეის პროგრესის მიუხედავად, ფართო და საყოველთაო კონსენსუსი მის ერთიან კონკრეტულ განმარტებაზე არ არსებობს. შეერთებული შტატების განათლების ტექნოლოგიების 2017 წლის ეროვნული გეგმაში პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლება ასეა განსაზღვრული: პერსონალიზებული სწავლება გულისხმობს სწავლებას, რომელშიც სწავლის ტემპი და სწავლების მიდგომა ოპტიმიზებულია თითოეული სტუდენტის საჭიროებაზე. სასწავლო მიზნები, სწავლის მიდგომები, სასწავლო კონტენტი და მისი თანამიმდევრობა შეიძლება განსხვავდებოდეს, სტუდენტის საჭიროებიდან გამომდინარე [5].

ელექტრონული სწავლების მართვის სისტემების მძლავრი (LMS - Learning Management Systems) პლატფორმების შექმნამ და განვითარებამ უფრო რეალისტური გახადა სწავლების პერსონალიზაციის მაღალი დონის რეალიზაცია.

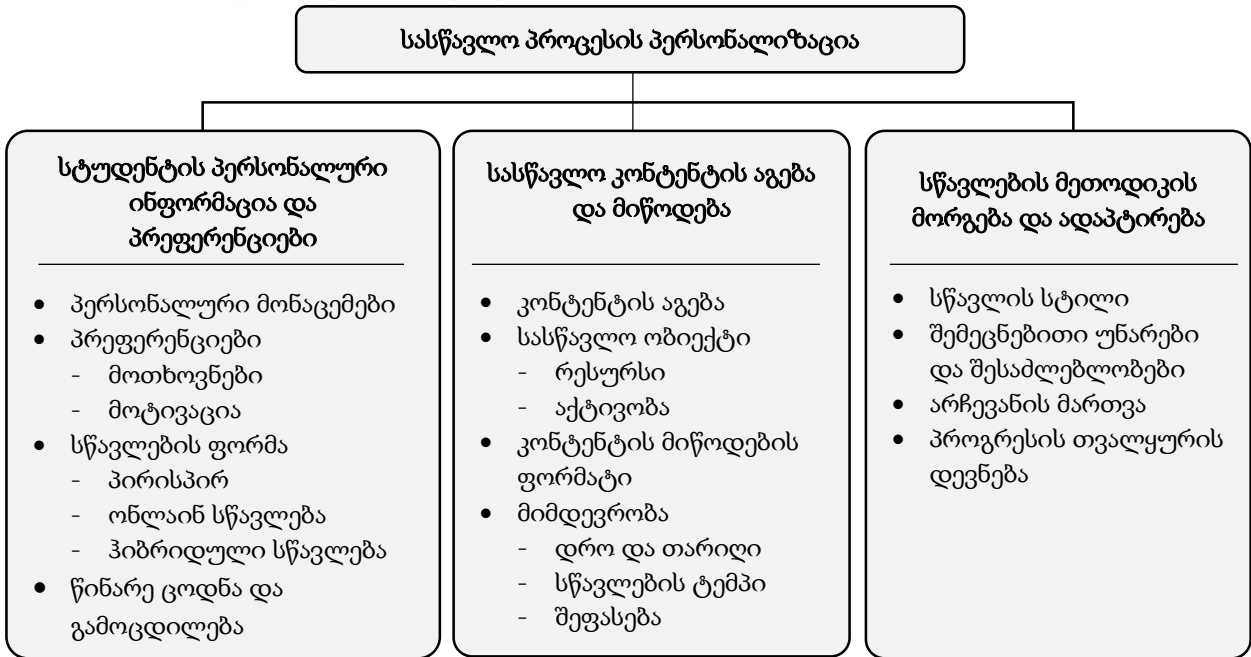
მაგალითად, LMS Moodle-ის პლატფორმას აქვს შესაძლებლობა:

- პრაქტიკულად შეუზღუდავად დაამატოს არსებული მომხმარებლის პროფილის მონაცემების ფართო სპექტრს საჭირო სხვა ინფორმაციული ველები. მაგალითად, სწავლების სასურველი ენა, ცვლა, წინარე გამოცდილების დონე და სხვა;
- დააჯგუფოს მომხმარებლები სასწავლო პროცესის სპეციფიკით გათვალისწინებული სხვადასხვა კრიტერიუმით კლასტერებად. მაგალითად, ჯგუფი, ნაკადი, პროფილის მონაცემით და სხვა;
- შექმნას მრავალფეროვანი სასწავლო რესურსები და აქტივობები;
- აწარმოოს სწავლების პროცესის მიმდინარეობის ადმინისტრირებისა და სხვადასხვა სტატისტიკური მონაცემის მონიტორინგის ავტომატიზაცია.

ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის ერთიანი მიღებული განმარტების არარსებობის მიუხედავად, არსებობს ზოგადი კონსენსუსი ძირითად ცნებებსა და პრინციპებზე. ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის ჩვენეული ხედვა გულისხმობს, რომ სასწავლო პროცესის პერსონალიზაცია - ესაა საგანმანათლებლო პროცესი, სადაც ცალკეული სტუდენტის ან სტუდენტთა ჯგუფის **პერსონალური მონაცემებისა და პრეფერენციების** გათვალისწინებით ხორციელდება **კონტენტის აგება, მიწოდება და სწავლების მეთოდის ადაპტირება** (ნახ.1).

სტუდენტის პერსონალური ინფორმაცია და პრეფერენციები ელექტრონული სწავლების პლატფორმებში შეიძლება აისახოს პროფილის სახით. პროფილი ზოგადად წარმოადგენს ელექტრონული სწავლების პლატფორმაზე დარეგისტრირებული მომხმარებლების შესახებ ინფორმაციული ველების ნაკრებს. ველებში განთავსებული მონაცემები შეიძლება შეიცავდეს ინფორმაციას:

- მომხმარებლის პერსონალური მონაცემების შესახებ;
- ინტერესებისა და მიზნების (პრეფერენციების) შესახებ;
- სწავლების ფორმისა და ადგილმდებარეობის შესახებ;
- წინარე ცოდნისა და გამოცდილების შესახებ.



ნახ. 1. სასწავლო პროცესის პერსონალიზაციის კომპონენტები

სტუდენტის **პერსონალური მონაცემები** არის კონკრეტული ინფორმაცია, რომელიც ცალსახა იდენტიფიცირებას უკეთებს ცალკეულ სტუდენტს. იგი შეიძლება შეიცავდეს პირად იდენტიფიკატორს (ID), სრულ სახელს, დაბადების თარიღს, საკონტაქტო დეტალებს, დემოგრაფიულ ინფორმაციას და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთი მონაცემი შეიძლება წარმოადგენდეს პოტენციურად სენსიტიურ ინფორმაციას, როგორცაა: სქესის, ეთნიკური წარმომავლობის, ჭარბი ან შეზღუდული უნარების შესახებ და ა.შ.

პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებისას სტუდენტის **პრეფერენციები**, ანუ ინტერესები და მიზნები, უაღრესად მნიშვნელოვანია მისი სასწავლო პროცესის ფორმირებისას. საგანმანათლებლო კონტენტის მათს პირად ფაქტორებზე მორგებამ შეიძლება მნიშვნელოვნად გაზარდოს სტუდენტთა ჩართულობა, მოტივაცია და სწავლის საერთო შედეგები. სტუდენტთა ინტერესებისა და მიზნების გააზრებით, თანამედროვე ელექტრონული

სწავლების პლატფორმების საშუალებით შესაძლებელია მათზე მორგებული სასწავლო ობიექტების (Learning Objects) მიწოდება, რაც სასწავლო პროცესს უფრო შინაარსიანსა და ეფექტურს გახდის.

პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებიდან სტუდენტებს ხშირად აქვთ კონკრეტული მოლოდინები. მათი *მოთხოვნები* უმეტესწილად დაკავშირებულია მოქნილობასთან, ჩართულობასთან, ინდივიდუალიზაციასთან და სხვა.

მნიშვნელოვანია, რომ პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების ეფექტურობა დამოკიდებულია ამ მოთხოვნების შესრულებასა და სტუდენტთა ინდივიდუალური საჭიროებების დაკმაყოფილებაზე. სხვადასხვა მოსწავლეს შეუძლია, განსხვავებულ ასპექტს მიანიჭოს უპირატესობა, ამიტომ საჭიროა ყოვლისმომცველი მიდგომა.

მორგებული სტრატეგიებითა და თანამედროვე LMS-ების მძლავრი ინსტრუმენტებით შესაძლებელია შეიქმნას მოტივაციაზე ორიენტირებული სასწავლო გარემო.

სწავლების ფორმა - სწავლების ფორმის არჩევანი დამოკიდებულია კონკრეტულ საგანმანათლებლო მიზნებზე, საგნის არსზე, ლექტორის პრეფერენციებსა და სტუდენტთა საჭიროებებზე.

სწავლება ფორმების მიხედვით პირობითად იყოფა შემდეგ სახეებად: ტრადიციული - პირისპირ სწავლება, ონლაინ სწავლება და ჰიბრიდული სწავლება.

პირისპირ სწავლება, ცნობილი, როგორც ტრადიციული სააუდიტორიო სწავლება, გულისხმობს სწავლების ფორმას, რომელშიც ლექტორი და სტუდენტები ფიზიკურად იკრიბებიან ერთსა და იმავე სივრცეში. სწავლების ამ ფორმით ხორციელდება პირდაპირი ინტერაქცია და კომუნიკაცია რეალურ დროში. ამ ფორმით უზრუნველყოფილია ცოცხალი უკუკავშირი, დისკუსია და ინტერაქცია ლექტორსა და სტუდენტს შორის.

მიუხედავად იმისა, რომ პირისპირ სწავლება დიდი ხანია, განათლების ტრადიციული მიდგომაა, ტექნოლოგიების წინსვლამ გააფართოვა სწავლების ხელმისაწვდომი მეთოდების სპექტრი. შედეგად - პირისპირ სწავლება ახლა არსებობს შერეული, ონლაინ და ჰიბრიდული სწავლების მიდგომებთან.

ონლაინ სწავლება - იგი აღნიშნავს სწავლების რეჟიმს, სადაც საგანმანათლებლო შინაარსი ძირითადად ან მთლიანად ციფრული ტექნოლოგიებისა და ინტერნეტის საშუალებით ხორციელდება. ონლაინ სწავლებისას სტუდენტებსა და ინსტრუქტორებს არ სჭირდებათ ფიზიკურად ერთსა და იმავე ადგილას ყოფნა. ეს მიდგომა უზრუნველყოფს მოქნილობას, თუ როდის და სად ჩატარდება ლექცია.

ონლაინ სწავლება სხვადასხვა ფორმით მიმდინარეობს: სრულად ონლაინ პროგრამებით, მოკლე კურსებით, ვებინარებითა და მასიური ღია ონლაინ კურსებით (MOOC).

ჰიბრიდული სწავლება, რომელსაც ხშირად უწოდებენ შერეულ სწავლებას, არის საგანმანათლებლო მიდგომა, რომელიც აერთიანებს ტრადიციულ პირისპირ სწავლებას ონლაინ ან ციფრული სწავლების მეთოდებთან. ჰიბრიდულ სასწავლო გარემოში სტუდენტები ერთდროულად მონაწილეობენ პირისპირ გაკვეთილებსა და ონლაინ აქტივობებში. ეს მიდგომა მიზნად ისახავს, გამოიყენოს, როგორც ტრადიციული სწავლების, ასევე თანამედროვე ტექნოლოგიების უპირატესობები უფრო მოქნილი და დინამიკური სასწავლო პროცესის შესაქმნელად.

წინარე ცოდნა და გამოცდილება - სტუდენტთა გამოცდილება შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს გარკვეული ფაქტორების მიხედვით, მაგალითად: განათლების დონე, ტექნოლოგიებთან წინარე გამოცდილება და სხვა. მთლიანობაში თითოეული სტუდენტის

განსხვავებულ გამოცდილებაზე გავლენას ახდენს პიროვნული, ტექნოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური კომპლექსური ფაქტორების ერთობლიობა.

წინარე ცოდნის დონე განსაზღვრავს არსებულ ცოდნასა და უნარებს, რომლებსაც სტუდენტი ფლობს კონკრეტული კურსის ან სასწავლო პროცესის დაწყებამდე. წინარე ცოდნამ შეიძლება გავლენა იქონიოს იმაზე, თუ რამდენად ადვილად აითვისებს სტუდენტი ახალ ცნებებს და დაუკავშირებს მათ, რაც უკვე იცის. წინარე ცოდნის მაღალი დონის მქონე სტუდენტს შესაძლოა გაუადვილდეს რთული თემების გაგება, ხოლო საბაზისო ცოდნის მქონეს დასჭირდეს უფრო ფუნდამენტური დასწავლა. ელექტრონული სწავლების ეფექტური სტრატეგიები უნდა ითვალისწინებდეს ამ ფაქტორს, რათა უზრუნველყოს ინკლუზიური და მორგებული სასწავლო პროცესი ყველი მათგანისთვის.

განსხვავებული სასწავლო გამოცდილება - სტუდენტებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა სახის სასწავლო გამოცდილება, რომელიც აყალიბებს მათს საგანმანათლებლო დონესა და პრეფერენციებს. ეს გამოცდილება შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა: ასაკი, წინარე განათლება და პირადი გარემოებები.

სწავლის ამ მრავალფეროვანმა გამოცდილებამ შეიძლება გავლენა იქონიოს სტუდენტის მზადყოფნასა და ადაპტირებაზე პერსონალიზებულ ელექტრონულ სასწავლო გარემოზე გადასვლისას. ეფექტური პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების პლატფორმები უნდა ითვალისწინებდეს ამ განსხვავებებს, რათა უზრუნველყოს პერსონალიზებული და მიმზიდველი სასწავლო პროცესი.

სასწავლო კონტენტის აგება და მიწოდება - პერსონალიზებული სწავლებისას უაღრესად მნიშვნელოვანია სასწავლო კონტენტის აგება და მიწოდება მოხდეს სტუდენტების პრეფერენციებისა და პერსონალიზაციის მახასიათებლების გათვალისწინებით. მაგალითად კონტენტის მიწოდების ფორმატი, დრო და თარიღი, სტუდენტის სწავლების ტემპი, შეფასების სისტემა და სხვა. ტრადიციული სასწავლო კურსის შემთხვევაში, პერსონალიზაციის მახასიათებლების მრავალფეროვნების გამო, საჭიროა ერთი და იმავე კურსის რამდენიმე ვერსიის არსებობა. ხშირ შემთხვევაში ასეთი ვერსიების რაოდენობა, პერსონალიზაციის მაღალი დონის შემთხვევაში, ძალიან დიდია. მით უმეტეს, სტუდენტის პრეფერენციები სწავლების პროცესში თუ იცვლება, პრაქტიკულად შეუძლებელია, პედაგოგმა რეალურ დროში შეძლოს საჭირო სასწავლო კურსის ვერსიების აგება და შესაბამის ადრესატამდე მიწოდება. ამიტომაც, რომ ტრადიციული სასწავლო პროცესის შემთხვევაში შეუძლებელია მაღალი დონის პერსონალიზაციის რეალიზაცია. სწორედ ტექნოლოგიურმა სწავლებამ გააჩინა პერსონალიზაციის დონის ამაღლების შესაძლებლობა. თანამედროვე LMS-ებისა და ინტელექტუალური სისტემების ინსტრუმენტების/მექანიზმების საშუალებით მიმდინარეობს კვლევები მაღალი დონის პერსონალიზებული სასწავლო კურსების ასაგებად. ძირითად ასპექტებად შეიძლება გამოიყოს სტუდენტის პრეფერენციებზე ორიენტირებული სასწავლო კონტენტის აგება, სასწავლო ობიექტების განვითარება, სასწავლო კონტენტის მიწოდების ფორმატები და მიმდევრობა.

კონტენტის აგება - საგანმანათლებლო კონტენტის ასაგებად მრავალი ეტაპის გათვალისწინებაა საჭირო. პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებისთვის კონტენტის შექმნის რთულ პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ხელოვნური ინტელექტის (AI) მეთოდები.

ხელოვნური ინტელექტის მანქანური სწავლებისა და მონაცემთა ანალიზის მეთოდები გამოიყენება სარეკომენდაციო სისტემების შემუშავებისა და ოპტიმიზაციისთვის. თავის მხრივ,

სარეკომენდაციო სისტემები ეხმარება კურსის დიზაინერებსა და საგანმანათლებლო დაწესებულებებს კონტენტის ფორმირებაში. არსებობს პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების რეალური ინოვაციური სისტემები, რომლებიც ეყრდნობა სხვადასხვა ტექნოლოგიასა და მეთოდს, როგორცაა: Recommender systems, Case-based planning, Cross-ontology და სხვა.

სასწავლო ობიექტი - ესაა საგანმანათლებლო კონტენტის დამოუკიდებელი ერთეული, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სწავლისა და სწავლების წარმართვისათვის. იგი შექმნილი უნდა იყოს მოდულური და მრავალჯერადი გამოყენებისთვის, მორგებული კონკრეტულ სასწავლო მიზანზე ან ამოცანაზე.

ელექტრონული სასწავლო ობიექტების კონცეფცია გაჩნდა, როგორც პასუხი განათლებისა, სწავლების უფრო ეფექტური და მოქნილი გზების საჭიროებაზე. ელექტრონული სასწავლო ობიექტები ისეა სტრუქტურირებული, რომ ადვილად გადანაწილდეს და ინტეგრირდეს სხვადასხვა საგანმანათლებლო კონტექსტში.

თანამედროვე სწავლების მართვის სისტემებს გააჩნია მრავალფეროვანი სასწავლო ობიექტების აგების შესაძლებლობები. ეს ობიექტები პირობითად შეიძლება დაიყოს სასწავლო რესურსებად და სასწავლო აქტივობებად. მაგალითად, LMS Moodle-ში სასწავლო რესურსებია: წიგნი, ფაილი, ბმულები და სხვა, ხოლო აქტივობებია: დავალებები, ჩატი, ფორუმი, ლექსიკონი, გაკვეთილი, ტესტი, SCORM, გამოკითხვა, ვიკი და სხვა.

კონტენტის მიწოდების ფორმატი - ელექტრონული სწავლების ობიექტი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სხვადასხვა ფორმატში, რათა მოერგოს სხვადასხვა სასწავლო სტილსა და მიზანს. მიწოდების ფორმატის არჩევანი დამოკიდებულია თავად შინაარსზე, სამიზნე აუდიტორიასა და სწავლის სასურველ შედეგებზე. მაგალითად, ზოგიერთი სტუდენტი უფრო ადვილად სწავლობს ვიდეოს ყურებით, სხვები უპირატესობას ანიჭებენ pdf ფაილს ან ppt-ს.

მრავალფეროვანი სასწავლო ობიექტების მიწოდება, როგორცაა: ტექსტური, ვიდეო/აუდიო, სურათი, ინფოგრაფიკა და სხვა ფორმატები, იწვევს ინტერაქციის ხარისხის ცვლილებას.

მიმდევრობა - პერსონალიზებულ ელექტრონულ სწავლებაში სასწავლო ობიექტების მიწოდების თანმიმდევრობა შეიძლება განსხვავდებოდეს რამდენიმე ფაქტორით: სტუდენტის პრეფერენციებით, წინასწარი ცოდნით, სასწავლო კურსის, საგნის სპეციფიკით, სასწავლო მიზნებით და სხვა.

თანამედროვე LMS-ებში არსებობს სასწავლო ობიექტებზე წვდომის მართვის ინსტრუმენტები, რომლებსაც სხვადასხვა კრიტერიუმით შეუძლიათ, თითოეულ ობიექტზე ან ობიექტთა ჯგუფზე განახორციელონ წვდომის კონტროლი. მაგალითად, Moodle-ში ასეთი კრიტერიუმები შეიძლება იყოს აქტივობების დასრულების, თარიღისა და დროის, შეფასების, ჯგუფებისა და კლასტერების, მომხმარებლის (სტუდენტის) პროფილის ან/და მათი ლოგიკური ფუნქციებით გადამბული კომბინაციები (Activity, Date, Grade, Group, User profile, Restriction set).

აღნიშნულ სასწავლო ობიექტებზე წვდომის მართვის ინსტრუმენტები მნიშვნელოვნად ავართოებს პერსონალიზებული სასწავლო კურსების შექმნის შესაძლებლობებს.

დრო და თარიღი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების კონტექსტში, რაც გავლენას ახდენს სასწავლო პროცესის სხვადასხვა ასპექტზე. სასწავლო ობიექტების თანმიმდევრობა და დრო შეიძლება დინამიკურად შეიცვალოს სტუდენტის საჭიროებებსა და უნარებზე დაყრდნობით, რაც სასწავლო გამოცდილებას მეტად მორგებულსა და ეფექტურს გახდის. ის აისახება სწავლების ხელმისაწვდომობაზე, ტემპსა და

დროსთან დაკავშირებულ სხვა საჭიროებებზე. დროისა და თარიღის ეფექტურ მართვას შეუძლია, გააუმჯობესოს სწავლის საერთო გამოცდილება.

პერსონალიზებული ელექტრონული *სწავლების ტემპი* მნიშვნელოვანი ასპექტია, რადგან ის საშუალებას აძლევს სტუდენტებს, ისწავლონ ისეთი ტემპით, რომელიც შეესაბამება მათს ინდივიდუალურ საჭიროებებსა და შესაძლებლობებს. სწავლების ამგვარი მიდგომით შესაძლოა, სტუდენტმა გარკვეულწილად მართოს თავისი სასწავლო პროცესი. მათი ინდივიდუალური სწავლის ტემპის გათვალისწინებით, სტუდენტებს შეუძლიათ, ისწავლონ ისეთი სიჩქარით, რომელიც მაქსიმალურად გაზრდის მათ მიერ საკითხის გააზრებასა და დამახსოვრებას, რაც ეფექტური სწავლის საწინდარია.

პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების გარემოში *შეფასება* (Grade - ქულა) გულისხმობს სტუდენტის პროგრესის განსაზღვრასა და კურსის მასალის გააზრებას. კონკრეტული შეფასების სისტემა და კრიტერიუმები შეიძლება განსხვავდებოდეს სასწავლო ორგანიზაციის პროგრამის ან პლატფორმის მიხედვით. პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებისას შეფასება უნდა შეესაბამებოდეს ზოგად საგანმანათლებლო მიზნებსა და სტუდენტთა ინდივიდუალურ სასწავლო გზებს. მან უნდა უზრუნველყოს თითოეული სტუდენტის პროგრესის არსებითი ასახვა.

სწავლების მეთოდის მორგება და ადაპტირება - პერსონალიზებულ ელექტრონულ სწავლებაში *სწავლის სტილი* განისაზღვრება, როგორც სასურველი გზები, რომლითაც ცალკეული სტუდენტი ამუშავებს მიწოდებულ ინფორმაციას და სწავლობს მას. ეს სტილები მოიცავს მრავალფეროვან კოგნიტურ, სენსორულ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებს. ისინი გავლენას ახდენენ სტუდენტთა მხრიდან ახალი ცოდნის გააზრებასა და დამახსოვრებაზე. სტუდენტის სასურველი სწავლის სტილის გაგება კურსის დიზაინერებსა და ელექტრონული სწავლების პლატფორმებს ეხმარება, მოარგონ სასწავლო პროცესი მათ უნიკალურ საჭიროებებსა და პრეფერენციებს. ამგვარი მიდგომის მიზანია, გამოავლინოს თითოეული სტუდენტის დომინანტური სწავლის სტილი ან სტილები, ასევე - კომბინირებული სწავლის ნებისმიერი უპირატესობა.

აღსანიშნავია, რომ სწავლის სტილი შეიძლება იყოს ცვალებადი და ინდივიდებს განსხვავებული პრეფერენციები ჰქონდეთ. ამრიგად, პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლება მიზნად უნდა ისახავდეს კონტენტის მიწოდების მოქნილობასა და მორგებას. ამგვარი მიდგომა ეხმარება სხვადასხვა სწავლის სტილის მქონე სტუდენტს ზრდასა და განვითარებაში.

შემეცნებითი უნარები და შესაძლებლობები - პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლება უნდა ითვალისწინებდეს, როგორც კოგნიტურ უნარებს, ასევე შემეცნებით შესაძლებლობებს. მათი როლი მნიშვნელოვანია ეფექტური და მორგებული სასწავლო პროცესის შემუშავებაში.

არჩევანის მართვა - პერსონალიზებულ ელექტრონულ სწავლებაში არჩევანის მართვა მნიშვნელოვანი ასპექტია ეფექტური ონლაინ საგანმანათლებლო პროგრამების შემუშავებაში. მიუხედავად იმისა, რომ არჩევანს შეუძლია გაზარდოს ჩართულობა და მოტივაცია, ასევე საჭიროა მათი ეფექტური მართვა. აღსანიშნავია, რომ ეს ბერკეტი უნდა შეესაბამებოდეს სასწავლო მიზნებს და არ უნდა გადატვირთოს სტუდენტი. ნაცვლად იმისა, რომ წინასწარი შეფასების მიხედვით გაკონტროლდეს სტუდენტი, მას შეუძლია შექმნას საკუთარი პერსონალური სასწავლო გზა, თავისი ინტერესებისა და თვითშეფასებიდან გამომდინარე. თავისუფლების ბალანსი სტრუქტურაში წარმატებული პერსონალიზებული სწავლის შექმნის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

პროგრესის თვალყურის დევნება - პერსონალიზებულ ელექტრონულ სწავლებაში სწავლის პროცესის თვალყურის დევნება უაღრესად მნიშვნელოვანია სტუდენტთა პროგრესის მონიტორინგისთვის. სასწავლო პროცესში ამ ბერკეტის გამოყენება გულისხმობს სტუდენტის სხვადასხვა ასპექტის მონიტორინგს, რათა შეფასდეს პროგრესი და განხორციელდეს ნებისმიერი საჭირო ცვლილება. ის ეხმარება სტუდენტს, გააცნობიეროს თავისი ძლიერი და სუსტი მხარეები. კურსის დიზაინერს საშუალებას აძლევს, სტუდენტს ეფექტურად მოარგოს სწავლება და ასევე შეაფასოს პროგრამის განხორციელება.

დასკვნა

ამრიგად, ნაშრომში ელექტრონული სწავლების პროცესისათვის აღწერილია და კლასიფიცირებულია პერსონალიზაციის მრავალმხრივი შესაძლებლობები. განხილულია სასწავლო კონტენტის აგებისა და ობიექტების მიწოდების, სტუდენტზე ორიენტირებული სწავლების მეთოდებისა და სტუდენტის ინდივიდუალურ მონაცემებზე ორიენტირებული პერსონალიზაციის ასპექტები. ამგვარი კლასიფიკაციის საფუძველზე თანამედროვე სწავლების მართვის სისტემების (LMS) ინსტრუმენტების საშუალებით შესაძლებელია პერსონალიზებული სწავლის რეალური მოდელების აგება. ეს კვლევა ასევე ხელს უწყობს მეცნიერულ დისკურსს ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის მრავალმხრივი ბუნების გასაგებად სტრუქტურირებული ჩარჩოს შეთავაზების გზით. სხვადასხვა ასპექტის კლასიფიკაციითა და განხილვით კვლევაში ნაჩვენებია, თუ რამდენად პერსპექტიული და რეალურია თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება პერსონალიზებული სწავლის პროცესის გასაღრმავებლად.

ლიტერატურა:

1. A. John Martin, M. Maria Dominic and F. Sagayaraj Francis, "Learners Classification for Personalized Learning Experience in e-Learning Systems" International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 12(4), 2021. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120485>
2. Akhras, N, F, and Self, A, J, "Modeling the Process, not the Product of Learning" 2020, Computer as Cognitive Tools – No More Walls, pp 3- 28, 2000.
3. Beesuda Daoruang, Charun Sanrach, The Learning Material Classified Model Using VARK Learning Style, The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education (pp.505-513), March 2020.
4. Bruner JS. (1967). Towards a Theory of Instruction, Cambridge: Harvard University Press. Retrieved from <http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674897014>.
5. <https://tech.ed.gov/files/2017/01/NETP17.pdf> (ბოლო შემოწმება 01.09.2023)

Classification Aspects of E-Learning Personalization

George Tandilashvili, David Kapanadze, Taliko Zhvania

Georgian Technical University

tandilashviligiorgi08@gtu.ge, david@gtu.ge, talizhvania@gtu.ge

Abstract

The evolution of digital technologies has revolutionized the field of education, leading to the emergence of innovative approaches such as E-learning which goes beyond the traditional boundaries of education. One of E-learning's defining features is the concept of personalization, where learning strategies and content are adapted to students' individual needs/preferences.

The research classifies the versatile possibilities of personalization in the E-learning process. The developed classification includes aspects of building/delivering adapted learning objects, student-centered teaching methods, and personalization based on individual student data. Based on such a classification structure, it is possible to build realistic models of personalized

learning through modern Learning Management Systems (LMS) tools, which bring practical benefits to students and Tutors. This study contributes to the scholarly discourse by offering a structured framework for understanding the multifaceted nature of personalization in e-learning. By classifying and discussing various aspects, the study shows how technology can be used to create a personalized educational experience.

Keywords: Classification of personalized learning, Personalization in Learning Management Systems.

Multiagent Decision Processes in Supply Chain Risk Management

Tengiz Bakhtadze, Georgian Technical University, t.bakhtadze@gtu.ge

Irakli Rodonaia, International Black Sea University, irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge

Vakhtang Rodonaia, International Black Sea University, vrodonaia@ibsu.edu.ge

Resume

Due to the complex nature and numerous interacting factors that contributes to the increased vulnerability of supply chains, traditional methods have been found to be inadequate for Supply Chain Risk Management (SCRM). Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS), an agent-oriented approach to model and simulate complex adaptive systems, represents a recent development in supply chain planning that has been regarded highly appropriate for studying risk. Multi-Agent System paradigm views the supply chain as composed of a set of intelligent agents, each responsible for one or more activities in the supply chain and each interacting with other agents in planning and executing their responsibilities management. The risks in SCRM usually originate from uncertainty and volatility of the business environment, as well as disruptive events such as a supply, demand, exchange, and disruption. Demand is the main source of uncertainty in supply chains, but it is not the only one: shipments can be late; suppliers may not be able to deliver in full, etc.

Decision making is a core topic of research in the fields of supply change management. Especially research on planning and learning in stochastic, partially observable and/or multiagent systems (MASs) has received much attention in the last decade, since these settings hold great promise to deal with challenging decision-making problems encountered in the real world. For instance, Markov decision processes (MDPs), partially observable MDPs (POMDPs), decentralized POMDPs (Dec-POMDPs), etc. All these models are closely related and instances of what we refer to as multiagent decision processes (MADPs). While many software libraries are available for planning or learning in specific sub-classes of MADPs - e.g., there are many toolboxes focusing on single-agent, fully observable reinforcement learning - no comprehensive libraries are available that support the more complex *partially observable multiagent* settings. The MADP Toolbox aims to fill this void by providing the building blocks for developing planning and learning algorithms for existing and novel instances of MADPs. The MADP Toolbox is designed to support both planning, i.e., settings where the model is given in advance, and reinforcement learning, i.e., settings where no such model is available, but the agents learn to interact during simulations

The paper describes the application of the multi-agent simulation and the MADP Toolbox to the risk management in the supply chain environment. The MADP toolbox is used to describe and solve this problem, providing building blocks for developing scheduling and learning algorithms for

existing and new MADP instances. Many simulation experiments (using simulation platforms Anylogic and AnyLogistics) have been carried out to determine important input parameters (for example, probability density parameters on the set of states S for determining parameters of the important variable 'believe'). As a result of the experiments, the most probabilistically optimal configurations and operating modes of various systems of supply chains were determined.

Key words: agents, agent-based modeling and simulation, supply chain, partially observable Markov decision process, joint policy.

1. Introduction

Decision making is a core topic of research in the fields of supply change management. Especially research on planning and learning in stochastic, partially observable and/or multiagent systems (MASs) has received much attention in the last decade, since these settings hold great promise to deal with challenging decision-making problems encountered in the real world. For instance, Markov decision processes (MDPs), partially observable MDPs (POMDPs), decentralized POMDPs (Dec-POMDPs), and partially observable stochastic games (POSGs).

All these models are closely related and instances of what we refer to as multiagent decision processes (MADPs) [1]. While many software libraries are available for planning or learning in specific sub-classes of MADPs - e.g., there are many toolboxes focusing on single-agent, fully observable reinforcement learning - no comprehensive libraries are available that support the more complex *partially observable multiagent* settings. The MADP Toolbox aims to fill this void by providing the building blocks for developing planning and learning algorithms for existing and novel instances of MADPs. The MADP Toolbox is designed to support both planning, i.e., settings where the model is given in advance, and reinforcement learning, i.e., settings where no such model is available, but the agents learn to interact during simulations.

2. Main part

Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS), an agent-oriented approach to model and simulate complex adaptive systems, represents a recent development in supply chain planning that has been regarded highly appropriate for studying risk. Multi-Agent System paradigm views the supply chain as composed of a set of intelligent agents, each responsible for one or more activities in the supply chain and each interacting with other agents in planning and executing their responsibilities management. The risks in SCRM usually originate from uncertainty and volatility of the business environment, as well as disruptive events such as a supply, demand, exchange, and disruption. Demand is the main source of uncertainty in supply chains, but it is not the only one: shipments can be late; suppliers may not be able to deliver in full, etc.

In practice, many issues cause the supply chain systems to only be partially observed [1]. A natural framework for such problems is the Partially Observable Markov Decision Process (POMDP). Although POMDPs provide principled treatment of state uncertainty, they only consider a single agent. In order to deal with the effects of uncertainty with respect to other agents, this paper considers an extension of the POMDP framework, called decentralized POMDP (Dec-POMDP).

The Dec-POMDP framework is illustrated in Figure 1. As the figure shows, it generalizes the POMDP to multiple agents and thus can be used to model a team of cooperative agents that are situated in a stochastic, partially observable environment.

Formally, a Dec-POMDP can be defined as follows [1]: A decentralized partially observable Markov decision process is defined as a tuple

$$\mathcal{M} = \langle \mathcal{D}, \mathcal{S}, \mathcal{A}, T, \hat{\mathcal{O}}, O, R, h, b_0 \rangle,$$

where:

- $\mathbb{D} = \{1, \dots, n\}$ is the set of n agents.
- \mathbb{S} is a (finite) set of states.
- \mathbb{A} is the set of joint actions.
- T is the transition probability function.
- \mathbb{O} is the set of joint observations.
- O is the observation probability function.
- R is the immediate reward function.
- h is the horizon of the problem as mentioned above.
- $b_0 \in \Delta(\mathbb{S})$, is the initial state distribution at time $t = 0$.

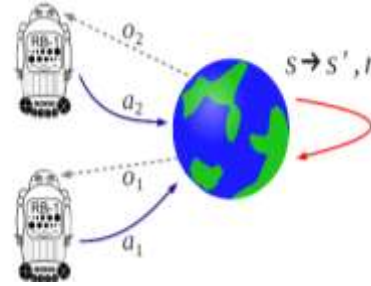


Figure 1. Schematic representation of an Dec-POMDP. At every stage, each agent takes an action based on only its own observations

The Dec-POMDP model extends single-agent POMDP models by considering joint actions and observations. In particular, $\mathbb{A} = \times_{i \in \mathbb{D}} \mathbb{A}_i$ is the set of *joint actions*. Here, \mathbb{A}_i is the set of actions available to agent i , which can be different for each agent. Every stage t , each agent i takes an action $a_{i,t}$; leading to one joint action $a = \langle a_1, \dots, a_n \rangle$ at every stage. How this joint action influences the environment is described by the transition function T , which specifies $\Pr(o|a,s')$. In a Dec-POMDP, agents only know their own individual action; they do not observe each other's actions. We will assume that \mathbb{A}_i does not depend on the state s or state of the environment. Similar to the set of joint actions $\mathbb{O} = \times_{i \in \mathbb{D}} \mathbb{O}_i$ is the set of joint observations $o = \langle o_1, \dots, o_n \rangle$ as a set of observations available to agent i . Every time step the environment emits one joint observation from which each agent i only observes its own component o_i . The observation function O specifies the probabilities $\Pr(s'|s,a)$ of joint observations. Figure 2 illustrates the dynamics of the Dec-POMDP model. The immediate reward function $R: \mathbb{S} \times \mathbb{A} \rightarrow \mathbb{R}$ maps states and joint actions to real numbers and is used to specify the goal of the agents. In particular, R only specifies the immediate reward that is awarded for each joint action. The goal, however, should be to optimize the behavior of the team of agents over a longer term, i.e., it should optimize over all h stages. Therefore, in order to fully specify the problem, one needs to select an *optimality criterion* that indicates how the immediate rewards are combined into a single number. The planning problem amounts to finding a tuple of policies, called a *joint policy* that maximizes the optimality criterion. During execution, the agents are assumed to act based on their individual observations only and no additional communication is assumed. This does not mean that Dec-POMDPs cannot model settings which concern communication. However, rather than making this communication explicit, we say that the Dec-POMDP can model communication implicitly through the actions, states and observations.

In the article we consider planning over a finite horizon, for which the expected cumulative reward is the commonly used optimality criterion. The planning problem thus amounts to finding a tuple of policies $[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n]$, called a *joint policy* that maximizes the expected cumulative reward [2].

A policy is a mapping from states to actions. The value function for a finite-horizon MDP:

$$V^\pi(s_0) = E \left[\sum_{t=0}^{h-1} R(\pi(s_t), s_{t+1}) \right].$$

Note. $R(a, s')$ denotes the reward obtained when action a is taken and a state transition to s' occurs. Optimal policy is defined by:

$$\pi^*(s) = \arg \max_a \sum_{s'} p(s'|s, a) V(s')$$

$$V(s) = R(s) + \gamma \max_a \sum_{s'} p(s'|s, a) V(s')$$

Note. $p(s' | s, a)$ denotes the probability that taking action a in state s will result in a transition to state s' .

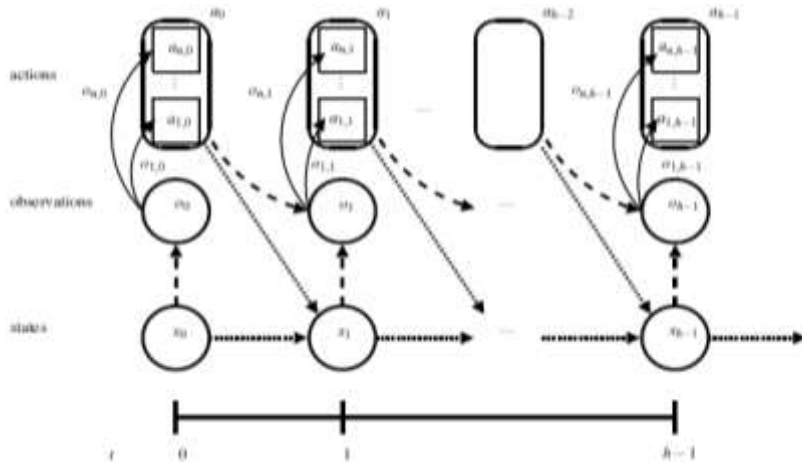


Fig. 2. A more detailed illustration of the dynamics of a Dec-POMDP. At every stage the environment is in a particular state. This state emits a joint observation according to the observation model (dashed arrows) from which each agent observes its individual component (indicated by solid arrows). Then each agent selects an action, together forming the joint action, which leads to a state transition according to the transition model (dotted arrows)

For Dec-POMDP a *local policy* for agent i , π_i , is a mapping from local histories of observations $(o_{i1} \dots o_{it})$ to actions in A_i . A joint policy, $\pi = [\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n]$, is a tuple of local policies, one for each agent.

The value of a joint policy π for a finite-horizon Dec-POMDP with initial state s_0 is:

$$V^\pi(s_0) = E \left[\sum_{t=0}^{h-1} R(\vec{a}_t, s_t) | s_0, \pi \right].$$

where \vec{a}_t - the vector of actions of all agents at the time t , π - tuple of local policies

In MDP, the agent uses a policy that maps states to actions. In selecting its action, it can ignore the history because of the Markov property. In a POMDP, the agent can no longer observe the state, but it can compute a belief b that summarizes the history. A belief b is a probability density on the set of states S that can summarize the knowledge of the agent at a given point:

$$b(s_t) = Pr(s_t = s | s_0, a_1, o_1, a_2, o_2, \dots, a_{t-1}, o_{t-1})$$

The initial belief of the agent is denoted as b_0 . The agent updates its belief at the end of each step, in a Bayesian manner ($p(s_t | s_{t-1}, s_{t-2}, \dots, s_0, a) = p(s_t | s_{t-1}, a)$), based on the belief at the beginning of the step along with the action and observation that have just been performed and perceived in this step

We can now define a new "belief-state MDP" with the following transition model:

$$\begin{aligned}
Pr(b'|b, a) &= \sum_o Pr(b'|o, a, b)Pr(o|a, b) \\
&= \sum_o Pr(b'|o, a, b) \sum_{s'} O(o|a, s') \sum_s b(s)P(s'|s, a)
\end{aligned}$$

and the following reward function:

$$\rho(b) = \sum_s b(s)R(s)$$

The reward is now based on belief + action, not state + action. As it was stated above, the objective of a Dec-POMDP agent is to maximize its expected total reward (the value function), by following at each time step the best policy — a mapping from beliefs to actions.

In general, for Dec-POMDP two algorithms are being executed:

Algorithm 1: Value (reward function) iteration

```

input : MDP problem, convergence parameter  $\varepsilon$ 
output: A policy that is  $\varepsilon$ -optimal for all states
begin
  Initialize  $V'$ 
  repeat
     $V \leftarrow V'$ 
    for each state  $s$  do
       $V'(s) \leftarrow R(s) + \gamma \max_a \sum_{s'} p(s'|s, a)V(s')$ 
    until CloseEnough( $V, V'$ )
  return Greedy policy with respect to  $V'$ 
end

```

Algorithm 2: Policy iteration

```

input : MDP problem
output: An optimal policy
begin
  Initialize  $\pi'$ 
  repeat
     $\pi \leftarrow \pi'$ 
     $V \leftarrow \text{ValueDetermination}(\pi)$ 
    for each state  $s$  do
       $\pi'(s) \leftarrow \arg \max_a \sum_{s'} p(s'|s, a)V(s')$ 
    until  $\pi = \pi'$ 
  return  $\pi'$ 
end

```

The two major outcomes of the literature survey is that information sharing is most important requirement of efficient supply chain and multi agent modelling is most suitable for designing of supply chains. Further it is found that majority of the reported works deals with uncertainty related to communication between operational components (agents) and it is necessary to concentrate on those units of supply chain organization.

We consider two basic types of uncertainty related risk management: operational and informational. Supply chains are exposed to operational risks of different kinds. Demand-side, supply-side and catastrophic risks are distinguished in [3]. Demand-side risks originate in disruptions emerging from downstream supply chain operations. They can manifest in the physical distribution of products to the end customer (e.g. transportation problems, or improper functioning of the warehouses), or they can come from the mismatch between the forecasted and the actual demands or from the inappropriate supply chain coordination. The well-known bullwhip effect, i.e. the amplification of the demand volatility in the upstream direction of the supply chain is such a

characteristic phenomenon. The possible negative consequences of demand-side risks are costly shortages, obsolescence and inefficient capacity utilization.

Supply-side risks include suppliers' business risks, capacity problems, technological changes, product design changes, inappropriate quality of the supply, and poor logistics performance (late delivery).

There is no standard road to mitigate supply chains' operational risks. In supply chain risk management (SCRM) different approaches are used. Eight mitigation strategies are treated, namely add capacity, add inventory, have redundant suppliers, increase responsiveness, increase flexibility, aggregate or pool demand, increase capability, and have more customer accounts. We consider the supply chain studied as a complex system, in which members are not isolated and they interact with each other. Members are represented by agents, the computerized representation of the entities in a supply chain who perform specific tasks. A set of agents have been identified each performing specific function with a set of inputs and outputs. In the Figure 3 below the *systems thinking* approach is implemented: it considers the supply chain as a complete open system. Based on this approach, each part (the supplier, retailers, external demand, etc.) are all considered as the components of the supply chain system and they interact with each other.

As shown in the figure, the retailers are no longer information isolated from each other. The interactions among them give them the opportunity to exchange information at different levels, depending on the relationships established between them.

The objectives of an agent may vary depending on the types of agents to be modeled. For example, the objective of a supplier is to minimize its inventory cost and deliver the products to retailers on time. However, the objective of a retailer may be different in a sense that it seeks not to lose sales by ordering excessive inventory. The supplier has limited production capacity while the demand on the market is high. The supplier needs to carefully evaluate the true market demand before it dispatch the products. The reason is simply for retailers, they have the incentive to exaggerate the demand and get a bigger shipment

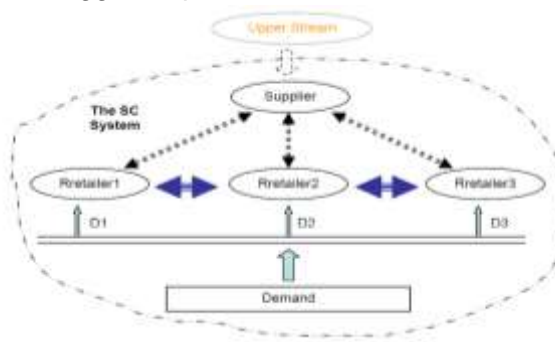


Figure 3. The supply chain's systems thinking approach

Let us consider some examples of agents (Suppliers, Retailers, etc.) in framework of Dec-POMDPs. Think of an Supplier (K) agent as providing multiple commodities (K) that are for supplying them to Retailers. So, the process of inventory control of Supplier must be considered.

The objective of a supplier is to minimize its inventory cost and deliver the products to retailers on time. However, the objective of a retailer may be different in a sense that it seeks not to lose sales by ordering excessive inventory. The supplier has limited production capacity while the demand on the market is high. The supplier needs to carefully evaluate the true market demand before it dispatch the products. The reason is simply for retailers, they have the incentive to exaggerate the demand and get a bigger shipment.

The agent behaviors that we will model are in the form of rules. Based on these rules, an agent knows when to initiate an action and how to react when a request (an inquiry or a response) is received from another agent.

Agent objectives. The supplier and retailers may have very different design objectives due to their unique positions in the business relationship. The supplier holds the product, but it needs information from the retailers to know what the future orders are. Retailers order product from the supplier. However the shipment from the supplier may need a prolonged period to arrive. So the retailers may coordinate with each other their stock levels to reduce the chance of losing business due to insufficient stocks or to lower the inventory cost due to excessive product in stock. So the ultimate design objectives for these agents are:

-Supplier:

- ✓ Reduce the inventory cost (including overstock and backlog) by ordering carefully calculated quantity of inventory. This requires good communications with the retailers to obtain their (s, S) parameters.
- ✓ Deliver the product to retailers without delay

- Retailer:

- ✓ Reduce the inventory cost (including overstock and backlog). This can be achieved by ordering the inventory according to the forecast.
- ✓ When the stock reduces to a level too low, it should seek to get immediate help from other retailers at a premium to increase the stock.
- ✓ When the stock is too high, it may ship some of its stock to other retailers to reduce the stock.

Considering the above objectives of the agents and the conditions for achieving the optimal joint policy for finite-horizon Dec-POMDPs, we can formulate the objective functions and input parameters of the program (solver) GMAA (Generalized Multiagent A*) of the MADP (Multiagent Decision Processes) Toolbox 0.4.1. The MADP toolbox is used to describe and solve this problem, providing building blocks for developing scheduling and learning algorithms for existing and new MADP instances. Many simulation experiments (using simulation platforms Anylogic and AnyLogistics) have been carried out to determine important input parameters (for example, probability density parameters on the set of states S for determining parameters of the important variable 'believe'). As a result of the experiments, the most probabilistically optimal configurations and operating modes of various systems of supply chains were determined

3. Conclusion

Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS), an agent-based approach to modeling complex adaptive systems, is a recent development in supply chain planning that is considered highly suitable for risk studies. The multi-agent system paradigm views the supply chain as consisting of a set of intelligent agents, each responsible for one or more activities in the supply chain, and each interacting with other agents to plan and manage their responsibilities. The natural basis for such problems is the partially observable Markov Decision Process (POMDP). Although POMDPs provide fundamental handling of state uncertainty, they only consider a single agent. To deal with the effects of ambiguity towards other agents, this article discusses an extension of the POMDP framework called Decentralized POMDP (Dec-POMDP). The MADP (Multiagent Decision Processes) toolbox is used to describe and solve this problem. AnyLogic and AnyLogistics agent modeling packages are used to calculate agent parameters at each stage of the planning process.

Literature

1. Frans A. Oliehoek & Christopher Amato. A Concise Introduction to Decentralized POMDPs (partially observable Markov decision process). Springer.2015
2. Matthijs Spaan, Christopher Amato, Shlomo Zilberstein. Decision Making in Multiagent Settings: Team Decision Making. AAMAS11 Tutorial, May 2, 2011
3. Gregory L. Schlegel, Robert J. Trent . Supply Chain Risk Management An Emerging Discipline. CRC Press, 2015

მულტიაგენტური გადაწყვეტილების პროცესები მიწოდების ჯაჭვის რისკების მართვაში

თენგიზ ბახტაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, t.bakhtadze@gtu.ge
ირაკლი როდონაია, შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge
ვახტანგ როდონაია, შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, vrodonaia@ibsu.edu.ge

რეზიუმე

რთული ბუნებისა და მრავალი ურთიერთქმედების ფაქტორების გამო, რაც ხელს უწყობს მიწოდების ჯაჭვების გაზრდილ მოწყვლადობას, აღმოჩნდა, რომ ტრადიციული მეთოდები არაადეკვატურია მიწოდების ჯაჭვის რისკის მართვისთვის (SCRM). აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება და სიმულაცია (ABMS), აგენტზე ორიენტირებული მიდგომა კომპლექსური ადაპტაციური სისტემების მოდელირებისა და სიმულაციისთვის, წარმოადგენს მიწოდების ჯაჭვის დაგეგმვის უახლეს განვითარებას, რომელიც მიჩნეულია უაღრესად შესაფერისად რისკის შესასწავლად. მრავალ აგენტური სისტემის პარადიგმა მიწოდების ჯაჭვს განიხილავს, როგორც ინტელექტუალური აგენტების ნაკრებისგან შემდგარს, რომელთაგან თითოეული პასუხისმგებელია მიწოდების ჯაჭვში ერთ ან მეტ აქტივობაზე და თითოეული ურთიერთქმედებს სხვა აგენტებთან მათი მოვალეობების მართვის დაგეგმვისა და შესრულებისას. SCRM-ში რისკები, როგორც წესი, წარმოიქმნება ბიზნეს გარემოს გაურკვევლობისა და ცვალებადობისგან, ისევე როგორც დამღუპველი მოვლენებისგან, როგორცაა მიწოდება, მოთხოვნა, გაცვლა და შეფერხება. მოთხოვნა არის გაურკვევლობის მთავარი წყარო მიწოდების ჯაჭვებში, მაგრამ ეს არ არის ერთადერთი: გადაზიდვა შეიძლება დაგვიანდეს; მომწოდებლებმა შეიძლება ვერ შეძლონ სრულად მიწოდება და ა.შ.

გადაწყვეტილების მიღება არის კვლევის ძირითადი თემა მიწოდების ცვლილების მართვის სფეროებში. განსაკუთრებით სტოქასტურ, ნაწილობრივ დაკვირვებად და/ან მულტიაგენტურ სისტემებში (MAS) დაგეგმვისა და სწავლის კვლევამ დიდი ყურადღება მიიპყრო ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, რადგან ეს პარამეტრები დიდ დაპირებას იძლევა რეალურ სამყაროში გადაწყვეტილების მიღების რთულ პრობლემებთან გამკლავებაში. მაგალითად, მარკოვის გადაწყვეტილების პროცესები (MDPs), ნაწილობრივ დაკვირვებადი MDPs (POMDPs), დეცენტრალიზებული POMDPs (Dec-POMDPs) და ა.შ. პროგრამული ბიბლიოთეკები ხელმისაწვდომია MADP-ების კონკრეტულ ქვეკლასებში დაგეგმვისა და სწავლისთვის - მაგ., არსებობს მრავალი ინსტრუმენტების ყუთი, რომლებიც ფოკუსირებულია ერთ აგენტზე, სრულად დაკვირვებად განმამტკიცებელ სწავლებაზე - არ არის ხელმისაწვდომი ყოვლისმომცველი ბიბლიოთეკა, რომელიც მხარს უჭერს უფრო რთულ, ნაწილობრივ დაკვირვებად მრავალაგენტურ პარამეტრებს. MADP ინსტრუმენტების ყუთი მიზნად ისახავს შეავსოს ეს სიცარიელე MADP-ების არსებული და ახალი ინსტანციებისთვის დაგეგმვისა და სწავლის ალგორითმების შემუშავების სამშენებლო ბლოკების მიწოდებით. MADP ინსტრუმენტების ყუთი შექმნილია როგორც დაგეგმვის, ანუ პარამეტრებში, სადაც მოდელი წინასწარ არის მოცემული, ასევე განმტკიცების სწავლის მხარდასაჭერად, ანუ ისეთი პარამეტრები, სადაც ასეთი მოდელი არ არის ხელმისაწვდომი, მაგრამ აგენტები სწავლობენ ურთიერთქმედებას სიმულაციების დროს.

ნაშრომი აღწერს მრავალ აგენტის სიმულაციის და MADP Toolbox-ის გამოყენებას მიწოდების ჯაჭვის გარემოში რისკების მართვისთვის. MADP ინსტრუმენტების ყუთი

გამოიყენება ამ პრობლემის აღსაწერად და გადასაჭრელად, რომელიც უზრუნველყოფს სამშენებლო ბლოკებს დაგეგმვისა და სწავლის ალგორითმების შემუშავებისთვის არსებული და ახალი MADP ინსტანციებისთვის. ბევრი სიმულაციური ექსპერიმენტი (Aylogic და AnyLogistics სიმულაციური პლატფორმების გამოყენებით) ჩატარდა მნიშვნელოვანი შეყვანის პარამეტრების დასადგენად (მაგალითად, ალბათობის სიმკვრივის პარამეტრები S მდგომარეობების სიმრავლეზე მნიშვნელოვანი ცვლადის "რწმენის" პარამეტრების დასადგენად). ექსპერიმენტების შედეგად განისაზღვრა მიწოდების ჯაჭვების სხვადასხვა სისტემების ყველაზე ალბათობით ოპტიმალური კონფიგურაციები და მუშაობის რეჟიმი.

საკვანძო სიტყვები: აგენტები, აგენტებზე დაფუძნებული მოდელირება და სიმულაცია, მიწოდების ჯაჭვი, ნაწილობრივ დაკვირვებადი მარკოვის გადაწყვეტილების პროცესი, ერთობლივი პოლიტიკა.

დოკუმენტ-პროცესინგი ხელოვნური ინტელექტის მოდელების საშუალებით

ნინო თოფურია, შალვა ზაკალაშვილი, მარინა კაშიბაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

nino.topuria@gtu.ge, zakalashvili.shalva@gtu.ge, kashibadzemarina08@gtu.ge

რეზიუმე

ჭარბი ინფორმაციული ნაკადის ეპოქაში, დიდი რაოდენობით დოკუმენტებიდან ინფორმაციის მოპოვება მნიშვნელოვან გამოწვევად იქცა. ხელოვნური ინტელექტის (AI) მოსვლასთან ერთად, დოკუმენტებიდან ინფორმაციის მოპოვების სფერომ უზარმაზარი პროგრესი განიცადა. წინამდებარე სტატიაში აღწერილია სისტემა, რომელიც მიზნად ისახავს ხელოვნურ ინტელექტზე (AI) დაფუძნებული ტექნიკის წარმოჩენას არასტრუქტურირებული და სტრუქტურირებული დოკუმენტებიდან მონაცემთა ბაზის ფორმირების მიზნით. კერძოდ, წარმოაჩენს AI-ს პოტენციალს დოკუმენტების დამუშავების რუტინული საქმის ავტომატიზაციის კუთხით.

ამგვარად, სტატიაში წარმოდგენილია სისტემა, რომელიც ახდენს დოკუმენტებიდან ისეთი ინფორმაციის მოპოვების პროცესის ავტომატიზაციას, როგორცაა პერსონალური დეტალები, საგანმანათლებლო გამოცდილება და საიდენტიფიკაციო ინფორმაცია. ხელოვნური ინტელექტის მოდელების და ფირმა მაკროსოფტის ისეთი ტექნოლოგიების გამოყენებით, როგორცაა SharePoint Online, Power Platform და AI Builder, შევიძლება გადაწყვეტილება, რომელმაც მნიშვნელოვნად გაამჯობესებს Erasmus პროგრამის ბენეფიციართა დოკუმენტების დამუშავების ეფექტურობას და სიზუსტეს.

საკვანძო სიტყვები: დოკუმენტ-პროცესინგი, ხელოვნური ინტელექტის მოდელები, SharePoint Online, Power Platform, AI Builder.

შასავალი

ცნობილია, რომ Erasmus წარმოადგენს ევროკავშირის პროგრამას, რომელიც მიზნად ისახავს ახალგაზრდების განათლების, ტრენინგის, სპორტის და ა.შ. მხარდაჭერას ევროკავშირის ქვეყნებში. 2021-2027 წლების პროგრამა დიდ ყურადღებას აქცევს სოციალურ ჩართულობას და ახალგაზრდების მონაწილეობის ხელშეწყობას დემოკრატიულ ცხოვრებაში. იგი მხარს უჭერს ისეთ პრიორიტეტებსა და აქტივობებს, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ევროპის განათლების სივრცეში, ციფრული განათლების სამოქმედო გეგმასა და ევროპული უნარების დანერგვას დღის წესრიგში. ყოველწლიურად ხდება ათასობით პროექტისა და აპლიკაციის წარდგენა ფინანსური მხარდაჭერის მისაღებად Erasmus პროგრამისგან; ამ მიზნით, კომისიამ ჩამოაყალიბა გამჭვირვალე შეფასების პროცესი, რომელიც მიზნად ისახავს გრანტების გაცემას საუკეთესო მონაწილეობისთვის. შესაბამისად, Erasmus-ის ოფისის თანამშრომლებს უწევთ დიდი რაოდენობის დოკუმენტური მასალის დამუშავება და დახარისხება. ერთ-ერთი ასეთი ამოცანაა აპლიკანტთა რეზიუმეებსა (CV) და პასპორტებიდან ინფორმაციის ამოღება, და მათი კრიტერიუმებთან თავსებადობის შემოწმება. ბუნებრივია, ასეთი რუტინული სამუშაო დიდ დროსა და ენერჯიას მოითხოვს. ამავდროულად, არსებობს შეცდომის დაშვების ალბათობაც. დოკუმენტებიდან შესაბამისი ინფორმაციის ხელით მოპოვების პროცესი შეიძლება იყოს შრომატევადი და შეცდომებისადმი მიდრეკილი. ხელოვნური ინტელექტი იძლევა შესაძლებლობას აღმოვფხვრათ ეს პრობლემები ინფორმაციის მოპოვების პროცესის ავტომატიზაციის გზით.

წარმოდგენილი სტატია ფოკუსირებულია ინტელექტუალური სისტემის შემუშავებაზე, რომელსაც შეუძლია ეფექტურად ამოიღოს სტრუქტურირებული ინფორმაცია, როგორცაა ძირითადი ერთეულები არასტრუქტურირებული ან სტრუქტურირებული ტექსტური დოკუმენტებიდან. ხელოვნური ინტელექტის ძალის გამოყენებით, ეს სისტემა მიზნად ისახავს დოკუმენტების დამუშავების ამოცანების გამარტივებას, რითაც უზრუნველყოფს მონაცემთა ეფექტური მართვისა და ცოდნის შექმნა.

ძირითადი ნაწილი

Erasmus-ის ოფისის თანამშრომლებისთვის შექმნილია საიტი SharePoint Online ბაზაზე. საჭირო დოკუმენტაცია ინახება SharePoint საიტების მეშვეობით. საიტები უნიკალური საცავია, რომელიც შედგება ბიბლიოთეკებისა და სიებისგან. შექმნილია ბიბლიოთეკა, სადაც შესაძლებელია დოკუმენტური მასალის ატვირთვა.

ნახ.1 წარმოდგენილია Erasmus ოფისის თანამშრომლებისთვის განკუთვნილი საიტი, სადაც ცალკე გამოყოფილია რეზიუმეებისა (CV) და პასპორტების დამუშავების სექციები. საიტზე ასევე ჩანს მოახლოებული ღონისძიება. მსურველს აქვს შესაძლებლობა დაესწროს აღნიშნულ ღონისძიებას ონლაინ. საიტზე ასევე ჩაშენებულია Erasmus-ის სოციალური გვერდები.

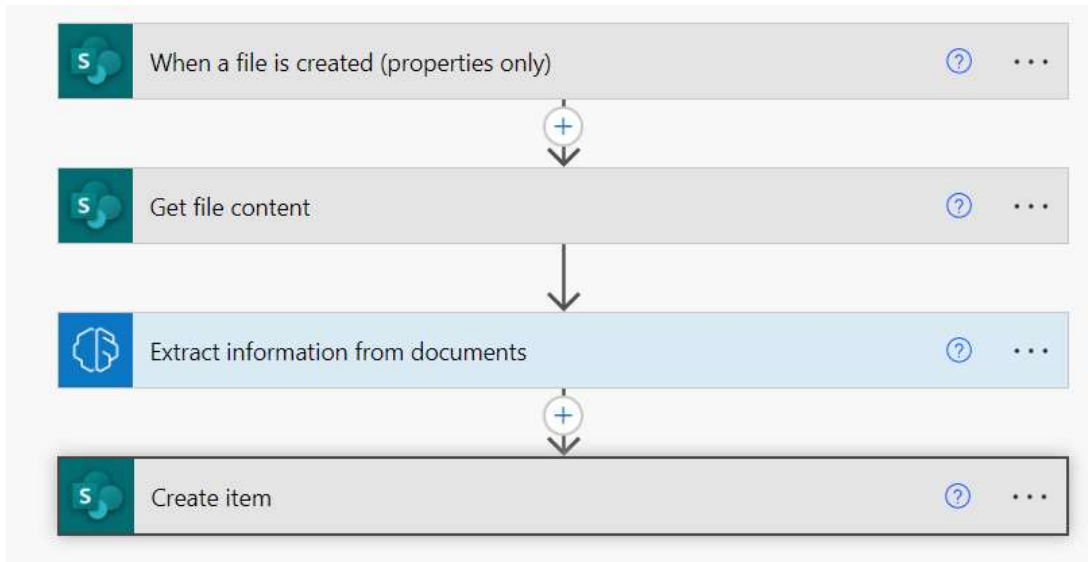


სურ. 1. Erasmus ოფისის საიტი

საიტზე ატვირთული დოკუმენტის დამუშავება ხდება Power Automate-ის ნაკადის დახმარებით. აღნიშნულ ნაკადში ჩანერგილია ხელოვნური ინტელექტის მოდელები, რომლებიც მოთავსებულია Microsoft AI Builder-ის საცავში. AI Builder გვთავაზობს რამდენიმე წინასწარ ჩაშენებულ AI მოდელებს, როგორცაა ტექსტის კლასიფიკაცია, ობიექტების აღმოჩენა, ფორმის დამუშავება, განწყობის ანალიზი და სხვა. დეველოპერებს შეუძლიათ გამოიყენონ, დააკონფიგურირონ და მართონ AI მოდელები სხვადასხვა ტიპის ორგანიზაციებში. შესაბამისად, ასეთი აპლიკაციების დახმარებით შესაძლებელია შეცდომების შემცირება და მუშაობისთვის საჭირო დროის დაზოგვა. ხელოვნური ინტელექტის მოდელის შესაქმნელად, აუცილებელია შესაბამისი მონაცემების შეგროვება და მომზადება. ეს შეიძლება იყოს ისტორიული მონაცემები, მომხმარებლის ინფორმაცია ან ნებისმიერ სხვა მონაცემი, რომელიც პრობლემასთანაა დაკავშირებული. დაპროექტებისას საჭიროა შეირჩეს ან შეიქმნას პრობლემაზე მორგებული მოდელი აუცილებელი მონაცემების გამოყენებით, ხოლო შემდგომ ხდება მოდელის ტრენინგი.

სისტემის დაპროექტებისთვის შეირჩა „Extract Information from documents“ ხელოვნური ინტელექტის მოდელი. მნიშვნელოვანია AI მოდელის საფუძვლიანად ტესტირება, რათა დავრწმუნდეთ, რომ ის უზრუნველყოფს ზუსტი შედეგების ფორმირებას. ამისათვის კი საჭირო გახდა ხელოვნური ინტელექტის მოდელის დატრენინგება რამდენიმე CV-ს ნიმუშის მიხედვით. შემდგომ, შეიქმნა ორი ბიბლიოთეკა: CV-თვის და პასპორტისთვის, სადაც შესაძლებელია დოკუმენტური მასალის ატვირთვა. ბოლოს, მას შემდეგ რაც შეიქმნა გაწვრთნილი მოდელი, მოხდა მისი ინტეგრირება Power Automate-ის სამუშაო პროცესებში.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია Power Automate-ის ნაკადი, სადაც ჩანს როგორ უკავშირდება საიტის კონტენტი ხელოვნური ინტელექტის მოდელს, რომელიც ახდენს დოკუმენტებიდან ინფორმაციის ამოღებას.



სურ. 2 Power Automate-ის ნაკადი

მოცემული ბიბლიოთეკები Power Automate-ის ნაკადის დახმარებით დაკავშირებულია Outlook-თან. შესაბამისად, მოხდება აპლიკანტების მიერ გამოგზავნილ დოკუმენტების ავტომატურ რეჟიმში გადატანა ბიბლიოთეკებში.

დასკვნა

ამგვარად, ხელოვნური ინტელექტის მოდელები, რომელიც ჩაშენებულია Microsoft-ის Power Platform-ის ბაზაზე, ერასმუს ოფისის თანამშრომლებს შეუძლებულებს რუტინულ სამუშაოს, კერძოდ, დოკუმენტური მასალიდან (პასპორტი და cv) ინფორმაციის ამოღება და ღრუბლოვანი მონაცემთა ბაზაში გადატანა მოხდება ავტომატურ რეჟიმში.

გამოყენებული ლიტერატურა:

ჩოგოვაძე, გ. სურგულაძე, მ. ხარიტონაშვილი, „ინფორმაციული საზოგადოება და ინტერდისციპლინური სწავლება ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე“, მონოგრაფია, თ

ბოფურია, ნ. ლომიძე, „სასწავლო პროცესის მართვის მხარდაჭერი სისტემის დაპროექტება ლ

ლოფურია, „ღრუბლოვანი პლატფორმაზე ბიზნეს გადაწყვეტილებათა იმპლემენტაცია“, ტრაქტიკული სამუშაოს მეთოდური მითითებანი დოქტორანტებისთვის, თბილისი, 2020,

ბ
ლ
ო
ფ
უ
ნ
ი
ს

Document processing through artificial intelligence models

Nino Topuria, Shalva Zakalashvili, Marina Kashibadze
Georgian Technical University

nino.topuria@gtu.ge, zakalashvili.shalva@gtu.ge, kashibadzemarina08@gtu.ge

Resume

In the era of information overload, extracting information from large amounts of documents has become a formidable challenge. With the advent of artificial intelligence (AI), the field of extracting information from documents has made tremendous progress. This article describes a system that aims to introduce artificial intelligence (AI)-based techniques to form a database from

ფ
ტ
მ
ბ

unstructured and structured documents. In particular, the potential of AI in automating the routine work of document processing.

Thus, the article presents a system that automates the process of extracting information from documents such as personal details, educational background and identifying information. Using artificial intelligence models and Microsoft technologies such as SharePoint Online, Power Platform and AI Builder, we have developed a solution that will significantly improve the efficiency and accuracy of document processing for beneficiaries of the Erasmus program.

Key Words: Document Processing, Artificial Intelligence Models, Sharepoint Online, Power Platform, AI Builder.

ოპტიკურ ბოჭკოში ოთხი ტალღის გავრცელებისას FWM ეფექტის გამოკვლევა LabVIEW პროგრამის გამოყენებით

იური მოდებაძე, ვახტანგი აბულაძე, გურამი მურჯიკნელი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i.modebadze@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge, gurami.murjikneli@gtu.ge

რეზიუმე

ზოგადად, თანამედროვე ტელეკომუნიკაციის დანიშნულებათა შორ მანძილზე ნებისმიერი სახის და რაც შესაძლებელია ერთდროულად ბევრი სხვადასხვა აბონენტების ინფორმაციის გადაცემა. ამასთანავე, ხაზში სიგნალის გავლა, დამატებითი ღონისძიებების გარეშე (გამლიერება, რეგენერაცია) უნდა ხდებოდეს რაც შეიძლება დიდ მანძილზე. დღეისათვის ამ მოთხოვნას მაღალი ხარისხით უზრუნველყოფს ბოჭკოვან-ოპტიკური ტელეკომუნიკაცია, კერძოდ, DWDM სისტემები.

ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზის გასწვრივ გამამლიერებელი და სარეგენერაციო პუნქტები (ტელეკომუნიკაციის სადგურები) ტელეკომუნიკაციის სისტემებთან ერთად უზრუნველყოფენ კავშირის ხარისხს და ინფორმაციის გადაცემის სიშორეს. ამასთანავე სადგურების რაოდენობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ კავშირის ღირებულებაზე. ამიტომ ცდილობენ, რომ შეიმუშავონ ისეთი მეთოდები და ტექნოლოგიები, რომლებიც გაზრდიან ტელეკომუნიკაციის სადგურებს შორის მანძილს. ე.ი. ამით შემცირდება ამ პუნქტების რაოდენობა და მასთან ერთად კავშირის ღირებულებაც. ცხადია, ყველა სადგურს შორის მანძილის გაზრდა შეუძლებელი იქნება დასახლებულ რეგიონებში მოსახლეობის სიმჭიდროვის გამო. ანუ იქ სადაც დიდი სიმჭიდროვის დასახლებაა სადგურებს შორის მანძილი ბუნებრივად მცირე იქნება, ხოლო იქ სადაც დაუსახლებელი ადგილებია კი დიდი.

სადგურებს შორის მანძილზე გავლენას ახდენს თვით ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზის დამზადების ხარისხი (ტექნოლოგია) და ასევე, ხაზში მიმდინარე ოპტიკური მოვლენები. ოპტიკური მოვლენები მით უფრო მკვეთრად მოქმედებს სადგურებს შორის მანძილზე, რაც მეტია ერთდროულად გადასაცემი სიგნალების (ოპტიკური სხივი) რაოდენობა. ამ დროს ხაზში

გამავალი ჯამური სიგნალის სიმძლავრე იზრდება, რომელიც არახაზოვან დამოკიდებულებაშია შესასვლელ სიმძლავრეებთან. ასავე, სხვადასხვა სიგრძის ოპტიკური სხივები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ, რის შედეგადაც ასუსტებენ და ამახინჯებენ ჯამურ სიგნალს.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო საჭიროა ისეთი მეთოდების, ტექნოლოგიების და რეკომენდაციების შემუშავება, რომლებიც DWDM-ის დროს შეამცირებენ წარმოქმნილ ხელშეშლებს, რაც საფუძველი გახდება სადგურებს შორის მანძილის გაზრდისა.

სტატიაში განიხილება ერთ ბოჭკოში ოთხი ტალღის გავრცელებისას ოთხტალღიანი შერევის (FWM) დროს წარმოქმნილი არახაზოვანი ოპტიკური ეფექტი, რომელსაც შეუძლია დიდად გააუარესოს ოპტიკური არხის პარამეტრები ტალღის სიგრძის მიხედვით მულტიპლექსირების (WDM) სისტემებში. ამიტომ, საჭიროა გამოკვლეული იყოს FWM-ის გავლენა WDM ოპტიკური კავშირის სისტემაში. ამ სტატიის ძირითადი მიზანია გავაანალიზოთ FWM-ის დროს გენერირებული პარაზიტული ტალღების მიერ წარმოქმნილი სიმძლავრე და მისი გადასაცემ სიგნალზე ზემოქმედების ეფექტურობა ძირითად ტალღებს შორის შუალედის, დისპერსიის და ბოჭკოს ეფექტურ ფართობზე დამოკიდებულების მიხედვით. ამისათვის გამოყენებულია LabVIEW პროგრამის საშუალებით აგებული მოდელი (ვირტუალური ხელსაწყო). სტატიაში ჩვენ მოვახდინეთ FWM-ის მოდელირება ოთხი ძირითადი ტალღის შემთხვევაში. მიღებული შედეგები გვაჩვენებს, რომ FWM-ის სიმძლავრე და ეფექტურობა მცირდება, როცა იზრდება ძირითად არხებს შორის შუალედი, ბოჭკოს დისპერსია და ბოჭკოს ეფექტური ფართობი.

საკვანძო სიტყვები: ოთხტალღოვანი შერევა (FWM), ოპტიკური კავშირი, მულტიპლექსირების WDM სისტემა, LabVIEW, არახაზოვანი ეფექტი, ბოჭკო, დისპერსია.

1. შესავალი

ტალღის სიგრძის მიხედვით მულტიპლექსირების ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში (WDM), ერთერთი ძირითადი უარყოფითი მოვლენა არის ოთხტალღოვანი შერევის (FWM) ეფექტი. ეს უარყოფითი მოვლენა კავშირის ხარისხზე ახდენს განსაკუთრებულ გავლენას, მაშინ, როცა გამოიყენება დაბალი დისპერსიის ბოჭკო ან როცა არხებს შორის არის მცირე შუალედი. ამის გამო FWM-ის დროს გენერირებული პარაზიტული ტალღების სიმძლავრის და მათი ძირითად ტალღებზე მოქმედების ეფექტურობის შეფასება არის ძალიან საჭირო, როგორც ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემის პროექტირების დროს ისე, როცა საჭიროა ტალღის სიგრძის მიხედვით მკვირვ მულტიპლექსირების ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემების (DWDM) შეფასება [1].

როდესაც ბოჭკოში შედის დიდი სიმძლავრის ოპტიკური სიგნალი (რამოდენიმე არხი), მაშინ ირღვევა სწორხაზოვანი დამოკიდებულება შესასვლელ და გამოსასვლელ სიგნალებს შორის. კერის ეფექტის გამო (გარდატეხვის მაჩვენებლის ცვლილება ოპტიკური ძალის მიხედვით) წარმოიქმნება FWM ეფექტი. ამ დროს ხდება ახალი ტალღის სიგრძის სხივების გენერირება, რომელთა გამო არხებში მცირდება საწყისი (ინფორმაციის გადამტანი) ტალღების სიმძლავრე. სიმძლავრის ასეთი დანაკარგები ართულებს არხის ბოლოში ციფრული მონაცემების ზუსტ მიღებას, რაც ზრდის შეცდომების ალბათობას [1].

2. ძირითადი ნაწილი

ბოჭკოში ერთდროულად ოთხი f_i , f_j , f_k და f_h სიხშირის ძირითადი სხივების გავრცელებისას FWM ეფექტის გამო წარმოიქმნება ახალი სხვადასხვა სიხშირის სხივები, რომლებიც მოქმედებენ ძირითად სხივებზე და ამცირებენ მათ სიმძლავრეს. ამ სხივებიდან ისინია საყურადღებო, რომელთა სიხშირეებიც მოთავსებულია ძირითადი სხივების სიხშირის დიაპაზონში. ამ შემთხვევაში ასეთი პარაზიტული სხივი იქნება ოცდაოთხი [2]. ეს სხივები იწვევს არხებს შორის სერიოზულ ხელშეშლებს, რომლებიც წარმოიქმნება ოპტიკურ ბოჭკოს მთლიანი სიგრძის გასწვრივ.

აღნიშნული ხელშეშლის გამოსათვლელად ფართოდ გამოიყენება შემდეგი ფორმულა [1]:

$$P_{ijkh} = \eta D^2 \gamma^2 P_i P_j P_k P_h e^{-\alpha L} (1 - e^{-\alpha L})^2 / 9 \alpha^2,$$

სადაც η არის FWM-ის ეფექტურობა; D - გადაგვარების (პარაზიტული გამოსხივებების) კოეფიციენტი; γ - არახაზოვნების კოეფიციენტი; P_i , P_j , P_k , P_h არის შესაბამისად f_i , f_j , f_k , f_h სიხშირის შესასვლელი სიგნალების სიმძლავრეები; L - ბოჭკოს სიგრძე, α - ბოჭკოს მიღვევის კოეფიციენტი.

η გამოითვლება ფორმულით:

$$\eta = [\alpha^2 \cdot (\alpha^2 + \Delta \pi^2)] [1 + 4e^{-\alpha L} \sin^2(\Delta \pi L / 2) \cdot (1 - e^{-\alpha L})^2],$$

სადაც Δk არის ფაზური შეთანხმების კოეფიციენტი და გამოთვლება ფორმულით:

$$\Delta k = \pi \lambda_h^2 \Delta f_{ih} \Delta f_{jh} \Delta f_{kh} [2c D_c + [\lambda_h^2 (\Delta f_{ih} + \Delta f_{jh} + \Delta f_{kh}) d D_c / d \lambda] / c^2],$$

სადაც $\Delta f_{mn} = |f_m - f_n|$, ($m, n = i, j, k, h$) და არის არხების სიხშირეებს შორის სხვაობა; D_c - ბოჭკოს ქრომატიული დისპერსია; $d D_c / d \lambda$ - დისპერსიის ციცაბოება (დახრილობა); λ_h - f_h სიხშირის ტალღის სიგრძე.

γ გამოითვლება ფორმულით:

$$\gamma = 2 \pi n_2 / \lambda A_{\text{eff}},$$

სადაც n_2 არის ბოჭკოს არახაზოვანი გარდატეხვის კოეფიციენტი; λ - ვაკუუმში ტალღის სიგრძე, A_{eff} - ბოჭკოს გულარის ეფექტიური ფართობი.

n_2 გამოითვლება ფორმულით:

$$n_2 = 48 \pi^2 X / c n^2,$$

სადაც n არის ბოჭკოს გულარის გარდატეხვის კოეფიციენტი; X - არაწრფივი მგრძნობიარობა; c - ვაკუუმში სინათლის სიჩქარე.

ამ სტატიაში ჩვენ შევიმუშავეთ მოდელი LabVIEW-ს ბაზაზე [3] ზემოთ მოყვანილი ტოლობების გამოყენებით იმის გათვალისწინებით, რომ $\Delta f_{ij} = \Delta f_{jk} = \Delta f_{kh} = \Delta f$ და ამიტომ, $\Delta f_{ih} = 3 \Delta f$, $\Delta f_{jh} = 2 \Delta f$, $\Delta f_{kh} = \Delta f$.

მოდელის საშუალებით შეგვიძლია ავაგოთ და შევაფასოთ შემდეგი გრაფიკები:

$P_{ijkh} = f(\Delta f)$, $P_{ijkh} = f(D_c)$, $\eta = f(\Delta f)$ და $\eta = f(D_c)$. მათ ასაგებად უნდა გავითვალისწინოთ, რომ არგუმენტები გამოსახება შემდეგი ტოლობებით:

$$\Delta f_{mn} = \Delta f = \Delta f_0 + i \Delta \quad \text{და} \quad D_c = D_{c0} + i \Delta D_c,$$

სადაც i არის იტერაციის რიგითი ნომერი და $i=0, 1, 2, 3, \dots$; $\Delta f_0, D_{c0}$ -არგუმენტების საწყისი მნიშვნელობები; $\Delta, \Delta D_c$ - შესაბამისი სიდიდის იტერაციის ბიჯები.

მოდელის ასაგები ფორმულბია:

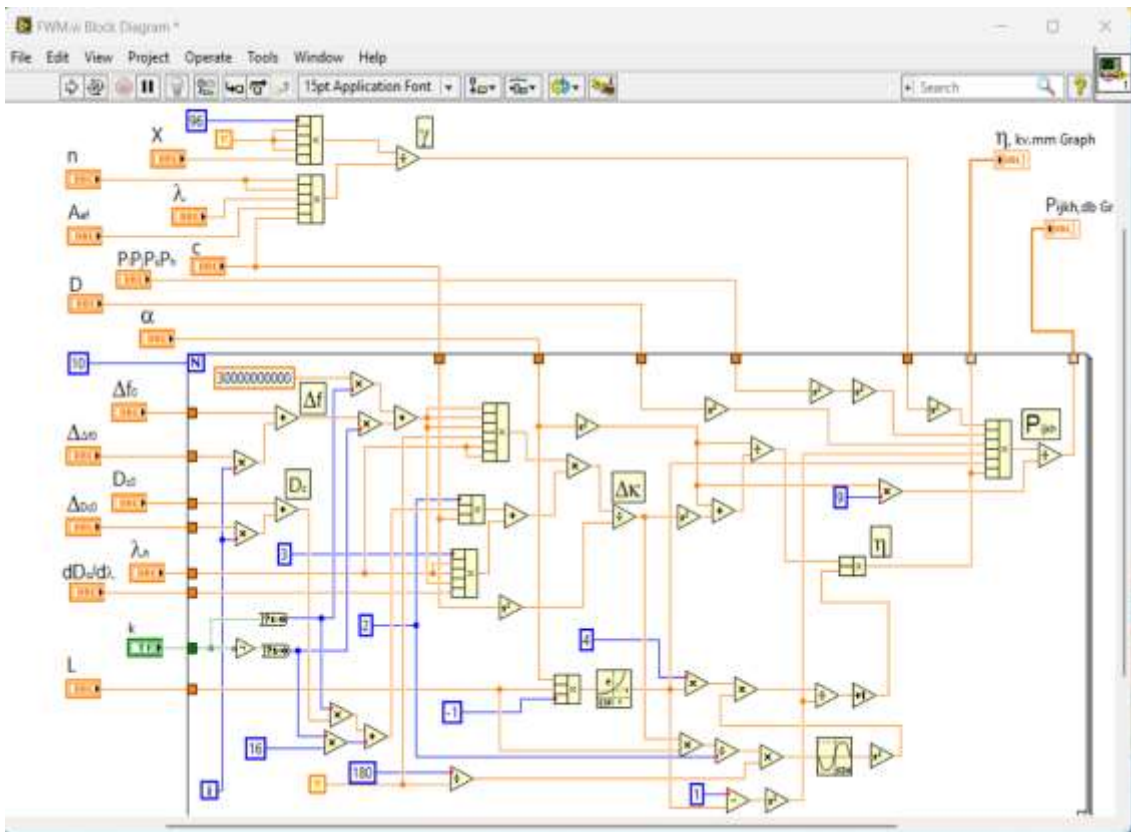
$$P_{ijkh} = \eta D^2 \gamma^2 P^4 e^{-\alpha L} (1 - e^{-\alpha L})^2 / 9 \alpha^2$$

$$\eta = [\alpha^2 / (\alpha^2 + \Delta k^2)] [1 + 4e^{-\alpha L} \sin^2(\Delta k L / 2) / (1 - e^{-\alpha L})^2],$$

$$\Delta k = \pi \lambda n^2 \Delta f [2c D_c + 3 \lambda n^2 \Delta f (dD_c / d\lambda)] / c^2,$$

$$\gamma = 96 \pi^3 X / c n^2 \lambda A_{ef}, \Delta f_{mn} = \Delta f = \Delta f_0 + i \Delta \quad \text{და} \quad D_c = D_{c0} + i \Delta D_c.$$

მოდელის პროგრამა ნაშენებია 1 სურათზე, ხოლო წინა პანელი კი 2 სურათზე.



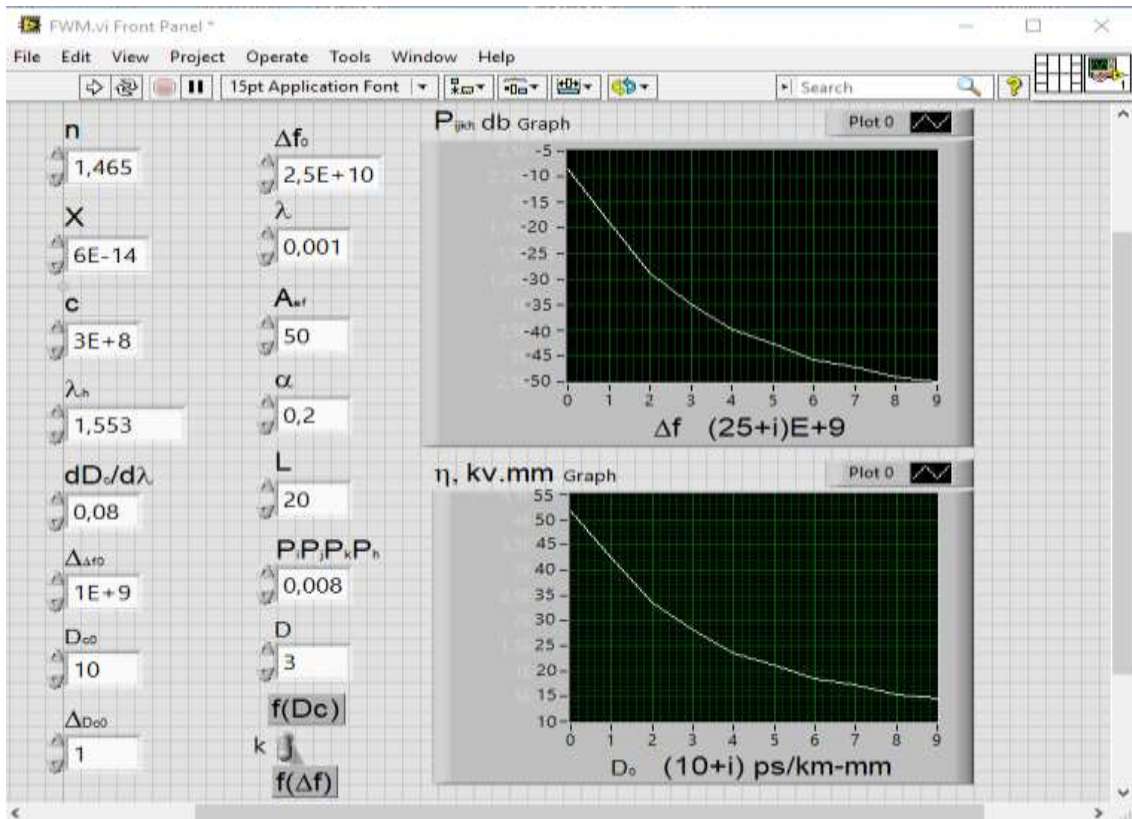
სურ. 1

3. დასკვნა

სტატიაში დამუშავებულია და შექმნილია მოდელი ვირტუალური ხელსაწყოს სახით LabVIEW პროგრამის ბაზაზე, ბოჭკოში ოთხი საწყისი ტალღის გავრცელებისას წარმოქმნილ FWM ეფექტის შემთხვევაში სიმძლავრისა და ეფექტურობის ტოლობების გამოყენებით.

მოდელირებაზე დაყრნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ოთხტალღოვანი FWM ეფექტის შემთხვევაში სხივებს შორის ურთიერთ გავლენის სიმძლავრე მცირდება სხივებს შორის სიხშირის დიაპაზონის და ბოჭკოს გულანის ეფექტური ფართობის ზრდის შემთხვევაში, ხოლო ბოჭკოს დისპერსიის ზრდის შემთხვევაში კი იზრდება.

წინა პანელზე გრაფიკების ასაგებად გამოყენებულია ცხრ. 1-ში მოცემული საწყისი მნიშვნელობები. ეს გრაფიკები აგებულია k გადამრთველის შესაბამის პოზიციაში გადართვის დროს. ამ დროს იცვლება მოდელის მუშაობის რეჟიმი, რაც აისახება მოდელის წინა პანელზე განთავსებულ ოსცილოგრაფებზე.



სურ. 2

ცხრ. 1

პარამეტრი	განზომილება	მნიშვნელობა
n		1.465
X	მ ³ /ჯ	6 x 10 ⁻¹⁴
dD ₀ /dλ	პწმ/კმ-წმ ²	0,08
α	დბ/კმ	0,2
L	კმ	20
D _c	პწმ/კმ-წმ	16
Δf	გჰც	30
P _i , P _j , P _k , P _h	მვტ	8
D		3

A_{ef}	მკმ ²	50
----------	------------------	----

ლიტერატურა

1. Saurabh Kothari, Kamal Jaiswal, Sagar Vijayvargiya and A. Jabeena School of Electronics Engineering, VIT University, Vellore, Tamil Nadu, VOL. 9, India, 2014, 4 .

2. იური მოდებაძე, გურამ მურჯიკნელი, კახა ხოშტარია „ოპტიკურ ბოჭკოში წარმოქმნილი პარაზიტული გამოსხივების სინშირების გამოთვლა LabVIEW პროგრამით საწყისი ოთხი ტალღის შემთხვევაში“, სტუ, შრომები: მართვის ავტომატიზებული სისტემები №2(31), თბილისი, 2020 წ., 7 გვ.

3. იური მოდებაძე, გივი მურჯიკნელი, კახა ხოშტარია „ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის მოდელირება“, სტუ, თბილისი, 2020 წ., 178 გვ.

FWM when propagating four waves in an optical fiber Investigation of the effect using the LabVIEW program

Iuri Modebadze, Vakhtang Abuladze, Guram Murjikneli

Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160, Tbilisi, Georgia

i.modebadze@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge, gurami.murjikneli@gtu.ge

Resume

In general, the purpose of modern telecommunications is to transmit information of any kind over long distances and as many different subscribers as possible at the same time. In addition, the passage of the signal in the line, without additional measures (amplification, regeneration), should take place over the greatest possible distance. At present, this demand is provided to a high degree by fiber-optic telecommunication, in particular, DWDM systems.

Amplification and regeneration points (telecommunication stations) along the fiber-optic line together with telecommunication systems ensure the quality of connection and the distance of information transmission. In addition, the number of stations has a significant impact on the cost of the connection. Therefore, they are trying to develop such methods and technologies that increase the distance between telecommunication stations. i.e. This will reduce the number of these points and with it the cost of connection. Obviously, increasing the distance between all stations will not be possible due to population density in populated regions. That is, where there is a dense population, the distance between the stations will naturally be small, and where there are uninhabited places, it will be large.

The distance between the stations is affected by the quality of the fiber-optic line itself (technology) and also by the optical events taking place in the line. Optical phenomena have a stronger effect on the distance between stations, the greater the number of simultaneously transmitted signals (optical beam). At this time, the total signal power passing through the line increases, which is non-linearly related to the input power. Also, optical rays of different lengths interact with each other, weakening and distorting the total signal.

Due to all of the above, it is necessary to develop such methods, technologies and recommendations that will reduce the interference during DWDM, which will become the basis for increasing the distance between stations.

The paper discusses the nonlinear optical effect of four-wave propagation in a single fiber during four-wave mixing (FWM), which can greatly degrade the optical channel parameters in wavelength multiplexing (WDM) systems. Therefore, it is necessary to investigate the impact of FWM on the WDM optical connection system. The main purpose of this article is to analyze the power generated by the parasitic waves generated during FWM and the effectiveness of the impact on its transmitted signal depending on the distance between the main waves, the dispersion and the effective area of the fiber. A model built using the LabVIEW program is used for this purpose. In the article we have modeled FWM in the case of four major waves. The results obtained show that the power and efficiency of FWM decreases when the distance between the main channels, the fiber dispersion and the effective fiber area increase.

Keywords: four-wave mixing (FWM), optical communication, multiplexing WDM system, LabVIEW, nonlinear effect, fiber, dispersion.

საინჟინრო პროფილის საგანმანათლებლო დაწესებულებების მიერ ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების ერთი ტექნოლოგიის შესახებ

ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი, არჩილ ჭოველიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, a.chovelidze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ თანამედროვე დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიები საინჟინრო პროფილის უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებს ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების საშუალებას არ აძლევს. შემოთავაზებულია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის არქიტექტურა, სადაც აღმოფხვრილია ეს ნაკლი. იმავდროულად, შემოთავაზებული არქიტექტურა აადვილებს სტუდენტების იდენტიფიცირებას.

საკვანძო სიტყვები: დისტანციური სწავლება, დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი.

შესავალი

საინჟინრო სწავლებაში უდიდესი როლი ენიჭება ლაბორატორიული სწავლების ფორმას [1,2]. იმავდროულად, საინჟინრო სწავლების განვითარების დამაბრკოლებელ ფაქტორად სხვა ფაქტორებთან ერთად ძირითადად ითვლება თანამედროვე ლაბორატორიული ბაზის ორგანიზების სირთულე [3]. საკითხს კიდევ უფრო ამძაფრებს ის, რომ მეთოდური თვალსაზრისით ლაბორატორიული ექსპერიმენტისთვის უმჯობესია ნატურული (საწარმოო) დანადგარების გამოყენება. ამის შესაძლებლობა ყველა საგანმანათლებლო დაწესებულებას არ

აქვს როგორც მატერიალურად, ასევე განმახორციელებელი და მომსახურე პერსონალის თვალსაზრისით. ამდენად, საინჟინრო პროფილის საგანმანათლებლო დაწესებულებებში ლაბორატორიული რესურსების შექმნა დიდ მატერიალურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული.

ამ პრობლემის საინტერესო გადაწყვეტა შეიძლება იყოს საგანმანათლებლო დაწესებულების მიერ ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენება. იმ შემთხვევაში, როცა უნივერსიტეტები ერთ ქალაქშია, მაშინ შეიძლება ლაბორატორიული სივრცის ურთიერთგამოყენება მარტივად, შეთანხმებით გადაწყდეს და სტუდენტს მიეცემა საშუალება სხვა უნივერსიტეტში ჩაატაროს ლაბორატორიულ სამუშაო. სხვა შემთხვევაში კი გამოსავალი შეიძლება იყოს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარება.

დღეისთვის უკვე არსებობს მრავალი ეფექტური ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სტუდენტის მიერ წარმართოს დისტანციურად. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დროს სტუდენტისათვის არ აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა ტექნიკურად განახორციელებს ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს თავის უნივერსიტეტში, თუ სხვა უნივერსიტეტში. ამ შემთხვევაში მთავარია უნივერსიტეტმა სტუდენტისთვის განახორციელოს ისეთი მენეჯმენტი სხვა უნივერსიტეტთან, რომელიც სტუდენტს დისტანციური ლაბორატორიულ სამუშაოს ჩატარების საშუალებას მისცემს.

დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს აქვს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მხარეები (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დადებითი და უარყოფითი მხარეები

დადებითი მხარეები	უარყოფითი მხარეები
<ul style="list-style-type: none"> • ლაბორატორიული ექსპერიმენტი არის ინდივიდუალური. • ლაბორატორიულ დანადგარზე წვდომა დღე-ღამის ნებისმიერ დროს. • ლაბორატორიულ დანადგარზე წვდომა დედამიწის ნებისმიერი წერტილიდან. • ლაბორატორიული ექსპერიმენტი გრძელდება იმდენ ხანს, რა დროც ესაჭიროება სტუდენტს (აქ შეიძლება დაწესებული იქნას დროის ლიმიტი, რომლის გადაჭარბების საშუალება ექნება სტუდენტს, მაგრამ დამატებითი დანახარჯებით). • სტუდენტს მრავალჯერ შეუძლია ჩაატაროს ერთი და იგივე ექსპერიმენტი და დააფიქსიროს მხოლოდ მისთვის მისაღები შედეგები. ეს ხელს უწყობს სასწავლო პროცესის ხარისხის ამაღლებას. წარმოიშობა სტუდენტის დამოუკიდებელი მუშაობის ხარისხობრივად სრულიად ახალი შესაძლებლობები . • ლაბორატორიული ექსპერიმენტის აღრიცხვა არის ავტომატური. 	<ul style="list-style-type: none"> • სტუდენტის მიერ არ ხდება ლაბორატორიული დანადგარის ფიზიკური შეგრძნება [4,5], რაც აუარესებს სასწავლო პროცესის ხარისხს. ეს შეიძლება კომპენსირებული იქნას სასწავლო ან საწარმოო პრაქტიკით უშუალოდ ობიექტზე. • არ ხდება სტუდენტების სოციალიზაცია [6], რამდენადაც მათ არ აქვთ ერთმანეთთან ფიზიკური კონტაქტები. ეს უარყოფითი მხარე შეიძლება გამოსწორდეს ამ სასწავლო კურსში ან სხვა სასწავლო კურსში ჯგუფური პროექტების არსებობით. • გართულებულია სტუდენტთა იდენტიფიცირება. • საჭირო ხდება მაღალი ხარისხის ინტერნეტ მომსახურების არსებობა როგორც ლაბორატორიულ სივრცეში, ასევე უშუალოდ სტუდენტთან.

<p>ავტომატურად კეთდება ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ქრონომეტრაჟი.</p> <ul style="list-style-type: none"> • შესაძლებელია ექსპერიმენტის სრული ჩანაწერის მიღება, რაც აადვილებს მის მონიტორინგს და შეფასებას. • უნივერსიტეტში მცირდება ლაბორატორიული ფართი. • სტუდენტის მიერ იზოგება დრო და მატერიალური ხარჯები ფიზიკურ გადაადგილებაზე. 	
---	--

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დადებითი მხარეების გაფართოების მიზნით ვიტყვით, რომ ფართოვდება უმაღლეს სასწავლებლის საგანმანათლებლო სივრცე. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სტუდენტმა შეიძლება ჩაატაროს ფილიალიდან, საცხოვრებელი კამპუსიდან თუ სახლიდან.

და აი აქ ჩნდება ახალი შესაძლოებლები:

- ჰიბრიდული სწავლების განვითარებისა, როცა სტუდენტების ერთი ჯგუფი მეცადინეობს ლაბორატორიულ სივრცეში, ხოლო მეორე ჯგუფის სტუდენტებს ლაბორატორიულ სივრცეში აქვთ დისტანციური წვდომა სხვადასხვა გეოგრაფიული არეიდან და სხვადასხვა დროს.
- უმაღლესი სასწავლებლების კოოპერირებისა ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების მიზნით.

მოცემულ სამუშაოში შემოთავაზებულია უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებების მიერ ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების ჩვენს მიერ შემუშავებული ტექნოლოგია.

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის განხორციელების არსებული ტექნოლოგიები.

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მრავალი ტექნოლოგია და სისტემების მრავალი არქიტექტურა არსებობს [7-11]. მათ შორის არის ქართული დაპატენტებული ტექნოლოგია „დისტანციური ლაბორატორიულის სისტემა“ [12]. ყველა ეს სისტემა გულისხმობს სტუდენტის მიერ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის განხორციელებას მის მიერ არჩეული გეოგრაფიული ადგილიდან და მათ შორის საკუთარი სახლიდანაც.

აქედან გამომდინარე:

- არცერთი სისტემა არ გულისხმობს ლაბორატორიულ სივრცეში სხვა უნივერსიტეტიდან სტუდენტთა დაშვებას.
- ყველა სისტემას აქვს ერთი და იგივე ნაკლი: გართულებულია სტუდენტის იდენტიფიცირება.

ყველა შემოთავაზებულ სისტემაში სტუდენტის იდენტიფიცირება ხდება სისტემაში აუტენტიფიცირების საიდენტიფიკაციო საშუალებებით ან ვიზუალურად აუდიო-ვიდეო კომუნიკაციის დროს. იდენტიფიცირების პირველი ხერხი არ არის საიმედო გასაგები მიზეზების გამო, ხოლო მეორე რთულია პერსონალისათვის, მით უფრო როცა გამოსახულების ან ხმის ხარისხი შეიძლება არ იყოს მოწოდების სიმაღლეზე.

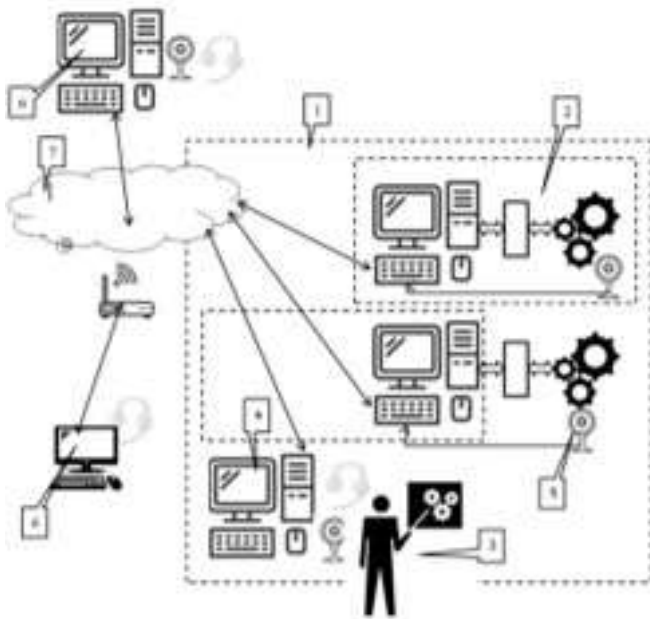
„დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ მოდიფიცირება.

„დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა“ გულისხმობს დისტანციურად ლაბორატორიული ექსპერიმენტის განხორციელებას კომპიუტიზირებულ ლაბორატორიულ

დანადგარზე. ამასთან, ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მეთოდურად სრულყოფილად წარმართვისთვის სტუდენტს ლაბორატორიაში ესაჭიროება ინსტრუქტორის დახმარება. ინსტრუქტორის მოვალეობაში შედის საექსპერიმენტო სქემის აწყობა, ან გადაწყობა სტუდენტის კარნახით. უშუალოდ ექსპერიმენტს სტუდენტი ატარებს თვითონ, ინსტრუქტორის დახმარების გარეშე. დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა გულისხმობს სტუდენტების ინდივიდუალურად დაშვებას სისტემაში მათი პირადი კომპიუტერებიდან [12].

არსებული „დისტანციური ლაბორატორიული სისტემით“ სტუდენტის იდენტიფიცირებას ახდენს ინსტრუქტორი.

ნახაზ 1-ზე ნაჩვენებია „დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ ტექნოლოგიური სქემა.



ნახ.1. „დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ არქიტექტურა

1. ლაბორატორიული სივრცე;
2. კომპიუტიზებული ლაბორატორიული დანადგარი;
3. ინსტრუქტორი;
4. ინსტრუქტორის კომპიუტერი ვებ-კამერით და მოძრავი მიკროფონით, ასევე სპიკერებით და საერთო ხედის ვებ-კამერით (გამოიყენება მხოლოდ ჰიბრიდული რეჟიმის დროს);
5. ლაბორატორიული დანადგარის ვებ-კამერა;
6. სტუდენტის ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე დისტანციური წვდომის კომპიუტერი ვებ-კამერით და მიკროფონით;
7. ინტერნეტი.

ლაბორატორიული დანადგარის 2

კომპიუტერებზე და სტუდენტის დისტანციური წვდომის კომპიუტერებზე 6 დაინსტალირებულია დისტანციური წვდომის პროგრამული პლატფორმები. ინსტრუქტორის 3 კომპიუტერზე და სტუდენტების დისტანციური წვდომის კომპიუტერებზე დაინსტალირებულია აუდიო-ვიდეო კომუნიკაციის პროგრამული პლატფორმა. ვინაიდან სტუდენტს აქვს პირდაპირი წვდომა ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერთან, ამიტომ მას აქვს უშუალოდ ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერთან მუშაობის განცდა. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის სრულყოფილად წარმართვისთვის სტუდენტს ასევე ესაჭიროება, რომ ყურადღების ქვეშ მოიქციოს უშუალოდ ლაბორატორიულ დანადგარზე არსებული სიტუაცია (დილაკების თუ დისპლეების მდგომარეობა და ა.შ.). ამ მიზნით გამოიყენება ვებ-კამერა 5, რომელიც დანადგარზე არსებული სიტუაციის ვიდეოგამოსახულებას აწვდის სტუდენტს მისი კომპიუტერის მონიტორის ცალკე ფანჯარაში.

დისტანციური წვდომის კომპიუტერებიდან სტუდენტები ინსტრუქტორს 3 ეკონტაქტებიან აუდიო-ვიდეო კომუნიკაციის პროგრამული პლატფორმის საშუალებით.

კომპიუტერებს შორის დისტანციური წვდომის პროგრამული პლატფორმის ფუნქციონალის საშუალებით წინდაწინ ხდება სტუდენტის დისტანციური წვდომის

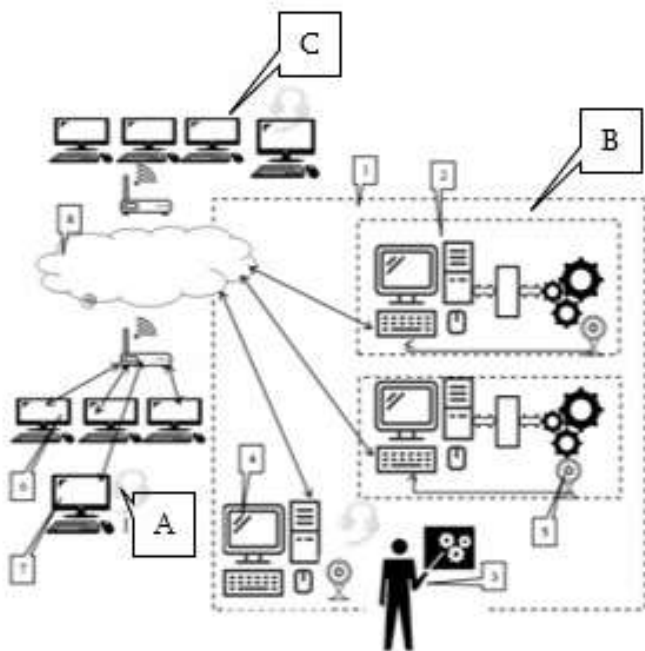
კონკრეტული კომპიუტერის მიზმა კონკრეტული ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერთან. ამდენად, ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დაწყების წინ სტუდენტს ავტომატურად გაუზიარდება ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერის ეკრანი. ასევე, ინსტრუქტორის 3 დახმარებით შესაძლებელია ლაბორატორიის ნებისმიერ კომპიუტერთან წვდომა. ამის შემდგომ სტუდენტი იწყებს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარებას.

თუ ლაბორატორიული ექსპერიმენტისთვის საჭიროა საექსპერიმენტო სქემის აწყობა (მაგალითად, მექანიკური სახელურებით, ჩამრთველებით და ა.შ.), სტუდენტი შესასრულებელ მოქმედებებს კარნახობს ინსტრუქტორს, რომელიც ასრულებს სტუდენტის დავალებას კონკრეტულ ლაბორატორიულ დანადგარზე. შემდგომ სტუდენტი უკვე კომპიუტერის საშუალებით ახდენს ექსპერიმენტის ჩატარებას და მონაცემების მოგროვებას. შუა ექსპერიმენტის დროს ასევე შეიძლება საჭირო გახდეს საექსპერიმენტო სქემის გადაწყობა ინსტრუქტორის დახმარებით.

მოცემულ სამუშაოში შემოთავაზებულია მიდგომა, როცა A სასწავლო დაწესებულების სტუდენტები დისტანციურ წვდომას ახორციელებენ B სასწავლო დაწესებულების ლაბორატორიულ სივრცეში.

შემოთავაზებული ტექნოლოგიური სქემის შემთხვევაში A სასწავლო დაწესებულების სტუდენტები B სასწავლო დაწესებულების ლაბორატორიულ სივრცეში წვდომას ახორციელებენ არა საკუთარი კომპიუტერების გამოყენებით, არამედ A სასწავლო დაწესებულების ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე დისტანციური წვდომის კლასიდან. დისტანციური წვდომის კლასი გულისხმობს სტუდენტისთვის ინდივიდუალური სამუშაო ადგილის გამოყოფას. ამასთან, დისტანციური წვდომის კლასში ტექნიკურ და ფიზიკურ წესრიგს უზრუნველყოფს დამხმარე პერსონალი.

ნახაზ 2-ზე ნაჩვენებია „დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ მოდიფიცირებული ტექნოლოგიური სქემა.



ნახ.2. „დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ მოდიფიცირებული არქიტექტურა

1. ლაბორატორიული სივრცე;
2. კომპიუტიზებული ლაბორატორიული დანადგარი;
3. ინსტრუქტორი;
4. ინსტრუქტორის კომპიუტერი ვებ-კამერით და მოძრავი მიკროფონით, ასევე სპიკერებით და საერთო ხედის ვებ-კამერით (გამოიყენება მხოლოდ ჰიბრიდული რეჟიმის დროს);
5. ლაბორატორიული დანადგარის ვებ-კამერა;
6. ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე დისტანციური წვდომის კლასი (კომპიუტერი მონობლოკი ვებ-კამერით და მიკროფონით);
7. დისტანციური წვდომის კლასის დამხმარე პერსონალის კომპიუტერი მონობლოკი დამატებითი უსადენო - მიკროფონით;
8. ინტერნეტი.

ფ;

„დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ შემთხვევაში ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე დაშვებისათვის სტუდენტის იდენტიფიცირება ხდება ინსტრუქტორის მიერ,

ხოლო ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოდიფიცირებული სქემის შემთხვევაში სტუდენტის დაშვება ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე დისტანციური წვდომის კლასში ხორციელდება დამხმარე პერსონალის იდენტიფიცირების შემდგომ. სტუდენტის იდენტიფიცირების ამოცანის გამარტივების თვალსაზრისით მეორე ვარიანტი უფრო მისაღებია, რამდენადაც ხორციელდება ფიზიკური ვიზუალური კავშირი დამხმარე პერსონალსა და სტუდენტს შორის.

გასაგებია, რომ როგორც A სასწავლო დაწესებულების სტუდენტებს აქვთ წვდომა B სასწავლო დაწესებულების ლაბორატორიულ სივრცესთან, ასევე შესაძლებელია B სასწავლო დაწესებულების სტუდენტებს წვდომა ქონდეთ A სასწავლო დაწესებულების ლაბორატორიულ სივრცესთან, ან თუნდაც კიდევ სხვა უნივერსიტეტის ლაბორატორიულ სივრცესთან.

შემოთავაზებული ტექნოლოგიური სქემა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ჰიბრიდული სწავლების რეჟიმიც, როცა სტუდენტების ჯგუფს აქვთ ლაბორატორიაზე დისტანციური წვდომა, ხოლო ნაწილი ზის უშუალოდ ლაბორატორიულ დანადგართან. ამ დროს ინსტრუქტორი ემსახურება როგორც დისტანციური წვდომის სტუდენტებს, ასევე ლაბორატორიაში მსხდომ სტუდენტებსაც.

ასევე, ტექნოლოგიური სქემა საშუალებას იძლევა დისტანციური წვდომა ლაბორატორიაზე განხორციელდეს უნივერსიტეტის ფარგლებს გარედანაც. ეს მისაღები იქნება დამატებითი მეცადინეობის სახით ან უნარშეზღუდული სტუდენტებისთვის, რომელთაც არ შეუძლიათ საჯარო სივრცეში დიდი ხნით ყოფნა.

დასკვნები

- დადგენილია, რომ არსებული დისტანციური ლაბორატორიული სისტემების არქიტექტურები საშუალებას არ იძლევიან უმაღლესმა საგანმანათლებლო დაწესებულებებმა შეძლონ არსებული ლაბორატორიული შესაძლებლობების ურთიერთგამოყენება.
- დადგენილია, რომ არსებული დისტანციური ლაბორატორიული სისტემებში ერთ-ერთ ძნელად განსახორციელებელი პროცედურაა სტუდენტების იდენტიფიცირება.
- შემოთავაზებულია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ახალი ტექნოლოგია, როცა შესაძლებელი ხდება უმაღლესმა საგანმანათლებლო დაწესებულებებმა ეფექტურად გამოიყენონ ერთმანეთის ლაბორატორიული სიმბლავრები.
- შემოთავაზებული არქიტექტურა აადვილებს სტუდენტის იდენტიფიცირების პროცედურას დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტში მონაწილეობის მიზნით და საშუალებას იძლევა მარტივად განხორციელდეს სწავლების ჰიბრიდული ფორმა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. LYLE D. FEISEL Thomas J. ALBERT J. The Role of the Laboratory in Design Engineering Education, Journal of Engineering Education, January 2005, 121-130 pp.
2. Brian Surgenor, Kevin Firth. The Role of the Laboratory in Design Engineering Education. Proceedings of the Canadian Design Engineering Network (CDEN) Conference, Toronto, Canada, July 24-26, 2006, 287-293 pp.
3. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., გოდერძიშვილი გ., ზედგინიძე გ., ჭოველიძე. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციური ჩატარების ტექნოლოგია. ჟურნალი „ენერჯია“. №4(96), სტუ. თბილისი, 2020 წ., გვ 141-145. .

4. Jianye Wei, David F. Treagust, Mauro Mocerino, Anthony D. Lucey, Marjan G. Zadnik & Euan D. Lindsay. Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* volume 1, Article number: 14 (2019)
5. Lindsay, E. D., Naidu, S., & Good, M. C. (2007). A different kind of difference: Theoretical implications of using technology to overcome separation in remote laboratories. *International Journal of Engineering Education*, 23(4), 772–779.
6. Lowe, D., Newcombe, P., & Stumpers, B. (2012). Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education*, 43(3), 1197–1219.
7. Berntzen R., Strandman J.O., Fjeldly T.A., Shur M.S. Advanced Solutions for Performing Real Experiments over the Internet // International Conference on Engineering Education. – Oslo: Norway. – August 6-10, 2001. – P. 21-26.
8. Chen S.H., Chen R., Ramakrishnan S.Y.Hu, Zhuang Y., Ko C.C., Chen M. Development of Remote Laboratory Experimentation through Internet// Proceedings of the 1999 IEEE Hong Kong Symposium on Robotics and Control. – Hong Kong. – PP. 756-760. – July 1999.
9. Naumovic M.B., Zivanovic D. Remote Experiments in Control Engineering Education Laboratory// International Journal of Online Engineering, ISSN 1861-2121. – May, 2008.
10. US6813473B1, Remote laboratory, G09B7/02
11. CN111325362A, Remote laboratory system for electrical, electronic and control circuit learning and method for implementing same, G06Q10/02
12. ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ზედგინიძე გ. დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა. პატენტი გამოგონებაზე # U 2022 2123 Y, 2022 წ.

About one technology for sharing laboratory resources by educational institutions of engineering profile

Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili, Archil Chovelidze

Georgian Technical University

l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, a.chovelidze@gtu.ge

Resume

It is shown that modern remote laboratory experiment technologies do not allow higher educational institutions of engineering profile to share laboratory resources. A remote laboratory experiment architecture is proposed that overcomes this drawback. At the same time, the proposed architecture makes it easy to identify students.

Key words: distance learning, distance laboratory experiment.

ხელოვნური ინტელექტის როლი განათლებაში

ინგა აბულაძე, [ნანა მალაქველიძე](#), [სანდრო იაშვილი](#)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაშრომში შემუშავებულია ხელოვნური ინტელექტის (AI) ქვედარგის მანქანური სწავლების ალგორითმების საფუძველზე სტუდენტთა ზუსტი და ობიექტური შეფასება, შესაბამისად თითოეული სტუდენტის საშუალო ქულის გამოყვანა. შემუშავებული მოდელის საფუძველზე სამუშაოს გაადვილება დეკანატის თანამშრომელთათვის, რომელთა გამოყენება ეფექტურია საგანმანათლებლო დაწესებულებებისათვის დროის და რესურსების დაზოგვის ხარჯზე. ამ მიზნით ავტორების მიერ შემუშავებულია მოდელი Python-პითონ დაპროგრამების ენაზე.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური სწავლება, სტუდენტთა შეფასება, დაპროგრამების ენა.

1. შესავალი

სამეცნიერო ნაშრომის მიზანია სასწავლო პროცესის მოქნილი და თითოეულ სტუდენტზე ორიენტირებული სისტემის შექმნა. ამასთან ერთად, სასწავლო პროცესთან დაკავშირებული შრომა შეუმსუბუქდეს პროფესორ-მასწავლებელს. სასწავლო პროცესში ნებისმიერი სასწავლო კურსის ეფექტურობა ფასდება სტუდენტის მიერ მიღებული სწავლის შედეგით. ეფექტიანობის მისაღწევად სასწავლო პროცესის სერვისი უნდა მორგებულ იქნას სტუდენტებზე, ანუ პედაგოგმა უნდა აითვისოს და გააუმჯობესოს ონლაინ პლატფორმასთან მუშაობის სხვადასხვა მეთოდი [1].

პანდემიამ და პოსტ-პანდემიურმა პერიოდმა საგანმანათლებლო სისტემაში შეიტანა ძალიან დიდი ცვლილება. ტექნოლოგიების მზარდი ტემპი კიდევ უფრო მეტად გამოჩნდა და მოიცვა ყველა დარგი, განსაკუთრებით მას დიდი როლი აკისრია საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. რადგან დღესდღეობით კვლავ აქტუალურია ონლაინ სწავლება და დისტანციური შეფასების სისტემა [1].

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ამ უკანასკნელი სამუშაოს გაადვილება საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. კერძოდ დეკანატებში, სტუდენტთა მოსწრების საფუძველზე საშუალო ქულის (GPA) გამოთვლა, იმ მიზნით თუ რომელი სტუდენტი მიიღებს სტიპენდიას და ა.შ.

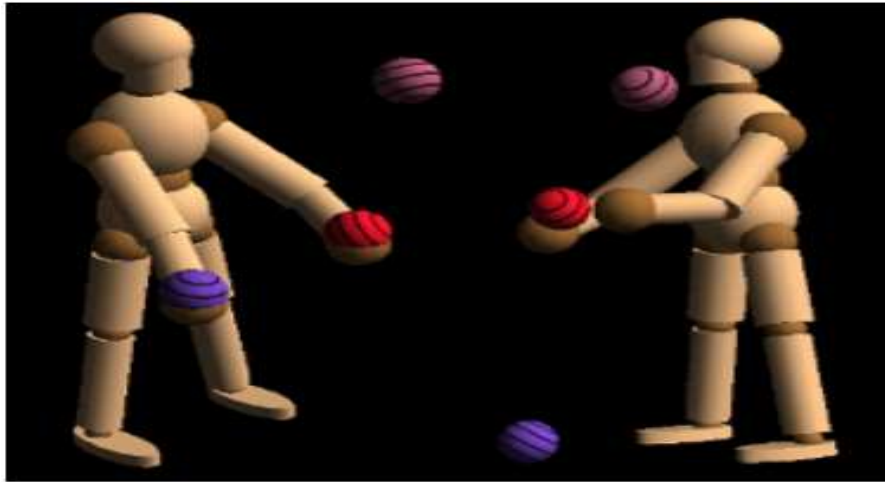
სწორედ, ამ მიზნით ნაშრომში შემუშავებულია ხელოვნური ინტელექტის ქვედარგის მანქანური სწავლების ალგორითმები სტუდენტთა ზუსტი და ობიექტური შეფასებისთვის.

2. ძირითადი ნაწილი

ავტორების მიერ შემუშავებულია სასწავლო დაწესებულებებში სტუდენტთა შეფასების მოდელი, დაფუძნებული მანქანური სწავლების ალგორითმებზე. ცნობილია, როდესაც საუბარია მანქანურ სწავლებაზე აუცილებლად დაპროგრამების ენა პითონი იგულისხმება.

ნაშრომში მოყვანილია მანქანური სწავლების ორი სხვადასხვა ავტორის განმარტება.

მანქანური სწავლება არის დაპროგრამების სახეობა, რომელიც „ჭკვიანი“ რობოტს შესაძლებლობას აძლევს მონაცემებიდან ზუსტად და დეტალურად ავტომატურად შეისწავლოს ინფორმაცია, დაპროგრამების გარეშე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სწავლების ასეთი მიდგომა ცვლის მის ქცევას მონაცემებიდან შესწავლის საფუძველზე [2].



ნახ.1. „ჭკვიანი“ რობოტი

მანქანური სწავლება შეიძლება დაიყოს 3 კატეგორიად [2]:

❖ **მეთვალყურეობის ქვეშ სწავლა**

მანქანური სწავლება გულისხმობს ორივეს როგორც საწყის მონაცემთა შეტანას, ასევე მათზე დაკვირვებას.

❖ **უკონტროლო სწავლა**

სწავლისას/დასწავლისას ალგორითმს არ აქვს რაიმე მკაცრად განსაზღვრული წესი. ალგორითმის თანახმად „ჭკვიანმა“ რობოტმა თვითონ უნდა განახორციელოს დასწავლა რაიმე ფაქტის ან მეთოდის მიხედვით.

❖ **განმტკიცებელი სწავლა**

„ჭკვიანი“ რობოტი დინამიკურად ურთიერთქმედებს იმ გარემოსთან სადაც უწევს ურთიერთქმედება. ეს ნიშნავს, რომ იგი იღებს დადებით და/ან უარყოფით გამოხმაურებას მისი მუშაობის გასაუმჯობესებლად.

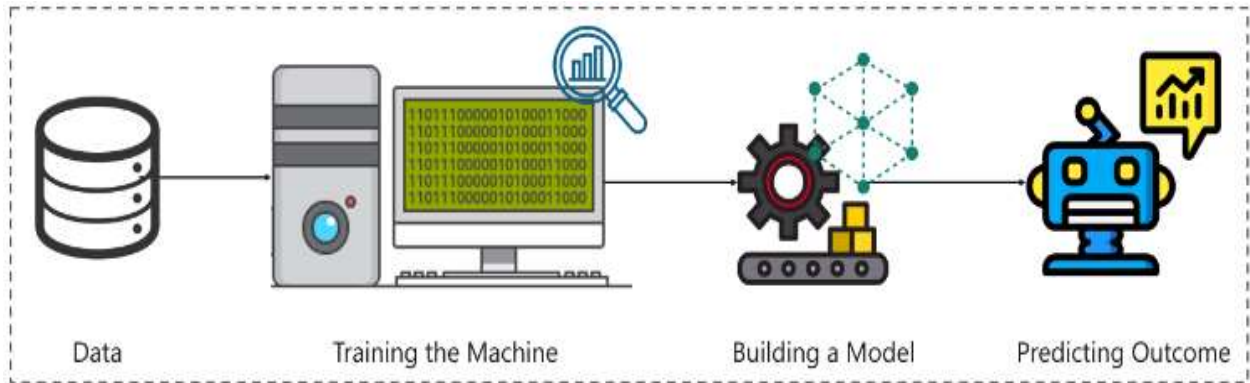
ქვემოთ მოყვანილია მეორე განმარტება მანქანური სწავლების შესახებ:

მანქანური სწავლება არის ხელოვნური ინტელექტის სახეობა, რომელიც ხელს უწყობს მანქანას ისწავლოს და გადაწყვეტილება მიიღოს ავტომატურად გამოცდილების საფუძველზე. ამრიგად, მანქანური სწავლების ალგორითმის თანახმად „მანქანამ თავად უნდა იფიქროს, როგორც ადამიანმა“ და გადაჭრას მის წინაშე მდგარი პრობლემა [3].

გთავაზობთ მანქანური სწავლების ალგორითმის 3 ეტაპს. ესენია:

- ❖ მანქანური სწავლების პროცესი იწყება ძალიან ბევრი მონაცემების მიწოდებით მანქანისათვის.
- ❖ მანქანა ვარჯიშობს ამ მონაცემებზე, რათა აღმოაჩინოს მსგავსობები და გააკეთოს შაბლონები. შემუშავებული შაბლონები მას ეხმარება მსგავს შემთხვევაში ზუსტი და ეფექტური გადაწყვეტილების მიღებაში.
- ❖ ამ მსგავსების შედეგად ადგენს მანქანური სწავლების მოდელის, თუ შემდეგში როგორ გადაჭრას მსგავსი ამოცანა.
- ❖ ამოცანის შესაბამისი მოდელის პროგნოზირება.

მაშასადამე, თუ მანქანას მიაწვდით ძალიან დიდი რაოდენობის ინფორმაციას მას უკვე ეცოდინება როგორ გააკეთოს მათი დახარისხება, დამუშავება და ანალიზი მანქანური სწავლების ალგორითმების გამოყენებით (ნახ. 2).



ნახ.2. მანქანური სწავლების მოდელი

მანქანური სწავლება არის *ტრენდული ტექნოლოგია*, რომლის მიზანია დიდი ზომის ინფორმაციის მოძიება, დამუშავება და მართვა. ასეთი მიდგომა დაგეგმვარება სასწავლო პროცესის მოქნილი და ეფექტური ფუნქციონირებისათვის [4].

მანქანური სწავლების ალგორითმები ცვლის საგანმანათლებლო სისტემის გამოცდილებას. ამ დროს საქმე გვაქვს სწავლების ინოვაციურ მეთოდებთან. *მანქანური სწავლების ალგორითმი გულისხმობს თითოეულ მოსწავლეთან ინდივიდუალურ მიდგომას*, რომელიც დამყარებულია მათ მიერ შეძენილ ცოდნაზე და ეხმარება პედაგოგს თითოეული სტუდენტი შეაფასონ სწრაფად და ობიექტურად [4].

გთავაზობთ ჩვენს მიერ კვლევების შედეგად შემუშავებულ მეთოდს. მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია შემუშავებული გრაფიკული ინტერფეისი, რომელიც წარმოადგენს სტუდენტთა შეფასების მოდელს. პროგრამული კოდი რეალიზებულია **Python** დაპროგრამების ენაზე [5].



ნახ.3. სტუდენტთა შეფასების მოდელი

ისმის შემდეგი კითხვა: როგორ შეგვიძლია გავაკონტროლოთ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული სისტემის უსაფრთხოება?

დასმული ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტის გზების ძიება 21-ე საუკუნის პრობლემას წარმოადგენს, რადგან ხელოვნური ინტელექტის სისტემა სრულიად უკონტროლოა. დავალებული ამოცანის გარდა „ჭკვიანმა“ რობოტმა შესაძლებელია სრულიად უკონტროლო ქმედება გააკეთოს. ამიტომ, მეცნიერებს გვმართებს დიდი სიფრთხილე ხელოვნური ინტელექტის მიდგომით ამოცანის გადაჭრისას.

3. დასკვნა

ნამშრომში შემუშავებულია ინოვაციური იდეა, როგორ დავნერგოთ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება განათლების სისტემაში, სამუშაო პროცესის ეფექტურად წარმართვისათვის.

გამოსავალი და ჩემი მოკრძალებული რეკომენდაცია მდგომარეობს შემდეგში: AI სისტემის გაკონტროლება უნდა შეგვეძლოს ნებისმიერ დარგში, სწორედ ყველა სამუშაოს გაკეთება მას არ უნდა მივანდოთ. AI სისტემას თან უნდა ახლდეს ასისტენტი, რომელიც მის ქმედებას გააკონტროლებს.

ლიტერატურა

6. ი. აბულაძე, ნ. მაღლაკელიძე, ი. მეგრელიძე. ხელოვნური ინტელექტის როლი საგანმანათლებლო პროცესის ეფექტურობისათვის. სტუ 100 და იმს 65 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები - 2022“. თბილისი.

7. <https://python-course.eu/machine-learning/>

8. **Bernd Klein.** Machine Learning, 2022.

9. <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022>

10. ი. აბულაძე. ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამება და აპლიკაციები Python-ის ბაზაზე. სტუ-ს IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი, თბილისი, 2023.

The role of Artificial Intelligence in Education

Inga Abuladze, Nana Maglakelidze, Sandro Iashvili

Georgian Technical University

i_abuladze@gtu.ge, n.maglakelidze@gtu.ge, iashvilisandro7@gmail.com

Abstract

In the paper, an accurate and objective assessment of students based on machine learning algorithms of the subfield of artificial intelligence (AI) has been developed, and therefore the average score of each student has been derived. On the basis of the developed model, the work of the dean's office staff will be made easier, the use of which is effective in saving time and resources for educational institutions. For this purpose, the authors have developed a model in the Python programming language.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning Algorithm, Student's Assessment, Programming Language.

გლუკოზის რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრის შედარებითი ანალიზი სხვადასხვა აპარატურული მეთოდის გამოყენებით

ნოდარი აბელაშვილი, მალხაზ ბაბუაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.abelashvili@gtu.ge, bmalkhaz@gmail.com

რეზიუმე

მოხსენებაში გადმოცემულია ადამიანის სისლხში გლუკოზის შემცველობის, სამი სხვადასხვა ხელსაწყოთი, რაოდენობრივი მაჩვენებლის ექსპერიმენტალური განსაზღვრის შედარებითი ანალიზი. ერთი მათგანით ჯეო-ჰოსპიტალის ქსელის თბილისის კლინიკაში არსებულ ლაბორატორიაში ავტომატურ ბიოქიმიურ ანალიზატორზე KENZA 240 TX, ჩატარებულ იქნა პაციენტის ვენური სისხლის შრატში გლუკოზის 10 პარალელური გაზომვა. გამოყენებულ იქნა ვენუპუნქტურა. აღებულ იქნა ვენური სისხლი (დაახლოებით 2 მილიგრამი) ერთჯერად სინჯარაში. სხვადასხვა ცდომილებების თავიდან არიდების და მათი მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით, 10-15 წუთის ინტერვალში. მეორე შემთხვევაში, იგივე ვენური სისხლით გლუკომეტრის აპარატით CareSens N-Premier მოვახდინეთ 10 გაზომვა 1 წუთიანი ინტერვალით. ხოლო მესამე შემთხვევაში აღნიშნულების პარალელურად გლუკოზის უწყვეტი მონიტორინგის Aidex CGM სისტემიდან ყოველ 4 წუთში მიღებული მაჩვენებლები შეგროვდა 1 საათის განმავლობაში და ანალიზატორის მიერ განხორციელდა 10 ჯერ პარალელური გაზომვა 1 სინჯარის გამოყენებით 10 გაზომვა. გაზომვების ჩატარებისას მოწყობილობების სამუშაო ტემპერატურა შეადგენდა 21-22°C, ხოლო ტენიანობა 45%. (მოწყობილობების სამუშაო რეჟიმისთვის განკუთვნილი ნორმალური პირობები). სამივე გამოზომი ხელსაწყო სტატისტიკური მონაცემები წარმოდგენილ იქნა ცხრილის სახით. მიღებული მონაცემები დამუშავებული იქნა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით, სადაც დაანგარიშებულ იქნა თითოეული ხელსაწყო დაკვირვებების საშუალო და მათი საშუალო კვადრატული გადახრის მნიშვნელობები, ასევე ხელსაწყოთშორისი გაზომვების საშუალო კვადრატული გადახრის სიდიდე. ჩატარდა დაკვირვებათა შედეგების ერთგვაროვნების შეფასება კოკრენის კრიტერიუმის გამოყენებით მათი გაერთიანების შესაძლებლობის გამოვლენის მიზნით. გაზომვათა თითოეული ჯგუფისთვის განისაზღვრა საშუალო არითმეტიკულების ერთგვაროვნება ფიშერის კრიტერიუმის გამოყენებით. გამოკვლეულ იქნა ჯგუფის მონაცემებს შორის წანაცვლების ხასიათი აბეს კრიტერიუმით. წარმოდგენილ იქნა ექსპერიმენტული კვლევის პირველადი შედეგები.

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებით დადგენილია, რომ თითოეული საზომი საშუალების ცდომილება, ნორმატიული დოკუმენტებით განსაზღვრული დასაშვები ცვლილების ფარგლებშია, მაგრამ ამ მონაცემთა გაერთიანება მათი არაერთგვაროვნების გამო დაუშვებელია. აღნიშნულმა შესაძლებელია გარკვეული სიმძლეები შექმნას ლაბორატორიათშორისი საკვალიფიკაციო ტესტირების ჩატარებისას, რადგან სხვადასხვა ლაბორატორიების მიერ მიღებული მონაცემების გაერთიანება შეუძლებელი შეიძლება გახდეს და შესაბამისად ვერ მოხერხდეს მათი (ლაბორატორიების) კომპეტენციის ობიექტური შეფასება. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია მიღებულ მონაცემთა დაუშვების რობასტული მეთოდის გამოყენება, სადაც შესაძლებელია ყველა მონაწილე ლაბორატორიის (იგულისხმება, რომ ლაბორატორია იყენებს რომელიმე ერთი ტიპის საზომ საშუალებას) მონაცემების გაერთიანება, რადგან მონაცემთა დაჯგუფება ხდება არა საშუალო არითმეტიკულის არამედ მიღებული შედეგების მედიანის მიმართ.

გამოტანილი დასკვნის საფუძველზე დასახულია შემდგომი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების მიმართულება და ხასიათი.

საკვანძო სიტყვები: გლუკომეტრი, ავტომატური ბიოქიმიური ანალიზატორი, უწყვეტი არაინვაზიური მონიტორინგის სისტემა, საშუალო კვადრატული გადახრა, გაზომვების საშუალო არითმეტიკულების ერთგვაროვნება.

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები

ექსპერიმენტული კვლევისთვის მოწვეული იქნა ვალანტიორი, ინსულინდამოკიდებული 1 ტიპის დიაბეტის მქონე 43 წლის პაციენტი გ.ა. უნდა არინიშნოს, რომ კვლევის მიზანი არა პაციენტის ჯანმრთელობის მდგომარეობის დადგენა და გამოკვლევა, არამედ მისი მდგომარეობის აღწერა იყო სხვადასხვა საზომი საშუალებების გამოყენებით.

პაციენტი მომზადებული იყო ანალიზისთვის. ექსპერიმენტი ჩატარდა დილის 9 გამოყენებული იქნა ვენუპუნქტურა. აღებულ იქნა ვენური სისხლი (დაახლოებით 2 მილიგრამი) ერთჯერად სინჯარაში. საანალიზო მასალის ერთგვაროვნების უზრუნველყოფის მიზნით, პროცდურა ჩატარდა დაახლოებით 10-15 წუთის ინტერვალში, იგივე ვენური სისხლით მოხდა გლუკომეტრის აპარატით 10 გაზომვა 1 წუთიანი ინტერვალით. პარალელურად გლუკოზის უწყვეტი მონიტორინგის სისტემიდან ყოველ 4 წუთში მიღებული მაჩვენებლები შეგროვდა 1 საათის განმავლობაში. ჯეო-ჰოსპიტალის ლაბორატორიაში, სისხლის დაცენტრიფუგირების შემდეგ (10 წთ 3000ბრ/წთ) მოხდა სისხლის შრატით ერთ სინჯარაში მისი გადასხმა და ანალიზატორის მიერ 10 ჯერ განმეორებადობის შედეგების შემოწმება (გაზომვები) 1 სინჯარის გამოყენებით 10 გაზომვა. გაზომვების ჩატარებისას მოწყობილობების სამუშაო ტემპერატურა შეადგენდა 21-22°C, ხოლო ტენიანობა 55%. (მოწყობილობების სამუშაო რეჟიმისთვის განკუთვნილი ნორმალური პირობები). სამივე მოწყობილობიდან შეგროვებული მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილის სახით № 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

გაზომვათა რაოდენობა	Caresens N Premier გლუკომეტრი I სერია	KENZA 240 TX ავტომატური ბიოქიმიური ანალიზატორი II სერია	Aidex CGM გლუკოზის უწყვეტი 24 სთ-ნი არაინვაზიური მონიტორინგის სისტემა III სერია
1	315	285,8	302
2	319	283,3	295
3	323	285	292
4	305	288	308
5	318	302,2	305
6	310	317	310
7	317	280,1	298
8	308	288	295
9	321	289,1	300
10	315	304,9	304
\bar{G}	315,1	292,34	300,9

ექსპერიმენტული კვლევის პირველ ეტაპზე გამოვიკვლიეთ მიღებული შედეგების ერთგვაროვნება, მონაცემების გაერთიანების შესაძლებლობის დასადგენად, ანუ მათი ისე წარმოდგენა რომ ჩაითვალოს როგორც ერთი ტიპის გაზომვები სამ სერიად.

თითოეული ხელსაწყოს შედეგების საშუალო კვადრატული გადახრა

1. გლუკომეტრი Caresens N Premier

$$S_I = \sqrt{\frac{(G_i - \bar{G})^2}{n-1}} = 315,1 \pm 2,94 \tag{1}$$

2. ავტომატური ბიოქიმიური ანალიზატორი KENZA 240 TX

$$S_{II} = 295,34 \pm 6,17 \quad (2)$$

3. გლუკოზის უწყვეტი 24 სთ-ნი არაინვაზიური მონიტორინგის სისტემა Aidex CGM

$$S_{III} = 300,9 \pm 5,95 \quad (3)$$

ხოლო ხელსაწყოთაშორის გაზომვების საშუალო კვადრატული გადახრა

$$S = \sqrt{\frac{(G_i - \bar{G})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2}{n(n-1)}} = 6.67 \quad (4)$$

აღმატება ცალკეული ხელსაწყოების საშუალო კვადრატულ გადახრას. ეს მიუთითებს, რომ ამ მონაცემების გაერთიანება დამატებითი თეორიული კვლევების გარეშე მაღალი რისკის შემცველია. საჭიროა დამატებითი თეორიული კვლევები.

რადგან ხშირია შემთხვევები, როდესაც ერთი და იგივე პროცესების შესწავლას ახორციელებენ სხვადასხვა მკვლევრები ან ექსპერიმენტები ტარდება ერთიდაიგივე დანიშნულების სხვადასხვა ტიპის საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით, სხვადასხვა ლაბორატორიებში, კლინიკებსა თუ ქვეყნებში, გაზომვის სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით ცხადია, რომ დაკვირვებათა ამ ჯგუფების შედეგების გაერთიანება უფრო ნათელ წარმოდგენას მოგვცემს შესასწავლ პროცესზე.

ასეთი ტიპის გაერთიანება მექანიკურ დონეზე დაუშვებელია, მხოლოდ იმ მონაცემების გაერთიანებაა შესაძლებელი, რომელთა ერთგვაროვნება დასაბუთებულად შეიძლება ჩაითვალოს. აღნიშნული მოიცავს ეტაპებს სადაც თანამიმდევრობით უნდა შემოწმდეს გასაერთიანებელი ჯგუფების დისპერსიების ერთგვაროვნება, შემდეგ მათი საშუალო არითმეტიკულების განსხვავების არსებობა და ამის შემდეგ, მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, შეიძლება დაკვირვებათა შედეგების გაერთიანება.

დაკვირვებათა შედეგების დისპერსიების ერთგვაროვნების შეფასებისათვის, როდესაც საქმე გვაქვს ორზე მეტი ჯგუფების დაკვირვებათა შედეგებთან ამასთან ჯგუფებში პარალელურ დაკვირვებათა რაოდენობა თანაბარია იყენებენ კოკრენის კრიტერიუმს.

როგორც აღწერილი იყო, ჩვენი ექსპერიმენტის შედეგები სამი ჯგუფის ათ-ათი თანაბარი რაოდენობის დაკვირვებათა შედეგი. აღნიშნოთ ჯგუფების რაოდენობა $L=3$, ხოლო დაკვირვებათა რაოდენობა თითოეულ ჯგუფში $n=10$.

კოკრენის კრიტერიუმის თანახმად განისაზღვრება თითოეული ჯგუფის დაკვირვებათა შედეგები S_I , S_{II} და S_{III}

შემდეგ ეტაპზე მიღებული დისპერსიის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა იყოფა ყველა მიღებული დისპერსიების ჯამზე

$$Q = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^L S_i^2} = \frac{6.17^2}{2.94^2 + 6.17^2 + 5.95^2} = 0.46 \quad (5)$$

კოკრენის კრიტერიუმის მიედვით მიღებული საანგარიშო მნიშვნელობა თუ ნაკლებია კოკრენის ცხრილურ მნიშვნელობაზე $Q \leq Q_{\alpha,b}$ მაშინ განხილულ ჯგუფებს შორის დისპერსიები არსებითად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან ანუ ერთგვაროვანია და მათი გაერთიანება შესაძლებელია. ჩვენი შემთხვევისათვის კოკრენის ცხრილის მიხედვით (ცხ.2) $Q_{\alpha,b} = 0.6167$ და მონაცემთა გაერთიანება შესაძლებელია.

კოკრენის ცხრილის ფრაგმენტი

ცხრილი 2

n-1 L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8772	0,8534	0,8332	0,8159	0,8010	0,7880	...
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530	0,6338	0,6167	0,6025	...

კოკრენის კრიტერიუმის მიხედვით გაერთიანებული მონაცემები შესაძლებელია ჩაითვალოს ერთი ჯგუფის გაზომვის შედეგებად და მათთვის გამოითვალოს საერთო დისპერსია. განსხვავებით (4) ფორმულით ნაპოვნი შედეგისა, რომელიმე გაზომვების თითოეულ ჯგუფს განვიხილავდით, როგორც სამ სერიად ჩატარებულ გაზომვის შედეგებს.

გაერთიანებული (30 მონაცემი) ჯგუფს საერთო დისპერსია და საშუალო არითმეტიკული ანუ გაზომვის საბოლოო შედეგი იქნება (გლუკოზის შემცველობა სისხლში).

$$G = 303,8 \pm 15,06 \quad (6)$$

მნიშვნელოვანია ასევე გაზომვათა თითოეული ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულების ერთგვაროვნების განსაზღვრა, რაც მათი გაერთიანების ისეთივე პირობაა, როგორც დისპერსიების ერთგვაროვნება.

საშუალო არითმეტიკულების განსხვავებების არსებობის შესამოწმებლად გამოიყენება ფიშერის კრიტერიუმი, რომელიც დაფუძნებულია შემდეგი ალგორითმის გამოყენებაზე:

- გამოითვლიან თითოეული ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულების; $\bar{y}_1, \bar{y}_2 \dots \bar{y}_n$; ესენია:

I ჯგუფისთვის- 315,1;

II ჯგუფისთვის- 292,34;

III ჯგუფისთვის- 300,9

- ერთობლივ საშუალოს

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L n_i \bar{y}_i = \frac{1}{30} (10 \cdot 315,1 + 10 \cdot 292,34 + 10 \cdot 300,9) = 302,78;$$

N-დაკვირვებათა საერთო რაოდენობაა ყველა ჯგუფში და გვექნება

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_L = 30$$

- ჯგუფთაშორისი დისპერსია $S_{\Sigma L}^2$;

$$S_{\Sigma L}^2 = \frac{1}{L-1} \sum_{i=1}^L n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{3-1} [10(315,1 - 302,78)^2 + 10(292,34 - 302,78)^2 + 10(300,9 - 302,78)^2] = 0,5(1517,82 + 1077,4 + 3,53) = 1321,55;$$

- ჯგუფების შიგნით დისპერსიების გასაშუალებელი მნიშვნელობის გასაგებად ცალკ-ცალკე ვიანგარიშით მდგენელები

$$\bar{S}_{nl}^2 = \frac{1}{N-L} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = \frac{1}{30-3} \{[(1859,73)]\} = 69$$

- ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობის გასაგებად

$$F = \frac{S_{\Sigma L}^2}{\bar{S}_{nl}^2} = \frac{1299,2}{69} = 18,83$$

ფიშერის კრიტერიუმის ზედა ზღვრული მნიშვნელობის მოსაძებნად ფიშერის ცხრილის მეორე სვეტის (რომელიც დისპერსიის თავისუფლების ხარისხია L-1=2) 27 სტრიქონის (რომელიც \bar{S}_{nl}^2 დისპერსიის თავისუფლების ხარისხია N-L=30-3=27) გადაკვეთაზე მოიძებნება $F_{\phi} = 3,34$, ხოლო ქვედა კრიტიკული მნიშვნელობისათვის $F_j = 1/3,34 = 0,299$

ვინაიდან საანგარიშო მნიშვნელობა 18,83 არ მოთავსდა ქვედა და ზედა კრიტიკულ მნიშვნელობებს შორის, ამიტომ უნდა ჩაითვალოს, რომ ჯგუფების საშუალო

არითმეტიკულები არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რაც მიუთითებს, რომ ჯგუფის მონაცემებს შორის არსებობს წანაცვლება.

კვლევის შემდგომ ეტაპზე გამოვიკვლიოთ ჯგუფის მონაცემებს შორის წანაცვლების ხასიათი. (აბეს კრიტერიუმით). როდესაც საშუალო არითმეტიკული ჯგუფიდან ჯგუფზე გადასვლისას მონოტონურად იზრდება ან მცირდება, საქმე გვაქვს საშუალო არითმეტიკულის სისტემატურ წანაცვლებასთან. როდესაც საშუალო არითმეტიკული ხან იზრდება, ხან მცირდება, საქმე გვაქვს შემთხვევით წანაცვლებასთან.

წანაცვლების ხასიათის დადგენა წარმოებს აბეს კრიტერიუმით. გვაქვს დაკვირვებათა სამი ჯგუფი L1, L2 და L3. აბეს კრიტერიუმის თანახმად, უნდა გამოვთვალოთ თითოეული ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულები: \bar{y}_1 , \bar{y}_2 , და \bar{y}_3 . შემდეგ მეზობელი ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულების სხვაობები:

$$d_1 = \bar{y}_2 - \bar{y}_1 ; \quad d_2 = \bar{y}_3 - \bar{y}_2;$$

$$\text{როგორც ცნობილია: } \bar{y}_1 = 315,1; \quad \bar{y}_2 = 292,34; \quad \bar{y}_3 = 300,9$$

ჩავსვათ, შესაბამისი მნიშვნელობები, მაშინ გვექნება:

$$d_1 = \bar{y}_2 - \bar{y}_1 = 292,34 - 315,1 = -22,76$$

$$d_2 = \bar{y}_3 - \bar{y}_2 = 300,9 - 292,34 = 8,56$$

ხოლო ერთოლივი საშუალო იქნება:

$$\bar{\bar{y}} = \frac{10 \times 315,1 + 10 \times 292,34 + 10 \times 300,9}{30} = 302,78$$

განვსაზღვროთ სათანადო დისპერსიები:

$$S^2_d = \frac{1}{2(L-1)} \times \sum_{i=1}^{L-1} d_i^2 = 147,8$$

$$S^2_{\bar{y}} = \frac{1}{L-1} \sum_{i=1}^L (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2 = 132$$

აბეს კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობაა:

$$V = S^2_d / S^2_{\bar{y}} = 1,12$$

ვინაიდან გვაქვს პარალელურ დაკვირვებათა 3 ჯგუფი (L=3), ამიტომ აბეს კრიტერიუმის ცხრილური მნიშვნელობა $V_{0,38} = 0,38$. ვინაიდან საანგარიშო მნიშვნელობა აღემატება ცხრილურ მნიშვნელობას $V = 1,12 > 0,38$, ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულების წანაცვლებას შემთხვევითი ხასიათი გააჩნია.

დასკვნა

ამრიგად, საშუალო კვადრატული გადახრების შედარების მიხედვით ყველაზე კარგი შედეგი გლუკომეტრი Caresens N Premier გამზომ საშუალებას აქვს. ეს საკმაოდ მოულოდნელი შედეგია ამიტომ ამ ეტაპზე რაიმე გაბედული დასკვნების გაკეთება ჯერ ნაადრევია. მოითხოვს დამატებით თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევას.

რადგან აბეს კრიტერიუმის მიხედვით საშუალო არითმეტიკულების წანაცვლებას შემთხვევითი ხასიათი აქვს, ამიტომ დაკვირვებათა შედეგების გაერთიანება უნდა მოვახდინოთ ისევე, როგორც მონაცემებისა, როდესაც დისპერსიები ერთგვაროვანია, ხოლო საშუალო არითმეტიკულები კი არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისგან.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. KENZA 240 TX Automated Biochemistry Analyzer, User manual, Version 2018-07, Biolabo Diagnostic.

2. Caresens N premier blood glucose monitoring system, 2017, www.i-sens.com/smartlog

3. Aidex CGM Continuous Glucose Monitoring System User Guide, Microtech Medical (Hangzhou) Co, LTD

4. ი. ზედგენიძე, საინჟინრო ექსპერიმენტის ორგანიზაცია და დაგეგმვა, ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2000

5. სტატია ჟურნალი „მოამბე“ სამედიცინო ლაბორატორიული ანალიზატორების და პროცესების ხარისხის კონტროლის გაუმჯობესების გზები (მ.ბაბუაშვილი) 2022, დეკემბერი.

6. XXVI პოლიფროფილური სამედიცინო კონფერენცია, კლინიკური პრაქტიკის საერთაშორისო სტანდარტი 2023, იანვარი. მოხსენება „გლუკოზის უწყვეტი 24 სთ მონიტორინგის სისტემა. მ. ბაბუაშვილი

7. მრავალპროფილური სამედიცინო კონფერენცია რუსთავის და ქვემო ქართლის მედიკოსთა მონაწილეობით. 2023, აპრილი. მოხსენება „გლუკოზის უწყვეტი 24 სთ მონიტორინგის სისტემა. მ. ბაბუაშვილი;

8. გოგიჩაძე გიორგი, ლექსიკონი ბიოლოგიური და სამედიცინო ტერმინები და ცნებები / გ. გოგიჩაძე, გ. კანდელაკი, თ. გოგიჩაძე. - თბ. : [მერიდიანი], 2011. - 442გვ. ; 20სმ. - ყდაზე ავტ. მითით. არ არის. - რეზ. რუს. და ინგლ.. - ISBN: 978-9941-10-427-5[MFN: 146200]

Comparative analysis of determination of quantitative indicators of glucose using different equipment methods

Nodari Abelashvili, Malkhaz Babuashvili

Georgian Technical University

n.abelashvili@gtu.ge, bmalkhaz@gmail.com

Resume

The report presents a comparative analysis of the experimental determination of glucose content in human blood with three different tools. With one of them, 10 parallel measurements of glucose in the patient's venous blood serum were performed on the automatic biochemical analyzer KENZA 240 TX in the laboratory of the Tbilisi clinic of the Geo-hospital network. Venipuncture was used. Venous blood (about 2 milligrams) was collected in a single tube. In order to avoid various errors and minimize them, in 10-15 minute intervals. In the second case, we performed 10 measurements with 1-minute intervals with the same venous blood glucometer device CareSens N-Premier. in the third case, parallel to the above, the indicators obtained from the Aidex CGM system for continuous glucose monitoring were collected every 4 minutes for 1 hour, and the analyzer made 10 parallel measurements using 1 test tube, of 10 measurements. During the measurements, the working temperature of the devices was 21-22°C, and the humidity was 45%. (Normal conditions intended for the working mode of the devices). The statistical data of all three measuring devices were presented in the form of a table sheet. The obtained data were processed using the methods of mathematical statistics, where the average of the observations of each instrument and their mean square deviation values were calculated, as well as the magnitude of the root mean square deviation of the inter-instrument measurements. An assessment of the homogeneity of the results of the observations was carried out using the Cochran criterion in order to reveal the possibility of combining them. For each group of measurements, the homogeneity of arithmetic means was determined using Fisher's test. For each group of measurements, the homogeneity of arithmetic means was determined using Fisher's test. The nature of the shift between group data was examined using Abe's criterion. The primary results of the experimental study were presented. According to the conducted experimental studies, it is determined that the error of each measuring device is within the limits

of the permissible change defined by the normative documents, but the combination of these data is not allowed due to their non-uniformity. This may create some difficulties when conducting inter-laboratory qualification testing, when conducting, because it may become impossible to combine the data received by different laboratories and, accordingly, an objective assessment of their (laboratories) competence may not be possible. To avoid this, we propose to use a robust method of data processing, where it is possible for all participating laboratories (meaning that the laboratory uses any one type of measurement) Aggregation of data, because data are grouped not by the arithmetic mean but by the median of the results obtained.

Based on the drawn conclusion, the direction and character of further theoretical and experimental studies will be determined.

Keywords: Glucometer, automatic biochemical analyzer, continuous non-invasive monitoring system, mean square deviation, uniformity of arithmetic mean of measurements.

მიკროპროცესორული საზომი სისტემა პირველადი ინფორმაციის მიღების ოპტიკური არხებით

ზაალ აზმაიფარაშვილი, გურამ მურჯიკნელი, ლადო სეხნიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

z.azmaiparashvili@gtu.ge, gurami.murjikneli@gtu.ge, sekhniashvili.l@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მიკროპროცესორული საზომი სისტემა, რომლის საშუალებითაც საკვლევი ობიექტიდან ხდება პირველადი ინფორმაციის უშუალოდ მიღება, წინასწარი ციფრული გარდაქმნა და მონაცემების დისტანციურად (რამოდენიმე ათეულ ან ასეულ მეტრის მანძილზე) მიწოდება საბოლოო გადამუშავებისთვის. მონაცემთა გაცვლისათვის გამოყენებულია ორი ან მეტი ოპტიკურ-იზოლირებული დამოუკიდებელი არხი მონაცემთა სინქრონული გაცვლის სპეციალიზებული ალორითმის გამოყენებით, რაც განაპირობებს მონაცემთა შეუფერხებელ და სწრაფ გადაცემას. მოყვანილია საზომი სისტემის ზოგადი სტრუქტურული სქემა. შედგენილია ორ არხიანი საზომი სისტემის სიმულაციური მოდელები ავტომატური დაპროექტების სისტემის Proteus-ის ბაზაზე. შემოთავაზებულია მონაცემთა გაცვლის ალგორითმი და შექმნილია შესაბამისი პროგრამა-დრაივერი ასემბლერის ენაზე PIC მიკროკონტროლერების ბრძანებათა სისტემის გამოყენებით. მოყვანილია რეალიზებული პროგრამის ციკლოგრამები და მონაცემთა გაცვლის ოსცილოგრამები.

საკვანძო სიტყვები: პირველადი ინფორმაცია, საზომი სისტემა, მიკროკონტროლერი, სენსორული მოდული, მონაცემთა გადაცემა, ოპტიკური არხი, მთავარი კონტროლერი

შესავალი

თანამედროვე საზომი სისტემები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების პარამეტრების განსაზღვრისათვის, სამეცნიერო კვლევების ავტომატიზაციის სისტემებში, კომპლექსურ საზომ მოწყობილობებში, მცირე ავტომატიზაციის სისტემებში, უსაფრთხოების სხვადასხვა სისტემებში და ა.შ. ინფორმაციის დამუშავების სისტემების განვითარების ამჟამინდელი ეტაპი ხასიათდება მიკროპროცესორებისა და მიკროკონტროლერების არქიტექტურისა და ძირითადი პარამეტრების განვითარებით, ანალოგური ინფორმაციის პირველადი დამუშავების მაღალ ინტეგრირებული ქვესისტემების შექმნით, (ანალოგურ – ციფრულ და ციფრულ – ანალოგური გარდამქმნელები, კომუტატორები, გენერატორები და სხვ.), შექმნილი სისტემების ღირებულების მნიშვნელოვანი შემცირების ტენდენციით [1]. ამ ფაქტორებმა განაპირობა პირველადი ინფორმაციის რეალურ დროში წინასწარი დამუშავებისა და საზომი ინფორმაციის დაუმახინჯებლად გადაცემის სისტემების განვითარება.

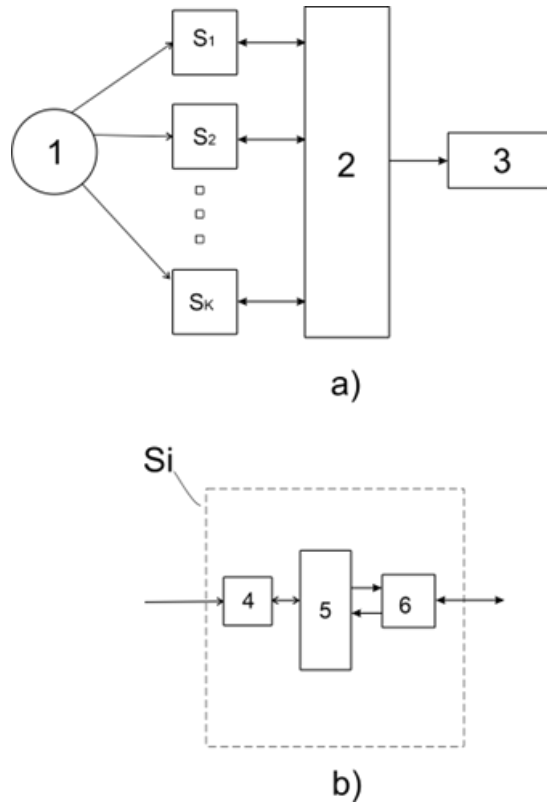
ძირითადი ნაწილი

1.1 მიკროპროცესორული საზომი სისტემის ზოგადი სტრუქტურა

ექსპერიმენტის დროს საზომი ობიექტისა და საზომი სისტემის ურთიერთქმედება გულისხმობს ინფორმაციის მატარებელი სიგნალების არსებობას. პირველადი საზომი ინფორმაციის მნიშვნელოვანი მატარებლებია: ელექტროდენი, ძაბვა, ელექტრომაგნიტური ველი და სხვა ელექტრული სიდიდეები. საკვლევი ობიექტის კვლევისათვის, პირველადი ელექტრული სიგნალი, როგორც წესი მცირე სიმძლავრისაა და როდესაც ობიექტსა და ინფორმაციის გადამუშავების მთავარ ბლოკს შორის მანძილი დიდია (რამოდენიმე ათეული ან ასეული მეტრი), ასეთი სიგნალის მანძილზე გადაცემა პრობლემატური ხდება და მიმართავენ ინფორმაციის წინასწარი გარდაქმნისა და გადაცემის სხვადასხვა მეთოდებსა და საშუალებებს.

შემოთავაზებული საზომი სისტემა ითვალისწინებს პირველადი ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში გარდაქმნას უშუალოდ გამოსაკვლევ ობიექტთან მახლობლობაში და საზომი ინფორმაციის მატარებელ მონაცემთა მიწოდებას ოპტიკურ-იზოლირებული არხების საშუალებით მთავარი (წამყვან) კონტროლერისთვის, რომლის საშუალებითაც ხდება ინფორმაციის საბოლოო გადამუშავება და მიზნობრივი ინფორმაციის წარდგენა დისპლეიზე. ამასთან შემოთავაზებულია მონაცემთა სინქრონული გაცვლის სპეციალიზებული ალგორითმი, რაც განაპირობებს მონაცემთა დაუმახინჯებელ და სწრაფად გადაცემას რეალურ დროში. ნახ.1-ზე მოცემულია მიკროპროცესორული საზომი სისტემის ზოგადი სტრუქტურული სქემა. იგი შეიცავს შემდეგ ბლოკებს: საკვლევი ობიექტი 1, $S_1 - S_k$ - პირველადი ინფორმაციის გარდამქმნელი იდენტური ბლოკები სხვა-და სხვა სახის სენსორებით, 2 - ინფორმაციის გადამამუშავებელი ბლოკი - ძირითადი კონტროლერი (წამყვანი კონტროლერი), 3 - საინდიკაციო დისპლეი. საზომი სისტემა მუშაობს შემდეგნაირად: პირველადი ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში გარდაქმნის იდენტური ბლოკებიდან მონაცემები დისტანციურად-ოპტიკური არხის საშუალებით, მიეწოდება მთავარ კონტროლერს 2, რომელიც მიღებულ ინფორმაციას საბოლოოდ გადაამუშავებს მოცემული ალგორითმის მიხედვით და მიზნობრივი ინფორმაცია აისახება საინდიკაციო დისპლეიზე. ობიექტის გამოსაკვლევად პირველადი ინფორმაციის გარდამქმნელი ბლოკები თავის მხრივ შეიცავენ

ერთ ან რამოდენიმე სენსორს, მიკროკონტროლერს და მონაცემთა შეუფერხებელი გადაცემის ოპტიკურ იზოლირებულ სინქრონიზაციის სქემას.



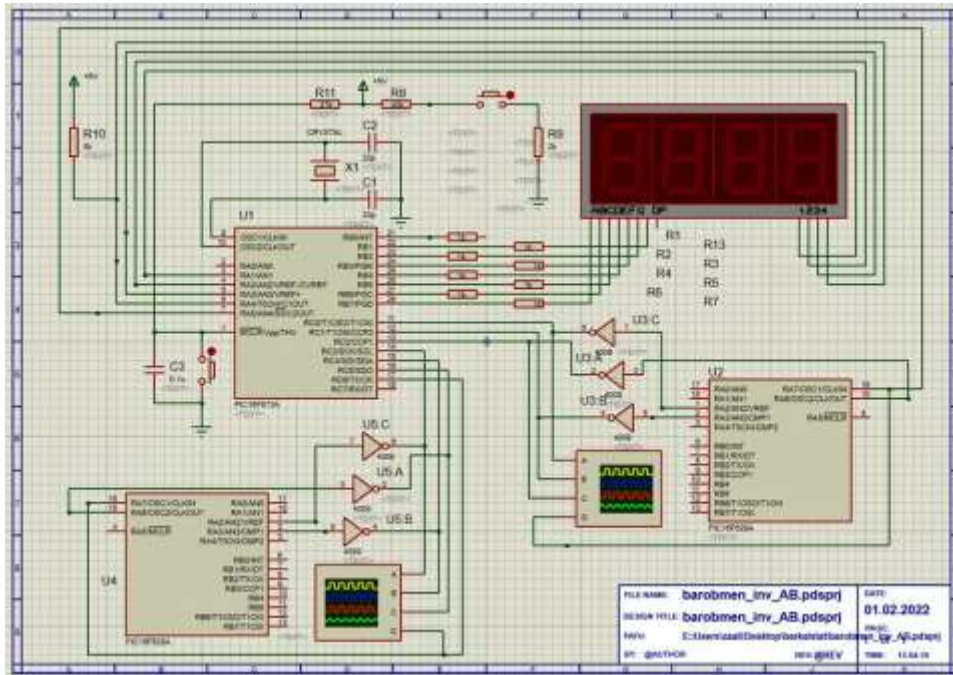
ნახ.1 მიკროპროცესორული საზომი სისტემის ზოგადი სტრუქტურული სქემა

- a) 1 - გამოსაკვლევი ობიექტი, S_1-S_k - პირველადი ინფორმაციის გარდაქმნის ბლოკები ოპტიკური საკომუნიკაციო არხებით, 2-მთავარი კონტროლერი; 3-საინდიკაციო დისპლეი.
- b) პირველადი ინფორმაციის S_i იდენტური გარდამქმნელის სტრუქტურული სქემა: 4 - სენორი, 5 - მიკროკონტროლერი, 6 - მონაცემთა გაცვლის ოპტიკური არხი.

1.2. ორ არხიანი საზომი სისტემის სიმულაციური მოდელი

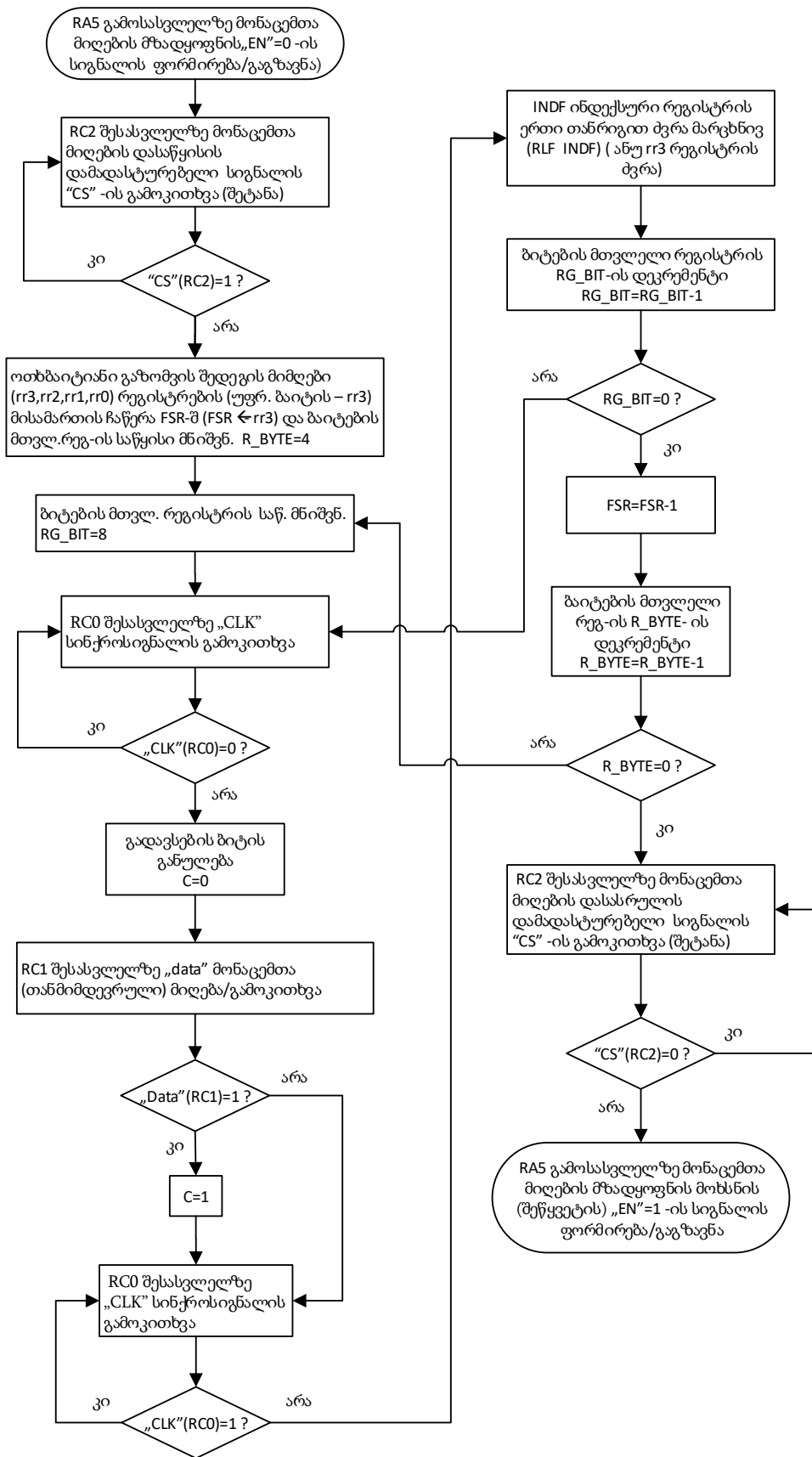
განვიხილოთ მონაცემთა გაცვლის ორ არხიანი მიკროპროცესორული საზომი სისტემის სიმულაციური მოდელი ავტომატური დაპროექტების კომპიუტერული სისტემის - Proteus-ის ბაზაზე, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.2-ზე. მოდელი შედგება სამი ბლოკისაგან . გამზომი მოწყობილობა ძირითადი მიკროკონტროლერი PIC16F873A - U1, 7-სეგმენტა ინდიკატორი ოთხი ათობითი თანრიგით, A და B (მაგ.წნევის) სენსორული მოდული მონაცემთა კავშირის ექვივალენტური ელემენტებით. ეს სენსორული მოდულები აგებულნი არიან PIC16F628a მიკროკონტროლერის ბაზაზე, შეიცავენ ერთი-და იგივე სახის ელემენტებს და ფიზიკურად განლაგებულნი არიან სხვა-და სხვა წერტილებში რამოდენიმე ათეული და ასეული მეტრის დაშორებაზე რაც არ არის ასახული მოდელირების სქემაზე. A სენსორული მოდული მოიცავს U4 მიკროკონტროლერს და U5 (U5.C-U5.B) ინვერტორებს და მიერთებულია ძირითადი მიკროკონტროლერის C პორტის RC3-RC6 თანრიგებთან. ხოლო B სენსორული მოდული - მოიცავს U2 მიკროკონტროლერს და U3 (U3.C-U3.B) ინვერტორებს და მიერთებულია ძირითადი მიკროკონტროლერის C პორტის RC0-RC2 თანრიგებთან და A პორტის RA5 თანრიგთან. ორი ერთნაირი და იდენტური სენსორული ბლოკიდან, სადაც უკვე გაზომილია

მონაცემები და ციფრულ ფორმაშია გარდაქმნილი, მონაცემები მიეწოდება ძირითად U1 მიკროკონტროლერს.



ნახ.2. მონაცემთა გაცვლის ორ არხიანი მკროპროცესორული საზომი სისტემის სიმულაციური მოდელი
1.3 მონაცემთა გაცვლის ალგორითმი და სიმულაციური მოდელი

შემოთავაზებულ მიკროპროცესორულ საზომ სისტემაში მონაცემთა გაცვლის ალგორითმი დამყარებულია მონაცემთა კვიტირებული გაცვლის პრინციპზე დასინქრონულად გადაიემა ოტხბაიტიანი მონაცემთა პაკეტი. შემუშავებული ალგორითმის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ.3-ზე



ნახ.3 მონაცემთა გაცვლის ალგორითმის ბლოკ-სქემა

ზემოთ მოყვანილი ალგორითმის მიხედვით 4-ბაიტანი მონაცემების მიღების ასემბლერზე შედგენილი პროგრამის ტექსტი

```
bcf INTCON, GIE ;ZAPRET PRERIV
```

```
bcf PORTA, 5  
btfsc PORTC, 2 ;chip select  
goto $-1  
movlw RR3  
movwf FSR  
movlw 0x04  
movwf RG_BYTE
```

mt1

```
movlw 0x08  
movwf RG_BIT
```

clock_opr

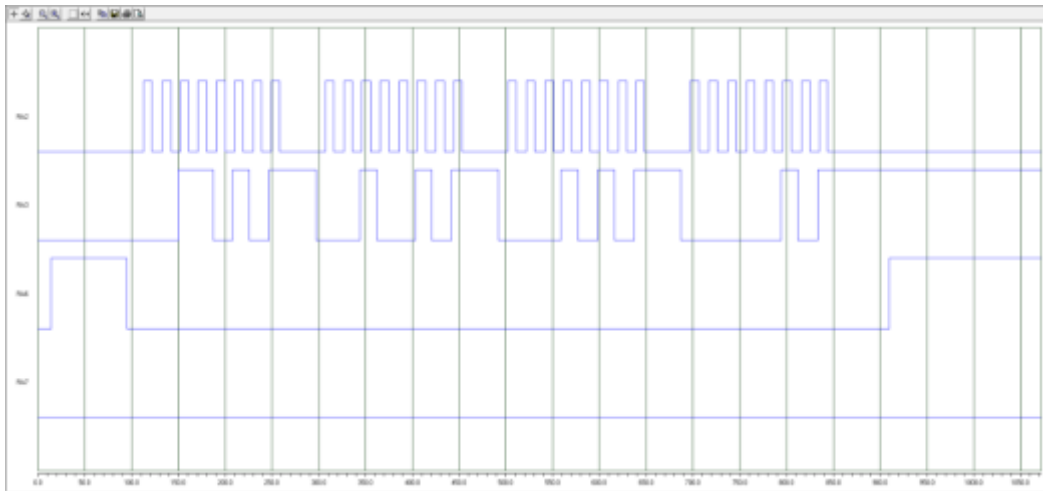
```
btfss PORTC,0 ;clock  
goto $-1  
bcf STATUS, 0 ;C=0  
btfss PORTC, 1 ;data  
goto sled  
bsf STATUS, 0 ;C=1
```

sled

```
btfsc PORTC, 0  
goto sled  
rlf INDF, f  
decfsz RG_BIT, f  
goto clock_opr  
decf FSR, f  
decfsz RG_BYTE, f  
goto mt1  
btfsc PORTC, 2 ;cs  
goto $-1  
bsf PORTA, 5 ; konec priema
```

```
bsf INTCON, GIE ;RAZRESHENIE PRERIV
```

4-ბაიტანი მონაცემების მიმდევრობითი გაცვლის პროგრამა-დრაივერის მუშაობის ამსახველი ციკლოგრამა მოცემულია ნახ.4-ზე.



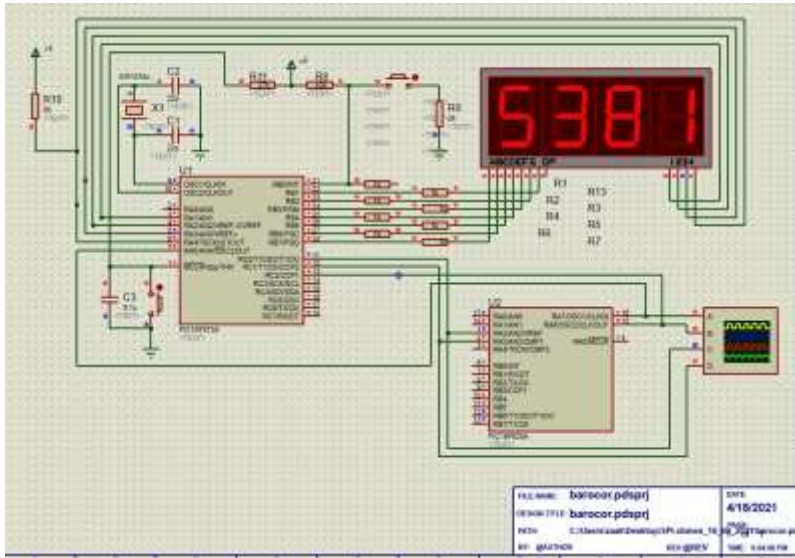
ნახ.4 მონაცემთა გაცვლის პროგრამა-დრაივერის მუშაობის ციკლოგრამა

ციკლოგრამაზე ასახული მაგალითის ანალიზი. თანმიდევრულად გადაიცემა 4 ბაიტანი მონაცემები რომლებიც ინახებიან ოპ. მეხსიერებაში (რეგისტრებში) RR3,RR2,RR1,RR0

RR3-უფროსი ბაიტა, ხოლო RR0-უმცროსი.მონაცემთა მიმდევრობითი გადაცემა იწყება უფროსი ბაიტის უფროსი ბიტიდან და მთავრდება უმცროსი ბაირის უმცროს ბიტამდე ჩათვლით. რეგისტრებში ჩაწერილია (ბინარული მონაცემები) ციფრული მონაცემები თექვსმეტობით ფორმატში RR3=35,RR2=25,RR1=15,RR0=05 რასაც ორობით ფორმატში ექნება შემდეგი სახე: RR3=00110101, RR2=00100101, RR1=00010101, RR0=00000101. სინქროსიგნალის წინა ფრონტის ფორმირებისას (0-დან 1-ში გადასვლა) ფიქსირდება მონაცემთა სალტეზე არსებული ციფრული სიგნალის მნიშვნელობა (0 ან 1) რითაც მკ-ის მეხსიერებაში (რეგისტრებში) ფიქსირდება მოცემულ ტაქტში მიღებული მონაცემის i-ური (i=32,31,30,...,2,1)თანრიგის მნიშვნელობა, რასაც შეესაბამება შემდეგი ჩანაწერი

$$[RR3,RR2,RR1,RR0] \rightarrow (00110101'00100101'00010101'00000101)_2 = (35251505)_{16} = (891622661)_{10}$$

ციფრულ ინდიკატორზე(იხ.ნახ.5) ასახულია გადაგზავნილი მონაცემების უმცროსი ორი ბაიტის ათობითი ექვივალენტი $[RR1,RR0] \rightarrow (00010101'00000101)_2 = (1505)_{16} = (5381)_{10}$

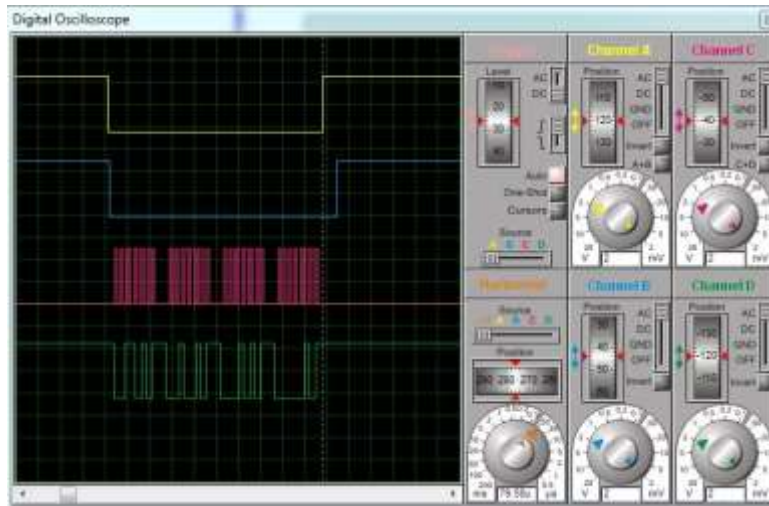


ნახ.5 მონაცემთა მიმდევრობითი გაცვლის (master-slave) ელექტრული სქემის მოდელი ქვემოთ მოყვანილ ცხრილ_1-ში მოცემულია ნახ.2-ზე ასახული სიგნალების აღწერა:

ცხრილი_1

#	სიგნალის სახელი	გადამცემი (slave) მკ-ის PIC16F628A შესასვლელ/გამოსასვლელი	მიმღები (master) მკ-ის PIC16F873A შესასვლელ/გამოსასვლელი	აქტიური სიგნალის აღწერა	პასიური სიგნალის აღწერა
1	სინქროსიგნალი "CLOCK"	გამოსასვლელი - RA2	შესასვლელი - RC0	1- მონაცემის ფიქსაცია	0-მონაცემთა ფიქსაციის ლოდინი
2	მონაცემები „data“	გამოსასვლელი - RA3	შესასვლელი - RC1	1/0	0/1
3	მონაცემთა გადაგზავნის დაწყება/დამთავრების სიგნალი „CS“	გამოსასვლელი - RA6	შესასვლელი - RC2	0- მონაცემების გადაცემის პროცესი	1-მონაცემთა გადაცემა დასრულებულია
4	მონაცემთა (მიღების მზადყოფნის) ნებართვის სიგნალი "EN"	შესასვლელი - RA7	გამოსასვლელი RA5	0- მონაცემთა მიღება ნებადართულია	1-მონაცემთა მიღება ეკრძალებულია

ქვემოთ მოცემულია მონაცემთა გაცვლის პროცესში მონაწილე სიგნალების ოსცილოგრამები ზემოთ მოყვანილი ელექტრული სქემის მიხედვით



ნახ.6. მონაცემთა გაცვლის პროცესის ოსცილოგრამა

დასკვნა

ამრიგად, შემუშავებულია მიკროპროცესორული საზომი სისტემის ზოგადი სტრუქტურული სქემა მონაცემთა გაცვლის ერთი ან რამოდენიმე ოპტიკურ იზოლირებული დამოუკიდებელი არხებით, შემოთავებულია მონაცემთა გაცვლის სპეციალიზებული ალგორითმი და შესაბამისი პროგრამა-დრაივერი, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის დაუმახინჯებელ და სწრაფ გადაცემას. წარმოდგენილი საზომი სისტემის გამოყენება შესაძლებელია ისეთ სფეროებში, სადაც საჭიროა ობიექტიდან პირველადი ინფორმაციის დისტანციურად გადაცემა და მიღებული მონაცემების ციფრული გადამუშავება მიკროკონტროლერების ან მიკროპროცესორების ბაზაზე (კომპიუტერის გარეშე), ასეთი სფეროებია: სხვა და სხვა სახის მონიტორინგის სისტემები; ტექნოლოგიური პროცესების პარამეტრების დადგენა; სამეცნიერო კვლევების ავტომატიზაციის სისტემები; კომპლექსურ საზომ მოწყობილობები; მცირე ავტომატიზაციის სისტემები; უსაფრთხოების სხვადასხვა სისტემები და სხვა.

შემოთავაზებული სისტემის ღირებულება დაბალია და მისი რეალიზაცია არ წარმოადგენს სირთულეს, რაც ხელმისაწვდომს ხდის ფართე მომხმარებლებისათვის.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ზ.აზმაიფარაშვილი, ო.ტომარაძე „სენსორები და ინტელექტუალური საზომი საშუალებები“ საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის საგამომცემლო სახლი 2017წ. 498 გვ. ISBN:978-9941-20-754-9
2. ა.ფრანგიშვილი, თ.ძაგანია, ზ.აზმაიფარაშვილი, ე.ბუცხრიკიძე, მ.მესხია. დიფერენციალური წნევის მონიტორინგის სისტემა სამედიცინო დაწესებულებებისთვის. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომები # 1(33), Vol. 1.1 2022, გვ. 5-12.

Microprocessor measuring system with optical channels for receiving primary information

Zaal Azmaiparashvili, Guram Murjikneli, Lado Sekhniashvili

Gorgian Technical University

z.azmaiparashvili@gtu.ge, gurami.murjikneli@gtu.ge, sekhniashvili.l@gtu.ge

Resume

A microprocessor measuring system is discussed, by means of which primary information is directly received from the research object, pre-digital transformation and data delivery remotely (at a distance of several tens or hundreds of meters) for final processing. Two or more optically isolated independent channels are used for data exchange using a specialized algorithm of synchronous data exchange, which ensures smooth and fast data transfer. The general structural scheme of the measuring system is presented. The simulation models of the two-channel measuring system are made based on the automatic design system Proteus. A data exchange algorithm is proposed and a corresponding program-driver is created in assembly language using the command system of PIC microcontrollers. Cyclograms of the implemented program and data exchange oscillograms are given.

Keywords: primary information, measurement system, microcontroller, sensor module, data transfer, optical channel, main controller

AI ტექნოლოგიები ვებ პროგრამირებაში

ლაშა იაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l.iashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია Chatbot და ვირტუალური ასისტენტების შექმნას ვებ აპლიკაციებში, აქცენტი ASP.NET და Laravel framework-ების გამოყენებით. ხელოვნური ინტელექტის მქონე ჩატბოტებს შეუძლიათ მომხმარებლების ჩართულობა, შეკითხვებზე პასუხის გაცემა და მორგებული ინფორმაციის მიწოდება.

ASP.NET-ის მაგალითში Chatbot აწვდიდა ინფორმაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (GTU) შესახებ, კონკრეტულ საკვანძო სიტყვებზე დაყრდნობით, ხოლო Laravel-ზე დაფუძნებული ჩატბოტი ჯერ მიესალმა მომხმარებელს და სთავაზობდა ინფორმაციას GTU-ს შესახებ.

Chatbot და ვირტუალური ასისტენტები სულ უფრო ღირებული ხდება თანამედროვე ვებ-განვითარებაში, ამლიერებს მომხმარებლის გამოცდილებას და ხელს უწყობს

მომხმარებლებთან ეფექტურ კომუნიკაციას. მათი პერსონალიზაციის ვარიანტები ხსნის აპლიკაციების ფართო სპექტრს სხვადასხვა ინდუსტრიაში, რაც მათ აუცილებელ ინსტრუმენტებად აქცევს დეველოპერებისთვის და ბიზნესისთვის.

საკვანძო სიტყვები: ASP.NET, Laravel, ხელოვნური ინტელექტი.

შესავალი

AI ტექნოლოგიები როლი დღევანდელ ეპოქაში დიდია, ერთ ერთი პირველ ხელოვნური ინტელექტის თეორიკოსად მოიზარება ალან ტურნირიც, ტურინგის ნაშრომში „გამოთვლითი რიცხვების შესახებ“ შემოიტანა თეორიული გამოთვლითი მანქანის კონცეფცია, იგი ხშირად განიხილება ხელოვნური ინტელექტის ფუნდამენტურ იდეად.

ხელოვნური ინტელექტის (AI) გამოყენებამ დიდი როლი ჰპოვა დაპროგრამირებაში რაც მეტყველებს იმაზე რომ შესაძლებელი გახდა როგორც კონკრეტულ საკითხზე ინფორმაციის მოძიება, ასევე გარკვეული პრობლემების გადაჭრა და სწორი პასუხების მიღება მოკლე დროში. წარმოდგენილია მცირე ჩამონათვალი ხელოვნური ინტელექტის და ვებ გვერდების შესახებ:

1. **შინაარსის რეკომენდაცია:** ვებ გვერდზე ინტეგრირებული AI-ს შეუძლია მის ალგორითმებს გააანალიზონ მომხმარებლის ქცევა, როგორცაა კითხვის ისტორია და პრეფერენციები, იგი გასცემს რეკომენდაციებს და ინარჩუნებს მომხმარებლებს ჩართულობას და მოუწოდებს მათ მეტი დრო გაატარონ ვებსაიტზე.
2. **კონტენტის გენერაცია:** AI-ზე მომუშავე კონტენტის გენერირების ინსტრუმენტები, როგორცაა GPT-3, Google Bard და სხვა რომელიც ეხმარება ახალი ამბების, სტატიების, ბლოგ პოსტების შექმნის ავტომატიზაციაში, რაც დაზოგავს დროს კონტენტის შემქმნელებს. ეს ხელსაწყოები ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ჩეთბოტების კონტენტის გენერირებისთვის, ხშირად დასმული კითხვებისთვის და სხვა.
3. **ძიება და ინფორმაციის მოძიება:** ხელოვნური ინტელექტის გაძლიერებული საძიებო სისტემები იყენებენ ალგორითმებს, როგორცაა Natural Language Processing (NLP) რომელიც გამოიყენება ძიების შედეგების გასაუმჯობესებლად.
4. **კონტენტის მოდერაცია:** AI-ს შეუძლია დაეხმაროს კონტენტის მოდერაციაში კომენტარებში და მომხმარებლის მიერ გენერირებულ კონტენტში შეუსაბამოს ან სპამის შინაარსის ავტომატურად იდენტიფიცირებით და მონიშვნით.
5. **ჩეთბოტები და ვირტუალური ასისტენტები:** AI-ზე მომუშავე ჩეთბოტებს შეუძლიათ რეალურ დროში დახმარება გაუწიონ მომხმარებლებს, უპასუხოს საერთო კითხვებს, დაეხმაროს ნავიგაციაში, ან მიაწოდონ განახლებები სიახლეები და ინფორმაცია.
6. **მონაცემთა ანალიზი:** ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება შესაძლებელია მონაცემთა დიდი ნაკრების გასაანალიზებლად, რომელიც დაკავშირებულია მომხმარებელთან.
7. **მომხმარებლის ჩართულობის ოპტიმიზაცია:** AI-ს შეუძლია შეამოწმოს სხვადასხვა განლაგება, სათაურები და შინაარსი მომხმარებლის ჩართულობისა და დაწკაპუნების სიხშირის ოპტიმიზაციისთვის. მას შეუძლია ავტომატურად მოახდინოს ვებსაიტის ადაპტირება იმის მიხედვით, თუ რა მუშაობს საუკეთესოდ აუდიტორიისთვის.
8. **ხმოვანი ასისტენტები და ხმოვანი ძიება:** ხელოვნური ინტელექტის საფუძველზე ხმის ამოცნობისა და ხმოვანი ძიების შესაძლებლობების ინტეგრირებამ შეიძლება გაუადვილოს მომხმარებლებს ახალი ამბებისა და ინფორმაციის წვდომა ხმოვანი ბრძანებების მეშვეობით.

თითოეული ხელოვნური ინტელექტი ეს იქნება GPT-3, Google Bard, askcodi.com codium.ai და სხვა, გვაძლევს ერთი და იმავე ამოცანაზე სწორ და ზუსტ პასუხებს კოდის წერისას.

2. ძირითადი ნაწილი

წინამდებარე სტატიის მიზანია, ხელოვნური ინტელექტის შემადგენელი ფუნქციები წარმოვადგინოთ ვირტუალური ასისტენტი ან Chatbot-ს გამოყენებით, ვებ გვერდები Asp.Net Framework და PHP Laravel Framework ბაზაზე.

ვებ პროექტი რომელიც დაწერილია Asp.Net Framework-ის გამოყენებით არსებულ პროექტში თუ ჩავაშენებთ AI ტექნოლოგიებს, იგი გაზრდის ვებ გვერდის დაცულობას, ძებნადობას, ინტერაქციას და ა.შ. ქვემოთ მოყვანილია მაგალითი პროექტში რომელშიც ინტეგრირებულია Chatbot, კოდი დაწერილია C# ენის ბაზაზე, და პროექტის მიზანია რომ Chatbot წარმოდგენილი იყოს როგორც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის chatbot-ი.

```
using Microsoft.Bot.Builder.Dialogs;
using Microsoft.Bot.Connector;
using System;
using System.Net;
using System.Net.Http;
using System.Threading.Tasks;

public class MessagesController : ApiController
{
    public async Task<HttpResponseMessage> Post([FromBody]Activity activity)
    {
        if (activity.Type == ActivityTypes.Message)
        {
            ConnectorClient connector = new ConnectorClient(new
Uri(activity.ServiceUrl));
            var reply = activity.CreateReply();

            var userMessage = activity.Text.ToLower();

            if (userMessage.Contains("hello"))
            {
                reply.Text = "Hello! Welcome to Georgian Technical University
(GTU). How can we help you today?";
            }
            else if (userMessage.Contains("tell me about gtu") ||
userMessage.Contains("gtu"))
            {
                var info = "Georgian Technical University (GTU) is a leading
educational institution in Georgia, known for its excellence in technical and
engineering education. GTU offers a wide range of programs in various fields,
including computer science, engineering, and more. Founded in [year], GTU has a rich
history of producing skilled professionals and contributing to technological
advancements in the region.";
                reply.Text = info;
            }
            else
            {
                reply.Text = "I'm sorry, I don't understand that command. You can ask
about GTU or say 'Hello' to start a conversation.";
            }
            await connector.Conversations.ReplyToActivityAsync(reply);
        }
        var response = Request.CreateResponse(HttpStatusCode.OK);
        return response;
    }
}
```

```
}  
}
```

წარმოდგენილია ძირითადი ნაწილი კოდის, რომელიც შესაძლებელია გააფართოვოთ და დააკონფიგურიროთ ჩატბოტის ლოგიკა სხვადასხვა სპეციფიკური მოთხოვნების შესაბამისად, მათ შორის ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება უფრო ინტელექტუალური პასუხებისა და ურთიერთქმედებისთვის, მოახდინოთ მისი დაკავშირება მონაცემთა ბაზასთან და მოგაწოს უფრო დეტალური და ამომწურავი პასუხი ამათუ იმ საკითხზე

ანლოგიური კოდი წარმოდგენილია Laravel-ის ბაზეზე:

```
// დააყენეთ BotMan Composer გამოყენებით  
composer require botman/botman
```

```
// შექმენით chatbot controller  
php artisan make:controller ChatbotController
```

```
// დაწერეთ chatbot ლოგიკა ChatbotController-ში
```

chatbotcontroller.php შეიქმნა ტერმინალიდან შემდეგი ბრძანებით

php artisan make:controller ChatbotController , სადაც ვახდენთ კოდის დაწერას ChatbotController

```
<?php  
namespace App\Http\Controllers;  
  
use BotMan\BotMan\BotMan;  
use Illuminate\Http\Request;  
  
class ChatbotController extends Controller  
{  
    public function handle(Request $request)  
    {  
        $botman = app('botman');  
  
        $botman->hears('Hello', function (BotMan $bot) {  
            $bot->reply('Hello! Welcome to Georgian Technical University (GTU).  
How can we help you today?');  
        });  
  
        $botman->hears('Tell me about GTU', function (BotMan $bot) {  
            $info = "Georgian Technical University (GTU) is a leading educational  
institution in Georgia, known for its excellence in technical and engineering  
education. GTU offers a wide range of programs in various fields, including  
computer science, engineering, and more. Founded in [year], GTU has a rich  
history of producing skilled professionals and contributing to technological  
advancements in the region."  
            $bot->reply($info);  
        });  
  
        $botman->fallback(function (BotMan $bot) {  
            $bot->reply("I'm sorry, I don't understand that command. You can ask  
about GTU or say 'Hello' to start a conversation.");  
        });  
  
        $botman->listen();  
    }  
}
```

3.დასკვნა

ჩვენ გამოვიკვლიეთ ჩატბოტის დანერგვა როგორც ASP.NET-ში Microsoft Bot Framework-ის გამოყენებით, ასევე Laravel-ში BotMan-ის გამოყენებით. ჩატბოტები ემსახურებიან როგორც ინტერაქტიულ ვირტუალურ ასისტენტს, რომელსაც შეუძლია უპასუხოს მომხმარებლის შეკითხვებს და მიაწოდოს ინფორმაცია.

ASP.NET-ის მაგალითში, ჩვენ „ვუპასუხეთ“ მომხმარებლის მიერ შეყვანილ ინფორმაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (GTU) შესახებ, სადაც გამოვლინდა კონკრეტული საკვანძო სიტყვები, როგორცაა "hello" ან "GTU". მოცემული კოდი აჩვენებს მარტივი ჩეთბოტის შექმნას Microsoft Bot Framework-ში, თუ როგორ შეიძლება მისი მორგება მომხმარებლის ურთიერთქმედების საფუძველზე კონკრეტული ინფორმაციის მისაღებად.

Laravel-ის მაგალითში, ჩვენ გამოვიყენეთ BotMan, რათა შეგვექმნა ჩატბოტი, რომელსაც შეუძლია მიესალმოს მომხმარებლებს და მოგვაწოდოს ინფორმაცია GTU-ს შესახებ მოთხოვნის შემთხვევაში. Laravel-ის მოქნილობამ მოგვცა საშუალება, მარტივად გაგვეერთიანებინა ეს ჩატბოტი ჩვენს ვებ აპლიკაციაში.

ორივე მაგალითის გამოყენებით შესაძლებელია შექმნას უფრო რთული ჩატბოტებისა და ვირტუალური ასისტენტების, სადაც შეუძლიათ მომხმარებელთა ინტერაქციის ფართო სპექტრი და უზრუნველყონ მორგებული პასუხები. ეს ჩატბოტები შეიძლება კიდევ უფრო გაძლიერდეს NLP შესაძლებლობების ინტეგრირებით და მონაცემთა გარე წყაროებთან ან API-ებთან დაკავშირებით.

ლიტერატურა - References

1. "Practical Natural Language Processing: A Comprehensive Guide to Building Real-World NLP Systems" by Sowmya Vajjala, Bodhisattwa Majumder, Anuj Gupta, and Harshit Surana 2021 year ISBN 978-1492054054
2. Building Chatbots with Python: Using Natural Language Processing and Machine Learning by Sumit Raj 2020 year
3. Hands-On Chatbots and Conversational UI Development: Build chatbots and voice user interfaces with Chatfuel, Dialogflow, Microsoft Bot Framework, Twilio, and Alexa Skills" by Srini Janarthanam 2019 year ISBN 978-1788294669

AI technologies in web programming

Lasha Iashvili

Georgian Technical University

l.iashvili@gtu.ge

Resume

Discusses The Creation Of Chatbots And Virtual Assistants In Web Applications, Focusing On ASP.NET And Laravel Frameworks. AI-Powered Chatbots Can Engage Users, Answer Questions, And Provide Customized Information.

In The ASP.NET Example, The Chatbot Provided Information About Georgia Technical University (GTU) Based On Specific Keywords, While The Laravel-Based Chatbot Greeted Users And Offered Information About GTU Upon Request. Both Examples Were The Starting Point For Creating More Advanced Chatbots.

Chatbots And Virtual Assistants Are Becoming Increasingly Valuable In Modern Web Development, Enhancing The User Experience And Facilitating Effective Communication With Customers. Their Customization Options Open Up A Wide Range Of Applications In Different Industries, Making Them Essential Tools For Developers And Businesses.

Keywords: ASP.NET, Laravel, artificial intelligence.

ახალი კრიპტოგრაფიული ალგორითმის აგების შესაძლებლობა

ლევანი ჯულაყიძე*, ზურაბ ქოჩლაძე**, თინათინ კაიშაური§
julakidzelevan08@gtu.ge* zurab.kochladze@tsu.ge** t.kaishauri@gtu.ge§

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ჟიული შარტავას სახელობის ინფორმაციული ტექნოლოგიების ლაბორატორია, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, ასისტენტ პროფესორი, თბილისი, საქართველო

**ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, კომპიუტერული მეცნიერების დეპარტამენტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ასოცირებული პროფესორი, თბილისი, საქართველო

§საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო

რეზიუმე

თანამედროვე კრიპტოგრაფია წარმოადგენს ქვაკუთხედს კომპიუტერსა და საკომუნიკაციო უსაფრთხოებას შორის. ის ეფუძნება ისეთ მათემატიკურ ცნებებს როგორცაა: რიცხვთა თეორია, ალბათობის თეორია, მრავალწევრთა ალგებრა და ა.შ. ნაშრომში წარმოდგენილი და აღწერილია ახალი სიმეტრიული ალგორითმის აგების ორიგინალური მეთოდი. ამ მეთოდის მისაღებად დამუშავებულ იქნა შესაბამისი მასალა, ისეთი როგორცაა: სიმეტრიული კრიპტოსისტემა და **tweakable** ბლოკური შიფრები. თანამედროვე კრიპტოგრაფიაში სიმეტრიული ბლოკური შიფრები, რომლებიც აგებულია კლასიკური კრიპტოგრაფიის პრინციპებზე, შეუცვლელნი არიან ღია არხში დიდი მოცულობის კონფიდენციალური ინფორმაციის გადაცემის დროს. ამავე დროს მათ იმდენად დიდი შესაძლებლობები გააჩნიათ, რომ შესაძლებელია მათი გამოყენება სხვადასხვა კრიპტოგრაფიული კონსტრუქციების ასაგებადაც. ამ შიფრების ძირითადი ნაკლია მათი დეტერმინირებულობა. სწორედ ამ ნაკლის გამოსწორების მიზნით, დღეს უკვე არსებობს ე.წ. tweakable ბლოკური შიფრები. ეს მიმართულება წარმოადგენს თანამედროვე კრიპტოგრაფიის ერთ-ერთ ყველაზე ახალ მიმართულებას. ჩვენს ნაშრომში განხილულია ასეთი შიფრის აგების პრობლემა ჰილის ალგორითმის გამოყენებით. როგორც ცნობილია, ჰილის ალგორითმი წარმოადგენს ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს დიფუზიის მისაღწევად. ნაშრომში ძირითადი ყურადღება ექცევა ჰილის ალგორითმის რეალიზაციას ისე, რომ ალგორითმი იყოს სწრაფი, რაც წარმოადგენს სიმეტრიული ალგორითმების აუცილებელ თვისებას.

საკვანძო სიტყვები: კრიპტოგრაფია. ბლოკური შიფრი. ჰილის ალგორითმი.

1. შესავალი

როგორც ცნობილია, იმის გამო, რომ ღია გასაღებიანი შიფრების სიჩქარე ძალიან დაბალია, ინფორმაციის კონფიდენციალურობის დასაცავად ძირითადად გამოიყენება სიმეტრიული ბლოკური ალგორითმები. ბლოკური შიფრები ზოგჯერ არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც არქიტექტურით, ასევე გამოყენებული ოპერაციებით და ხშირად რაუნდების რაოდენობების მიხედვითაც, მაგრამ მათი მუშაობის შედეგი ყოველთვის ერთი და იგივეა. **n** სიგრძის ბიტური სტრიქონი, რომლის სტრუქტურაც განსაზღვრულია ღია ტექსტით, **k** სიგრძის გასაღების გამოყენებით, რომელიც ასევე წარმოადგენს **k** სიგრძის ბიტურ სტრიქონს და გარკვეული ოპერაციების გამოყენებით, მრავალჯერადი იტერაციის შემდეგ გადადის ისევ **n** სიგრძის ფსევდოშემთხვევით ბიტურ

სტრიქონში. ფაქტობრივად, მათემატიკურად ნებისმიერი ბლოკური შიფრი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ორ ცვლადზე დამოკიდებული ფუნქცია

$$E : \{0,1\}^k \times \{0,1\}^n \longrightarrow \{0,1\}^n \quad (1)$$

სადაც $\{0,1\}^k$ აღნიშნავს k სიგრძის ბიტურ სტრიქონს. k -ს და n -ს მნიშვნელობები კი დამოკიდებულია დაშიფვრის კონკრეტულ ალგორითმზე.

პრაქტიკულად, თითოეული ფიქსირებული $K \in \{0,1\}^k$ -თვის დაშიფვრის ფუნქცია წარმოადგენს გადანაცვლებას $\{0,1\}^n$ -ზე. როგორც ვიცით, კ. შენონმა თავის ფუნდამენტურ ნაშრომში აჩვენა, რომ არსებობს ასეთი ტიპის ერთადერთი თეორიულად გაუტეხავი სიმეტრიული შიფრი (ერთჯერადი ბლოკნოტი), რომლის წარმატებული ფუნქციონირებისთვის აუცილებელია შემდეგი პირობების შესრულება: გასაღების სიგრძე უნდა იყოს ღია ტექსტის სიგრძის ტოლი, გასაღები უნდა წარმოადგენდეს აბსოლუტურად შემთხვევით მიმდევრობას და გასაღები უნდა გამოვიყენოთ მხოლოდ ერთხელ (ამიტომ უწოდეს ამ შიფრს ერთჯერადი ბლოკნოტი). ცხადია, რომ ასეთი შიფრის გამოყენება ყოველდღიურ პრაქტიკაში ძალიან მოუხერხებელია. ყველა დანარჩენი სიმეტრიული ალგორითმი კი შეიძლება იყოს მხოლოდ გამოთვლადად მედეგი კრიპტოანალიზური შეტევების მიმართ, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ მოწინააღმდეგეს გააჩნია შემოუსაზღვრავი შესაძლებლობები, მას ყოველთვის შეუძლია გატეხოს ასეთი შიფრები [1].

მაგრამ პრაქტიკაში ჩვენ არ გვხვდება მოწინააღმდეგე შემოუსაზღვრავი შესაძლებლობებით, ამიტომ ალგორითმის უსაფრთხოების დადგენის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ვიპოვოთ რაოდენობრივი თანაფარდობები კრიპტოანალიტიკოსის შესაძლებლობებსა და შიფრის მედეგობას შორის, რაც მოგვცემს საშუალებას რაოდენობრივად შევაფასოთ სიმეტრიული შიფრების უსაფრთხოება კრიპტოანალიზური შეტევების მიმართ.

თუ კრიპტოანალიტიკოსოს მიზანია გამოთვალოს გასაღები, მაშინ ბლოკური შიფრების უსაფრთხოების ანალიზი შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი ამოცანის სახით: მოცემულია დაშიფვრის ფუნქცია $E_k(M) = C$, სადაც $K \in \{0,1\}^k$ არის უცნობი გასაღები. ამ დროს კრიპტოანალიტიკოსისათვის ცნობილია შესასვლელი და გამოსასვლელი მნიშვნელობების რაიმე q რაოდენობის წყვილები $(M_1, C_1), \dots, (M_q, C_q)$ და ის ცდილობს გამოთვალოს გასაღები.

ამ შემთხვევაში ბლოკური შიფრი იქნება უსაფრთხო, თუ საუკეთესო შეტევა, რომელიც შეუძლია განახორციელოს მოწინააღმდეგემ მოითხოვს ისეთი დიდი რაოდენობის q წყვილებს ან/და გამოთვლის ისეთ დიდ t დროს, რაც აღემატება კრიპტოანალიტიკოსის შესაძლებელობებს. ეს არის უსაფრთხოება გასაღების გამოთვლის მიმართ და იზომება რაოდენობრივად q და t პარამეტრების საშუალებით.

ღია ტექსტის სტრუქტურის დასამალად ყველაზე ეფექტურია ორი გარდაქმნის - მიმოფანტვის (**confusion**) და დიფუზიის (**diffusion**) გამოყენება. მიმოფანტვა არის გარდაქმნა, რომლის მიზანია დამალოს კავშირი გასაღებსა და შიფროტექსტს შორის, ხოლო დიფუზიის მიზანია გახადოს შიფროტექსტის თითოეული სიმბოლო დამოკიდებული ღია ტექსტის ყველა სიმბოლოზე, რაც მოგვცემს საშუალებას დავმალოთ ღია ტექსტის სტრუქტურა. რადგანაც სიმეტრიულ ალგორითმებში შეუძლებელია გამოვიყენოთ რთული მათემატიკური გარდაქმნები (ეს ამცირებს ალგორითმის სწრაფქმედებას), ამ მიზნების მისაღწევად თანამედროვე სიმეტრიულ კრიპტოგრაფიაში გამოიყენება ჩანაცვლების და გადანაცვლების ოპერაციები მრავალჯერადი იტერაციებით.

ბლოკური შიფრების კრიპტომედეგობაზე არსებით ზეგავლენას ახდენს ის ფაქტიც, რომ თავისი ბუნებით ბლოკური შიფრები დეტერმინირებული სისტემაა, ანუ ერთი და იგივე ღია

ტექსტი ერთი და იგივე გასაღების საშუალებით ყოველთვის გადადის ერთსა და იმავე შიფროტექსტში, რაც ძალიან უადვილებს კრიპტოანალიტიკოსს შიფრის გატეხვას.

ამ ნაკლის დაძლევის ცდილობენ დაშიფვრის რეჟიმების (ძირითადად **CBC** და **CTR** რეჟიმების) გამოყენებით, რომლებშიც გამოიყენება ინიციალიზაციის ვექტორი, რაც საშუალებას გვაძლევს ერთი და იგივე ღია ტექსტი ერთი და იგივე გასაღებით გარდავიქმნათ სხვადასხვა შიფროტექსტად, მაგრამ ერთი ინიციალიზაციის ვექტორის გამოყენება ხშირად არ არის საკმარისი ღია ტექსტის სტრუქტურის კარგად დასამალად.

2002 წელს გამოქვეყნდა მ. ლისკოვის, რ. რაივესტის და დ. ვაგნერის სტატია, რომელშიც წამოყენებულია იდეა გამოვიყენოთ ინიციალიზაციის ვექტორი არა დაშიფვრის რეჟიმში, არამედ თვით ალგორითმში, ამასთან არა ერთხელ, დასაწყისში, როგორც ეს ხდება დაშიფვრის რეჟიმში, არამედ რამდენჯერმე, თანაბარი ინტერვალებით იტერაციის სხვადასხვა ეტაპებზე. ეს მოგვცემს საშუალებას უფრო კარგად დავმალოთ ღია ტექსტის სტრუქტურა შიფროტექსტში. ასეთ ალგორითმებს ავტორებმა უწოდეს **tweakable** ბლოკური შიფრები [2,3].

ამ სტატიაში განხილულია, ჩვენს მიერ ერთი ასეთი ტიპის ახალი ალგორითმის აგების შესაძლებლობა. იგი იყენებს ჰილის ცნობილი ალგორითმის მოდიფიკაციას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ძალიან სწრაფად შევასრულოთ დიფუზიური გარდაქმნა.

2. ჰილის მოდიფიცირებული ალგორითმი

ჩვენი მიზანია ავაგოთ ახალი tweakable ბლოკური დაშიფვრის ალგორითმი, რომელშიც ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურად დასამალად გამოვიყენებთ ჩვენს მიერ მოდიფიცირებულ ჰილის ალგორითმს.

კრიპტოალგორითმში ხდება **256** ბიტანი ბლოკის დაშიფრვა **256** ბიტანი სიდუმლო გასაღებით. ალგორითმში შესვლის შემდეგ დასაშიფრი ბლოკი წარმოიდგინება 4×4 -ზე მატრიცის საშუალებით, რომელსაც უწოდებენ მდგომარეობის მატრიცას (ფიგურა 1), სადაც თითოეული a_{ij} წარმოადგენს ორობით ბაიტს. დასაშიფრი ორობითი სტრიქონი ჩაიწერება მატრიცაში მარცხნიდან მარჯვნივ ჰორიზონტალურად.

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix}$$

ფიგ.1. მატრიცა M

ყველა ოპერაცია, რომელიც სრულდება ალგორითმში დასაშიფრ ტექსტზე სრულდება ამ მატრიცაზე. ამ სტატიაში შევხებით მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ეს ოპერაცია მათემატიკურად შეიძლება ჩავწეროთ ძალიან მარტივად:

$$M \times A \pmod{256}$$

სადაც **A** წარმოადგენს მატრიცას 4×4 -ზე, რომელსაც აუცილებლად გაჩნია შებრუნებული მატრიცა [4-8].

უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ ჩვენი ალგორითმის 1-ლი ეტაპი დეტალურად.

3. ჩვენი ალგორითმი

დავუშვათ მოცემული გვაქვს ღია ტექსტი: **GTU Georgian Technical University**. ვიღებთ საწყის **16** სიმბოლოს, გადაგვყავს **ASCII** კოდში და წარმოვადგენთ 4×4 განზომილებიან **A** მატრიცად:

G	T	U	Space	G	e	o	r	71	84	85	32
71	84	85	32	71	101	111	114	71	101	111	114
g	i	a	n	Space	T	e	c	103	105	97	110
103	105	97	110	32	84	101	99	32	84	101	99

ფიგ.2. მატრიცა A

შემდეგ ვიღებთ მომდევნო 16 სიმბოლოს, რომელიც ასევე გადაგვყავს ASCII კოდში და წარმოვადგენთ როგორც 4×4 განზომილებიან B მატრიცად:

h	n	i	c	a	l	Space	U	104	110	105	99
104	110	105	99	97	108	32	85	97	108	32	85
n	i	v	e	r	s	i	t	110	105	118	101
110	105	118	101	114	115	105	116	114	115	105	116

ფიგ. 3. მატრიცა B

ჩვენს მიერ წინასწარ გამოთვლილი N მატრიცა:

-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
1	1	1	2
-1	1	2	-1

ფიგ.4. მატრიცა N

A მატრიცას ვამრავლებთ N მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4×4 განზომილებიანი A_1 მატრიცა. მიღებული A_1 მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

150	-109	-161	164	150	147	95	164
128	-18	-5	168	128	238	251	168
94	-104	-99	88	94	152	157	88
138	52	67	207	138	52	67	207

150	147	95	164	128	238	251	168
10010110	10010011	01011111	10100100	10000000	11101110	11111011	10101000
94	152	157	88	138	52	67	207
01011110	10011000	10011101	01011000	10001010	00110100	01000011	11001111

ფიგ.5. მატრიცა A_1

ანალოგიური მეთოდით ვმოქმედებთ B მატრიცაზე.

ჩვენს მიერ წინასწარ გამოთვლილი M მატრიცა:

1	1	1	2
-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
-1	1	2	-1

ფიგ.6. მატრიცა M

B მატრიცას ვამრავლებთ **M** მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4×4 განზომილებიანი **B₁** მატრიცა. მიღებული **B₁** მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

105	-122	-128	99
-32	-66	-13	-43
140	-117	-134	145
93	-105	-94	92

105	134	128	99
224	190	243	213
140	139	122	145
93	151	162	92

105	134	128	99	224	190	243	213
01101001	10000110	10000000	01100011	11100000	10111110	11110011	11010101
140	139	122	145	93	151	162	92
10001100	10001011	01111010	10010001	01011101	10010111	10100010	01011100

ფიგ.7. მატრიცა B₁

4. გაშიფვრა

გაშიფვრა დაშიფვრის შებრუნებული პროცესია მცირეოდენი განსხვავებით. დაშიფვრის დროს გამოყენებული **N** და **M** მატრიცის ნაცვლად ვიყენებთ 256-ის მოდულით შებრუნებულ, შესაბამისად **N⁻¹** და **M⁻¹** მატრიცებს. გასაღები რა თქმა უნდა იგივე რჩება [9,10].

-1	2	-2	2
-2	-1	-2	-2
1	1	1	2
1	-1	2	-1

-2	-1	2	2
-2	-2	-1	-2
1	1	1	2
2	1	-1	-1

ფიგ.8.

მატრიცა N⁻¹

მატრიცა M⁻¹

5. დასკვნა

ჩვენ შევხებით მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ჩვენ შემთხვევაში 256 ბიტიდან 115 ბიტმა განიცადა ცვლილება, რაც ძალიან კარგი შედეგია.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Shanon C. (1948) Communication theory of secrecy systems. *The Bell System Technical Journal*. 27: 379–423, 623–656.
2. Liskov M., Rivest R.L. (2011) Tweakable Block Ciphers. *J. Cryptol.*, 24: 588-613.
3. Halevi S., Rogaway P. (2003) A Tweakable enciphering mode. *Advances in Cryptology - CRYPTO*. 27, 29: 1-33.
4. Lester S. Hill. (1929) Cryptography in an Algebraic Alphabet. *The American Mathematical Monthly*. 36, 6: 306-312
5. Bibhudendra Acharya, Sarojkumar Panigrahy, Saratkumar Patra, Canapsti Panda. (2009) Image Encryption Using Advanced Hill Cipher Algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering*. 1, 1.
6. Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) Designing of a new tweakable block cipher by using the modified Hill's algorithm. *Georgian Engineering News*. 73 (1): 44-49 (in Georgian).

7. Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) The new symmetric tweakable block cipher. *Georgian Engineering News*. 73 (1): 50-56 (in Georgian).
8. Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) A Possibility of constructing a new symmetric tweakable block cipher and a method of calculation of Pearson's correlation coefficient. *Georgian Engineering News*. 76 (4): 39-45 (in Georgian).
9. Levani Julakidze, Zurab Kochladze, Tinatin Kaishauri. (2021) New Symmetric Tweakable Block Cipher. *BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*. 15 (1): 13-19.
10. L.E. Julakidze, Z.I. Kochladze, T.V. Kaishauri (2017 by Nova Science Publishers, Inc.) New Tweakable Block Cipher. *Computer Science, Technology and Applications. Information and Computer Technology, Modeling and Control*. ISBN: 978-1-53612-075-2. 50: 505-513.

Ability to build a new cryptographic algorithm

Levani Julakidze* Zurabi Kochladze** Tinatin Kaishauri§

julakidzelevan08@gtu.ge* zurab.kochladze@tsu.ge** t.kaishauri@gtu.ge§

* Zhiuli Shartava Information Technology Laboratory, Faculty of Informatics and Control Systems, Georgian Technical University, Assistant Professor, Tbilisi, Georgia

** Department of Computer Science, Faculty of Exact and Natural Sciences, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Associate Professor, Tbilisi, Georgia

§ Faculty of Informatics and Control Systems, Georgian Technical University, Professor, Tbilisi, Georgia

Abstract

Modern cryptography is the cornerstone of computer and communications security. Its foundation is based on various concepts of mathematics such as number theory, polynomial algebra, probability theory, etc. In the paper, original method for construction of the new symmetric algorithm is presented and described. In order to obtain the method the appropriate material has been elaborated on: symmetric cryptosystem and tweakable block ciphers. In modern cryptography symmetric block ciphers, which are constructed based upon the principles of the classic cryptography, are irreplaceable while transferring large amounts of confidential information in the open channel. At the same time their capacities are limitless to the extent that it is possible to use them for various cryptographic constructions. General fault of the ciphers is their determination. In order to correct this fault today there are already existing so-called tweakable block ciphers. This direction is the news of the modern cryptography. In our paper the problem of construction of such cipher is overviewed by means of the Hill method. As it is known, Hill algorithm is one of the best methods to achieve diffusion. General attention in the paper is driven to realization of Hill algorithm in the way that, it is fast and presents necessary characteristic of the symmetric algorithm.

Keywords: cryptography. block cipher. Hill's algorithm.

ციფრული რეკონსტრუქციის სისტემა

მზია კიკნაძე, ივანე მაკასარაშვილი, ეკატერინე გვარამია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
m.kiknadze@gtu.ge, makasara@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge

რეზიუმე

რეალური სამყაროს ვირტუალური გამოსახულებების 3D მოდელების რეკონსტრუქცია ძალზედ საინტერესო თემაა, რომლის გამოყენებაც ბევრ აპლიკაციაშია შესაძლებელი. რეკონსტრუქციების ახალი მეთოდების გამოყენებას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ფოტოგრამეტრიული ხელსაწყოები ისევე როგორც სამომხმარებლო კამერები საშუალებას იძლევა ინტუიტიური და ნაკლები დანახარჯის გზით გადავიღოთ გამოსახულებები წერტილების სიმრავლეებად. თუმცა, აპლიკაციების უმრავლესობისთვის წერტილების სიმრავლე არ არის საკმარისი და საჭიროებენ მიიღონ პოლიგონალური სახე.

მრავალ-საფეხურიანი რეკონსტრუქციის სისტემის მთავარი მიზანია მივიღოთ ინფორმაცია ინდუსტრიული ობიექტების საერთო ფორმასა და ზომაზე. ეს ინფორმაცია გამოიყენება როგორც ობიექტებისთვის მოთხოვნილი სივრცის გამოსაანგარიშებლად ასევე, ახლიდან ასაშენებელი გეგმის ვიზუალიზაციისთვის. ნაგებობების პატარა დეტალები ხშირ შემთხვევაში არაა მნიშვნელოვანი და ზოგჯერ შეიძლება კიდევ ჩაშალოს ობიექტების განლაგების გეგმა. იმის გადაწყვეტა თუ რომელი ობიექტია უფრო მნიშვნელოვანი, დამოკიდებულია რეკონსტრუქციის მიზნებზე და ამიტომაც ეს ფუნქცია მომხმარებელმა უნდა შეასრულოს.

3D რეკონსტრუქციის გამოყენებას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების შენარჩუნებაში. ზოგჯერ, სადაც ფიზიკური მონუმენტები საფრთხეშია, მათი ციფრულად შენარჩუნება შეიძლება ერთადერთი გზა იყოს. სტატიაში შემოთავაზებულია მრავალსაფეხურიანი რეკონსტრუქციის სისტემის შემუშავება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ ინფორმაცია სხვადასხვა სახის ობიექტების საერთო ფორმასა და ზომაზე. ამასთან მინიმალური დანახარჯებით მიღწეული იყოს მაქსიმალური ეფექტი.

ძირეული სიტყვები: ციფრული რეკონსტრუქცია, რეკონსტრუქციის სისტემა, რეკონსტრუქციის ლგორითმი

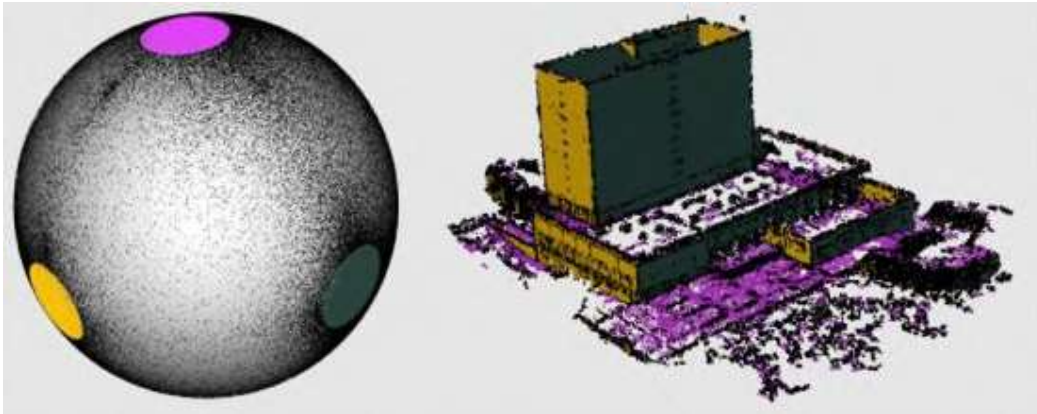
შესავალი

სკანირების ტექნოლოგიების სფეროში არსებული მიღწევები საშუალებას გვაძლევს წერტილების სიმრავლეები მივიღოთ მრავალფეროვანი სცენებიდან. ლაზერული სკანერები გვაძლევს რეალური სცენების წერტილების სიმრავლეებს, იქნება ეს უაღრესად პატარა საგნები თუ მთელი ქალაქები. ფოტოგრამეტრიული ხელსაწყოები გვაძლევს წერტილების მჭიდრო სიმრავლეებს გამოსახულებების კრებულის საფუძველზე [1], რაც კარგად მუშაობს ექსტერიერის სცენებისთვის. გამოსახულებების მიღების მეთოდებს გააჩნია თავისი უპირატესობები და ნაკლოვანებები, თუმცა წერტილების სიმრავლეებს, როგორც წესი, ახასიათებს „ხმაურიანი“ და არასრული მონაცემების გავრცელებული პრობლემა, რაც მაგალითად განპირობებულია ხედვის შეზღუდული არეალით. ჩამოთვლილი პრობლემები ართულებს ზედაპირული რეკონსტრუქციის მეთოდების პირდაპირ გამოყენებას [2], როდესაც წერტილების სიმრავლეების აპროქსიმაცია სამკუთხედების დიდი რაოდენობის მეშვეობით ხდება.

ძირითადი ნაწილი

სტატიაში შემოთავაზებულია რეკონსტრუქციის სისტემა, რომელიც შესატან მონაცემებად იყენებს წერტილების სამგანზომილებიან სიმრავლეს და ზოგჯერ ფოტოსურათებს ფოტოკამერის პარამეტრების (შიდა პარამეტრები, პოზიცია და მიმართულება) პირობებში. წერტილების აუცილებელია ჰქონდეს მიმართულება ანუ თითოეულ წერტილს მინიჭებული აქვს ზედაპირული პერპენდიკულარული. თუ ზედაპირული პერპენდიკულარები ცნობილი არ არის, შესაძლებელია მათი დადგენა უმცირესი რაოდენობის კვადრატების მარტივი მეთოდით. შეფასების შედეგად მკვეთრ კიდევბზე პერპენდიკულარები თანაბრად იცვლება, ხოლო ჩვენი მეთოდი გვაძლევს საგნის ზუსტ კიდევბს შეტანილი გამოსახულებების ან გამოთვლილი კვეთების საფუძველზე.

შემავალი მონაცემების მისაღებად გამოიყენება გამოსახულებაზე დაფუძნებული “სტრუქტურა მოძრაობიდან” ტიპის მეთოდები ან ლაზერული სკანერები დამატებითი, რეგისტრირებული ფოტოსურათებით. მონაცემების მიღების ორივე მეთოდი რეკონსტრუირებადი სცენის კარგ წინაპირობას გვაძლევს, მაგრამ ხმაურს, აცდენებს და ცარიელ ადგილებს თავიდან ვერ ავიცილებთ ამრეკლავი ზედაპირების და ცვალებადი განათების გამო.



სურ. 1. სამი ორთოგონალური, ძირითადი ღერძი. პერპენდიკულარულ სფეროზე (მარცხნივ) შეფერადებული რეგიონები ღერძის ერთი კლასტერისადმი მიკუთვნებულ წერტილებს აღნიშნავს. კლასტერირებული წერტილები იმავე ფერებით ნაჩვენებია სამგანზომილებიან გამოსახულებაზე (მარჯვნივ)

წერტილების სიმრავლეების სეგმენტაცია

წერტილების სიმრავლეების სეგმენტაციის მიზანია მიმართულების მქონე წერტილების დაყოფა პლანარულ დეტალებად და პლანარულ ზედაპირზე არმყოფი წერტილების მოშორება. წერტილების სიმრავლე საწყის ეტაპზე მსგავსი ზედაპირული პერპენდიკულარების მქონე კლასტერებად იყოფა, ხოლო შემდეგ დაყოფა სივრცითი მანძილების შესაბამისად ხდება. სულ ბოლოს ყველა არაკლასტერირებული წერტილები დგინდება და პოტენციურად ემატება არსებულ კლასტერებს. სეგმენტაცია იტერაციულად სრულდება დარჩენილ წერტილებზე, ვიდრე დამატებითი კლასტერების მოძიება ვეღარ ხდება. როგორც წესი, კლასტერს ყველა წერტილი ვერ მიეკუთვნება, ვინაიდან წერტილების სიმრავლე განყენებულ ან არაპლანარულ არეალებსაც მოიცავს.

ღერძების ძიება

სეგმენტაციის პროცესი სცენაზე დომინანტური ღერძის ძიებით იწყება, რისთვისაც ყველა ზედაპირული პერპენდიკულარი ფასდება. ტიპური ურბანული სცენების შემთხვევაში სეგმენტაციის პროცესს აუმჯობესებს წინასწარ განსაზღვრული ღერძების (90° , 15° ან 60°) მისადაგება ზედაპირული პერპენდიკულარებისადმი. უზუსტობების თავიდან ასაცილებლად წინასწარ განსაზღვრული ღერძის ჩარჩოების მიმართულება ფიქსირდება. ამის შემდეგ დგინდება წერტილების კლასტერები, რომლებიც შედარებით მცირე რაოდენობით წერტილებს შეიცავენ, ვინაიდან ისინი კავშირშია უფრო დიდ კლასტერებთან. პირველი იტერაციისას ჩვენი ავტომატიზებული კონვეიერისთვის ვიძიებთ 15° -ზე, ხოლო დანარჩენი წერტილებისთვის ძიება გრძელდება 60° -ზე. სულ ბოლოს ვიძიებთ სხვა დომინანტურ ღერძებს, რომლებიც არ არიან წინასწარ განსაზღვრული ღერძების ჩარჩოების შემადგენილი ნაწილები.

ღერძის ჩარჩოს მორგება ხორციელდება RAMSAC მეთოდით. წერტილების სიმრავლიდან ვიღებთ ორ შემთხვევით ზედაპირულ პერპენდიკულარს და ვადგენთ შერჩეული ღერძის ჩარჩოს მიმართულებას. კონკრეტული ღერძის ჩარჩოს მიმართულების ხარისხი დგინდება ინლაიერების რიცხოვნობის საფუძველზე. აქ იგულისხმება ზედაპირული პერპენდიკულარები, რომელთა მაქსიმალური კუთხეა α ერთ-ერთი წინასწარ განსაზღვრული ღერძის მიმართ. ღერძების ჩარჩოდან იშლება ის ღერძები, რომელთა ინლაიერების რაოდენობა მცირეა. სურ. 18-ზე ნაჩვენებია ღერძების ორთოგონალური ჩარჩოს ნიმუში და შესაბამისი ინლაიერები.

ღერძების ჩარჩოს მიმართულების გაუმჯობესება ხდება საშუალო ძვრის იტერაციული ოპტიმიზაციის ეტაპზე, როგორც ეს გამოსახულება 1-შია მოყვანილი. აღნიშნულ გამოსახულებაში a აღნიშნავს ღერძის მიმართულებას, n – პერპენდიკულარს, ხოლო $Rot(u, v)$ – ბრუნვის მატრიცას ორ მიმართულებას შორის. თითოეული ღერძისთვის საშუალო ერთეულოვანი ვექტორი გამოითვლება ყველა პერპენდიკულარიდან a კუთხის ფარგლებში და შეიწონება w ფუნქციის მიმართ. თითოეული ღერძისთვის გამოითვლება ბრუნვა ლოკალური მაქსიმუმის მიმართ ერთეულოვან სფეროზე. დაბოლოს, გლობალური ტრანსფორმაცია გამოითვლება ყველა ღერძისთვის, როგორც ბრუნვის ყველა მატრიცის საშუალო საშუალო მნიშვნელობა, რასაც მოსდევს ორთოგონალიზაციის SVD-ზე დაფუძნებული ეტაპი. წონები პროპორციულია თითოეული ღერძისთვის მიკუთვნებული წერტილების რაოდენობის მიმართ. უკანასკნელი ტრანსფორმაცია ხდება თითოეული ღერძისთვის და პროცედურის იტერაცია ხორციელდება მანამდე, ვიდრე მოხდება კონვერენცია ან იტერაციების რაოდენობა მიაღწევს მაქსიმუმს.

$$R = \sum_{\alpha} Rot\left(\alpha, \frac{\sum_n w(\alpha, n) \cdot n}{\|\sum_n w(\alpha, n) \cdot n\|}\right) \cdot \sum_n w(\alpha, n)$$

$$w(\alpha, n) = \left(\frac{n \cdot a - \cos(\alpha)}{1 - \cos(\alpha)}\right)^2$$

ღერძების ძიება კუთხური თანაფარდობების გარეშე იწყება თანაბრად დაშორებული საწყისი ღერძებიდან ერთეულოვან სფეროზე. საწყისების რაოდენობა დამოკიდებულია α კუთხეზე, რომელიც განსაზღვრავს მაქსიმალურ დაშორებას პოტენციური ინლაიერებისთვის. ყველა საწყისი ღერძის ოპტიმიზაცია დამოუკიდებლად ხდება საშუალო ძვრის ბრუნვების მემპეობით, ხოლო შემდეგ ერწყმება ლოკალური კლასტერების ცენტროიდებს. საბოლოო ჯამში მიიღება მხოლოდ ის ღერძები, რომლებსაც გააჩნია საკმარისად დიდი კლასტერები.

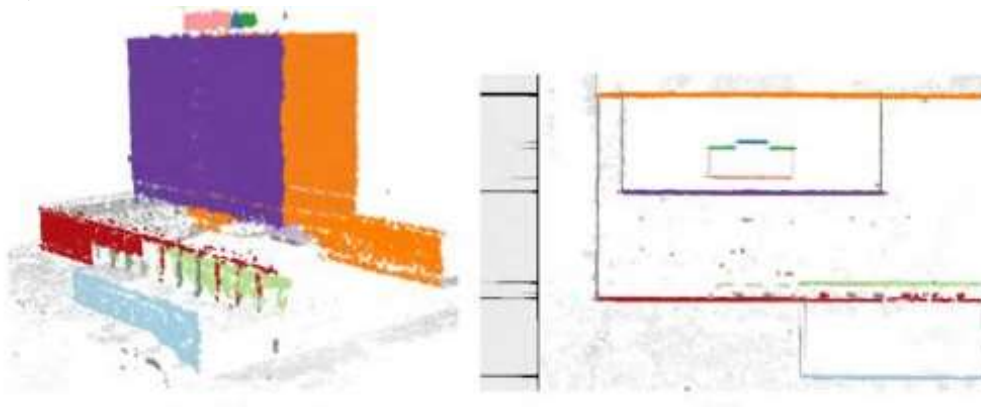
პლანარული სეგმენტაცია

შემდეგი ეტაპზე ხდება კლასტერების დაყოფა პლანარულ სეგმენტებად. წერტილები, რომელთა მიმართულება უახლოვდება გამოვლენილი ღერძების მიმართულებას, კლასტერებად ჯგუფდება, ხოლო კლასტერებს მიესადაგება მრავალი სამგანზომილებიანი სიბრტყე. კლასტერების ყველა წერტილი პროექცირდება ერთგანზომილებიან სივრცეზე ღერძის მიმართულების გასწვრივ და ჯგუფდება დომინანტური სიბრტყეების გამოვლენის მიზნით (სურ. 2). გამოვლენილი სიბრტყეები ერგება მათი კლასტერების წერტილების შეწონილი საშუალო კვადრატების გათვალისწინებით. ღერძის მიმართულების გასწვრივ კლასტერიზაციის მიზნით აუცილებელია მცირე ზღვრის დაწესება, რათა ორი სიბრტყე ერთმანეთს არ შეერწყას.

სიბრტყის მოძიების შემდეგ სრულდება ორგანზომილებიან დაშორებაზე დაფუძნებული კლასტერიზაცია, რათა ერთი და იმავე სიბრტყეებში მოქცეული განსხვავებული ზედაპირები გაიმიჯნოს. წერტილები ჯგუფდება ერთი კავშირით ანუ სხვადასხვა კლასტერების ორ წერტილს შორის მინიმალური მანძილია. მინიმალური მანძილის ზღვარი ნაკლები სიზუსტით შეგვიძლია ავირჩიოთ, ვინაიდან ზედაპირის პოტენციური ხვრელები პოლიგონიზაციის ეტაპზე წაიშლება.

წერტილების შეფასება

კლასტერიზაციის ეტაპზე ზოგიერთი წერტილი შეიძლება დაიკარგოს, რაც „ხმაურიანი“ სამგანზომილებიანი პოზიციების ან არასწორი პერპენდიკულარების შედეგია. აქედან გამომდინარე, ერთი იტერაციის უკანასკნელ ეტაპზე ფასდება თითოეული მიუკუთვნებელი წერტილი და ის წერტილების საუკეთესოდ მისადაგებულ კლასტერს ემატება მაქსიმალური დაშორების ფარგლებში. სიბრტყისადმი ორთოგონალური მანძილებისთვის გამოიყენება მკაცრი ზღვარი, ხოლო კლასტერის უახლოესი წერტილისადმი არსებული მანძილებისთვის ზღვარი შედარებით რბილია. დარჩენილი არაკლასტერიზებული წერტილები მუშავდება წერტილების სიმრავლის სეგმენტაციის შემდგომი იტერაციისას. დამატებითი იტერაციები უზრუნველყოფს შედარებით მცირე არეალების გამოვლენას ღერძების განსხვავებული მიმართულებებისთვის.



სურ. 2 წერტილების კლასტერიზაცია ღერძის მიმართულების გასწვრივ სიბრტყეების გამოვლენის მიზნით. მარცხენა მხარეს ნაჩვენებია სცენის სამგანზომილებიანი ხედი, რომელზეც ერთი და იგივე მიმართულების მქონე წერტილები სეგმენტირებულია პლანარულ რეგიონებში. მარჯვენა მხარეს ნაჩვენებია სცენის ზედხედი და ჰისტოგრამა, რომელზეც მოჩანს წერტილების განაწილება კლასტერის მიმართულების გასწვრივ. როგორც ხედავთ,

გამოვლენილი სიბრტყეები შეესაბამა წერტილების განაწილების პიკებს კლასტერის მიმართულების გასწვრივ.

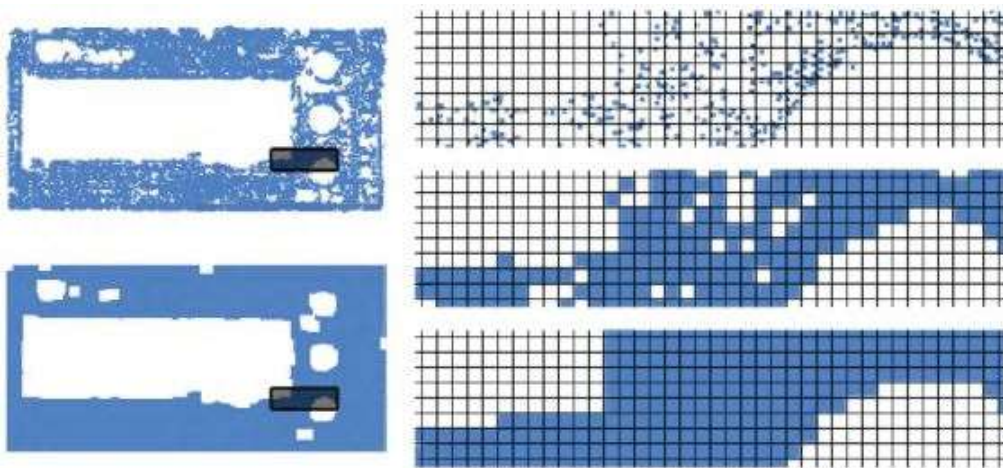
პოლიგონიზაცია

რეკონსტრუქციის უკანასკნელ ეტაპზე მიიღება სამკუთხედი ბადეები წერტილების სიბრტყული კლასტერებისთვის. წერტილები, როგორც წესი, მჭიდროდ არის განაწილებული, თუმცა სეგმენტების კიდეები ზუსტად განსაზღვრული არ არის და არასრული მონაცემების გამო შეიძლება ხვრელებიც მივიღოთ. ჩვენ მრავალკუთხედეების მისაღებად ორ განსხვავებულ ალგორითმს გთავაზობთ: პირველს წერტილების რასტერიზაცია ეწოდება და მხოლოდ წერტილების სიმრავლეზეა დამოკიდებული, ხოლო მეორე გამოსახულების ინფორმაციას იყენებს და სამი ქვეეტაპისგან შედგება .

წერტილების რასტერიზაცია

წერტილების თითოეული კლასტერი გარდაიქმნება ორგანზომილებიან სივრცედ, რისთვისაც კლასტერი შესაბამის სიბრტყეზე პროექცირდება. ორგანზომილებიანი წერტილების რასტერიზაცია ხდება ციფრულ გამოსახულებაზე, ხოლო მცირე ნახვრეტები ნადგურდება მორფოლოგიური მიახლოების მეშვეობით (სურ.20). ციფრული გამოსახულების რეზოლუცია წინასწარ არის განსაზღვრული მომხმარებლის მიერ ან ის მიახლოებით მიესადაგება შეტანილ წერტილებს შორის არსებულ საშუალო დაშორებას. რასტერიზაციის ნაკლოვანებების თავიდან აცილების მიზნით წერტილები სწორდება გლობალურად დომინანტური ღერძის მიმართ, ვიდრე რასტერიზაცია განხორციელდება. აღნიშნული დომინანტური ღერძები ძირითადი ღერძებიდან გამოითვლება ან ძირითადი კომპონენტების ანალიზის მეშვეობით დგინდება.

აღწერილი მეთოდი სწრაფია და ჩვენს მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტებში მისი მოქნილობა დადასტურებულია, თუმცა წერტილების სიმრავლეების ნაკლოვანებები საბოლოო მრავალკუთხა ბადეებზეც ვრცელდება. რეალური ზედაპირული ხვრელები და არასრული მონაცემების შედეგად არსებული ნაკლოვანებები რთული გასამიჯნია, ისევე როგორც ზედაპირების კიდეები ხშირად უსწორმასწოროა. აქედან გამომდინარე, როგორც მომდევნო თავებში აღვწერთ, ჩვენ ვიყენებთ გამოსახულების ინფორმაციას. ნებისმიერ შემთხვევაში რასტერიზაციის მეთოდი კარგი ალტერნატივაა იმ არეალებისთვის, სადაც გამოსახულების ინფორმაცია არასრულია.



სურ. 3 კლასტერების წერტილების რასტერიზაცია ციფრულ გამოსახულებაში. პატარა ნახვრეტების მოსაშორებლად გამოყენებულია მორფოლოგიური მიახლოების მეთოდი

მიღებული ალგორითმი კარგ შედეგებს იძლევა შენობებისთვის, თუმცა ის არ არის გამოსადეგი სხვა სცენებისთვის. მაღალი ხარისხის სამგანზომილებიანი მოდელების ავტომატური აგება ამგვარი რთული სცენებისთვის ხშირად შეუძლებელია. აქედან გამომდინარე, ალგორითმი სასურველია შეივსოს მომხმარებლის მიერ შეტანილი მონაცემებით, რაც აუმჯობესებს შედეგებს და ზრდის მოდელირებადი სცენების სიმრავლეს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Jan Böhm and Norbert Haala. Efficient integration of aerial and terrestrial laser data for virtual city modeling using lasermaps. In ISPRS workshop laser scanning, 2015.
2. David Nistér and Henrik Stewénus. Scalable recognition with a vocabulary tree. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016
3. Vu Hoang Hiep, Renaud Keriven, Patrick Labatut, and Jean-Philippe Pons. Towards high-resolution large-scale multi-view stereo. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2019

Digital reconstruction system

Mzia Kiknadze, Ivane Makasarashvili, Ekaterine Gvaramia
Georgian Technical University
m.kiknadze@gtu.ge, makasara@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge

Abstract

Reconstructing 3D models of virtual images of the real world is a very interesting topic that can be used in many applications. The use of new reconstruction methods is of great importance. Photogrammetric tools, like consumer cameras, allow us to capture images as sets of points in an intuitive and cost-effective way. However, for most applications, the number of points is not sufficient and requires a polygonal appearance.

The main goal of the multi-level reconstruction system is to obtain information on the overall shape and size of industrial objects. This information is used both to calculate the space required for the facilities and to visualize the plan for the new construction. Small details of buildings are not important in many cases and sometimes they can even disrupt the layout plan of objects. Deciding which object is more important depends on the objectives of the reconstruction, and therefore this function should be performed by the user.

The use of 3D reconstruction is of great importance in the preservation of cultural heritage sites. Sometimes, where physical monuments are in danger, preserving them digitally may be the only way to go. The article proposes the development of a multi-level reconstruction system that will allow us to obtain information on the general shape and size of various objects. At the same time, the maximum effect should be achieved with minimal expenses.

Key words: digital reconstruction, reconstruction system, reconstruction algorithm

მრავალფაქტორული პროგნოზირების ახალი ალგორითმი

მერაბ ფხოველიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი, m.pkhovelishvili@gtu.ge

ზაზა ცირამუა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი, zaza@gtu.ge

ნათელა არჩვაძე

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი, natela.archvadze@tsu.ge

ანოტაცია

ბოლო დროს ხდება დიდი ტრაგედიები, რომელთა გამოწვევის მიზეზებია ის, რომ ერთდროულად და ერთ ტერიტორიაზე ხდება სხვადასხვა მოვლენების, რისკის ფაქტორების დამთხვევა. თუ არ გავითვალისწინებთ, რომ შეიძლება სხვადასხვა მოვლენა ერთმანეთს დაემთხვეს დროში და ადგილში, ეს იწვევს პროგნოზირების მეთოდის შეცდომას, ვინაიდან ასეთი სიტუაციები საჭიროებს პარალელურ მონაცემების გამოყენებას, რომელსაც აქ განვიხილავთ. სტატიაში მოყვანილია კონკრეტული მაგალითი, როდესაც დაემთხვა 5 სტიქიური გეოლოგიური და ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენა და ნაჩვენებია, თუ როგორ შეიძლება აცილებული ყოფილიყო სტიქიური უბედურება პროგნოზირების ახალი მეთოდის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: პროგნოზირება, რისკის ანალიზი, საგანგებო სიტუაცია, პროგნოზირების მეთოდები, ექსპერტული შეფასება.

შესავალი

გლობალური პრობლემების განვითარება იწვევს საგანგებო სიტუაციების ზრდას როგორც ბუნებრივ, ისე ტექნოგენურ და სოციალურ სფეროებში. მათ შორისაა გლობალური კლიმატის ცვლილება, ტექნოგენური სფეროს მასშტაბების მუდმივი ზრდა, ტერორიზმით გამოწვეული პრობლემები, ასევე გლობალიზაციით გამოწვეული ნეგატიური მოვლენები და ა.შ. მნიშვნელოვანი საჭიროა ყურადღება მიექცეს სიცოცხლის უსაფრთხოებას, ტექნოსფეროს უსაფრთხოებას, ეკოლოგიას, გარემოს დაცვას და ამასთან დაკავშირებით, სულ უფრო აქტუალური ხდება ბუნებრივი და ადამიანის მიერ შექმნილი კრიზისული და საგანგებო სიტუაციების პროგნოზირება [1].

ჩვენ განვიხილავთ ბუნებრივი პროცესების რისკების პროგნოზირების ახალ სისტემას, რომელიც დაფუძნებულია, ერთის მხრივ, პარალელურ მონაცემებზე [2] და მეორეს მხრივ, მოვლენის პროგნოზირების მოდელზე, რომლებიც მიეკუთვნებიან სხვადასხვა დარგებს, მაგრამ ემთხვევიან ერთმანეთს დროისა და ადგილის მიხედვით. ამასთან ავლნიშნოთ, რომ თუ სხვადასხვა დარგის მოდელები არ არსებობს, მაშინ პროგნოზირებისთვის გამოიყენებიან ექსპერტები, რომლებიც შეფასებას აძლევენ მოცემული მოვლენების რისკს (%-ში). პარალელური მონაცემების გამოყენებით მიიღება საკმაოდ მაღალი საიმედოობის პროგნოზი, რაც ხელს უწყობს რისკების შემცირებას ან საერთოდ მათ თავიდან აცილებას.

ახალი მიდგომა რისკების პროგნოზირებისადმი

გარკვეული მოვლენის რისკის პროგნოზირების შედეგი არის იმის განსაზღვრა, თუ როდის, სად და რა (როგორი) მახასიათებლებით მოხდება მოვლენა. საზოგადოდ, რისკების პროგნოზირებისას ხშირად გამოიყენება არაპარამეტრული მეთოდები, როგორცაა,

მაგალითად, უმცირესი კვადრატების მეთოდი, რომელიც ახდენს პროგნოზის სიზუსტის შეფასებას. ასევე გამოიყენება ადაპტირებული მეთოდები, ავტორეგრესიის მეთოდები და სხვა მრავალი მეთოდი. ასევე მნიშვნელოვანია პროგნოზირების ექსპერტული მეთოდების გამოყენება, მათ შორის არარიცხვით მონაცემების საფუძველზე. განსაკუთრებით აქტუალურია პროგნოზირების მეთოდების განვითარება რისკის პირობებში, რომელიც ეყრდნობა ერთობლივი კომბინირებული ეკონომიკურ-მათემატიკური და ეკონომეტრიული (როგორც სტატისტიკური, ასევე ექსპერტული) მეთოდების გამოყენება პროგნოზირების მოდელებში.

წინამორბედები რისკების პროგნოზირებისას ეს არის ის, რაც წინ უსწრებს საპროგნოზე მოვლენას და რის ბაზაზეც და მასზე დაყრდნობით ხდება მოცემული მოვლენისთვის პროგნოზირების მოდელის აგება.

ბუნებრივი მოვლენის რისკის რეალურ პროგნოზირების ამოცანის განხილვისას უნდა ავლნიშნოთ, რომ წინამორბედი ძირითადად არის გარკვეული გეოფიზიკური ფენომენი, რომელიც წინ უსწრებს ბუნებრივი მოვლენის გამოვლენას. გეოფიზიკურ წინამორბედებს (ფენომენებს) მიეკუთვნება, მაგალითად, სეისმური, ჰიდრო-გეოდინამიკური, დეფორმაციული, გეოქიმიური, თერმული, გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური მოვლენები. ასევე, ბოლო პერიოდში განვითარებული სატელიტური ტექნოლოგიების დისტანციური მონიტორინგით მიღებული დაკვირვების შედეგები და სხვა.

კონკრეტული ბუნებრივი მოვლენის პროგნოზირების ქვეშ იგულისხმება მოქმედებების თანმიმდევრობის განსაზღვრა, რომლებიც მიმართულია მოვლენის დამახასიათებელი ნიშნების ან სხვადასხვა გეოლოგიურ-გეოფიზიკურ ველებში ანომალური ცვლილებების გამოვლენაზე, მათ ერთობლივ განხილვასა და ანალიზზე, რათა განსაზღვრული იყოს, მაგალითად მიწისძვრის პროგნოზირების შემთხვევაში ადგილი, დრო და სიმძლავრე. ანუ მიწისძვრის დროს პროგნოზირების შედეგებია მიწისძვრის მოხდენის ადგილი, მოვლენის მოხდენის დრო და მისი სიმძლავრე.

[3]-ში განხილულია პროგნოზირების მოდელი კონკრეტულად რისკებისთვის. ამ შემთხვევაში იგულისხმება რომ არსებობს ერთი და იგივე მოვლენებისთვის სხვადასხვა წინამორბედის მიხედვით შექმნილი სხვადასხვა მოდელი, რომლებიც მოცემული მოვლენისთვის ითვლიან გარკვეული მაჩვენებლების მიხედვით მოვლენის რისკებს. ეს მაჩვენებლებია: გამართლებული და არაგამართლებული პროგნოზირებების რაოდენობები და გამართლების ალბათობები. **გამართლების ალბათობა** გამოითვლება თითოეული მოდელისთვის და განსაზღვრავს, თუ რამდენჯერ იქნა განსაზღვრული მოვლენის მოხდენის პროგნოზი და რამდენჯერ მოხდა რეალური ეს მოვლენა. ამის შემდეგ განიხილება მოდელების ყველა შესაძლო წყვილების, შემდეგ სამეულების გამართლების ალბათობები რისკების თანაკვეთების გამოთვლის გზით და აირჩევა საუკეთესო [4].

რისკის პროგნოზირების ჰიბრიდული მოდელის განხილვისას გვქონდა დაშვება, რომ არსებობს ერთი საპროგნოზე მოვლენა და მისთვის რამდენიმე მოდელი. ეხლა განვიხილოთ განსხვავებული სიტუაცია, როდესაც არსებობს რისკის შემცველი ტერიტორია და უნდა შეფასდეს რისკი დროის მოცემული ინტერვალისთვის. დავუშვათ არსებობს სხვადასხვა წინამორბედზე დაფუძნებული მოდელები: A_1, A_2, \dots, A_n . ამ მოდელებიდან ზოგიერთი შეიძლება ერთი და იგივე მოვლენას პროგნოზირებდეს, მაგრამ აუცილებელია არსებობდეს ისეთი მოდელიც, რომელიც სხვა დარგს მიეკუთვნება. მაგალითად იყოს გეოლოგიური (მეწყერების, ღვარცოფების პროგნოზირების, საშიშროების რისკის განსაზღვრის მოდელები) ან მაგალითად ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების პროგნოზირების მოდელები,

რომლებსაც შეიძლება მივაკუთვნოთ სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გამომწვევი მიზეზების და მათი გავრცელების არეალის დადგენის მოდელი, მდინარეთა აუზების მთიან და მაღალმთიან ზონებში დაგროვილი თოვლის მარაგის ყოველწლიური შეფასების მოდელი, მყინვარებზე მიმდინარე პროცესების შესწავლის მოდელები და სხვა. თუ სხვადასხვა დარგის მოდელები არ არსებობს, მაშინ პროგნოზირებაში ერთვება ექსპერტი. ამ პროცესს მომდევნო პარაგრაფში განვიხილავთ.

პარალელური მონაცემები (ან მონაცემთა ნაკრებები) არის სხვადასხვა ტიპის მონაცემები, რომლებიც გავლენას ახდენენ (ან იძლევა პროგნოზს) გარკვეულ მოვლენაზე. მაგალითად, პარალელური მონაცემები კონკრეტული სტიქიური უბედურების დროს არის ერთობლიობა შემდეგი მონაცემებისა: გეოლოგიურ, მეტეოროლოგიურ და ჰიდროლოგიურ პარამეტრებზე დაკვირვებით მიღებული, ისტორიული და მიმდინარე მონაცემები, მათ შორის სატელიტური, რადარული და აერო ფოტო სურათების დეშიფრირებული ინფორმაცია, აგრეთვე სავსე ჰიდრომეტეოროლოგიური/გეოლოგიური კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემები. თითოეულის მოდელის მოხდენის ალბათობა შეიძლება დიდი რიცხვი არ იყოს, თუმცა გარკვეულ პირობებში, მაშინ როცა ხდება დროში და ადგილში დამთხვევა, უკვე ტრაგედიის მანიშნებელია.

ახალი, მრავალფაქტორული პროგნოზირების ალგორითმი შეიძლება ჩამოაყალიბოთ: კონკრეტული რისკის შესაფასებლად (ანუ განსაზღვრულია კონკრეტული ლოკაცია და დროის პერიოდი) განიხილება A_1, A_2, \dots, A_n მოდელები. მათგან გამოიყოფა ერთი და იგივე მოვლენის პროგნოზირების მოდელები და ხდება მათი ხდომილობის ალბათობების გამოთვლა. იმის შემდეგ, რაც ყოველი საპროგნოზო მოდელის რისკის პროცენტები მიღებულია სხვადასხვა ტიპის მოვლენისთვის, ხდება ამ რისკების ჯამის გამოთვლა. ანუ ერთი ტიპის მოვლენისთვის ხდება ცალკე რისკის გამოვითვლა, მეორე ტიპის მოვლენისთვის - ცალკე, მესამე ტიპის მოვლენისთვის ცალკე და ა.შ., ოღონდ გამოვითვლა ხდება ერთი და იგივე ადგილზე ერთი და იგივე დროს, ხოლო საბოლოო შედეგი არის ამ რისკების ჯამი.

ექსპერტების ჩართულობა

მრავალფაქტორული პროგნოზირების მიდგომა გულისხმობს რომ მოვლენის პროგნოზების მოდელებიდან არსებობდეს თუნდაც ორი განსხვავებული დარგის მოდელი, მაგრამ თუ ეს ასე არ არის, მაშინ ვიყენებთ ექსპერტებს. საზოგადოდ ასეთი მოვლენების პროგნოზირებისას ექსპერტების როლი ძალზე დიდია იმის გამო, რომ ავტომატური გაზომვის სენსორებით მიღებული ინფორმაცია საჭიროებს მოვლენის სპეციალისტის დიდ ცოდნასა და გამოცდილებას.

თუ პროცესში რამდენიმე ექსპერტია ჩართული, მაშინ დავითვლით ექსპერტების შეფასებების ჯამს, გავყოფთ ექსპერტების რაოდენობაზე და ვიანგარიშებთ საშუალო მნიშვნელობას.

საზოგადოდ რიკების შეფასებისას მნიშვნელოვან როლს იძენს პრობლემატიკის გადაწყვეტის სისტემური კვლევა და ანალიზი. აუცილებელი ხდება შეფასებებში და ანალიზში ჩავრთოთ ექსპერტთა ჯგუფები და მათი ცოდნა, რომელთა სუბიექტური მონაცემები მოდელის კონსტრუქციებში წარმოშობს ახალი ტიპის განუზღვრელობას. მოდელირების კლასიკურ მიმართულებათა პარალელურად მნიშვნელოვანი ხდება შერეული, ფაზი-ალბათური განუზღვრელობის დამზება. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია სტატისტიკურ მონაცემების ანალიზითან ერთად ექსპერტული ცოდნის ინჟინერიის ფაზი-მეთოდებისა და ფაზი-ლოგიკის

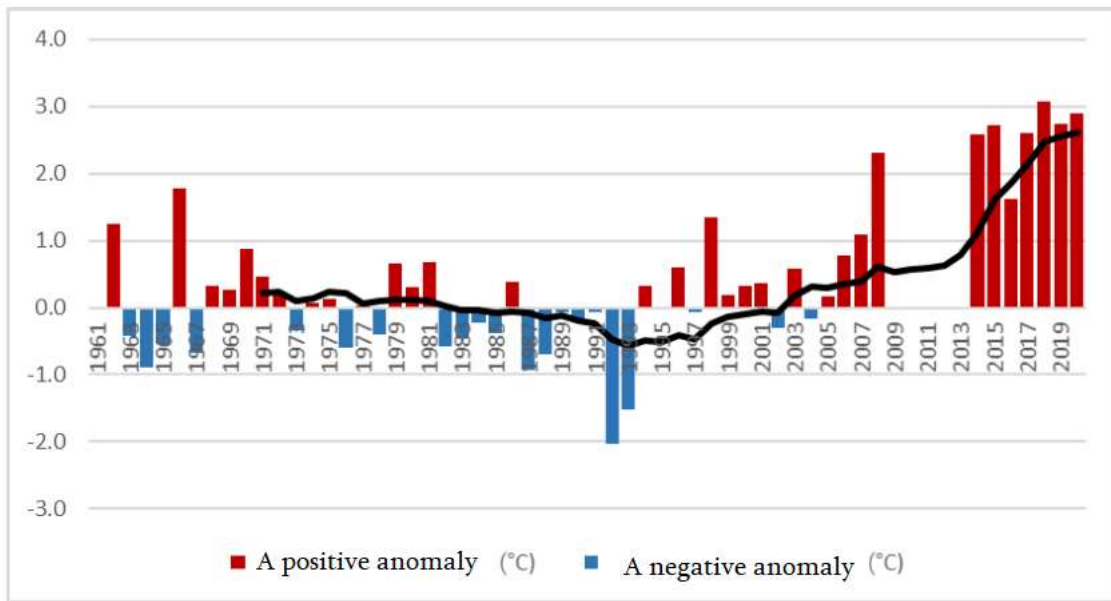
გამოყენება, რაც შესაბამისი მაღალი ღირებულების ავტომატიზირებული სისტემებისა და ინტელექტუალური ხელშემწყობი ტექნოლოგიების კონსტრუირებას უზრუნველყოფს.

1. მრავალფაქტორული პროგნოზირების მაგალითი

მიმდინარე წლის 3 აგვისტოს, საქართველოში, ონის მუნიციპალიტეტში, კურორტ შოვის ტერიტორიაზე განვითარდა სტიქიური მოვლენა, დაიღუპა ხალხი, მიღებულია რამდენიმე მილიონ დოლარიანი ზარალი. სტიქიის შედეგად კურორტი „შოვი“ განადგურდა - გადაიფარა რამდენიმე მეტრიანი ლავით. სტიქია გამოიწვია ერთსა და იმავე დროს გეოლოგიური და ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები მოხდენამ. კერძოდ, მდინარის სათავეებში 2 მცინვარია, რომლებიც ინტენსიურად დნება. ამას უხვი ნალექი დაემთხვა. ჩამორეცხა ნაპირები, გააქტიურდა ე.წ. სანაპირო ტიპის მეწყრული პროცესები. ეს ყველაფერი გადაიზარდა ღვარცოფში და შედეგად მოხდა კატასტოფა. მაგალითში მოყვანილი მონაცემები აღებულია გარემოს დაცვის სააგენტოს ოფიციალური გვერდიდან [5].

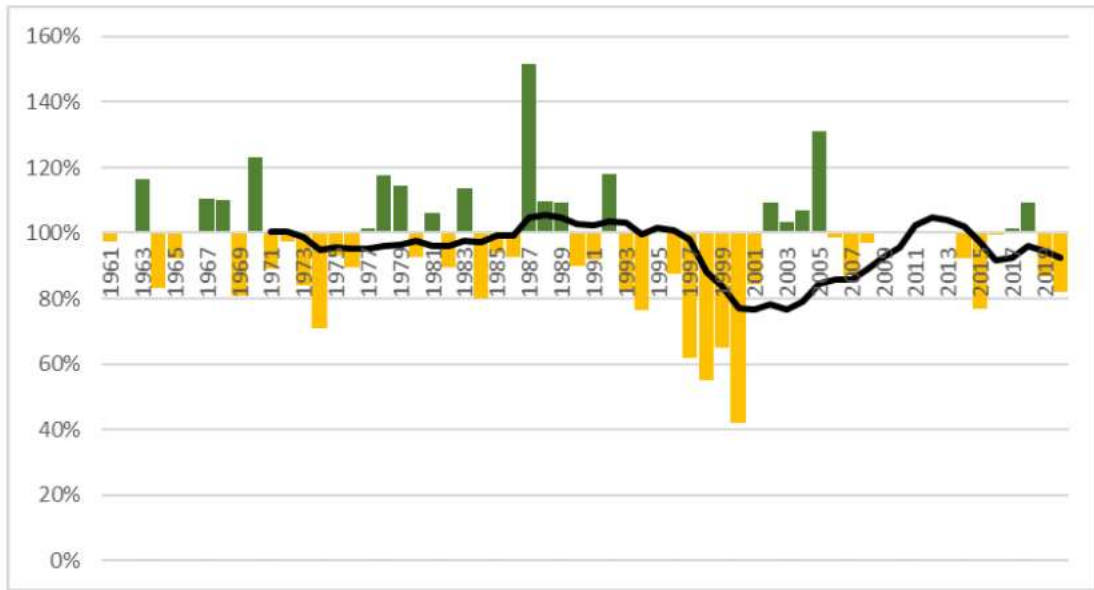
განხილული მოვლენის პროგნოზირება შესაძლებელი იქნებოდა, თუ გამოვიყენებდით რისკის პროგნოზირების ახალ ალგორითმს. პარალელური მონაცემები, რომლებზეც ხდება მოდელების აგება, არის შემდეგი:

1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიები (იხ. სურ. 1):



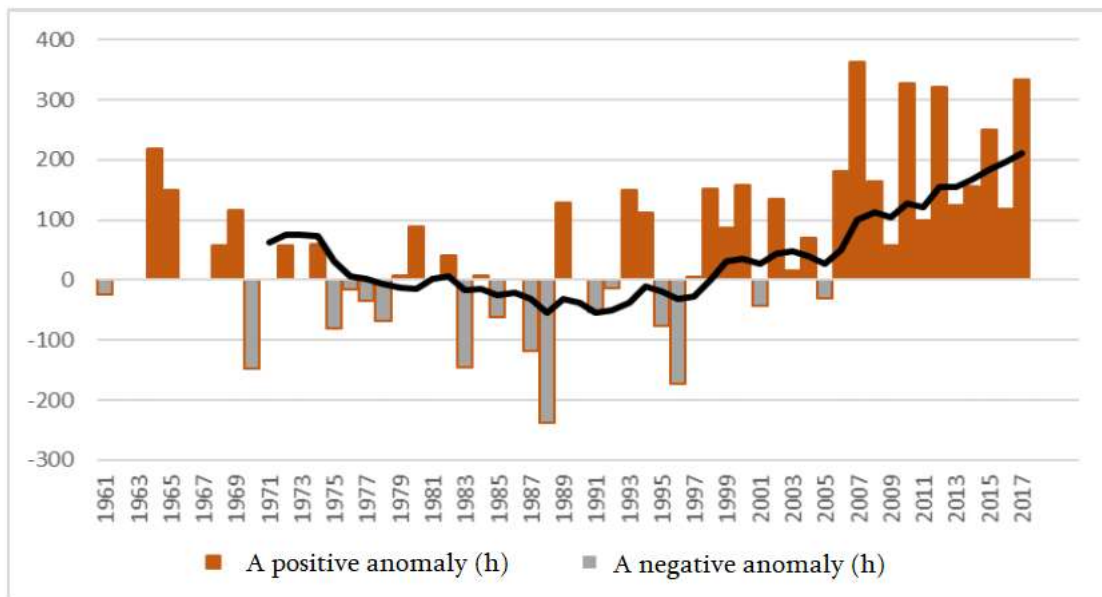
სურ. 1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიები (1961-1990 წ.წ. პერიოდთან მიმართებაში) 1961-2020 წ.წ. პერიოდისათვის და 11-წლიანი მცოცავი საშუალო, შოვი

2. ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური ჯამების ანომალიები (იხ. სურ. 2)



სურ.2. ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური ჯამების ანომალიები (1961-1990 წ.წ. პერიოდთან მიმართებაში) 1961-2017 წ.წ. პერიოდისათვის და 11-წლიანი მცოცავი საშუალო

3. მზის ნათების ხანგრძლივობის ანომალიები (იხ. სურ. 3) .



სურ. 3. მზის ნათების ხანგრძლივობის ანომალიები (1961-1990 წ.წ. პერიოდთან მიმართებაში) 1961-2017 წ.წ. პერიოდისათვის და 11-წლიანი მცოცავი საშუალო

ხეობის რთული გეოლოგიური აგებულება, სეისმო-ტექტონიკური პირობები, რელიეფის მაღალი ენერგეტიკული პოტენციალი (მორფოლოგიური პირობები) და კლიმატური ცვლილებები ხელსაყრელ გარემოს ქმნის ხეობაში ბუნებრივი სტიქიური პროცესების ჩასახვ-გააქტიურებისთვის. თუმცა, მიუხედავად ამისა, ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ 2023 წლის 3 აგვისტომდე მდ. ბუზისწყლის კალაპოტში, ბოლო 100 წლის მანძილზე, მნიშვნელოვანი ხასიათის ღვარცოფული ნაკადების გავლას ადგილი არ ჰქონია.

დავუშვათ არსებობს სტიქიურ გეოლოგიური და ჰიდგომეტეოროლოგიურ მოვლენების 5 მოდელი. თითოეული მოდელი აფასებს კონკრეტული მოვლენის რისკს %-ში. კერძოდ ეს მოვლენებია: მყინვარის ინტენსიური დნობა, ნალექების მოსვლა წვიმის სახით, სათავეებში

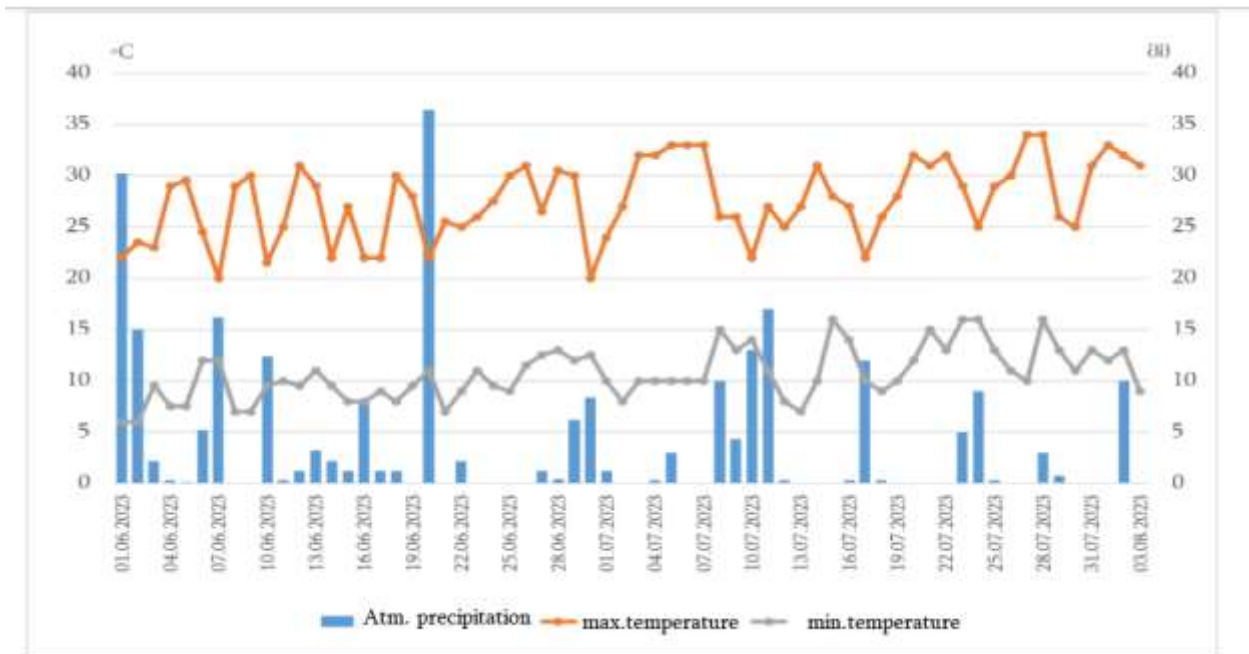
კლდეზვავის ჩამოშლა, მეწყერულ-ეროზიული პროცესები და ღვარცოფის გავლა. ავღნიშნოთ ამ მოვლენების რისკის შეფასების მოდელები შესაბამისად A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 .

თითოეული მოდელისთვის გამოთვლილი იყოს გამართლების ალბათობის მნიშვნელობები, რომელიც ცხრ. 1-შია მოცემული:

Models	Probability of success in %
A_1	38.9
A_2	30.2
A_3	20.5
A_4	27.8
A_5	23.6

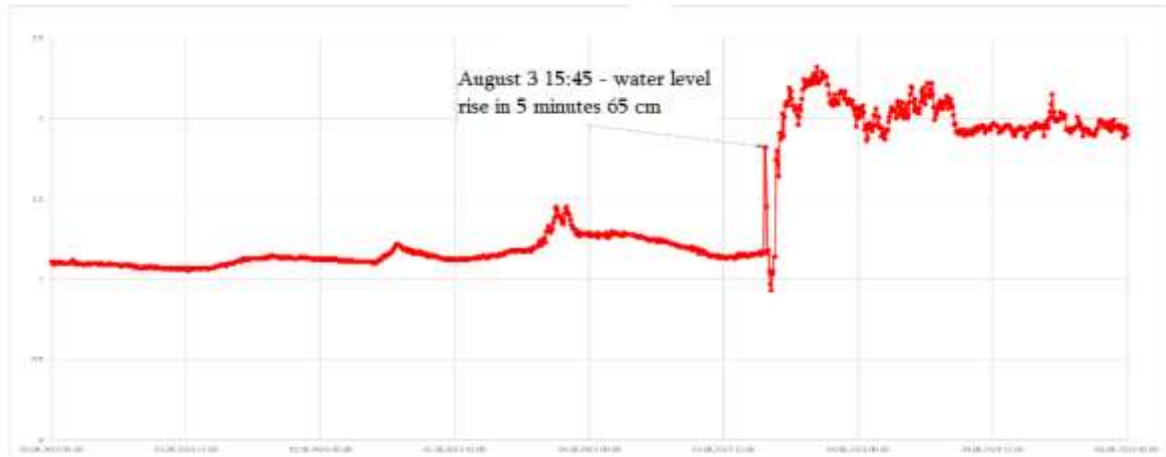
ცხრილი 1. A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 მოდელების რისკის ალბათობები.

პროგნოზირების პროცესში ჩართული ექსპერტის მიერ გაანალიზებული იქნა დაკვირვების შედეგებით მიღებული ინფორმაციები (იხ. სურ. 4):



სურ. 4. ჰაერის მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურები და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 2023 წლის 01.06-03.08 პერიოდში, შოვი

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ მდინარე ჭანჭახზე არსებული ჰიდროლოგიური სადგურის (ავტომატური წყლის ხარჯის მზომი სენსორი) მონაცემების ანალიზის საფუძველზე მდ. ბუბისწყლის ხეობაში წყლის ხანგრძლივ შეგუბებას არც სტიქიის განვითარებამდე და არც სტიქიის განვითარების პროცესში ადგილი არ ჰქონია (იხ. სურ. 5):



სურ. 5. წყლის მაქსიმალური დონე (მდ. ჭანჭახი, მდ რიონის შესართავთან) და ატმოსფერული ნალექები (შოვი) 2023 წლის 01.06-03.08 პერიოდში

ექსპერტის დასკვნა, რომ საფრთხის საკმაოდ მაღალი რისკია, ეფუძნება იმის, რომ ყველა გეოლოგიური და ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენება ემთხვევა ერთმანეთს დროში და ხდება ერთი და იგივე ტერიტორიაზე, მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული პროგნოზი იძლეოდა რისკის შედარებით დაბალ პროცენტს (20%-დან 40%-მდე) და ამ პირობებში (დროში და სივრცეში ერთობლიობა) უკვე რისკს აუცილებელს ხდის - ტრაგედიაა მოსალოდნელი. სხვადასხვა მოვლენის რისკების ჯამი უკვე აჭარბებს 100%-ს.

დასკვნა

საჭიროა რისკის გაზომვის, შეფასების ახალი მიდგომა, რადგან არსებული მოდელები მოძველებულია და არ ემსახურება იმ მიზანს, რისთვისაც არის განკუთვნილი.

სტატიაში განხილულია სტიქიური მოვლენების რისკების მრავალფაქტორული პროგნოზირების ახალი მოდელი, რომელიც ეფუძნება პარალელურ მონაცემებს. პარალელური მონაცემები - ეს ერთიდაიგივე ადგილას და ერთიდაიგივე დროში არსებული მონაცემებია, რომელთა ერთობლიობა ზრდის სტიქიური მოვლენის მოხდენის რისკს.

ლიტერატურა

1. X Zhu, G Zhang, B Sun. A comprehensive literature review of the demand forecasting methods of emergency resources from the perspective of artificial intelligence - Natural Hazards, 2019 – Springer.
2. Gasitashvili, Z., Pkhovelishvili, M., Archvadze, N. Prediction of events means of data parallelism. Proceedings - Mathematics and Computers in Science and Engineering, MACISE 2019, 2019, pp. 32–35, 8944725. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8944725>
3. Aliyev, V., Gasitashvili, Z., Pkhovelishvili, M., Archvadze, N. Algorithm for Building a Hybrid Model of the Existing Risk model. Reliability: Theory and Applications, 2022, 17, pp. 106–110.
4. Gasitashvili, Z., Pkhovelishvili, M., Archvadze, N. Reducing Risks through Improvement of Predictio Models. Reliability: Theory and Applications, 2022, 17, pp. 197–202
5. 2023 წლის 3 აგვისტოს მდ. ბუბისწყლის ხეობაში (მდ. ჭანჭახის აუზი) განვითარებული სტიქიური მოვლენების პირველადი შეფასება. <https://nea.gov.ge/Ge/News/1178>

A new multifactor forecasting algorithm

Merab Pkhovelishvili

Technical University of Georgia, Professor, m.pkhovelishvili@gtu.ge

Zaza Tsiramua

Technical University of Georgia, Professor, zaza@gtu.ge

Natela Archvadze

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, associate professor, natela.archvadze@tsu.ge

Abstract

Recently, great tragedies have occurred, which are caused by the coincidence of various factors in time and in locations. Failure to take into account the fact that different events will coincide in time and location is an error in the forecasting method, since such situations require the use of parallel data, which we will discuss here. The article gives a specific example of the coincidence of 5 natural geological and hydrometeorological events and shows how a natural disaster could have been avoided using a new forecasting method.

Keywords: forecasting, risk analysis, emergency situation, forecasting methods, expert assessment.

ციფრულ გამოსახულებათა კოდირების ადაპტური ალგორითმი

მანანა გოგბერაშვილი, ვახტანგი აბულაძე, ჯანიკო ხუნწარია

ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს

ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77

m.gogberashvili@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge, j.khuntsaria@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომი ეძღვნება თანამედროვე ტელეკომუნიკაციის ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას, რაც განპირობებულია ციფრული სიგნალების სიხშირული ზოლისა და მოცულობის შესაბამისი არხების გამტარუნარიანობასა და მახსოვრობის მოწყობილობების ტევადობებთან თავსებადობის აუცილებლობით. აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებულ აქტუალობას ღებულობს გამოსახულებების ფართოზოლოვანი სიგნალების ციფრული ფორმით გადაცემისა და დამახსოვრების დროს.

შემოთავაზებულია საერთაშორისო JPEG და MPEG სტანდარტების საფუძველზე უძრავი და მოძრავი გამოსახულებების კადრების ეფექტური ადაპტური კოდირების ალგორითმი მათი ორგანოზომილებიანი 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის საფუძველზე. აღნიშნულია, რომ ციფრული გამოსახულებების ეფექტური კოდირება დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის ეტაპზე მიეკუთვნება კოდირებას ნაწილობრივი დანაკარგებით, რაც დასაშვებადაა მიჩნეული ადამიანის მხედველობის ფსიქოფიზიოლოგიური თავისებურებების გამო. რაც შეეხება გარდასახვის შედეგად ფორმირებული ტრანსფორმანტების ეფექტურ კოდირებას, იგი მიეკუთვნება კოდირების

უდანაკარგო მეთოდებს, რომლის დროსაც აღნიშნული საერთაშორისო რეკომენდაციების შესაბამისად გამოყენებულია დაკვანტული ტრანსფორმანტების როგორც მთავარი, ასევე არამთავარი კოეფიციენტების მასივების ეფექტური უდანაკარგო კოდირება ჰაფმანის ცვლადი სიგრძის კოდებით, რაც განპირობებულია აღნიშნული მასივების სტატისტიკური თავისებურებებით. ციფრული ფერადი გამოსახულებების სიკაშკაშის Y და ფერსხვაობითი C_r და C_b მდგენელების ეფექტური კოდირება არსებული ალგორითმის საფუძველზე ხორციელდება აღნიშნული მდგენელების შესაბამისი $8x8$ ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული დაკვანტული მთავარი კოეფიციენტების სხვაობებისა და არამთავარი კოეფიციენტების მასივების უდანაკარგო კოდირებით. ამ შემთხვევაში აღნიშნული სხვაობები გამოითვლება მთავარი კოეფიციენტების ორგანოზომილებიანი მასივის ჰორიზონტალური მიმართულებით და მათი უდანაკარგო ეფექტური კოდირება ცვლადი სიგრძის უნარული კოდებით ხორციელდება ფორმირებული სხვაობების სკანირების გარეშე. რაც შეეხება არამთავარი კოეფიციენტების ორგანოზომილებიან მასივებს, მათთვის გამოიყენება ზიგზაგ-ჰორიზონტალური სკანირება და მიღებული ერთგანზომილებიანი მიმდევრობის უდანაკარგო ეფექტური კოდირება ცვლადი სიგრძის ჰაფმანის კოდებით.

კოდირების ეფექტურობის გაუმჯობესების მიზნით ნაშრომში ნაჩვენებია ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების სხვაობების ჰორიზონტალური მიმართულებით გამოთვლასთან ერთად ვერტიკალური მიმართულებით გამოთვლისა და მათი სკანირების 4 ვარიანტის (ჰორიზონტალური სკანირება, ვერტიკალური სკანირება, ზიგზაგ-ჰორიზონტალური სკანირება და ზიგზაგ-ვერტიკალური სკანირება) ადაპტური გამოყენების მიზანშეწონილობა. გარდა ამისა, ამავე მიზნით შემოთავაზებულია არამთავარი კოეფიციენტების ზიგზაგ-ჰორიზონტალურ სკანირებასთან ერთად სკანირება ზიგზაგ-ვერტიკალური მიმართულებით. ნაჩვენებია, რომ კოდირების პროცესისადმი ასეთი ადაპტური მიდგომისას ფერადი გამოსახულებების სამივე მდგენელისთვის ვარიანტების ყველა შესაძლო რაოდენობიდან საუკეთესოს კოდირებისთვის ციფრულ სიგნალში საჭიროა 13 სიმბოლოს დამატება, რომელიც საჭიროა ინფორმაციისთვის მთავარი და არამთავარი კოეფიციენტების კოდირების ვარიანტის დაფიქსირებისთვის.

მოყვანილია ადაპტური კოდირების ეფექტურობის მაჩვენებლები სამი სხვადასხვა ტიპის ფერადი გამოსახულებისთვის, საიდანაც ირკვევა, რომ კოდირების პროცესისადმი ადაპტური მიდგომა აუმჯობესებს შესაბამისი სისტემის ეფექტურობას სატელეკომუნიკაციო არხებით გადასაცემი ან მახსოვრობის მოწყობილობებში შესანახი სიმბოლოების რაოდენობის შემცირების თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: წრფივი გარდასახვა; ტრანსფორმანტა; კოეფიციენტების მასივების სკანირება; ეფექტური კოდირება; ადაპტური კოდირება.

შესავალი

ციფრული მაუწყებლობის სისტემების ერთ-ერთ უმთავრეს შემადგენელ კომპონენტს წარმოადგენს ციფრული გამოსახულებების გადაცემის სიჩქარის შემცირების განმახორციელებელი მოწყობილობა, რომელიც აღნიშნულ მიზანს აღწევს ფერადი გამოსახულებების სიკაშკაშის Y და ფერსხვაობით C_r და C_b მდგენელებში არსებული ფსიქოფიზიოლოგიური და სტატისტიკური სიჭარბის შემცირებით, ანუ ციფრული გამოსახულებების ეფექტური კოდირებით [1 - 6].

გამოსახულებების ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის გამოყენებისას მათი ეფექტური კოდირება ნაწილობრივი დანაკარგებით განპირობებულია თავად გარდასახვის საბაზო მატრიცის სტრუქტურითა და შესაბამისი ტრანსფორმანტების დაკვანტვით ამ მიზნით სპეციალურად შედგენილი დაკვანტვის მატრიცების გამოყენებით, რაც დასაშვებადაა მიჩნეული ადამიანის მხედველობის ფსიქოფიზიოლოგიური თავისებურებების (გამოსახულებების ფსიქოფიზიოლოგიური სიჭარბის) გათვალისწინებით. ტრანსფორმანტების უდანაკარგო კოდირება ცვლადი სიგრძის კოდებით კი ემყარება მხოლოდ დასამუშავებელი მასივის სტატისტიკურ სიჭარბეს [2, 3, 5].

ძირითადი ნაწილი

ფერადი გამოსახულებების თითოეული მდგენელის $f(x,y)$ ($x, y=1,2, \dots, 7$) 8×8 ზომის ფრაგმენტების გარდასახვის შედეგად ფორმირებული დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი $F'(0,0)$ კოეფიციენტების სხვაობითი მნიშვნელობების კოდირება ხდება ცვლადი სიგრძის უნარული კოდების გამოყენებით. რაც შეეხება ზიგზაგ-ჰორიზონტალურად სკანირებული არამთავარი $F'(u,v)$ ($u, v=1,2, \dots, 7$) კოეფიციენტების მიმდევრობას, მის კოდირებას ახდენენ ჰაფმანის ცვლადი სიგრძის კოდებით [2, 5, 6].

ტრანსფორმანტას მთავარი კოეფიციენტების მასივისთვის შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვაობების გამოთვლის 2 და მათი სკანირების 5 ვარიანტი, რომლის დროსაც განიხილება მთავარი კოეფიციენტების ერთობლიობისთვის სხვაობების გამოთვლის ორი - ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ვარიანტი და ასეთნაირად მიღებული სხვაობების შესაბამისი ორგანოზომილებიანი სივრცის სკანირების 5 ვარიანტი - სხვაობების კოდირება სკანირების გარეშე, კოდირება ზიგზაგ-ჰორიზონტალური, ზიგზაგ-ვერტიკალური, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური სკანირებებით. რაც შეეხება ტრანსფორმანტების არამთავარი კოეფიციენტების მასივებს, მათთვის არსებული ზიგზაგ-ჰორიზონტალური სკანირების გარდა შეიძლება გამოყენებული იყოს ზიგზაგ-ვერტიკალური სკანირებაც, რის გამოც ფერადი გამოსახულებების სამივე მდგენელისთვის ვარიანტების შესაძლო რაოდენობიდან (20^3) ეფექტურობის თვალსაზრისით საუკეთესოს დაფიქსირებისთვის ძირითად ციფრულ ნაკადში საჭირო გახდება დამატებითი 13 სიმბოლოს შეტანა.

ადაპტური კოდირების შემოთავაზებული ვარიანტების მოდელირება თითოეული მათგანის ეფექტურობის განსაზღვრის მიზნით განხორციელდა ნახ. 1-ზე მოყვანილ სხვადასხვა ტიპის პირველადი ფერადი გამოსახულებებზე: „ბიონსე“ (სურ. 1), „გარნიტური“ (სურ. 2) და „შროშანი“ (სურ. 3).



ნახ. 1. საწყისი გამოსახულებები „ბიონსე“ (სურ. 1), „გარნიტური“

(სურ. 2) და „შროშანი“ (სურ. 3)

კოდირების იმ ვარიანტის შემთხვევაში, როდესაც ხორციელდება ტრანსფორმანტების კოეფიციენტების არაადაპტური კოდირება, ეფექტური კოდირებისთვის საჭირო ბიტების რაოდენობა გამოსახულებების მდგენელებისა და შესაბამისი სრული სიგნალისთვის აღვნიშნოთ m_1 -ითა და M_1 -ით, ადაპტური კოდირებისას - m_2 -ითა და M_2 -ით, ხოლო ეფექტური კოდირების F_1 და F_2 ფაქტორები - F_1 -ითა და F_2 -ით (ცხრილი 1). შევნიშნოთ, რომ ცხრილში 1 კოდირების ეფექტურობის თვალსაზრისით საუკეთესო მონაცემები ხაზგასმითაა მოცემული.

აღსანიშნავია, რომ ეფექტური კოდირების ფაქტორი F გამოთვლილია იმის გათვალისწინებით, რომ საცდელად გამოყენებული პირველადი ფერადი გამოსახულებების როგორც Y , ასევე C_r და C_b მდგენელები შეიცავს $256 \times 256 = 65536$ ელემენტს. ამიტომ ამ ელემენტების 8-ბიტანი კოდირებისას გამოსახულების თითოეული მდგენელისთვის დაიხარჯება $8 \times 65536 = 524288$ ბიტი. შესაბამისად, ეფექტური კოდირების ფაქტორები კოდირების არსებული (F_1) და შემოთავაზებული (F_2) ვარიანტებისთვის იქნება

$$F_1 = 524288/m_1; \quad F_2 = 524288/m_2,$$

სრული სიგნალისთვის -

$$F_1 = 3 \times 524288/M_1 = 1572864/M_1; \quad F_2 = 3 \times 524288/M_2 = 1572864/M_2.$$

ცხრილი 1. კოდირების არსებული და შემოთავაზებული ალგორითმების ეფექტურობის მაჩვენებლები საცდელი ფერადი გამოსახულებებისთვის

გამოსახულებები	m_1 , ბიტი	m_2 , ბიტი	F_1	F_2
Y				
„ბიონსე“	52668	51932	$\approx 9,955$	$\approx 10,096$
„გარნიტური“	44381	43205	$\approx 11,813$	$\approx 12,135$
„შროშანი“	80953	80080	$\approx 6,477$	$\approx 6,547$
C_r				
„ბიონსე“	4046	3960	$\approx 129,582$	$\approx 132,40$
„გარნიტური“	3582	3520	$\approx 146,367$	$\approx 148,95$
„შროშანი“	5460	5460	$\approx 96,023$	$\approx 96,023$
C_b				
„ბიონსე“	4595	4594	$\approx 114,100$	$\approx 114,130$
„გარნიტური“	3099	3049	$\approx 169,180$	$\approx 171,950$
„შროშანი“	9310	9371	$\approx 56,315$	$\approx 55,948$
სრული (ჯამური) სიგნალის მონაცემები				
გამოსახულებები	M_1 , ბიტი	M_2 , ბიტი	F_1	F_2
„ბიონსე“	61309	60499	$\approx 25,655$	$\approx 25,998$
„გარნიტური“	51062	49787	$\approx 30,803$	$\approx 31,592$
„შროშანი“	95723	94863	$\approx 16,431$	$\approx 16,580$

გარდა ამისა, აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ცხრილში 1 ადაპტური ჰიბრიდული ალგორითმის საფუძველზე გამოსახულებების კოდირების ეფექტურობის შეფასებისას გათვალისწინებულია აგრეთვე ის დამატებითი 13 ორობითი სიმბოლო, რომელიც საჭიროა ინფორმაციისთვის მთავარი და არამთავარი კოეფიციენტების კოდირების ვარიანტის დაფიქსირებისთვის. როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ადაპტური კოდირების ალგორითმის

გამოყენებით შესაძლებელი გახდა გამოსახულებების კოდირების ეფექტურობის მაჩვენებლების გაუმჯობესება.

ცხრილში 2 წარმოდგენილია საცდელი გამოსახულებების 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი და არამთავარი კოეფიციენტების მასივების ადაპტური ჰიბრიდული კოდირების საუკეთესო ვარიანტები გამოსახულებების სიკაშკაშის Y და ფერსხვაობითი C_r და C_b მდგენელებისთვის შესაბამისად.

ცხრილი 2. საცდელი გამოსახულებების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი და არამთავარი კოეფიციენტების მასივების ადაპტური კოდირების საუკეთესო ვარიანტები

გამოსახულებები	მთავარი კოეფიციენტების სხვაობების გამოთვლის მიმართულება	მთავარი კოეფიციენტების სხვაობების მასივების სკანირების ვარიანტი	არამთავარი კოეფიციენტების სხვაობების მასივების სკანირების ვარიანტი
Y			
„ბიონსე“	ვერტიკალური	ჰორიზონტალური	ზიგზაგ-ჰორიზონტალური
„გარნიტური“	ჰორიზონტალური	ვერტიკალური	ზიგზაგ-ვერტიკალური
„შროშანი“	ჰორიზონტალური	ვერტიკალური	ზიგზაგ-ვერტიკალური
C _r			
„ბიონსე“	ვერტიკალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ვერტიკალური
„გარნიტური“	ჰორიზონტალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ვერტიკალური
„შროშანი“	ჰორიზონტალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ჰორიზონტალური
C _b			
„ბიონსე“	ვერტიკალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ვერტიკალური
„გარნიტური“	ჰორიზონტალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ვერტიკალური
„შროშანი“	ჰორიზონტალური	სკანირების გარეშე	ზიგზაგ-ჰორიზონტალური

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია ადაპტური ალგორითმის საფუძველზე ეფექტურად კოდირებული გამოსახულებები „ბიონსე“ (სურ. 1), „გარნიტური“ (სურ. 2) და „შროშანი“ (სურ. 3).



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3

ნახ. 2. ეფექტურად კოდირებული გამოსახულებები „ბიონსე“ (სურ. 1), „გარნიტური“ (სურ. 2) და „შროშანი“ (სურ. 3)

დასკვნა

გამოსახულებების ეფექტური კოდირების ადაპტური კოდირება, რომელიც გულისხმობს ფერადი გამოსახულებების სიკაშკაშისა და ფერსხვაობითი მდგენელების 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების სხვაობითი სიდიდეებისა და არამთავარი კოეფიციენტების მასივის ადაპტური კოდირების ალგორითმების შეხამებას, იძლევა კოდირების ეფექტურობის გაზრდის შესაძლებლობას აღდგენილი გამოსახულებების ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუარესების გარეშე. კერძოდ, ჰიბრიდული კოდირების შედეგად საჭირო ორობითი სიმბოლოების რაოდენობა გამოსახულების „ბიონსე“ სრული სიგნალისთვის შემცირდა 61309-დან 60499-დე, გამოსახულების „გარნიტური“ - 51062-დან 49787-დე, ხოლო გამოსახულებისთვის „შრომანი“ - 95723-დან 94863-დე, ანუ ეფექტური კოდირების ფაქტორი გაიზარდა შესაბამისად 25,655-დან 25,998-დე, 30,803-დან 31,592-დე და 16,431-დან 16,580-დე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გოგბერაშვილი მ. მონაცემთა ორგანოზომილებიანი მასივის სკანირების ვარიანტები. – თბილისი, სტუ, „განათლება“ №1 (4), 2012, გვ. 240-244.
2. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. – М., Техносфера, 2004. – 368 с.
3. ჯ. ხუნწარია, მ. გოგბერაშვილი, ლ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის მთავარი კოეფიციენტების მასივის ადაპტური ენტროპიული კოდირება. – თბილისი, სტუ-ს შრომები №2 (496), 2015, გვ. 67-76.
4. Хунцария Дж. М., Хирьянов Ю. А., Хунцария Л.Дж. Компрессия изображений на примерестандарта JPEG. – Тбилиси, GESJ: Computer Science and Telecommunications, N4 (27), 2010, с. 76-85.
5. JPEG digital compression and coding of continuous-tone still images. ISO 10918. 1991.
6. Bernard Sklar. Digital Communications: Fundamentals and applications. Second Edition. *Communications Engineering Services, Tarzana, California and University of California, Los Angeles*. Prentice Hall P T R. Upper Saddle River, New Jersey 07458.

ALGORITHM OF ADAPTIVE CODING OF DIGITAL PICTURES

Manana Gogberashvili, Vakhtang Abuladze, Janiko Khuntsaria
Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian
Technical University, 77 M. Kostava str., 0160, Tbilisi, Georgia
m.gogberashvili@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge, j.khuntsaria@gtu.ge

Resume

The work is devoted to one of the current problems of modern telecommunications, which is due to the need for compatibility with the bandwidth of channels corresponding to the frequency band and volume of digital signals and the capacities of memory devices. The mentioned problem becomes especially relevant during digital transmission and storage of broadband signals of images.

Based on the international JPEG and MPEG standards, an efficient adaptive coding algorithm of frames of still and moving images based on discrete cosine transformation of their two-dimensional 8x8 size fragments is proposed. It is noted that effective coding of digital images

at the stage of discrete cosine transformation belongs to coding with partial losses, which is considered acceptable due to the psychophysiological features of human vision. As for the effective coding of transformants formed as a result of transformation, it belongs to lossless coding methods, during which, in accordance with the mentioned international recommendations, effective lossless coding of arrays of both main and non-main coefficients of quantized transformants with Huffman variable length codes is used, which is due to the statistical features of said arrays. Effective coding of brightness Y and difference Cr and Cb coefficients of digital color images based on the existing algorithm is carried out by lossless coding of the differences of the main coefficients and the arrays of non-main coefficients formed as a result of discrete cosine transformation of the corresponding 8x8 size fragments of the said coefficients. In this case, the mentioned differences are calculated in the horizontal direction of the two-dimensional array of the main coefficients, and their effective lossless coding with variable-length capable codes is performed without scanning the formed differences. As for two-dimensional arrays of non-major coefficients, zigzag-horizontal scanning and lossless efficient encoding of the obtained one-dimensional sequence with Huffman codes of variable length are used for them.

In order to improve the coding efficiency, the paper shows the expediency of calculating the differences of the main coefficients of the transformants in the horizontal direction along with the calculation in the vertical direction and the adaptive use of 4 variants of their scanning (horizontal scanning, vertical scanning, zigzag-horizontal scanning and zigzag-vertical scanning). In addition, scanning in zigzag-vertical direction along with zigzag-horizontal scanning of non-main coefficients is proposed for the same purpose. It is shown that in such an adaptive approach to the coding process, in order to code the best of all the possible number of options for all three encoders of color images, it is necessary to add 13 symbols to the digital signal, which are required to fix the coding option of the main and non-main coefficients for information. Go efficient coding with variable-length Huffman codes.

Performance indicators of adaptive coding for three different types of color images are presented, from which it is clear that the adaptive approach to the coding process improves the efficiency of the corresponding system in terms of reducing the number of symbols to be transmitted over telecommunication channels or stored in memory devices.

Keywords: linear transformation; transformer; scanning arrays of coefficients; efficient coding; Adaptive coding.

თერმოწყვილებიდან IR სენსორებამდე: მოგზაურობა ტემპერატურის მგრძობელობის ტექნოლოგიებში

მარეხ მაზანაშვილი, შორენა დეკანოსიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Marekhi1978@gmail.com, dekanosidzeshorena08@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომი ეხება ტემპერატურის გაზომვის ტექნოლოგიის სხვადასხვა ხერხს, გაზომვების შედეგად ინფორმაციის მიღების გზებს, ტემპერატურის გასაზომად შექმნილი სენსორებში სხვადასხვა მასალების გამოყენების უპირატესობებს და გაზომვების შედეგად მითვლილი ცდომილებების არსებობას. ნაშრომში წარმოდგენილია ამა თუ იმ სენსორის თუ ხელსაწყოთა უპირატესობები კონკრეტულ სიტუაციაში.

საკვანძო სიტყვები: თერმო წყვილი, თერმისტორი, ცვლადი წინაღობა, ნახევარგამტარი, ზეებვის ეფექტი, გარდამქმნელი.

ციფრულ ეპოქაში სულ უფრო ხშირად გვეხვება სიტყვა სენსორი, რომელიც ტექნოლოგიების მიღწევის ერთ-ერთ მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს. სენსორული მართვით აღჭურვილ ტექნიკას ახასიათებს მეტი მოქნილობა და სწორედ ამიტომ მომხმარებლის მხრიდან მეტი ინტერესი იწვევს. სიტყვა სენსორი მომდინარეობს ინგლისური სიტყვიდან - sense, რაც ითარგმნება როგორც შეგრძნება/ გრძნობა. ადამიანს 5 ძირითადი გრძნობა გააჩნია, ესაა მხედველობა, სმენა, გემო, ყნოსვა და შეხება. სწორედ ამ 5 გრძნობით აღიქვამს ადამიანი მატერიალურ სამყაროს. ეს აღქმა მნიშვნელოვნად ინდივიდუალურია და დამოკიდებულია არაერთ ფაქტორზე. თერმომეტრის გამოგონებამდე ადამიანები ვარაუდს ტემპერატურის შესახებ, მათი შეგრძნებების მიხედვით გამოთქვამდნენ: ცხელი იყო თუ ცივი სხეული, თუმცა რაოდენობრივად ვერ განსაზღვრავდნენ ტემპერატურას.

ადამიანი ყოველთვის ისწრაფოდა შემოეღო საზომი ერთეულები, გაზომვის ტექნოლოგია და და ხელსაწყოები, რომლითაც სიდიდის კონკრეტულ მნიშვნელობას დაადგენდა. პირველ სენსორად შეიძლება ჩაითვალოს ტემპერატურის სენსორი- სითხიანი თერმომეტრები, რომელსაც საფუძველი ჯერ გელილო გალილეიმ დაუდო, შემდეგ მის გაუმჯობესებაზე იმუშავეს სხვადასხვა მეცნიერმა: ევენჯელისტა ტორიჩელიმ, [გაბრიელ ფარენჰაიტმა](#), [ანდერს ცელსიუსმა](#). ისინი იყენებდნენ რა მარტივ თვისებას, რომელიც აქვს ყველა მასალას - სხეულების გაფართოებას ტემპერატურის გავლენის ქვეშ. ამ შემთხვევაში შეირჩა ყველაზე მოსახერხებელი ნივთიერებები. მაგალითად, თერმომეტრებში გამოიყენება ვერცხლისწყალი ან შეღებილი სპირტი, რომელიც ტემპერატურის მატებასთან ერთად ფართოვდება, შესაბამისად მის ცვლილებას უკვე რაოდენობრივად ვხედავთ.

ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ვითარდებოდა გაზომვის ტექნოლოგიაც, იქმნებოდა საზომი მოწყობილობები მახასიათებლის მიხედვით და იქმნებოდა ეგრეთ წოდებული სხვადასხვა ტიპის სენსორები- გარდამქმნელები. სენსორი/ გარდამქმნელი არის ფიზიკური და ქიმიური პარამეტრის (მნიშვნელობის) უშუალო გაზომვის საშუალება, რომელიც გარდაქმნის კონტროლირებად პარამეტრს (მნიშვნელობას) გაზომვად ციფრულ სიგნალად, ჩვეულებრივ ელექტრულ სიგნალად. სწორედ ამ ელექტრონული სიგნალის შეფასება ხდება მიკროკონტროლერით, შემდეგ კი პროგრამულად ხდება მისი დაგრაფირება შესაბამის სიდიდესთან. სენსორები შეიძლება კლასიფიცირდეს სხვადასხვა კრიტერიუმების

მიხედვით, როგორცაა მუშაობის პრინციპი, გაზომვის მეთოდი ან გაზომილი პარამეტრი. ქვემოთ მოცემულ ცხრილში მოცემულია სენსორების ძირითადი კლასები, მათი მუშაობის პრინციპი და გამოყენების ფარგლები:

სენსორის კლასი	მოქმედების პრინციპი	განაცხადის არეალი
თერმული სენსორები	ტემპერატურის გაზომვა	მრეწველობა, მეცნიერება, საყოფაცხოვრებო ტექნიკა
წნევის სენსორები	წნევის გაზომვა	საავტომობილო ინდუსტრია, მედიცინა
ტენიანობის სენსორები	ჰაერის ტენიანობის გაზომვა	კლიმატური სისტემები, სოფლის მეურნეობა
გაზის სენსორები	გაზის კონცენტრაციის გაზომვა	უსაფრთხოება, ინდუსტრია
მოდრაობის სენსორები	ობიექტის მოძრაობის გამოვლენა	უსაფრთხოება, ავტომატიზაცია

ტემპერატურის კონტროლი მნიშვნელოვანია ყველა ტექნოლოგიურ პროცესებში, რაც საშუალებას გაძლევთ აირჩიოთ შესაბამისი ტემპერატურული რეჟიმი ან ვაკონტროლოთ მასალის მდგომარეობის ცვლილებები. ტემპერატურული პირობები თანაბრად მნიშვნელოვანია სამზარეულოში ღუმელის ჩართვისას, ასევე ფოლადის დნობისას, ხოლო ნორმალური მუშაობისგან გადახრამ შეიძლება გამოიწვიოს უბედური შემთხვევა და ადამიანების დაზიანება. უსიამოვნო შედეგების თავიდან ასაცილებლად და გათბობის ხარისხის რეგულირების უზრუნველსაყოფად, გამოიყენება ტემპერატურის სენსორი.

- ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოების ტიპები და მუშაობის პრინციპი

ტექნოლოგიების განვითარებასთან და გაუმჯობესებასთან ერთად, ტემპერატურის სენსორმა, როგორც საზომი მოწყობილობამ, განიცადა მრავალი ცვლილება, ამის წყალობით, დღეს ისინი წარმოდგენილია მრავალფეროვნებით, რომლებიც შეიძლება დაიყოს რამდენიმე კრიტერიუმის მიხედვით. ამრიგად, ტემპერატურის საზომი მონაცემების გადაცემისა და ჩვენების მეთოდის მიხედვით, ისინი იყოფა ციფრულ და ანალოგად. ციფრული მოწყობილობები უფრო თანამედროვე გადაწყვეტაა, რადგან მათში არსებული ინფორმაციის გამოტანა შესაძლებელია ეკრანზე და ასევე შესაძლებელია გადაცემა დისტანციურად. ანალოგურ მოწყობილობებს აქვთ მონაცემთა გაზომვების და გადაცემის ელექტრული ან მექანიკური მეთოდი.

მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე ტემპერატურის სენსორები შეიძლება დაიყოს:

- თერმოელექტრული;
- ნახევარგამტარი;
- პირომეტრიული;
- თერმორეზისტული;
- აკუსტიკური;
- პიეზოელექტრული.

ტემპერატურის სენსორი გვაწვდის ინფორმაციას ტემპერატურის შესახებ - ელექტრული იმპულსებით. ეს სენსორები საშუალებას იძლევა გავაკონტროლოთ გარემოს ტემპერატურა. ტემპერატურის სენსორები საკმაოდ რეზისტენტულები(მდგრადი, გამძლე) არიან, რომელთა მნიშვნელობა ტემპერატურასთან ერთად იზრდება ან მასთან ერთად იკლებს. პირველ შემთხვევაში მას PTC თერმოსტორს, ხოლო მეორეში NTC თერმოსტორს ვუწოდებთ, ტემპერატურის სენსორები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ტიპის: კონტაქტური, არაკონტაქტური, მექანიკური და ელექტრო.

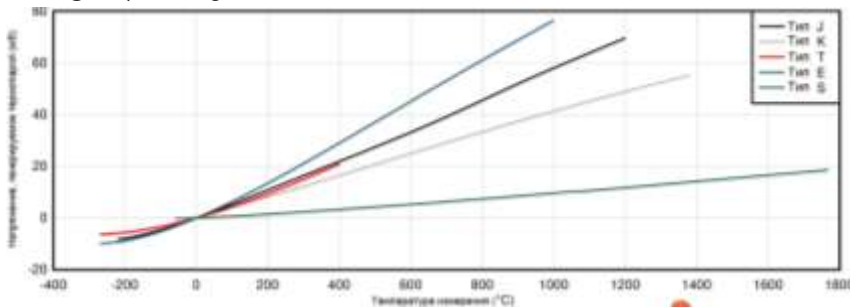
- თერმოელექტრული სენსორი

თერმოელექტრული სენსორის მოქმედება ემყარება თერმოწყვილის პრინციპს (იხ. სურათი 1) თერმოწყვილი არის ტემპერატურის საზომი მოწყობილობა, რომლის მუშაობის პრინციპი ეფუძნება თერმოელექტრომოდრავი ძალის (TEMF) წარმოქმნის ფენომენს, როდესაც ორი განსხვავებული ლითონი ან მათი შენადნობები თბება მათი შეხების ადგილზე.



ამ თერმოელექტრომოდრავი ძალის მნიშვნელობა მცირეა - რამდენიმე მილივოლტიდან რამდენიმე ასეულ მილივოლტამდე მოწყობილობის მუშაობის დიაპაზონში. მას ყოველთვის აქვს მკაცრი პოლარობა, ანუ თერმოწყვილს აქვს "პოზიტიური" და "უარყოფითი" ტერმინალები. მაგრამ იმისათვის, რომ მიიღოთ ინფორმაცია ტემპერატურის შესახებ უნდა ვიცოდეთ ტემპერატურიდან ელექტრომოდრავი ძალის ცვლილების კანონი (ანუ ნომინალური სტატიკური მახასიათებელი – NSC). ლითონების ყველა კომბინაცია არ იძლევა ხაზოვან მახასიათებელს და ის ლითონები რომლებიც ხაზოვან მახასიათებელს იძლევა, ინფორმაცია შეიძლება მოგვცეს მხოლოდ გარკვეულ დიაპაზონში, ამიტომ, ერთი ან ორივე ელექტროდი შეიძლება იყოს არა სუფთა ლითონი, არამედ შენადნობები.

ნომინალური სტატიკური მახასიათებელი (NSC) არის მრუდი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ იცვლება შუალედური მნიშვნელობა პირველადი მნიშვნელობის ცვლილებაზე, ანუ როგორ იცვლება მილივოლტის მნიშვნელობა თერმული გადამყვანის გამოსავალზე გაზომილი ტემპერატურის ცვლილებაზე: $mV = f(t^{\circ}C)$. ლითონები ან შენადნობები შეირჩევა ისე, რომ $0^{\circ}C$ ტემპერატურაზე NSC მახასიათებელს აქვს წრფივი და თერმოწყვილის წარმოქმნილი EMF ტოლია 0 მვ.



- სენსორის გამომავალზე მილივოლტების მნიშვნელობა დამოკიდებულია შეერთებაში გამოყენებულ ლითონებზე (NSX-ის ცვლილების კანონი). შეერთების ორგანიზებისთვის ლითონის წყვილის (ან ლითონის შენადნობების) არჩევანი გამოიყენება ოპერაციული დიაპაზონის მიხედვით, რომლისთვისაც შექმნილია თერმული გადამყვანი. დიაპაზონები სტანდარტიზებულია და იყოფა ტიპებად
 - ვოლფრამი-ვოლფრამის რენიუმი (TVR) – გამოიყენება $2000^{\circ}C$ -მდე სამუშაო ტემპერატურის მქონე გარემოში;
 - platinum-rhodium-platinum-rhodium (TPR) - ხასიათდება მაღალი ღირებულებით და გაზომვის მაღალი სიზუსტით, ისინი გამოიყენება ლაბორატორიულ გაზომვებში;
 - პლატინა-როდიუმ-პლატინი (TPP) - აღჭურვილია დამცავი ლითონის მილით და კერამიკული იზოლაციით, აქვს მაღალი ტემპერატურის ზღვარი;

- ქრომელ-ალუმელი (TCA) - ფართოდ გამოიყენება ინდუსტრიაში, შეუძლია დაფაროს 1200°C-მდე ტემპერატურის დიაპაზონი, გამოიყენება მჟავე გარემოში;
- ქრომელ-კოპელი (TCC) - ხასიათდება საშუალო ტემპერატურის მაჩვენებლით, რომელიც დამონტაჟებულია მხოლოდ არა აგრესიულ გარემოში;
- ქრომელ-კონსტანტანი (TCC) - შესაბამისი გაზის ნარევებისა და ნეიტრალური ან ოდნავ მჟავე შემადგენლობის თხევადი აეროზოლებისთვის;
- nikrosil-nisil (TNN) - გამოიყენება მოწყობილობებისთვის საშუალო ტემპერატურის დიაპაზონში, მაგრამ აქვს ხანგრძლივი მომსახურების ვადა;
- სპილენძ-კონსტანტანი (TMK) - ახასიათებს გაზომვის ყველაზე მცირე ზღვარი 400°C-მდე, მაგრამ მდგრადია ტენიანობის და აგრესიული გარემოს ზოგიერთი კატეგორიის მიმართ;
- რკინა-კონსტანტანი (TC) - გამოიყენება თხევადი ატმოსფეროს ან ვაკუუმური სივრცის მქონე გარემოში.

თერმოწყვილზე დაფუძნებული ტემპერატურის სენსორების ასეთი მრავალფეროვნება შესაძლებელს ხდის გამოვიყენოთ ის ადამიანის საქმიანობის ნებისმიერი სფეროში.

თერმოწყვილების უპირატესობები და უარყოფითი მხარეები

დადებითი მხარე:

- ტემპერატურის გაზომვის მაღალი სიზუსტე ($\pm 0,01$ °C-მდე). მართალია, ასეთი სიზუსტის მისაღწევად, საჭირო იქნება თერმოწყვილის ინდივიდუალური დაკალიბრება;
- ტემპერატურის გაზომვის დიდი დიაპაზონი: -250 °C-დან $+2500$ °C-მდე.
- დამზადების სიმარტივე;
- დაბალი წარმოების ღირებულება.

უარყოფითი მხარეები მოიცავს: როგორც არ უნდა იყოს დაცული თერმოწყვილი გარემოსგან, აგრესიულ გარემოში თერმოწყვილის არსებობა გარდაუვლად მოქმედებს გამოყენებული ლითონების ქიმიურ შემადგენლობაზე. და ეს ფენომენი, შედეგად, უარყოფით გავლენას ახდენს თერმოწყვილის NSC-ზე, რაც იწვევს გაზომილი მნიშვნელობის სიზუსტის გაუარესებას. ეს ნაკლი მნიშვნელოვნად შემცირდა MLC ტექნოლოგიის გამოყენებით. აუცილებელია ცივი შეერთების ტემპერატურის გათვალისწინება და კომპენსირება;

გაზომვის შედეგზე შესაძლოა გავლენა იქონიოს სადენების არაერთგვაროვნებამ მთელ სიგრძეზე;

• ნახევარგამტარული წინააღმდეგობის თერმომეტრები

ნახევარგამტარული წინააღმდეგობის თერმომეტრები მზადდება კრისტალების საფუძველზე, მოცემული დენის ძაბვის მახასიათებლით. ასეთი ტემპერატურის სენსორები მოქმედებენ ნახევარგამტარული გადამრთველის რეჟიმში, კლასიკური ბიპოლარული ტრანზისტორის მსგავსად, სადაც გათბობის ხარისხი შედარებულია ბაზაზე პოტენციალის გამოყენებასთან. ნახევარგამტარული თერმისტორები (*თერმისტორები*) განსხვავდება ლითონისგან მათი მცირე ზომებით, ტემპერატურაზე წინააღმდეგობის შეზღუდული დამოკიდებულებით, ამ დამოკიდებულების ძლიერი არაწრფივობით და წინააღმდეგობის ტემპერატურის კოეფიციენტის უფრო დიდი აბსოლუტური მნიშვნელობით.

ნახევარგამტარული თერმისტორების წინააღმდეგობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე დამაკმაყოფილებლად არის აღწერილი ფორმულით $R_t = A \cdot e^{B/t}$, სადაც A

არის კოეფიციენტი, რომელსაც აქვს წინააღმდეგობის განზომილება (Ohm), B არის კოეფიციენტი, რომელსაც აქვს ტემპერატურის განზომილება.

თერმისტორების წინააღმდეგობის ნომინალური მნიშვნელობა სტანდარტიზებულია სხვადასხვა ტემპერატურებისთვის: $20^{\circ}C$ და $150^{\circ}C$ და ფართოდ განსხვავდება: რამოდენიმე ომიდან -ასობით კილოომამდე. თერმისტორების მცირე ზომების გამო, მათი მოქმედების დრო დამოკიდებულია პარამეტრულ მახასიათებლებზე და მერყეობს (0.1 ± 30) წამში. ნახევარგამტარული თერმისტორის თვისება საფუძვლად უდევს ერთერთ ტემპერატურის სენსორს- LM35-ს.

ალტერნატიული ვარიანტები LM35 სენსორისთვის არიან

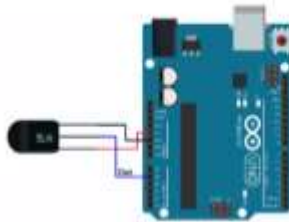
- TMP36
- DHT11
- DS18B20
- LM34
- RTD PT100

LM35 ტემპერატურის სენსორის პინი:

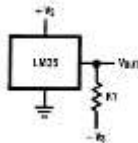


ამ სენსორებიდან შესაძლებელია მიკროკონტროლერის საშუალებით მივითოთ ტემპერატურის მნიშვნელობა ციფრულ ფორმატში.

LM35 ტემპერატურის სენსორის ინტერფეისი Arduino-სთან



LM35 სენსორი უზრუნველყოფს გამომავალს 10 მვ- ცელსიუს გრადუსზე, ამიტომ კოდი ჯერ კითხულობს ADC მნიშვნელობას სენსორიდან, შემდეგ გარდაქმნის მას ეკვივალენტურ ძაბვაში და ბოლოს გარდაქმნის ამ ძაბვის მნიშვნელობას ტემპერატურის მნიშვნელობად გრადუს ცელსიუსში. დიაგრამა LM35-ის, როგორც ტემპერატურის სენსორის დასაკავშირებლად, სრული საზომი დიაპაზონით $-55 \dots +150^{\circ}C$.



სენსორის გამოყენება შესაძლებელია როგორც ერთპოლარული, ასევე ბიპოლარული მიწოდების ძაბვით. იმის გამო, რომ სენსორი მოიხმარს მხოლოდ 60 μA დენს, მას აქვს თვითგათბობის ძალიან დაბალი დონე, $0,1^{\circ}C$ -ზე ნაკლები უძრავ ჰაერში.

• **პირომეტრები - ინფრაწითელი გამოსხივების თერმომეტრები.**

ნებისმიერ სხეულში, რომელსაც აქვს ტემპერატურა აბსოლუტურ ნულზე მეტი, მოლეკულები მოძრაობენ. ფიზიკის კანონების მიხედვით, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფია მათი მოძრაობა. როდესაც მოლეკულები მოძრაობენ სივრცეში, ისინი ასხივებენ ინფრაწითელ გამოსხივებას, რომელსაც ასევე უწოდებენ თერმულ გამოსხივებას, გარდა ამისა, როდესაც ისინი თბება, ზოგიერთი ობიექტი იწყებს ხილული სინათლის გამოსხივებას - მაგალითად, ცხელი მეტალი იწყებს წითლად ან თუნდაც თეთრად ანათებს. ინფრაწითელი უკონტაქტო თერმომეტრების (პირომეტრების) მუშაობის პრინციპი სწორედ ამ

გამოსხივებას ეფუძნება. ამ მოწყობილობებს აქვთ ჩაშენებული სპეციალური თერმოწყვილი, რომელიც იჭერს სხეულიდან მოსულ ინფრაწითელ გამოსხივებას და აქცევს მას ელექტრულ სიგნალად. ეს, თავის მხრივ, მიეწოდება დეტექტორს, რომელიც განსაზღვრავს სხეულის ტემპერატურას.

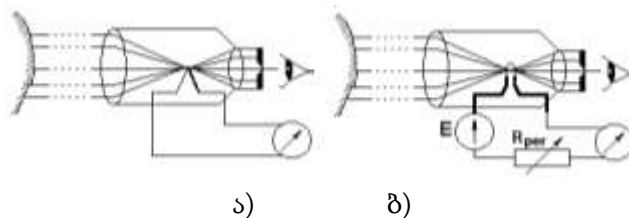
ინდუსტრიებში, მაგალითად, მეტალურგიაში, საჭიროა ტემპერატურის უკონტაქტო გაზომვა. ეს ხდება იმ შემთხვევებში, როდესაც ობიექტი მიუწვდომელია ან როდესაც ობიექტის ტემპერატურა ძალიან მაღალია და სენსორმა, რომელიც ურთიერთობს მასთან, შეიძლება ვერ მოხდეს, კერძოდ, დნება. ამ შემთხვევებში გამოიყენება საზომი ხელსაწყოები, რომლებიც ტემპერატურის გაზომვისას იყენებენ პირომეტრულ მეთოდებს, ან თერმული გამოსახულების საფუძველზე დაფუძნებულ მეთოდებს.

ტემპერატურის გაზომვის პირომეტრიული მეთოდები მოიცავს:

- მთლიანი გამოსხივების პირომეტრებს (რადიაციული პირომეტრები),
- ნაწილობრივი გამოსხივების პირომეტრებს (ნათობის პირომეტრები)
- სპექტრული თანაფარდობის პირომეტრებს (ფერადი პირომეტრები).

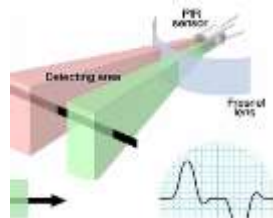
რადიაციული პირომეტრების მოქმედების პრინციპი ემყარება იმ ფაქტს, რომ შტეფან-ბოლცმანის კანონის თანახმად, აბსოლუტურად შავი სხეულის (BL) რადიაციული სიმძლავრე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე: $M_T^0 = \sigma \cdot T^4$, სადაც $\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Bm}/(\text{M}^2 \text{K}^5)$. თუმცა, რეალური სხეულისთვის ეს დამოკიდებულება შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს მისი ზედაპირისა და მასალის მდგომარეობის მიხედვით. შავი სხეულის გამოსხივების მიხედვით დაკალიბრებული პირომეტრი რეალურად აჩვენებს რადიაციის ტემპერატურას $T_p = \sqrt[4]{\epsilon} \cdot T$, სადაც $0.04 \leq \epsilon \leq 1$ არის თერმული გამოსხივების კოეფიციენტი. გამოსხივების პირომეტრის დიაგრამა ნაჩვენებია ნახ. 57 ა. ასეთი პირომეტრის საზომი ლიმიტებია (400 , 3000)°C.

აღიქმება



პირომეტრების პრინციპიალური დიაგრამა: ა) რადიაციული, ბ) გამოსხივების პირომეტრი ფოკუსირდება და უკავშირდება ლინზის ფოკუსში მდებარე თერმოწყვილს. შედეგად მიღებული თერმო ელექტრო მამოძრავებელი ძალა პროპორციულია იმ ტემპერატურისა, რომელზეც მდებარეობს თერმოწყვილი. ეს თერმო ელექტრო მამოძრავებელი ძალა იზომება ნებისმიერი მილივოლტმეტრით. ოპერატორის ამოცანაა პირომეტრის ლინზა ობიექტზე მიმართოს. სიკაშკაშის პირომეტრები იყენებენ რადიაციის სიმძლავრის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე გამოსხივების ტალღის სიგრძის შეზღუდულ დიაპაზონში. ასეთ პირო-მეტრში, ჩვეულებრივ გამოიყენება წითელი სინათლის ფილტრი, რომელიც გადასცემს გამოსხივებას ტალღის სიგრძით (0,648 , 0,664) მიკრონი. და აქ რადიაციის სიმძლავრე დამოკიდებულია ემიტირებული ობიექტის მასალაზე და მისი ზედაპირის მდგომარეობაზე. ამრიგად, გაპრიალებული სპილენძისთვის თერმული გამოსხივების კოეფიციენტი არის 0,03, ვოლფრამის 0,6, დაჟანგული რკინისთვის 0,6 , 0,9, სილიკატური ცეცხლგამძლე მასალებისთვის 0,9.

სიკაშკაშის პირომეტრის მუშაობის პრინციპი ნაჩვენებია ნახ. 57 ბ. ლინზების ფოკუსში არის საცნობარო ძაფი, რომელიც თბება დენის წყაროთი, რომელიც გადის საკონტროლო წინააღმდეგობას R_{pe2} . ოპერატორი ამ წინააღმდეგობით არეგულირებს დენს მანამ, სანამ ძაფი არ განსხვავდება გამოსხივების სხეულის გამოსახულების ფონზე. ეს დენი იზომება და მისი მნიშვნელობა გამოიყენება ობიექტის ტემპერატურის შესაფასებლად, მასალისა და ზედაპირის ხარისხის გათვალისწინებით. ასეთი პირომეტრების გაზომვის ლიმიტებია 300°C-დან 6000°C-მდე.

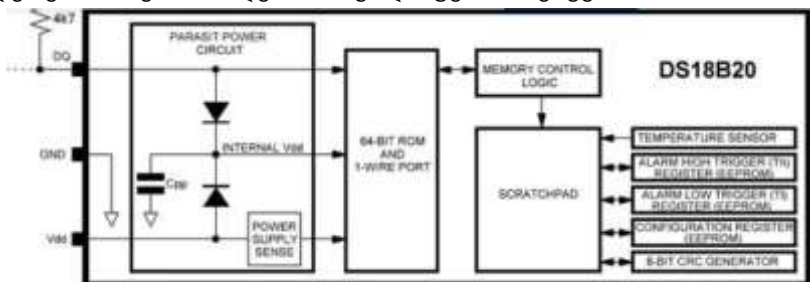


ამჟამად, თერმული გამოსახულების მეთოდები გამოიყენება არაკონტაქტური ტემპერატურის გაზომვისთვის. თერმოგრაფიული პირომეტრებში, მიმღები ლინზების ფოკუსში არის მატრიცა, რომელიც შედგება სითბოს მგრძობიარე ელემენტებისაგან, რომლის გამომავალი სიგნალები სკანირებულია და შემდგომი დამუშავებისთვის გადაეცემა მიკროპროცესორს ან კომპიუტერს. ასეთი პირომეტრების გარჩევადობა 0,1°C-ს აღწევს. ყველა უკონტაქტო პირომეტრის მინუსი არის გაზომვის შედეგების ძლიერი დამოკიდებულება ობიექტის თერმული ემისიურობის კოეფიციენტზე, რომლის ღირებულება ცნობილია შეზღუდული სიზუსტით. უკონტაქტო პირომეტრების უპირატესობა არის ობიექტთან პირდაპირი ურთიერთქმედების არარსებობა, რის შედეგადაც ტემპერატურის გაზომვისას ობიექტის თერმული ველი არ არის დამახინჯებული. გარდა ამისა, ასეთი პირომეტრების დახმარებით შესაძლებელია გაზომვით, თუმცა დაბალი სიზუსტით, ისეთი ძნელად მისაღწევი ობიექტების ტემპერატურა, როგორცაა მზის სისტემის პლანეტები ან თუნდაც ვარსკვლავები.

ციფრული ტემპერატურის სენსორი DS18B20



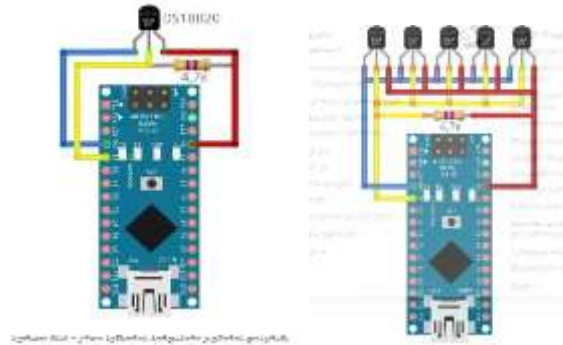
DS18B20 არის სრულფასოვანი, ძალიან პრაქტიკული ციფრული თერმომეტრი, რომელსაც შეუძლია გაზომოს ტემპერატურა -550 C-დან +1250 C-მდე, პროგრამირებადი სიზუსტით 9-12 ბიტი. წარმოებისას, თითოეულ სენსორს ენიჭება თავისი უნიკალური 64-ბიტის მისამართი და ინფორმაციის გაცვლა ხდება მთავარ მოწყობილობასთან მიკროკონტროლერებთან, ერთ სადენიანი გადამცემის მეშვეობით.



ნახაზი No2 - DS18B20-ის ბლოკ-სქემა

როგორც აღვნიშნეთ, DS18B20 ტემპერატურის სენსორი შეიძლება დავაკავშიროთ მიკროკონტროლერთან, კერძოდ კი Arduino-ს დავასთან. გარდა ამისა, შეგიძლიათ მივაერთოთ

სენსორების ერთი ან მთელი ჯგუფი Arduino-ს ერთ შემავალ პინზე. ქვემოთ მოყვანილი სურათი ა. გვიჩვენებს დიაგრამას ერთი სენსორის Arduino Nano-სთან პირდაპირ დასაკავშირებლად, ხოლო სურათი ბ. გვიჩვენებს სენსორების ჯგუფის პირდაპირ კავშირს Arduino-ს ერთ პინთან. მოყვანილია 5 DS18B20 სენსორის შეერთების მაგალითი. ეს რიცხვი შეიძლება იყოს ნებისმიერი და შემოიფარგლება მხოლოდ თითოეული მათგანიდან ინფორმაციის მისაღებად (750 mS).



სურათი ა.

სურათი ბ.

როგორც ნაშრომიდან ჩანს, ტემპერატურის გაზომვის საშუალებების შექმნამ, მექანიკურმა თუ ციფრულმა თერმომეტრების შექმნამ საკმაოდ გრძელი გზა გაიარა, მის შექმნაში გამოყენებული იქნა არაერთი ფიზიკის ფუნდამენტური კანონი, ასევე გათვალისწინებული იქნა არა მხოლოდ ის მასალა, რომლისგანაც მზადდებოდა გარდამქმნელები, არამედ ის გარემო, რომლის ტემპერატურის გაზომვაც უნდა მომხდარიყო. არსებული ცდომილებები და ნაკლოვანებები მიგვანიშნებს იმაზე, რომ მსგავს მოწყობილობებზე მუშაობა ისევ გრძელდება, მოწყობილობების დასახვეწად და ზუსტი ინფორმაციის მიღების მისაღებად.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ზაზა ტაბატაძე, თეა თოდუა. არდუინო- პრაქტიკული სახელმძღვანელო დამწყებთათვის. თბილისი 2019 წ.
2. Теро Карвинен , Киммо Карвинен , Вилле Валтокари, Делаем сенсоры -ПРОЕКТЫ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ARDUINO И RASPBERRY PI Москва • Санкт-Петербург • Киев
3. <https://www.techinsider.ru/editorial/79133-kak-rabotayut-beskontaktnye-termometry/?ysclid=lnlpykvtm514648525>
 HYPERLINK "http://mypractic.ru/datchik-temperature-lm35-dokumentaciya-na-russkom-yazyke-karakteristiki-primeneniye.html?ysclid=lnitye1r8115010317" [Датчики температуры LM35. Полная документация на русском. | Оборудование, технологии, разработки](#)
 HYPERLINK "https://guru-pnr.ru/index.php?appl=textviewer&type=wiki&article=kipia-datchiki_temperaturi_tps" [Датчики температуры: Всё про термомпары \(guru-pnr.ru\)](#)
 HYPERLINK "https://guru-pnr.ru/index.php?appl=textviewer&type=wiki&article=kipia-datchiki_temperaturi_tps"
8. <https://www.asutpp.ru/datchiki-temperature.html?ysclid=lkvo2fuu9278061165>
9. https://vk.com/doc142977012_591318408?hash=4eMEe0X0g1dHBNakrhkiqsup5fZmw1pmhc7R4eD81zs

E
R
L
I
N
E

From thermocouples to infrared sensors: a journey in temperature measurement technology

Marekh Mazanashvili, Shorena Dekanosidze
Georgian Technical University

Marekhi1978@gmail.com, dekanosidzeshorena08@gtu.ge

Resume

The paper deals with different methods of temperature measurement technology, ways of obtaining information from gas heating, advantages of using different materials in sensors designed to measure temperature, and the existence of errors indicated as a result of measurements. The paper presents the advantages of this or that sensor or tool in a specific situation.

Key words: thermocouple, thermistor, variable resistance, semiconductor, Seebeck effect, converter.

შემოთავაზებული კრიტერიუმებით საიმედოობის გათვლის ალგორითმი სატელეკომუნიკაციო სისტემებში

მარინა ქურდაძე - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. m.kurdadze@gtu.ge

გედევან მურჯიკნელი - შპს „მაქტიკომი“ gedevan.murjikneli@magticom.ge

გიორგი მურჯიკნელი - შპს „მაქტიკომი“ gurjikneli@gmail.com

რეზიუმე

სატელეკომუნიკაციო სისტემების წყარო-მიმღებ დამაბოლოებელ მოწყობილობებზე წარმოებს ინფორმაციის გარდაქმნა ელექტრონულ ან ოპტიკურ სიგნალად და შემდგომ კოდებად (ბიტებად), არხი კი ამას ანხორციელებს მაღალი საიმედოობით, თუ საკომუტაციო საშუალებები ოპტოელექტრონული გადაწყობადი სტრუქტურისაგან შედგება (სხვა შემადგენლობის სტრუქტურებთან შედარებით).

ოპტოელექტრონული სტრუქტურის სისტემებში ინფორმაციის გადასაცემად გამოიყენება ელექტრონული და ოპტიკური სიგნალები, შესაბამისი კაბელებით. ეს სისტემა სიგნალის გავრცელების ველზე (ტრასაზე) აღჭურვილია გარე ზემოქმედებისაგან დაცვის, გამლიერებისა და გენერირების მოწყობილობებით. მთლიანი სისტემის უმტყუნოდ ფუნქციონირების ალგორითმი საკმაოდ რთული შესადგენია და სიღრმეებში ჩასვლას საჭიროებს, რომელიც დამოკიდებულია სიგნალის გავრცელების არეალზე კვანძებს შორის და

მთლიანად განზოგადებულ მარშუტზე, აგრეთვე თითოეული ფიზიკური და ლოგიკური სტრუქტურის გაანალიზებაზე დროითი პარამეტრების მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები: საიმედოობა, ალგორითმი, ოპტოელექტრონული, სტრუქტურა, შუქგამტარები, საკომუტაციო.

შესავალი

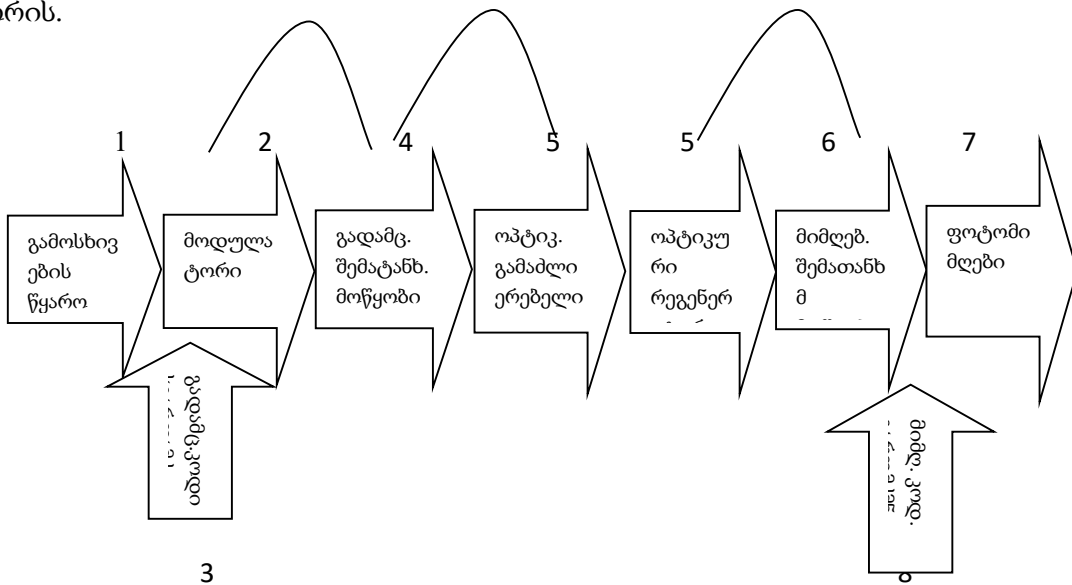
ინფორმაციული ნაკადების (სიგნალის) მართვა გადაწყობადი ფუნქციის ოპტოელექტრონულ სტრუქტურაში მთელი რიგი უპირატესობით ხასიათდება და მას საიმედოობის თვალსაზრისით იყენებენ რთული ტოპოლოგიის სატელეკომუნიკაციო სისტემებში, შემდეგი თვისებების გათვალისწინებით: აქვს გატარების ფართოხოლი რიგის გადამტანი სიხშირით. რაც ერთი შუქგამტარით წამში რამდენიმე ტერაბიტი საინფორმაციო ნაკადის გადაცემის საშუალებას იძლევა; სტრუქტურა უზრუნველყოფს სიგნალის მიღების მეტად მცირე სიდიდეს რაც 100 კილომეტრზე მეტი სიგრძის უტრანსლაციო უბნების მშენებლობის საშუალებას გვაძლევს შესაბამისი მარშრუტიზაციით; აქვს ხელშეშლებისადმი მაღალი მდგრადობა; ახასიათებს არასანქცირებული შეღწევისგან მაღალი დაცულობა, რადგან ოპტოელექტრონულ სტრუქტურაში შემავალი სადენები არ ასხივებს რადიოდიამეტრში, ინფორმაციის მოსმენა პრაქტიკულად "შეუძლებელია გადაცემა-მიღების პროცესის დარღვევის გარეშე. სისტემაში შეღწევის მცდელობის შემთხვევაში მონიტორინგის სისტემები, რომლებიც აკონტროლებენ და მყისიერ რეაგირებას იძლევა; სტრუქტურა შესაძლებელია დაბალი ღირებულების იყოს რადგან შუქგამტარები მზადდება კვარცისაგან და სილიციუმის ორჟანგი იაფი მასალაა-გარდა ამისა, უზრუნველყოფს სიგნალების გადაცემას დიდ მანძილებზე რეტრანსლირების გარეშე. ამიტომ მამლიერებლებისა და რეგენერატორების გაცილებით მცირე რაოდენობაა საჭირო; აქვს ექსპლუატაციის სანგრძლივი ვადა. ნორმალურ რეჟიმში 30 და მეტი წელი.

ძირითადი ნაწილი

ყოველთვის გასათვალისწინებელია დადებითი ასპექტებთან ერთად უარყოფითი ასპექტების და სტატიაში ყურადღება ეთმობა სტრუქტურის ფუნქციონირების ჯერ კიდევ დაუძლეველ მხარეებს და შემოთავაზებულია ალგორითმი მოცემული ანალიზით სადაც ყურადღება მახვილდება იმ ინტერფისების მაღალ ღირებულებაზე, რომელიც სტრუქტურის შემადგენელია და მისი ფუნქცია ელექტრული სიგნალების გარდაქმნაა ოპტიკურ სიგნალებად და პირიქით. ოპტიკური გადამცემებისა და მიმღებების ღირებულება ჯერ კიდევ მაღალია. გარდა ამისა, გამოიყენება მაღალი საიმედოობის მქონე სპეციალიზებული საკომუტაციო მოწყობილობები, მცირე დანაკარგებიანი ოპტიკური შემაერთებლები, განმშტოებლები და სხვა რომელთა ფასი აგრეთვე საკმაოდ დიდია; ასეთი სტრუქტურების მონტაჟი და მომსახურება ჯერ კიდევ მაღალია თუმცა მიდის მუშაობა სამონტაჟო აპარატურის სრულყოფისა და გაიაფების მიმართულებით; სპეციალური დაცვის აუცილებლობა იქმნება ბოჭკოვან კაბელზე, გარეშე მექანიკური ზემოქმედებისგან რაც ზრდის ფასს. სტრუქტურის უპირატესობები იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ მიუხედავად ჩამოთვლილი ნაკლოვანებებისა, მათი შემდგომი განვითარების პერსპექტივები სისტემაში ეჭვს არ იწვევს.

ტიპიური, მარტივი სტრუქტურული სქემა იმპულსურ-კოდური მოდელაციით მოყვანილია ნახაზზე. დამაბოლოებელი მოწყობილობები: ოპტიკური გადამცემი და ოპტიკური მიმღები.

გადამცემში წარმოებს ელექტრული სიგნალის გარდაქმნა ოპტიკურ სიგნალად, მიმღები კი უზრუნველყოფს ოპტიკური სიგნალის ელექტრულ სიგნალად უკუგარდაქმნას. ოპერაციებს აწარმოებს შესაბამისად ელექტრო-ოპტიკური და ოპტოელექტრული მოდულები გარდა აღნიშნული კუანძებისა, დამაბოლოებელი მოწყობილობები შეიცავს კოდის გარდამქმნელებს და შემათანხმებელ მოწყობილობებს. გადამცემის კოდის გარდამქმნელის დანიშნულებაა გადასაცემი სიგნალის გარკვეული ალგორითმით გარდაქმნა სახაზო კოდად, რომლის მახასიათებლები მაქსიმალურად ესადაგება შესაბამის პარამეტრებს, მიმღები კოდის გარდამქმნელის კი, სახაზო კოდის უკუგარდაქმნა სიგნალად, შემათანხმებელ მოწყობილობებში ხდება გამოსხივების მიმართულების დიაგრამებისა და აპერტურების ფორმირება და მათი შეთანხმება მიმღებ-გადამცემ მოწყობილობებსა და ოპტიკურ კაბელს შორის.



ანალიზის დროს, ფუნქციონირების ხარისხისა და ალგორითმის შემუშავებისთვის მნიშვნელოვანია ცდუნებათა დინამიკის პროგნოზირება

ძალზედ მნიშვნელოვანია გადაწყობადი სტრუქტურების შეფასება იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც ფუნქციონალური გადაწყობის გარდა ადგილი აქვს ოპტოელექტრონული მოწყობილობების აპარატულ დარეზერვებას მათი პირვანდელი ქმედუნარიანობის აღდგენის მიზნით.

ალგორითმის შესადგენად საჭიროა ისეთი დაშვება, რომელიც დროითი პარამეტრების გათვალისწინებით გონივრულ დასკვნამდე მიგვიყვანს, ამისათვის უნდა დაისვას ამოცანა და მისი გადაჭრის ალგორითმი შედგეს. ამ შემთხვევაში ემპირიული დაკვირვების შედეგად მოვიყვანეთ იდეალური პარამეტრებით დაბალანსებული ქსელი, რომელიც გამოიყენება

ტექნიკურ სისტემაში და რომელიც შედგება m რაოდენობის ძირითადი და $n-m$ გადაწყობადი ფუნქციის მოწყობილობისაგან; ძირითადი უმტყუნო მუშაობის დრო განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით α_1 ინტენსივობით, ხოლო გადაწყობადი ფუნქციის მოწყობილობათა უმტყუნო მუშაობის დრო განაწილებულია ასევე მაჩვენებლიანი კანონით ინტენსივობა α_2 ; მტყუნების აღძვრის შედეგად დაზიანებული მოწყობილობები ექვემდებარებიან აღდგენა-შეკეთებას, რომელთა აღდგენის დრო განაწილებულია ნებისმიერი კანონით; აღდგენის შედეგად მოწყობილობა იბრუნებს თავის პირვანდელ საიმედოობის მაჩვენებლებს; თუ დროის რომელიმე მომენტში გამტყუნდება ძირითადი მოწყობილობა, მის ადგილს მცირე დროში იკავებს გადაწყობადი ფუნქციის მქონე მოწყობილობა თუ დროის ამ მომენტში ამ ბოლოდან ერთი მაინც ქმედუნარიანია, წინააღმდეგ შემთხვევაში სისტემა ჩერდება.

აღვნიშნოთ: $G(x)$ არაქმედუნარიანი მოწყობილობათა აღდგენის დროის განაწილების ფუნქცია;

$R_k(t)$ - ალბათობა იმისა, რომ დროის t მომენტში ოპტოელექტრონულ სისტემაში არაქმედუნარიან მოწყობილობათა რაოდენობა შეადგენს k -ს მიუხედავად იმისა, თუ რამდენი დრო გავიდა არაქმედუნარიანი მოწყობილობის შეკეთების დაწყების მომენტიდან $k = \overline{0, n}$

$$R_k(t) = \int_0^t r_k(t, u) du;$$

$\int_0^t r_k(t, u) du$ - ალბათობა იმისა, რომ დროის t მომენტში სისტემაში არაქმედუნარიან მოწყობილობათა რიცხვი შეადგენს k -ს ($k = \overline{1, n}$); რომელთაგან ერთი აღდგენის პროცესშია ξ დროის განმავლობაში ($u < \xi < u + du$);

$$\alpha_i = \delta_0(i < m) \alpha_1 + \delta_1(i \geq m) [m \alpha_1 + (i - m) \alpha_2];$$

$$\delta_{i(\cdot)} = \begin{cases} 1, & \text{თუ პირობა სრულდება} \\ 0, & \text{თუ პირობა არ სრულდება} \end{cases}$$

(აქ i არის ქმედუნარიან მოწყობილობათა რაოდენობა);

$$g(u) = G'(u), \quad \bar{G}(u) = 1 - G(u); \quad \mu(u) = G'(u) / \bar{G}(u),$$

$\mu(u)$ არის აღდგენის დროის პირობითი ინტენსიობა.

შევნიშნავთ, რომ ზემოთმოყვანილი განზოგადებული მოდელიდან გამოვყოთ დღეისათვის ცნობილი რამოდენიმე კერძო მოდელი: 1) ცხელი დარეზერვებით ($\alpha_1 = \alpha_2$); 2) მოდელი ცივი დარეზერვებით $\alpha_2 = 0$; 3) დარეზერვებით აღდგენის გარეშე და ა.შ.

ვიხილავთ რა ნახევარმარკოვული პროცესის ცვლილებას მცირე (t , $t+n$) დროის ინტერვალში, ალბათური მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება, ზემოდ ჩამოთვლილი ალბათობების მიმართ შესდგეს დიფერენციალურ, დიფერენციალურ-ინტეგრალური განტოლებათა შემდეგი სისტემა:

$$R'_0(t) = \alpha_n R_0(t) + \int_0^t r_1(t, u) \mu(u) du;$$

1

$$\partial r_1(t,u)/\partial t + \partial r_k(t,u)/\partial u = -(\alpha_{n-1} + \mu(u))r_1(t,u); \quad 2$$

$$\partial r_k(t,u)/\partial t + \partial r_k(t,u)/\partial u = -(\alpha_{n-k} + \mu(u))r_k(t,u) + \alpha_{n-k+1}r_{k-1}(t,u);$$

$$k=2, n-1; \quad 3$$

$$\partial r_n(t,u)/\partial t + \partial r_n(t,u)/\partial u = -\mu(u)r_n(t,u) + \alpha_1 r_{n-1}(t,u) \quad 4$$

კვლევის შედეგი

განტოლება 1 და განტოლება 2 მიიღება: დროის $t+n$ მომენტში როცა ყველა n მოწყობილობა ქმედუნარიანია. ეს ხდომილება წარმოადგენს შემდეგი არათავსებადი ხდომილებათა ჯამს, რომელთა ალბათობა განსხვავდება $O(h)$:

1. t მომენტში სისტემა არ შეიცავს არცერთ არაქმედუნარიან მოწყობილობებს ($r=0$) და დროის h შუალედის განმავლობაში არ აღიძრა მტყუნება, როგორც მუშა მოწყობილებებში, ასევე სარეზერვო მოწყობილებებში და ამ ხდომილების ალბათობა გამოისახება შემდეგი სახით:

$$R_0(t)[1 - \alpha_n h] + O(h);$$

2. დროის t მომენტში სისტემა შეიცავს ერთ არაქმედუნარიან მოწყობილობას, რომელიც დროის ამ მომენტებისთვის ξ -დროის ($u < \xi < u+du$) განმავლობაში იმყოფება აღდგენის პროცესში და რომელიც $\mu(u)h + O(h)$ ალბათობით დამთავრდება h მცირე დროის განმავლობაში. ამ ხდომილობის ალბათობა ტოლია

$$\int_0^{t+h} r_1(t,u) du \cdot \mu(u)h + O(h).$$

ამრიგად ვღებულობთ

$$R_0(t+h) = R_0(t)(1 - \alpha_n h) + \int_0^{t+h} r_1(t,u) du \cdot \mu(u)h + O(h).$$

ეს უკანასკნელი თანაფარდობა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\frac{R_0(t+h) - R_0(t)}{h} = -\alpha_n R_0(t) + \int_0^{t+h} r_1(t,u) \mu(u) du + \frac{O(h)}{h}.$$

რადგანაც $\lim_{h \rightarrow 0} O(h)/h = 0$ თუ $h \rightarrow 0$, ამიტომ ზღვარზე გადასვლის შედეგად ვღებულობთ (1) ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებას.

განტოლება 3- და 4-სთვის განსახილველია ხდომილება, სადაც უნდა დავუშვათ, რომ, დროის $t+h$ მომენტში სისტემაში ადგილი ექნება k არაქმედუნარიან მოწყობილობის არსებობას, რომელთა შორის ერთ-ერთი მათგანი აღდგენის პროცესში იმყოფება ξ ($u < \xi < u+du$) დროის განმავლობაში. ეს რთული ხდომილებაა და მასზე მსჯელობის ფურცელზე გადატანა სცილდება წარმოდგენილი ნაშრომისათვის მოთხოვნილ სტრუქტურას.

დასკვნა

ფუნქციონირებისათვის შესაბამისი ალგორითმის ვარიანტი ასახავს შუალედური ქვეფუნქციების შესრულების ალბათობებით გარანტირებულ რეალიზაციას.

გადაწყობადი ფუნქციის ოპტოელექტრონული სტრუქტურების საიმედოობის მათემატიკური მოდელისთვის შემუშავებული ალგორითმი, საიმედოობის შეფასების სიზუსტის გაზრდის მიზნით ითვალისწინებს ანალიზურ ოპტოელექტრონულ სტრუქტურების გამოსახულებებში, სარეზერვო ფუნქციების გამოყენების ჯამურ ალბათობებს. დამუშავებული და განალიზებული საიმედოობის გათვლის მზადყოფნის ფუნქციის ალგორითმი გასათვალისწინებელია აპარატურული და შუალედური მარშრუტიზაციის ალგორითმებით დარეზერვების შემთხვევაში, როდესაც აღდგენის დრო განაწილებულია ალბათური მახასიათებლების ნებისმიერი კანონით.

ლიტერატურა

1. Хуродзе Р.А., Какубава Р.В. Об одной задаче надежности дублированной технологических систем. Труды ГТУ, 2002.
2. Микадзе И.С., Хочолова В.В. Система обслуживания с резервированием. Georgian Engineering News. 2002.
3. [Leila Fatmasari Rahman](#), [Tanir Ozcelebia](#), [Johan Lukkiena](#). Understanding IoT systems: A life cycle approach. Procedia Computer Science, Vol. 130, 2018,
4. Gabor Soos, Daniel Kozma, Ferenc Nandor Janky, Pal Varga. IoT Device Lifecycle – A Generic Model and a Use Case for Cellular Mobile Networks. IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 2018.
5. Joao Pedro Dias, Hugo Sereno Ferreira. State of the Software Development Life-Cycle for the Internet-of-Things. Preprint. arXiv:1811.04159[cs.SE]. (Submitted on 9 November 2018).
6. [T. M. Tatarnikova](#), [Natalia Dziubenko](#). Methods of life cycle increase for the Internet of things. Scientific and Technical Journal of Information Technologies Mechanics and Optics, Vol. 18, No 5, September 2018.
7. Majd Latah and Levent Toker. Artificial Intelligence Enabled Software Defined Networking: A Comprehensive Overview. IET Networks, Vol. 8, Iss. 2, 2019

Reliability calculation algorithm in telecommunication systems with proposed criteria

Marina Kurdadze - Technical University of Georgia m.kurdadze@gtu.ge

Gedevan Murjikneli - "Maqticom" gedevan.murjikneli@magticom.ge

Giorgi Murjikneli - "Maqticom" - gurjikneli@gmail.com

Resume

The source-receiver end devices of telecommunication systems convert information into an electronic or optical signal and subsequent codes (bits), and the channel does this if the switching means consists of an optoelectronic reconfigurable structure with high reliability (compared to other composition structures).

In optoelectronic structure systems, electronic and optical signals are used to transmit information with appropriate cables. This system is equipped with non-impact protection devices on the signal propagation track, as well as - amplification and regeneration points. Algorithm for reliable operation of entire systems is quite difficult to compile and needs to be replaced in depth, which depends on analyzing each physical and logical structure on the signal propagation track according to time parameters.

keywords: Reliability, algorithm, optoelectronic, structure, light conductors, switching.

რეალური დროის განაწილებულ ჩაშენებულ სისტემებში რესურსების გამოყენების გაუმჯობესების გზები და საშუალებები

ნიკა შარაშენიძე, თამარი მენაბდე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

sharashenidze.nika@gtu.ge, t.menabde@gtu.ge

რეზიუმე

რეალურ დროში ბევრი სისტემა იტოვებს დიდ რესურსს, რათა უზრუნველყოს სწორი ქცევა (ანუ დროის მოთხოვნების შესრულება) რესურსების ეფექტურობის გათვალისწინების გარეშე. შედეგად, სისტემის რესურსის ეფექტურად გამოყენება შეუძლებელია, რამაც შეიძლება რეალურად გამოიწვიოს რესურსების მნიშვნელოვანი ნარჩენები. ნაშრომში განხილულია რესურსების გამოყენების გაუმჯობესების გზები და საშუალებები. კერძოდ განხილულია GMF მოდელი, მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ ეს მეთოდი უკეთესად მუშაობს, ვიდრე ტრადიციული - RTA მეთოდი.

საკვანძო სიტყვები: რეალური დროის სისტემები, ოპტიმიზაცია, რეაგირების დროის ანალიზი.

შესავალი

რეალურ დროში ჩაშენებული სისტემები ფართოდ გამოიყენება ჩვენს ცხოვრებაში. მსგავსი სისტემები მოიძებნება მანქანებში, თვითმფრინავებში, სამრეწველო რობოტებსა და სხვა მსგავს დაწინაურებებში. ამ სისტემებისათვის ფუნქციონალური გამართულობა არ არის საკმარისი იმისათვის, რომ არსებული სისტემის სისწორე უზრუნველყოს. ამის გარდა, საყურადღებოა დრო და მითითებული მოთხოვნების გათვალისწინება. ასეთი ტიპის სისტემას ყოველთვის ახლავს დროის განაწილების ბადა, მისი დარღვევის შემთხვევაში დაფიქსირდება ზემოქმედების სხვადასხვა ხარისხი ან უფრო მძიმე ფატალური პრობლემები. ასე მაგალითად, სამუხრუჭო-მავთულის სისტემაში თუ ფუნქცია მოცემულ დროში ვერ შესრულდა, ავარიის რისკი გარდაუვალია, რაც სერიოზულ ზიანს ნიშნავს. არის შემთხვევა, როცა ირღვევა დროის ხაზი, მაგრამ ეს სისტემის გაუმართაობაზე მიგვანიშნებს და რიგ შემთხვევაში რისკის ფაქტორი არ არსებობს. მაგალითად, გრაფიკულ დიზაინთან (ან მის ინტერფეისში) მუშაობისას გარკვეულმა შეფერხებამ შეიძლება არ გამოიწვიოს დიდი ზიანი. (მთლიანი სისტემის გათიშვას თუ არ ჩავთვლით), ასეთ დროს შეფერხების რაოდენობა აღემატება ზღვარს. დიზაინერებმა უნდა გაითვალისწინონ მახასიათებლების სისწორეც და დროის ფაქტორიც, მათთვის სისტემის ქცევა უნდა იყოს უფრო მეტად პროგნოზირებადი, რათა მათ შეძლონ შესაძლებელია თუ არა სხვადასხვა მოთხოვნების შესრულება [1].

გეგმიური ანალიზის გამოყენებით, დიზაინერებს შეუძლიათ იწინასწარმეტყველონ, მისაღებია თუ არა სისტემის დიზაინი ან საჭიროებს თუ არა ცვლილებას დროის მოცემულ მოთხოვნებთან დაკავშირებით.

თუმცა, რეალურ დროში ბევრი სისტემა იტოვებს დიდ რესურსს, რათა უზრუნველყოს სწორი ქცევა (ანუ დროის მოთხოვნების შესრულება), რესურსების ეფექტურობის გათვალისწინების გარეშე. შედეგად, სისტემის რესურსის ეფექტურად გამოყენება შეუძლებელია, რამაც შეიძლება რეალურად გამოიწვიოს რესურსების მნიშვნელოვანი ნარჩენები. რესურსების ფლანგვის ერთ-ერთი მიზეზი არის პესიმიზმი, რომელიც ჩართულია დაგეგმვის ანალიზში. მეორე მხრივ, ზოგიერთი დაგეგმვის ჩარჩოს დიზაინი მხოლოდ სისტემის უსაფრთხოებაზეა ორიენტირებული, რესურსების გამოყენების გარეშე. ამიტომ, ჩვენ შევეცადეთ გადაგვეჭრა რესურსების გაფლანგვის პრობლემა ზემოაღნიშნული ორი ასპექტიდან [1].

რეალურ დროში განაწილებული სისტემა შეიძლება ჩავთვალოთ ორი ქვესისტემის ინტეგრაციად. პირველი თვითონ პროცესორის შიგნით არსებული ქვესისტემაა და მეორე საკომუნიკაციო ქსელი და მისი ქვესისტემა. ნაშრომის ერთ-ერთი მიზანი ორივე ქვესისტემის გათვალისწინებაა. თუმცა თითოეულ ქვესისტემას აქვს დაგეგმარების ტიპები. (ქეში, CPU და სხვა). იმისათვის, რომ კვლევის პრობლემები გადავჭრათ, ჩვენს ყურადღებას ვამახვილებთ CPU-ს რესურსზე, ხოლო რეალურ დროში კომუნიკაციისთვის ის მიმართულია გადამცემი მედიის რესურსზე. ნაშრომში მიმოხილულია სამი მთავარი საკვანძო საკითხი, რომლებიც მიმართულია რესურსის (ან რესურსების) გამოყენების გაუმჯობესებაზე:

- Applying the Generalized Multi-Frame (GMF) - კონტროლერით არეალის ქსელის შეტყობინებებისა და შესაბამისი რეაგირების ანალიზის უზრუნველყოფა;
- სტატისტიკური მიდგომების გამოყენება, ცუდ შემთხვევებზე რეაგირება WCRT ანალიზზე, მაშინაც კი თუ სისტემის ინფორმაციაზე ნაწილობრივი წვდომაა;
- დაგეგმვისა და ამოცანების შესასრულებლად საჭირო დროის შეთავაზება, ახალი ნორმების შემუშავება და ჩვენება.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომი მიზნად ისახავს რესურსების გამოყენების გაუმჯობესებას რეალურ დროში განაწილებულ ჩაშენებულ სისტემებში. უპირველესად ჩვენ უნდა მოვიძიოთ წყაროები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს არსებული სისტემების რესურსის დაკარგვა. ჩვენ გთავაზობთ შესაბამის გადაწყვეტილებას, თუმცა არსებობს მრავალი ფაქტორი, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს სისტემის მოშლა. (რაც თავის მხრივ იწვევს ზოგად ან გიგანტურ კვლევით პრობლემას) ამიტომ ამ ნაშრომში ჩვენ ვცდილობთ შევამციროთ ზემოაღნიშნული პრობლემა და უფრო მეტი ყურადღება გავამახვილოთ მცირე მცნებებზე.

სისტემის დიზაინერები იყენებენ დროის ანალიზს, იმის შესამოწმებლად, შესაძლებელია თუ არა დროის მოთხოვნების დაკმაყოფილება. შედეგად ანალიზის სიზუსტემ ნამდვილად შეიძლება გავლენა იქონიოს განაალიზებული სისტემის მუშაობაზე [2].

თუ ანალიზი იძლევა ოპტიმისტურ შედეგებს, დიზაინერმა შეიძლება გამოიწვიოს იმაზე მეტი დატვირთვა, ვიდრე სისტემას რეალურად შეუძლია. ასეთმა ქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს დროის სისწორის დარღვევა, რაც, შესაბამისად, არღვევს სისტემის გამართულობას. ეს მიუღებელია რეალურ დროში მომუშავე განსაკუთრებულად მძიმე აპლიკაციისთვის.

სამწუხაროდ, ზუსტი ანალიზის მიღება შეუძლებელია რთული იყოს მრავალი აპლიკაციისთვის. მათი დიზაინისა და კონსტრუქციის სირთულის გამო. თუმცა გამოთვლებში შეტანილი უზუსტობის გამო სისტემის რესურსი შეუძლებელია არ იყოს სრულიად გამოყენებული, რამაც შეუძლებელია გამოიწვიოს რესურსის დაკარგვა (გაღწევა) ან მისი მუშაობის დეგრადაცია.

აქედან გამომდინარე, პირველი მიზანია დროის ანალიზის შემუშავება, რომელიც ნაკლებ უზუსტობასა და დროის უკეთეს მართვას გულისხმობს.

იმის შესამოწმებლად, შესაძლებელია თუ არა გარკვეული მუშაობისას დროის მოთხოვნების შესრულება, გთავაზობთ დაგეგმარების მრავალ მეთოდს. ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მიდგომა არის რეაგირება დროის ანალიზზე, RTA-ს გამოყენებით (Response Time Analysis). ასეთ დროს დიზაინერს შეუძლია წინსწრებით გამოთვალოს ამოცანის შესრულებისთვის საჭირო დროის ხანგრძლივობა. ეს ყველაფერი კი დავალების გაშვების გარეშე კეთდება. მსგავსად გათვლილი დროის ანალიზი იყოფა ორ ტიპად, ესენია: დეტერმინისტული და პრობაბილისტიკური ანუ ალბათური.

დეტერმინისტული RTA-ს გამოყენებით, ჩვენ ვთვლით პასუხის დროის ზედა ზღვარს თითოეული ამოცანისთვის. რეალურ ამოცანებში ერთ-ერთი მოთხოვნაა, რომ დავალების პასუხის დრო არ უნდა აღემატებოდეს გარკვეულ ნიშნულს, რომელსაც დედლაინი ეწოდება. ზუსტად ასე ეტაპობრივი გათვლით მიიღწევა სავარაუდო ვადების ბადე. გათვლის ასეთი ბადე უფრო მძლავრი აპლიკაციისთვისაა, რადგან მოთხოვნები მათში მკაცრად უნდა იყოს დაცული.

მეორე მხრივ, ალბათური გათვლის (განგარიშების) შემთხვევაში, დიზაინერს შეუძლია გამოთვალოს დროების ალბათობის განაწილება, ნაცვლად ერთი ზედა ზღვრისა. ასეთი ანალიზების გაკეთება უფრო მიზანშეწონილია მსუბუქი აპლიკაციისთვის (soft machines). ამ აპლიკაციაში დეტერმინისტული გათვლისას მიღებული დაშვებები ან სხვა მოთხოვნის დარღვევა ნორმაა.

კვლევის ამოცანის საპასუხოდ მინდა განვიხილო GMF დავალების მოდელი CAN-ით და საპასუხო RTA-ს უზრუნველყოფა.

GMF მოდელს შეუძლია გაუმკლავდეს გამოთვლით აქტივობებს. GMF ამოცანა ხასიათდება თითოეული ჩარჩოს მოწესრიგებული თანმიმდევრობით, რომელიც განსაზღვრულია WCET-ით - შემდეგი ამოცანის მიღების და შესრულების ფარდობითი დრო. ის მუშაობს შემდეგი პრინციპების საფუძველზე:

1. სისტემის ყველა ამოცანის სინქრონული გააქტიურება (ე.ი. ყველა დავალება ყველა ბირთვზე სინქრონულად იხსნება, გაშვების დროს $t = 0$).
2. GMF ამოცანის განსაზღვრა თითოეული პროცესორისთვის, რომელიც ქმნის ასლებს შესაბამის ლოკალური მეხსიერებიდან გლობალურ მეხსიერებაში (ჩაწერის ოპერაცია) და პირიქით (წაკითხვის ოპერაცია). ასეთი ამოცანები სრულდება მაღალი პრიორიტეტით.
3. ბირთვთაშორისი სინქრონიზაციის პროტოკოლის მიღება გლობალურ მეხსიერებასთან წვდომის სამართავად, GMF ამოცანის ყოველი კადრის შესრულებისას

GMF დავალების მოდელში გათვალისწინებულია, როგორც პრიორიტეტული, ისე დაფუძნებული რიგები. ჩვენ შევასრულეთ განრიგის ანალიზი, ექსპერიმენტული შეფასების მიხედვით, ჩვენს ანალიზს შეუძლია უზრუნველყოს უფრო ზუსტი შედეგი, ვიდრე აქამდე იყო დადგენილი. **GMF** - მოდელის გარდა, შესაძლებელია განხილულ იქნას არაციკლური GMF მოდელი, განმეორებადი მოდელი - RRT, რაც უფრო ექსპრესიულია გამოთვლის მეთოდით, მით

უფრო მცირდება მასში არსებული ხარვეზის ოდენობა. ყველა ეს მეთოდი ბოლომდე არ დაიტესტა და გვსურს გამოვიკვლიოთ სხვა განზოგადებული მოდელები, PR ქსელის კონტექსტში.

დასკვნა

ამ ნაშრომით ჩვენ ვეცადეთ ყურადღება გაგვემახვილებინა ორ ძირითად ასპექტზე, ესენია: დროის უფრო მკაცრად შემუშავება ამოცანების შესრულებისას და მეორე, ჩარჩოების ანუ დაგეგმვის, ახალი ვარიანტის შეთავაზება, რათა მომხდარიყო ნეგატიური ეფექტის შემცირება.

თავიდან, ჩვენ, განვიხილეთ GMF მოდელი, CAN-ის მეშვეობით. მიღებული შედეგით დავასკვნით, რომ მსგავსი მეთოდი უკეთესად მუშაობს, ვიდრე ტრადიციული - RTA GMF მოდელირება. მთავარი მიზანი ის არის, რომ მსგავსი ტრანსფორმაციით მიღებული გადახრა ან წუნი შემცირდეს, უფრო განზოგადებული მოდელის გამოყენებისას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Rohloff Kurt, Schantz Richard High-level Dynamic Resource Management for Distributed, Real-Time Embedded systems, Conference: Proceedings of the 2007 Summer Computer Simulation Conference, SCSC 2007, San Diego, California, USA, July 16-19, 2007
2. Delgado, Raimarius, Jaeho Park, and Byoung Choi. "Open Embedded Real-time Controllers for Industrial Distributed Control Systems." Electronics 8, no. 2 (February 17, 2019): 223.

Ways and means to improve resource utilization in distributed real-time embedded systems

Sharashenidze Nika, Menabde Tamar

Georgian Technical University

sharashenidze.nika@gtu.ge, t.menabde@gtu.ge

Many real-time systems often allocate excessive resources to guarantee correct behavior, such as meeting timing requirements, without giving due consideration to resource efficiency. Consequently, these systems may struggle to utilize their resources effectively, leading to significant resource wastage. This paper explores methods to enhance resource utilization. In particular, it delves into the GMF model, and the results obtained indicate that this approach outperforms the traditional RTA method.

Key Words: Real Time systems, Optimization, Response Time Analysis.

მონაცემთა საცავების გავლენა BI-ის და ბიზნესის ეფექტიანობაზე

მედეა თევდორაძე, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

medeat@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

რეზუმე

სტატიაში განხილულია მონაცემთა საცავების როლი ბიზნეს-ანალიზის სისტემების მუშაობაში, უშუალოდ ბიზნეს-ანალიზის განხორციელებაში და მათი ზეგავლენა თავად ბიზნესზე. თავდაპირველად დახასიათებულია BI-სისტემები, განხილულია მათი დანიშნულება, სტრუქტურა, მოკლედ დახასიათებულია BI-სისტემების კომპონენტები და არქიტექტურა. გამოყოფილია BI-სისტემების ერთერთი უმთავრესი კომპონენტი - მონაცემთა საცავი DWH (Data Ware House), რომელთანაც მუშაობს BI-სისტემა და რომელშიც ასევე ხორციელდება გარკვეული ანალიზის ამოცანები. განხილულია სხვაობა BI-სისტემებსა და მონაცემთა საცავებს შორის, ამასთან დაკავშირებით დახასიათებულია ისეთი საკითხები, როგორც არის: მათი მშაობის მიზანი, შედეგი, მომხმარებლები და პლატფორმა. დახასიათებულია DWH-ის ნიშანთვისებები, მოყვანილია ტრადიციული სამდონიანი არქიტექტურა, ამასთან ერთად განხილულია DWH-ის ფენოვანი არქიტექტურა, რომელიც მოიცავს ოთხ ძირითად ფენას და რომელიც გამოიყენება DWH-ის დაპროექტების დროს. ასევე განხილულია მონაცემთა საცავების დაპროექტების მიდგომა, მოყვანილია ოთხი მოდელი - კლასიკური, აიმონის, კემბელის და 7D-ს მოდელები, რომლებსაც იყენებენ განსხვავებული ამოცანების გადასაჭრელად DWH-ის დაპროექტების პროცესში. დახასიათებულია განსხვავება მონაცემთა საცავებსა და მონაცემთა ბაზებს, მონაცემთა ვიტრინებს, მონაცემთა ტბებს შორის. აღნიშნულია, რომ მონაცემთა ბაზები ფრიად განსხვავდება მონაცემთა საცავებისაგან - ისინი ორიენტირებულია ტრანზაქციებზე, არ ინახავენ ისტორიულ მონაცემებს, მონაცემთა ვიტრინები ხასიათდება გარკვეული მიმართულებითა და მცირე მოცულობით, ხოლო მონაცემთა ტბები გამოიყენება არასტრუქტურირებული დიდი მონაცემების შესანახად.

მოყვანილია რეკომენდაციები, თუ როგორ უნდა იყოს აგებული და როგორ უნდა ფუნქციონირებდეს BI/DWH სისტემა, რათა მიღებულ იქნას მაქსიმალური ეფექტი მათი გამოყენებისგან. ეს რეკომენდაციები ეხება ოთხ სფეროს: BI/DW არქიტექტურა, ტრადიციული სისტემების მონაცემთა გაწმენდა, BI-ს მონაცემთა ორგანიზება და ბიზნეს-ანალიზის შედეგების წარდგენა.

დახასიათებულია BI-ის და მონაცემთა საცავების განვითარების ძირითადი ტენდენციები და პერსპექტივები. აღნიშნულია: სხვადასხვა ახალი ანალიზის მეთოდების გამოყენება, როგორც არის კონკურენტუნარიანობის, კანონზომიერების, წინსწრების ანალიზი; მათი რეალიზაციით BI-სისტემებში უპირატესობების მიღება; ამ სისტემების ვებ-ში, ღრუბლებში გადატანის შედეგები; ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების შესაძლებლობები.

განხილულია ისეთი საკითხი, როგორც არის BI-ის და ბიზნეს-ანალიტიკის ეფექტიანობის დამოკიდებულება მონაცემთა საცავების მუშაობაზე, ასევე მონაცემთა საცავების ზეგავლენა ბიზნესსა და ეკონომიკაზე. მოყვანილია ის ძირითადი პარამეტრები, რომლებითაც შეიძლება შეფასდეს BI-ის ეფექტიანობა, მისი გამოყენების შედეგიანობა და ზეგავლენა ბიზნესზე. აღნიშნულია, რომ ყველა თანამედროვე BI-ტექნოლოგიის გამოყენებით BI-ტიპის სისტემები იძენენ სრულიად ახალ თვისებებს და ხდებიან სტრატეგიული ხასიათის, რაც ნიშნავს რომ მათი გამოყენება ხდება პრინციპულად აუცილებელი და საჭირო ორგანიზაციების საქმიანობაში.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა საცავები და მათი ზეგავლენა BI-სისტემებზე, ბიზნეს-ანალიზზე და ბიზნესზე

შესავალი

როგორც ცნობილია, ბიზნესის არსებობაში და ეფექტიანობაში დღეს უდიდეს როლს თამაშობს ბიზნეს-ანალიზი. ბიზნეს-ანალიზი ხასიათდება საკმაოდ რთული აპარატის გამოყენებით - აქ მოიაზრება მათემატიკური, სტატისტიკური და ფინანსურ-ეკონომიკური მოდელები. ამიტომაც გაჩნდა პროგრამული უზრუნველყოფის მიმართულება, რომელიც

განკუთვნილია ბიზნეს-ანალიტიკის მეთოდების რეალიზაციისათვის - Business-Intelligence (BI). BI-სისტემების მუშაობისთვის ფრიად მნიშვნელოვანი კომპონენტია მონაცემთა საცავები - DWH (Data Ware House). მონაცემთა საცავები ახდენს უდიდეს ზეგავლენას BI-სისტემების მუშაობაზე, ბიზნეს-ანლის ეფექტიანობაზე და თავად ბიზნესზე.

ძირითადი ნაწილი

ბიზნეს-ანალიტიკის პროგრამული უზრუნველყოფა (BI) ორიენტირებულია მონაცემებიდან მნიშვნელოვანი და ქმედითი ინფორმაციის ამოღებაზე. მისი საშუალებით ბიზნეს-ანალიტიკის ინსტრუმენტებს გააჩნიათ წვდომა ორგანიზაციის მონაცემებზე და მის საფუძველზე ანალიტიკოსები წარმოადგენენ ანალიტიკასა და იდეებს ანგარიშების, საინფორმაციო დაფების, გრაფიკების, შეჯამებებისა და სქემების სახით. ასეთი ინსტრუმენტები აფართოვებს ორგანიზაციაში გადაწყვეტილების მიმღებ პირთა შესაძლებლობებს. თანამედროვე BI-გადაწყვეტებში შედის [1]: 1. მონაცემების ინტეგრაციისა და გაწმენდის ინსტრუმენტები (ETL). ETL ახდენს მონაცემების ამოღებას გარე წყაროებიდან, მათ ტრანსფორმირებას, გაწმენდას და ჩატვირთვას ერთიან საცავში; 2. მონაცემების ანალიტიკური საცავი. ეს არის დაუმუშავებელი მონაცემების საინფორმაციო ბაზა, რომელიც ფაქტიურად ანალიზის წყაროა და რომელსაც შეუძლია მონაცემების სტრუქტურირება და გაანალიზება; 3. Data Mining-ის საშუალებები. ეს ინსტრუმენტები ამუშავებენ მონაცემებს და აანალიზებენ მათ სხვადასხვა ჭრილში. ბიზნეს-ანალიტიკის სისტემა ადგენს ურთიერთკავშირებსა და ტრენდებს და ამ დროს შეიძლება იქნას გამოყენებული ინფორმაციის დამუშავების განსხვავებული მეთოდები: დაწყებული სტატისტიკისა და პროგნოზირების მეთოდებით და დამთავრებული სემანტიკური ანალიზით; მონაცემების ვიზუალიზაციის ინსტრუმენტები. შედეგად მიიღება ფართო სპექტრის ანგარიშები, რომლებიც ხასიათდება მომხმარებლისთვის მაქსიმალური სიმარტივით, მოქნილობით და მრავალსახეობით.

როგორც აღნიშნულიდან ჩანს, ფუნდამენტური BI-ის არქიტექტურა შედგება შემდეგი კომპონენტებისგან [1]: სხვადასხვა საწყისი სისტემები ან მონაცემთა ბაზები, რომლებიც აგროვებენ მონაცემებს საწყის, დაუმუშავებელ ფორმატში; მონაცემთა შენახვის სისტემა, რომელიც ამოიღებს მონაცემებს მონაცემთა ბაზებიდან, ასუფთავებს მათ და ტვირთავს ისევ მონაცემთა შენახვის სისტემაში; მონაცემთა საცავი, რომელიც ამზადებს და ინახავს მონაცემებს ანალიზისთვის; ბიზნეს-ანალიტიკის ინსტრუმენტები, რომელიც განკუთვნილია მონაცემებიდან ინფორმაციის მისაღებად და წარმოსადგენად ვიზუალიზაციის, ანგარიშების, საინფორმაციო პანელების, შეჯამებებისა და დიაგრამების სახით.

მონაცემთა საცავები გახდა BI-ტიპის სისტემების მუშაობის საფუძველი. მონაცემთა საცავი - არის საცავი, რომელშიც გროვდება კომპანიის ისტორიული მონაცემები სხვადასხვა შენახვის სისტემებიდან. DWH-ს ახასიათებს შემდეგი: ანალიტიკოსს არ სჭირდება სხვადასხვა განყოფილებების მონაცემთა ბაზებზე წვდომის მოთხოვნა. ყველაფერი ინახება ერთ ადგილას და DWH-ში შეიძლება შენახულ იქნას ათეული წლების აგრეგირებული მონაცემები; საცავში მონაცემები ემატება, იშლება, სუფთავდება, იტვირთება. ამ საცავთან ხორციელდება მიმართვა მოთხოვნებით და სხვა მანიპულაციები; ბიზნეს-ანალიტიკის სისტემების DWH-თან ერთად გამოყენებისას მომხმარებლებს აქვთ შესაძლებლობა მოიძიონ კანონზომიერებები და ურთიერთკავშირები მონაცემებში, ანალიტიკურად დაამუშაონ და წარმოიდგინონ ინფორმაცია. მონაცემთა საცავს DWH ასევე უწოდებენ კორპორატიულ მონაცემთა საცავს (EDW). ეს არის სტრუქტურირებული მონაცემთა საცავი, ერთი ფართო ან მრავალი ცალკეული

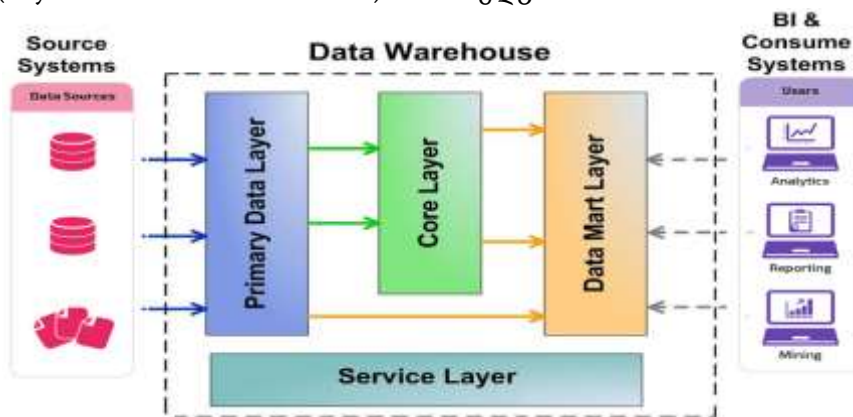
ცხრილით. მისი მიზანია - უზრუნველყოს მომხმარებელი (კომპანია და მისი წამყვანი თანამშრომლები) შესაძლებლობით მიიღონ სწორი გადაწყვეტილებები ბიზნესის მართვის პროცესში ერთიანი ინფორმაციული სურათის საფუძველზე. DWH არა მხოლოდ ინახავს მონაცემებს, არამედ ახორციელებს გამოთვლებს.

ამასთან ერთად, შესაძლებელია დავახასიათოთ სხვაობა BI-სა და მონაცემთა საცავებს შორის: 1. **მიზანი** - BI-ს ძირითადი მიზანია ანალიზი ჩაუტაროს მონაცემებს და წარმოუდგინოს სასარგებლო ინფორმაცია გადაწყვეტილებების მიმღებ პირებს, დაეხმაროს ბიზნეს-მომხმარებლებს მიიღონ ინტელექტუალური ბიზნეს-გადაწყვეტილებები მონაცემთა საფუძველზე, რომელიც მიღებულია პროგნოზირებისა და შესაბამისი ანალიტიკის გამოყენების გზით. მონაცემთა საცავი კი არის ცენტრალიზებული საცავი, სადაც ხორციელდება ცალკეული წყაროებიდან მონაცემთა შეგროვება, დამუშავება და შენახვა. ის ასევე უზრუნველყოფს BI-ს მომხმარებლების წვდომას ორგანიზაციის მონაცემების ერთიან წარმოდგენასთან; 2. **შედეგი** - BI-ს გამოსასვლელი მონაცემები შედეგადად ინფორმაციული პანელების, ანგარიშების, მონაცემთა ვიზუალური გამოსახულებების, დიაგრამებისა და გრაფიკებისაგან, რომლებიც მოიცავენ ანალიტიკურ ინფორმაციას და ტენდენციებს. ასეთი შედეგები საშუალებას აძლევს ბიზნეს-მომხმარებელს გაერკვნენ მონაცემებში. ხოლო მონაცემთა საცავების გამოსასვლელი მონაცემები შედეგადად მონაცემთა ჩანაწერებისაგან, რომლებიც ინახება მონაცემთა მოდელების ფაქტორებისა და გაზომვების ცხრილებში; 3. **მომხმარებლები** - ჩვეულებრივ, BI-ს მომხმარებლები არიან ზედა დონის ხელმძღვანელები, მენეჯერები ან მონაცემთა ანალიტიკოსები, რომლებსაც სჭირდებათ მონაცემთა დროული ანალიზის ჩატარება უფრო ეფექტიანი გადაწყვეტილებების მისაღებად. ხოლო მონაცემთა საცავებს ამუშავებენ და ემსახურებიან არქიტექტორები და მონაცემთა ინჟინრები, რომლებიც აწვდიან ბიზნეს მომხმარებლებს მონაცემებს, რომლებიც მზად არის ანალიზისთვის; 4. **პლატფორმები** - ხშირად გამოყენებადი BI-ის ინსტრუმენტები არის SAP, Power BI, Tableau და Qlik. ხოლო მონაცემთა საცავების მომწოდებლები არიან: Amazon Redshift, BigQuery და Azure Synapse.

უნდა აღინიშნოს, რომ მონაცემთა საცავები განსხვავდება ისეთი ცნებებისგან, როგორც არის მონაცემთა ბაზები, მონაცემთა ვიტრინები და მონაცემთა ტბები. მონაცემთა ბაზა უმრავლეს შემთხვევაში არის OLTP (ანუ ტრანზაქციების დამუშავების) და შექმნილია საოპერაციო დატვირთვისთვის, ამიტომ ისინი ასრულებენ ჩაწერის, განახლებისა და წაშლის მრავალ მცირე ოპერაციებს. კომპანიის ინფორმაცია სხვადასხვა ინფორმაციული სისტემებიდან ინახება სხვადასხვა მონაცემთა ბაზებში, განახლებები ხორციელდება საბოლოო მომხმარებლების მიერ სპეციალური ბრძანებების გამოყენებით (SQL). მონაცემთა საცავი აერთიანებს მონაცემთა მასივებს სხვადასხვა წყაროდან, განახლებს საოპერაციო მონაცემებს არა რეალურ დროში, არამედ გარკვეული სიხშირით - მაგალითად, საათში ერთხელ, მონაცემებს უკეთებს კონსოლიდირებას, საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას პასუხები ანალიტიკურ შეკითხვებზე (OLAP). DWH არის ინფორმაციის ერთიანი წყარო, რომელიც დაფუძნებულია სტრუქტურირებულ და არასტრუქტურირებულ ბიზნეს-მონაცემებზე; ინსტრუმენტი, რომელიც გამოიყენება ანალიტიკისთვის და მონაცემებში კანონზომიერებებისა და ურთიერთკავშირების აღმოსაჩენად, რომელიც ჩნდება დროთა განმავლობაში. ვიტრინები საჭიროა BI-ს ან საანგარიშგებო სისტემისთვის დამუშავებული მონაცემების მიწოდებისთვის, ამას გარდა: ვიტრინები შეზღუდულია - განყოფილებით ან ბიზნესის მიმართულებით; ისინი აიგება მონაცემებიდან, რომლებიც უფრო ხშირად მოითხოვება, ამიტომ ვიტრინების შექმნა უფრო ადვილი და სწრაფია, ვიდრე საცავების; ისტორიულ მონაცემებზე წვდომა შეზღუდულია. მონაცემთა საცავები და მონაცემთა ტბები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან

არქიტექტურულად და ფუნქციურად. მონაცემთა ტბები გამოიყენება არაფორმატირებული, არასტრუქტურირებული დიდი რაოდენობით მონაცემების შესანახად გარე წყაროებიდან.

ტრადიციულად, მონაცემთა საცავის არქიტექტურა შედგება სამი დონისგან: ქვედა დონე არის მონაცემთა ბაზა (ან რამდენიმე მონაცემთა ბაზა), რომელიც აერთიანებს მონაცემებს ინფორმაციის სხვადასხვა წყაროდან - მაგალითად, ტრანზაქციული DBMS-დან ან SaaS სერვისებიდან; საშუალო დონე არის სერვისები და აპლიკაციები, რომლებიც მონაცემებს გარდაქმნის სპეციალურ სტრუქტურად ანალიზისა და რთული მოთხოვნებისთვის (მოდელირების დონე ან სემანტიკური ფენა). მაგალითად, ეს შეიძლება იყოს OLAP სერვერი, რომელიც მუშაობს როგორც რელაციური მონაცემთა ბაზის მართვის გაფართოებული სისტემა და გადაჰყავს ოპერაციები მრავალგანზომილებიან მონაცემებზე სტანდარტულ რელაციურ ოპერაციებში; ზედა დონე მოიცავს ინსტრუმენტებს ანგარიშების შექმნის, ვიზუალიზაციისა და მონაცემთა შემდგომი ანალიზისთვის. მას ასევე უწოდებენ კლიენტის დონეს. **მონაცემთა საცავების დასაპროექტებლად შეილება იყოს გამოყენებული ტრადიციული მოდელი, რომელიც ეფუძნება ფენების ცნებას, როგორც არის "ფენოვანი ღვეხელი", რომელიც აგებულია LSA (Layered Scalable Architecture)-ის მიხედვით.**



ნახ.1. მონაცემთა საცავის ფენოვანი არქიტექტურა

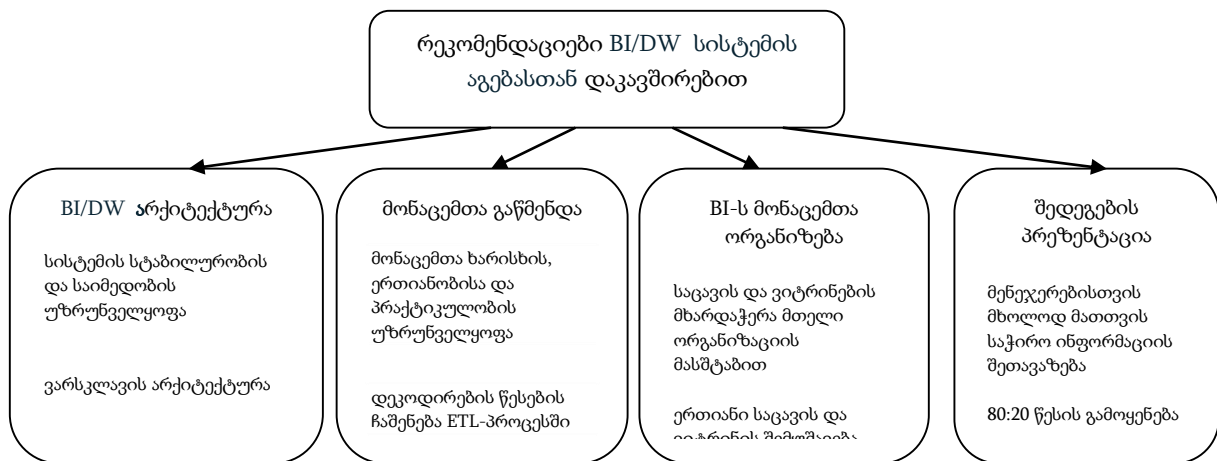
იგი ახორციელებს მონაცემთა სტრუქტურების ლოგიკურ დაყოფას რამდენიმე ფუნქციონალურ დონედ: 1. სტეიჯინგი (**Primary Data Layer**) - არის ფენა, რომელშიც მონაცემები იტვირთება გარე წყაროებიდან. მაგალითად, ცხრილებიდან, ERP სისტემიდან ან ბილინგის სისტემიდან; 2. ბირთვის მონაცემთა ფენა (**Core Data Layer**) - არის ცენტრალური ფენა, რომელიც მიუსადაგებს მონაცემებს საერთო სტრუქტურებსა და გასაღებებს. ეს ფენა უზრუნველყოფს მონაცემთა მთლიანობას და ხარისხს; 3. ანალიტიკური ვიტრინები (**Data Mart Layer**) - ფენა, რომელიც გარდაქმნის მონაცემებს სტრუქტურებად, რომლებიც მოსახერხებელია ანალიზისთვის და BI დაფებსა და სხვა ანალიტიკურ სისტემებში გამოსაყენებლად; 4. სერვისის ფენა (**Service Layer**) - არის ფენა, რომელიც უზრუნველყოფს წინა ფენების მართვას, მონიტორინგს და შეცდომების დიაგნოზს. ვიზუალურად, მონაცემთა საცავის LSA-არქიტექტურა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს შემდეგნაირად (ნახ.1).

მონაცემთა საცავების დასაპროექტებლად გამოიყენებენ ოთხ ძირითად მიდგომას: კლასიკური, ინმონის, კიმბალის და 7D-ს მეთოდები. კლასიკური მეთოდი ეფუძნება მონაცემთა დაყოფას ორ ჯგუფად: გაზომვები და ფაქტები. მათ შორის კავშირი წარმოდგენილია კლასიკური ცხრილების სახით გარე გასაღებით. გასათვალისწინებელია, რომ აქ პრობლემას წარმოადგენს ცხრილში ახალი შემდგენის დამატება, ვინაიდან ცხრილის ხისტი მიზმა გარე გასაღებთან არ იძლევა საშუალებას ადვილად შეიცვალოს მონაცემთა საცავის სტრუქტურა. ინმონის მიდგომა ეფუძნება იმ დებულებას, რომ მონაცემთა საცავი ცენტრალიზებული საცავია ყველა კორპორაციული მონაცემისთვის. ანუ მონაცემთა საცავში შედის ყველა მონაცემი, და ამის

შემდეგ იქმნება მონაცემთა ვიტრინები შენახვის მოდელის მიხედვით. ეს არის ე.წ. დაპროექტების „დაღმავალი მიდგომა“ [2].

კომპალის მოდელი ეფუძნება მონაცემთა ვიტრინების საჭიროებას, რომლებიც წარმოდგენენ მონაცემთა საცავებს ბიზნესის კონკრეტული მიმართულებების მიხედვით. ამ შემთხვევაში მონაცემთა საცავი წარმოადგენს მონაცემთა ვიტრინების ერთობლიობას, რომლებიც აადვილებენ ანგარიშგებასა და ანალიზს. ასეთ მიდგომას უწოდებენ „აღმავალ მიდგომას“. 7D-ს მეთოდმა მიიღო თვისი დასახელება იმ შვიდი ეტაპის დასახელებიდან, რომლებიც შედის ამ მეთოდში, ესენია: Discover (მოთხოვნების განსაზღვრა), Design (დაპროექტება), Develop (დამუშავება), Deploy (დანერგვა), Day to day (ყოველდღიური ოპერაციები), Defend (დაცვა) და Decommission (ექსპლუატაციიდან გამოყვანა). შეიძლება ითქვას, რომ აქ გვაქვს საქმე მონაცემთა საცავის სასიცოცხლო ციკლთან მთლიანობაში.

შემდეგ მოგვყავს რეკომენდაციები, თუ როგორ უნდა იყოს აგებული BI-სისტემა და DWH-ის მუშაობა, რათა მიღებულ იქნას მაქსიმალური ეფექტი მათი გამოყენებით. ეს რეკომენდაციები ეხება ოთხ სფეროს: BI/DW არქიტექტურა, ტრადიციული სისტემების მონაცემთა გაწმენდა, BI-ს მონაცემთა ორგანიზება და ბიზნეს-ანალიზის შედეგების წარმოდგენა (ნახ.2).



ნახ.2. რეკომენდაციები BI/DW სისტემის ასაგებად

შეგვიძლია დავახასიათოთ შემდეგი ტენდენციები, რომლებსაც ადგილი აქვს BI-ს სამყაროში [3]: 1. ინტერნეტის ფართო გამოყენება იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნას Web-ბრაუზერები BI-ს მუშაობის საბოლოო შედეგებთან წვდომის მისაღებად, უზრუნველყოფილ იქნას წვდომა დამაჯამებელ მონაცემებთან მთელ კომპანიაში და სხვა ორგანიზაციების მიერ; 2. ღრუბლებში BI-სისტემების განთავსება - უზრუნველყოფს თითოეული თანამშრომლის მიერ BI-სისტემის გამოყენებას [4]. ბოლო რამდენიმე წელია, მონაცემთა საცავები გადადის ჰიპერ ღრუბლებში, როგორცაა Amazon, Google, Microsoft Azure ან ღრუბლოვანი სერვისები, როგორცაა Snowflake, Panoply და მათი ანალოგები. აგრეგატორები თანდათან ქმნიან საკუთარს, მაგალითად, Amazon Redshift და Google BigQuery. ისინი დაფუძნებულია სხვადასხვა მექანიზმებზე, როგორცაა MPP და Dremel; 3. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება BI-სისტემებში მნიშვნელოვნად ზრდის მათ შესაძლებლობებს; 4. BI-ის სისტემის მიერ კონკურენტუნარიანობის ანალიზის უზრუნველყოფა (competitive intelligence). ამ შემთხვევაში პირები, რომლებიც იღებენ გადაწყვეტილებებს მიიღებენ ცოდნას, რომელსაც ექნება კონკურენტული უპირატესობის ხასიათი; 5. ვიზუალიზაციისა და პრეზენტაციის ტექნოლოგიების განვითარება საშუალებას იძლევა გარდაქმნილ იქნას რთული მონაცემები გასაგებ და არა ჭარბ ინფორმაციად; 6. კანონზომიერებების ანალიზი (pattern analysis) – საშუალებას იძლევა გადაწყვეტილების მიღების ხარისხის ამაღლების განუსაზღვრელობის

პირობებში; 7. ანალიზი წინსწრებით - აღნიშნულ პროგნოზირებას აქვს ალბათური ხასიათი, მაგრამ მისი საშუალებით შესაძლებელია ჩაწვდომა მოვლენების არსში და მათი გაგება; 8. კომპანიები სულ უფრო და უფრო იყენებენ ელექტრონული კომერციის ტექნოლოგიებს. ამ შემთხვევაში მხოლოდ BI-ტექნოლოგიები იძლევა ელექტრონული ბიზნესის ოპერაციების გაგების საშუალებას. უნდა ითქვას, რომ ელ-კომერციის სამყარო არის სტრატეგიული BI-ის სფერო; 9. სტრატეგიული BI უნდა იყოს აგებული რამდენიმე BI-ტექნოლოგიის გამოყენებით - ამის ერთადერთი გზა არის ინტეგრირებული პლატფორმის გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს მეტამონაცემების ერთიან წყაროს, რომელიც საჭიროა მართვისათვის განსხვავებული BI-ტექნოლოგიებით.

როგორც ცნობილია და როგორც ამტკიცებენ Gartner-ის ანალიტიკოსები, კომპანიის ეფექტიანი მუშაობა პირდაპირ დამოკიდებულია შემდეგ ძირითად ფაქტორებზე: მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების სიჩქარე და მათი ხარისხი, გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის ეფექტიანობა, სერვისის დონე, თანამშრომლების კმაყოფილება. რა თქმა უნდა BA/BI-სისტემები, რომლებიც მუშაობენ DWH-ის საფუძველზე, პირდაპირ ზეგავლენას ახდენენ ამ ფაქტორებზე და უზრუნველყოფენ მათ ზრდას [5]. BI-სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასებას გააჩნია თავისი სირთულეები, ვინაიდან მათი ეფექტი ფრიად დამოკიდებულია ადამიანურ ფაქტორზე - გადაწყვეტილებას იღებს თავად ადამიანი, სისტემა მხოლოდ სთავაზობს მას ინფორმაციას, ასევე არსებობს BI-სისტემების წვლილის შეფასების პრობლემა მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღებაში. მაგრამ ამის მიუხედავად, არსებობს ისეთი გამოყენების ნათელი შედეგები, როგორც არის [6]: ოპერაციების დაჩქარება, რუტინულ და რესურსების მოთხოვნად ოპერაციებზე უარის თქმა, ახალი შესაძლებლობების მიღება კორპორაციებში მონაცემების მზარდი მოცულობის ფონზე, რომელიც უნდა დამუშავდეს, გადატანილ იქნას ცოდნის სფეროში და გამოყენებულ იქნას საწარმოს მზარდი მოგების მიღების მისაღებად. და ბოლოს უნდა აღინიშნოს, ის ძირითადი სარგებელი, რომელიც მოაქვს BA/BI-სისტემების დანერგვას: ყველა დონის მენეჯერებისთვის - ეს არის მონაცემებთან წვდომის გამარტივება, იტ-ის პერსონალისთვის - დროის შემცირება ანგარიშების მომზადებაზე, და გადაწყვეტილებების მიმღები პირებისთვის - მიწოდებული ინფორმაციის ხარისხის ამაღლება.

დასკვნა

ყოველივე აღნიშნულიდან შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა: BI-სისტემები, რომლებიც მუშაობს DWH-ის საფუძველზე, არა მარტო სერიოზულ ზეგავლენას ახდენენ ბიზნეს-ანალიზის სიზუსტეზე და ბიზნესის წარმატებაზე, არამედ იძენენ სტრატეგიულ ხასიათს. მთავარი შედეგი ყველა ზემოდ აღნიშნული ტექნოლოგიის რეალიზაციის - კომპანიების უმრავლესობა BI-ტექნოლოგიების გამოყენებით იღებენ კონკურენტულ და სტრატეგიულ უპირატესობას.

ლიტერატურა

1. მედეა თევდორაძე, ია გიამვილი, თამარ ასათიანი. BI-სისტემების თანამედროვე მდგომარეობა და მომავალი ტენდენციები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 100 და ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის 65 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები - 2022“ შრომათა კრებული. გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISBN 978-9941-28-944-6. თბილისი, 2023. გვ.246-250.
2. <https://www.codingninjas.com/studio/library/inmon-approach-in-data-warehouse-designing>

3. О.Ю. Ильяшенко, И.В. Ильин, А.А.Лепехин. Инновационное развитие ИТ-архитектуры предприятия посредством внедрения системы бизнес-аналитики. 2017. ელექტრონული რესურსი. [http://globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/74/sb-8\(74\)-2017-main.pdf#page=59](http://globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/74/sb-8(74)-2017-main.pdf#page=59). (უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 01.10.2023)
4. <https://panoply.io/data-warehouse-guide/data-warehouse-concepts-traditional-vs-cloud/>
5. Anthony Martins, Pedro Martins, Filipe Caldeira, and Filipe Sá - An Evaluation of How Big-Data and DataWarehouses Improve Business Intelligence Decision Making. ელექტრონული რესურსი. The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive licenseto Springer Nature Switzerland AG 2020. Rocha et al. (Eds.): WorldCIST 2020, AISC 1159, pp. 609–619, 2020. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-45688-7_61 (უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 01.10.2023)
6. Чернышова Ю.Г. Бизнес-анализ – новые возможности аналитики для управления. 2022. ელექტრონული რესურსი. <https://cyberleninka.ru/article/n/biznes-analiz-novye-vozmozhnosti-analitiki-dlya-upravleniya/viewer>. (უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 01.10.2023)

Impact of data warehouses on BI and business efficiency

Medea Tevdoradze, Ia Giashvili, Tamar Asatiani

Georgian Technical University

medeat@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

In the article it is discussed the role of data warehouses in the operation of business analysis systems, directly in the implementation of business analysis, and their impact on the business itself. Initially, BI-systems are characterized, their assignment, structure is discussed, the components and architecture are briefly reviewed. Separately discussed one of the most important components of BI-systems - data warehouse DWH (Data Ware House), with which the BI-system works and in which certain analysis tasks are also performed. The difference between BI-systems and data warehouses is discussed. The features of DWH are characterized, the traditional three-level architecture is presented, and the layered architecture of DWH, which includes four main layers and which is used in the design of DWH, is discussed. The approach to designing data warehouses is also discussed, four models are given - classical, Inmon's, Kimball's and 7D models, which are used to solve different tasks in the process of designing of DWH. The difference between data warehouses and databases, data marts, data lakes is characterized. It is noted that databases are very different from data warehouses - they are transaction-oriented, do not store historical data, data marts are characterized by a certain direction and small volume, and data lakes are used to store unstructured big data.

Recommendations are made on how a BI/DWH system should be constructed and operated in order to obtain the maximum effect from their use. These recommendations address four areas: BI/DW architecture, data cleaning in traditional systems, BI data organization, and presentation of business analysis results.

The main trends and perspectives of BI and data warehouse development are characterized. It is noted: the usage of various new analysis methods, such as the analysis of competitiveness, regularity, precedence; getting advantages by implementing of new methods of analyses in BI-systems; the consequences of moving these systems to the web, to the clouds; possibilities of usage of artificial intelligence in BI-systems.

Issues such as the dependence of the effectiveness of BI and business analytics on the performance of data warehouses, as well as the impact of data warehouses on business and economics are discussed. The main parameters that can be used to evaluate the effectiveness of BI, the effectiveness of its usage and the impact on business are given. It is noted that by using all modern BI-technologies, BI-type systems acquire completely new properties and become

strategic in nature, which means that their use is fundamentally necessary and important in the business activities of organizations.

Keywords: data warehouses and their impact on BI-systems, business analysis and business.

მონაცემთა ცენტრის თანამედროვე გამოწვევები

ნუგზარ ყოჩიაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Nugzari16@gmail.com, s.kartvelishvili@gtu.ge

რეზიუმე

მონაცემთა ცენტრი არის გამოყოფილი ობიექტი, ქსელური კომპიუტერებით, სადაც ორგანიზაციები აწყობენ, ამუშავებენ, ინახავენ და ავრცელებენ მონაცემებს. ორგანიზაციები იყენებენ მონაცემთა ცენტრებს სერვისებზე, აპლიკაციებზე წვდომისთვის და მის მიერ მოწოდებული მონაცემების გამოსაყენებლად. მათი მონაცემთა აქტივების აუთსორსინგით მონაცემთა ცენტრებში, ისინი დაზოგავენ დროსა და რესურსებს. მონაცემთა ცენტრები ეხმარება ორგანიზაციებს უზრუნველყონ ღირებული მონაცემები, რათა გააუმჯობესონ თავიანთი ბიზნესი.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა ცენტრი, მომავალი, უსაფრთხოება.

შესავალი

მონაცემთა ცენტრი - არის ობიექტი, რომელიც შედგება ქსელური კომპიუტერებისგან, შენახვის სისტემებისგან და გამოთვლითი ინფრასტრუქტურისგან, რომელსაც ორგანიზაციები იყენებენ დიდი რაოდენობით მონაცემების შეკრების, დამუშავების, შესანახად და გასავრცელებლად. ბიზნესი, როგორც წესი, დიდწილად ეყრდნობა აპლიკაციებს, სერვისებსა და მონაცემებს, რომლებიც შეიცავს მონაცემთა ცენტრში, რაც მას კრიტიკულ აქტივად აქცევს ყოველდღიური ოპერაციებისთვის. მონაცემთა ცენტრები განვითარდა ბოლო წლებში კერძო საკუთრებაში არსებული, მჭიდროდ კონტროლირებადი შიდა ობიექტებიდან, სადაც განთავსებულია ტრადიციული IT ინფრასტრუქტურა ერთი კომპანიის ექსკლუზიური გამოყენებისთვის, ღრუბლოვანი სერვისის პროვაიდერების საკუთრებაში არსებულ დისტანციურ ობიექტებამდე ან ობიექტების ქსელებამდე, სადაც განთავსებულია ვირტუალური IT ინფრასტრუქტურა საზიაროებისთვის. მონაცემთა ცენტრები მნიშვნელოვნად განვითარდა ბოლო წლებში, რადგან საწარმოს IT საჭიროებები აგრძელებს მოთხოვნის სერვისებზე გადასვლას. დღეს არის გამოთქმა: თანამედროვე მონაცემთა ცენტრი არის თქვენი დატვირთვა განაცხადის ელასტიურობისა და მობილურობის ამ დონის მხარდასაჭერად, (ნახ.1). [1]



ნახ.1 მონაცემთა ცენტრის ქსელი
ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა ცენტრი შეიძლება ითქვას, რომ არის „სპეციალური ნაგებობა ან ნაგებობათა სისტემა, რომელშიც არის მოთავსებული სპეციალური კომპიუტერული სისტემა და მასთან დაკავშირებული კომპონენტები“. მასში შედის, როგორც ზემოთხსენებული სისტემები, ასევე პერსონალი, ვინც მათ მუშაობას და უსაფრთხოებას უზრუნველყოფს და მონაცემთა ცენტრის გამართულად მუშაობისთვის შესაბამის გარემოს უნარჩუნებს. ამ ყველაფერთან ერთად ცენტრი მოიცავს ასევე ელექტრონული მიწოდების კომპონენტებს, სარეზერვო კვებას, გამაგრილებელ სისტემებს, ხანძარსაწინააღმდეგო მოწყობილობებს, უსაფრთხოების წერტილებს პერსონალისთვის. რაც შეეხება ინფრასტრუქტურას, ის შეიცავს ქსელით ერთმანეთთან დაკავშირებულ სერვერების განსაზღვრულ რაოდენობას და ეს რაოდენობა ორგანიზაციის სპეციფიკურიდან გამომდინარე ისაზღვრება.

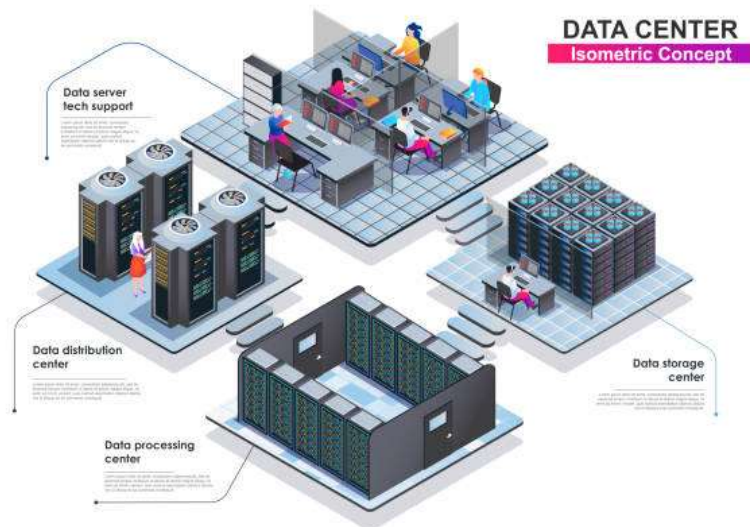
მონაცემთა ცენტრის სამყარომ ხაზი გაუსვა სამ მთავარ გამოწვევას მონაცემთა ცენტრის ინდუსტრიაში: სიმძლავრე და სითბოს სიმკვრივე, არქიტექტურა და მდგრადობა. მიუხედავად მასშტაბის ცვლადებისა, მონაცემთა ცენტრის გარემო, საბოლოო ჯამში, პასუხისმგებელია ზედმეტ ენერჯიაზე, გაგრილებაზე, უსაფრთხოებაზე და დაკავშირებაზე კრიტიკული IT ინფრასტრუქტურისთვის. გამუდმებით ჩნდებოდა სამი ძირითადი თემა, რომლებიც საერთოა მონაცემთა ცენტრის საზოგადოებაში, მასშტაბის მიუხედავად: მზარდი სიმძლავრის და სითბოს სიმკვრივის გამოწვევები, საიტის გამოწვევები და მშენებლობის ეფექტურობა და მდგრადობის პრობლემები.

სიმძლავრის და სითბოს სიმკვრივის გამოწვევები:

პასუხი ხშირ შემთხვევაში შეიძლება იყოს დახურული მარყუჟის, წყალზე დაფუძნებული გაგრილება - ან არაპირდაპირი, თაროების უკანა ან შიდა გაგრილების მოდულების სახით, ან უშუალოდ ჩიპზე იმ ტექნიკის გამყიდველებისთვის, რომლებმაც მიიღეს წყლის გაგრილებული სითბოს სინქრონიზაციის ტექნოლოგია. გარდა ამისა, იატაკის სივრცე ზოგიერთი ოპერატორისთვის შეიძლება იყოს ნაკლებად პრობლემატური სერვერის ინფრასტრუქტურის მუდმივი შეკუმშვის გამო, ასე რომ, ჩვენ მოვისმინეთ რამდენიმე ოპერატორისგან, რომლებიც უბრალოდ არ ავსებენ თაროებს მთლიანად ან იზოლირებულნი არიან მაღალი ეფექტურობით. სისტემები, რომლებიც იყენებენ ცხელი დერეფნის შეკავების "კუნძულს" არსებულ გარემოში, თითქმის ისევე როგორც მონაცემთა ცენტრი მონაცემთა

ცენტრში. მიუხედავად იმისა, არის თუ არა გარემო ამაღლებული იატაკით თუ ფილაზე დაფუძნებული, სავარაუდოდ გაგრძელდება თაროს სიმძლავრის და გაგრილების საჭიროება 20 კვტ-ზე მეტი, ზოგიერთი შეფასებით 80 კვტ-ზე მეტს მიაღწევს უახლოეს მომავალში.

მიუხედავად იმისა, რომ რა თქმა უნდა გაიზარდა დანიშნულებისამებრ შექმნილი მონაცემთა ცენტრები, რჩება ოპერატორების შედარებით დიდი რაოდენობა, რომლებიც იძულებულნი არიან იმუშაონ არსებული სტრუქტურების შეზღუდვებში. ჩვენს საუბარში აღმოვაჩინეთ, რომ საწარმოს, სამედიცინო და უნივერსიტეტის დაწესებულებების მენეჯერებს ხშირად სთხოვენ მონაცემთა ცენტრის ტექნოლოგიების განთავსებას ნებისმიერ სივრცეში, რომელიც შეიძლება ხელმისაწვდომი იყოს მემკვიდრეობით გარემოში - როგორცაა 100+ წლის შენობები, ხელახალი დანიშნულების საოფისე ფართი და პარკირების ობიექტებიც კი. საიტზე დაფუძნებული ეს გამოწვევები მხოლოდ აძლიერებს IT ინფრასტრუქტურის მოწყობის სირთულეებს ელექტროენერჯის, გაგრილებისა და კომუნიკაციების თანამედროვე მოთხოვნებით, მაგრამ, საბოლოო ჯამში, ტიპიურია მრავალი ტიპის ობიექტების გაფართოების გამოწვევებისთვის ყავისფერ, ურბანულ გარემოში. (ნახ.2). [2]



ნახ.2 კონცეპტუალური სქემა

მდგრადობა:

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში რაც ვაკვირდებით, გრძელვადიანი მდგრადობის იდეა IT ინდუსტრიაში გავრცელდა. თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ მონაცემთა ცენტრები ძირითადად მოიხმარენ ელექტროენერჯიას და გამოიმუშავენენ სითბოს, სასიამოვნოა იმის აღმოჩენა, რომ IT ინდუსტრიის ფოკუსი გადავიდა ტექნოლოგიური ზრდის ძირითადი გამოწვევების ფარგლებს გარეთ, რათა დაიწყოს ფიქრი ეფექტურობის გაუმჯობესების თვალსაზრისით და მსუბუქად იმოქმედოს სამყაროში, ისევე როგორც კეთილგანწყობის გაზრდაში როგორც თანამშრომლებისთვის, ასევე საზოგადოებისთვის. უახლესი შემოთქმვა მდგომარეობს მტკნარი წყლის არსებით მოხმარებაში მონაცემთა ცენტრის გაგრილებისთვის, განსაკუთრებით იმ ადგილებში, რომლებიც უკვე განიცდიან წყლის სტრესს მთელ მსოფლიოში. მიუხედავად იმისა, რომ აორთქლებაზე დაფუძნებული გაგრილება შეიძლება იყოს ძალიან ენერგოეფექტური და მიღებულია არაერთი ჰიპერმასშტაბიანი ობიექტის მიერ, ის ასევე შეიძლება იყოს უკიდურესად ფუჭი მტკნარი წყლისთვის, რომელიც ჩვენ დიდი ხანია მიგვაჩნია. ვიმედოვნებთ, რომ გაიზრდება ცნობიერება

მტკნარი წყლის დაცვის აუცილებლობის შესახებ მთელ მსოფლიოში და რომ წყლის ეფექტურობა გახდება საერთო ფაქტორი მონაცემთა ცენტრის ინდუსტრიის ESG გამოთვლებში.

დასკვნა

საბოლოო ჯამში, აღნიშნული ნაშრომი გვიქმნის წარმოდგენას იმაზე, თუ რა არის მონაცემთა ცენტრი, რა შეუძლია მას, რაში ვიყენებთ როგორი მომავალი აქვს რა უნდა გავითვალისწინოთ, რა რისკებთან არის დაკავშირებული ეს ჩვენი გადაწყვეტილება და რა უნდა მოვიმოქმედოთ, რომ ამ რისკების აღბათობა მინიმუმამდე დავიყვანოთ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნ. ყოჩიაშვილი, ი. ქართველიშვილი. მონაცემთა ცენტრის არქიტექტურის აგება და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 100 და იმს ფაკულტეტის 65 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენციის „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები 2022“ შრომათა კრებული, თბილისი, 18-19.11.2022 წ.
2. ნ. ყოჩიაშვილი, ი. ქართველიშვილი. მონაცემთა ცენტრის მომავალი, მისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ჟურნალი "ქართველი მეცნიერები". ტომ. 5 No. 2 (2023), თბილისი, 2023 წ. <https://doi.org/10.52340/gs.2023.05.02.11>, E-ISSN 26679760.
3. Steven hill - Looking Back at Data Center World 2023: 3 Concerns That Stood Out

Data center modern challenges

N.kochiashvili, J. Kartvelishvili

Georgian Technical University

Nugzrari16@gmail.com, s.kartvelishvili@gtu.ge

Anotation

A data center is a dedicated facility with networked computers where organizations organize, process, store and distribute data. Organizations use data centers to access services, applications and use the data it provides. By outsourcing their data assets to data centers, they save time and resources. Data centers help organizations provide valuable data to improve their business.

Keywords: Data center, future, security.

ნეტერის თეორემის გამოყენებითი ასპექტები ოპტიმალური მართვის თეორიაში

ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, მალხაზ სულაშვილი

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია ინვარიანტული ვარიაციული ამოცანების მოდიფიცირებული თეორია და ნაჩვენებია მისი გამოყენების შესაძლებლობები ოპტიმალური მართვის თეორიაში. განხილულია ოპტიმალური მართვის ამოცანების გადაწყვეტა ე. ნეტერის თეორემის საშუალებით. ნეტერის თეორემა ამყარებს კავშირს ფიზიკური სისტემის სიმეტრიულ თვისებებსა და შენახვის კანონებს შორის. ოპტიმალური მართვის ძირითადი თეორემები უცვლელი რჩება, ხდება მათი ინტერპრეტაცია. ასეთი მიდგომა სრულყოფს ოპტიმალური მართვის თეორიას და ზრდის მისი პრაქტიკული გამოყენების არიას. გამოყენებულია ოპტიმალური მართვის თეორიის საკითხები, დიფერენციალურ განტოლებათა ჯგუფური თვისებები, სახელდობს ლის ჯგუფები და ლის ალგებრა.

განხილულია ოპტიმალური მართვის ვარიაციული პრინციპი ლაგრანჟის სისტემებში ე. ნეტერის თეორემის საფუძველზე. ოპტიმალური მართვის ვარიაციულ პრინციპებთან ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ სიძნელეები, რომლებიც დაკავშირებულია ლაგრანჟის განუსაზღვრელი კოეფიციენტების განსაზღვრასთან. შენახვის კანონების ცოდნა არსებითად ამარტივებს მართვის ამოცანას. მოიხსნება მოძრაობის განტოლების ამოხსნის შესაძლებლობა, რადგანაც სასარგებლო ინფორმაციას შეიცავს შენახვის კანონები.

საკვანძო სიტყვები: ნეტერის განზოგადებული თეორემა, ინტეგრალური ინვარიანტი, ფუნქციონალური ინვარიანტი, ლის ჯგუფები, ლაგრანჟიანი სისტემები

შესავალი

ე. ნეტერმა თეორემა გამოაქვეყნა 1918 წელს. ნეტერის თეორემით მტკიცდება, რომ კონსერვატიული ძალების მქონე ფიზიკური სისტემის მოქმედების თითოეული დიფერენცირებადი სიმეტრია შეესაბამება შენახვის კანონს. ფიზიკური სისტემებისათვის მოძრაობა (ქმედება) არის ლაგრანჟის ფუნქციის დროის ინტეგრალი, საიდანაც შეიძლება განისაზღვროს სისტემის ქცევა. თეორემა ვრცელდება ფიზიკურ სივრცეზე უწყვეტ და გლუვ სიმეტრიებზე. ნეტერის თეორემა ადგენს კავშირს ფიზიკური სისტემის სიმეტრიებსა და შენახვის კანონებს შორის და გამოიყენება თეორიულ ფიზიკაში, ვარიაციულ აღრიცხვაში, ოპტიმალური მართვის თეორიაში.

კერძოდ, თუ ფიზიკური სისტემის ქცევა უცვლელია, მიუხედავად იმისა, თუ როგორ არის ის ორიენტირებული სივრცეში (ანუ უცვლელია), მისი ლაგრანჟიანი სიმეტრიულია უწყვეტი ბრუნვის დროს. ნეტერის თეორემით ამ სიმეტრიიდან გამომდინარეობს, რომ სისტემის კუთხური იმპულსი შენარჩუნებულია მისი მოძრაობის კანონების შესაბამისად. თავად ფიზიკური სისტემა აუცილებელი არაა იყოს სიმეტრიული; ასევე, თუ ფიზიკური პროცესი იწვევს ერთსა და იმავე შედეგს ადგილისა და დროის მიუხედავად, მაშინ მისი ლაგრანჟიანი სიმეტრიულია სივრცეში და დროში უწყვეტი გადაადგილების მიმართ. შესაბამისად, ნეტერის თეორემით, ეს სიმეტრიები ხსნის იმპულსის და ენერჯის შენარჩუნების კანონებს.

ნეტერის თეორემის ამტკიცებს, რომ ფიზიკური სისტემის ყოველი უწყვეტი სიმეტრია შეესაბამება შენახვის გარკვეულ კანონს:

- დროის ერთგვაროვნება შეესაბამება ენერჯის მუდმივობის კანონს,
- სივრცის ერთგვაროვნება შეესაბამება იმპულსის მუდმივობის კანონს,
- სივრცის იზოტროპია შეესაბამება კუთხური იმპულსის მუდმივობის კანონს და ა.შ.

შენახვის კანონები კი საშუალებას იძლევა მოიძებნოს სისტემის მოძრაობის ოპტიმალური ტრაექტორია.

ნეტერის თეორემა ჩამოყალიბებულია სისტემებისთვის, რომლებსაც გააჩნიათ სისტემის აღმწერი ფუნქციონალი და გამოხატავს ლაგრანჟიანის ინვარიანტულობას გარდაქმნების უწყვეტი ჯგუფის მიმართ. თუ მოქმედება უცვლელია ტრანსფორმაციების n პარამეტრის უწყვეტი ჯგუფის მიხედვით, მაშინ არსებობს n დამოუკიდებელი შენახვის კანონი.

ნეტერის თეორემა აყალიბებს საკმარის პირობას შენახვის კანონების არსებობისთვის. თუმცა, ეს პირობა არ არის აუცილებელი, ამიტომ შეიძლება არსებობდეს შენახვის კანონები, რომლებიც მისგან არ გამომდინარეობს.

შევნიშნოთ, რომ ყველა მათემატიკურ მოდელში ზოგიერთი/ყველა განტოლება წარმოაგენს შენახვის კანონების მათემატიკურ ჩანაწერს, შენახვის კანონები არის ფუძე ნებისმიერი მოვლენის მოდელის აგებისათვის.

ძირითადი ნაწილი

ოპტიმალური მართვის ამოცანების დიდი კლასი შეიძლება ამოიხსნას ვარიაციული აღრიცხვის საშუალებით, რომელიც იძლევა რიგ აუცილებელ პირობებს, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ოპტიმალური ტრაექტორია

განვიხილოთ ლაგრანჟის ამოცანა:

ავილოთ შემდეგი სახის სისტემა ერთი მართვით

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u \tag{1}$$

და კრიტერიუმის ფუნქციით

$$I = \sum_{k=1}^n C_k(t) x_k^2 + d(t)u^2, \tag{2}$$

სადაც, განზომილებიანი მდგომარეობის ვექტორია; $A(t), B(t), C(t)$ კოეფიციენტების მატრიცებია, u მართვა.

ვიღერ-ლაგრანჟის განტოლებას ასეთი სისტემებისათვის აქვს სახე:

$$\dot{\psi}_k = - \sum_{j=1}^n a_{jk}(t) \psi_j + 2C_k(t)x_k, \tag{3}$$

$$2d(t)u - \sum_{j=1}^n b_j(t) \psi_j = const. \tag{4}$$

ψ_k ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლებია.

(1), (3) და (4) განტოლებები ქმნიან $2n$ არასტაციონარული წრფივ განტოლებათა სისტემას. (4) განტოლება წარმოადგენს ეილერ-ლაგრანჟის განტოლების პირველ ინტეგრალს. რამდენადაც (1), (3) და (4) განტოლებების ამოხსნა დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, დადებითი შედეგების მისაღებად გამოვიყენოთ დიფერენციალურ განტოლებათა ჯგუფური თვისება. კერძოდ, სიმეტრიისა და შენახვის კანონების ურთიერთკავშირი, რომელიც განისაზღვრება ე. ნეტერის თეორემით.

მოვიყვანოთ ე. ნეტერის თეორემა ლაგრანჟის სისტემებისათვის ნ. იბრაგიმოვის ინტერპრეტაციით [3]:

თეორემა (ე. ნეტერი)

ვთქვათ, ფუნქციონალი

$$L[u] = \int_{\Omega} L(x, u, \dot{u}) dx \quad (5)$$

ინვარიანტულია G_r ჯგუფის მიმართ ბაზისური ინფინიტეზიმალური ოპერატორებით:

$$X_\alpha = \xi_\alpha^i(x, u) \frac{\partial}{\partial x^i} + \eta_\alpha^k(x, u) \frac{\partial}{\partial u^k}, \quad (\alpha = 1, \dots, r). \quad (6)$$

$$\xi_\alpha^i = \left. \frac{\partial f^i}{\partial a^\alpha} \right|_{a=0}, \quad \eta_\alpha^k = \left. \frac{\partial \phi^k}{\partial a^\alpha} \right|_{a=0}, \quad (i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m). \quad (7)$$

მაშინ ეილერ-ლაგრანჟის განტოლებას:

$$D_i \left(\frac{\partial L}{\partial u_i^k} \right) - \frac{\partial L}{\partial u^k} = 0 \quad (8)$$

ამ ფუნქციონალისათვის აქვს r დამოუკიდებელი შენახვის კანონები. ამასთან, ვექტორები $A_\alpha (\alpha = 1 \dots r)$ აკმაყოფილებენ პირობებს

$$di\vartheta A| = D_i(A_\alpha^i). \quad (9)$$

სადაც

$$A_\alpha^i = (\eta_\alpha^i - u^k \xi_\alpha^i) \frac{\partial L}{\partial u_i^k} + L \xi_\alpha^i, \quad (i = 1, \dots, n; \alpha = 1, \dots, r) \quad (10)$$

ამგვარად, დამოუკიდებელი შენახვის კანონების რიცხვი ემთხვევა დამოუკიდებელი ოპერატორების რიცხვს, რომელიც ახასიათებს ამოცანის სიმეტრიას.

არსებობს ნეტერის თეორემის სხვადასხვა ინტერპრეტაციები როგორც ლაგრანჟის, ასევე ჰამილტონის სისტემებისათვის. სხვადასხვა სისტემებისათვის ეს თეორემა უნდა გამოვიყენოთ ფრთხილად, რადგანაც რომელიმე შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ ამოცანა, რომელიც საკმაოდ შორსაა ფიზიკური რეალობიდან. მაგალითად, თუ სისტემა აღიწერება არაერთგვაროვანი განტოლებათა სისტემით.

ბევრი სისტემები არ იძლევა საშუალებას განისაზღვროს ყველა შენახვის კანონი ან მიიღება წინააღმდეგობრივი შედეგები. მაგალითად, ხშირად ენერჯის შენახვის კანონს არ პასუხობს არც ერთი კლასიკური სიმეტრია. ეს ნიშნავს, რომ ის წარმოიშვება რაიმე უმაღლესი სიმეტრიიდან. ნაწილობრივი გამოსავალი ამ სიტუაციიდან, იმაში მდგომარეობს, რომ ყველა

არაერთგვაროვანი განტოლება დავიყვანოთ ერთგვაროვანზე. ცნობილია სხვადასხვა გარდაქმნები, რომელიც იძლევა ამის გაკეთების საშუალებას.

განვიხილოთ სისტემა, რომელიც აღიწერება მეორე რიგის არაერთგვაროვანი განტოლებით

$$m_j \ddot{x}_j = -grad_j u = \left(-\frac{\partial u}{\partial x_1^j} \dots -\frac{\partial u}{\partial x_n^j} \right), \quad (j = 1 \dots r) \quad (11)$$

m_j – მასაა, x_j – წერტილის კოორდინატებია.

თუ (11) მივიღებთ ეილერ-ლაგრანჟის განტოლებად, მაშინ ლაგრანჟიანს აქვს სახე:

$$L = \sum_{j=1}^r \frac{1}{2} m_j \left((\dot{x}_1^j)^2 + (\dot{x}_2^j)^2 + \dots + (\dot{x}_n^j)^2 - u \right). \quad (12)$$

მაწარმოებელ ფუნქციას აქვს სახე:

$$\phi_l^k = b_l^k(t, x_i^j) - a(t, x_i^j) x_e^k, \quad (k = 1 \dots r, l = 1 \dots n). \quad (13)$$

ამასთან, შემოვისაზღვროთ სიმეტრიებით, რომლებიც აკმაყოფილებს პირობას

$$X^{(1)}(Ldt) = 0, \quad (14)$$

სადაც
$$X = a(t, x_i^j) \frac{\partial}{\partial t} + \sum b_l^k(t, x_i^j) \frac{\partial}{\partial x_l^k} .$$

ხოლო, $X^{(1)}$ - არის ველის აწევა.

ნეტერის თეორემიდან გამომდინარე ასეთ სიმეტრიას პასუხობს პირველი ინტეგრალი

$$\sum_{i,j} m_j b_i^j - aE = const \quad (15)$$

სადაც $E = \sum_{j=1}^r \frac{1}{2} m \left((\dot{x}_1^j)^2 + (\dot{x}_2^j)^2 + \dots + (\dot{x}_n^j)^2 + u \right)$ სისტემის სრული ენერგიაა.

ნეტერის სიმეტრია $\phi^j = \dot{x}_i^j$. რადგანაც u ოპტიმალური მართვისას $b_i^j = 0$ სრულდება ენერგიის შენახვის კანონი, განსახილველი სისტემის ინვარიანტულობის გაჩენასთან ერთად დროითი ძვრის მიმართ (გათვალისწინებულია, რომ $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$).

თუ u ფუნქცია ინვარიანტულია სივრცული ძვრის მიმართ რაიმე ფიქსირებული l მიმართულებით, მაშინ $\phi_i^j = l_i$ ნეტერის სიმეტრიაა შესაბამისი პირველი ინტეგრალი არის იმპულსი

$$\sum_{i,j} m_j l_i x_i^j = const . \quad (16)$$

u ინვარიანტულობა ბრუნვის მიმართ მიისწრაფის მოძრაობის რაოდენობის მომენტის შენახვისაკენ. ავიღოთ, მაგალითად z ღერძი. შესაბამის ნეტერის სიმეტრიას აქვს სახე $\phi_1^j = x_2^j$, $\phi_2^j = x_1^j$, $\phi_3^j = 0$ და მას პასუხობს იმპულსის მომენტის შენახვა კომპონენტებით

$$\sum_j m_j (x_1^j \dot{x}_2^j - \dot{x}_1^j x_2^j) = const . \quad (17)$$

ჩვენ გამოვიყენეთ სხვადასხვა გარდაქმნები იმისათვის რომ დაგვეყვანა არაერთგვაროვანი განტოლება ერთგვაროვანზე, ამიტომ შუალედური ცვლადები უნდა

მივიყვანოთ საწყის ცვლადებზე, რადგანაც საბოლოო ექსპერიმენტები ტარდება არა თეორიულ მოდელზე, არამედ რეალურ ობიექტებზე.

დასკვნა

ნაშრომში განხილულია ოპტიმალური მართვის ამოცანები ე. ნეტერის თეორემის საფუძველზე. განხილულია სიმეტრიის და შენახვის კანონები ლაგრანჟის სისტემებში. ოპტიმალური მართვისას უნდა სრულდებოდეს შენახვის კანონები. თუ ისინი არ სრულდება, მაშინ საჭიროა გადავრთოთ მართვა მანამ სანამ არ შესრულდება შენახვის კანონები.

მიღებული მეთოდიკა შეიძლება გამოყენებული იყოს როგორც წრფივი, ასევე არაწრფივი სისტემებისათვის.

ლიტერატურა

1. ხუციშვილი ო., გუგუშვილი ა. და სხვები. სიმეტრიები და შენახვის კანონები ოპტიმალური მართვის სისტემებში. –თბილისი, სტუ-ს გამომცემლობა. 2003. -248 გვ.
2. Gugushvili A., Khutsishvili O., Sesadze V., Dalakishvili G., Mchedlishvili N., Khutsishvili T., Kekenadze V., Delfim F. M. Terees, Gugushvili M. Symmetries and Conservation Laws in Optimal Control Systems. M.C. Escher's "Symmetry Drawing E56". M.C. Escher Company – the Netherlands, 2011. -161p.
3. Олвер П. Приложения групп Ли к дифференциальным уравнениям. –М.:Мир, 1989.-639с.
4. Lie S. Die Theorie der Integralinvarianten ist ein Korollar der Theorie der Differentialinvariante // Leipz. Berich. – 1897. – H. III. – S. 342–357.
5. Noether E. Invariante Variationsprobleme // Nachr. Konig. Gesell. Wissen. Gottingen, Math.-Phys. Kl. – 1918. – S. 235–257

Applied aspects of Neter's theorem in optimal control theory

Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Malkhaz Sulashvili

Georgian Technical University

o.khutsishvili@gtu.ge, t_khutsishvili@gtu.ge, sulashvilimalkhazi08@gtu.ge

Resume

The paper presents the modified theory of invariant variational problems and shows its application in the theory of optimal control. The solution of optimal management problems is discussed e. By means of Nether's theorem. Nether's theorem establishes a connection between the symmetry properties of a physical system and the conservation laws. The main theorems of optimal management remain unchanged, their interpretation is carried out. Such an approach perfects the theory of optimal control and increases the range of its practical application. Issues of optimal control theory, group properties of differential equations, namely Lie groups and Lie algebra are used.

The variational principle of optimal control in Lagrangian systems is discussed. Based on Neter's theorem. Such an approach to the variational principles of optimal control allows to avoid the difficulties associated with the determination of undetermined Lagrange coefficients. Knowing

the laws of storage significantly simplifies the task of management. The possibility of solving the equation of motion will be removed, because the conservation laws contain useful information.

Keywords: Generalized Nether's theorem, integral invariant, functional invariant, Lee groups, Lagrangian systems.

ციფრული წიგნიერების ასპექტები და გამოწვევები

ოლა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ირმა კუცია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.khutsishvili@gtu.ge, t_khutsishvili@gtu.ge, i.kutsia@gtu.ge

რეზიუმე

ციფრული წიგნიერება არის ტექნოლოგიების გამოყენების უნარი ინფორმაციის მოსაძებნად, შესაფასებლად, შესაქმნელად და კომუნიკაციისთვის. თანამედროვე მსოფლიოში, სადაც დომინირებს სმარტფონები და კომპიუტერები, ინფორმაციის სწრაფი გავრცელება, ციფრული წიგნიერება აღარ არის ფუფუნება - ეს აუცილებლობაა. ციფრული ეპოქაში ნავიგაციისას, ციფრული ხელსაწყოებით გამოყენების, გაგებისა და შექმნის უნარი ისეთივე ფუნდამენტური გახდა, როგორც კითხვა, წერა და არითმეტიკა. სტატიაში განვიხილავთ ციფრული წიგნიერების მნიშვნელობას 21-ე საუკუნეში, გავაანალიზებთ ციფრული წიგნიერების გამოწვევებს და განვიხილავთ მათი გადაჭრის გზებს.

საკვანძო სიტყვები: ციფრული წიგნიერება, კომპიუტერული უნარები, ციფრული მოქალაქეობა, კომუნიკაცია, უსაფრთხოება.

ძირითადი ნაწილი

ციფრული წიგნიერება არის ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით ინფორმაციის ეფექტურად მოძიების, შეფასების, გამოყენების, გაზიარების, შექმნისა და კომუნიკაციის უნარი.

ციფრული წიგნიერება გულისხმობს კომპეტენციების გარკვეულ კომპლექსს, რომელიც საშუალებას გაძლევთ იმოქმედოთ და სრულად მიიღოთ მონაწილეობა ციფრულ სამყაროში. კომპიუტერული ცოდნა არ არის იგივე, რაც ციფრული წიგნიერება. რა თქმა უნდა, ადამიანს უნდა შეეძლოს კომპიუტერებთან და მობილურ მოწყობილობებთან მუშაობა, მაგრამ ციფრული

წიგნიერება ბევრად სცილდება ამ საზღვრებს. ბუნებრივად ისმის კითხვა, რატომ არის ციფრული წიგნიერება გადამწყვეტი თანამედროვე სამყაროში?

გამოიკვეთა ციფრული წიგნიერების ხუთი ძირითადი საყრდენი:

- **ციფრული ინფორმაციისა და მონაცემთა წიგნიერება** – მონაცემთა/ინფორმაციის და ციფრული შინაარსის დათვალიერება, ძიება და ფილტრაცია, ციფრული შინაარსის შეფასება და მართვა;
- **კომუნიკაცია და თანამშრომლობა** – ინტერაქცია და გაზიარება ციფრული ტექნოლოგიების საშუალებით, ციფრული მოქალაქეობა, თანამშრომლობა ციფრული ტექნოლოგიების საშუალებით, ციფრული იდენტობის მართვა;
- **ციფრული პროდუქტის შექმნა** – ციფრული პროდუქტების შექმნა, პროგრამირება, ციფრული შინაარსის ინტეგრირება, საავტორო უფლებები და ლიცენზიები;
- **უსაფრთხოება** – პირადი მონაცემებისა და კონფიდენციალურობის დაცვა, ციფრული გარემოს დაცვა;
- **კრეატიული აზროვნება** – პრობლემის გადაჭრა, ტექნოლოგიური საჭიროებების იდენტიფიცირება, ტექნიკური პრობლემების გადაჭრა, ციფრული ტექნოლოგიების კრეატიული გამოყენება.

ციფრული წიგნიერება გულისხმობს კომპიუტერების და მასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების ეფექტურად გამოყენების უნარს. კომპიუტერის ცოდნა დღევანდელ მსოფლიოში მნიშვნელოვანია, რადგან ის ფუნდამენტური უნარია, რომელიც აუცილებელია სხვადასხვა სფეროში წარმატებისთვის. თუმცა, ყველას არ აქვს კომპიუტერული უნარების ცოდნის ერთნაირი დონე და შესაძლოა გარკვეული გამოწვევების წინაშე აღმოჩნდეთ სხვადასხვა მოწყობილობებთან, პროგრამებთან ან პლატფორმებთან მუშაობისას. ბუნებრივია ისმის კითხვა, რა არის ციფრული წიგნიერების გამოწვევები და როგორ გადავლახავთ ამ გამოწვევებს?

ციფრული წიგნიერების გამოწვევები მოიცავს შემდეგ საკითხებს – ტექნოლოგიებზე წვდომა, ტექნიკური სირთულეების, უახლესი ტენდენციების ათვისება, ინფორმაციის სიჭარბე (გადატვირთვა) და კიბერუსაფრთხოება.

- **ტექნოლოგიებზე წვდომა.** ციფრული წიგნიერების ერთ-ერთი ყველაზე დიდი გამოწვევა ტექნოლოგიაზე წვდომაა. ყველას არ აქვს წვდომა კომპიუტერზე ან ინტერნეტზე, რამაც შეიძლება შექმნას ციფრული უფსკრული, გავლენა მოახდინოს ადამიანების სწავლის უნარზე. გარდა ამისა, მათაც კი, ვისაც აქვს წვდომა ტექნოლოგიაზე, შეიძლება არ ჰქონდეს წვდომა უახლეს პროგრამულ უზრუნველყოფაზე ან აპარატურაზე, რაც ართულებს ტექნოლოგიების უახლესი ტენდენციების გაცნობას და ათვისებას.
- **ტექნიკური სირთულეები.** კომპიუტერული ცოდნის კიდევ ერთი გამოწვევა ტექნიკურ სირთულეებთან გამკლავებაა. კომპიუტერების და მასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების გამოყენებისას შეიძლება წარმოიშვას სირთულეები, რომელთა გადაწყვეტა მოთხოვს დიდ დროით რესურსს და შრომატევადია.
- **ტექნოლოგიის სირთულე (უახლესი ტენდენციების ათვისება).** ტექნოლოგიები მუდმივად იცვლება და შეიძლება რთული იყოს ფენი აუწყო პროგრამული უზრუნველყოფის, აპარატურის და სხვა კომპიუტერთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების უახლესი ტენდენციებს. ამის გამო შესაძლოა ადამიანებს გაუძნელდეთ დარჩენ კონკურენტუნარიანი თავიანთ პროფესიულ სფეროში.
- **ინფორმაციული გადატვირთვა.** ინტერნეტი ინფორმაციის ვრცელი წყაროა და რთულია მონაცემთა დიდი მოცულობის დამუშავება, შესაბამისი და ზუსტი ინფორმაციის

მოპოვება. გარდა ამისა, ინფორმაციის ყველა წყარო არ არის სანდო, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაბნეულობა და დეზინფორმაცია.

- **კიბერუსაფრთხოება.** ინტერნეტის გამოყენებასთან ერთად იზრდება კიბერუსაფრთხოების საფრთხეების რისკი, როგორცაა ვირუსები, მავნე პროგრამები და ჰაკერები. ეს მნიშვნელოვანი გამოწვევა კომპიუტერის მომხმარებლებისთვის, მოითხოვს კომპიუტერის უსაფრთხოების პრაქტიკული უნარ-ჩვევების ცოდნას საფრთხეებისგან თავის დასაცავად.

ციფრული წინიერების გამოწვევები დაძლევა შესაძლებელია ისეთი გადაწყვეტილებების განხორციელებით, როგორცაა ტექნოლოგიაზე წვდომის უზრუნველყოფა, ტექნიკური მხარდაჭერის მოძიება, უწყვეტი სწავლის პროცესში ჩართვა, ინფორმაციის წყაროების შეფასება და კიბერუსაფრთხოების თავის დაცვა. მოკლედ განვიხილოთ ეს გამოწვევების დაძლევის შესაძლებლობები:

- ტექნოლოგიების ხელმისაწვდომობის გამოწვევის დასაძლევა შესაძლებელია საჯარო სივრცეების გამოყენებით, როგორცაა წვდომა კომპიუტერებზე ბიბლიოთეკებსა და საზოგადოებრივ ცენტრებში. გარდა ამისა სასწავლო დაწესებულებები და უნივერსიტეტები მუდმივად უზრუნველყოფენ სტუდენტებისა და თანამშრომლების კომპიუტერთან და ინტერნეტთან წვდომას.
- ტექნიკური სირთულეების გამოწვევის დასაძლევად აუცილებელია გვექონდეს საიმედო ტექნიკურ მხარდაჭერაზე წვდომა. ეს შეიძლება იყოს IT სამსახური ორგანიზაციაში ან ონლაინ ფორუმები, სადაც მომხმარებლებს შეუძლიათ დასვან კითხვები და მიიღონ დახმარება სხვა მომხმარებლებისგან.
- ტექნოლოგიის უახლესი ტენდენციების ასათვისებლად აუცილებელია უწყვეტი განათლების სისტემაში ჩართვა. ეს შეიძლება იყოს ონლაინ კურსების, ვებინარების, სემინარების და ტექნოლოგიური კონფერენციების საშუალებით. კომპიუტერული ცოდნა არ არის სტატიკური უნარი, რომელსაც ერთხელ და სამუდამოდ დაეუფლებით. ეს არის დინამური და განვითარებადი უნარი, რომელიც მოითხოვს მუდმივ სწავლას და ადაპტაციას.
- ინტერნეტიდან მიღებული ჭარბი ინფორმაციის გამოწვევის დასაძლევად აუცილებელია ვისწავლოთ ინფორმაციის წყაროების გაფილტვრა და შეფასება. ეს შეიძლება მოხდეს კრიტიკული აზროვნების უნარების გამომუშავებით და ინფორმაციის სანდო წყაროების გამოყენებით.
- კიბერუსაფრთხოების საფრთხეებისგან თავის დასაცავად აუცილებელია კომპიუტერული უსაფრთხოების საუკეთესო პრაქტიკის შესწავლა და მათი გამოყენება. ამისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ანტივირუსული პროგრამული უზრუნველყოფა, თავიდან ავიცილოთ საეჭვო ელფოსტა და რეგულარულად შევინახოთ მონაცემების სარეზერვო ასლები და სხვა.

სამყარო ყოველდღიურად უფრო და უფრო ციფრული ხდება და ეს ნიშნავს, რომ ციფრული წინიერება აღარ არის მხოლოდ სასიამოვნო უნარი; ეს არის უნარი, რომელსაც შეუძლია ახალი შესაძლებლობების გახსნა, თქვენი კრეატიულობის გაძლიერება და ონლაინ უსაფრთხოების დაცვა. მსოფლიო უფრო მეტად მოძრაობს ონლაინ რეჟიმში, მიუხედავად იმისა, ვაქვეყნებთ სოციალურ მედიაში, ვიხდით გადასახადებს, ვაჯავშნით შეხვედრებს ან ვსწავლობთ ახალ უნარებს, ჩვენ ვიყენებთ ჩვენს ციფრულ კომპეტენციებს. საჭიროა ვადიაროთ ციფრული წინიერების მნიშვნელობა და გადავდგათ ნაბიჯები იმისათვის, რომ ყველას ჰქონდეს ამ ციფრული ეპოქისთვის საჭირო უნარები.

დასკვნა

ციფრული წიგნიერება არის კომპეტენციების ერთობლიობა, რომელიც საჭიროა ცოდნის საზოგადოებაში სრული მონაწილეობისთვის. ციფრული წიგნიერება აუმჯობესებს ინდივიდების ცხოვრების ხარისხს და აღჭურავს მათ მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტებითა და უნარებით, რომელიც მათ სჭირდებათ როგორც პროფესიულ და პირად საქმიანობაში. ციფრული წიგნიერების მხარდაჭერით, უზრუნველყოფთ მომავალს, სადაც ყველას შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს, ისარგებლოს და წვლილი შეიტანოს ციფრულ სამყაროში.

ლიტერატურა

1. The challenges of Computer literacy. Posted by Prakhar Goel on June 4, 2023 <https://www.collegechalo.com/news/the-challenges-of-computer-literacy/> .
2. Computer Literacy: More Than Normal Skill and Knowledge. Posted by Dr. Rajkumar Singh -July 28, 2023. <https://ceylontoday.lk/2023/07/28/computer-literacy-more-than-normal-skill-and-knowledge/> .

Digital Literacy Aspects and Challenges

Olga Khutsishvili, Thea Khutsishvili, Irma Kutsia

Georgian Technical University

o.khutsishvili@gtu.ge, t_khutsishvili@gtu.ge, i.kutsia@gtu.ge

Resume

Digital literacy is the ability to use technology to find, evaluate, create and communicate information. In the modern world dominated by smartphones and computers, where information spreads rapidly, digital literacy is no longer a luxury - it is a necessity. As we navigate the digital age, the ability to use, understand, and create with digital tools has become as fundamental as reading, writing, and arithmetic. In the article, we will discuss the importance of digital literacy in the 21st century, analyze the challenges of digital literacy and discuss ways to solve them.

Keywords: digital literacy, computer skills, digital citizenship, communication, security.

6G კომპიუტერული ქსელების საფრთხეების კვლევა კიბერუსაფრთხოების თვალსაზრისით

ოთარ შონია, სოფიო შინჯიკაშვილი, ავთანდილ ბიჩნიგაური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

6G ქსელების განვითარება შესაძლებლობას ქმნის გაზარდოს ქსელის უსაფრთხოება და უკეთ დაიცვას კიბერშეტევებისგან როგორც სენსიტიური ინფორმაცია, ასევე კრიტიკული ინფრასტრუქტურა და დაკავშირებული მოწყობილობები. მიუხედავად იმისა, რომ 6G ქსელები ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზე იმყოფება, უსაფრთხოების პოტენციური გაუმჯობესება 5G ქსელების საფუძველზე უკვე დაწყებულია. გაუმჯობესებაში იგულისხმება დაშიფვრის გაფართოებული მეთოდები, უსაფრთხო კომუნიკაციის პროტოკოლები, გაუმჯობესებული ავტორიზაციის მექანიზმები, ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული უსაფრთხოების სისტემები და მათი უსაფრთხოების გადაწყვეტილებები. მოცემულ სტატიაში განხილულია 6G კომპიუტერული ქსელების საფრთხეების კვლევა კიბერუსაფრთხოების თვალსაზრისით და შემოთავაზებულია მათი გაუმჯობესების საშუალებები კიბერსაფრთხეებისგან დაცვის უზრუნველსაყოფად.

საკვანძო სიტყვები: კიბერსაფრთხეები; 6G; კომპიუტერული ქსელი; კიბერუსაფრთხოება; IoT; AI; ხელოვნური ინტელექტი; მანქანური სწავლება; APT; ბიომეტრიული ავთენტიფიკაცია.

შესავალი

6G წარმოადგენს მობილური ქსელების შემდეგ თაობას, რომელიც ამჟამად განვითარებისა და აქტიური კვლევის პროცესშია. მოსალოდნელია, რომ ის დაეფუძნება 5G-ის მიღწევებს და შესთავაზებს კიდევ უფრო სწრაფ სიჩქარეს, დაბალ შეყოვნებას და უფრო დიდ ტევადობას. გარდა ამისა, მოსალოდნელია, რომ 6G დანერგავს ახალ ტექნოლოგიებს, როგორცაა ტერაჰერცის კომუნიკაცია, კვანტური კომუნიკაცია და ჰოლოგრაფიული მედია, რაც საშუალებას მისცემს ახალ გამოყენებას, როგორცაა ვირტუალური რეალობა, ავტონომიური მანქანები და ჰივანი ქალაქები. თუმცა, 6G-ის განლაგების ზუსტი სპეციფიკაციები და ვადები ჯერ არ არის განსაზღვრული, რადგან ტექნოლოგია ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზეა.

ძირითადი ნაწილი

მოსალოდნელია, რომ 6G ქსელების დანერგვას მნიშვნელოვანი გავლენა ექნება ინდუსტრიების ფართო სპექტრზე, მათ შორის:

1. ტელეკომუნიკაციები: სატელეკომუნიკაციო ინდუსტრია იქნება ერთ-ერთი პირველი, ვინც მიიღებს 6G ქსელებს, რადგან ისინი გადამწყვეტ როლს შეასრულებენ ამ ქსელების განლაგებასა და ექსპლუატაციაში.
2. ჯანდაცვა: 6G ქსელები საშუალებას მისცემს გამოიყენონ ახალი ტელემედიცინა და დისტანციური ჯანმრთელობის მონიტორინგის აპლიკაციები, რაც პაციენტებს მისცემს წვდომას მაღალი ხარისხის ჯანდაცვის სერვისებზე მათი მდებარეობის მიუხედავად.
3. ავტონომიურობა: 6G ქსელები გადამწყვეტ როლს შეასრულებენ ავტონომიური სატრანსპორტო საშუალებების და ინტელექტუალური სატრანსპორტო სისტემების განვითარებაში, უზრუნველყოფენ მაღალსიჩქარიან დაკავშირებას და დაბალ შეყოვნებას, რაც საჭიროა რეალურ დროში გადაწყვეტილების მიღებისთვის.
4. წარმოება: 6G ქსელები ხელს შეუწყობს მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის განვითარებას, რაც საშუალებას მისცემს ახალი ავტომატიზაციისა და ციფრული ტექნოლოგიების დანერგვას და სრულებით გარდაქმნის წარმოების ინდუსტრიას.

5. თავდაცვა: 6G ქსელები უზრუნველყოფენ მაღალსიჩქარიან დაკავშირებას და დაბალ შეყოვნებას, რომელიც საჭიროა მოწინავე სამხედრო ტექნოლოგიების განლაგებისთვის, როგორცაა ავტონომიური იარაღის სისტემები და ბრძოლის ველის მართვის ინტელექტუალური სისტემები.
6. ენერჯია: 6G ქსელები ხელს შეუწყობს ჭკვიანი ქსელის ტექნოლოგიების განვითარებას და განახლებადი ენერჯიის წყაროების გამოყენებას, რაც საშუალებას მისცემს უფრო ეფექტური და მდგრადი ენერჯეტიკული სისტემის შექმნას.
7. გართობა: 6G ქსელები საშუალებას მისცემს გამოიყენონ ახალი გასართობი გამოცდილება, როგორცაა გაძლიერებული და ვირტუალური რეალობა, რაც მომხმარებლებს სთავაზობს ციფრულ მედიასთან და ციფრულ კონტენტთან ურთიერთობის ახალ და საინტერესო გზებს.
8. სოფლის მეურნეობა: 6G ქსელები ხელს შეუწყობს ზუსტი სოფლის მეურნეობის ტექნოლოგიების განვითარებას, რაც ფერმერებს საშუალებას მისცემს გააუმჯობესონ თავიანთი ოპერაციები და გააუმჯობესონ მოსავლიანობა და ხარისხი.

ზემოხსენებული ჩამონათვალი მხოლოდ რამდენიმე მაგალითია იმ ინდუსტრიებისა, რომლებიც, სავარაუდოდ, მომავალში გამოიყენებენ 6G ქსელებს. ვარაუდობენ, რომ ამ ქსელების დანერგვა დიდ გავლენას მოახდენს ბევრ სხვა ინდუსტრიაშიც.

მოსალოდნელია, რომ 6G ქსელებს ექნებათ გაძლიერებული უსაფრთხოების მახასიათებლები მობილური ქსელების წინა თაობებთან შედარებით. 6G ქსელის უსაფრთხოების ერთ-ერთი მთავარი აქცენტი არის სენსიტიური ინფორმაციისა და კრიტიკული ინფრასტრუქტურის დაცვა კიბერშეტევებისგან. ეს შეიძლება მოიცავდეს დაშიფვრის მოწინავე მეთოდების, უსაფრთხო საკომუნიკაციო პროტოკოლების და გაუმჯობესებული ავტორიზაციის მექანიზმების გამოყენებას. გარდა ამისა, 6G ქსელებმა შეიძლება შემოიტანონ ახალი ტექნოლოგიები, როგორცაა კვანტური გასაღების განაწილება და ხელოვნური ინტელექტის დაფუძნებული უსაფრთხოების სისტემები [1] უსაფრთხოების შემდგომი გაზრდის მიზნით.

6G ქსელის უსაფრთხოების კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტია დაკავშირებული მოწყობილობებისა და IoT სისტემების დაცვა. აღნიშნული შეიძლება მოიცავდეს მოწყობილობებზე არაავტორიზებული წვდომის თავიდან აცილების ზომებს, უსაფრთხო განახლებებს [2] და უსაფრთხოების საუკეთესო პრაქტიკის დანერგვას IoT სისტემების დიზაინსა და განვითარებაში.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ რადგან 6G ტექნოლოგია ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზეა, უსაფრთხოების ზუსტი მახასიათებლები და პროტოკოლები, რომლებიც გამოყენებული იქნება 6G ქსელებში, ჯერ არ არის განსაზღვრული. თუმცა, ზოგიერთი მთავარი პოტენციური კიბერუსაფრთხოების საფრთხე 6G ქსელებისთვის შესაძლებელია მოიცავდეს:

1. გაფართოებული მუდმივი საფრთხეები (APT): გაფართოებული მუდმივი საფრთხეები (APT) არის უაღრესად დახვეწილი კიბერშეტევები, რომლებსაც ხშირად ახორციელებენ ეროვნული სახელმწიფო აქტორები ან ორგანიზებული დანაშაულებრივი ჯგუფები. ეს თავდასხმები მიზანმიმართული და მუდმივია და მათი აღმოჩენა და დაცვა რთულია. APT თავდასხმებმა შეიძლება მიმართოს სენსიტიურ ინფორმაციას და კრიტიკულ ინფრასტრუქტურას და ისინი ხშირად მოიცავს მავნე პროგრამის, ფიშინგის და სხვა ტექნიკის გამოყენებას სისტემების კომპრომისისთვის და მონაცემების მოსაპარად. 6G ქსელებში მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების მკაცრი ზომების გატარება, რათა დავიცვათ

APT თავდასხმები და თავიდან აიცილოთ სენსიტიური ინფორმაცია მავნე აქტორების ხელში მოხვედრისგან.

2. IoT მოწყობილობის უსაფრთხოება: ნივთების ინტერნეტმა (IoT) გააფართოვა ინტერნეტზე წვდომის არეალი და აკავშირებს მოწყობილობების ფართო სპექტრს ქსელებთან. ამან გაზარდა კიბერკრიმინალებისთვის პოტენციური თავდასხმის ვექტორების რაოდენობა. IoT მოწყობილობები შეიძლება იყოს დაუცველი ჰაკერების, მავნე პროგრამებისა და სხვა კიბერ საფრთხეების მიმართ და მნიშვნელოვანია, რომ ეს მოწყობილობები იყოს დაცული და დაცული კიბერშეტევებისგან. 6G ქსელებში მოსალოდნელია ზომების მიღება IoT მოწყობილობების უსაფრთხოების გასაძლიერებლად და კიბერშეტევების რისკის შესამცირებლად.
3. 5G-ზე დაფუძნებული თავდასხმები: ვინაიდან 6G ქსელები სავარაუდოდ დაფუძნდება 5G-ის მიღწევებზე, სავარაუდოა, რომ ზოგიერთი კიბერ საფრთხე, რომელიც იდენტიფიცირებულია 5G ქსელებში, კვლავაც აქტუალური იქნება 6G ქსელებში. მაგალითად, სერვისის შეფერხების (DoS) შეტევები, რომლებიც შექმნილია ქსელების გადატვირთვისა და სერვისების შეფერხებისთვის, იდენტიფიცირებულია, როგორც პოტენციური საფრთხე 5G ქსელებისთვის. 6G ქსელებში მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების ზომების გატარება 5G-ზე დაფუძნებული შეტევების თავიდან ასაცილებლად და ქსელის შეფერხებისგან დაცვის მიზნით.
4. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული თავდასხმები: 6G ქსელებში ხელოვნური ინტელექტის მოსალოდნელი ინტეგრაციით, შესაძლებელია, რომ მავნე აქტორებმა შეეცადონ გამოიყენონ მასზე დაფუძნებული თავდასხმები ქსელების უსაფრთხოების კომპრომეტირებისთვის. მაგალითად, ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმები შეიძლება იყოს გაწვრთნილი და მომზადებული დახვეწილი კიბერშეტევების განსახორციელებლად, როგორცაა ფიშინგი ან მავნე პროგრამების გავრცელება. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული თავდასხმებისგან თავის დასაცავად მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების მკაცრი ზომების დაცვა, როგორცაა მანქანური სწავლების ალგორითმები, რომლებსაც შეუძლიათ რეალურ დროში აღმოაჩინონ და უპასუხონ ზემოხსენებულ კიბერ საფრთხეებს.
5. მიწოდების ჯაჭვის (Supply Chain) შეტევები: მიწოდების ჯაჭვის შეტევები მნიშვნელოვნად დიდი გამოწვევაა კიბერუსაფრთხოების სამყაროში. ერთ-ერთი კომპანიის უსაფრთხოების კომპრომეტირებით, რომელიც სხვა კომპანიას აწვდის აღჭურვილობას, პროგრამულ უზრუნველყოფას ან მომსახურებას ქსელში, კიბერკრიმინალებს შეუძლიათ წვდომა მოიპოვონ ქსელურ ჯაჭვში და ზიანი მიაყენონ მას. 6G ქსელებში მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების ზომების გატარება მიწოდების ჯაჭვის თავდასხმებისგან დაცვის მიზნით და უზრუნველყოს, რომ ქსელი იყოს უსაფრთხო და გამძლე კიბერშეტევებისგან. ეს შეიძლება მოიცავდეს ისეთ ზომებს, როგორცაა მომწოდებლის მკაცრი შემოწმება, უსაფრთხოების რეგულარული აუდიტი და უსაფრთხო საკომუნიკაციო პროტოკოლების განხორციელება.

კიბერუსაფრთხოების სპეციფიკური გაუმჯობესება, რომელსაც ისინი შესთავაზებენ 5G ქსელებთან შედარებით, ჯერ ბოლომდე არ არის განსაზღვრული. თუმცა, ზოგიერთი პოტენციური გაუმჯობესება, რომელიც შეიძლება დაინერგოს 6G ქსელებში, მოიცავს:

1. გაფართოებული კრიპტოგრაფიული შიფრაცია: დაშიფვრის გაფართოებული მეთოდები გადამწყვეტია კიბერშეტევებისგან სენსიტიური ინფორმაციისა და კრიტიკული

- ინფრასტრუქტურის დასაცავად. 6G ქსელებმა შეიძლება გამოიყენონ კრიპტოგრაფიული დაშიფვრის უახლესი ტექნიკა, როგორც კვანტური რეზისტენტული ალგორითმები, უსაფრთხოების უმაღლესი დონის უზრუნველსაყოფად. ეს ალგორითმები შექმნილია კვანტური კომპიუტერების თავდასხმებისადმი მდგრადობისთვის, რომლებსაც აქვთ დაშიფვრის ტრადიციული მეთოდების დარღვევის პოტენციალი. გაფართოებული დაშიფვრის გამოყენებით, 6G ქსელებს შეუძლიათ უზრუნველყონ, რომ სენსიტიური მონაცემები დარჩეს კონფიდენციალური და დაცული არაავტორიზებული წვდომისგან.
2. უსაფრთხო საკომუნიკაციო პროტოკოლები: უსაფრთხო კომუნიკაციის პროტოკოლები აუცილებელია ქსელში გადაცემული მონაცემების დასაცავად. 6G ქსელებმა შეიძლება შემოიტანონ ახალი და გაუმჯობესებული პროტოკოლები, რომლებიც შექმნილია უფრო მდგრადი კიბერშეტევების წინააღმდეგ. ამ პროტოკოლებმა შეიძლება გამოიყენონ დაშიფვრის მოწინავე ტექნიკა, უსაფრთხოების სხვა ზომებთან ერთად, რათა უზრუნველყონ მონაცემების უსაფრთხოდ და შეუფერხებლად გადაცემა. ეს ხელს შეუწყობს კიბერშეტევების რისკის შემცირებას და მონაცემთა დარღვევისგან დაცვას.
 3. გაუმჯობესებული ავთენტიფიკაციის მექანიზმები: ავთენტიფიკაციის მექანიზმები გამოიყენება მომხმარებლის იდენტურობის შესამოწმებლად, სანამ მას ქსელში წვდომა მიეცემა და მისი ავტორიზაცია მოხდება. 6G ქსელებმა შეიძლება გამოიყენონ გაუმჯობესებული ავთენტიფიკაციის მექანიზმები, როგორცაა ბიომეტრიული ავთენტიფიკაცია ან კვანტური გასაღების განაწილება, რათა უზრუნველყონ ქსელზე წვდომა მხოლოდ ავტორიზებულ მომხმარებლებს. [3] ბიომეტრიული ავთენტიფიკაცია იყენებს უნიკალურ ფიზიკურ მახასიათებლებს, როგორცაა თითის ანაბეჭდები ან სახის ამოცნობა, მომხმარებლის იდენტურობის დასადასტურებლად. კვანტური გასაღების განაწილება იყენებს კვანტური მექანიკის თვისებებს გასაღების უსაფრთხოდ გადაცემის უზრუნველსაყოფად. გაუმჯობესებული ავთენტიფიკაციის მექანიზმები უზრუნველყოფს უსაფრთხოების დამატებით ფენას 6G ქსელებისთვის.
 4. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული უსაფრთხოების სისტემები: ხელოვნური ინტელექტის დაფუძნებული უსაფრთხოების სისტემები იყენებენ მანქანური სწავლების ალგორითმებს რეალურ დროში კიბერ საფრთხეების აღმოსაჩენად და რეაგირებისთვის. 6G ქსელებმა შეიძლება დანერგონ ეს სისტემები უსაფრთხოების გასაძლიერებლად და კიბერშეტევებისგან უკეთ დასაცავად. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ უსაფრთხოების სისტემებს შეუძლიათ გააანალიზონ დიდი რაოდენობით მონაცემები, რათა გამოავლინონ პოტენციური საფრთხეები და მიიღონ ზომები მათ შესამცირებლად. ამ ტექნოლოგიას შეუძლია როგორც გააუმჯობესოს კიბერუსაფრთხოების ზომების სისწრაფე და ეფექტურობა, ასევე შეამციროს კიბერშეტევებისა და მონაცემთა დარღვევის რისკი.
 5. ბოლოდან-ბოლომდე (End-to-End) უსაფრთხოება: ე.წ. „ბოლოდან-ბოლომდე“ უსაფრთხოების საკითხი ეხება უსაფრთხოების იმ ზომებს, რომლებიც გამოიყენება მონაცემთა გენერირების მომენტიდან მანამ, სანამ ის გადაეზავნება სავარაუდო ადრესატს. 6G ქსელებმა შეიძლება დანერგონ უსაფრთხოების გადაწყვეტილებები ბოლომდე, რათა უზრუნველყონ ყველა მონაცემის დაცულობა მთელი მისი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში. ეს ხელს შეუწყობს მონაცემთა კონფიდენციალურობის, მთლიანობისა და ხელმისაწვდომობის დაცვას, შეამცირებს კიბერშეტევებისა და მონაცემთა დარღვევის რისკს. უსაფრთხოების გადაწყვეტილებები ბოლომდე შეიძლება

შეიცავდეს დაშიფვრის გაფართოებულ ტექნიკას, უსაფრთხო კომუნიკაციის პროტოკოლებსა და მათ შორის გაუმჯობესებულ ავტორიზაციის მექანიზმებს. ბოლოდან-ბოლომდე უსაფრთხოების განხორციელებით, 6G ქსელებს შეუძლიათ უზრუნველყონ უსაფრთხო და საიმედო პლატფორმა მონაცემთა გადაცემისთვის.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ რადგან ტექნოლოგია ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზეა, კიბერუსაფრთხოების ზუსტი გაუმჯობესება, რომელსაც 6G ქსელები შესთავაზებს, ჯერ არ არის განსაზღვრული და ეს სია არ არის ამომწურავი.

დასკვნა

6G ქსელებს გააჩნიათ გაძლიერებული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პოტენციური მობილური ქსელების წინა თაობებთან შედარებით. კიბერუსაფრთხოების მიმართულებით 6G ქსელების 5G-თან შედარებით ზუსტი გაუმჯობესების გზების სპეციფიკა ამ ეტაპზე სრულყოფილად არ არის განსაზღვრული, რადგან ტექნოლოგია ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზეა. თუმცა, პოტენციური გაუმჯობესების საშუალებები შეიძლება მოიცავდეს დაშიფვრის გაფართოებულ მეთოდებს, უსაფრთხო კომუნიკაციის პროტოკოლების შემუშავებას, გაუმჯობესებულ ავტორიზაციის მექანიზმებს, ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ უსაფრთხოების სისტემებსა და უსაფრთხოების გადაწყვეტილებებს. ამ მიღწევებმა შეიძლება გააძლიეროს სენსიტიური ინფორმაციის, კრიტიკული ინფრასტრუქტურისა და დაკავშირებული მოწყობილობების დაცვა მოსალოდნელი კიბერშეტევებისგან.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Alsharif, Mohammed & Hilary, Anabi & Albreem, Mahmoud & Chaudhry, Shehzad & Zia, M. Sultan. (2020). Sixth Generation (6G) Wireless Networks: Vision, Research Activities, Challenges and Potential Solutions. *Symmetry*. 12. 676. 10.3390/sym12040676.
2. Abdel Hakeem, Shaimaa & Hussein, Hanan & Kim, Hyungwon. (2022). Security Requirements and Challenges of 6G Technologies and Applications. *Sensors*. 22. 1969. 10.3390/s22051969.
3. Wang, Minghao & Zhu, Tianqing & Zhang, Tao & Zhang, Jun & Yu, Shui & Zhou, Wanlei. (2020). Security and privacy in 6G networks: New areas and new challenges. *Digital Communications and Networks*. 6. 10.1016/j.dcan.2020.07.003.

Study of Threats of 6G Computer Networks from the Point of View of Cyber Security

Otar Shonia, Sophio Shinjikashvili, Avtandili Bichnigauri
Georgian Technical University

o.shonia@gtu.ge, shinjikashvili.sopio@gtu.ge, bichnigauri_av@gtu.ge

Abstract

The development of 6G networks creates an opportunity to increase network security and better protect sensitive information, critical infrastructure and connected devices from cyber attacks. Although 6G networks are still in the early stages of development, potential security improvements based on 5G networks have already begun. Improvements include advanced encryption methods, secure communication protocols, improved authentication mechanisms, artificial intelligence-based security systems and their security solutions. This article discusses the study of the threats of 6G computer networks from the point of view of cyber security and suggests ways to improve them to ensure protection against cyber threats.

Keywords: Cyber Threats; 6G; Computer Network; Cyber Security; IoT; AI; Artificial Intelligence; Machine Learning; APT; Biometric Authentication.

ინფორმაციული საზოგადოება და ICT გამოწვევების ეფექტურად

მართვა Jira-ტექნოლოგიის საფუძველზე

ოთარი მაჩალაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

otomachaladze@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესებში ახალი ციფრული ტექნოლოგიების, კერძოდ, Jira სისტემის შესაძლებლობათა გამოყენების საკითხები ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) სახით. შემოთავაზებულია ღირებული შეხედულებები პროფესიონალებისა და ორგანიზაციებისთვის, რომლებიც ცდილობენ თავიანთი პროექტის მართვის პროცესების ოპტიმიზაციას. პროექტების მართვის ეფექტიანი ინსტრუმენტები გახდა თანამედროვე ბიზნესოპერაციების ქვაკუთხედი და მათ შორის Atlassian-კორპორაციის მიერ შემუშავებული Jira-ტექნოლოგია. იგი გამოირჩევა მრავალმხრივი გადაწყვეტით. სტატიაში წარმოდგენილია ის გამოწვევები, რომლებიც თან ახლავს ორგანიზაციებში Jira-ს დანერგვის პროცესს.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული საზოგადოება. ICT. პროექტების მენეჯმენტი. ბიზნესპროცესები. Atlassian. Jira. ინტეგრაცია, ITIL.

1. შესავალი

ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) ფართო გამოყენება ინდუსტრიის და სოციალურ სფეროებში XXI საუკუნის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მონაპოვარია, განსაკუთრებით სწრაფი განვითარება მან განიცადა Covid-19 პანდემიის პერიოდში. მსოფლიოში ჩამოყალიბდა და კვლავაც ვითარდება ინფორმაციული საზოგადოების ფართო წრე. ICT-მ მოახდინა რევოლუცია თანამედროვე სამყაროში, რამაც უზრუნველყო სწრაფი კომუნიკაცია, მონაცემთა ეფექტური დამუშავება და გლობალური კავშირი [1]. თუმცა, ICT სფერო არ არის გამოწვევებისა და შესანიშნავი მიღწევების გარეშე.

სტატიაში განიხილება ის გამოწვევები, რომლებსაც აწყდებიან ორგანიზაციები ICT სექტორში Jira-ს, როგორც პროექტის მართვის ინსტრუმენტის დანერგვისას. იგი ხაზს უსვამს

Jira-ს პერსონალიზაციის სირთულეებს, მომხმარებლის მიღებას, არსებულ ICT ინფრასტრუქტურასთან ინტეგრაციას და მასშტაბურობის დაგეგმვას. გარდა ამისა, იგი ხაზს უსვამს იმ მიღწევებს, რომელთა განხორციელებაც ორგანიზაციებს შეუძლია Jira-ს წარმატებული მიღების გზით, მათ შორის პროექტის გამარტივებული მენეჯმენტი, გაძლიერებული თანამშრომლობა, მონაცემების საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება და მასშტაბური ზრდის შესაძლებლობა [2].

Jira-ტექნოლოგია, რომელიც შემუშავებულია Atlassian-ის მიერ, გვთავაზობს მძლავრ პლატფორმას პროექტის მენეჯმენტისა და საკითხების თვალყურის დევნებისთვის, რაც მას შეუძლებელ აქტივად აქცევს ბიზნესისთვის.

მენეჯმენტის ძირითადი მიზანი, ITIL კონტექსტში, არის დამკვეთებისადმი საიმედო, სტაბილური სერვისების მიწოდება, რომლებიც სრულად დააკმაყოფილებს მათ მოთხოვნებს მოცემულ სფეროში [3]. თუმცა, მიუხედავად იმისა, რომ Jira გვთავაზობს მრავალ შესაძლებლობას, ის ასევე მნიშვნელოვან გამოწვევებს უქმნის ორგანიზაციებს, რომლებიც ცდილობენ გამოიყენონ მისი სრული პოტენციალი. ჩვენი სტატია იკვლევს ICT-ის გამოწვევებსა და მიღწევებს ჯირასთან ერთად, გვთავაზობს ღირებულ შეხედულებებს განხორციელების დროს წარმოქმნილი სირთულეებისა და შესანიშნავი შედეგების შესახებ, რაც შეიძლება წარმატებულმა დანერგვამ მოიტანოს.

2. ძირითადი ნაწილი

ICT სფეროში, სადაც ეფექტიანობა, თანამშრომლობა და პროექტების გამარტივებული მენეჯმენტი უმნიშვნელოვანესია, Jira-ტექნოლოგია გამოჩნდა, როგორც შესანიშნავი გადაწყვეტა. ორგანიზაციები მთელ მსოფლიოში მიმართავენ Jira-ს, რათა გაუმკლავდნენ გამოწვევებს და გამოიყენონ მისი შთამბეჭდავი მიღწევები [4].

გამოწვევები:

1) *კომპლექსური იმპლემენტაცია*. Jira-ს იმპლემენტაცია არ არის სირთულეების გარეშე. მისი თვისებებით მდიდარი ბუნება შეიძლება იყოს როგორც დადებითი ასევე უარყოფითი. გამოწვევა მდგომარეობს ჯირას პერსონალურად მორგებაში ორგანიზაციის სპეციფიკურ სამუშაო პროცესებთან და პროცესებთან შესაბამისობაში. ეს პერსონალიზაცია ხშირად საჭიროებს სისტემის ღრმა გაგებას, რაც შეიძლება შემადრწუნებელი იყოს, განსაკუთრებით ახალბედებისთვის. Jira-ს მორგება გადამწყვეტი ნაბიჯია, მაგრამ მისი სირთულე შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი დაბრკოლება განხორციელების დროს;

2) *მომხმარებლის მიღების წინააღმდეგობა*. ცვლილებებისადმი წინააღმდეგობა არის უნივერსალური გამოწვევა ნებისმიერ ICT პროექტში და არც Jira-ს დანერგვაა გამონაკლისი. თანამშრომლებმა, რომლებიც მიჩვეულნი არიან პროექტის მართვის არსებულ ინსტრუმენტებს, შეიძლება წინააღმდეგობა გაუწიონ გადასვლას.[5] ამ წინააღმდეგობის დაძლევა და ყოვლისმომცველი ტრენინგი აუცილებელია ჯირას შეუფერხებლად და წარმატებული დანერგვისთვის. ეფექტური ტრენინგის და ცვლილებების მართვის სტრატეგიები გადამწყვეტია მომხმარებლის წინააღმდეგობის შესამსუბუქებლად და Jira-ზე უწყვეტი გადასვლის უზრუნველსაყოფად;

3) *ინტეგრაცია არსებულ ინსტრუმენტებთან*. ბევრ ორგანიზაციას აქვს მრავალფეროვანი ტექნოლოგიები, რომლებიც აერთიანებს სხვადასხვა პროგრამულ უზრუნველყოფას და ხელსაწყოს მათ ყოველდღიურ ბიზნესპროცესებში.[6] ოპერაციული ეფექტიანობის გასაუმჯობესებლად (რაც გულისხმობს განზრახ დანერგილ ცვლილებას), რომელიც იწვევს გაზრდილ ღირებულებას ერთი ან მეტი დაინტერესებული მხარისთვის [7]. Jira-ს ამ არსებულ

ინსტრუმენტებთან და სისტემებთან ინტეგრირება შეიძლება მნიშვნელოვანი გამოწვევა იყოს. თავსებადობის საკითხები, მონაცემთა მიგრაცია და მონაცემთა მთლიანობის შენარჩუნება ინტეგრაციის პროცესში მოითხოვს ზედმიწევნით ზუსტ დაგეგმვასა და შესრულებას. Jira-ს უწყვეტი ინტეგრაცია ორგანიზაციის არსებულ ICT ინფრასტრუქტურასთან კრიტიკულად მნიშვნელოვანია;

4) *მასშტაბურობა*. როგორც იზრდება და ვითარდება ორგანიზაციები, შესაბამისად გარდაიქმნება მათი პროექტის მენეჯმენტიც. Jira-ს შეუძლია უზრუნველყოს პროექტის გაზრდილი მოცულობის, მომხმარებლებისა და სირთულის დაკმაყოფილება. ორგანიზაციებმა თავიდანვე უნდა დაგეგმონ მასშტაბურობა, რათა თავიდან აიცილონ მომავალი შეფერხებები და შეზღუდვები მათ ზრდაზე. მასშტაბურობის მოსაზრებები სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია იმის უზრუნველსაყოფად, რომ ჯირა გააგრძელებს ორგანიზაციული საჭიროებების დაკმაყოფილებას მათი გაფართოებისას.

მიღწევები Jira-ტექნოლოგიის წარმატებული დანერგვის გზით:

1) *გამარტივებული პროექტის მენეჯმენტი*. მიუხედავად საწყისი სირთულისა, ორგანიზაციები, რომლებიც წარმატებით ახორციელებენ Jira-ს, განიცდიან მნიშვნელოვნად უფრო ეფექტურ პროექტების მართვას. Jira უზრუნველყოფს ცენტრალიზებულ პლატფორმას ამოცანების, საკითხებისა და პროგრესის თვალყურის დევნებისთვის, რაც ამცირებს გამოტოვებული ვადების და შეუმჩნეველი დეტალების რისკს. Jira-ს ცენტრალიზებული პლატფორმა ამარტივებს პროექტის მენეჯმენტს, ზრდის ეფექტიანობას და პროდუქტიულობას;

2) *გადლიერებული თანამშრომლობა*. Jira ხელს უწყობს თანამშრომლობას საერთო სამუშაო სივრცის უზრუნველყოფით, სადაც გუნდებს შეუძლიათ კომუნიკაცია, ფაილების გაზიარება და პროექტის პროგრესის მონიტორინგი რეალურ დროში. ეს იწვევს გუნდის წევრებს შორის გამჭვირვალობისა და თანასწორობის გაუმჯობესებას. ჩართული თანამშრომლობა - უზრუნველყოფს პლატფორმას მრავალფუნქციური გუნდებისთვის, რათა ერთად იმუშაონ პრობლემის უფრო სწრაფად გადაჭრისთვის. ადაპტირება მოთხოვნილებებთან - საკმარისად მოქნილია, რათა მხარი დაუჭიროს ნებისმიერ გადაწყვეტას, მათ შორის ცვლილების პროცესს, რომელიც შესაძლოა საჭირო იყოს გუნდებში [8]. Jira-ს მეშვეობით გაუმჯობესებულმა თანამშრომლობამ შეიძლება გამოიწვიოს უკეთესი გუნდური მუშაობა და საბოლოოდ უფრო წარმატებული პროექტის შედეგები.

3. *მონაცემების საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება*. Jira-ს ერთ-ერთი ძლიერი მხარე მდგომარეობს მის მძლავრ რეპორტინგში და ანალიტიკაში. ორგანიზაციებს შეუძლიათ გამოიყენონ ეს ფუნქციები, რათა მიიღონ მონაცემებზე ორიენტირებული და ოპტიმიზირებული გადაწყვეტილებები, დააიდენტიფიცირონ შეფერხებები და მუდმივად გააუმჯობესონ თავიანთი პროექტის მართვის პროცესები.[9] Jira-ს ანგარიშგება და ანალიტიკა აძლევს ორგანიზაციებს უფლებას მიიღონ ინფორმირებული გადაწყვეტილებები და მუდმივად გააუმჯობესონ თავიანთი პროცესები;

4. *მასშტაბური ზრდა*. ორგანიზაციები, მათ შორის საგანმანათლებლო დაწესებულებები, რომლებიც გეგმავენ მასშტაბურობას Jira-ს განხორციელებისას, უადვილდებათ ადაპტირება ცვალებად საჭიროებებთან. ეს მოქნილობა მათ საშუალებას აძლევს გაიზარდონ და განახორციელონ უფრო რთული პროექტები დიდი შეფერხებების ან ბლოკირების გარეშე. Jira-ს მასშტაბირება საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს გაიზარდონ და შეეგუონ განვითარებად გამოწვევებს, რაც უზრუნველყოფს გრძელვადიან წარმატებას. [10]

3. დასკვნა

ICT-ის რთულ სამყაროში Jira რჩება მძლავრ ინსტრუმენტად პროექტის ეფექტური მართვისა და საკითხების თვალყურის დევნებისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ Jira-ს განხორციელებამ შეიძლება წარმოადგინოს თავდაპირველი გამოწვევები, ორგანიზაციებს, რომლებიც წარმატებით იღებენ მას, შეუძლიათ მიიღონ მრავალი სარგებელი.

გამარტივებული პროექტის მენეჯმენტი, გაძლიერებული თანამშრომლობა, მონაცემების საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება და მასშტაბური ზრდა არის იმ მიღწევებს შორის, რომელთა რეალიზებაც ორგანიზაციებს შეუძლიათ Jira-ს წარმატებით დანერგვის გზით. გამოწვევების დასაძლევად აუცილებელია ინვესტიციის განხორციელება სათანადო ტრენინგში, მართვის სტრატეგიების შეცვლასა და ინტეგრაციის დაგეგმვაში, რაც უზრუნველყოფს ამ ფასდაუდებელ ICT გადაწყვეტას. Jira რჩება გამაძლიერებელი იმ ორგანიზაციებისთვის, რომლებიც ცდილობენ გამოირჩეოდნენ პროექტის მენეჯმენტში და მიაღწიონ ეფექტიან შედეგებს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] ჩოგოვაძე გ., ფრანგიშვილი ა., ჯაგოდნიშვილი თ., სურგულაძე გ. საინფორმაციო სისტემებიდან ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ. სტუ. შრ. კრ. „მას“, N1(23). თბ., 2017. გვ. 7-16
- [2] გია სურგულაძე, სოფიკო პაპავაძე, ოთარ მაჩალაძე. ინფორმაციული საზოგადოება და ინფორმატიკის დიდაქტიკა. ISBN 978-9941-8-5443-9. მონოგრაფია. სტუ-ს „IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2023. 260 გვ.
- [3] გ. სურგულაძე, ბ. ურუშაძე, საინფორმაციო სისტემების მენეჯმენტის საერთაშორისო გამოცდილება (BSI, ITIL, COBIT), 2014
- [4] Resolution adopted by the General Assembly on 27 March 2006. A/60/L.50. World Summit on the Information Society. Intern.resource:
[http://wikivisually.com/wiki/World_Information_Society_Day_\(10.05.23\)](http://wikivisually.com/wiki/World_Information_Society_Day_(10.05.23))
- [5] World Summit on the Information Society Forum 2023. Internet resource:
<https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2023/en>
- [6] სურგულაძე გ., ბულია ი. კორპორაციულ Web-აპლიკაცია-თა ინტეგრაცია და დაპროექტება. მონოგრ., ISBN 978-9941-20-165-3. სტუ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2012. – 324 გვ.
- [7] Axelos - ITIL® 4: Direct, Plan and Improve 2020
- [8] <https://www.atlassian.com/itsm-2023>, Atlassian, 2023
- [9] ჩოგოვაძე გ., სურგულაძე გ., გულიტაშვილი მ., დოლიძე ს. პროგრამული აპლიკაციების ხარისხის მართვა: ტესტირება და ოპტიმიზაცია. სტუ. „IT-კონსალტინგ ცენტრი“. თბ., 2020. - 363
- [10] გვ. ჩოგოვაძე გ., სურგულაძე გ., თოფურია ნ., ხარიტონაშვილი მ. ინფორმაციული საზოგადოება და ინტერდისციპლინური სწავლება ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე. ISBN 978-9941-8-3338-0. მონოგრაფია. სტუ. „IT-კონსალტინგ.სამეცნ. ცენტრი“, თბ., 2021. -360 გვ.

Information society and ICT challenges effectively Management based on Jira technology

Abstract

Issues of using the capabilities of new digital technologies, in particular, the Jira system in the form of information and communication technologies (ICT) in the processes of information society formation, are discussed. Valuable insights are offered for professionals and organizations seeking to optimize their project management processes. Effective project management tools have become the cornerstone of modern business operations, including Jira technology developed by Atlassian Corporation. It is distinguished by a versatile solution. The article presents the challenges that accompany the process of implementing Jira in organizations.

Keywords: Information society, ICT, Project management, business processes, Atlassian, Jira, Integration, ITIL.

გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა

რევაზ სვანიძე, მამუკა ჩხაიძე, ვახტანგი აბულაძე

ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს

ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77

svanidzerevaz08@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

ანოტაცია

ნაშრომში წარმოდგენილია გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს)-ის გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ)-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტის (ალბათობის) - BER („Bit error ratio“) მიმართებით. ნაშრომს წინ უძღოდა თეორიული წანამდგვრები: მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობაზე მომქმედი ხმაურების ანალიზი, რომლის საფუძველზე დადგენილია გმ-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობა ხმაურების სხვადასხვა დისპერსიების და ორობითი სიგნალის სხვადასხვა დონეების შემთხვევაში. მასალა გადმოცემულია შესაბამისი მაგალითებით და თვალსაჩინოებით. ნაშრომი საფუძველად დაედება ლაბორატორიულ-პრაქტიკული სამუშაოების ჩატარებას საგანში „გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემები და ტექნოლოგიები (გცბოსტ)“. ნაშრომის პირველ ნაწილში /1/ მოყვანილი იყო გცბოს-ის მიმღები მოწყობილობის, მასში არსებული ხმაურების ანალიზი, მიმღების ერთ-ერთი კვანძის - გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მოქმედების პრინციპები. ახლა განვიხილოთ გცბოს (გცბოს)-ის გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ)-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა და მიმდინარე პროცესების თვალსაჩინოდ წარმოდგენა.

საკვანძო სიტყვები: გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემა (გცბოს), ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დონე, ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტი (ალბათობა- BER)

1. გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის (ბარიერის) ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენის პროცედურა

ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო გაერთიანების ITU-ს მეთოდოლოგიის /2/ საფუძველზე შესაძლებელია დავადგინოთ გვბოს შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობა მიმდების გადამწყვეტ მოწყობილობაში ზღურბლის ოპტიმალური დონის შერჩევით „1“-ის და „0“-ის დონეების და დისპერსიების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. ნახ. 1 წარმოდგენილია თანაფარდობა “0” და “1” დონეების დისპერსიების მნიშვნელობებსა და BER-ს შორის (ალბათობის მრუდების გადაკვეთილი, დაშტრიხული ფართობი).

ვისარგებლოთ აღნიშნული მეთოდით. ვინაიდან შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტი იხ. ნაშრომის პირველი ნაწილ (1) გამოსახულება) შედგება განტოლების ორი წევრის ჯამისაგან, რომლებიც შეესაბამება ბიტურ შეცდომათა პირობით ალბათობას. თავდაპირველად ორივე განაწილება დამუშავდება ცალ-ცალკე:

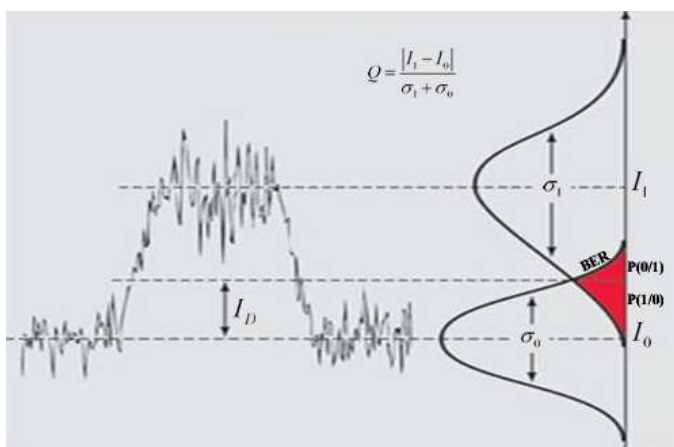
$$BER = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{V_1}{\sqrt{2}} \right) - \text{თვალის დიაგრამის ზედა ნაწილისათვის,} \quad (1)$$

$$BER = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{V_0}{\sqrt{2}} \right) - \text{თვალის დიაგრამის ქვედა ნაწილისათვის,} \quad (2)$$

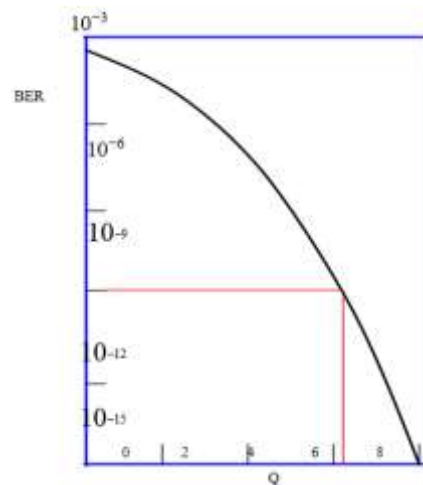
სადაც, $V_0(I_D) = \frac{(I_D - I_0)}{\sigma_0}$ და $V_1(I_D) = \frac{(I_D - I_1)}{\sigma_1}$

თუ ამოვხსნით (1) და (2) განტოლებებს V_0 და V_1 -სათვის და გამოვიყენებთ შეცდომათა *erf* ფუნქციას, BER-ის გაზომილი მნიშვნელობებიდან რეგრესის ფუნქციის საშუალებით შეიძლება გამოვთვალოთ დამოკიდებულებები $V_1 = \psi(I_D)$ და $I_D = \psi(V_1)$. ეს გვაძლევს მონაცემების საანგარიშო მნიშვნელობების პირველ ნაკრებს I_0 , I_1 , σ_0 და σ_1 მნიშვნელობებისათვის.

შემდგომ ეტაპზე გამოიყენება სრული განტოლება (1). I_1 და σ_1 მნიშვნელობების დაზუსტებისათვის (1) განტოლებაში უნდა ჩავსვათ I_0 და σ_0 მნიშვნელობები და კვლავ განისაზღვრება დამოკიდებულება $V_1 = \psi(I_D)$, რაც მიგვიყვანს $I_{D,ოპტ}$ და σ_1 -ის მონაცემების უფრო ზუსტ ერთობლიობამდე. მონაცემების ამ ახალი ერთობლიობიდან ანალოგიურად განისაზღვრება I_0 და σ_0 -ის დაზუსტებული ერთობლიობა /3,4/.



ნახ. 1. თანაფარდობა “0” და “1” დონეების
2. BER= Ψ (Q) დამოკიდებულების



ნახ:

დისპერსიების მნიშვნელობებსა და BER-ს შორის გრაფიკი

მეორე ეტაპი მეორდება რამოდენიმეჯერ. თუ $V_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობა იცვლება 10^{-3} ნაკლებ ფარგლებში, იტერაცია წყდება. შემდეგ ხორციელდება $BER_{\text{ოპტ}}$ და Q-ფაქტორის გამოთვლა. აიღება I_0, I_1, σ_0 და σ_1 -ის მონაცემების საბოლოო ერთობლიობა.

$$Q = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} \tag{3}$$

$BER_{\text{ოპტ}}$ მიიღება (1) განტოლებაში $I_D = I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის ჩასმით რასაც მივყავართ

$$BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \tag{4}$$

არსებობს ცალსახა დამოკიდებულება Q-ფაქტორსა (კავშირის ხარისხის ფაქტორს) და ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტს (ალბათობას) BER შორის (ნახ.2)

მოყვანილი ნახ. 2 გრაფიკზე ჩანს, რომ $Q=6$ ($BER=10^{-9}$) მარჯვნივ ($Q=7,8$) შუალედში, როდესაც BER-ის მნიშვნელობა ძალიან სწრაფად, რამოდენიმე თანრიგით იცვლება ($BER=10^{-10}$ - 10^{-15}), $BER=\Psi(Q)$ დამოკიდებულების მრუდი ძალიან ციცაბოდ იცვლება და Q-ს მცირე ცვლილებაც კი იწვევს BER-ის მნიშვნელოვან შემცირებას (გაუმჯობესებას). ეს ძალიან კარგია, თუმცა, მოგვეჩვენება, ერთი შეხედვით, ვინაიდან, პრაქტიკულად ამის მიღწევა ტექნიკურად ძალიან რთულია. კავშირის ხარისხის ფაქტორის მნიშვნელობა გცბოს-თვის უნდა იყოს $Q=6$ -ზე მეტი, ამ სიდიდეს შეესაბამება $BER=10^{-9}$ ბიტურ შეცდომათა ალბათობა, რაც ოპტიკური სისტემებისთვის მერყეობს 10^{-9} - 10^{-15} ფარგლებში.

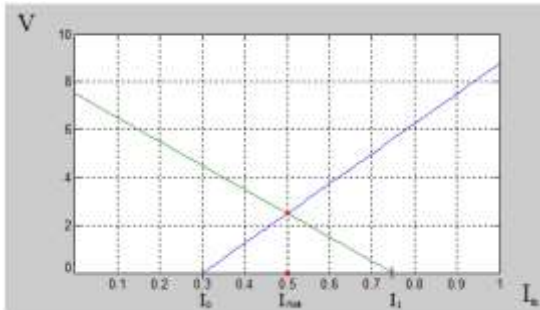
პროგრამა „მატლაბის“ საშუალებით გაანგარიშებულია და ქვემოთ მოყვანილია მაგალითები, სადაც ორობითი „1“-ის და „0“-ის დონეების და შესაბამისი დისპერსიები მნიშვნელობები:

მაგალითი 1

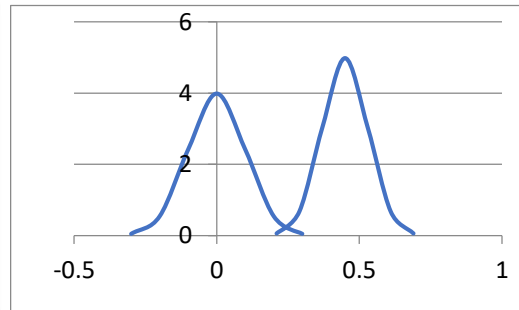
$$I_1 = 0.75 \quad I_0 = 0.3 \quad \sigma_1 = 0.1 \quad \sigma_0 = 0.08 \quad \mu = I_1 - I_0 = 0.75 - 0.3 = 0.45$$

$$I_{D\text{ოპტ}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1} = 0.5 \quad Q = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} = 2.5, \quad BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) = 6.2 \cdot 10^{-3}$$

ნახ. 3 მოყვანილია გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად, ხოლო წინამდებარე მაგალითში $I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის გამოთვლა



ნახ. 3. გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად ($I_{\text{ოპტ}}=0,5$)



ნახ 4. „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების განაწილების გრაფიკი

თვალსაჩინოებისათვის წარმოვადგინოთ ორობითი მნიშვნელობების შესაბამისი დისპერსიების ნორმალური განაწილების მრუდების აგება. ამისათვის არსებობს რამოდენიმე

ხერხი. ვიყენებთ ექსელის პროგრამის მიხედვით, შეგვყავს, რა ნორმალური განაწილების გამომსახველი ფუნქციის მნიშვნელობებს და ვაგებთ გრაფიკს (ნახ. 4).

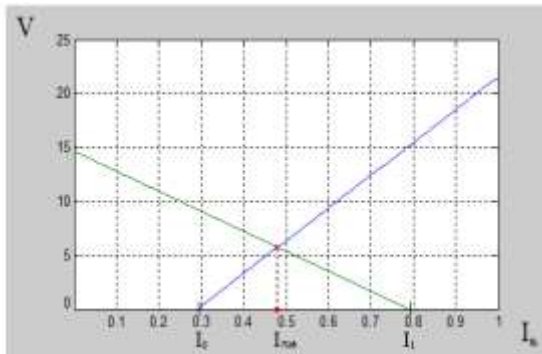
მაგალითი 2

$$I_1 = 0.79 \quad I_0 = 0.29 \quad \sigma_1 = 0.054 \quad \sigma_0 = 0.033$$

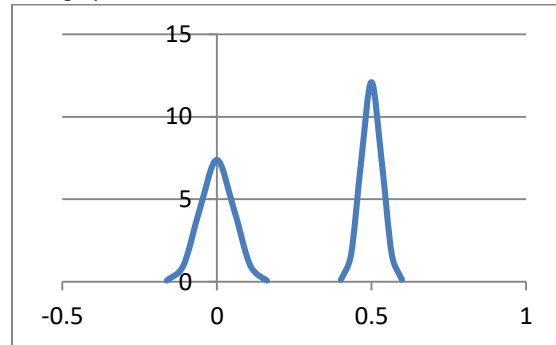
$$\mu = I_1 - I_0 = 0.79 - 0.29 = 0.5$$

$$I_{D_{\text{ოპტ}}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1} = 0.4797 \quad Q = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} = 5.7471, \quad BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) = 4.5386 \cdot 10^{-9}$$

ნახ. 5 მოყვანილია გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად, ხოლო წინმდებარე მაგალითში $I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის გამოთვლა



ნახ. 5. გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად ($I_{\text{ოპტ}} = 0,47$)



ნახ. 6. „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების ალბათობის განაწილების გრაფიკი

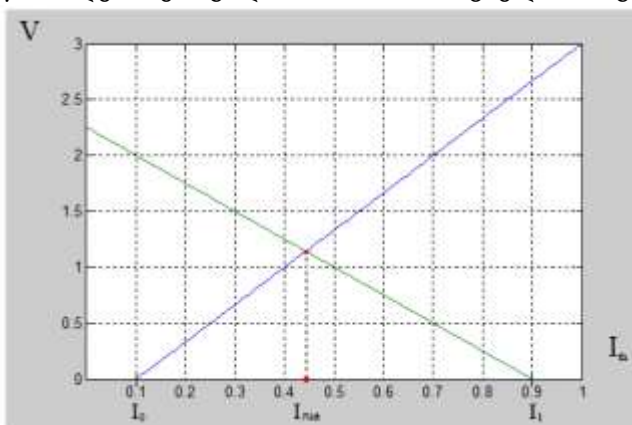
მაგალითი 3

$$I_1 = 0.81 \quad I_0 = 0.25 \quad \sigma_1 = 0.05 \quad \sigma_0 = 0.03$$

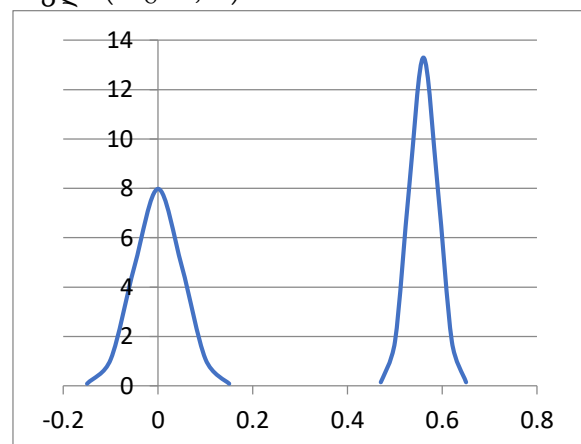
$$\mu = I_1 - I_0 = 0.81 - 0.25 = 0.56$$

$$I_{D_{\text{ოპტ}}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1} = 0.46 \quad Q = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} = 7, \quad BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) = 1.2798 \cdot 10^{-12}$$

ნახ. 7. მოყვანილია გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად, ხოლო წინმდებარე მაგალითში $I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის გამოთვლა ($I_{\text{ოპტ}} = 0,46$)



ნახ. 7. გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად, ხოლო წინმდებარე მაგალითში $I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის გამოთვლა ($I_{\text{ოპტ}} = 0,46$)



ნახ. 8. „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების ალბათობის განაწილების გრაფიკი

მაგალითი 4

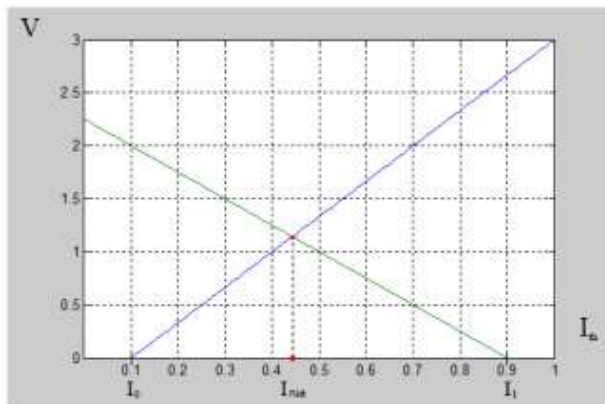
განვიხილოთ გაუარესებული შემთხვევა მიმღების გმ-თვის, როდესაც „1“ და „0“ დისპერსიების მნიშვნელობები მაღალია, მიუხედავად იმისა, რომ ციფრული სინალის სიდიდეებს შორის მნიშვნელოვანი სხვაობისა, შედეგად BER-ის მნიშვნელოვანი მკვეთრად გაუარესებულია.

$$4) I_1 = 0.9 \quad I_0 = 0.1 \quad \sigma_1 = 0.4 \quad \sigma_0 = 0.3 \quad \mu = I_1 - I_0 = 0.9 - 0.1 = 0.8$$

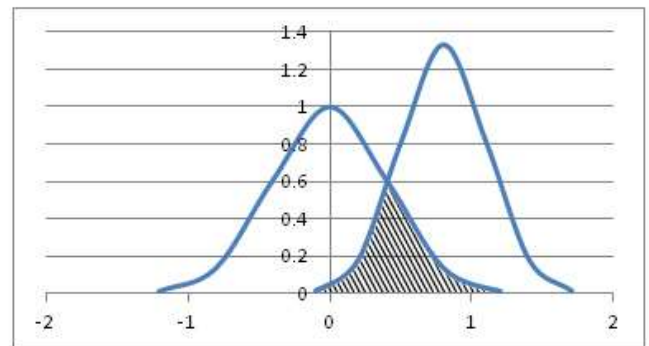
$$I_{D_{\text{ოპტ}}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1} = \frac{0.3 \cdot 0.9 + 0.4 \cdot 0.1}{0.3 + 0.4} = 0.4429 \quad Q = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} = \frac{0.9 - 0.1}{0.4 + 0.3} = 1.1429 ,$$

$$BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \text{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) = 0.1265$$

ნახ. 8 წარმოდგენილია გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა გრაფიკულად, ხოლო წინამდებარე მაგალითში $I_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის გამოთვლა ($I_{\text{ოპტ}} = 0,44$)

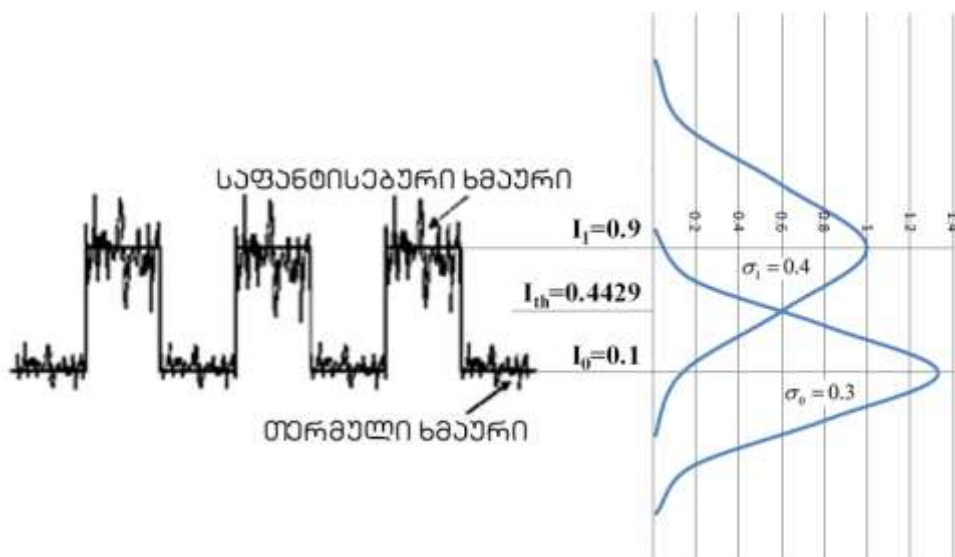


ნახ. 9. გმ-ის ოპტიმალური დონის განსაზღვრა ($I_{\text{ოპტ}} = 0,44$)



ნახ. 10. „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების ალბათური განაწილების გრაფიკი.

წარმოვადგინოთ „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების ალბათური განაწილების გრაფიკები გმ-ში შემომავალი ორობითი სიგნალის და მასზე ზედდებული ხმაურების მიმართ (ნახ. 10).



ნახ. 10. „1“-ის და „0“-ის დონეების დისპერსიების ალბათური განაწილების გრაფიკები გმ-ში შემომავალი ორობითი სიგნალის და მასზე ზედდებული ხმაურების მიმართ

მართლაც, როგორც ნახაზიდან ჩანს და გამოთვლითაც დასტურდება ამ მაგალითის შემთხვევაში უმცირესია ხარისხის Q-ფაქტორის და ბიტურ შეცდომათა ალბათობის მნიშვნელობები $Q=-1.14$ $BER=0,123$, რაც მიუღებელია.

ამრიგად, ნაშრომში განვახორციელეთ ბიტურ შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრა გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში ზღურბლის დონის შერჩევით ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო გაერთიანების ITU-ს მეთოდოლოგიის /4/ საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. რ. სვანიძე, მ. ჩხაიძე, ვ. აბულაძე გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მუშაობის ანალიზი და ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა თვალსაჩინოებების გამოყენებით. წინამდებარე კრებულში

2. ITU-TO.201 TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR, OF ITU, (07/2003). Q-factor test equipment to estimate the transmission performance of optical channels. ITU-T Recommendation O.201.

3. რ. სვანიძე გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემები და ტექნოლოგიები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 624 გვ, 2023.

4. სვანიძე რ.გ., ჩხაიძე მ.თ., კოდალაშვილი ა.დ. – შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში. Georgian Engineering News, №2, 2017, გვ. 34-37.

Determination of the optimal threshold value of the decision device of a digital fiber-optic transmission system (DFTS)

Svanidze R.; Chkhaidze M. Abuladze V.

svanidzerevaz08@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

Annotation

The paper presents the determination of the optimal threshold level of the decision device (RU) of a digital fiber-optic transmission system (DFTS) depending on the bit error rate (probability - BER ("Bit Error Rate")). The work was preceded by theoretical premises: noise analysis, acting on the decision device of the receiver, on the basis of which the optimal attenuation of the RU threshold is established depending on the different noise dispersion and different levels of the binary signal. The material is presented with relevant examples and visual images. The work will become the basis for conducting laboratory and practical work on the subject "Digital fiber optic transmission systems and technologies (DFOSPT)".

Keywords: Digital fiber-optic transmission (DFOT), threshold level (TL), bit error ratio (BER - "Bit error ratio").

გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მუშაობის ანალიზი

რევაზ სვანიძე, მამუკა ჩხაიძე, ვახტანგი აბულაძე
ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
svanidzerevaz08@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

ანოტაცია

ნაშრომში წარმოდგენილია გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების მუშაობის ანალიზი: მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მუშაობის პრინციპის და მასზე მოქმედი ფაქტორების გამოკვლევა. მიმღებ მოწყობილობაში ხმაურის ფიზიკური პროცესების და გმ-ის ზღურბლის დონეზე ხმაურის ზემოქმედების ფიზიკური პროცესების ახსნა და გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტის (ალბათობის - BER („Bit error ratio“) მიმართებით. ნაშრომი საფუძვლად დაედება ლაბორატორიულ-პრაქტიკული სამუშაოების ჩატარებას საგანში „გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემები და ტექნოლოგიები (გცბოსტ)“.

ნაშრომის მიზანია გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების (გცბოს) მიმღების ხმაურების ანალიზი, გმ-ის პრინციპების კვლევა გმ-ს ზღურბლის (ბარიერის) ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტის (ალბათობის - BER („Bit error ratio“) მიმართებით.

ამოცანები

- ხმაურების ანალიზი გცბო-ში
- მიმღების გმ-ის ანალიზი და კვლევის მეთოდოლოგია. გმ-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა ITU-ს მეთოდოლოგიის საფუძველზე და შესაბამისი თვალსაჩინოების წარმოდგენა.

ცნობილია, რომ თანამედროვე პირობებში სტუდენტის მიერ საგნის ასათვისებლად აუცილებელია:

1. ამ დისციპლინის თეორიული საფუძვლების ცოდნა ანუ შესაბამისი სახელმძღვანელოს მომზადება

2. პრაქტიკული სავარჯიშოებისა და ამოცანების არსებობა, რომლის საშუალებითაც განხორციელდება თეორიული ცოდნის განმტკიცება.

3. რიგ შემთხვევაში, როდესაც ლაბორატორიული სამუშაოების განხორციელება ძნელია მოწყობილობა-დანადგარების სრული კომპლექტის არარსებობის, სიძვირის გამო, ანდა მეტი თვალსაჩინოებისა და სტუდენტის მიერ ადვილად ასათვისებლად აუცილებელია ანიმაციების შექმნა ან, განსახილველი სისტემის მოდელირება, რომლითაც შესაძლებელი იქნება სათანადო კვლევების ჩატარება.

4. ლაბორატორიული სამუშაოებს მოწყობა, რომელითაც რეალურ სიტუაციასთან მიახლოებით მოხდება გაზომვების, ინსტალაციების განხორციელება.

5. რიგ შემთხვევაში მიზანშეწონილი და აუცილებელია თეორიული, პრაქტიკული სამუშაოების შერწყმა-ერთგვარი სინთეზი, რომელიც თეორიულ და პრაქტიკულ ცოდნას ერთმანეთთან დაახლოებს.

სწორედ ამ უკანასკნელ მიმართულებით არის შედგენილი ეყრდნობა წიანმდებარე ლაბორატორიული სამუშაო.

ლაბორატორიული სამუშაოს პირველ ნაწილში წარმოდგენილია გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ) მუშაობის ანალიზი, ხოლო მეორე ნაწილში გმ-ის და ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა

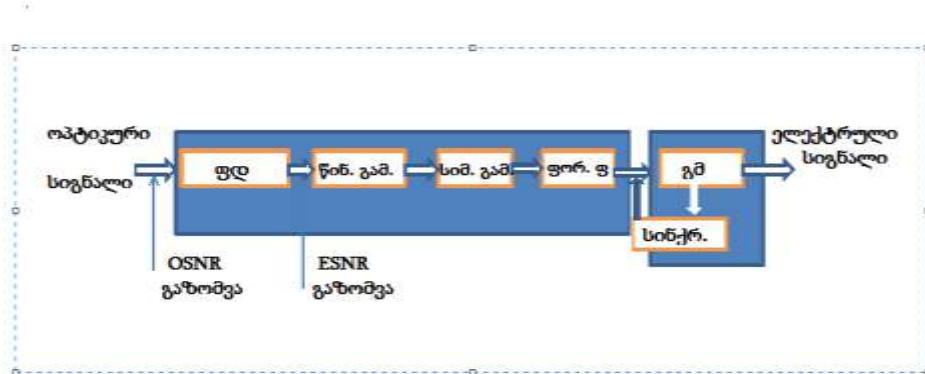
საკვანძო სიტყვები: გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემა (გცბოს) , გადამწყვეტი მოწყობილობა (გმ), ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტი (ალბათობა- BER)

1. შესავალი და მოკლე თეორიული წანამძღვრები

ვიდრე შევუდგებოდეთ მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის განხილვას. აუცილებელია განვიხილოთ მისი ფუნქციონალური სქემა შესაბამისი კვანძებით და შევისწავლოთ მასში მდებარე პროცესები.

1.გცბო-ს მიმღები მოწყობილობის ფუნქციონალური სქემის ძირითადი კვანძები და მისი ანალიზი

ნახ 1 წარმოდგენილია გცბოს მიმღები მოწყობილობის გამარტივებული სქემა და მისი შემადგენელი კვანძები.

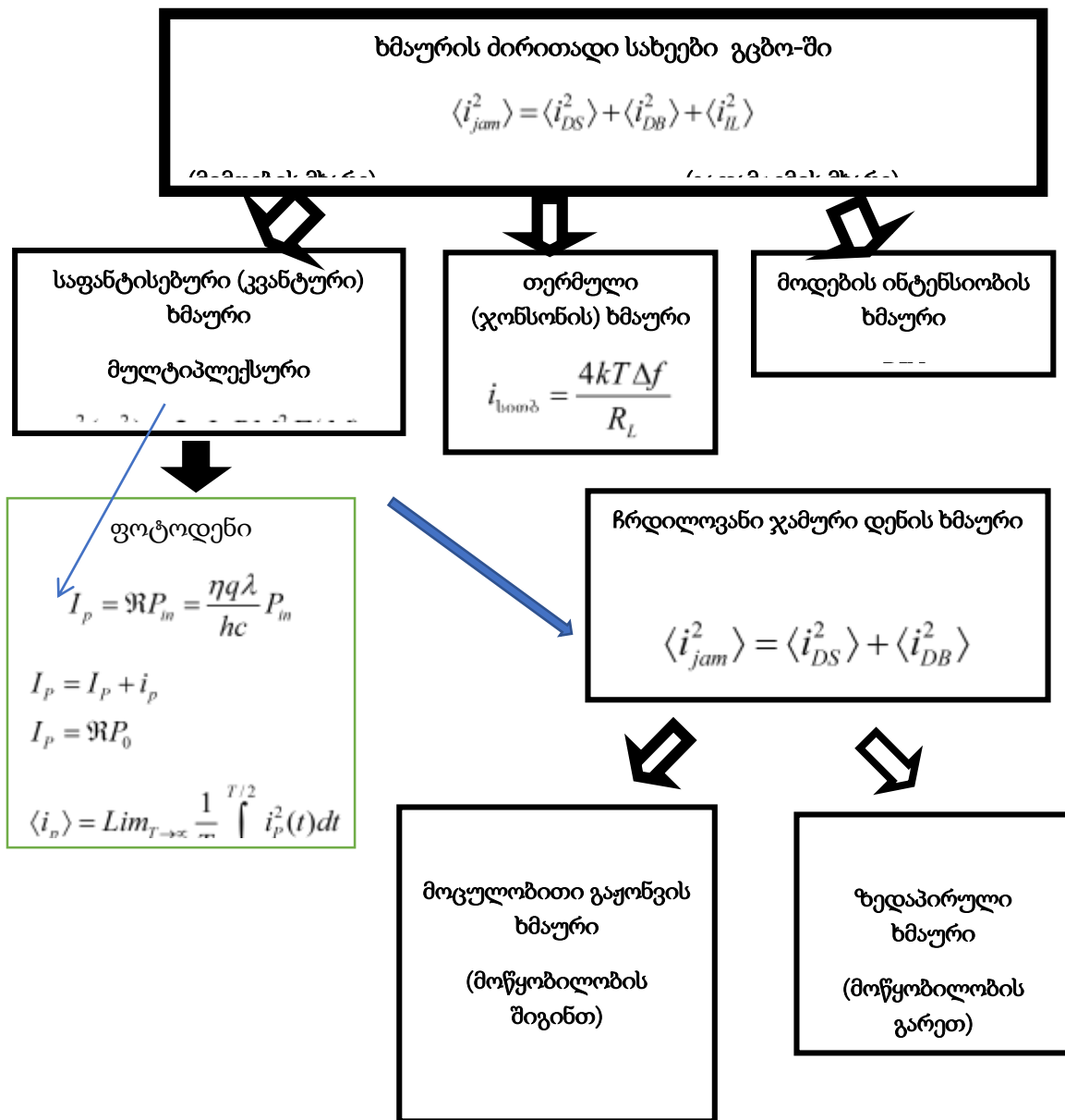


ნახ. .1 გცბოს მიმღები მოწყობილობის გამარტივებული სქემა: ფდ-ფოტოდეტექტორი; წინ.გამაძლ - წინასწარი გამაძლიერებელი; სიმ. გამაძლიერებელი - სიმძლავრის გამაძლიერებელი; ფორმ. ფ.- ფორმის ფილტრი; გმ-გადამწყვეტი მოწყობილობა; სინქრ.-სინქრონიზაციის მოწყობილობა; OSNR- გაზომვა- ოპტიკური სიგნალი/ხმაური ფარდობის გაზომვის წერტილი; ESNR-გაზომვა-ელექტრული სიგნალი/ხმაური ფარდობის გაზომვის წერტილი.

გცბოს მიმღები მოწყობილობის ძირითადი კვანძების მოქმედების პრინციპი წარმოდგენილია /1/-ში.

2. ხმაურების ძირითადი სახეების წარმოშობის მიზეზები გცბო-ში და მისი ანალიზი

ნახ 2. წარმოდგენილია ხმაურების კლასიფიკაცია გცბოს-ში /1/. ამ საკითხის ანალიზი საშუალებას მოგვცემს შეაფასოთ ფარდობა სიგნალი/ხმაური, რომელიც საბოლოოდ საშუალებას მოგვცემს განვსაზღვროთ ბიტურ შეცდომათა ალბათობა- BER („Bit error ratio“, ან „Bit erro“.



ნახ.2. ხმაურების ძირითადი სახეები გცბო-ში

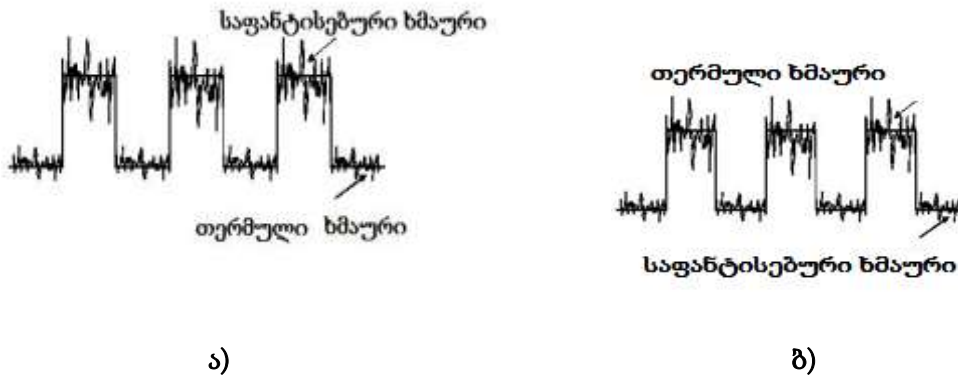
ხმაურის ძირითადი სახეების ფორმულების განმარტებები მოყვანილია ციტირებულ ლიტერატურაში.

1. გცბო-ს მიმღების გმ-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა ITU-ს მეთოდოლოგიის საფუძველზე

ციფრულ სისტემებში მიმღების გატარების ზოლი გადაცემის სიჩქარის პროპორციულია, ამიტომ, SNR-ის ამაღლების მოთხოვნა განპირობებულია Pin ოპტიკური სიმძლავრის გაზრდით, რომელიც პროპორციულია კვადრატული ფესვი გატარების ზოლიდან- \sqrt{B} (და არა Pin სიგნალის მიმართ წრფივი გამძლიერებით):

მიმღებში ადგილი აქვს ძირითადად ორი სახეს ხმაურს: საფანტისებური ხმაური და თერმული ხმაური, ამასთან ეს ხმაურების სიმძლავრის დონეები შეიძლება იყოს თანაბარი ან რომელიმე დომინანტური იყოს. ნახ.3 წარმოდგენილია მიმღები

დომინანტი საფანტისებური (კვანტური) (SHOT NOISE) ხმაური და თერმული (Thermal Noise - ჯონსონის) ხმაური. ნახ. 3ა) მოყვანილია მიმღები დომინანტი საფანტისებური ხმაურით, როდესაც საფანტისებური ხმაური რამდენადმე სჭარბობს თერმულ ხმაურს. ხოლო ნახ. 3ბ) მიმღები დომინანტი თერმული ხმაურით.

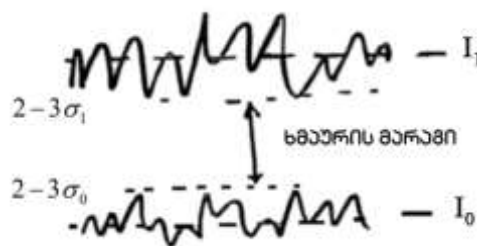


ნახ. 3. მიმღები დომინანტი ა) საფანტისებური და ბ) დომინანტი თერმული ხმაურებით

საფანტისებური ხმაურის დისპერსია ექვემდებარება ალბათობის პუასონის განაწილების კანონს, ხოლო თერმული ხმაურის დისპერსია-ნორმალური (გაუსის) განაწილების კანონს. მოქმედებების გამარტივების მიზნით ვუშვებთ, რომ როგორც საფანტისებური, ისე თერმული ხმაურები ექვემდებარებიან ნორმალური განაწილების კანონს. ალბათობათა ნორმალური განაწილების გამოსათვლელად ვიენებთ სამი სიგმას წესს, რომლის სიზუსტე სრულიად აკმაყოფილებს ჩვენს მოთხოვნებს.

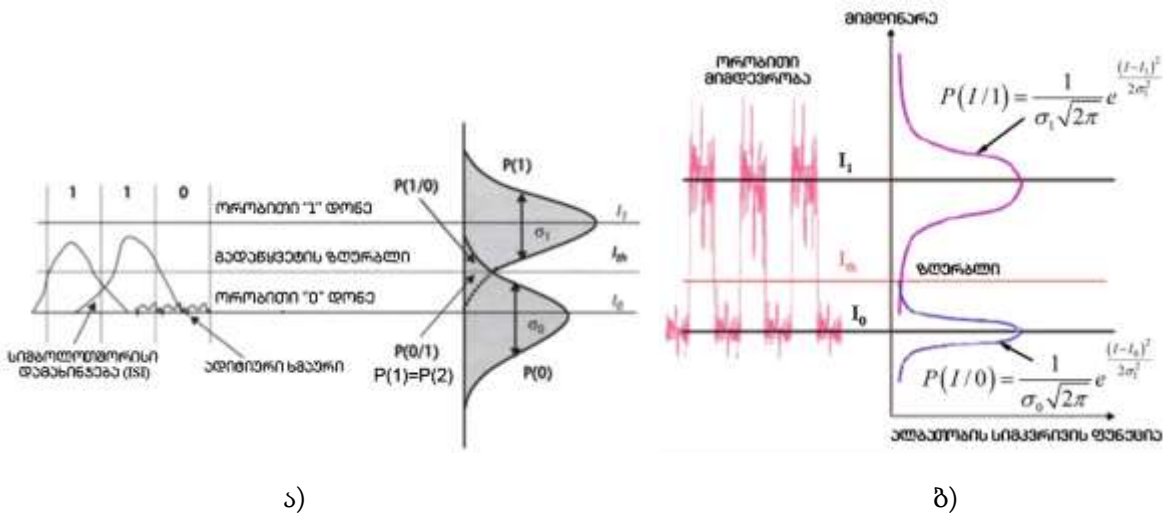
მიმღების შესასვლელელზე მოსული ოპტიკური სიგნალი შეიძლება იყოს დამახინჯებული დისპერსიის, სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების, გადამცემიდან მომდინარე სხვადასხვა სახის დამახინჯებების და ხმაურის გამო, რომელსაც მიმღეშ ემატება მინღების საკუთარი ხმაური (იხ. ნახ. 2).

როგორც აღნიშნული იყო, ჩვენ განვიხილავთ ხმაურის ალბათური სიმკვრივის განაწილებას გაუსის (ნორმალური) განაწილების კანონით), მაშინ σ_1 და σ_0 „1“ და „0“ საშუალო დონეებიდან პიკურად გადახრილი იქნებიან საშუალოდ $2-3\sigma$ მნიშვნელობით (ნახ.4). ამდენად, შუალედს σ_1 და σ_0 პიკურ მნიშვნელობებს შორის ეწოდება ხმაურის მარაგი (Noise margin). მიმღების მიერ სიგნალი -ხმაურის მიღების თვალსაზრისით ეს რეჟიმი წარმოადგენს ყველაზე ხელსაყრელ (მსუბუქ) რეჟიმს, იმ რეჟიმებთან შედარებით, როდესაც ხმაურის მარაგი მცირეა ალბათობის განაწილების მრუდები ერთმანეთს გადაფარავენ და შესაბამისად ორობითი ციფრული სიგნალის მიღების პროცესი მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში რთულდება. ამასთან, მხედველობაში ვიღებთ, რომ ადგილი აქვს ხმაურის განაწილების ადიტიურ (შეკრებით) კანონს.



ნახ. 4. ადიტიური (შეკრებითი) ხმაურების ზედდება „1“ და „0“ დონეების საშუალო მნიშვნელობებზე და ხმაურის მარაგი.

ნახ. 5 მოყვანილია ა) ორობითი მიმდევრობა და ოპტიკურ იმპულსებს შორის სიმბოლოთაშორისი დამახინჯება (ISI), ბ) ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ფუნქციები, როდესაც $\sigma_1 \sim \sigma_0$; გ) ორობითი მიმდევრობა ზედდებული ხმაურით $\sigma_1 \gg \sigma_0$;



ნახ. 5. ა) ორობითი მიმდევრობა და ოპტიკურ იმპულსებს შორის სიმბოლოთაშორისი დამახინჯება (ISI), ბ) ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ფუნქციები, როდესაც $\sigma_1 \sim \sigma_0$; გ) ორობითი მიმდევრობა ზედდებული ხმაურით $\sigma_1 \gg \sigma_0$;

როგორც ნაშრომის მიზნებიდან ჩანს ინტერესს წარმოადგენს შეფასებულ იქნას ბიტურ შეცდომათა ალბათობის ოპტიმალური კოეფიციენტი $BER_{\text{ობგ}}$ გცბოს-ის მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის დონის $I_{D\text{ობგ}}$ მნიშვნელობის დროს /2/.

თეორიულად BER-ის დამოკიდებულებას ზღურბლის მნიშვნელობაზე აქვს შემდეგი სახე /2,3/:

$$BER = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{I_D - I_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{I_1 - I_D}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right), \quad (1)$$

სადაც, I_0 და I_1 დენის (ძაბვის, სიმძლავრის) საშუალო მნიშვნელობებია ციფრული ორობითი სიგნალის „0“ და „1“ დონეებისათვის, σ_0 და σ_1 „0“ და „1“ ხმაურის განაწილების საშუალო სტანდარტული დევიაციაა (საშუალო კვადრატული გადახრა, დისპერსია). I_D – გცბოს მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის დონის პოზიციაა, erfc -შეცდომათა ფუნქციაა.

გცბოს გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის მნიშვნელობის დადგენისათვის საჭიროა BER-ის ოპტიმიზაცია შემდეგი განტოლებით $d(BER)/dI_D = 0$. $I_{D\text{ობგ}}$ –ის განსაზღვრა შესაძლებელია შემდეგი მიახლოებით /2,3/:

$$\frac{I_D - I_0}{\sigma_0} = \frac{I_1 - I_D}{\sigma_1} \equiv Q; \quad I_{D\text{ობგ}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1}, \quad (2)$$

ამრიგად, ამოცანა მდგომარეობს I_0 , I_1 , σ_0 და σ_1 სიდიდეების შერჩევაში $I_D = \psi(V_1)$ გაზომილი მნიშვნელობების ფარგლებში და ამ მნიშვნელობებიდან Q-ფაქტორის, $BER_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის განსაზღვრა.

ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო გაერთიანების ITU-ს მეთოდოლოგიის /3/ საფუძველზე შესაძლებელია დავადგინოთ გცბოს შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობა მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში ზღურბლის ოპტიმალური დონის შერჩევით „1“-ის და „0“-ის დონეების და დისპერსიების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის, აღნიშნული პროცედურა წარმოდგენილი იქნება ნაშრომის მეორე ნაწილში.

ამრიგად, ამოცანა მდგომარეობს I_0 , I_1 , σ_0 და σ_1 სიდიდეების შერჩევაში $I_D = \psi(V_1)$ გაზომილი მნიშვნელობების ფარგლებში და ამ მნიშვნელობებიდან Q-ფაქტორის, $BER_{\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის განსაზღვრა.

$$BER_{\text{ოპტ}} = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right). \quad (3)$$

მოყვანილი მასალის გათვალისწინებით წინამდებარე ნაშრომის საფუძველზე შესაძლებელია (გცბოს)-ის გადამწყვეტი მოწყობილობის (გმ)-ის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა და მიმდინარე პროცესების თვალსაჩინოდ წარმოდგენა.

ლიტერატურა

1. რ. სვანიძე გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემები და ტექნოლოგიები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 624 გვ, 2023.
2. სვანიძე რ. გ., ჩხაიძე მ. თ., კოდალაშვილი ა. დ. – შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში. Georgian Engineering News, №2, 2017, გვ. 34-37.
3. ITU-TO.201 TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR, OF ITU, (07/2003). Q-factor test equipment to estimate the transmission performance of optical channels. ITU-T Recommendation O.201.

Analysis of the decision device of a digital fiber-optic transmission system (DFOS)

Svanidze R. Chkhaidze M. Abuladze V.

svanidzerevaz08@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

annotation

The article presents an analysis of the characteristics of a digital fiber-optic transmission (DFOT) receiver: theoretical background, a study of the operating principle of the receiver's deciding device (DR) and the factors influencing it. A visual explanation of the physical processes of noise in the receiving device and their influence on the determination of the optimal threshold value of the decision device relative to the bit error ratio (BER - "Bit error ratio"). The results of the

work will be used in conducting laboratory and practical work in the discipline “Digital fiber-optic transmission systems and technologies (DFOSPT)”.

Keywords: Analysis of the characteristics of a digital fiber-optic transmission (DFOT), threshold level (TL), bit error ratio (BER - “Bit error ratio”).

რთული სიგნალების ფრაქტალური კლასიფიკაციის მეთოდი

ვანო ოთხოზორია, ეკა ახლოური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
v.otkhozoria@gtu.ge, akhlouri.eka@gtu.ge

რეზიუმე

ფრაქტალური განზომილება წარმოადგენს სიგნალების დასახასიათებლად პოპულარულ მეტრიკას. ის გამოიყენება როგორც სირთულის შემფასებელი სიგნალის ანალიზის აპლიკაციებში სხვადასხვა მიმართულებით. თუმცა, ასეთი ანალიზის სათანადო ინტერპრეტაცია საფუძვლიანად არ არის განხილული. ამ ნაშრომში, ჩვენ განვიხილავთ რთული სიგნალების ფრაქტალური კლასიფიკაციის მეთოდებს, მის თეორიულ საფუძვლებს, ვაფასებთ ალბათობის სხვადასხვა განაწილების კანონის მქონე სტაციონარულ შემთხვევით სიგნალებს. განხილული ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვირტუალური ანალიზატორების სისტემის შესაქმნელად, რომლებსაც აქვთ სიგნალების ფორმების გაზომვის დიდი დინამიური დიაპაზონი.

საკვანძო სიტყვები: ფრაქტალი, კლასიფიკაცია, სიგნალი, ჰერსტი

შესავალი ნაწილი

თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით, სიგნალები შეიძლება დაიყოს რამდენიმე ჯგუფად. სხვადასხვა ტიპის სიგნალებს აქვთ სხვადასხვა ტიპის სპექტრები. სიხშირული ანალიზის შესრულებისას შეცდომების თავიდან ასაცილებლად, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ამ სპექტრების მახასიათებლები. უპირველეს ყოვლისა, ყველა სიგნალი იყოფა სტაციონარულ და არასტაციონარულ სიგნალებად. სტაციონარულ სიგნალს გააჩნია დროში მუდმივი სტატისტიკური პარამეტრები, ანუ სიგნალის საერთო დონე, ამპლიტუდის განაწილება და სტანდარტული გადახრა თითქმის უცვლელია. სტაციონარული სიგნალები თავის მხრივ იყოფა დეტერმინირებულ და შემთხვევით სიგნალებად.

შემთხვევითი (არასტაციონარული) სიგნალები არაპროგნოზირებადია მათი სიხშირული მდგენელით და ამპლიტუდის დონით, მაგრამ მათი სტატისტიკური მახასიათებლები თითქმის მუდმივია.

დეტერმინირებული სიგნალები სტაციონარული სიგნალების სპეციალურ კლასს წარმოადგენენ. ისინი ინარჩუნებენ შედარებით მუდმივ სიხშირულ და ამპლიტუდურ მდგენელს დიდი ხნის განმავლობაში. ასევე, თავის მხრივ იყოფიან პერიოდულ და

კვაზიპერიოდულ სიგნალებად. პერიოდული სიგნალი განუწყვეტლივ მეორდება დროის თანაბარი ინტერვალებით. პერიოდულ სიგნალებს ყოველთვის აქვთ სპექტრი დისკრეტული სიხშირის კომპონენტებით, რომელსაც ეწოდება ჰარმონიკები ან ჰარმონიული მიმდევრობები. არასტაციონარული სიგნალები იყოფა უწყვეტ და გარდამავალ სიგნალებად. გარდამავალი სიგნალი არის სიგნალი, რომელიც იწყება და მთავრდება ნულოვან დონეზე და გრძელდება სასრული დროით. ეს შეიძლება იყოს ძალიან მოკლე ან საკმაოდ გრძელი.

1. (R/R) მეთოდის თეორიული საფუძვლები

რთული სიგნალების ფრაქტალური კლასიფიკაციის დადგენამდე განვიხილოთ მაჩვენებელი, რომელსაც ჰერსტი იყენებდა დროითი მწკრივების შესაფასებლად. ეს არის დაგროვილი გადახრის დიაპაზონის (R) შეფარდება საშუალოდან სტანდარტულ გადახრასთან (S) – (R/S)

(R/S) პარამეტრის დამოკიდებულება დაკვირვების დროზე, რომელიც აგებულია ორმაგი ლოგარითმული მასშტაბით შესასწავლ პროცესს ფრაქტალური ფუნქციის სახით წარმოადგენს. ფრაქტალური ფუნქციის წრფივი აპროქსიმაციით განისაზღვრება კუთხური კოეფიციენტი H, რომელსაც ჰერსტის მაჩვენებელს უწოდებენ. იგი გამოიყენება პროცესის მთავარი ფრაქტალური პარამეტრის ფრაქტალური განზომილების გამოსათვლელად:

$$D = 2 - H \quad (1)$$

ფრაქტალური განზომილება წარმოადგენს ფრაქტალური ობიექტის ან პროცესის ინტეგრალურ მახასიათებელს. ის განაზოგადებს ევკლიდეს გეომეტრიული განზომილების კონცეფციას და, ამ უკანასკნელისგან განსხვავებით, შეუძლია მიიღოს არამთელი მნიშვნელობები.

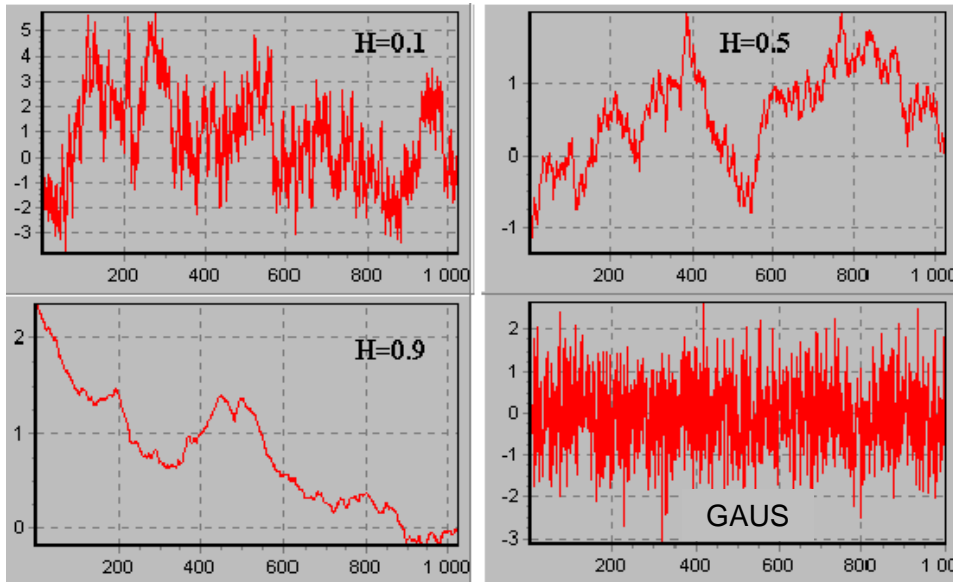
ფრაქტალური განზომილების კონცეფციის ძირითადი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მისი დახმარებით შესაძლებელია შესასწავლი პროცესების დახარისხება ქაოტური თვისებების ან სირთულის მიხედვით. ჰერსტის ემპირიული მეთოდის თეორიული განზოგადება განხორციელდა ბ. მანდელბროტის მიერ ბროუნის მოძრაობის ანალიზის განზოგადების საფუძველზე შემდეგი ფორმულით:

$$(R/S) = (\alpha \cdot N)^C \quad (2)$$

სადაც α მუდმივი სიდიდეა, N - ამონარჩევის მოცულობაა, H ჰერსტის მაჩვენებელი, რომელიც იღებს მნიშვნელობებს 0-დან 1-მდე.

პროცესებს, რომელთა ჰერსტის მაჩვენებელი იცვლება $0 < H < 0.5$ შუალედში ეწოდებათ ანტიპერსისტენტული პროცესები და ხასიათდებიან ნიშნების ცვალებადი ტენდენციით შედარებით მაღალი ხმაურის დონესთან ერთად, ხოლო პროცესები, რომელთა ჰერსტის მაჩვენებელი $0.5 < H < 1$ შუალედშია, ეწოდებათ პერსისტენტული პროცესები და ხასიათდებიან დაკვირვების ტენდენციის შენარჩუნებით ხმაურის შედარებით დაბალ დონესთან ერთად. როდესაც $H=0.5$ -ს, იკვეთება ისეთი სახის პროცესები, რომლებშიც ტენდენცია არ შეინიშნება და ხმაურის ხარისხი განისაზღვრება ისეთი ფაქტორებით, რომელთა გათვალისწინება ჰერსტ-მანდელბროტის მეთოდით შეუძლებელია.

ანტიპერსისტენტული(B) ფრაქტალური ხაზების მაგალითები



ნახ.1. ფრაქტალური დროითი მწკრივების ტიპური რეალიზაცია H=0.1; H=0.5; H=0.9-ისა და ნორმალურად განაწილებული თეთრი ხმაურის შემთხვევაში.

ნახ.1. -ზე ილუსტრირებულია სიგნალების ხმაურის ხარისხსა და მათ ფრაქტალურ თვისებებს შორის არსებული დამოკიდებულებები, რომლებიც წარმოდგენილია ჰერსტის H ინდექსის საშუალებით. ნახაზზე ნაჩვენებია დროითი მწკრივების რეალიზაცია (დაკვირვებათა შედეგების რაოდენობა $N = 1000$), რომლებსაც აქვთ მნიშვნელოვნად განსხვავებული ფრაქტალური თვისებები და, შესაბამისად, ჰერსტის მაჩვენებლის განსხვავებული შეფასებები.

ვიზუალურად შეიძლება დადგინდეს, რომ შემთხვევით სტაციონარულ სიგნალებს (მაგალითად, ხმაური ნორმალური განაწილებით) აქვთ მაქსიმალური ხმაური, ხოლო ფრაქტალური სიგნალების ხმაური მცირდება ჰერსტის H მაჩვენებლის გაზრდით.

ვირტუალური მოცულობის მეთოდი (VVM) განსხვავდება იმით, რომ კარგად განაცალკევებს შემთხვევით სტაციონარულ სიგნალებს მათი ალბათობების განაწილების ფორმის მიხედვით. ეს კი საშუალებას გვაძლევს შევექმნათ სპეციალური რიგობრივი საზომი სკალები ((2) და (4) ფორმულები) და გამოვიყენოთ ისინი გაზომვების, კონტროლისა და დიაგნოსტიკის ამოცანების ოპერატიული გადაწყვეტისათვის. ჰერსტის მეთოდისგან განსხვავებით, ვირტუალური მოცულობის მეთოდი ზომავს სიგნალის დიაპაზონის თანაფარდობას საშუალო კვადრატულ გადახრასთან.

ბუნებრივია, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ჰერსტისა და ვირტუალური მოცულობის მეთოდების კომპილაცია შეიძლება სასარგებლო იყოს უნივერსალური სკალის შესაქმნელად, რომელშიც მთლიანობაში, მაგრამ ცალ-ცალკე იქნება წარმოდგენილი როგორც სტაციონარული, ასევე არასტაციონარული სიგნალები.

$$(R/R) = \left(\frac{\text{დაგროვილი გადახრის დიაპაზონი}}{\text{გადახრის დიაპაზონი}} \right)^2 = f(N) \quad (3)$$

ფრაქტალური (R/R) ფუნქცია გამოხატავს დაგროვილი გადახრის დიაპაზონის კვადრატული თანაფარდობის დამოკიდებულებას საშუალოდან გადახრის დიაპაზონზე. (N ნიმუშის ზომა)

ფრაქტალური (R/R) თვისებების მქონე დამოკიდებულებების ანალიტიკური აღწერისთვის, შესაძლებელია გამოვიყენოთ ფორმულა:

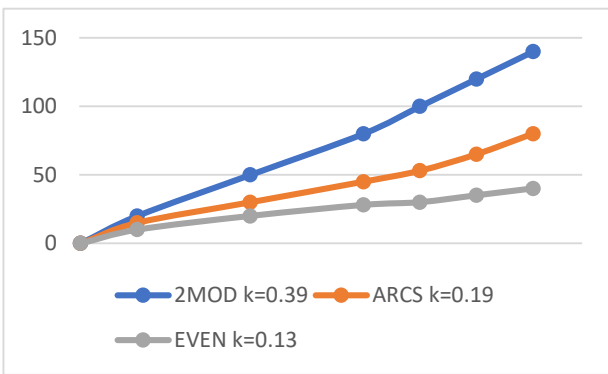
$$(R/R) = A + B \cdot (N)^C \quad (4)$$

სადაც: A, B, C არის კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია შესასწავლი პროცესის ტიპზე.

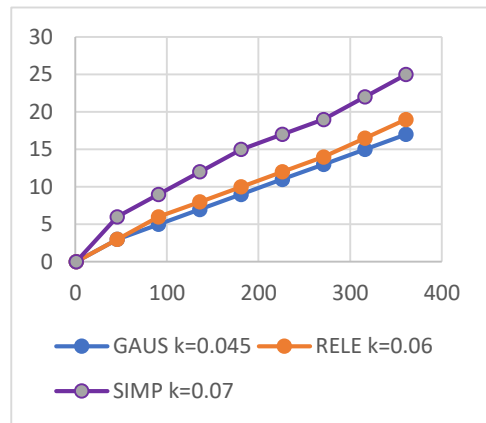
2. სტაციონარული შემთხვევითი სიგნალების (R/R) მეთოდით გაზომვის შედეგები

სტაციონარული შემთხვევითი სიგნალების გაზომვის ტექნიკა მდგომარეობს შემდეგში. პროგრამული გენერატორების გამოყენებით ავიღეთ შემთხვევითი რიცხვების ნაკრებები. თითოეული გენერატორიდან გაანალიზდა L – განხორციელებები, N მოცულობით. თითოეული განხორციელებისთვის გამოითვალა ფრაქტალური (R/R) ფუნქცია და შეფასდა შესაბამისი მოდელის A, B და C პარამეტრები. ეს პარამეტრები საშუალოდ შეფასდა განხორციელებათა რაოდენობასთან მიმართებაში, რის შედეგადაც მივიღეთ ინდივიდუალური მოდელის კოეფიციენტები, რომლებიც შემდგომ შედარებულ იქნა შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის გენერატორის სახელთან. თავის მხრივ, გენერატორის სახელწოდება დაემთხვა ალბათობის განაწილების სახელწოდებას, რომელსაც ექვემდებარებოდა ამ გენერატორიდან ამოღებული შემთხვევითი რიცხვები.

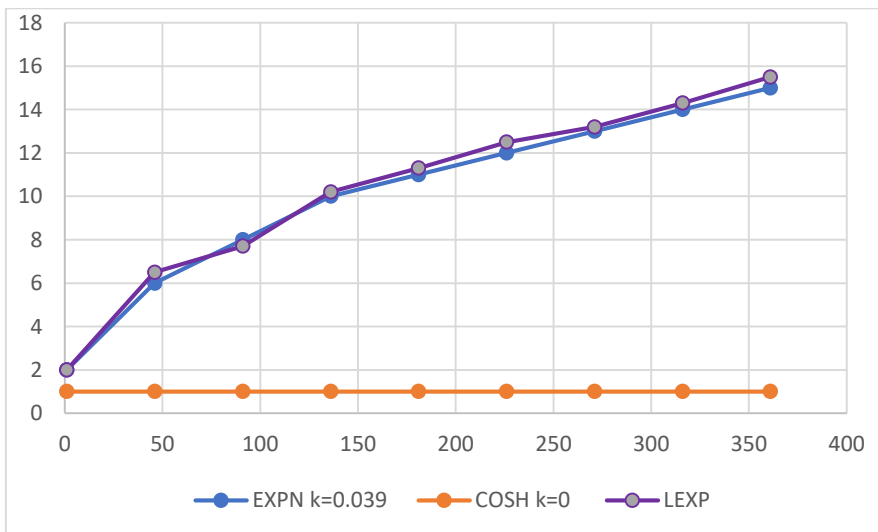
ნახ.2 -ზე წარმოდგენილია საშუალოდ 1000 განხორციელებისას (R/R) მაჩვენებლის დამოკიდებულებები სტაციონარული სიგნალების ნიმუშის ზომაზე, ალბათობის სხვადასხვა ფორმით განაწილების შემთხვევაში.



ა)



ბ)



გ)

ნახ.2. სტაციონარული შემთხვევითი სიგნალების ფრაქტალური (R/R) ფუნქციები სხვადასხვა ალბათობის განაწილებით (ა) – 2MOD, ARCS და EVEN; ბ) – SIMP, RELE და GAUS; გ) – LEXP, EXPN და COSH)

მიღებული გრაფიკების ფორმა ნათლად მიუთითებს ფრაქტალური ფუნქციების წრფივ ბუნებაზე $(R/R)=f(N)$, როგორც მინიმუმ, $N=400$ ნიმუშის განხილული დიაპაზონის ფარგლებში. ბუნებრივია, რომ ამ პირობებში, უმარტივესი გზა იქნება, რომ ფრაქტალური (R/R) წრფის აბსცისათა ღერძისადმი დახრილობის კოეფიციენტი - პარამეტრი **B** გამოვიყენოთ როგორც საიდენტიფიკაციო პარამეტრი, ვინაიდან ასეთ შემთხვევაში, პარამეტრი **C** ყველა განაწილებისთვის 1-ის ტოლი იქნება.

ვირტუალური მოცულობების მეთოდის ანალოგიურად, **B** პარამეტრს შეიძლება მივანიჭოთ ზოგიერთი წრფივი ელექტრული ჯაჭვის გადაცემის კოეფიციენტის ფიზიკური მნიშვნელობა, რომლის შესასვლელზე არის შემავალი რაოდენობა N , ხოლო გამოსავალზე - კი მნიშვნელობა $f(N)=\max(R/R)$. თუმცა, ვირტუალური მოცულობების მეთოდისგან განსხვავებით, ფრაქტალური დამოკიდებულებები (R/R) მეთოდში წრფივია, რაც ამარტივებს განაწილების კლასიფიკაციის სკალის აგებას.

ცხრილში 1-ში წარმოდგენილია ფრაქტალური საიდენტიფიკაციო სკალის (FIS) მეტროლოგიური მახასიათებლების ანალიზის შედეგები (R/R) მეთოდის მიხედვით. შესაფასებელი პარამეტრების სახით გამოყენებული იყო: $\max(R/R)$ -ს და **B**-ს საშუალო მნიშვნელობები, **B** კოეფიციენტისთვის მოდელის სისტემატური ცდომილება (აბსოლუტური და ფარდობითი) და შემთხვევითი ცდომილება (აბსოლუტური და ფარდობითი) 95% ნდობის დონეზე.

ცხრილი 1

განაწილების ტიპი	მაქსიმალური (R/R)	გაციფრებული მონაცემები	B	D B	δ B,%	D cB	g B,%
2MOD	153,03	150	0,385	0.002	0,52	0,077	20
ARCS	76 959	75	0,194	0.002	1,03	0,044	21,9
EVEN	50 971	50	0,128	0.0005	0,39	0,028	22,2
SIMP	27588	28	0,07	0.0009	1298	0,013	19,2
RELE	21 013	21	0,05	0.001	1,89	0,012	23,8
GAUS	17845	18	0,048	0.0008	1,78	0,001	22,2
LEXP	14 965	15	0,038	0.0006	1595	0,0080	21,3
EXPN	14 849	15	0,037	0.0005	1340	0,0082	21,9
COSH	10956	1	0,003	0.0001	3,63	0,0202	73,9

შემთხვევითი ცდომილება, რომელიც შეადგენს $\approx 25\%$ -ს, აღემატება სისტემატურ ცდომილებას (1,6%). აქედან გამომდინარე, შესაძლებელია $\max(R/R)$ შეფასებების დამრგვალება მთელ რიცხვებამდე და მათი გამოყენება სკალის ციფრული აღნიშვნებისთვის $N=400$ მუდმივი ნიმუშის ზომასთან მუშაობისას. თუ გაზომვები ისეთ პირობებში, სადაც ნიმუშების ზომები შეიძლება განსხვავდებოდეს, მაშინ რეკომენდებულია სკალის გამოყენება, რომელზეც დატანილი იქნება **B** საკუთხო კოეფიციენტის მნიშვნელობები. (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

	COSH	EXPN	LEXP	GAUS	RELE	SIMP	EVEN	ARCS	2MOD
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------

მაქს(R/R)	1	15	15	18	21	28	50	75	150
B	0.00	0.04	0.04	0.045	0.05	0.07	0.13	0.2	0.4

როგორც მოსალოდნელი იყო, ალბათობის განაწილების თანმიმდევრობა ფრაქტალის საიდენტიფიკაციო სკალას ვირტუალური მოცულობების მეთოდის საპირისპიროდ გააჩნია. ამრიგად, სტაციონარული სიგნალებისთვის, ხარისხობრივი მოდელი ლებულობს წრფივ ფორმას (მოდელის პარამეტრი C უდრის 1-ს), ხოლო სიგნალების გაყოფა ხორციელდება B კოეფიციენტის საშუალებით, რაც ალბათობის განაწილების მოწესრიგებული სისტემისთვისაა დამახასიათებელი.

დასკვნა

განხილული ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვირტუალური ანალიზატორების სისტემის შესაქმნელად, რომლებსაც აქვთ სიგნალების ფორმების გაზომვის დიდი დინამიური დიაპაზონი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. N Otkhзорia, V Otkhзорia, M Narchemashvili, fractality of measurements of quantities and real processes, International Trends in Science and Technology, 3-9, 2022
2. N Otkhзорia, Z Azmaiparashvili, L Petriashvili, V. Otkhзорia, E. Akhlouri, Labview In The Research Of Fractal Properties Of The Topology Of Networks And Stochastic Processes, World Science 3 (81), 2023

Fractal classification method of complex signals

Vano Otkhзорia, Eka Akhlouri

Georgian Technical University

v.otkhozoria@gtu.ge, akhlouri.eka@gtu.ge

The fractal dimension is a widely employed metric for characterizing signals, serving as a complexity estimator in signal analysis applications. Nevertheless, a comprehensive discussion on the accurate interpretation of such analysis is lacking. In this article, we explore techniques for classifying complex signals using fractals, delve into their theoretical underpinnings, and assess stationary random signals governed by various probability distribution laws. The technology under consideration holds the potential to enable the development of a virtual analyzer system with an expansive dynamic range for measuring signal waveforms.

Keywords: fractal, classification, signal, Hurst

მე-5 თაობის (5G) მობილური ქსელების გამოსხივების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

¹სალომე მახარაძე, ²ტატიანა ბურკაძე, ³ელვირა ბჟინავა

^{1,2,3}საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ^{1,2}ასოც.პროფესორი, ³ასისტენტი
s.makharadze@gtu.ge, t.burkadze@gtu.ge, e.bzhinava@gtu.ge

რეზიუმე

ამჟამინდელ საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურაში მთავარი გამოწვევაა არხის გადატვირთულობა, არასაკმარისი გამტარიანობა და შეზღუდული სიმძლავრე. კაცობრიობას ახასიათებს კონსერვატიზმი, ამიტომ ყველაფერი ახალი იწვევს ხალხში უნდობლობას. ათწლეულებია კაცობრიობა გარშემორტყმულია მიკრო ტალღების დიაპაზონით, რადიო ლოკატორებით, პოლიციის რადარებით, თანამედროვე Wi-Fi-როუტერებით, რომლებიც მუშაობენ 2,4 გჰც და 5 გჰც დიაპაზონში. სტატისტიკა აჩვენებს, რომ ამ დროის განმავლობაში არავის განუცდია მუტაცია.

მეხუთე თაობა - 5G (Fifth Generation) იყენებს მილიმეტრულ ტალღებს (mmW), 5G-ში გამოყენებულ მილიმეტრული სპექტრის ტალღებს შეუძლია თავისუფალ სივრცეში გავრცელება, რადგან ქვედა სიხშირეებზე სიგნალებს შეუძლია ათასობით მეტრზე გადაადგილება და შეღწევა. უფრო მაღალი სიხშირის დიაპაზონის სიგნალებს შეუძლია მხოლოდ რამდენიმე მილის გავლა და ვერ აღწევს მკვირვ მასალაში, რის შედეგადაც დაფარვის არეალი მცირდება. მცირე ფიჭის, საბაზო სადგურების დამატებით, პიკო, ფემტო ფიჭების, სიხშირეების ხელახალი გამოყენებით შესაძლებელია ამ დანაკარგების აღმოფხვრა. მაღალ სიხშირეებზე უარყოფითად იმოქმედებს წვიმა, ნისლი, თოვლი და სხვ. რის გამოც სიგნალი განიცდის დანაკარგებს, ხარისხის გაურესებას, ამ ტიპის პრობლემის მოგვარება 5G ქსელებში შესაძლებელია მაღალი სიმძლავრის MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) ანტენის გამოყენებით, მილიმეტრული ტალღის MIMO ანტენის სიხშირული დიაპაზონია 26 გჰც-დან 29.5 გჰც-მდე. საბაზო სადგურს უნდა გააჩნდეს შესაძლებლობა ხელახლა გამოიყენონ სიხშირეები თავიანთ ფიჭურ კლასტერში, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის გაზრდას.

5G უკაბელო სტანდარტის მთავარი მახასიათებელია ის, რომ ის გამოიყენებს სხივის ფორმირების ტექნოლოგიას, რომელიც საშუალებას აძლევს რადიო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ფოკუსირდეს იმ რეგიონზე, სადაც ეს საჭიროა (მაგალითად, ადამიანზე, რომელიც იყენებს მობილურ ტელეფონს), რაც საშუალებას იძლევა, ერთი და იგივე სიხშირეები გაიგზავნოს სხვადასხვა მომხმარებლებზე ერთდროულად, რაც ზრდის კომუნიკაციის სიჩქარეს, რადგან არ არის საჭირო სიხშირის დიაპაზონის „გაზიარება“ მომხმარებლებს შორის. ეს ასევე ამცირებს ექსპოზიციას რეგიონებში, სადაც კომუნიკაცია არ არის საჭირო. საბაზო სადგურების განთავსება საჭირო იქნება თითქმის ყველგან. რადგან სიხშირეები ძალიან მაღალია (24-100 გჰც დიაპაზონში), არსებობს მოსაზრება, რომ მილიმეტრული ტალღების სიხშირეებს შეუძლია გამოიწვიოს ზიანი, მიტოქონდრიული დნკ-ს დაზიანება, რაც თაობებს გადაეცემა. მუტაცია იწვევს კარცეროგენოზს. მაგ. 868 მგჰც სიხშირეს შეუძლია გადაადგილდეს აგურისა და ბეტონის კედელში, 5G მიერ გამოყენებულ მიკრო ტალღების სხივს შესაძლებლობა ექნება კედელში და ადამიანშიც კი გაიაროს, სწრაფი, ხარისხიანი, შემცირებული დაყოვნების კავშირის უზრუნველსაყოფად. სინამდვილეში 5G ტექნოლოგია უვნებელია და ზემოქმედების ხარისხის მიხედვით არ განსხვავდება მოქმედი

ფიჭური კავშირის ქსელებისაგან, უსადენო ინტერნეტისაგან. ქალაქების რადიოდაფარვისთვის საჭირო იქნება 2 გჰც-დან 6 გჰც-მდე დიაპაზონი, მსოფლიოში პოპულარული სიხშირეა 3,4 გჰც-დან 3,8 გჰც-მდე, იმ ადგილების ზუსტად დასაფარად, სადაც უმეტესი აბონენტია და ორგანიზაციები, გამოიყენებენ 24,25 გჰც-დან 29,5 გჰც-მდე დიაპაზონს. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ 24/7/365 ვიქნებით ამ გამოსხივების ქვეშ, მაგრამ თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარების პროგრესს ვერ შევაფერხებთ და უარს ვერ ვიტყვით, 5G გვთავაზობს გასაოცარ შესაძლებლობებს.

საკვანძო სიტყვები: მობილური კავშირი, მეხუთე თაობა, 5G, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, მილიმეტრული ტალღები.

შესავალი

მობილური კავშირის ტექნოლოგიები კარგა ხანია გამოვიდა ბგერითი ტრაფიკის მომსახურების ჩარჩოებიდან, იქმნება ინფორმაციის მიმოცვლის ახალ-ახალი მეთოდები, ორიენტირებული ადამიანის, ბიზნესის ყოველდღიურ მოთხოვნილებაზე. დიდი რაოდენობით ქსელში ჩართულმა მოწყობილობებმა გამოიწვია სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ტრაფიკის ექსპონენციალური ზრდა. ასეთი უსწრაფესად მზარდი ტრაფიკის მომსახურებისათვის საკმარისი არ აღმოჩნდა არსებული ტექნოლოგიების შესაძლებლობები და შესაბამისად ქსელების გამტარუნარიანობა, რამაც გამოიწვია მობილური კავშირის თაობების და ტექნოლოგიების ცვლა, ურთიერთდამატება. მიღებულია, რომ მობილური კავშირის თაობები იცვლება ყოველ 10 წელიწადში. ასე, მაგალითად, გასული საუკუნის 80-იან წლებში შეიქმნა და ექსპლუატაციაში იყო ანალოგური 1G (Generation) სისტემები და ქსელები, 90-იან წლებში ციფრული 2G, XXI საუკუნის პირველ ათწლეულში განხორციელდა 3G, მეორე ათწლეულში მიმდინარეობს სწრაფი გადასვლა 4G-ზე, 2018 წლიდან 5G – ზე თანდათანობით გადასვლა ხდება.

მეხუთე თაობის მობილური კავშირის ქსელი

მეხუთე თაობის - 5G (Fifth Generation) ტექნოლოგია არის მობილური საკომუნიკაციო სისტემის ახალი თაობა, რომელი საშუალებას იძლევა ინფორმაცია გადაიცეს მაღალი სიჩქარით (20 გბიტ/წმ) და ამავდროულად ავტომატურად იმართოს დიდი რაოდენობით მოწყობილობა (მილიონი მოწყობილობა 1 კმ²-ზე) რადიოტალღების გაფართოებული დიაპაზონის გამოყენებით.

5G-ის გამოყენება სრულიად ახალ შესაძლებლობებს შესძენს უმნიშვნელოვანეს სფეროებს, როგორცაა:

- მასიური მანქანათმშენებლობის კომუნიკაციები - ნივთების ინტერნეტი (Internet of Things-IoT), რომელიც გულისხმობს მილიარდობით მოწყობილობის დაკავშირებას ადამიანის ჩარევის გარეშე იმ მასშტაბით, რაც აქამდე შეუძლებელი იყო;

- თანამედროვე ინდუსტრიული პროცესების რევოლუციური შესაძლებლობა - სამრეწველო რობოტების, მანქანების კომუნიკაციებისა და უსაფრთხოების სისტემების რეალურ დროში კონტროლი, ავტონომიური მართვა და უსაფრთხო სატრანსპორტო ქსელების შექმნა;

- გაძლიერებული ჯანდაცვა - დისტანციური სამედიცინო დახმარება, პროცედურები და მკურნალობა;

- მობილური ქსელის გაფართოება - მონაცემთა მნიშვნელოვნად სწრაფი გადაცემა, უფრო დიდი მოცულობით, რაც სამყაროს მოთხოვნებითაა განპირობებული;

- „ჭკვიანი“ ქალაქების, სახლების ორგანიზება;
- გაზრდილი მონაცემთა ბაზები ბიზნესისა და ინდუსტრიისთვის - გაუმჯობესებული საქმიანობისათვის, რომლის საშუალებაც აქამდე არ იყო;

- ინოვაციური სოფლის მეურნეობა - „ჭკვიანი“ მეურნეობები, წარმოების ხარჯების დაზოგვა, რაც ბიზნესის გრძელვადიანი ზრდის საშუალებას იძლევა.

5G-ს დანერგვის მდგომარეობა მსოფლიოს ქვეყნებსა და საქართველოში:

მსოფლიოს 78 ქვეყანაში დაინერგა და ამოქმედდა 5G: ჩინეთი, აშშ, გერმანია, ნიდერლანდები, ტაილანდი, პუერტო რიკო, დიდი ბრიტანეთი, ესპანეთი, რუსეთი და სხვ.

საქართველოში მეხუთე თაობის მობილური ინტერნეტის დასანერგად, მიმდინარე წლის აგვისტოში, კომუნიკაციების კომისიის მიერ გამოცხადებულ აუქციონში, „სელფი მობაილი“ ერთი კომბინირებული და სამი ცალკემდგომი ლოტის გამარჯვებულად გამოცხადდა, რაც 700 მგჰც, 3400-3600 მგჰც, 2600 მგჰც და 1800 მგჰც სიხშირულ დიაპაზონებს მოიცავს. კომუნიკაციების კომისიის გადაწყვეტილებით, „სელფი მობაილს“ 5G ინტერნეტის დანერგვისთვის საჭირო სიხშირული რესურსით სარგებლობის ლიცენზია 15 წლის ვადით მიენიჭა, ოპერატორმა უნდა იხელმძღვანელოს ევროკავშირის მიერ განსაზღვრული ტექნიკური ნორმებით, რაც ხელს შეუწყობს ქსელის მაღალ ხარისხს და უსაფრთხოებას. ოპერატორი ვალდებულია 5G ქსელით ეტაპობრივად დაფაროს საქართველოს მჭიდროდ დასახლებული პუნქტები, ტურისტული ზონები, პორტები, აეროპორტები, რკინიგზა და ძირითადი საავტომობილო გზები შემდგომი 3-7 წლის განმავლობაში.

5G არის წინა თაობების მობილური ტექნოლოგიების ევოლუცია. საინფორმაციო ტექნოლოგიების გარეშე წარმოუდგენელია თანამედროვე სამყაროში არსებობა, მაგრამ ყველაფერს გააჩნია დადებითი და უარყოფითი მხარე. მობილურმა ტელეფონებმა გამოჩენის დღიდან გარკვეული შემოფოთება გამოიწვია ჯანმრთელობის პოტენციური რისკების შესახებ, რომელიც დაკავშირებულია მობილური ტელეფონების გამოყენებასა და საბაზო სადგურების გამოსხივებასთან.

მობილური კავშირის თაობიდან თაობაზე გადასვლა მიმართულია მონაცემთა მობილური გადაცემის გაუმჯობესებაზე. 5G ახალი ტექნოლოგია შესაძლებელს ხდის ფართოზოლოვანი მობილური მონაცემთა გადაცემას. 5G აჩქარებს საგნების ინტერნეტის განვითარებას (IoT). არსებულ ოთხ თაობას კავშირი გადაჰყავდა ახალ დონეზე, 3G და 4G-ს ძირითადი მიზანი იყო მონაცემთა მობილური გადაცემის გაუმჯობესება. 4G LTE (Long-Term Evolution) ვერ ართმევს თავს ქსელში ჩართულ არსებული რაოდენობის მობილურ მოწყობილობებს, მომხმარებელთა მოთხოვნები ზრდადია. 5G უზრუნველყოფს საიმედო, სწრაფ კავშირს ქსელის გამტარუნარიანობის გაზრდის გამო, ქსელში გამოიყენება ჩართვის ბევრი წერტილი, რაც ქსელში დატვირთვას ამცირებს. დაფარვის ზონისათვის 5G ქსელს ესაჭიროება მეტი გადაცემი (ფიგურა 1), ვიდრე 4G ქსელს, რაც წარმოშობს გამოსხივებას, რომელიც ადამიანებში იწვევს უარყოფით განწყობას ახალი თაობის ქსელებისადმი.



ფიგურა 1. 5G ქსელის დაფარვის ზონისათვის საჭირო გადამცემები

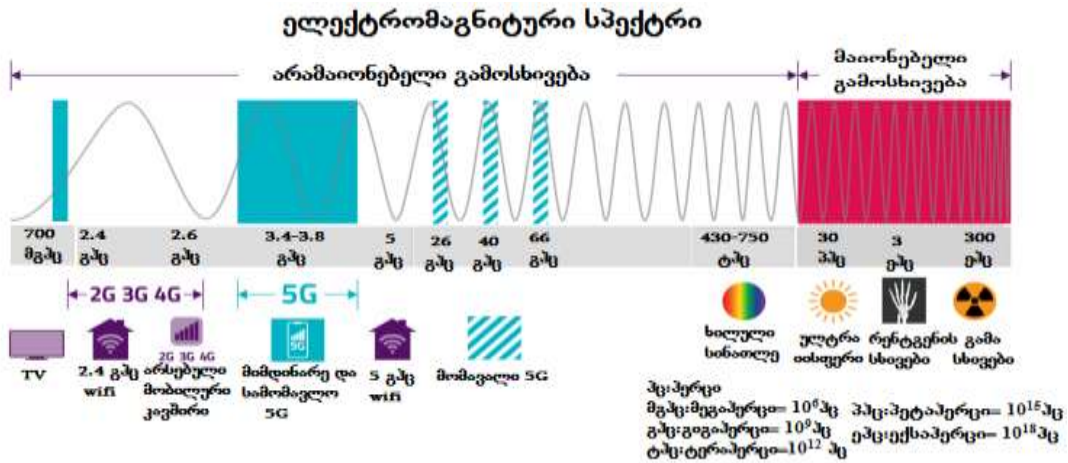
არ არსებობს იმის მტკიცებულება, რომ მობილური ქსელების და მათ შორის 5G შეიძლება დაკავშირებული იყოს რომელიმე დაავადების რისკის მატებასთან. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გავლენის კვლევა ადამიანის ჯანმრთელობაზე 60 წლის წინ დაიწყო, არ დადასტურებულა, რომ მობილური ტექნოლოგიის გამოყენება გახდა კონკრეტული დაავადების მიზეზი, აქედან გამომდინარე მიზეზი იმისა, რომ შეყოვნდეს ახალი ტექნოლოგიის დანერგვა და გამოყენება, არ არსებობს. საზოგადოებაში ყოველი ახალი გამოვლენა იწვევს ირაციონალურ ღელვასა და სკეპტიციზმს. საუკუნეების მანძილზე ადამიანები ეწინააღმდეგებიან ტექნოლოგიურ ინოვაციებს. წარსულში დიდ შიშსა და პროტესტს იწვევდა პირველი ორთქლის მანქანები, თვითმფრინავები, მოგვიანებით მიკროტალღური ღუმელი, ფიჭური მობილური ტელეფონები. ახლაც საზოგადოების გარკვეული ნაწილი ანალოგიურად რეაგირებს 5G ტექნოლოგიაზე. უკვე 30 წელია მეცნიერები შეისწავლიან შესაძლო ბიოლოგიურ ეფექტს მაღალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველებისას. გამოქვეყნებულია შედეგები და ანალიზი 10 ათასობით სამეცნიერო ექსპერიმენტებისა, ეპიდემიოლოგიური კვლევებისა, მაგრამ დღემდე აშკარა დემონსტრირება იმისა, რომ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას აქვს ნეგატიური გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე, არ არსებობს. არის საუბარი პოტენციურ რისკზე გამოსხივებისაგან გამოწვეულ კიბოს გაჩენაზე, მაგრამ ნავთობისა და ნავთობ პროდუქტების ზემოქმედებაც ასეთივე რისკის მატარებელია. მტკიცებულება, რომელიც ერთმნიშვნელოვნად დაადასტურებს, ნეგატიურ ზეგავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე მაღალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველებისაგან გამოწვეულს, არ არსებობს - ასეთი პოზიცია უკავია კიბოს კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს The International Agency for Research on Cancer (IARC), რომელმაც შეიმუშავა კლასიფიკაცია რამდენიმე ასეული კარცეროგენისა და ნივთიერებების. ფიჭურ ქსელებში გამოყენებადი ელექტრომაგნიტური ველის მაღალსიხშირული რადიოტალღები კლასიფიცირებულ იქნა კიბოს რისკის იმპლანტების ჯგუფში, რომელიც მოიცავს მეტალურ კობალტსა ან ნიკელს.

ვერსად გავექცევით რეალობას, ჩვენი მობილური ტელეფონები მუშაობენ 4,5G ქსელში, რომელიც გვთავაზობს გასაოცარ შესაძლებლობებს, რისი წარმოდგენაც წლების წინ შეუძლებელი იყო.

2019 წელს საზოგადოების ნაწილი პროტესტს გამოთქვამდა 5G საბაზო სადგურების დაყენების წინააღმდეგ (ინდოეთის ქალაქ მაღდაში, შოტლანდიის საგრაფოში). 2020 წელს ლისაბონში დაწვეს საბაზო სადგურები. 2G-4G ქსელებში 2მ-5მ მანძილზე ელექტრომაგნიტური ველის გამოსხივების დასაშვები დონე ფიჭურ კავშირში შეადგენს 10

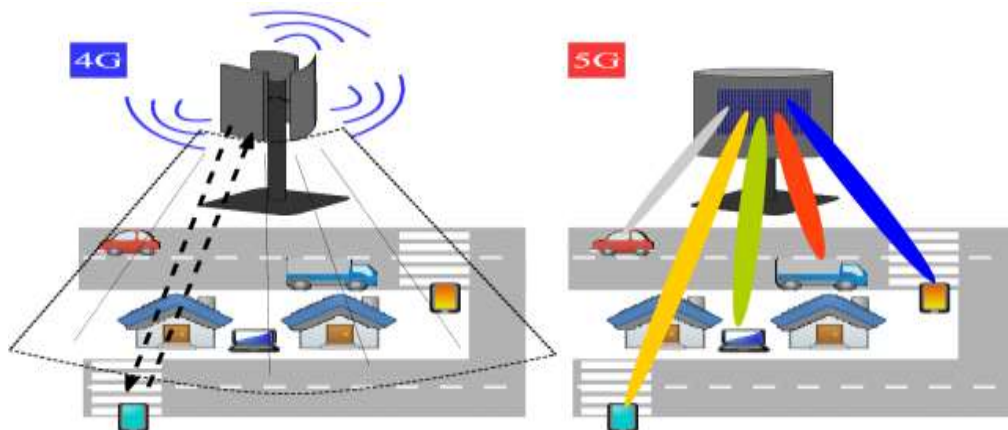
მიკროვატს კვადრატულ სხეულზე, დასახლებულ რაიონებში უფრო მცირეა. ევროპის, აზიის ქვეყნებში, ამერიკაში დასაშვები ნორმა შეადგენს 200-1000 მიკროვატს. ე.ი. ოპერატორებს შეუძლიათ გამოიყენონ უფრო მძლავრი საბაზო სადგურები და უკეთესი ხარისხით დაფარონ ტერიტორია.

ადამიანის სხეულში ტალღების შეღწევის სიღრმე და გავლენა მცირდება სიხშირის ზრდასთან ერთად, კანი არ ზიანდება, რამდენადაც მილიმეტრული ტალღები აირეკლებიან კანის ზედაპირიდან. თანამედროვე მობილური მოწყობილობები მუშაობენ 6 გჰც-ზე დაბალ სიხშირეზე, ხოლო 5G გამოიყენებს მილიმეტრულ დიაპაზონს 30 გჰც-დან 300 გჰც-მდე. ელექტრომაგნიტური ველის სხვადასხვა ფორმა არსებობს, რომელიც განსხვავდება სიხშირითა და ხილული სინათლით. 5G იყენებს მილიმეტრულ ტალღებს (mmW) (ფიგურა 2).



ფიგურა 2. ელექტრომაგნიტური სპექტრი

5G უსადენო სტანდარტის მთავარი მახასიათებელია, ის რომ გამოიყენებს სხივის ფორმირების ტექნოლოგიას, რომელიც ახდენს რადიო სიხშირეების ფოკუსირებას იმ რეგიონზე სადაც ის საჭიროა და საშუალებას იძლევა სიხშირეები გაიგზავნოს სხვადასხვა მომხმარებელთან ერთდროულად (ფიგურა 3), რაც ზრდის კომუნიკაციის სიჩქარეს.



ფიგურა 3. 5G ტექნოლოგიაში ანტენის მუშაობის პრინციპი

5G საბაზო სადგურები განთავსდება საცხოვრებელ სახლებთან ახლოს, საზოგადოებრივი თავშეყრის ადგილებში, ისე რომ გამოსხივებული სიგნალის დონე დაშვებულ ლიმიტზე გაცილებით დაბალი იყოს. გამოსხივების ინტენსიობა სწრაფად მცირდება ანტენიდან დაშორებისას, რადიაციის დონე იმ ადგილებში სადაც ადამიანები მუდმივად არიან გაცილებით დაბალია, მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობაზე. 4G ქსელში გამოსხივების

სიმძლავრე 200 მილივატია, 2G-1000 მილივატი, 5G-გამოსხივების სიმძლავრე 100 მილივატამდე შემცირდება.

არამაიონიზებელი გამოსხივებისაგან დაცვის საერთაშორისო კომისიამ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) პირველად 20 წლის მანძილზე განაახლა რეკომენდაცია 100 კვც-დან 300 გვც-მდე დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების შემცირების შესახებ (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების დიაპაზონი 100 კვც-დან 300 გვც-მდე

პარამეტრი	სიხშ. დიაპ.	ΔT	საშუალო ფართობი	საშუალო დრო	ჯანმრ. ზემოქ. დონე	მუშაკები	ფართო საზ.
ცენტრისΔT	100კვც-300გვც	1°C	მთელ სხეულზე საშუალო	30 წთ	4 ვტ/კვ	0.4ვტ/კვ	0.08ვტ/კვ
ლოკალური ΔT(თავი&ტანი)	100კვც-6გვც	2°C	10 გრ	6 წთ	20 ვტ/კვ	10 ვტ/კვ	2ვტ/კვ
ლოკალური ΔT(კიდურები)	100კვც-6გვც	5°C	10 გრ	6 წთ	40 ვტ/კვ	20 ვტ/კვ	4ვტ/კვ
ლოკალური ΔT(თავი&ტანი, კიდურები)	>6-300 გვც 30-300 გვც	5°C	4 სმ ² 1 სმ ²	6 წთ 6 წთ	200 ვტ/მ ² 400 ვტ/მ ²	100 ვტ/მ ² 200ვტ/მ ²	20ვტ/მ ² 40ვტ/მ ²

ICNIRP დაადგინა სპეციალური შთანთქმის სიჩქარე (Specific Absorption Rate-SAR) მობილური ტელეფონებისათვის 1,6 ვტ/კვ, გაზომილი ადამიანის სხეულის 1 გრ ქსოვილზე.

დასკვნა

სტაბილური 5G ქსელის ფორმირება გავლენას იქონიებს არამარტო იმაზე, თუ რა სიჩქარით მივიღებთ ინფორმაციას, არამედ ცხოვრების ყველა სფეროსთვის გახდება დიდი დამხმარე, წარმოებიდან მეცნიერების ჩათვლით. შეიქმნება ახალი მოწყობილობები, რომლებიც იმუშავებს კავშირის ახალი სტანდარტებით, შეგვძენს ახალ ჩვევებს, მოხდება რევოლუციური აღმოჩენები. გაჩნდება ამ ახალი ტექნოლოგიის გამოყენების საშუალებები, დასაშვები გამოსხივების დონით. 5G-ს პერსპექტივები და შესაძლებლობები ყველა სფეროსთვის უსაზღვროა. მობილური კავშირით გამოწვეული საფრთხის პირდაპირი მტკიცებულება არ არსებობს. მიუხედავად მრავალი კვლევისა ჯერჯერობით ვერც ერთმა კვლევამ ვერ აღმოაჩინა მობილური ტელეფონებისა და კიბოს შორის კავშირი, ამ მიმართულებით კვლევები გრძელდება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ivana Marić, Shlomo Shamai, Osvaldo Simeone, Theoretic Perspectives on 5G Systems and Beyond, Cambridge University Press, Online ISBN: 9781108241267, April 2022, p.756.
2. Волков А.Н., Мутханна А.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пятого поколения на пути к сетям 2030. Информационные технологии и телекоммуникации, СПб, 2020, т. 8, №2, стр. 32- 42.
3. <https://shorturl.at/myBZ4>; <https://rb.gy/nsdg9>; <https://www.shorturl.at/shortener.php>; <https://www.icnirp.org/en/differences.html>; <https://rb.gy/fhxm7>; <https://rb.gy/cxrua>; <https://rb.gy/qfpcs>; <https://rb.gy/2d81j>; <https://shorturl.at/anH04>; <https://shorturl.at/ehqO1>; <https://shorturl.at/cAIKO>; <https://shorturl.at/cRSW4>; <http://surl.li/jdqfr> (01.09.23).

Impact of 5th Generation (5G) mobile networks's radiation on human health

¹Salome Makharadze, ²Tatiana Burkadze, ³Elvira Bzhinava
^{1,2,3}Georgian Technical University, ^{1,2}Associate Profesor, ³Assistant
s.makharadze@gtu.ge, t.burkadze@gtu.ge, e.bzhinava@gtu.ge

Resume

The main challenges in the current communication infrastructure are channel's overcrowding, insufficient bandwidth and limited capacity. Humanity is characterized by conservatism, so everything new causes distrust in people. For decades, humanity has been surrounded by microwave ranges, radio locators, police radars, and modern Wi-Fi routers that operate in the 2.4 and 5 GHz bands. Statistics show that no one has experienced a mutation during this time.

5G uses millimeter waves (mmW), the millimeter spectrum waves used in 5G can propagate in free space because signals at lower frequencies can travel and penetrate thousands of meters. Signals in the higher frequency range can to pass only a few miles and can't penetrate dense material, as a result of which reduced coverage area. By adding small cells, base stations, picocells, femto cells, reusing frequencies, these losses can be eliminated. Rain, fog, snow, etc. will negatively affect high frequencies. Due to which the signal experiences losses, quality deterioration, this type of problem can be solved in 5G networks by using high-power MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) antenna, the frequency range of millimeter wave MIMO antenna is 26 GHz-29.5 GHz. The base station must have the ability to reuse frequencies in their cellular cluster, which provides increased data transfer rates.

The main feature of the 5G wireless standard is that it will use beamforming technology that allows radio frequency electromagnetic radiation to be focused on the region where it is needed (for example, a person using a mobile phone), allowing the same frequencies to be sent to different users. At the same time, which increases the speed of communication, because there is no need to "share" the frequency range between users. This also reduces exposure in areas where communication is not required. It will be necessary to place base stations almost everywhere. Because the frequencies are so high (in the 24-100 GHz range) there is a belief that mmW frequencies can cause damage to mitochondrial DNA (Deoxyribonucleic acid) that is passed down through generations. The mutation leads to carcinogenesis. A frequency of 868 MHz can move through a brick and concrete wall, the microwave beam used by 5G will be able to pass through a wall and even a person, providing a fast, quality, low-latency connection. In fact, 5G technology is harmless and does not differ in terms of impact from existing cellular networks and wireless Internet. For urban radio coverage, the 2 to 6 GHz band will be needed, the popular worldwide frequency is 3.4 to 3.8 GHz, to precisely cover the places where most subscribers and organizations are, the 24.25 to 29.5 GHz band. It is noteworthy that we will be under this radiation 24/7/365, but we cannot stop and avoid the progress of modern technology development, 5G offers us amazing opportunities.

Key words: Mobile connection, Fifth generation, 5G, Electromagnetic radiation, Millimeter waves.

სატელეკომუნიკაციო სიგნალების მათემატიკური დამუშავების თანამედროვე მეთოდები MATLAB-ის გამოყენებით

ნიკო სულხანიშვილი- სატელეკომუნიკაციო და მზის ელ.სისტემების ბიზნესის განვითარების

მიმართულება, კომპანია „იუ-ჯი-თი“. E-mail: n.sul Khanishvili@ugt.ge

რევაზ სვანიძე- ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, E-mail: svanidzerevaz08@gtu.ge

ვახტანგ აბულაძე-ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, E-mail: v.abuladze@gtu.ge

რეზიუმე

იმის გათვალისწინებით, რომ დიდი ტემპებით ვითარდება სატელეკომუნიკაციო, ბიოსამედიცინო და მაღალი მგრძობელობის გამოზომი ხელსაწყოების შესაძლებლობები, სიგნალების ციფრული დამუშავებისთვის სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება **MATLAB**-ი მასში ჩაშენებული ძლავრი მათემატიკური, სიმაულაციური და გრაფიკული ვიზუალიზაციის სპეციალური აპარატი, რომელიც ითვლება, რომ არის საუკეთესო ინსტრუმენტი **LTI** სისტემების(წრფივი დროით-ინვარიანტული) გაანგარიშება/დიზაინისთვის. თუმცა, აგრეთვე ცნობილია, რომ რიგ შემთხვევებში, აგრეთვე საჭირო ხდება ე.წ. **არასტაციონალური სიგნალების დამუშავება**, რომლისთვისაც კლასიკური **LT** და **ZT** გარდაქმნების და მასთან დაკავშირებული **MATLAB**-ის პროგრამული ხელსაწყოების გამოყენება შეუძლებელია რიგი სპეციალური მათემატიკური გარდაქმნების და ე.წ. **MATLAB**-თან მორგებული სპეციალური ფუნქციების გარეშე.

აღნიშნული მოხსენებაში განიხილება **არასტაციონალური შემთხვევები**, სადაც აუცილებელია, რომ სიგნალი **დროითი არიდან** გარდავსახოთ ე.წ. **დროით-სიხშირულ არეში**, რომელიც მისი ერთდროული დროით-სიხშირული(**ID**-ს ნაცვლად სიგნალი განიხილება **2D**-ში!)ანალიზისთვის არის საჭირო, მათი სასრული ხანგრძლივობიდან (მიღევადი ფუნქცია სასრულ დროში)გამომდინარე.

აღსანიშნავია, რომ **MATLAB**-ის მძლავრი მათ.აპარატი იძლევა კარგი პროგრამული ანალიზის საშუალებას, რადგან მასში ჩაშენებულია ჰილბერტ-გარდაქმნის (**HT**), ჰილბერტ-ჰუნგის გარდაქმნა(**HHT**), გაბორის-გარდაქმნის (**GT**) და ვეივლეტ-გარდაქმნის(**WT**) **ბაზისური** ფუნქციების **სინტაქსურ-გრაფიკული** მეთოდები, თუმცა, რიგ შემთხვევაში, მაინც არის საჭირო შესაბამისი ფუნქციონალის დამატება დამატებითი ნორმალიზაცია/მასშტაბირებისათვის, რადგან სტანდარტულ **MATLAB**-ის დისტრიბუტივში ასეთი სახის მონაცემები არ არის გათვალისწინებული.

ცნობილია, რომ **MATLAB**-ში მიღებული შედეგების გადატანა შესაძლებელია **FPGA** და **ASIC** ტექნოლოგიურ პლატფორმაზე, რომელსაც თავის მხრივ გააჩნია საკუთარი დეველოპერული პროგრამული უზრუნველყოფა, თითქმის ყველა შესაძლებლობებით, რომელიც აღნიშნული მოწყობილობებით არის შესაძლებელი. ასე მაგალითად, **MATLAB**-ში მიღებული ე.წ. „ვეივლეტ დენოისინგი“-ის შედეგები, **HDL**-ის გამოყენებით შესაძლებელია გადავიტანოთ **FPGA**-ის **Intel(Altera)-Quartus**-ის პროგრამაში, სადაც, თავის მხრივ, მოხდება კონკრეტული მოდულის დეველოპმენტი, რომლისთვისაც როგორც წესი, უკვე არსებობს შესაბამისი გამზადებული მძლავრი “DevelopmentKit”-ბი (მაგ. **Intel@Arria@**, **Intel@Agilex@**).

საკვანძო სიტყვები: წრფივი დროით ინვარიანტული, ლაპლასის გარდაქმნა, Z-გარდაქმნა, ჰილბერტის გარდაქმნა, ჰილბერტ-ჰუნგის გარდაქმნა, ვეივლეტ გარდაქმნა,

უწყვეტი და დისკრეტული ვეივლეტ გარდაქმნა, გაბორის გარდაქმნა, აპარატურული პროგრამირების ენა, კოშის ძირითადი მნიშვნელობა; „ჰილბერტის-კერნელი“-ჰილბერტის ბირთვი, ჰილბერტის სპეტრალური ანალიზი, ემპირიული დეკომპოზიციის მეთოდი, შინაგანი (ჩაშენებული) ფუნქციის რეჯიმი, ელ. ენცოფალოგრამა&ელ.კარდიოგრამა.

შესავალი

შესავალი

აღნიშნული მოხსენების მიზანია, ნათლად ვაჩვენოთ MATLAB-ში ჩაშენებული და დამატებული მათემატიკური ფუნქციების გამოყენების ეფექტურობა სიგნალების **დროით-სიხშირულ არეში** დამუშავებისას, რისთვისაც განვიხილავთ რამდენიმე პოპულარულ მეთოდს.

1) ჰილბერტის გარდაქმნა (HT-Hilbert Transform)

განვიხილოთ HT-ს შემთხვევა, რომელიც როგორც ცნობილია წარმოადგენს დროით ფუნქციას, თუმცა შესაძლებელია მისი დრო-სიხშირულ არეში წარმოდგენა, დროით-სიხშირული ანალიზის გამოყენებით.

$u(t)$ სიგნალის **ჰილბერტ გარდაქმნა**(HT) შესაძლებელია წარმოვადგინოთ როგორც $u(t)$ სიგნალის და $h(t)=1/\pi t$ იმპულსური მახასიათებლის კონვოლუცია, რომელიც **კოშის ძირითადი მნიშვნელობის** (p.v.-principal value) გათვალისწინებით ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$H(u)(t) = \frac{1}{\pi} \text{p. v.} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{u(\tau)}{t - \tau} d\tau,$$

მოკლედ რომ ვთქვათ, $u(t)$ სიგნალის **ჰილბერტ-გარდაქმნის** შედეგად მიიღება ე.წ. კომპლექსურ მნიშვნელობიანი **ანალიტიკური სიგნალი**, სადაც ის დროით არეში წარმოდგენილია როგორც ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის სიგნალი.

შესაბამისად, $h(t)= \text{p.v.} 1/\pi t$ -იმპულსურ მახასიათებელს ეწოდება „**ჰილბერტის კერნელი**“, ხოლო მისი $u(t)$ სიგნალთან **კონვოლუცია** წარმოადგენს **კომპლექსურ-ანალიტიკურ ფუნქციას**, განსაზღვრული ფაზური მნიშვნელობით, რომელიც ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$- H(u)(t)=h(t)*u(t); H(u)(t)=u(t)+j H(u)(t)$$

ნათლად ჩანს, რომ დროით არეში HT წარმოქმნის ანალიტიკურ სიგნალს, რომელიც შეიცავს თავად ამ სიგნალს და მის 90° -ით შებრუნებულ ვერსიას, **მყისა ფაზისა და მყისა ამპლიტუდით**, ხოლო მყისა სიხშირის გათვალისწინებით **დრო-სიხშირული წარმოდგენის** შემთხვევაში, ის ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$- \varphi(t)=\arg\{H_a(u)(t)\}= \arg\{H(u)(t)+j(H'(u)(t))\} ;$$

$$- \omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \arctan\left(\frac{\text{Im}[H(u)(t)]}{\text{Re}[H(u)(t)]}\right),$$

$$- \arg(H(u)(t)) \text{ მყისა ფაზა და } \omega(t)=\frac{d\varphi(t)}{dt} \text{ მყისა სიხშირეს}$$

ჰილბერტის გარდამნა MATLAB-ის გამოყენებით

განვიხილოთ $f(n)=m(n)\cos(2\pi f_0 n/f_s)$ ერთ-ზოლიანი SSB(Single Side Band) ამპლიტუდური მოდულაციის შემთვევა, სადაც სრული დიაპაზონიში ნახევარი ზოლის ჩახშობა განხორციელებულია ფაზირების LSB (ან USB) მოდულაციის გამოყენებით ისე, რომ სიგნალის წანაცვლებისას არ ხდება სხვა ცენტრალურ სიხშირეზე ე.წ. პარაზიტული სიხშირული კომპონენტების წარმოქმნა, რისთვისაც გამოიყენება ჰილბერტის ფილტრი.

- პირველ რიგში, განვიხილოთ იდეალური ჰილბერტის ფილტრის შემთვევა, სადაც ნათლად ჩანს ანალიტიკური სიგნალის წარმოქმნის პროცესი

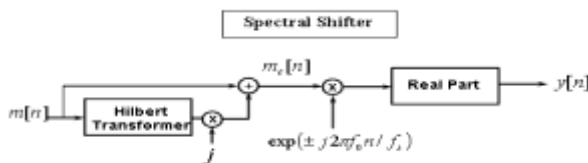
- o სიგნალის უარყოფითი სიხშირეები დაძრულია 90°-ით;
- o სიგნალის დადებითი სიხშირეები დაყოვნებულია 90°-ით;
- o ჰილბერტ ტრანსფორმის წანაცვლება(+) და მისი დამატება პირვანდელ სიგნალთან წარმოქმნის კომპლექსურ სიგნალს $m_c(n)=m_I(n)+jm_I(n)$, სადაც m_I



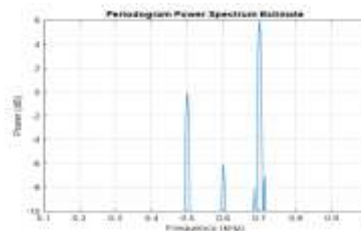
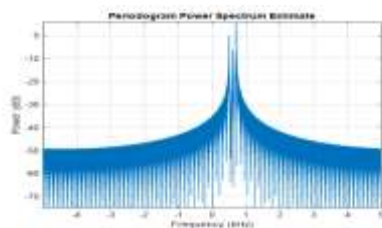
წარმოადგენს $m_I(n)$ - ის HT-ს, რომელსაც ეწოდება ანალიტიკური სიგნალი;

- სპექტრალური წანაცვლება, რომელიც სასურველ ცენტრალურ სიხშირემდე წანაცვლების საშუალებას იძლევა

- o ანალიტიკური სიგნალის წარმოქმნის პროცესში, შესაძლებელია მისი ნებისმიერ სასურველ ცენტრალური სიხშირემდე მოდულაცია:

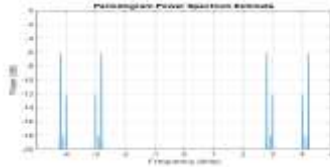


- o ანალიტიკური სიგნალი წარმოადგენს საწყისი სიგნალის და მისი ჰილბერტ ტრანსფორმის ჯამს;

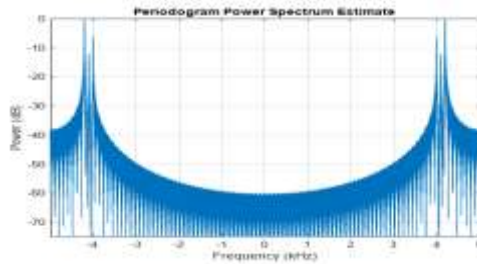


- o ნახაზიდან ჩანს, რომ ჩვენ გვაქვს კომპლექსური სიგნალი, რომელიც შეიცავს მხოლოდ პოზიტიურ სიხშირულ კომპონენტებს;

- რაც მთავარია, ანალიტიკური სიგნალის სიხშირული მდგენელების სიმძლავრე ორჯერ მეტია პირვანდელი სიგნალის სიხშირული მდგენელების სიმძლავრეზე;
- საწყისი სიგნალის დადებითი სიხშირეების კომპონენტების დონეებია -6dB, -18dB და -12dB;



- როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები, სიგნალის მოდულაცია განხორციელდა ახალ f_0 წანაცვლებულ ცენტრალურ სიხშირეზე ისე, რომ არ მომხდარა პარაზიტული წყვილი სიხშირული კომპონენტების წარმოქმნა (USB მოდულაცია);



2) ჰილბერტ-ჰუანგის გარდაქმნა (HHT-Hilbert-Huang Transform)

HHT- წარმოადგენს სიგნალის (EMD Empirical Mode Decomposition) განლაგების ემპირიულ მეთოდს, სადაც **მეისა სიხშირე** გამოითვლება **HAS** სპექტრალური ანალიზის (Hilbert Spectrum Analysis) მეშვეობით.

აღსანიშნავია, რომ **HHT** მეთოდი გულისხმობს სიგნალის ტოლი სიგრძეების **IMF** კომპონენტებად განლაგებას, რომლისთვისაც შენარჩუნებულია ყველა კომპონენტის ცვალებადი სიხშირული მახასითებლების თვისება, რის გამოც ნებისმიერი სიგნალი შესაზღვრელია განლაგდეს სასრულ რაოდენობა კომპონენტებად.

- IMF-ი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

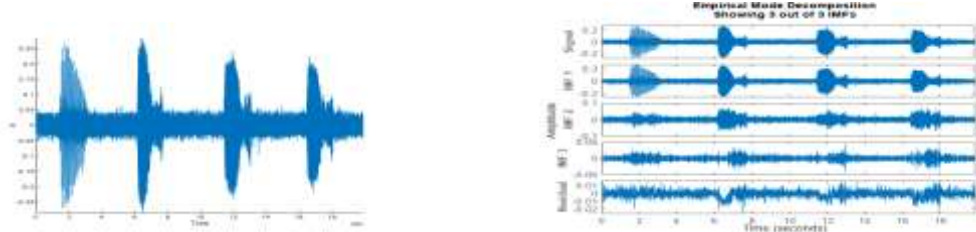
- ექსტრემუმების და ნულების თანაკვეთის რაოდენობა უნდა იყოს ტოლი ან უნდა განსხვავდებოდეს არაუმეტეს ერთისა.
 - ნებისმიერ წერტილში, მხების საშუალო მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება **ლოკალური მაქსიმუმებით** და აგრეთვე თავად მხები, რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება **ლოკალური მინიმუმებით**, უნდა იყოს ნულის ტოლი.
- ჰილბერტის სპექტრალური ანალიზი საშუალებას იძლევა ყოველი IMF კომპონენტიდან მოხდეს ე.წ. **მეისა სიხშირის**, როგორც დროითი ფუნქციის გამოყოფა(!)

$$X(t) = \sum_{j=1}^n a_j(t) \exp\left(i \int \omega_j(t) dt\right).$$

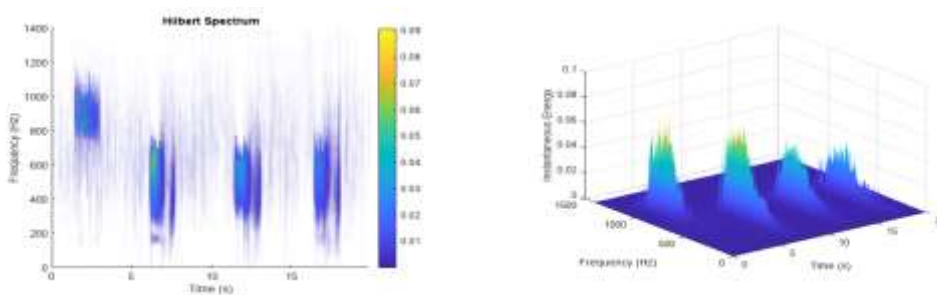
ჰილბერტ-ჰუნგის გარდაქმნა MATLAB-ის გამოყენებით

განვიხილოთ MATLAB-ში HHT-ით „ვეშაპის სიმღერის“ ჩაწერილი სიგნალის(4kHz sampling) დამუშავების შემთხვევა, რომლის მიზანია ვაჩვენოთ ხმაურის ფონზე, ოთხი ტიპის სიგნალის გამოყოფის(1x“trill” + 3x“moans”) და მისი შემდგომი დამუშავების პროცესი.

- გამოვთვალოთ HAS კონკრეტული სიხ.ზოლისთვის, რისთვისაც ე.წ. „მემპლოტი“-ის გამოყენებით
 - o EMD განლაგება უჩვენებს სამ IMF1, IMF2, IMF3 და ერთ ნარჩენ კომპონენტს;



- o ვაჩვენოთ სიგნალის ჰილბერტ-სპექტროგრამა და „მემპლოტი“



3) ვეივლეტ-გარდაქმნა (WT-Wavelet Transform)

WT-ეს არის ვეივლეტ ფუნქციის და სიგნალის კონვოლუცია, სადაც სიგნალი დროითი არედან ტრანსლირდება ე.წ. დროით-სიხშირულ არეში, შემდეგი კრიტერიუმებით:

- $\psi(t)$ ვეივლეტს უნდა გააჩნდეს სასრული ენერგია;
- ვეივლეტის საშუალო მნიშვნელობა უნდა იყოს ნულის ტოლი;
- კომპლექსური ვეივლეტისთვის ფურიე-გარდაქმნა უნდა იყოს ნამდვილი სიდიდე და მიღებადი უარყოფითი სიხშირეებისთვისაც

არსებობს უწყვეტი-CTW და დისკრეტული-DWT გარდაქმნის მეთოდები, რომელსაც გააჩნია გამოყენების სხვადასხვა სფერო.

- უწყვეტი ვეივლეტ გარდაქმნა (CWT-Continues Wavelet Transform)-ეს არის ფუნქციის წარმოდგენის მეთოდი, სადაც a და b პარამეტრების გამოყენებით, შესაძლებელია მისი დროითი ტრანსლირება(b -პარამეტრი) და მასშტაბირება(a -პარამეტრი), რომელიც $x(t)$

ფუნქციის (სიგნალის) გათვალსიწინებით ჩაიწერება შემდგენიარად:

$$X_w(a,b) = \frac{1}{|a|^{1/2}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

სადაც $\psi(t)$ ეწოდება “mother wavelet”, ხოლო $a \in \mathbb{R}^{++}$ და $b \in \mathbb{R}$;

უწყვეტი ვეივლეთი ტიპები

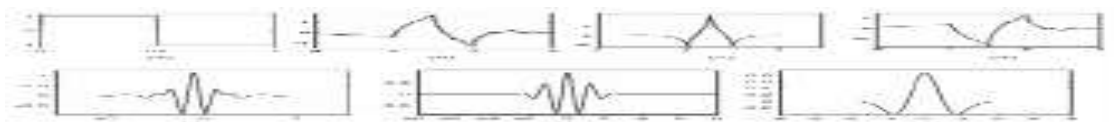
- Beta wavelet(Real-valued);
- Meyer wavelet(Real-valued);
- Mexican hat wavelet(Real-valued);
- Shannon wavelet (Real-valued/Complex-valued);
- Complex Mexican hat wavelet(Complex-valued);
- Morlet wavelet(Complex-valued);
- Complex Mexican hat wavelet;
- Modified Morlet wavelet;

- დისკრეტული ვეივლეტ ტრანსფორმი (DWT-Discrete Wavelet Transform)-ეს არის Wavelet Transform-ის შემთხვევა, სადაც მისი ყველა კომპონენტ ვეივლეთი არის დისკრეტიზირებული ხოლო j და k სიდიდეები წარმოადგენენ მისი ტრანსლირებისა და მასშტაბიზაციის პარამეტრებს

$$\psi_{j,k}(t) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi\left(\frac{t - k2^j}{2^j}\right)$$

დისკრეტული ვეივლეტის ტიპები

- Coiflet;
- Cohen-Daubechies-Feauveau wavelet;
- Daubechies wavelet;
- Haar wavelet;
- Legendre wavelet;



ვეივლეტ გარდამნა MATLAB-ის გამოყენებით

MATLAB-ის გამოყენებით, მოვახდინოთ ფოტო-სურათის დამუშავება, რომელიც გულისხმობს ხელოვნური დამახინჯების აღმოფხვრის ვეივლეტ-დენოსინგის მეთოდების გამოყენებას

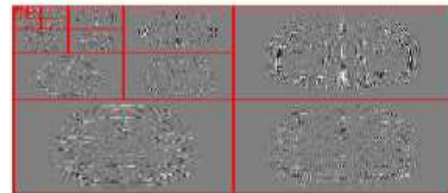
- მოვახდინოთ ფოტო-სურათის ჩატვირთვა MATLAB-ში

- `>> name = 'katedra';`
- `>> n0 = 512;`
- `f = load_image(name,n0);`
- `f = rescale(sum(f,3));`
- `>> clf;`
- `imageplot(f);`



- ვაჩვენოთ ვეივლეტ კოეფიციენტების რეზულტატი

- `>>plot_wavelet(fW);`



- მოვახდინოთ რეკონსტრუქციის პროცესი უკუ-ვეივლეტ ტრანსფორმის {Ψ} გამოყენებით

- `>> f1 = PsiS(fWT);`
- `>> clf;`
- `>>imageplot(f, 'Image', 1,2,1);`
- `>>imageplot(clamp(f1), strcat(['Approximation']`



4) გაბორის ფილტრი (Gabor Filter)

გაბორის წრფივი ფილტრი, რომელიც კავშირიშია გაბორის ვეივლეტთან (GW), გამოიყენება გამოსახულების სიგნალის ტექსტურული ანალიზისას, რომელიც გამოიყენება სახის და მოძრავი ობიექტების ამოცნობის დეტექტორების გადაწყვეტილებებში.

აღსანიშნავია, რომ თავად დეკომპოზიციის პროცესში GW-ი პირდაპირი ფორმით არ გამოიყენება მისი რთული გამოთვლების გამო, რისი თავიდან აცილების გამოც იყენებენ ფილტრების სპეციალურ ბლოკს, რომელსაც გააჩნია სხვადასხვა მასშტაბები და ფაზორები, რის შედეგადაც ხდება ფილტრის მახასიათებლების სიგნალთან კონვოლუცია, რომელიც წარმოქმნის ე.წ. გაბორის-სივრცეს.

- გაბორის ფილტრის იმპულსური მახასიათებელი ჩაიწერება როგორც ჰარმონიული ფუნქციის და გაუსის ფუნქციის კონვოლუცია;
- GF-ის კომპლექსური იმპულსური მახასიათებლის ფურიე-ტრანსფორმი წარმოადგენს თავად ჰარმონიული ფუნქციის და გაუსის ფუნქციის ფურიე-ტრანსფორმებს, რომელიც ჩაიწერება შემდეგნაირად:

o GF-ის კომპლექსური იმპ.მახასიათებელი

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x^2 + \gamma^2 y^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(i\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \psi\right)\right)$$

გაბორის ფილტრის(GF)-ის MATLAB-ში რეალიზაცია

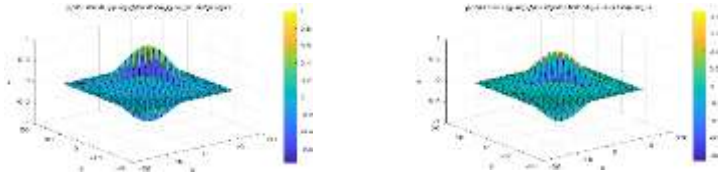
MATLAB-ის გამოყენებით, მოვახდინოთ გაბორის ფილტრის რამდენიმე რეალიზაცია

1) პირველ რიგში მოვახდინოთ ფილტრის იმპ.მახასიათებლის პარამეტრების განსაზღვრა

```
>> size = 31; lambda = 4; psi = 0; theta = 3*pi/4; sigma = 3; gamma = 0.5; G = Gabor_Kernel(size,lambda,theta,psi,sigma,gamma);
```

```
>>x = linspace(-(size-1)/2,(size-1)/2,size); y = linspace(-(size-1)/2,(size-1)/2,size);
```

2) მოვახდინოთ პლოტების დაბეჭდვა



3) განვსაზღვროთ „გაბორის-კერნელი“ სხვადასხვა θ -თვის($\theta = 0$, $\theta = \pi/4$, $\theta = \pi/2$, $\theta = 3\pi/4$)

```
>> G1 = Gabor_Kernel(size,lambda,0,psi,sigma,gamma); G2 =  
Gabor_Kernel(size,lambda,pi/4,psi,sigma,gamma);
```

```
>>G3 = Gabor_Kernel(size,lambda,pi/2,psi,sigma,gamma); G4 =  
Gabor_Kernel(size,lambda,3*pi/4,psi,sigma,gamma);
```

4) ჩავტვირთოთ გამოსახულების სურათი

```
>> I = imread('lena.png'); figure,imshow(I,[]);
```



5) მოვახდინოთ გაბორის ფილტრის გამოყენება G1, G2,G3 და G4 გათვალისწინებით და მათი ტექსტურულ პლოტებად გამოტანა

```
>> I_filtered1 = real(filter2(G1,I)); I_filtered2 = real(filter2(G2,I));I_filtered3 =  
real(filter2(G3,I));I_filtered4 = real(filter2(G4,I));
```



6) საბოლოო ტექსტურული პლოტის გამოტანა

```
>>I_add =I_filtered1 + I_filtered2 + I_filtered3 + I_filtered4; figure,imshow(I_add,[]);  
figure,imshow(I_add,[]);
```



დასკვნა

როგორც უკვე ავლინებთ **HT** და **HHT**-ის შედარებისას, მათ გააჩნიათ განსხვავებული გამოყენების სფეროები, სადაც **HT**-ი გამოიყენება როგორც სტაციონალური ასევე არასტაციონალური სიგნალების დამუშავებისას **დრო-სიხშირულ არეში**, ხოლო **HHT**, რომელიც გულისხმობს სიგნალების **IMF** დეკომპოზიციური მეთოდით წარმოდგენას, ძირითადად გამოიყენება არასტაციონალური შემთხვევებისთვის, თუმცა ძალიან იშვიათად, არსებობს მისი სტაციონალური შემთხვევების გამოყენების შემთხვევებიც.

HHT -ის ძირითადი უპირატესობა კომპონენტების სპექტოგრამების წარმოდგენის მეთოდშია, სადაც თვალნათლივ ჩანს ყველა სიხშირული კომპონენტების დროითი განაწილება(სპექტროგრამები **MATLAB**-ში), რაც წამოადგენს მის ძირითად უპირატესობას დამუშავების სხვა მეთოდებთან შედარებით.

რაც შეეხება **HHT** და **WT**-ს შედარებას, მათაც, მიუხედავად რამდენიმე მსგავსებისა(მაგ.დრო-სიხშირე ლოკალიზაცია!) გააჩნიათ გამოყენების სხვადასხვა სფეროები, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ **HHT**-ის გააჩნია თითქმის 100% აპროქსიმაცია, მათი გამოყენება რეალური „ლაივ“ სიგნალების (ხმოვანი ან სატელევიზიო სტრიმები) დასამუშავებლად შეუძლებელია, მისი არასტაციონალური მეთოდით დამუშავების სტრუქტურულიდან გამომდინარე.

რაც შეეხება **Wavelet Transform**-ს და **Gabor Transform**-ს, ისინი გამოიყენება როგორც სტაციონალური, ასევე არასტაციონალური სიგნალების დამუშავებისთვის და გამომდინარე იქიდან, რომ ისინი კარგად არიან ინტეგრირებული **MATLAB**-სა და სხვა მსგავს (მაგ. **Wolfram, Intel(Altera)-Quartus, National-Instruments** ...)პლატფორმებში, მათი გამოყენება საკმაოდ ეფექტურია ყველა თანამედროვე აპარატურულ გადაწყვეტილებებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Huang N. E., Shen Z., Long S. R., Wu M. C., Shih H. H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C. C., and Liu H. H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis, E. (December 1962). A product theorem for Hilbert transforms (PDF) (Report). Rand Corporation. RM-3439-PR.
2. Bitsadze, A. V. (2001) [1994], "Boundary value problems of analytic function theory"
3. Huang, Norden; Attoh-Okine, Nii O., eds. (2005). The Hilbert-Huang Transform in Engineering. USA: Taylor & Francis Group. p. 1. ISBN 978-0-8493-3422-1.
4. Oppenheim, Alan V.; Schafer, Ronald W.; Buck, John R. (1999), Discrete-time signal processing (2nd ed.), Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, ISBN 0-13-754920-2
5. Introduction to Digital Signal Processing Theory and Applications Using MATLAB®, **Kathleen A.K. Ossman, Ph.D.** kathy.ossman@uc.edu Department of Engineering Education University of Cincinnati Cincinnati, OH 45221
6. Fundamentals of Digital Signal Processing Using MATLAB®, Robert J. Schilling and Sandra L. Harris

Modern Mathematical Method of Signal Processing using MATLAB

Niko Sulkhaniashvili, Company: UGT, E-mail: n.sulkhaniashvili@ugt.ge

Revaz Svanidze, Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160, Tbilisi, Georgia, E-mail: r.svanidze@gtu.ge

Vakhtang Abuladze, Department of Digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160, Tbilisi, Georgia, E-mail: v.abuladze@gtu.ge

Conclusion:

“As we have already mentioned when comparing HT and HHT, they have different applications, where HT is used for both stationary and non-stationary signal processing in the time-frequency domain, while HHT, which implies a decomposable representation of IMF signals, is mainly used for non-stationary cases, but very rarely there are opportunities for its use in stationary cases.

The main advantage of HHT is that with the help of spectrograms, the version of which we have already considered using the Hilbert spectrum function, it can show us the distribution of frequency components over time, which is quite important in the case of some signal processing, and this represents its main advantage over other methods.

As for the comparison of HHT and WT, they are also, despite some similarities (e.g. Time-frequency localization!) They have different fields of application, because, as already mentioned, the use of HHT for real signals (voice or television "live broadcasts") does not matter because of its non-static structure of the signal processing method.

As for the wavelet transform is used for both stationary and non-stationary signal processing, and based on its structure (many varieties!) Therefore, this implies that power is well described by a powerful mathematical apparatus, and that is why its use is becoming increasingly possible.”

KeyWords: Linear-time Invariant(LTI), Laplace Transform(LT), Z-Transform(ZT), Hilbert Transform(HT), Hilbert-Huang Transform(HHT), Wavelet Transform(WT), Continuous and Discrete WT(CWT & DWT), Gabor Transform(GT), Hardware Development Language (HDL), p.v.-principal value, Hilbert Spectrum Analyses(HAS), Empirical Mode Decomposition(EMD), Intrinsic Mode Function(IMF), EEG&ECG.

თანამედროვე ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გავლენა საზოგადოების ფორმირებაზე

ემელიანე გოგილიძე¹, ნათია გოგილიძე²

შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

emelianegogilidze1g@gmail.com, nataligogilidze@gmail.com

რეზიუმე

სტატია ეხება ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ისტ) ხელმისაწვდომობასა და მათ ყოველდღიურ ცხოვრებაში ინტეგრაციას. დღესდღეობით წარმოდგენილია

ცხოვრება ტექნოლოგიების გარეშე. ტექნოლოგიები ჩართულია ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში, რაც დიდ დროსა და ძალისხმევას უზოგავს ადამიანს. ინფორმაციულმა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ჩართვას ყოველდღიურ ცხოვრებაში, და ამ თვალსაზრისით გავლენის მოხდენას საზოგადოების ფორმირებაზე, დიდ ყურადღებას უთმობენ სხვადასხვა ქვეყნები, რადგან მისი მეშვეობით ყოველდღიურობა ხდება მეტად მრავალფეროვანი, საინტერესო, მიმზიდველი, სტიმულის მომცემი იმ სოციუმისთვის სადაც ასეთი სიახლეები ინერგება. ისტ-ის გამოყენება მაგ.: სკოლებში გაკვეთილის მსვლელობისას, ერთ-ერთი ეფექტური თვალსაჩინოებაა, რაც ადვილად აღსაქმელს და გასაგებს ხდის მოსწავლეთათვის მიწოდებულ ახალ ინფორმაციას. საზოგადოების ფორმირება ადრეული ასაკიდან კი საუკეთესო საშუალებაა, მომავალში ჯანსაღი სოციუმის ჩამოყალიბების საქმეში. სწორედ ამიტომ სახელმწიფო ბევრ ნაბიჯს დგამს (ან უნდა დგამდეს), როგორც ისტ-ის ხელმისაწვდომობის გასაზრდელად, ისე მისი განათლებაში ინტეგრაციისათვის. როგორც ქართული, ასევე უცხოენოვანი კვლევების გაცნობის შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დღევან-დელი განათლების პროცესი ტექნოლოგიების გარეშე ნაკლებად საინტერესო და ინფორმაციულია, ამიტომ ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ხელმისაწვდომობისა და განათლებაში ინტეგრაციის კვლევა აქტუალურია. ისტ-ი სწრაფად განვითარებადი და მზარდი სფეროა, რომელიც IV ინდუსტრიული რევოლუციის - **ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქაში** განსაკუთრებულ როლს თამაშობს გლობალური დღის წესრიგის ფორმირებაში, მსოფლიო ეკონომიკურ მოვლენებში, საზო-გადოებრივ განვითარებაში, საჯარო ადმინისტრირებასა და მართვაში. თანამედროვე ადამიანის-თვის კი, მისი მოღვაწეობის ინტერესებისა თუ საქმიანობის სტილის მიუხედავად, ციფრულ სამყაროში ადაპტირება და ამისთვის უნარ-ჩვევების შექმნა-გაუმჯობესება სასიცოცხლოდ აუცილებელი ფაქტორია. თანამედროვე გამოწვევები საჭიროებს არსებული შესაძლებლობების მაქსიმალური გამოყენებით თანამედროვე გადაწყვეტილებების მიღებას. ნებისმიერი განვითარებული ქვეყნის საჯარო სექტორი ციფრული ტრანსფორმაციის პროცესში აქტიურად უნდა ეცნობოდეს და იკვლევდეს ახალ ტექნოლოგიებს, თანამედროვე ინოვაციურ მიღწევებს, და ცდილობდეს ამ ტექნო-ლოგიური ნოვაციების გამოყენებით გაზარდოს საჯარო სექტორის ეფექტიანობა, ეფექტურობა, ანგარიშვალდებულება, ღიაობა და მომხმარებელზე ორიენტირებული, სანდო და საიმედო სერვისები შესთავაზოს ინფორმაციულ საზოგადოებას. „ციფრული“ არ არის მხოლოდ ტექნოლოგიის აღმნიშვნელი ტერმინი, არამედ ის განსაზღვრავს თუ რა შეუძლია ისტ-ის სოციალურ-ეკონომიკური პროცესებისა და სხვადასხვა სფეროს ტექნოლოგიური ტრანსფორმაციით. „ციფრული ტრანსფორმაცია“ გულისხმობს პრობლემების გადაჭრის ახალ გზებს, უნიკალური გამოცდი-ლების შექმნას და ბიზნეს-პროცესების გაუმჯობესებას, რომლის მიზანი განათლებული და ყოველ მხრივ განვითარებული საზოგადოების ფორმირებაა.

საკვანძო სიტყვები: საინფორმაციო სისტემა, თანამედროვე ტექნოლოგიები, ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები.

1. შესავალი

XXI საუკუნე ტექნოლოგიების ერაა. დღეს ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე შეუძლებელია წარმატებას მიაღწიო პირად საქმიანობასა თუ განათლებაში. ტექნოლოგიები გვეხმარება ყოველდღიურ ცხოვრებაში და გვიმარტივებს სხვადასხვა ამოცანების შესრულებას თუ პრობ-ლემათა გადაჭრას. ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრაციას ჩვენი ყოველდღიურობის ყველა სფეროში ბევრი დადებითი აქვს. ინოვაციებზე

ადაპტირებული საზოგადოების ფორმირებისათვის უმნიშვნელოვანესია ისტ-ის სკოლებში დანერგვა, რათა ვუზრუნველყოთ მომავალი თაობის ინოვაციურ ტექნოლოგიებთან ადაპტაცია, რადგან ამის გარეშე მოსწავლეებს გაუჭირდებათ ტექნოლოგიური უნარების გამომუშავება, რაც მათი მომავალი წარმატებისათვის ხელის შემშლელი ფაქტორი გახდება. ბოლო ათწლეულია, რაც მთელი მსოფლიო, განსაკუთრებით განვითარებული ქვეყნები, ცდილობენ ისტ-ის დანერგვას სხვადა-სხვა, მათ შორის განათლების სფეროში. ევროპის, აშშ-სა და რამდენიმე სხვა სახელმწიფოს საგანმანათლებლო სისტემა აქტიურად ცდილობს ადრეული ასაკიდანვე ბავშვებისთვის ინფო-რმაციული ტექნოლოგიების ეფექტურად გამოყენების უნარების განვითარების ხელშეწყობას.

დღესდღეობით, ძალიან ბევრი განვითარებული ქვეყანა ცდილობს ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ჩართვას სხვადასხვა სფეროში: ეკონომიკა, განათლება, თავდაცვა, კულტურა და ა.შ. ის ფაქტი, რომ ადამიანს თავის საქმიანობაში ისტ-ის გამოყენებით დიდი დროის დაზოგვა შეუძლია, კიდევ უფრო მეტ მნიშვნელობას ანიჭებს ისტ-ის გამოყენებას, რადგან დაჩქარებული კომუნიკაციის ეპოქაში ვცხოვრობთ.

2. ძირითადი ნაწილი

ისტ - ციფრული ტექნოლოგიების, საკომუნიკაციო საშუალებებისა და/ან ქსელების გამოყენების უნარი მათი დანიშნულების შესაბამისად. ისტ-ი იძლევა სასურველი ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, ერთმანეთთან დაკავშირების, შეფასების, ანალიზის, ახლის შექმნისა და გადაცემის შესაძლებლობას. ჩვენ მოვიხმართ ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებს: ვსარგებლობთ მობილური ტელეფონით, ვუკავშირდებით ერთმანეთს ელ. ფოსტის საშუალებით, მოვიძიებთ ინფორმაციას ინტერნეტში, ერთმანეთს ვუზიარებთ და ვუცვლით ინფორმაციას. ჩვენი ყოველდღიური თუ პროფესიული საქმიანობა სულ უფრო მეტად მოითხოვს ისტ-ის საფუძვლიან ცოდნასა და სისტემატურ გამოყენებას. ისტ-ის სწავლა ემსახურება ეთიკური, ინფორმირებული, კანონის პატივისმცემელი და ტექნოლოგიური მიღწევების ეფექტურად გამოყენების უნარის მქონე პიროვნების აღზრდას.

ტექნოლოგიების დამსახურებით, თანამედროვე სამყაროში აღარ არსებობს გეოგრაფიული თუ სოციალური ბარიერები, შექმნილია უამრავი ელექტრონული სასწავლო კურსი და ელექტ-რონული უნივერსიტეტი, რომელშიც სწავლება მთლიანად ელექტრონულად მიმდინარეობს, და ბევრად ხელმისაწვდომია სხვა ქვეყნებში მცხოვრები სტუდენტებისათვის (სურ.1) [1,2,3]:



სურ.1. ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები

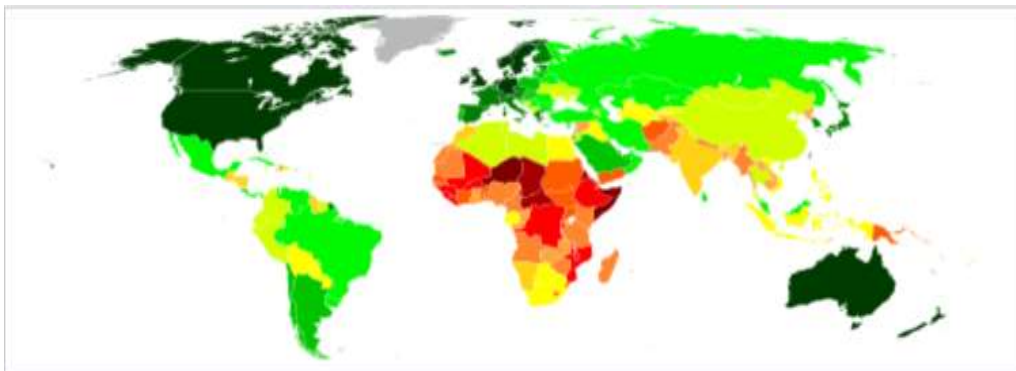
„რადგან საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები სწრაფად ვრცელდება სოციალურ და ეკონომიკურ სფეროებზე, აუცილებელია ყველა მოქალაქეს საშუალება ჰქონდეს შეიძინოს საწყისი უნარ-ჩვევები, რათა გახდნენ საინფორმაციო საზოგადოების სრულფასოვანი

წევრები. ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დანერგვა მოსახლეობის ყოველდღიურ ცხოვრებაში, აგრეთვე აღნიშნული ტექნოლოგიების სფეროში მომუშავე პროფესიონალების რიცხვის გაზრდა. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ადამიანური რესურსების განვითარებას საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების სფეროში და მოსახლეობაში აღნიშნულ ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული ცოდნის გავრცელებას“ [APT Asia-Pacific Summit on the Information Society: 31 Oct- 2 Nov 2000, Tokyo Declaration]. [4].

ინფორმაციული ტექნოლოგიები სწრაფი ტემპით ვითარდება, რასაც განაპირობებს უფრო იაფი, სანდო და სწრაფი ინტერნეტის გამოყენება, აგრეთვე ის ფუნდამენტური ცვლილებები, რაც მოსდევს აპლიკაციების შექმნას, განვითარებას, დანერგვა/გამოყენებას მთელს მსოფლიოში. დღეს კომპანიები ინტერნეტს იყენებენ, როგორც აპლიკაციების პლატფორმას. ასეთი ტექნოლოგიები (მათ მოიხსენიებენ, როგორც **Web 2.0.**) **Web-საზოგადოებებისა და ჰოსტინგური** მომსახურების შექმნისა და განვითარების საფუძველი გახდა (სოციალური ქსელების საიტები, ვიდეო საიტები, **wikis**, და ბლოგები).

XXI საუკუნემ განაპირობა განვითარების „ციფრულ რელსებზე“ გადასვლა, მაგრამ მიუხედავად ამისა მაინც „ღრმა უფრსკულია“ განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის.

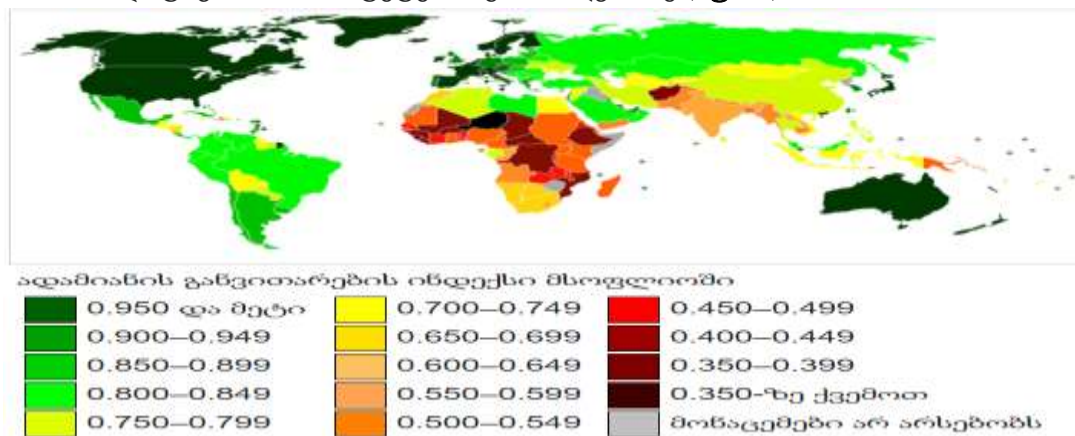
განვითარებადი ქვეყნები — დაბალი ცხოვრების დონეა, განუვითარებელი ინდუსტრიული ბაზა და საშუალო ან დაბალი ჰუმანური განვითარების ინდექსია (**HDI - Human Development Index**). განვითარება მოიცავს **თანამედროვე ინფრასტრუქტურას** (ფიზიკურს და ინსტიტუცი-ონალურს); დაბალი ღირებულების სექტორებიდან: **სოფლის მეურნეობა** და **ბუნებრივი რესურსების** წარმოება, ჩანაცვლება ხდება უფრო მაღალტექნოლოგიურ და ინტელექტუალურ სფეროებზე. **განვითარებული ქვეყნების** — ეკონომიკა ემყარება მუდმივ თვითუზრუნველყოფად ეკონომიკურ ზრდას და ცხოვრების მაღალ დონეს (**სურ. 2**):



სურ.2. მსოფლიოს ფერადი რუკა HDI-ის მიხედვით (2023). ქვეყნები ყვითლად/წარინჯისფრად მიუთითებს ჰუმანურ განვითარებაზე, ხოლო წითლად შეღებილი დაბალ ჰუმანურ განვითარებაზე

ადამიანის განვითარების ინდექსი HDI(Human Development Index) მსოფლიოს ნებისმიერი ქვეყნისთვის წარმოადგენს ინდიკატორს მისი განვითარებისა, და აერთიანებს ამ განვითარების ისეთ საზომებს, როგორცაა: სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა; განათლების დონე და **მთლიანი შიდა პროდუქტი** 1 სულ მოსახლეზე გაანგარიშებით. **HDI, გაეროს** მიერ აღიარებულია ადამიანური განვითარების განსაზღვრის სტანდარტულ საშუალებად.

HDI-ის ინდექსის მთავარი დანიშნულებაა, განსაზღვროს ქვეყნის ადამიანური განვითარების დონე, რომელიც ასევე იმ ჯგუფს განსაზღვრავს, რომელსაც ეს ქვეყანა განეკუთვნება – განვითარებული, განვითარებადი თუ დაბალგანვითარებული. „ჰუმანური განვითარება“ — ეს არის კონცეფცია, „გაერთიანებული ერების განვითარების პროგრამის“ (UNDP-United Nations Development Programme) მიხედვით, ეხება ადამიანთა შესაძლებლობების ზრდის პროცესს, შემოსავლების ზრდას, დასაქმებას, განათლების მიღებისთვის უკეთესი პირობების შექმნას, ჯანდაცვას და ა. შ. - ეს ინდექსი [1980](#) წ. შეიმუშავეს [მ. ჰაქმა](#) და [რ. ჯოლიმ](#). მას შემდეგ, „გაეროს განვითარების პროგრამა“ თავის ყოველწლიურ „ადამიანური განვითარების ანგარიშში“ იყენებს ამ ინდექსს. HDI შეიქმნა იმ პრინციპზე დაყრდნობით, რომ ადამიანები და მათი შესაძლებლობები უნდა იყოს ქვეყნის განვითარების შეფასების საბოლოო კრიტერიუმები და არა მხოლოდ ეკონომიკური ან სხვა სექტორული საქმიანობა. HDI შეიძლება გამოყენებულ იქნას ეროვნული [პოლიტიკის](#) განსაზღვრის პროცესში კერძოდ, თუ როგორ შეიძლება, რომ ქვეყნებმა განსხვავებული ადამიანის განვითარების ინდექსი აჩვენონ და რა არის ამის გამომწვევი ძირითადი მიზეზები? ამ კონტრასტებმა შეიძლება გამოიწვიოს დიდი ზეგავლენას მთავრობის პოლიტიკის პრიორიტეტების განსაზღვრაზე ([სურ.3](#)):



სურ.3. HDI ადგენს კრიტერიუმებს და გვიჩვენებს, ამ კრიტერიუმების მიხედვით თუ რა საფეხურზეა ქვეყანა. ეს ყველაფერი გამოსახულია მაჩვენებლით 0-დან 1-მდე

თითოეული კრიტერიუმი განსხვავებულად ფასდება. ჯანმრთელობის განზომილება ფასდება დაბადებისთანავე სიცოცხლის ხანგრძლივობით; განათლების განზომილება ფასდება სკოლამდლი ასაკისა და საშუალო ასაკის, დაახლ. 25 წლის და მეტი ასაკის მოზრდილების სექტორის მიხედვით; ცხოვრების განზომილების სტანდარტი კი იზომება 1 სულ მოსახლეზე მთლიანი ეროვნული შემოსავლის მიხედვით. HDI ყურადღებას ამახვილებს მხოლოდ იმ ნაწილზე, რაც უშუალოდ ადამიანის, როგორც ინდივიდის განვითარებას გულისხმობს. ეს მნიშვნელოვნად არ ეხება უთანასწორობას, სიღარიბეს, ადამიანის უსაფრთხოებას, უფლებამოსილებას და სხვა მსგავს საკითხებს.

2023 წლის დასკვნაში მოცემულია 189 ქვეყნის და ტერიტორიის, 15 რეგიონის ან ჯგუფის შესაბამისი მონაცემები, [2022](#) წელს შეგროვებულ მონაცემებზე დაყრდნობით. [2010](#) წლის ანგარიშში დაინერგა უთანასწორობის ადაპტირებული ადამიანის განვითარების ინდექსი (IHDI - Inequality-adjusted Human Development Index), რომელიც აფასებს ქვეყნებს უთანასწორობის IV განზომილებაში. მოხსენებაში ნათქვამია, რომ “IHDI არის ადამიანის განვითარების რეალური დონე და HDI შეიძლება ჩაითვალოს ადამიანის განვითარების პოტენციურ განმსაზღვრელ ინდექსად”.

2023 წლისათვის, HDI მსოფლიოს 40 ყველაზე მძლავრი ქვეყნისთვის მოწინავე ადგილზეა, იმ პოლიტიკის გათვალისწინებით, რომელიც გავლენას ახდენს 5 მილიარდ-ზე მეტ ადამიანზე, როგორც უშუალოდ ზემოაღნიშნული ქვეყნების ტერიტორიაზე, ასევე, მათ ფარგლებს გარეთ, მსოფლიოს დარბ ქვეყნებშიც. ამის გამომწვევი მიზეზები ბევრია და აერთიანებს ისეთ ინდექსებს, რომელიც მოიცავს 7 განსხვავებული პოლიტიკის სფეროებს: 1. ფინანსები, 2. ინვესტიცია, 3. მიგრაცია, 4. ვაჭრობა, 5. გარემო, 6. დაცვა და 7. ტექნოლოგია.

- **წლევანდელი განვითარების თვალსაზრისით:**

პირველ ადგილზეა შვედეთი - წარმატებით ახერხებს აღნიშნული 7 სფეროდან 6-ის განვი-თარებას, პირველ რიგში მიგრაციის საკითხს; განვითარების დაფინანსებას; ვაჭრობას, ინვესტიციებს და უსაფრთხოებას. მაგრამ, მას აქვს ვალდებულება ტექნოლოგიის გაუმჯობესე-ბის თვალსაზრისით, სადაც ის XX ადგილზეა.

მეორეზე საფრანგეთი - მეორე ადგილზეა გარემოს, ხოლო მესამეზე ინვესტიციების პროგრე-სის კუთხით, მაგრამ გვევლინება საშუალო საფეხურის ქულით ფინანსებსა და მიგრაციაში.

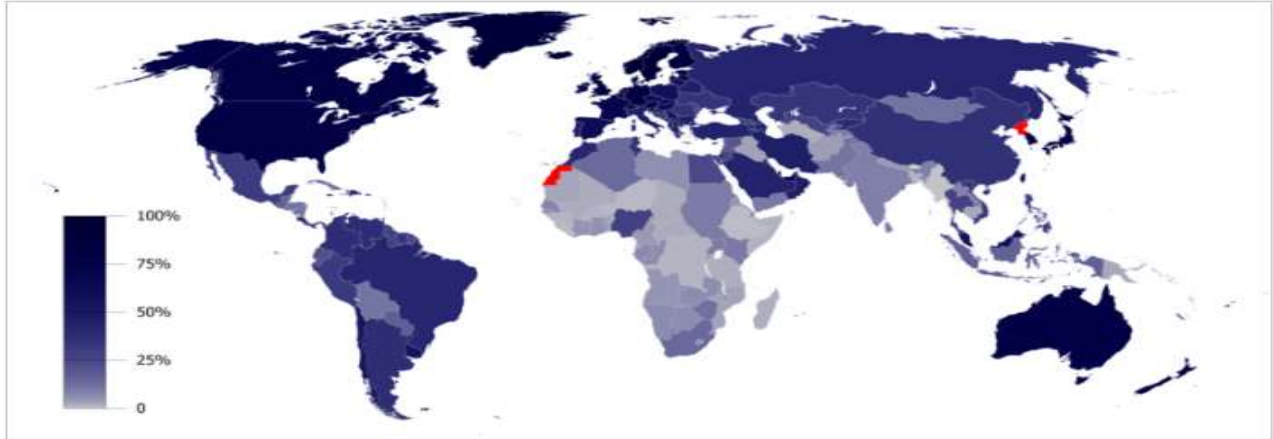
მესამეზე ნორვეგია - მაღალი ქულები აქვს ფინანსებსა და მიგრაციას, მაგრამ საზრუნავი აქვს ვაჭრობისა და გარემოს გაუმჯობესების კუთხით.

ქვეყნების შემოსავლის მზარდი მაჩვენებლით წინ მიიწევს: [პორტუგალია](#), [სამხრეთ აფრი-კა](#), [ჩილე](#) და [უნგრეთი](#). **ნორვეგია**, ლუქსემბურგი და შვეიცარია მნიშვნელოვნად ჩამოუვარ-დება შემოსავლის დადგენილ სტანდარტს. **COVID-19** პანდემია იყო მნიშვნელოვანი გამოწვევა და პრობლემა **HDI**-თვის მსოფლიოში, რომლის დროსაც ცალკეული ქვეყნები წარმატებით და ეფექტურად მონაწილეობდნენ მის გადატანასა და შესაბამისად, ჯანდაცვისა თუ სხვა სოცია-ლურ სფეროში კონტრიბუციის თვალსაზრისით. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კონტრიბუტორი იყო [სამხრეთ კორეა](#). პანდემიის განმავლობაში, განვითარების ინდექსების შესაბამისად, ანტიმიკრობულ პროცედურებსა და ზოგადად, მსგავსი საფრთხეების თავიდან აცილებას ეფექტურად ახერხებდა და მოწინავე იყო ამ ნაწილში [ნიდერლანდები](#).

2023 წ. **HDI**-ის მიხედვით მსოფლიოს 189 ქვეყნიდან საქართველო 61-ე ადგილზეა. საქარ-თველოს ადამიანის განვითარების ინდექსის მაჩვენებელი 0.812-ია, რაც ადამიანის განვითა-რების უმაღლესი დონის პროპორციულია. 2023 წ. ანგარიშის მიხედვით, ადამიანების კეთილ-დღეობა კომპლექსურ ფაქტორებზეა დამოკიდებული, რომლებიც ფინანსების გარდა, სხვა მაჩ-ვენებლებსაც აერთიანებს. ამის გათვალისწინებით, **HDI** ჯანმრთელობასთან, განათლებასთან და შემოსავლებთან დაკავშირებულ მონაცემებს აფასებს.

2000-2022 წწ.-ში საქართველოს მაჩვენებელი 0.669-დან 0.786-მდე გაიზარდა, რაც 17.5%-იან ზრდაზე მიუთითებს. სიცოცხლის ხანგრძლივობა 3.2 წლით გაიზარდა, სასკოლო განათლების საშუალო ხანგრძლივობა 1.1 წლით, ხოლო სასკოლო განათლების მოსალოდნელი ხანგრძ-ლივობა - 3.0 წლით. 1990-2018 წწ-ში საქართველოს მთლიანი ეროვნული შემოსავალი 1 სულ მოსახლეზე დაახლ. 19.8%-ით გაიზარდა. თუმცა ამ პროგრესის პარალელურად, უთანასწო-რობის დაკორექტირებული მაჩვენებელი საგრძნობლად მცირდება, კერძოდ, 12%-ით, რაც მის **HDI**-ის საერთო მაჩვენებელს 0.692-მდე ამცირებს. მნიშვნელოვანია ასევე გენდერული უთანას-წორობის საკითხში ცვლადების დადგენა. საქართველო 162 ქვეყნიდან 75-ზეა. ქალთა წარმომადგენლობა პარლამენტში 15%-ია. ზრდასრული ქალების 97.4%-ს სულ მცირე საშუალო განათ-ლება აქვს მიღებული. კაცებში იგივე მაჩვენებელი 98.6%-ია. შრომის ბაზარზე კი ქალების მონაწილეობა 57.8%-ია, ხოლო კაცების - 78.7%.

დღევანდელ დღეს განათლებული, ჯანსაღი და განვითარებული საზოგადოების ფორმირე-ბისათვის ბევრ სხვა ასპერქტთან ერთად უმნიშვნელოვანესი ადგილი ინტერნეტს უჭირავს. მისი მეშვეობით შესაძლებელია არამხოლოდ განათლების მიღება და კონტაქტების დამყარება, ასევე ყველაზე მნიშვნელოვანი დღევანდელ აჩქარებულ მსოფლიოში - დროის დაზოგვა (სურ.4):



სურ.4. ინტერნეტის მომხმარებელთა განაწილების რუკა მთელს მსოფლიოში (მოსახლეობის %) ინტერნეტიზაცია საქართველოში:

- თბილისი - 100 %;
- აჭარა - 100 %;
- დანარჩენი ტერიტორია - 60 %.

ინტერნეტის გამოყენების პოლიტიკა - ამ პოლიტიკაში განსახილველი საკითხები მოიცავს:

- ინტერნეტის გამოყენების შემოფარგვლას ბიზნეს-მიზნებით;
- იმ საიტებზე წვდომის აკრძალვას, სადაც ხდება სქესის, სექსუალობის, რელიგიის, ეროვნების, ანდა პოლიტიკის შეურაცხყოფა;
- სხვა აკრძალულ საიტებს (რომლებმაც შეიძლება გავლენა მოახდინოს პროდუქტიულო-ბაზე);
- ჩამოტვირთვები უნდა მოხდეს მხოლოდ უსაფრთხო და ცნობილი Web-საიტებიდან;

ინოვაციური ტექნოლოგიები საუკეთესო გზებს გვთავაზობს დავალებათა ავტომატიზირების, მონაცემთა დამუშავების პროცესის შემსუბუქებისა და ადამიანების მომავალი საჭიროებების პროგნოზირებისთვის. კვლევები აჩვენებენ, რომ ახალ თაობას სურს, ტექნოლოგიების მეტი გამოყენება. ამიტომ ტექნოლოგიების დანერგვაში არასაკმარისი ინვესტირება დაუშვებელია. ტექნოლოგიები განიხილება, როგორც ადამიანებისათვის დამატებითი ღირებულების შექმნის შესაძლებლობა.

დრუბლოვანი გამოთვლები და ჰოსტინგური აპლიკაციები - აადვილებს მონაცემებზე წვდო-მას რეალურ დროში. მის უპირატესობას წარმოადგენს ეფექტურობის გაუმჯობესება, ხელმი-საწვდომობის ზრდა, მასშტაბების მოქნილი ცვალებადობა, სწრაფი განთავსება და წინასწარ გა-წეული ნაკლები ხარჯი. დრუბლოვანი პროვაიდერები მომსახურების 3 მოდელს გვთავაზობენ:

1. პროგრამული უზრუნველყოფა (SaaS) - მონაცემთა სინქრონიზებაში დროის დახარჯვის ნაცვლად, შესაძლებელია მონაცემებზე ონლაინ რეჟიმში მუშაობა. დრუბლოვანი გამოთვლების აპლიკაციების ჰოსტინგს ახორციელებს მომსახურების პროვაიდერი და მასზე წვდომა აქვთ მომხმარებლებს ინტერნეტის საშუალებით, ხშირად **Web**-ბრაუზერის, ან მცირე ზომის აპლიკაციით, რომელიც ჰოსტინგის პროვაიდერიდან ავტომატურად ჩამოიტვირთება.

2. პლატფორმა როგორც მომსახურება (PaaS) - ღრუბლოვანი გადაწყვეტილება, რომელიც აპლი-კაციების შექმნისთვის გამოიყენება. ამ მოდელის პროგრამულ უზრუნველყოფაში, კომპიუტერული პროგრამების შემქმნელებს/დეველოპერებს წვდომა აქვთ ისეთ გამოთვლით პლატფორმებთან, როგორცაა: ოპერაციული სისტემები, პროგრამული ენა, და პროგრამული შესრულების პირობები მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურული დანახარჯების გარეშე.

3. ინფრასტრუქტურა როგორც მომსახურება (IaaS) - მთავარი მომსახურების სახე. იგი არ არის მოწყობილობა, რომელიც ყველა სამუშაოს ასრულებს, არამედ ის არის ღრუბლოვანი მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც კომპანიებს დამატებით შემნახველ სივრცესა და მონაცემთა ცენტრებთან აქვთ წვდომა.

ღრუბლოვანი მომსახურება უზრუნველყოფს ფუნდამენტურ კომპიუტერულ მომსახურებას (სერვერი, მონაცემთა დასამახსოვრებელი მოწყობილობა, და ქსელი, როგორც მოთხოვნიტი მომსახურება). - ამ მოდელში ღრუბლოვანი მომხმარებელი პასუხისმგებელია ოპერაციული სისტემებისა და აპლიკაციების გამართულ მუშაობაზე. **ღრუბლოვანი გადაწყვეტილებების ასეთი სწრაფი ტემპით დანერგვის პასუხად, სახელმწიფოები მთელს მსოფლიოში ამუშავებენ წესებს მონაცემთა დაცვის შესახებ, რათა კომპანიებს მეტი ინფორმაცია ჰქონდეთ იმ კანონმდებლობაზე, რომელიც მოქმედებს იქ, სადაც ხდება მათი მონაცემების შენახვა, გაზიარება და მასზე წვდომა.**

სოციალური ქსელები/ონლაინ საზოგადოებები - მომხმარებლებს აქვთ შესაძლებლობა, გაწევრიანდნენ ისეთ სოციალურ ქსელებში: **Facebook, LinkedIn, Twitter**, და სხვ., გეოგრაფიული მდებარეობის, სამუშაო ადგილისა და ინტერესების გათვალისწინებით. სოციალური ქსელების გამოყენების პრინციპი შეიძლება განსხვავდებოდეს ქვეყნებისა და რეგიონების მიხედვით. მომხმარებლებს შეუძლიათ დაიმატონ მეგობრები ან კავშირები და გაგზავნონ შეტყობინებები, ასევე განაახლონ პროფილები და აცნობონ მეგობრებს თავიანთი საქმიანობის შესახებ. ზოგიერთი **Web-საიტი** (მაგ.: **LinkedIn**) ორიენტირებულია უშუალოდ საქმიან ადამიანებზე, რათა შექმნას თანამშრომელთა ქსელი, რომელიც შესაძლოა გამოყენებულ იქნას, როგორც საკონსულტაციო ქსელი, ანდა სასურველი/მოთხოვნიდი უნარების მქონე სანდო პირების ან კომპანიების მოსაძიებლად. მომავალში სოციალური ქსელებისა და სხვა საკომუნიკაციო პლატფორმების (მყისიერი შეტყობინებები) გამოყენება მნიშვნელოვანი პლატფორმა გახდება კომპანიებში, შიდა და გარე კომუნიკაციისთვის.

საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები - ინტერნეტის და ზოგადად, ტექნოლოგიური ცვლილებების აშკარა გავლენა რევოლუციურია საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების სფეროში. უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში, კომუნიკაციის საშუალებები იმდენად გარდაიქმნა, რომ ფართო აუდიტორიისათვის გახდა ხელმისაწვდომი. დღეს გაჩნდა ბევრი ახალი საკომუნიკაციო პლატფორმა. **Voice over IP (VoIP)** ცვლის სატელეფონო კომუნიკაციის პრინციპებს - **VoIP** გულისხმობს ხმის/ბგერის გადაცემას ინტერნეტ-ტექნოლოგიების საშუალებით. **Skype** და **FaceTime** ხელს უწყობს უფასო ან ძალიან იაფი კომუნიკაციის განხორციელებას, რაც ფასდაუდებელია იმ ადამიანებს შორის კომუნიკაციისთვის, რომლებიც სხვადასხვა ტერიტორიაზე, ქალაქებსა თუ ქვეყნებში არიან. ვიდეო ზარები უკვე ჩვეულებრივი მოვლენაა, მიუხედავად იმისა, რომ იგი მოითხოვს მაღალი ხარისხის ინტერნეტს. მყისიერი შეტყობინებების გაგზავნის სისტემა ძალიან ინტენსიურად გამოიყენება, განსაკუთრებით ახალგაზრდა თაობაში. მობილურ ტელეფონებს მთელს მსოფლიოში იყენებენ. მის პოპულარობის ზრდასთან ერთად კი მომსახურების ფასები იკლებს. ბიზნეს გარემოში ამ სისტემების გამოყენება ძალიან სასარგებლოა, განსაკუთრებით, მარტივ კითხვაზე სწრაფი

პასუხების გაცემის თვალსაზრისით. თუმცა მათი გამოყენება მკაცრად უნდა გაკონტროლდეს, რათა მუდმივ რეჟიმში მისმა გამოყენებამ არ შეამციროს შრომის პროდუქტიულობა.

ვიკი (კოლაბორაციული სწავლა) - Web-გვერდი ან Web-გვერდების ერთობლიობა, რომელიც შექმნილია იმ მიზნით, რომ ყველას, ვისაც მასზე წვდომა აქვს, დაამატოს ან შეცვალოს შინაარსი გამარტივებული კომპიუტერული ენის გამოყენებით. ვიკი ხშირად გამოიყენება კოლაბორაციული **Web-საიტების** შესაქმნელად და საზოგადოებრივი **Web-საიტების** მხარდასაჭერად. ვიკის ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი მაგალითია კოლაბორაციული ენციკლოპედიის პროექტი - ვიკიპედია.

ინფორმაციის გაზიარება ვიდეო და მულტიმედიური საშუალებებით - 50 წელზე მეტია, თაობებისთვის ჩვეული გახდა ინფორმაციის მიღებისა და გადაცემის მიზნით ფოტოების, ვიდეოებისა და ხმოვანი საშუალებების გამოყენება. ინტერნეტის დაფარვის ზონა სულ უფრო მეტად იზრდება. ამის პარალელურად ჩნდება მრავალფეროვანი ვიდეო და ქსელური მულტიმედიური საშუალებები. გრაფიკულად დახვეწილი მრავალფეროვანი პლატფორმების საშუალებით შეიქმნა ონლაინ-გარემო, სადაც მილიონობით ადამიანს აქვს პროექტებზე ერთობლივი მუშაობისა და ინტერაქტიულობის შესაძლებლობა. ვიდეოთა-გაზიარების **Web-გვერდების** (მაგ.: **YouTube**) საშუალებით შესაძლებელია ვიდეოების მარტივად ატვირთვა/გაზიარება.

ბლოგები - Web-საიტი, რომელსაც ჩვეულებრივ მართავს ფიზიკური პირი ან კომპანია, და მისი საშუალებით კონკრეტულ საკითხზე აფიქსირებს თავის მოსაზრებას. ხშირად ბლოგის მკითხველს საშუალება ეძლევა გამოეხმაუროს მათ და თავის მოსაზრებებზე გამოაქვეყნოს პოსტის სახით.

უფასო პროგრამული უზრუნველყოფა და ღია -კოდის მქონე აპლიკაციები - მომხმარებელს მიეწოდება უფასოდ. მიმწოდებელი კი შემოსავალს რეკლამების ან სხვა პროდუქტის გაყიდვის ხელიშეწყობის საშუალებით იღებს. ზოგიერთი უფასო პროგრამული უზრუნველყოფის მქონე აპლიკაცია „ღია კოდის მქონე“ აპლიკაციაა; - იგი შექმნილია იმ დეველოპერების მიერ, რომელთაც სურთ ხარისხიანი აპლიკაციების შექმნა და სიახლეების დანერგვა თანამოაზრეებთან კოლაბორაციით. უფასო პროგრამული უზრუნველყოფის გავრცელებულ მაგალითთა ინტერნეტ-ბრაუზერები. სრულიად უფასოა, მაგ.: **Microsoft's Edge (რომელმაც ჩაანაცვლა Internet Explorer-ი), Mozilla's Firefox, Google's Chrome and Apple's Safari.** ელ.ფოსტის სისტემები: **Microsoft Hotmail და Google Gmail.** უფასო პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენება სიფრთხილეს მოითხოვს. სასურველია, გაანალიზდეს მხარდაჭერის ხელმისაწვდომობისა და პროდუქტის სანდოობის ხარისხი [5,6,7,8,9,10].

3. დასკვნა

დღევანდელ მსოფლიოში, ნებისმიერ პრაქტიკაში ტექნოლოგიები წარმოადგენს წარმატების

მთავარ კომპონენტს. ძალზე მნიშვნელოვანია, პრაქტიკოსები ფლობდნენ ინფორმაციას არსებული გადაწყვეტილებების და უპირატესობების შესახებ, რაც ამ ტექნოლოგიებს გააჩნია. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ სათანადო რესურსები გამოიყოს იმის უზრუნველსაყოფად, რომ ნებისმიერი გამოყენებული გადაწყვეტილება სწორად დაინერგოს და განხორციელდეს.

მიუხედავად იმისა რომ G20-ის წევრი სახელმწიფოები ანხორციელებენ ბევრ პროექტს ისტ-ის დანერგვა/გაუმჯობესების მიზნით, ეს საკმარისი არ არის, რადგან **მსოფლიო მხოლოდ G20-ისგან არ შედგება.** G20-ის მიღმა არსებულმა სახელმწიფოების მთავრობებმა და კერძო სექტორებმა ინვესტიციები უნდა განახორციელონ ისტ-ის მიმართულებით, რადგან დღეს ისტ-ის და ინტერნეტიზაციის გარეშე შეუძლებელია განათლებული და პროფესიონალი

კადრების არსებობა, რაც ჯანსაღი საზოგადოების ბაზის წარმოადგენს. ისტ-ით აღჭურვა საჭიროა დავიწყოთ სკოლის საფეხურიდან, რადგან უნივერსიტეტში მისული სტუდენტისთვის თანამედროვე ტექნოლოგიები „უცხო ხილი“ არ იყოს. სკოლებში უნდა მოხდეს ძველი ტექნიკის ახალი ტექნოლოგიებით ჩანაცვლება, რათა მოსწავლეებსა და მასწავლებლებს ჰქონდეთ საშუალება ეფექტურად გამოიყენონ იგი სწავლების პროცესში.

პოსტსაბჭოთა ქვეყნებმა, მასშტაბური დეინდუსტრიალიზაციის ეტაპი გაიარეს. შედეგად, საქართველოში მრეწველობის თითქმის არც ერთი დარგი გლობალურ ბაზარზე კონკურენტული არ არის. ვითარებას ყველაზე მეტად ის ართულებს, რომ ჩვენთან გეოგრაფიულად ახლოს მდებარეობენ ჩვენზე ინდუსტრიულად უფრო განვითარებული დიდი ქვეყნები: თურქეთი, რუსეთი, ირანი. ამ ქვეყნებთან თანაბარ პირობებში კონკურენცია რთულია. საქართველომ თავისუფალი ვაჭრობის ხელშეკრულება დადო ჩინეთთან - ქვეყანასთან, რომელიც მსოფლიო-ში ყველაზე მეტ ინდუსტრიულ პროდუქციას აწარმოებს. ცხადია საქართველო ვერც ჩინეთთან შეძლებს თანაბარ პირობებში კონკურენციას და ვერც ევროკავშირთან, რომლის ინდუსტრიული ლიდერი გერმანიაა. საქართველოსნაირი პატარა ქვეყნისთვის, რომელიც ასე მჭიდროდ არის დაკავშირებული გლობალურ ბაზართან, ერთადერთი გამოსავალი ეკონომიკის ყველა დარგის, მათ შორის ინდუსტრიის, მოდერნიზაცია და ისეთი ნიშური პროდუქციისა და სერვისების შეთავაზებაა გლობალური ბაზრისთვის, რომლებიც დიდი ინდუსტრიული ქვეყნების საჭიროებებს შეესაბამება. ამის განხორციელებას ჩვენსაირი პატარა ქვეყნები სხვადასხვა გზებით ახერხებენ: მაგ.: ესტონეთი აქცენტს ტელეკომუნიკაციებისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების განვითარებაზე აკეთებს, ხორვატია - ტურიზმსა და გემთმშენებლობაზე, სლოვენია - მსუბუქი მრეწველობის განვითარებაზე, სლოვაკეთი - მანქანათმშენებლობაზე (უცხოური მეგაკორპორაციების ადგილობრივი ფილიალების წყალობით), ირლანდია - მაღალ ტექნოლოგიებზე (მსხვილი ამერიკული კორპორაციების მთავარი ბაზაა ევროკავშირში) და ა.შ. ის ქვეყნები, რომლებსაც საკუთარი ინდუსტრია არ გააჩნიათ და მხოლოდ მოხმარებაზე არიან ორიენტირებული, ყველაზე მძიმედ იტანენ გლობალური ბაზრის კრიზისებს. საქართველომ უნდა იპოვნოს ასეთივე ნიშური ინდუსტრიები (გარდა ტურიზმისა, რომელიც ეკონომიკის ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი სექტორია). ამისათვის საჭიროა ყველა დამხმარე დარგის, განსაკუთრებით კი საშუალო განათლების, მოდერნიზაცია. ციფრული ტრანსფორმაცია არ არის არჩევანი, არამედ ეს არის გარდაუვალი გზა თანამედროვე განვითარებული ქვეყნების წინსვლისა და წარმატებისთვის. ისტ-ი ვერ გახდება დადებითი გავლენის მომხდენი და საზოგადოებრივი კეთილდღეობის წინაპირობა, თუკი სახელმწიფო მაღალეთიკური პრინციპებით, კონფლიქტურ ინტერესთა ბალანსის დაცვით, ყველა დაინტერესებული მხარის ჩართულობით, საუკეთესო პრაქტიკისა და საერთაშორისო მარეგულირებელი სტანდარტების გათვალისწინებით, გამჭვირვალე პროცედურებითა და ტრანსპარენტული მართვის სისტემით არ უზრუნველყოფს ციფრული ტრანსფორმაციის რეფორმების განხორციელებას.

ისტ-ით მხარდაჭერილ სერვისებს არაერთი სიკეთის მოტანა შეუძლია საქართველოს საჯარო თუ კერძო სექტორისთვის. მისი ფართომასშტაბიანი გამოყენებით, რესურსების დაზოგვისა და მაღალწარმადობის დადასტურებულ მაჩვენებელს მივიღებთ. ამისთვის კი ტექნოლოგიურ მზაობასთან ერთად, კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ხელშემწყობი ჩარჩოების ჩამოყალიბება და საზოგადოებისგან ნდობის მოპოვება, რაც მხოლოდ ღია, გამჭვირვალე და ანგარიშვალდებული პროცესებით გახდება მიღწევადი.

ისტ-ი არის ცვლილებების მთავარ მამოძრავებელ ძალა - ინტერნეტით დაწყებული და ცოდნის მართვით და ფინანსური მონაცემების მართვის ავტომატიზაციით დამთავრებული; ყოველივე ეს კი გვაძლევს კვალიფიციურ კადრს, რომელსაც ეფუძნება ქვეყნის ეკონომიკა; შედეგად მივიღებთ ჯანსაღ საზოგადოებას, რომელიც იქნება განათლებული და ქვეყნის აღმშენებლობაზე ორიენტირებული.

ლიტერატურა – References:

1. ე. გოგილიძე, „მონაცემთა უსაფრთხოება და ცემის ტექნოლოგიები და მათი მნიშვნელობა“. „შრომები მართვის ავტომატიზებულ სისტემები“. 2017 წ. №1(23). გვ. 84-92.
2. ე. გოგილიძე, ლ. პეტრიაშვილი, ც. ელენდაშვილი, ქ. არევაძე. "საინფორმაციო ტექნოლოგიების როლი ცოდნის მართვაში". შრომები მართვის ავტომატიზირებულ სისტემები. 2018 წ. №2(26), გვ. 335-338.
3. E. Gogilidze, "Embedded Systems and XXI Century". Set of scientific researches of II International Scientific and Technical Conference "Modern problems of power engineering and ways of solving them", 2020, pp.205-210.
4. APT Asia-Pacific Summit on the Information Society: 31 Oct-2 Nov 2000, Tokyo Declaration].
5. ჩიქობავა არნ. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი საერთო რედაქცია, 1964 წ.
6. გვარჯალაძე ი. გვარჯალაძე თ. ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი. თბილისი „საქართველოს მაცნე“.
7. ცერცვაძე მ. 2016 #1 თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიები განათლებაში. კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტის მაცნე.
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Information_and_communications_technology .
9. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI> .
10. <https://theconversation.com/internetization-a-new-word-for-our-global-economy-88013> .

The impact of modern information and communication technologies on the formation of society

Gogilidze Emeliane¹, Gogilidze Natia²

1. Black Sea International University

2. Georgian Technical University

emelianegogilidze1g@gmail.com, nataligogilidze@gmail.com

Abstract

The article deals with the accessibility of information and communication technologies (ICTs) and its integration into everyday life. Today, life without technology is unthinkable. Technology is involved in all spheres of human activity, which saves a lot of time and effort. In various countries, much attention has been paid to the inclusion of information and communication technologies in everyday life, influencing from this point of view the formation of society, because they make everyday life more diverse, interesting, attractive, stimulating for the society where such innovations are introduced. The use of ICTs, for example during a lesson in schools, is one of the effective visual aids that makes new information provided to students easy to grasp and understand. Building community from an early age is the best way to build a healthy society in the future. That is why the state takes (or should take) many steps to increase access to ICTs and their integration into education. As a result of familiarity with both Georgian and foreign language learning, we can say that today's educational process is less interesting and informative without technology, so research into the accessibility and

integration of information and communication technologies in education is relevant. ICTs is a rapidly developing and growing field, which in the era of the IV industrial revolution - digital transformation plays a special role in shaping the global agenda, world economic developments, societal development, public administration and management. For the modern person, regardless of their work interests and activity style, adapting to the digital world and acquiring and improving skills to do so is vital. Today's challenges require modern solutions that maximize the use of existing capabilities. In the process of digital transformation, the public sector of any developed country should actively study and research new technologies, modern innovative achievements and try to use these technological innovations to improve the efficiency, effectiveness, accountability, openness of the public sector and offer customer-oriented, reliable and trustworthy services to the information society. "Digital" is not only a term for technology, but also defines what ICTs can do to technologically transform socio-economic processes and various fields. Digital transformation refers to new ways of solving problems, creating unique experiences and improving business processes, with the goal of creating an educated and advanced society in all respects.

Keywords: information system, modern technologies, ICTs.

იერარქიების ანალიზის მეთოდის საფუძველზე სმარტფონის შერჩევის ალგორითმის შემუშავება

ლელა გაჩეჩილაძე, ანა მარგველაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l_gachechiladze@gtu.ge, ana.margvelashvili@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია თომას საატის იერარქიების ანალიზის მეთოდის საფუძველზე ჩვენ მიერ შემუშავებული ალგორითმი და ნაჩვენებია მისი პრაქტიკული გამოყენება სმარტფონის შერჩევის მაგალითზე. წარმოდგენილია ხუთი სხვადასხვა სმარტფონი: iPhone 13 Pro, Samsung S23 Ultra, Huawei P40 Pro, OnePlus 9 Pro და Xiaomi Redmi K30 Pro, რომელთაგან ერთის შერჩევა უნდა მოხდეს გარკვეული კრიტერიუმებისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით. დასმული ამოცანის კრიტერიუმების სახით განიხილება: ტექნიკური მოწყობილობის წარმადობა, კამერა, ფასი, ჩაშენებული პროგრამული უზრუნველყოფა და აკუმულატორი. ამოცანის შეზღუდვებია: კრიტერიუმების წონათა ჯამი ერთის ტოლი უნდა იყოს, ხოლო ფარდობითი თანამიმართების ინდექსი არ უნდა აღემატებოდეს 0.1-ს.

საატის იერარქიების ანალიზის მეთოდის გამოყენებით აგებულია სმარტფონის შერჩევის იერარქიული სტრუქტურა, გამოთვლები შესრულებულია შემუშავებული ალგორითმის საფუძველზე და წარმოდგენილია ცხრილების სახით. ალგორითმი მოიცავს ხუთ ბიჯს, რომელიც ჩაშლილია სტატიამი და დეტალურად არის განხილული შესასრულებელი მოქმედებები. განმარტებულია დეკომპოზიციის, შედარებითი მსჯელობისა და პრიორიტეტების სინთეზის პრინციპები. შესრულებულია გამოთვლები ლოკალური ვექტორების, ფარდობითი თანამიმართების ინდექსებისა და მიზნის პრიორიტეტების გასაანგარიშებლად. ნაჩვენებია მიღებული შედეგების ამსახველი დიაგრამა.

საკვანძო სიტყვები: იერარქია, დეკომპოზიცია, პრიორიტეტების სინთეზი, ალგორითმი, სმარტფონი.

1. შესავალი

ცნობილმა ამერიკელმა მათემატიკოსმა თომას საატიმ 1970 წელს ამერიკის სამეცნიერო საზოგადოებას გააცნო მის მიერ შემუშავებული იერარქიების ანალიზის მეთოდი, რომელიც დღემდე აქტუალობას არ კარგავს ტექნიკური და სოციალური სფეროს მრავალკრიტერიული ამოცანების გადაწყვეტის დროს.

ზემოაღნიშნული მეთოდი შემდეგ პრინციპებს ეფუძნება [1]:

- დეკომპოზიციის პრინციპი**, რომელიც გულისხმობს პრობლემის სტრუქტურირებას იერარქიის სახით. ეს უკანასკნელი (იერარქია) სრულყოფილად შეგვიძლია ჩავთვალოთ, თუ იერარქიის მოცემული დონის ყოველი ელემენტი მომდევნო დონის ყველა ელემენტს უკავშირდება. ტრადიციულად, სრული იერარქია სამ დონეს მოიცავს: ამოცანის მიზანს, წარმოდგენილ კრიტერიუმებსა და შესაძლო ალტერნატივებს.
- შედარებითი მსჯელობის პრინციპი**. კრიტერიუმების პრიორიტეტების დადგენისა და ალტერნატიული გადაწყვეტილებების შეფასების მიზნით, აქ გამოიყენება წყვილთა შედარებების მეთოდი, რომელიც შედარებების მატრიცების ($A \left\| \left\| a_{ij} \right\| \right\|$) აგებას ითვალისწინებს. მატრიცის ყოველი a_{ij} ელემენტი გამოითვლება ფორმულით $a_{ij} = \omega_i / \omega_j$ სადაც ω_i იერარქიის i -ური ელემენტის წონაა. ამასთან, $a_{ii} = 1$, ხოლო $a_{ij} = 1/a_{ji}$, რაც გულისხმობს იმ ფაქტს, რომ მატრიცის დიაგონალზე განთავსებული ელემენტის მნიშვნელობები ერთის ტოლია, ხოლო თავად მატრიცა - უკუსიმეტრიულია.
- პრიორიტეტების სინთეზის პრინციპი**, სადაც ყოველი მატრიცისთვის გამოითვლება ლოკალური პრიორიტეტების ვექტორები და ალტერნატივების ლოკალური პრიორიტეტების მნიშვნელობები მრავლდება იერარქიის ზედა დონის შესაბამისი კრიტერიუმების პრიორიტეტებზე. შემდომ, ადგილი აქვს მიღებული შედეგების დაჯამებას. ამგვარად, ალტერნატივის საბოლოო შეფასებას ალტერნატივის წონა წარმოადგენს.

2. ძირითადი ნაწილი

წინამდებარე სტატიის მიზანია, შევარჩიოთ ისეთი ტექნიკური მოწყობილობა, როგორცაა სმარტფონი. ალტერნატივების სახით განვიხილოთ ხუთი სხვადასხვა მწარმოებლის მიერ წარმოდგენილი სმარტფონები, კერძოდ: iPhone 13 Pro, Samsung S23 Ultra, Huawei P40 Pro, OnePlus 9 Pro და Xiaomi Redmi K30 Pro. კრიტერიუმებს დასმულ ამოცანაში წარმოადგენს: ტექნიკური მოწყობილობის წარმადობა, კამერა, ფასი, ჩაშენებული პროგრამული უზრუნველყოფა და აკუმულატორი.

ამოცანის შეზღუდვების სახით შემდეგი მოთხოვნები განიხილება: კრიტერიუმების წონათა ჯამი ერთის ტოლი უნდა იყოს, ხოლო ფარდობითი თანამიმართების ინდექსი, სადაც ეს უკანასკნელი განსაზღვრავს გადაწყვეტილების მიმღები პირის შეფასებას, არ უნდა აღემატებოდეს 0.1-ს.

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად მივმართავთ საატის იერარქიების ანალიზის ზემოთ წარმოდგენილ მეთოდს. ცხადია, საჭიროა, მეთოდის საფუძველზე ალგორითმის შემუშავება ყველა იმ ეტაპის გათვალისწინებით, რომლებსაც აღნიშნული მეთოდი მოიცავს. შესაბამისად, ჩვენ მიერ შემუშავებული ალგორითმი ხუთი ბიჯისგან შედგება:

ბიჯი 1. ამოცანის მიზნის იერარქიის ფორმირება - სმარტფონის შერჩევა.

ბიჯი 2. დასმული ამოცანის პრიორიტეტების განსაზღვრა.

ბიჯი 3. პრიორიტეტების ლოკალური ვექტორების გაანგარიშება.

ბიჯი 4. ფარდობითი თანამიმართების ინდექსის გამოთვლა.

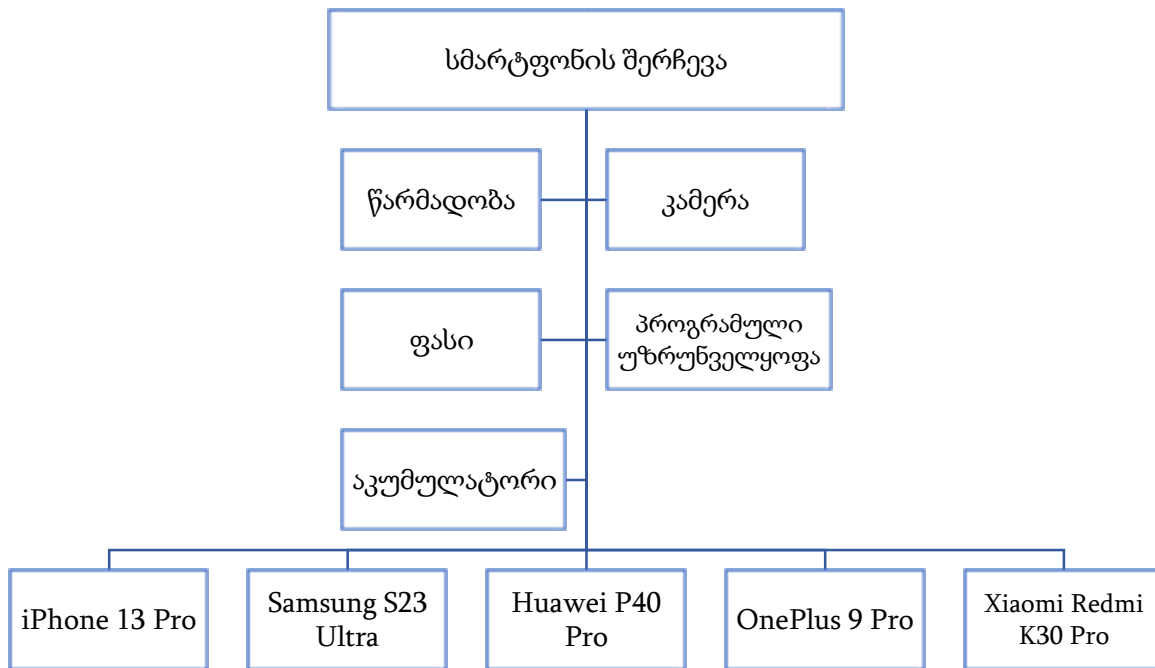
ბიჯი 5. ლოკალური პრიორიტეტების სინთეზის საფუძველზე მიზნის პრიორიტეტების გაანგარიშება მთლიანი იერარქიისათვის.

სმარტფონის შერჩევის მიზნით აგებულ სამდონიან იერარქიულ სტრუქტურას პირველ ნახაზზე ნაჩვენებია სახე აქვს (ბიჯი 1).

ბიჯი 2. კრიტერიუმების პრიორიტეტების განსაზღვრისა და ალტერნატიულ გადაწყვეტილებათა შეფასებისთვის ვაგებთ წყვილთა შედარებების მატრიცებს. ყოველი მატრიცის a_{ij} ელემენტი A_i ალტერნატივის უპირატესობის ხარისხის გაზომვის შედეგს წარმოადგენს A_j ალტერნატივასთან შედარებით ფუნდამენტური სკალის მიხედვით. ეს უკანასკნელი საყოველთაოდ ცნობილია და პირველ ცხრილშია წარმოდგენილი [2].

ცხრილი 1. უპირატესობათა ფუნდამენტური სკალა

ელემენტი a_{ij}	განმარტება
9	იერარქიის i -ური ელემენტის ძალიან მნიშვნელოვანი უპირატესობა j -ურ ელემენტთან შედარებით.
7	იერარქიის i -ური ელემენტის მნიშვნელოვანი უპირატესობა j -ურ ელემენტთან შედარებით.
5	იერარქიის i -ური ელემენტის ძლიერი უპირატესობა j -ურ ელემენტთან შედარებით.
3	იერარქიის i -ური ელემენტის უმნიშვნელო უპირატესობა j -ურ ელემენტთან შედარებით.
2,4,6,8	უპირატესობების საშუალო მაჩვენებლები.
1	შესადარებელ ელემენტებს აქვს ერთი და იგივე მნიშვნელობა.



ნახ. 1 სმარტფონის შერჩევის მიზნით აგებული იერარქია

აღნიშნულ ბიჯზე, პირველ ყოვლისა, წყვილი შედარებების მატრიცა იგება კრიტერიუმებისთვის, ხოლო შემდგომ - ალტერნატივების წყვილი შედარებების მატრიცები თითოეული კრიტერიუმისთვის. ვინაიდან, ჩვენ შემთხვევაში, იერარქია აგებულია ხუთი კრიტერიუმისა და ხუთი ალტერნატივისთვის, ამიტომ წყვილთა შედარებების ექვსი მატრიცის აგებაა საჭირო. (ერთი მატრიცა 5×5 განზომილებით - კრიტერიუმების შედარებისთვის და ხუთი მატრიცა - 5×5 განზომილებით, ალტერნატივების შესადარებლად თითოეული კრიტერიუმისთვის).

ბიჯი 3. ყოველი მატრიცისთვის ვითვლით შესადარებელი ელემენტების ლოკალურ პრიორიტეტებს, რისთვისაც მატრიცების თითოეული სტრიქონის მიხედვით ადგილი აქვს ელემენტების საშუალო გეომეტრიული მნიშვნელობების გაანგარიშებას და მიღებული შედეგების

შეკრებას. საშუალო გეომეტრიულ მნიშვნელობებზე ამ ჯამების გაყოფით კი ვიღებთ შესადა-
რებელი ელემენტების ლოკალური პრიორიტეტების მნიშვნელობებს.

ბიჯი 4. გადაწყვეტილებების თანამიმართების ინდექსი ყოველი მატრიცისათვის შემდეგი ფორმულით გამოითვლება [3]:

$$I = \frac{|\lambda_{max} - n|}{n-1}, \quad (1)$$

სადაც n მატრიცის განზომილებაა, ხოლო λ_{max} -ის გამოთვლა შემდეგი წესების გათვა-
ლისწინებით ხდება:

- ჯამდება მატრიცების ელემენტების მნიშვნელობები სვეტების მიხედვით;
- პირველი სვეტის ელემენტების ჯამი მრავლდება ლოკალური პრიორიტეტის ვექტორის პირველ კომპონენტზე, მეორე სვეტის ელემენტების ჯამი - მეორე კომპონენტზე და ა.შ. მიღებული ნამრავლები იკრიბება.

რაც შეეხება შემთხვევითი თანამიმართებების მნიშვნელობებს, ისინი მხოლოდ მატრი-
ცების განზომილებებზეა დამოკიდებული და წინასწარ ცნობილია.

თანამიმართების I ინდექსისა და t შემთხვევითი თანამიმართების გამოყენებით, ფარდო-
ბით თანამიმართებას ვითვლით ფორმულით:

$$F = \frac{I}{t} \quad (2)$$

თუ რომელიმე მატრიცისთვის აღმოჩნდება, რომ $F > 0.1$, მაშინ გადაწყვეტილების მიმღები
პირის მსჯელობა არასწორია და მატრიცების შევსება ხელახლა უნდა შევასრულოთ [4].

ამგვარად ვაწარმოთ გამოთვლები ჩვენი ამოცანის შემთხვევაშიც (იხილეთ ცხრილები 2-
7).

ცხრილი 2. კრიტერიუმების წონების შეფასება

კრიტერიუმი	წარმადობა	კამერა	ფასი	პროგ. უზრუნველყოფა	აკუმულატორი	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტ ების ვექტორი
წარმადობა	1	0.3333	0.1667	1	0.5	0.488369107	0.08361254
კამერა	3	1	0.5	2	2	1.430969081	0.24499288
ფასი	6	2	1	3	2	2.352158045	0.40270749
პროგ. უზრუნველყოფა	1	0.5	0.3333	1	1	0.698813142	0.11964217
აკუმულატორი	2	0.5	0.5	1	1	0.870550563	0.14904493
სულ	13	4.3333	2.5	8	6.5	5.840859938	1

$$\lambda_{max} = (13 * 0.08361254) + (4.3333 * 0.24499288) + (2.5 * 0.40270749) + (8 * 0.11964217) + (6.5 * 0.14904493) = 5.081288702$$

$$I = |\lambda_{max} - n| / (n - 1) = |5.081288702 - 5| / (5 - 1) = 0.020322176$$

$$t = 1.12$$

$$F = 0.020322176 / 1.12 = 0.0181448 < 0.1$$

ცხრილი 3. ფასის მიხედვით პრიორიტეტის მატრიცა

ფასი	iPhone 11 Pro	Samsung S23 Ultra	Huawei P40 Pro	Xiaomi Redmi K30 Pro	OnePlus 9 Pro	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტების ვექტორი
iPhone 11 Pro	1	0.5	0.5	0.25	0.2	0.4162766	0.070680696
Samsung S23 Ultra	2	1	1	0.3333	0.3333	0.74018474	0.125677907
Huawei P40 Pro	2	1	1	0.5	0.5	0.87055056	0.147813063
Xiaomi Redmi K30 Pro	4	3	2	1	1	1.88817502	0.320598188
OnePlus 9 Pro	5	3	2	1	1	1.97435049	0.335230146
სულ	14	8.5	6.5	3.0833	3.0333	5.88953741	1

$$\lambda_{max} = (14 * 0.070680696) + (8.5 * 0.125677907) + (6.5 * 0.147813063) + (3.0833 * 0.320598188) + (3.0333 * 0.335230146) = 5.023931$$

$$I = |\lambda_{max} - n| / (n - 1) = |5.023931 - 5| / (5 - 1) = 0.005983$$

$$t = 1.12$$

$$F = 0.005983 / 1.12 = 0.000499 < 0.1$$

ცხრილი 4. კამერის მიხედვით პრიორიტეტის მატრიცა

კამერა	iPhone 11 Pro	Samsung S23 Ultra	Huawei P40 Pro	Xiaomi Redmi K30 Pro	OnePlus 9 Pro	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტების ვექტორი
iPhone 11 Pro	1	1	0.5	2	2	1.14869835	0.20653454
Samsung S23 Ultra	1	1	0.5	2	2	1.14869835	0.20653454
Huawei P40 Pro	2	2	1	3	3	2.04767251	0.36816898
Xiaomi Redmi K30 Pro	0.5	0.5	0.3333	1	1	0.60835217	0.10938097
OnePlus 9 Pro	0.5	0.5	0.3333	1	1	0.60835217	0.10938097
სულ	5	5	2.6666	9	9	5.56177357	1

ანალოგიური გამოთვლებით:

$$\lambda_{max} = 5.015962, I = 0.003991, \text{ ხოლო } F = 0.003991 / 1.12 = 0.003563 < 0.1$$

ცხრილი 5. აკუმულატორის მიხედვით პრიორიტეტის მატრიცა

აკუმულატორი	iPhone 11 Pro	Samsung S23 Ultra	Huawei P40 Pro	Xiaomi Redmi K30 Pro	OnePlus 9 Pro	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტების ვექტორი
iPhone 11 Pro	1	1	0.5	0.4	0.6667	0.66833175	0.12737568
Samsung S23 Ultra	1	1	0.3333	1	0.5	0.69881314	0.13318505

Huawei P40 Pro	2	3	1	0.5	1	1.24573094	0.23742075
Xiaomi Redmi K30 Pro	2.5	1	2	1	1.25	1.44269991	0.27496058
OnePlus 9 Pro	1.5	2	1	0.8	1	1.1913579	0.22705793
სულ	8	8	4.8333	3.7	4.4167	5.24693363	1

ანალოგიური გამოთვლებით:

$$\lambda_{max} = 5.252213, I = 0.063053, \text{ ხოლო } F = 0.063053/1.12 = 0.056297 < 0.1$$

ცხრილი 6. წარმადობის მიხედვით პრიორიტეტის მატრიცა

წარმადობა	iPhone 11 Pro	Samsung S23 Ultra	Huawei P40 Pro	Xiaomi Redmi K30 Pro	OnePlus 9 Pro	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტების ვექტორი
iPhone 11 Pro	1	0.6667	2	0.5	1	0.92211713	0.18112646
Samsung S23 Ultra	1.5	1	0.5	1	0.6667	0.87055927	0.17099923
Huawei P40 Pro	0.5	2	1	0.5	0.6667	0.80274959	0.15767974
Xiaomi Redmi K30 Pro	2	1	2	1	1	1.31950791	0.25918377
OnePlus 9 Pro	1	1.5	1.5	1	1	1.17607902	0.23101081
სულ	6	6.1667	7	4	4.3334	5.09101292	1

ანალოგიური გამოთვლებით:

$$\lambda_{max} = 5.558404, I = 0.139601, \text{ ხოლო } F = 0.0924644 < 0.1$$

ცხრილი 7. პროგრამული უზრუნველყოფის მიხედვით პრიორიტეტის მატრიცა

პროგრამული უზრუნველყოფა	iPhone 11 Pro	Samsung S23 Ultra	Huawei P40 Pro	Xiaomi Redmi K30 Pro	OnePlus 9 Pro	საშ. გეომეტრიული	პრიორიტეტების ვექტორი
iPhone 11 Pro	1	1	2	2	2	1.51571657	0.28493077
Samsung S23 Ultra	1	1	2	2	2	1.51571657	0.28493077
Huawei P40 Pro	0.5	0.5	1	2	1	0.87055056	0.16364975
Xiaomi Redmi K30 Pro	0.5	0.5	0.5	1	1	0.65975396	0.12402332
OnePlus 9 Pro	0.5	0.5	1	1	1	0.75785828	0.14246539
სულ	3.5	3.5	6.5	8	7	5.31959593	1

ანალოგიური გამოთვლებით:

$$\lambda_{max} = 5.047683, I = 0.011921, \text{ ხოლო } F = 0.010644 < 0.1$$

ცხრილი 8. წყვილი შედარებების შედეგად მიღებული მნიშვნელობები

ფასი	კამერა	აკუმულატორი	წარმადობა	პროგრამული უზრუნველყოფა
0.070680696	0.20653454	0.12737568	0.18112646	0.28493077
0.125677907	0.20653454	0.13318505	0.17099923	0.28493077
0.147813063	0.36816898	0.23742075	0.15767974	0.16364975

0.320598188	0.10938097	0.27496058	0.25918377	0.12402332
0.335230146	0.10938097	0.22705793	0.23101081	0.14246539

ბიჯი 5. აღნიშნულ ბიჯზე ადგილი აქვს სმარტფონის ფარდობითი რანგის გამოთვლას ყოველი კრიტერიუმისათვის. თითოეული სმარტფონის საერთო ქულის მისაღებად, საჭიროა სმარტფონის ქულის წონა გავამრავლოთ რომელიმე კრიტერიუმისთვის ამ კრიტერიუმის წონაზე, ხოლო შემდეგ დავაჯამოთ თითოეული სმარტფონის მიხედვით მიღებული მნიშვნელობები ყველა კრიტერიუმისთვის.

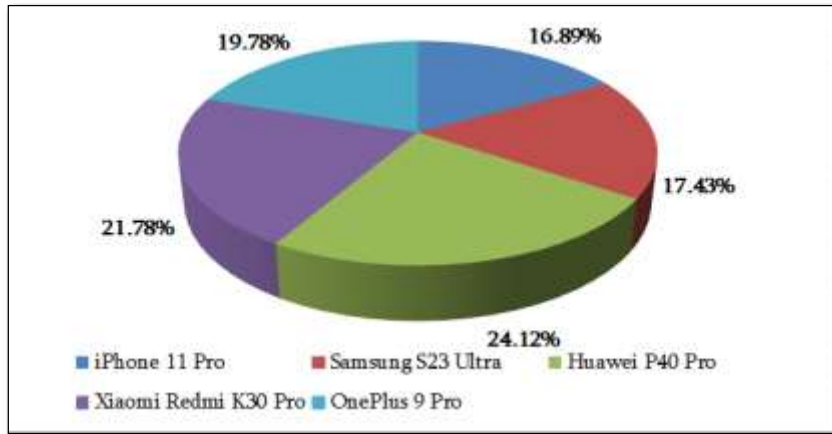
ცხრილი 8. საბოლოო შედეგები

	ფასი	კამერა	აკუმულატორი	პროც. უზრუნველყოფა	წარმადობა	შედეგები
	0.0836	0.2450	0.4027	0.1197	0.1490	
iPhone 11 Pro	0.0707	0.2065	0.1274	0.2850	0.1811	0.168905
Samsung S23 Ultra	0.1257	0.2065	0.1332	0.2849	0.1710	0.174322
Huawei P40 Pro	0.1478	0.3682	0.2374	0.1636	0.1577	0.241246
Xiaomi Redmi K30 Pro	0.3206	0.1094	0.2750	0.1240	0.2592	0.217811
OnePlus 9 Pro	0.3352	0.1094	0.2271	0.1425	0.2310	0.197755

ამგვარად, მიღებული მნიშვნელობების შედარების გზით, განვსაზღვრეთ სმარტფონების რეიტინგი და მივედით იმ დასკვნამდე, წარმოდგენილ სმარტფონებს შორის Huawei P40 Pro აქვს უმაღლესი პრიორიტეტი და შესაბამისად, უპირატესობა მას უნდა მივანიჭოთ. თუ შედეგებს პროცენტებში გამოვსახავთ, მივიღებთ:

iPhone 11 Pro=16.8905%, Samsung S23 Ultra=17.4322%, Huawei P40 Pro=24.1246%, OnePlus 9 Pro= 19.7755% და Xiaomi Redmi K30 Pro= 21.7811%.

საბოლოო შედეგების ამსახველ დიაგრამას მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია სახე აქვს:



ნახ. 2. შედეგების დიაგრამა

4. დასკვნა

ამგვარად, სტატიაში საატის იერარქიების ანალიზის მეთოდის საფუძველზე ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა კონკრეტული ალგორითმი, რომელმაც მოიცვა მეთოდში განხილული ყველა ეტაპი და ალგორითმის საფუძველზე გადაწყვეტილ იქნა სმარტფონების შერჩევის

სტატისტიკური ოპტიმიზაციის ამოცანა. ეს უკანასკნელი მოიცავდა 5 ალტერნატივასა და 5 კრიტერიუმს და შეზღუდვებს, დაკავშირებულს კრიტერიუმების წონათა ჯამსა და ფარდობითი თანამიმართების ინდექსთან.

აღნიშნული ალგორითმის გამოყენებით შესაძლებელია საინჟინრო თუ სოციალური სფეროს მსგავსი ამოცანების მარტივად და სწრაფად გადაწყვეტა.

ლიტერატურა - References

1. Thomas L. Saaty. Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008. Pp. 83-98.
2. E. Mu and M. Pereyra-Rojas, Practical Decision Making. Understanding the Analytic Hierarchy Process. SpringerBriefs in Operations Research. 2017 year. P.17.
3. Saaty T. L. Fundamentals of Decision Making ; the Analytic Hierarchy Process, Pittsburgh, PA : RWS 3. Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213. 2006.
4. Saaty, Thomas L. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Copyright © 2001 Springer Science+Business Media New York Originally published by Kluwer Academic Publishers in 2001. p. 335. Pp.3-12.

DEVELOPMENT OF A SMARTPHONE SELECTION ALGORITHM BASED ON THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD

Lela Gachechiladze, Ana Margvelashvili

Georgian Technical University

l_gachechiladze@gtu.ge, ana.margvelashvili@yahoo.com

Summary

The algorithm developed by us based on the method of analysis of hierarchies by Thomas Saaty is discussed and its practical use is shown on the example of choosing a smartphone. Five different smartphones are presented: iPhone 13 Pro, Samsung S23 Ultra, Huawei P40 Pro, OnePlus 9 Pro and Xiaomi Redmi K30 Pro, one of which must be selected based on certain criteria and restrictions. The task following criteria are: performance of the technical device, camera, price, built-in software and battery. Problem limitations: the sum of the weights of the criteria must be equal to one, and the relative index must not exceed 0.1. The hierarchical structure of choosing a smartphone was built using the hierarchy analysis method of Saaty; calculations were made based on the developed algorithm and presented in the form of tables. The algorithm consists of five steps, which are broken down in the article and the actions that need to be performed are discussed in detail. The principles of decomposition, comparative reasoning, and priority synthesis are explained. Computations are performed to calculate local vectors, relative indexes, and target priorities. A chart showing the results obtained is shown.

Keywords: Hierarchy, decomposition, priority synthesis, algorithm, smartphone.

ინოვაციური ბიზნეს მოდელების ფორმირების ძირითადი მიდგომების
ანალიზი

სულხან ხუციშვილი, ზურაბ გასიტაშვილი, მაკა ხართიშვილი

რეზიუმე

თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, კომპანიის წარმატებული საქმიანობის განმსაზღვრელი ბიზნეს მოდელის შექმნა. არსებობს ბიზნეს მოდელის შექმნის განსხვავებული მიდგომები, რომელთა შორის კომპანიის ხელმძღვანელობამ უნდა აირჩიოს მათთვის ყველაზე მისაღები მეთოდი და ჩამოაყალიბოს კომპანიის განვითარების სტრატეგია.

სტატიაში განხილული, ბიზნეს მოდელების შექმნის თითოეული მიდგომა, ასახავს მოდელის ფორმირების ძირითად იდეას და გვთავაზობს მეთოდს, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი ხდება შეიქმნას, კომპანიის შემდგომი განვითარების რეალური ბიზნეს მოდელი.

განხილულია ინოვაციური ბიზნეს მოდელების მაგალითები, გამოყენების ძირითადი მიმართულებები და ხდება მათი თავისებურებების შედარებითი ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნეს მოდელი, ფასეული წინადადება, მომხმარებლის სეგმენტი, გავრცელების არხები, ინოვაციური განვითარება, სტრატეგია, ინოვაციური ბიზნეს მოდელი

შესავალი

დღევანდელ პირობებში, ტექნოლოგიური ჩამორჩენა არის ქვეყნის უსაფრთხოებისა და სუვერენიტეტის მთავარი საფრთხე. მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების მიღწევები უზრუნველყოფს, როგორც საბოლოო მოხმარების პროდუქციის და მომსახურების, ასევე წარმოების საშუალებების ახალ ხარისხს. ეს ყველაფერი განსაზღვრავს ეკონომიკური განვითარების ინოვაციური მიმართულებების აუცილებლობას, რომელიც დაკავშირებული უნდა იყოს, არსებული ტექნოლოგიებისა და ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაციასთან. ბიზნესის საჭიროება ზრდის ახალი წყაროების მიმართულებით, პროდუქტებისა და სერვისების სასიცოცხლო ციკლის შემცირება, სწრაფად ცვალებადი ბიზნეს გარემო და კომპანიის განვითარების დაგეგმვა, განსაზღვრავს ბიზნეს მოდელების შექმნის აუცილებლობას.

ბიზნეს-მოდელში განსაზღვრულია კომპანიის პოტენციალი, მისი კომერციული პარტნიორები, მომხმარებლებთან ურთიერთობა და ფულადი დაბანდებები მაღალი შემოსავლების ნაკადების ფორმირებისთვის. ის არის მოგების გაზრდის მნიშვნელოვანი საშუალება. რეალურად განსახვავებენ მარტივ და რთულ სისტემებს და შესაბამისად მათ ბიზნეს მოდელებს. ბიზნეს მოდელი მისიაზე, სტრატეგიებზე და ფულადი ნაკადების პროგნოზირებაზე უფრო მნიშვნელოვანია. ეს არის ბიზნესის კონკურენტული უპირატესობების საფუძველი. ინოვაციური ბიზნეს-მოდელის დამუშავების პროცესი წარმოადგენს ბიზნესის სტრატეგიის დამუშავების შემადგენელს. ბიზნეს სტრატეგიის არსებობა, ან მისი დროული მოდერნიზაცია, არის არა მარტო წარმატების პირობა, არამედ თანამედროვე კონკურენტულ გარემოში გადარჩენის პირობაც.

ბიზნეს მოდელი ეხმარება სტარტაპებს შეაფასონ ნიშა, დაინახონ პერსპექტივები და ფარული რისკები და შეამოწმონ იდეები. არსებულმა ბიზნესმა უნდა მოძებნოს სისუსტეები და ზრდის წერტილები, რათა მოახდინოს თავისი მუშაობის კორექტირება.

სტატიის მიზანს წარმოადგენს განვსაზღვროთ და გავაანალიზოთ არსებული ინოვაციური ბიზნეს მოდელები და მათი შექმნის მეთოდები.

ბიზნეს მოდელის შექმნის თავისებურებები. ბიზნეს მოდელი კომპანიის წარმატებული ფუნქციონირების მნიშვნელოვანი შემადგენელია. ის უზრუნველყოფს, ბიზნეს პროცესის ძირითადი ელემენტების სისტემურ წარმოდგენას და სრულად ახასიათებს მათ შორის კავშირებს.

ამ ტერმინის განსაზღვრის მრავალი მიდგომა არსებობს. რეგულარულად მუშავდება, ბიზნეს მოდელების აგების განსხვავებული კონცეფციები, თუმცა ერთიანი განმარტება არ არის ჩამოყალიბებული.

მიდგომების მრავალფეროვნების მიუხედავად, ყველა ავტორი თანხმდება, რომ ყოველი ბიზნეს მოდელი ორიენტირებულია ფინანსური მაჩვენებლების სრულყოფაზე, როგორცაა შემოსავალი და ხარჯების სტრუქტურა. ის არის ანალიტიკური ინსტრუმენტი, რომელიც გამოიყენება კომპანიის ეკონომიკური საქმიანობის სტრატეგიული აღწერისათვის. მოდელი არ არის ბიზნესის სიღრმისეული კვლევა, ის არის ბიზნესის ექსპრეს - ანალიზი საწყის ეტაპზე, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ:

- როგორ განვავითაროთ კომპანია;
- რა რესურსებია საჭირო ბიზნესის განვითარებისათვის.
- როგორ მოვახდინოთ ბიზნეს პროცესების ოპტიმიზაცია;

ამ კითხვებზე პასუხები უნდა განისაზღვროს ბიზნეს მოდელის შექმნის ეტაპზე. ამ პროცესს ასევე არ აქვს ზოგადი მიდგომა.

სპეციალიზებულ ლიტერატურაში ფიქსირდება ბიზნეს მოდელის ფორმირების განსხვავებული სისტემები და მეთოდები. ზოგიერთი ექსპერტი ეყრდნობა კომპანიაში მიმდინარე პროცესების ანალიზს, სხვები მოდელის შექმნის საფუძვლად მიიჩნევენ მომხმარებლის მოსაზრებებს, ბევრი ყურადღებას ამახვილებს ღია ინოვაციის როლზე [1]. ბიზნეს მოდელის შექმნის ძირითადი იდეები წარმოდგენილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ბიზნეს მოდელის შექმნის ძირითადი მიდგომები

ავტორი	ძირითადი იდეა
გ. ჩესბრო	ბიზნეს მოდელის შექმნა, უნდა დაეფუძნებოდეს, ურთიერთკავშირების შექმნას იდეა (ტექნოლოგია) და ეკონომიკურ შედეგებს შორის. ბიზნეს მოდელი ძირითადად ითვალისწინებს „გარე“ იდეებსა და მიდგომებს.
დ. დებელაკი	ბიზნეს მოდელი არის მთავარი დამაკავშირებელი რგოლი ბიზნეს იდეასა და ბიზნეს გეგმას შორის. ის განსაზღვრავს მოგების მიღების და კომპანიაში ღირებულების შექმნის პირობებს.
ა. ოსტერვალდერი	ბიზნეს მოდელის შექმნა ეფუძნება 9 სტრუქტურულ ბლოკს (ბიზნეს მოდელის ტილო (თარგი)), რომელთა მოდიფიკაცია შეიძლება ბიზნეს პროცესების სპეციფიკის შესაბამისად .
ჩ. კიმი, პ. მოზორნა	ბიზნეს მოდელის შექმნა ეფუძნება იმ ფაქტს, რომ „ბიზნესის სამყარო შეიძლება პირობითად დაიყოს ორი სხვადასხვა ტიპის სივრცედ - ალისფერი და ლურჯი ოკეანეები“ .
ა. სლივოტსკი	მოდელის შექმნისას აუცილებელია დარგში შესაძლო ცვლილებების და კონკურენტ კომპანიების ბიზნეს მოდელების მუდმივი კონტროლის, ასევე ინოვაციური ბიზნეს მოდელების განმსაზღვრელი როლის გათვალისწინება.
გ. ჰამელი	ბიზნეს მოდელის აგებისას გასათვალისწინებელია წარსულში კომპანიების მახასიათებლები და ინოვაციების უნარი.
მ. ჯონსონი, კ. კრისტენსენი და ჰ. კაგერმანი	ბიზნეს მოდელი უნდა შედგებოდეს შემდეგი ელემენტებისაგან: ძირითადი რესურსები, მოგების ფორმულები, მომხმარებლებისათვის შეთავაზებული ფასეულობები, ძირითადი პროცესები. აუცილებლად გასათვალისწინებელია ბიზნეს მოდელის შექმნის სტრატეგიული მიზეზები.

ლ. შვაიცერი	ბიზნეს მოდელის შექმნა უნდა ეფუძნებოდეს რესურსულ მიდგომას. კონფიგურაცია მოიცავს სხვადასხვა ბიზნეს მოდელებს და ა.შ.
-------------	---

თანამედროვე ბიზნესმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს განვითარების ინოვაციურ მიმართულებებზე. ინოვაციური ბიზნეს მოდელი არის, ინოვაციური პროდუქტის შექმნის პროცესში, საწარმოო ფაქტორების და სამეწარმეო უნარების დაკავშირების საშუალება, მოწინავე ტექნოლოგიების, ახალი მასალების, განსხვავებული რესურსების, მართვის მეთოდების და/ან მეცნიერული ცოდნის გამოყენების გზით [4].

3

ძირითადი პარტნიორები - მომწოდებელი პარტნიორები; - რას აკეთებენ ჩვენთვის; ჩვენ რას ვაკეთებთ მათთვის.	ძირითადი პროცესები - როგორ ვაწარმოებთ - როგორ ვყიდით; - როგორ ვწყვეტთ მომხმარებლის პრობლემას: - როგორ ვინარჩუნებთ პლატფორმას	ღირებულებები შეთავაზება - რას ვთავაზობთ; - მომხმარებლის რომელ პრობლემას ვწყვეტთ; - რატომ შეიძენენ ადამიანები ჩვენთან;	მომხმარებელთან ურთიერთობა - როგორ ვაინტერესებთ - როგორ ვამაგრებთ; - როგორ ხდება ურთიერთკავშირი	მიზნობრივი აუდიტორიის სეგმენტები - ვის ვასყიდით - რას სურთ; - ჩვენთვის რა არის მნიშვნელოვანი - რისთვის გადაიხდიან; - რამდენს გადაიხდიან.
	ძირითადი რესურსები - ფინანსური; - ადამიანური; - ინტელექტუალური - ფიზიკური		ურთიერთქმედების არხები - შეხების წერტილები - როგორ ვახასიათებთ პროდუქტს; - როგორ ვაწვდით; - როგორ ვემსახურებით	
დანახარჯების სტრუქტურა - ჩვენ რისთვის ვიხდით; - რამდენს ვიხდით; - რა არის ყველაზე ძვირი		შემოსავლის წყაროები - ჩვენ რისთვის გვიხდიან; - როგორ იხდიან; - როგორ ვადგენთ ფასებს.		

სქემა 1. ა. ოსტერვალდერის ბიზნეს მოდელის თარგი

კომპანიის ინოვაციური განვითარებისთვის გამოყენებული ბიზნეს მოდელი უნდა მოიცავდეს ისეთ ფაქტორებს, როგორცაა: კომპანიის სტრატეგია, სტრუქტურა და დარგში კონკურენცია; კომპანიაში არსებული რესურსები; პროდუქტებზე ან მომსახურებაზე მოთხოვნის ძირითადი პარამეტრები; ძირითადი და დამხმარე დარგების განვითარების დონე [3]. ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნის არსებული მიდგომების გაანალიზების შემდეგ, მისი შექმნის კრიტერიუმებისა და მოთხოვნების კუთხით, ყველაზე შესაფერისია ა. ოსტერვალდერის ბიზნეს მოდელის ტილო (თარგი)(სქემა 1).

მოდელი არის მოქნილი და შეიძლება შეიცვალოს დარგისა და კომპანიის სპეციფიკის შესაბამისად.[2]ეს მიდგომა ხორციელდება ბიზნეს მოდელის თარგის ცხრა ბლოკის ეტაპობრივი შევსებით. ბლოკები შეიძლება გაერთიანდეს 4 ჯგუფად: 1.ინფრასტრუქტურა - რომლის დახმარებითაც კომპანია ქმნის ღირებულებას; 2. შეთავაზება - როგორ იღებს კომპანია მოგებას, რა საქონელს ან მომსახურებას სთავაზობს ბაზარს; 3. მომხმარებელი - ძირითადი სამომხმარებლო სეგმენტები, რომლებზეც არის კომპანია ორიენტირებული; 4. ფინანსები - დანახარჯების სტრუქტურა და შემოსავლების ნაკადები.სქემა 1.

ბიზნეს მოდელის თარგი ძირითადად გამოიყენება მოქმედი კომპანიებისა და ბიზნესების გასაანალიზებლად, ძლიერი და სუსტი მხარეების დადგენის მიზნით, მაგრამ ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ახალი კომპანიის ბიზნეს მოდელის შესაქმნელად.

ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შესაქმნელად წარმოდგენილი თარგის ადაპტირება შესაძლებელია W. Chan Kim-ისა და R. Mauborgne-ის ოთხმოქმედებიანი მოდელის გამოყენებით [3, 5]. ამისათვის საჭიროა ჩატარდეს გამოკითხვა ექსპერტ-სპეციალისტებს შორის, რომლებიც უპასუხებდნენ 4 კითხვას, ამ სავარაუდო ბიზნეს მოდელის სტრატეგიულ ლოგიკასთან დაკავშირებით. კითხვები უნდა დაისვას ბიზნეს მოდელის ცხრა ბლოკიდან თითოეულზე, კერძოდ: 1. რა ფაქტორები უნდა გამოირიცხოს ამ ბლოკში? 2. რა ფაქტორები უნდა შემცირდეს მნიშვნელოვნად? 3. რა ფაქტორები უნდა დაემატოს? 4. რა ახალი ფაქტორები უნდა დაემატოს, რომლებიც აქამდე არასოდეს ყოფილა გამოყენებული ამ ინდუსტრიაში? ბიზნეს მოდელის შექმნის ორი მიდგომის გაერთიანება საშუალებას გაძლევთ თავიდან გადავხედოთ კომპანიის მომველებულ ბიზნეს მოდელს, ვიპოვოთ ფაქტორები, რომლებიც უნდა გაძლიერდეს ან აღმოიფხვრას, დაემატოს ან გამოირიცხოს.

ბევრ კომპანიაში წარმატებული საქმიანობის დაწყება განაპირობა ინოვაციური ბიზნეს მოდელის და მისი არსის სწორმა გაგებამ და არა უკეთესმა პროდუქტმა:

მაგალითად, Booking.com-ის ბიზნეს მოდელი გულისხმობს მომხმარებლებთან და მომწოდებლებთან კომუნიკაციის ახალ მიდგომას, მაშინ როცა არანაირი სიახლე ტექნოლოგიებში ან პროდუქტში არ ფიქსირდება. ინოვაციური ბიზნეს მოდელების შექმნის ამ მიდგომას ეწოდება "ლურჯი ოკეანის სტრატეგია".[2]

Amazon გახდა ყველაზე დიდი ონლაინ მაღაზია მსოფლიოში, ერთი ტრადიციული მაღაზიის გარეშე.

Skype არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი სატელეკომუნიკაციო პროვაიდერი, თუმცა მას არ აქვს საკუთარი ქსელის ინფრასტრუქტურა;

Apple არის მუსიკის უმსხვილესი გამყიდველი, თუმცა არ ფლობს არცერთ სტუდიას და არ ყიდის დისკებს და ა.შ. ბევრი სხვა წარმარებული კომპანია.

რა თქმა უნდა, ხარისხიანი პროდუქტი და პროცესები დიდ როლს თამაშობს, მაგრამ ისინი არ განსაზღვრავენ კომპანიის მომავალ წარმატებას ან წარუმატებლობას. ჩვენ შევედით ეპოქაში, სადაც კომპანიის ბედი დამოკიდებულია მათ უნარზე, გამოიყენონ შესაბამისი ინოვაციური მოდელი ტექნოლოგიის უფრო ეფექტურად მონეტიზაციისთვის, კვლევებმა აჩვენა, რომ მსოფლიოს ყველაზე ინოვაციური კომპანიებიდან 60%-ზე მეტს აქვს ინოვაციური ბიზნეს მოდელი დალიდერი კომპანიები ორჯერ უფრო ხშირად ახდენენ თავიანთ ბიზნეს მოდელის სრულყოფას.

კვლევების მიხედვით, კომპანიების ბიზნესმოდელების გაუმჯობესება 90% შემთხვევაში, არის უკვე არსებული იდეების ხელახალი, შემოქმედებითი რეპროდუქცია და რეკომბინაცია და სხვა დარგებიდან კონცეფციების ადაპტაციის შედეგი. გამოიკვეთა ბიზნესმოდელების 55 ნიმუში, რომლებიც თითქმის ყველა კომპანიის საფუძველს ქმნის. [4].

ჩვენ განვიხილავთ რამდენიმე ინოვაციური ბიზნეს მოდელის ნიმუშს, რომლებსაც დიდი გავლენა ქონდათ და აქვთ სხვადასხვა დარგობრივ ბაზრებზე.

1. ბიზნეს მოდელი, პასუხი კითხვებზე -- ვინ? რა? როგორ? რატომ? განსაზღვრავს, ვინ არის თქვენი მომხმარებელი, რას ყიდით, როგორ სთავაზობთ და რატომ არის თქვენი ბიზნესი მომგებიანი - ვინ? რა? როგორ? რატომ?

2. **ბიზნეს მოდელიჯვარედინი გაყიდვები**-გულისხმობს, რომ კომპანია თავისი ძირითადი პროდუქტის/მომსახურების გარდა, მომხმარებელს (საკუთარ ან სხვა კომპანიის) დამატებით პროდუქტებსა და მომსახურებებს სთავაზობს.

3. **ბიზნეს მოდელიგაციფრულება**არაიმე პროდუქტის ან მომსახურების ციფრული ვერსიის შექმნას გულისხმობს.

4. **ბიზნეს მოდელი მომხმარებლის ლოიალურობის შენარჩუნება** პროდუქტის/სერვისის მიწოდების გარდა, დამატებითი ღირებულების, მაგალითად, წამახალისებელი პროგრამების შეთავაზებით მიიღწევა. მიზანი ემოციური კავშირების შექმნით ან უბრალოდ, სპეციალური შეთავაზებებით მომხმარებლის ერთგულების გამყარებაა.

5. **ბიზნეს მოდელი ქრაუდფანდინგი**-- პროექტის დაფინანსების ვალდებულების ფართო საზოგადოებისთვის გადაცემას გულისხმობს.

6. **ბიზნეს მოდელი გრძელკუდა**-- ფართო ასორტიმენტის პროდუქციის მცირე რაოდენობით გაყიდვაზე კონცენტრირდება. მიუხედავად იმისა, რომ კონკრეტული პროდუქტი მცირე ოდენობით იყიდება, ჯამში ყველა ნიშური პროდუქტი ერთად საკმაოდ დიდ შემოსავალს აგენერირებს და ამასთან კონკურენტებისგან გამორჩეულობის საშუალებასაც იძლევა.

7.**ბიზნეს მოდელი აუქციონი/ ტენდერი** --აუქციონი მეტნაკლებად ყველასათვის ცნობილი და გასაგები ბიზნესმოდელია. სტანდარტული აუქციონის გარდა არსებობს მის პრინციპზე აგებული ინოვაციური ბიზნესმოდელი – ე.წ. უკუაუქციონი, იგივე ტენდერი.

8. **ბიზნეს მოდელი დამატებითი შეთავაზება** --ამ მოდელით სარგებლობის შემთხვევაში კომპანიის პროდუქტის/ მომსახურების ფასი კონკურენტული და ხელმისაწვდომია, თუმცა ჯამურ ღირებულებას სხვა დამატებითი პირობები ზრდის, რომელთა არჩევაც მომხმარებლის სურვილზეა დამოკიდებული.

9. **ბიზნეს მოდელი გადაწყვეტილებების მიმწოდებელი** - ამ ბიზნესმოდელის მქონე კომპანია რომელიმე კონკრეტული მიმართულებით პროდუქტის ან მომსახურების სრულ პაკეტს სთავაზობს თავის მომხმარებლებს, რომლებიც კმაყოფილები არიან ყოვლისმომცველი პაკეტით სარგებლობით.

10. ბიზნეს მოდელი თეთრი ეტიკეტი

განმარტება: თეთრი ეტიკეტით მოსარგებლე კომპანიები სხვა კომპანიებს უფლებას აძლევენ, მათი წარმოებული პროდუქტები საკუთარი ბრენდით გაყიდონ. ასეთი მიდგომა ქმნის შთაბეჭდილებას, რომ პროდუქტი ამ უკანასკნელმა კომპანიებმა დაამზადეს. ერთსა და იმავე პროდუქტს სხვადასხვა ბრენდი და მეწარმე ყიდის, შედეგად, შესაძლებელია ერთმა პროდუქტმა მომხმარებელთა სხვადასხვა სეგმენტი დააკმაყოფილოს.

11. **ბიზნესმოდელი "სამართებლის პირი"**--გულისხმობს ძირითადი პროდუქტის უფასოდ ან იაფად გაცემას, დამატებითი პროდუქტების კი ძვირად გაყიდვას. ამ შემთხვევაში, ძირითადი პროდუქტებია Nespresso-ს ყავის აპარატი და Gillette-ს სამართებელი, დამატებითი პროდუქტები კი - კაფსულები და სამართებლის პირები.

12. **ბიზნესმოდელის "ინტეგრატორი"**მქონე კომპანია მიწოდების ჯაჭვის უმეტეს ან ყველა ნაწილს თავად აკონტროლებს, მაგ. ნედლეულის შემოტანას, წარმოებასა თუ დისტრიბუციას და ა.შ. არსებობს ბიზნეს მოდელის სხვა ვარიანტებიც. უფრო მეტიც შესაძლებელია აღწერილი ბიზნეს მოდელის მიზანმიმართული კომბინაციებიც, მაგალითად: ბიზნესმოდელი **გრძელკუდა, გაციფრულება და გამოწერა** ერთ ბიზნეს კომპანიაში, ან ბიზნესმოდელი-**ორმხრივი ბაზარი, მომხმარებლის მონაცემებით სარგებლობა, გაციფრულება** სადაც: "ორმხრივი

ბაზრის" ბიზნესმოდელი გულისხმობს პლატფორმას მომხმარებელთა რამდენიმე სეგმენტის ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. ამ შემთხვევაში ეს PatientsLikeMe-ს საიტია. "მომხმარებელთა მონაცემებით სარგებლობის" ბიზნესმოდელის მიხედვით, კომპანია ვებგვერდზე დაგროვილ მონაცემებს ყიდის სამედიცინო სფეროს წარმომადგენლებზე. "გაციფრულება" კი მომსახურების ციფრულ რეჟიმში გადატანას გულისხმობს.

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შესწავლილი იქნა „ბიზნეს მოდელის“ ცნების ძირითადი განმარტებები. გაკეთდა დასკვნა, რომ ავტორთა უმეტესობა მოდელირების პროცესს მომხმარებლისთვის ღირებულების შექმნის თვალსაზრისით განიხილავს. ბიზნეს მოდელის შექმნის მიდგომების მრავალფეროვნება არ იძლევა მხოლოდ ერთ მეთოდზე ფოკუსირების საშუალებას. თუმცა, ანალიზმა აჩვენა, რომ საწარმოს ინოვაციური განვითარებისთვის ბიზნეს მოდელის აგებისას, საბაზო მოდელად აუცილებელია ა.ოსტერვალდერის ბიზნეს მოდელის ტილო გამოვიყენოთ. იმისათვის, რომ მოდელი მოერგოს ბიზნესის სპეციფიკურ საოპერაციო პირობებს, აუცილებელია W. Chan Kim-ისა და R. Mauborgne-ის მიდგომის გამოყენება, თითოეული ბლოკის ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორების იდენტიფიცირების საფუძველზე. განხილული ქმედებები საშუალებას მოგვცემთ შექმნათ უახლესი ბიზნეს მოდელი საწარმოს განვითარებისთვის გარე და შიდა გარემოს ცვალებად პირობებში.

ლიტერატურა

1. ხუციშვილი ს.ა, ხართიშვილი მ.პ, ხუციშვილი გ.ს., ხუციშვილი ლ.ს.-„ბიზნეს მოდელის თანამედროვე ხედვა და შემადგენლების სისტემური ანალიზი. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი № 2, სტუ, 2018, 10 გვ.
2. Остервальдер А., Пинье Ив. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора М.: Альпина Паблишер, 2017, 288 С.
3. Moreva E. L. Business model and its role in the development of innovation policy (analysis of foreign concepts) // Finance: theory and practice. 2017. V. 21. Issue. 4. P. 126-137.
4. O. Gassmann, K. Frankenberger, M. CsikThe business model navigator : 55 models that will revolutionise your business, Pearson Education Limited, Harlow, England, 2016. Web: www.pearson.com/uk
5. *D. Tapscott*. The Digital Economy. Dontapscott. [Электронный ресурс]. URL: <http://dontapscott.com/books/the-digital-economy>

Analysis of the main approaches to the formation of an innovative business model

Sulkhan khutsishvili, Zurab gasitashvili, Maka Khartishvili
Georgian Technical University
sulkh-5@mail.ru, zur_gas@gtu.ge, makax@gtu.ge

Resume

Nowadays it is particularly important to create a business model that determines the company's work. There are different approaches to creating a business model, among which the management of a company should choose the most acceptable one for them and form the development strategy of a company.

Each approach to creating business models, that are discussed in the article, illustrates principal idea of a model formation and suggests a method through which it becomes possible to create a real business model for further development of the company.

There are discussed examples of innovative business models, main areas of application and comparative analysis of their features.

Key words: business model, valuable proposal, customer segment, dissemination channels, innovative development, strategy, innovative business model.

მობილური კავშირის ქსელში მობილობის პროცესის ოპტიმიზაცია მომხმარებლის ტერმინალების დაჯგუფების და მათი ჰენდოვერების ცენტრალიზებული მართვის მეთოდის გამოყენებით

ილია ბაჯელიძე, გივი მურჯიკნელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

iliabajelidze86@gmail.com, g.murjikneli@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია მობილური კავშირის ქსელში მომხმარებლის ტერმინალების (UE) გადაადგილებისას უწყვეტი კავშირის შენარჩუნებისთვის ჰენდოვერების აუცილებლობის საკითხი. მიუხედავად იმისა, რომ მობილურ ქსელებში ჰენდოვერი აუცილებელია უწყვეტი კავშირის შესანარჩუნებლად და მომხმარებლის დადებითი გამოცდილების უზრუნველსაყოფად, ჰენდოვერების ამ პროცესს თან ახლავს პოტენციური ნეგატიური ზემოქმედება ქსელზე. როცა მოცემული არეალის სიგნალით დაფარვის გაუმჯობესების მიზნით ქსელის ოპერატორი ზრდის საბაზო სადგურების რაოდენობას, მცირდება ცალკეული ფიჭის მოქმედების ზონა და ამ ტერიტორიაზე მოძრავი მომხმარებლის უწყვეტი კავშირისთვის აუცილებელი ხდება მეტი და მეტი ჰენდოვერის განხორციელება. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ასეთ შემთხვევაში, მომხმარებელი უწყვეტ მობილურ კავშირს ინარჩუნებს ჰენდოვერების გაზრდილი რაოდენობის ხარჯზე, რაც თავის მხრივ უარყოფით გავლენას ახდენს მობილური კავშირის ხარისხზე. ხარისხის გაუარესება განსაკუთრებით აისახება იმ აპლიკაციებზე, რომლებიც ფუნქციონირებენ რეალურ დროში. ჰენდოვერების მნიშვნელოვნად გაზრდილი რაოდენობა და სასიგნალო არხების მზარდი გადატვირთვა მოსალოდნელია ქალაქებში, მთავარ გზებზე, გადატვირთული ტრაფიკის პირობებში, სადაც მგზავრებით სავსე სატრანსპორტო საშუალებებს უწევთ გადაადგილება. ამ პირობებში ტრანსპორტში არსებული ყოველი UE გადაადგილების პროცესში განხორციელებული ჰენდოვერების დროს ერთდროულად ითხოვს ჰენდოვერების მართვისათვის საჭირო სასიგნალო არხის გამოყოფას. თავის მხრივ ეს იწვევს ქსელში სასიგნალო ინფორმაციის მოცულობის გაზრდას, რაც განსაკუთრებით მტკივნეულად აისახება მთავარ ქსელში (Core Network), სადაც ტრაფიკის მოცულობის მნიშვნელოვანი ზრდის გამო შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს სასიგნალო არხების გადატვირთვას.

რეალურ ქსელზე დაკვირვებამ, რომელიც თბილისის ერთ-ერთ მთავარ ქუჩაზე მიმდინარეობდა, აჩვენა რომ, მობილური ტერმინალები, რომლებიც გვერდიგვერდ ერთი ავტობუსით გადაადგილდებოდნენ, ჰენდოვერებისთვის საჭირო სასიგნალო არხების გამოყოფას თითქმის ერთი სცენარით ითხოვდნენ და ასევე საბაზო სადგურიდან მიღებული ჰენდოვერების ინსტრუქციების მესიჯები ერთსადაიმავე ინფორმაციას შეიცავდნენ. ამის საფუძველზე შევიმუშავეთ მიდგომა, რომ იმ მომხმარებლებისთვის, რომლებიც ერთი მარშრუტით და ერთი სიჩქარით მოძრაობენ, მოხდეს მათი დაჯგუფება და ის სასიგნალო არხები რომლებიც გამოიყოფა ჰენდოვერის ინსტრუქციების მესიჯების გადასაცემად მოძრავი ტერმინალისთვის, გადაიცეს არა სათითაოდ თითოეული მომხმარებლისთვის, არამედ წინასწარ განსაზღვრული ჯგუფისთვის. შემუშავებული იქნა ალგორითმი, რომელიც მოახდენს მომხმარებლების გაერთიანებას ჰენდოვერის მართვის საერთო ჯგუფებში. დაკვირვების არეალში მიღებულმა სიმულაციურმა შედეგებმა აჩვენა რომ ჰენდოვერების ინსტრუქციების მესიჯებისთვის გამოყენებული სასიგნალო ინფორმაციების რაოდენობა მნიშვნელოვნად შემცირდა.

საკვანძო სიტყვები: მობილური კავშირი, ალგორითმები, ჰენდოვერი.

შესავალი

თანამედროვე მობილურ ქსელებში ჰენდოვერი არის აუცილებელი პროცედურა, რომლის საშუალებითაც მოძრავი მომხმარებლის ტერმინალის (UE-User Equipment) ფიჭიდან ფიჭაზე გადაბარების პროცესი უწყვეტად მიმდინარეობს [1]. UE მუდმივად ზომავს მისი მომსახურებელი და მეზობელი ფიჭებიდან მიღებულ სიგნალის დონეებს და რეპორტის სახით გადაეცემა მომსახურებელ საბაზო სადგურს, რომელიც ამ რეპორტის საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას ჰენდოვერის განხორციელების შესახებ. ამის შემდეგ მომსახურებელი საბაზო სადგური UE-ს შესაბამისი სასიგნალო არხებით უგზავნის ჰენდოვერების ინსტრუქციას, ამ ყველაფრის გათვალისწინებით ტერმინალი უწყვეტად გადადის ერთი მომსახურებელი ფიჭიდან მეორეზე. ჰენდოვერი ჩვეულებრივ ხდება მაშინ, როდესაც მომსახურებელი ფიჭის სიგნალის სიმძლავრე ან ხარისხი იწყებს დეგრადაციას. თუ ქსელი აღმოაჩენს, რომ მობილური მოწყობილობის მიმღებ ანტენასთან სიგნალი სუსტდება, ის დაიწყებს ჰენდოვერის პროცედურის მომზადებას, რათა UE გადაიყვანოს მეზობელ ფიჭაზე სადაც უფრო ძლიერი და სტაბილური სიგნალია.

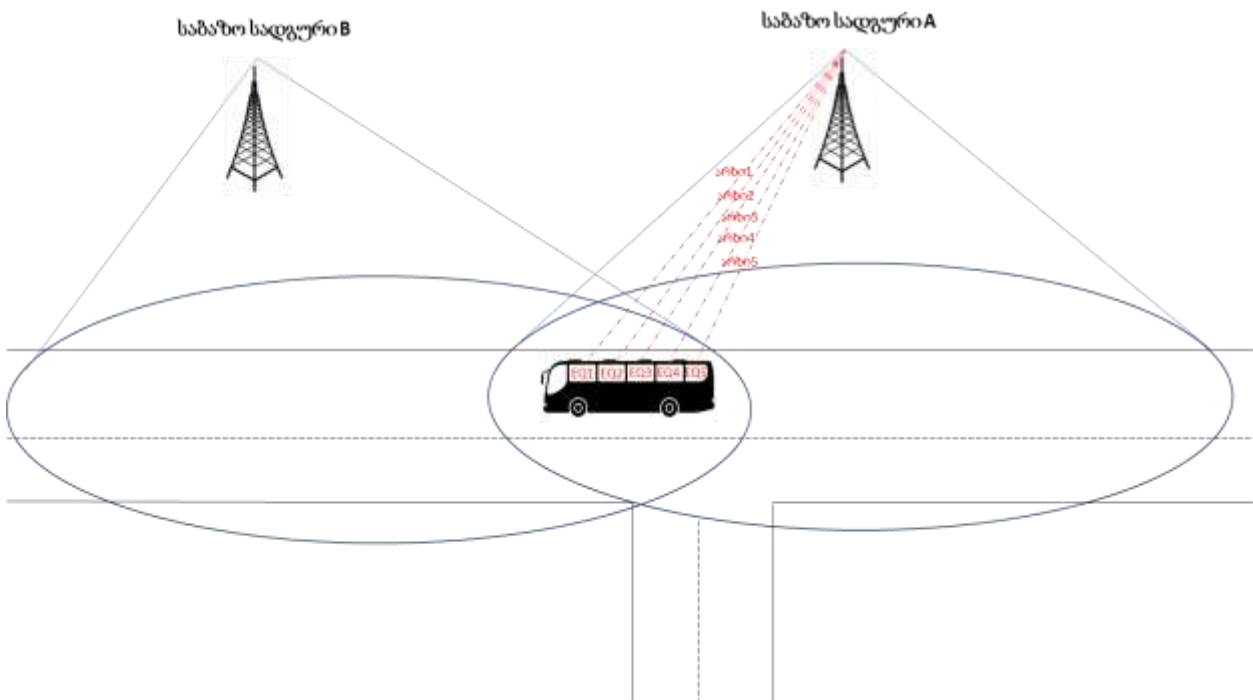
მიუხედავად იმისა, რომ მობილურ ქსელებში ჰენდოვერი აუცილებელია უწყვეტი კავშირის შესანარჩუნებლად და მომხმარებლის დადებითი გამოცდილების უზრუნველსაყოფად, ჰენდოვერების ამ პროცესს თან ახლავს პოტენციური ნეგატიური ზემოქმედება ქსელზე.

ძირითადი ნაწილი

ჰენდოვერის პროცედურასთან დაკავშირებული ერთერთი პრობლემა არის სასიგნალო არხების ზედმეტად დატვირთვა [2]. ჰენდოვერების კონდიციებთან მიახლოების დროს, საბაზო სადგური მომხმარებლის ტერმინალს პერიოდულად უგზავნის სიგნალების გაზომვების და ჰენდოვერების ინსტრუქციებს. ეს ინფორმაცია იგზავნება სასიგნალო რადიოარხის საშუალებით და შესაბამისად იზრდება მომსახურე ფიჭის სასიგნალო არხების დატვირთვა. ჰენდოვერების განსაკუთრებით გაზრდილი რაოდენობა და სასიგნალო არხების მზარდი გადატვირთვა მოსალოდნელია ქალაქებში, მთავარ გზებზე გადატვირთული ტრაფიკის პირობებში, სადაც მგზავრებით სავსე სატრანსპორტო საშუალებებს უწყვეტ გადაადგილება. ამ

პირობებში ტრანსპორტში არსებული თითოეული UE გადაადგილების პროცესში განხორციელებული ჰენდოვერების დროს ერთდროულად ითხოვს ჰენდოვერებისთვის საჭირო სასიგნალო არხების გამოყოფას. მათ სათითაოდ ეგზავნებათ ჰენდოვერების ინსტრუქციები ინდივიდუალური რადიო არხებით [3]. ეს კი, ისედაც შეზღუდული რადიოარხების პირობებში საკმაოდ არაეფექტურია. თავის მხრივ ეს იწვევს ქსელში სასიგნალო ინფორმაციის მოცულობის გაზრდას, რაც განსაკუთრებით მტკივნეულად აისახება მთავარ ქსელში (Core Network), სადაც ტრაფიკის მოცულობის მნიშვნელოვანი ზრდის გამო შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს სასიგნალო არხების გადატვირთვას.

რეალურ მობილურ ქსელში მომხმარებლის ტერმინალების ჯგუფური გადაადგილების შემთხვევების მაგალითისთვის შეგვიძლია მოვიყვანოთ შემთხვევა, როცა მომხმარებლები მოძრაობენ სატრანსპორტო საშუალებებით: ავტობუსი, სამარშრუტო ტაქსები, მატარებელი, ტრამვაი და ა.შ. მაგალითისთვის მოყვანილია სურ.1-ში ნაჩვენები გრაფიკული გამოსახულება:



სურ. 1. საზოგადოებრივი ტრანსპორტი გადაადგილდება A სადგურის დაფარვის არეალიდან B სადგურის დაფარვის არეალისკენ, როცა საბაზო სადგური თითოეულ ტერმინალს სასიგნალო არხებით უგზავნის ჰენდოვერების ინსტრუქციას

სურ.1-ში აღწერილია პროცესი, როცა მომხმარებლების ტერმინალები ავტობუსით გადაადგილდება A-დან საბაზო სადგურიდან საბაზო სადგური B-ს დაფარვის არეალის მიმართულებით. როცა ავტობუსი მიუახლოვდება A ფიჭის დაფარვის არეალის ნაპირს და შესაბამისად B ფიჭის დაფარვის არეალის დასაწყისს, კავშირის უწყვეტობის შენარჩუნების მიზნით, UE-დან მიღებული გაზომვის შედეგებზე დაყრდნობით, A საბაზო სადგური სასიგნალო რადიო არხებით იწყებს ჰენდოვერების ინსტრუქციის გაგზავნას ამ ავტობუსში არსებული ტერმინალებისთვის სათითაოდ. როგორც ზემოთ ავლინებთ ჰენდოვერის პროცესისთვის ასეთი მეთოდები არაეფექტურია, რადგან ტერმინალებისთვის ჰენდოვერების მართვის ინფორმაციები იდენტურია, ანუ თითოეულ ტერმინალს, რომელიც იმყოფება ავტობუსში, გადაეცემა ჰენდოვერების მართვის ერთიდაიგივე ინსტრუქცია და შესაბამისად სასიგნალო არხები გამოიყენება არაეფექტურად. ამ პრობლემის აღსაწერად რეალურ მობილურ ქსელში ჩავატარეთ ექსპერიმენტი. აღებული იქნა ხუთი სატესტო მობილური ტერმინალი,

რომელიც ჩართული იყო LTE ქსელში. ხუთივე ტელეფონი მოთავსდა ავტობუსში, სხვადასხვა ადგილას. ავტობუსი გადაადგილდებოდა თბილისში, ვაკეში ჭავჭავაძის ქუჩიდან თავისუფლების მოედნისკენ. დაკვირვების მიზანს წარმოადგენდა გამოვლენილიყო სატესტო ტელეფონების გადაადგილების დროს შერჩეულ მარშრუტზე გამოვლენილი ჰენდოვერების პროცესში საბაზო სადგურიდან მომხმარებლის ტერმინალისკენ გაგზავნილი ჰენდოვერების ინსტრუქციის მესიჯების შიგთავსი რამდენად ემთხვეოდა ერთმანეთს. სატესტო მობილური ტერმინალები ახდენდა მნიშვნელოვანი ინფორმაციების აღრიცხვას და ჩაწერას ლოგების სახით. შემდგომში გაკეთდა ზემოაღნიშნული ლოგების ანალიზი შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის - Tera Discover-ის გამოყენებით. სურ. 2-ზე მოცემულია ავტობუსის გადაადგილების ტრაექტორია. ამ სურათზე ლურჯი ფერის ფიგურებით გამოსახულია საბაზო სადგურების სექტორების მიმართულებები, ხოლო მრგვალი ფერადი ანათვლებით მონიშნულია ავტობუსის გადაადგილების დროს ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის პროცესი.



სურ. 2. ავტობუსის გადაადგილების ტრაექტორია

სატესტო ტელეფონების ლოგების განხილვის შემდეგ, აღმოჩნდა რომ სატესტო ტერმინალები რომლებიც გადაადგილდებოდა ერთიდაიგივე მიმართულებით, ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის პროცესში საბაზო სადგურის ჰენდოვერის ინსტრუქციის მესიჯი მოიცავდა ერთიდაიგივე შიგთავსს უმნიშვნელო სხვაობით. სურ:3-ში მოცემულია ერთ მყისიერ მომენტში ზემოაღნიშნული ჰენდოვერის ინსტრუქციის შიგთავსი:

EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5
RRC Connection Reconfiguration (DL-DCCCH)	RRC Connection Reconfiguration (DL-DCCCH)	RRC Connection Reconfiguration (DL-DCCCH)	RRC Connection Reconfiguration (DL-DCCCH)	RRC Connection Reconfiguration (DL-DCCCH)
Time : 12:19:24.897	Time : 12:19:25.952	Time : 12:19:25.752	Time : 12:19:25.152	Time : 12:19:24.152
Vendor Header	Vendor Header	Vendor Header	Vendor Header	Vendor Header
Stack : 1	Stack : 1	Stack : 1	Stack : 1	Stack : 1
Sub Cmd : DM LTE Data Out	Sub Cmd : DM LTE Data Out	Sub Cmd : DM LTE Data Out	Sub Cmd : DM LTE Data Out	Sub Cmd : DM LTE Data Out
Cmd Type : 82	Cmd Type : 82	Cmd Type : 82	Cmd Type : 82	Cmd Type : 82
rrc-TransactionIdentifier : 1	rrc-TransactionIdentifier : 1	rrc-TransactionIdentifier : 1	rrc-TransactionIdentifier : 1	rrc-TransactionIdentifier : 1
criticalExtensions : c1	criticalExtensions : c1	criticalExtensions : c1	criticalExtensions : c1	criticalExtensions : c1
c1 : rrcConnectionReconfiguration-r8	c1 : rrcConnectionReconfiguration-r8	c1 : rrcConnectionReconfiguration-r8	c1 : rrcConnectionReconfiguration-r8	c1 : rrcConnectionReconfiguration-r8
rrcConnectionReconfiguration-r8	rrcConnectionReconfiguration-r8	rrcConnectionReconfiguration-r8	rrcConnectionReconfiguration-r8	rrcConnectionReconfiguration-r8
mobilityControlInfo	mobilityControlInfo	mobilityControlInfo	mobilityControlInfo	mobilityControlInfo
targetPhysCellId : 265	targetPhysCellId : 265	targetPhysCellId : 265	targetPhysCellId : 265	targetPhysCellId : 265
carrierFreq	carrierFreq	carrierFreq	carrierFreq	carrierFreq
d1-CarrierFreq : 1699	d1-CarrierFreq : 1699	d1-CarrierFreq : 1699	d1-CarrierFreq : 1699	d1-CarrierFreq : 1699
ul-CarrierFreq : 19699	ul-CarrierFreq : 19699	ul-CarrierFreq : 19699	ul-CarrierFreq : 19699	ul-CarrierFreq : 19699
1304 : E0500	1304 : E0500	1304 : E0500	1304 : E0500	1304 : E0500
newUE-Identity : 31200	newUE-Identity : 10618	newUE-Identity : 18200	newUE-Identity : 12207	newUE-Identity : 11300
radioResourceConfigCommon	radioResourceConfigCommon	radioResourceConfigCommon	radioResourceConfigCommon	radioResourceConfigCommon
prach-Config	prach-Config	prach-Config	prach-Config	prach-Config
rootSequenceIndex : 30	rootSequenceIndex : 30	rootSequenceIndex : 30	rootSequenceIndex : 30	rootSequenceIndex : 30

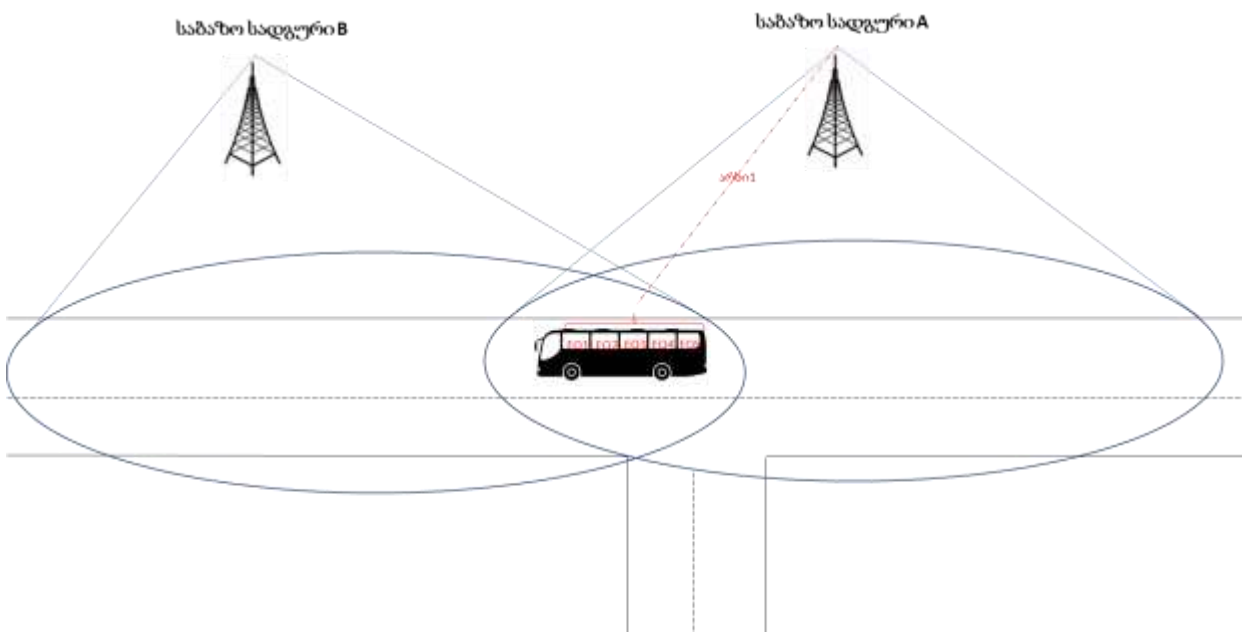
სურ.3. მომსახურებელი საბაზო სადგურიდან სატესტო UE-ებისთვის გაგზავნილი ჰენდოვერების ინსტრუქციის შიგთავსი

ასევე სატესტო მარშრუტისთვის გამოვთვალეთ ხუთივე ტერმინალისთვის ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობა რომელიც ნაჩვენებია ცხრილი 1-ში

ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობა

მომხმარებლის მოწყობილობა	გავლილი მანძილი (კმ)	დრო (წუთი)	ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობა
EQ1, EQ2, EQ3, EQ4, EQ5	8	30	350

რადგან აღმოჩნდა, რომ რეალურ ქსელში ადგილი აქვს ჰენდოვერების ინსტრუქციის გადაცემისთვის საჭირო სასიგნალო არხების არაეფექტურ გამოყენებას, ჩვენს მიერ შემუშავებულია ალგორითმი, სადაც ხდება მომხმარებლის ტერმინალების გაერთიანება ჯგუფებში, რის შედეგადაც ჰენდოვერების ინსტრუქციის სასიგნალო ინფორმაცია ჰენდოვერების მოზადების პროცესში გაგზავნილი იქნება მხოლოდ ერთხელ ამ ჯგუფისთვის და არა ამ ჯგუფში შემავალი თითოეული UE-სთვის როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 4-ზე



სურ.4. საზოგადოებრივი ტრანსპორტი გადაადგილდება A სადგურის დაფარვის არეალიდან B სადგურის დაფარვის არეალისკენ, როცა საბაზო სადგური ერთად მოძრავ ტერმინალთა ჯგუფს ერთი სასიგნალო არხით უგზავნის ჰენდოვერების ინსტრუქციას

შემუშავებული ალგორითმის მუშაობისთვის აუცილებელია მოხდეს მომხმარებლის ტერმინალების ჯგუფებში დამატება. ამისთვის საჭიროა UE-მ გაზომვების რეპორტში გაითვალისწინოს თავისი გეოგრაფიული მდებარეობის კოორდინატები. ის ტერმინალები რომლებიც ბოლო ხუთი წამის განმავლობაში არეპორტებენ თავიანთ გეოგრაფიული მდებარეობის კოორდინატებს, რომლებიც ერთმანეთისგან დაშორებულები არას m მეტრზე ნაკლები დისტანციით და მოძრაობის მიმართულეზაც ერთმენეთს ემთხვევა, ჩაითვლება ერთი მობილური ჯგუფის წევრებად. თუ ამ ჯგუფის რომელიმე წევრი არ დააკმაყოფილებს ზემოაღნიშნულ პირობას, ისინი დატოვებენ ამ ჯგუფს. ჩვენი მიდგომა შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით:

$$G = \sum_{n=a-k}^a \text{acos}(\sin(x0_n) \times \sin(x1_n) + \cos(x0_n) \times \cos(x1_n) \times \cos(y1_n - y0_n)) \times 6371$$

X1 - ტერმინალის გრძედი(lat)

Y1 - ტერმინალის განედი(long)

X0- ეტალონური გრძედი(lat)

Y0 - ეტალონური განედი(long)

a - ბოლო ანათვალის ინდექსი

n - ანათვალის ინდექსი

k - ანათვლების რაოდენობის კოეფიციენტი (ეს კოეფიციენტი განსაზღვრავს გამოთვლაში ბოლო რამდენ ანათვალს ვითვალისწინებთ)

m - საშუალო გადახრის მანძილი (მაქსიმალურად დასაშვები მანძილი UE-ს შორის)

თუ $G < m \times k$ მაშინ ჯგუფის კონდიცია სრულდება.

მარტივი სიტყვებით რომ ვთქვათ, როდესაც UE-ს ბოლო k რაოდენობის ანათვლების მანძილი სხვა ეტალონური ტერმინალის მიმართ არ აღემატება m საშუალო გადახრის მანძილს ეს ტელეფონი მოიაზრება როგორც ჯგუფის წევრი.

მოცემული სატესტო მარშრუტისთვის, თუ გამოვიყენებთ ზემოთ აღწერილ მიდგომას, მაშინ ერთი და იგივე მიმართულებით მოძრავი ტერმინალები გაერთიანდებიან ჯგუფში, სადაც ჰენდოვერები მართვის ინსტრუქცია განისაზღვრება არა თითოეული ტერმინალისთვის, არამედ ტერმინალთა ჯგუფისთვის და შედეგად მივიღებთ ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობის შემცირებას 5-ჯერ, რაც თეორიულად შეამცირებდა ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობის მაჩვენებელს 350-დან 70-ამდე. ცხრილი 2-ში მოცემულია ეს შედეგი

ცხრილი 2. ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობა შემუშავებული ალგორითმის დანერგვის შემდეგად

მომხმარებლის მოწყობილობა	გავლილი მანძილი (კმ)	დრო (წუთი)	ჰენდოვერების ინსტრუქციის ჯამური რაოდენობა
EQ1, EQ2, EQ3, EQ4, EQ5	8	30	70

დასკვნა

მომხმარებლის ტერმინალების (UE) ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის პროცესში, მომმსახურებელი საბაზო სადგურიდან სასიგნალო არხების საშუალებით იღებს ჰენდოვერების შესრულებისათვის საჭირო ინსტრუქციას. იმ შემთხვევაში, როცა რამოდენიმე UE ერთი და იმავე სატრანსპორტო საშუალებით გადაადგილდება სატრანსპორტო გზებზე, მათი ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის პროცედურისთვის გამოყენებული სასიგნალო არხების შემცირების მიზნით, მოვახდინეთ ამ მომხმარებლების გაერთიანება ერთ ჯგუფად, რის შედეგადაც მომმსახურებელი საბაზო სადგურიდან ჰენდოვერების ინსტრუქციის სიგნალი იგზავნება არა თითოეული UE-სთვის, არამედ ერთად მოძრავი მობილური ტერმინალების ჯგუფისთვის გამოყოფილი საერთო სასიგნალო არხით. შემუშავებული იქნა ალგორითმი, რომლის შედაგადაც ხდება ზემოაღნიშნული პირობების მქონე მომხმარებელთა ტერმინალების დაჯგუფება და მართვა. ჰენდოვერების პროცესის მართვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით, რეალურ ქსელზე დაკვირვების შედეგად ჰენდოვერების ინსტრუქციის სასიგნალო ინფორმაციების ჯამური რაოდენობა 350 შემცირდა და გახდა 70.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage (Release 13). Technical Specification TS 36.300 V13.1.0, 3GPP, September 2015.
2. M. Patzold, "5G Readiness on the Horizon [Mobile Radio]," IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 13, no. 1, pp. 6–13, 2018.
3. S. Sesia, I. Toufik, and M. Baker. LTE--the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice (2nd Ed.) Wiley, 2011.

Optimizing the mobility process using a centralized management method of grouping user terminals and their handovers

Ilia Bajelidze, Givi Murjikneli

Georgian Technical University

iliabajelidze86@gmail.com, g.murjikneli@gtu.ge

Summary

The paper describes the issue of the need for handovers to maintain a continuous connection when moving user terminals (UE) in a mobile communication network. Although handover in mobile networks is necessary to maintain uninterrupted connectivity and ensure a positive user experience, this process of handovers comes with potential negative impacts on the network. When the network operator increases the number of base stations in order to improve the signal coverage of a given area, the area of operation of a single cell decreases, and it becomes necessary to carry out more and more handovers for continuous connection of users moving in this area. In other words, in such a case, the user maintains a continuous mobile connection at the expense of an increased number of handovers, which in turn negatively affects the quality of the mobile connection. The quality degradation is particularly affected by applications that operate in real time. Especially increased number of handovers and increasing congestion of signal channels are expected in cities, under heavy traffic conditions on main roads, where vehicles full of passengers have to move. Under these conditions, each UE in the transport, during

the handovers performed in the process of moving, simultaneously requests the allocation of signaling channels necessary for handovers. In turn, this leads to an increase in the volume of signaling information in the network, which is especially painful in the main network (Core Network), where signaling channels may be overloaded due to a significant increase in traffic volume. The observation of the real network, which took place on one of the main streets of Tbilisi, showed that the mobile terminals, which were traveling side by side with one bus, requested the allocation of signal channels necessary for handovers in almost the same scenario, and also the handover instruction messages received from the base station contained the same information. Based on this, we have developed an approach so that for users who move along one route and one speed, they are grouped, and the signaling channels allocated for transmitting handover instruction messages to the mobile terminal are not transmitted individually to each user, but to a predetermined group. An algorithm has been developed that will group users into common handover management groups. Simulation results obtained in the observation area showed that the amount of signaling information used for handover instruction messages was significantly reduced.

Keywords: Handover, Mobile connection, Algorithms.

ბურთის ძელზე წონასწორობის მოდელირება და მართვა

ირმა დავითაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i.davitashvili@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ბურთის ძელზე წონასწორობის მოდელირება და მართვა; სისტემა „ბურთი ძელზე“ წარმოადგენს არამდგრად და ამავდროულად არაწრფივ გახსნილ სისტემას, თუმცა მცირე გადახრების შემთხვევაში იგი შეიძლება წრფივად ჩავთვალოთ. ვინაიდან როგორც არაწრფივი, ისე არამდგრადი სისტემის კვლევა საკმაოდ რთულია, ამ თვალსაზრისით ნაშრომი აქტუალურია, ამავდროულად სისტემის მექანიზმი მარტივი და უსაფრთხოა. სისტემის გადაცემის ფუნქცია წარმოადგენს მეორე რიგის პოზიციურ რგოლს, რაც ამტკიცებს სისტემის არამდგრადობას. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად დგება სისტემაში უკუკავშირის შეტანის აუცილებლობა და რეგულატორების ჩართვის საკითხი. რეგულატორების სინთეზისთვის შემოტანილია სინთეზის შემდეგი კრიტერიუმები: გადარეგულირება არაუმეტეს 5%-ისა, ხოლო დამყარების დრო არაუმეტეს 3წმ-ისა. სინთეზის მეთოდებიდან გამოყენებულია P, PI, PD PID რეგულატორების მეთოდი. PID რეგულატორების სინთეზისას შედეგები გვიჩვენებს, რომ P და PI რეგულატორები ვერ იძლევა სასურველ შედეგს, რადგან სისტემაში P რეგულატორის ჩართვის შემთხვევაში, ერთეულოვანი უკუკავშირის დროს, როცა $K_p=1$ სისტემაში წარმოიშვება არამილევადი რხევები, გაძლიერების კოეფიციენტის გაზრდა იწვევს რხევების სიხშირის გაზრდას. სისტემაში PI რეგულატორის შეტანა იწვევს განშლადი რხევების წარმოქმნას. PD და PID რეგულატორების საშუალებით კი მიიღწევა სასურველი შედეგი. კერძოდ, PD რეგულატორის სინთეზისას საუკეთესო შედეგი მიიღწევა, როდესაც კოეფიციენტებს ვარჩევთ შემდეგნაირად: $K_p=20, K_d=50$. ამ შემთხვევაში დამყარების დრო არის **1.8426**, ხოლო გადარეგულირება კი **3.1388**, რაც სრულად აკმაყოფილებს სინთეზის კრიტერიუმებს, თუმცა მიუხედავად იმისა, რომ სინთეზის კრიტერიუმები დაკმაყოფილებულია კვლევა გაგრძელდა და სისტემაში შემოგვაქვს სამარხიანი PID რეგულატორი. ამ შემთხვევაშიც აღებულია ოთხი ვარიანტი, რომელთაგან ყველზე კარგ შედეგს იძლევა მესამე, როდესაც, $K_p = 25, K_d = 150, K_i = 30$; დამყარების დრო მოცემულ შემთხვევაში

ტოლია **0.1171**, ხოლო გადარეგულირება **0.5098**, რაც კიდევ უფრო უკეთეს შედეგს იძლევა ვიდრე PD რეგულატორი, მამასადამე შეგვიძლიათ ვთქვათ რომ შემოთ ჩამოთვლილი P, PI, PD, PID რეგულატორებიდან უპარგისია P, PI, კარგია PD, ხოლო საუკეთესოა PID ნაშრომში შერჩეული კოეფიციენტების გამოყენებით

მოცემული სისტემის მოდელირებისა და მართვისთვის გამოყენებული კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab/Simulink, კერძოდ გამოთვლები ჩატარებული იქნა LiveScript -ის საშუალებით, სადაც თითოეული კოეფიციენტისთვის განკუთვნილი Numric Slider რიცხვითი მცოცის გადაადგილებით ლაივ რეჟიმში მოხდა შედეგზე დაკვირვება, რამაც ბევრად უფრო გააიოლა სასურველი კოეფიციენტების შერჩევა.

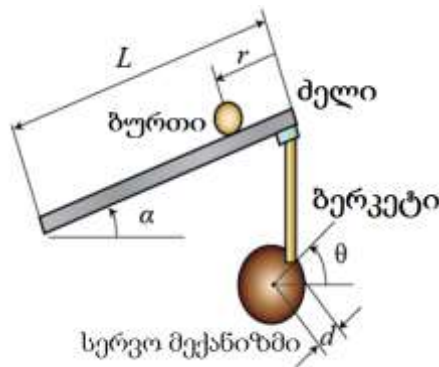
საკვანძო სიტყვები: რეგულატორები, სინთეზი, გადარეგულირება, დამყარებული ცდომილება, დამყარების დრო

1. შესავალი

სისტემა სისტემა „ბურთი ძელზე“ წარმოადგენს მართვის სისტემას, რომელიც საკმაოდ პოპულარულია და ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მოდელს წარმოადგენს თანამედროვე სასწავლო პროცესში მართვის სისტემების ინჟინერიის კუთხით, რადგან არის მარტივად გასაგები და მის შესასწავლად შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც კლასიკური, ისე პროექტირების თანამედროვე მეთოდები. რაც მთავარია, მას გააჩნია ერთი მნიშვნელოვანი თვისება - არამდგრადობა; ზოგადად, არამდგრადი სისტემების მართვა ძალიან მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს და მოითხოვს მათ ლაბორატორიაში შესწავლას, მაგრამ რადგან არამდგრადი სისტემები ნაკლებად უსაფრთხოა, მათი ლაბორატორიებში შეტანა გარკვეულ რისკებთანაა დაკავშირებული. „ბურთი ძელზე“ სისტემის მოდელი სწორედ ამ პრობლემის გადასაჭრელად შეიმუშავეს. მიუხედავად იმისა, რომ მისი მექანიზმი მარტივი და უსაფრთხოა, მას გააჩნია არამდგრადი სისტემების მნიშვნელოვანი დინამიური მახასიათებლები, ამიტომ იგი საინტერესოა როგორც სასწავლო მოდელი;

2. ძირითადი ნაწილი

ბურთი მოთავსებულია ძელზე, ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ.1-ზე. მას შეუძლია გორვა ძელის გასწვრივ. ბერკეტის მხარი ერთი ბოლოთი დამაგრებულია ძელზე, ხოლო მეორეთი კი სერვო მექანიზმზე. როგორც კი სერვო მობრუნდება θ კუთხით, ბერკეტი შეცვლის ძელის კუთხეს α -თი. კუთხის ჰორიზონტალური პოზიციიდან შეცვლა სიმძიმის ძალის გავლენით იწვევს ბურთის გორვას ძელის გასწვრივ. ძელის ბოლოში დამაგრებულია სენსორი, რომელიც ზომავს მანძილს, აფიქსირებს ბურთის პოზიციას.



ნახ.1

მართვის ამოცანის მიზანია ბურთის პოზიციის ავტომატური რეგულირება ძელზე θ კუთხის ცვალებადობით, რაც არც ისე იოლია, რადგან ბურთი არ ჩერდება ერთ ადგილას და მოძრაობს ძელზე აჩქარებით, რომელიც ძელის დახრის პროპორციულია. მართვის ტექნოლოგიების მიხედვით, „ბურთი ძელზე“ წარმოადგენს ღია, არამდგრად სისტემას, რადგან მისი გამოსასვლელი (ბურთის პოზიცია) უსასრულოდ იზრდება ფიქსირებული შესასვლელისას

(კუთხე). მოცემული სისტემის უკუკავშირით მართვა შესაძლებელს გახდის, ბურთმა შეინარჩუნოს ძელზე სასურველი პოზიცია. მოდელის სინთეზის ძირითადი კრიტერიუმებია: გადარეგულირება ნაკლები უნდა იყოს 5%-ზე; დამყარების დრო < 3წმ-ზე;

მოცემულ სისტემაში ბურთის მოძრაობის განტოლებას აქვს სახე:

$$\left(m + \frac{J}{R^2}\right)\ddot{r} - m\dot{\alpha}^2 r + mg \sin(\alpha) = 0 \quad (1)$$

მოცემული განტოლების გაწრფივებით $\alpha = 0$ კუთხისთვის (1) განტოლება შეიძლება შემდეგნაირად გადავწეროთ:

$$\left(\frac{J}{R^2} + m\right)\ddot{r} = -mg\alpha \quad (2)$$

ძელის α კუთხესა და სერვო ძრავას θ კუთხეს შორის კავშირი შეიძლება გამოისახოს შემდეგი წრფივი განტოლებით:

$$\alpha = \frac{d}{L}\theta \quad (3)$$

(3)-ს (2)-ში ჩასმით მივიღებთ:

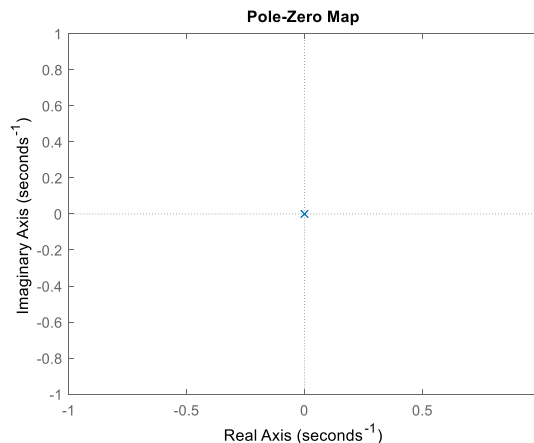
$$\left(\frac{J}{R^2} + m\right)\ddot{r} = -mg\frac{d}{L}\theta \quad (4)$$

სისტემის გამოსასვლელს წარმოადგენს ბურთის მდებარეობა კოორდინატი r , ხოლო შესასვლელს θ კუთხე; შემოვიტანოთ ცვლადები, რომლებიც გამოყენებულია სისტემის დინამიკის განტოლებაში: m -ბურთის მასა, (კგ), R -ბურთის რადიუსი (მ), d - ბერკეტის შვერილის სიგრძე (მ), g - გრავიტაციული მუდმივა (მ/წმ²), L - ძელის სიგრძე (მ), J - ბურთის ინერციის მომენტი (კგ.მ²), r - ბურთის მდებარეობის კოორდინატი, α - ძელის კუთხის კოორდინატი, θ - სერვო მექანიზმის კუთხე; ზემოაღნიშნული ცვლადებისთვის შევარჩიოთ შემდეგი მნიშვნელობები: $m = 0.111$; $R = 0.015$; $g = -9.8$; $L = 1.0$; $d = 0.03$; $J = 9.99e-6$;

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოცემული არაწრფივი სისტემა შეგვიძლია მცირე გადახრებისას განვიხილოთ წრფივ სისტემადა და გამოვიყენოთ ყველა ის მეთოდი, რაც მიღებულია სწრფივი სისტემების კვლევისას. მოცემული სისტემა წარმოადგენს გახსნილ სისტემას, რომლის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$G(s) = \frac{R(s)}{\theta(s)} = -\frac{mgd}{L\left(\frac{J}{R^2} + m\right)} \cdot \frac{1}{s^2} \quad (5)$$

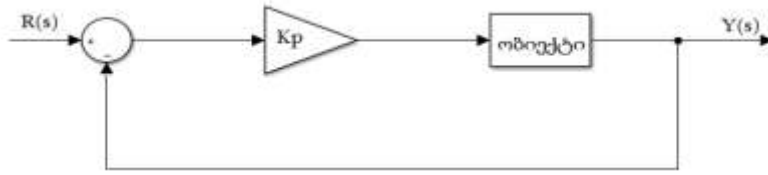
სისტემის პოლუსების მიხედვით გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ იგი ნამდვილად არამდგრადია, რადგან მას გააჩნია ორი ფესვი კოორდინატა სათავეში. (ნახ.2)



ნახ.2

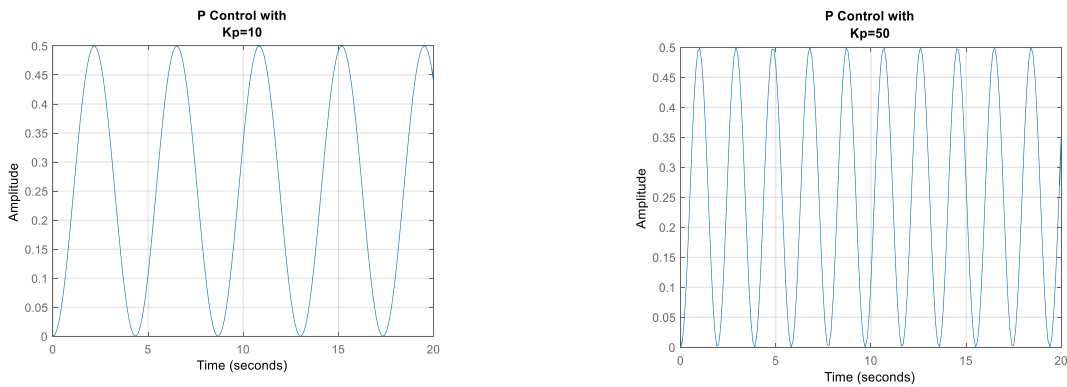
იმისათვის, რომ სისტემა გავხადოთ მდგრადი, აუცილებელია სისტემა გავხადოთ უკუკავშირიანი და გამოვიყენოთ რეგულატორები. ეტაპობრივად გამოვიყენეთ, P-პროპორციული, PI-პროპორციულ-ინტეგრალური და PID-პროპორციულ-ინტეგრალური დიფერენციალური

ა) P პროპორციული რეგულატორი



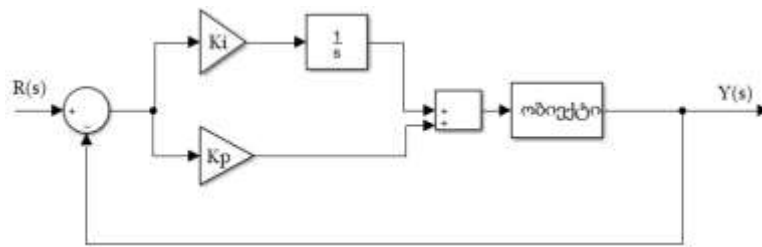
ნახ.3

K_p -ის მნიშვნელობები ვცვალებთ 10-დან 100-მდე, შედეგების მიხედვით თუ ვისმჯელებთ, როგორც შედეგებიდან ვხედავთ, პროპორციული რეგულატორი ვერ უზრუნველყოფს სასურველ შედეგს, რადგან გაძლიერების კოეფიციენტის ზრდა მხოლოდ და მხოლოდ ზრდის ჰარმონიული რხევის სიხშირეს (ნახ.4)



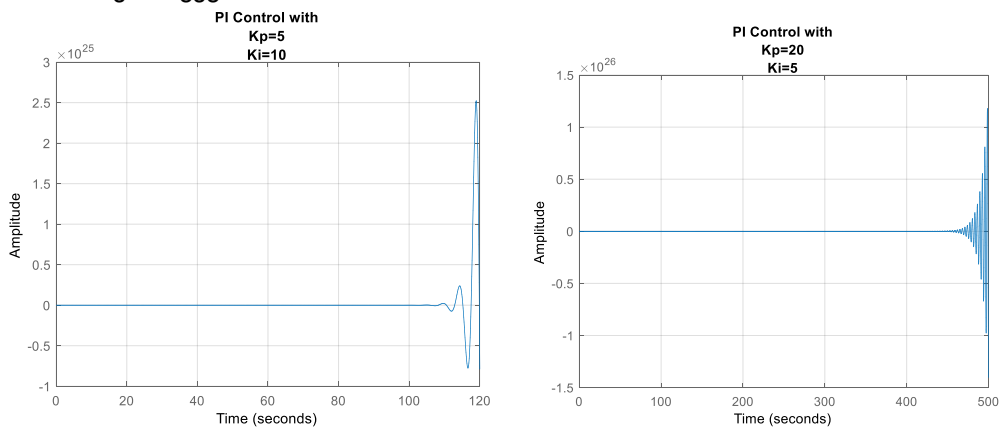
ნახ.4

ბ) პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორი



ნახ.5

ვცვალებთ K_p და K_i -ის მნიშვნელობები 5-100-მდე და ვაკვირდებოდით შედეგებს, ნახ.6-ზე მოცემულია ორი შემთხვევა.



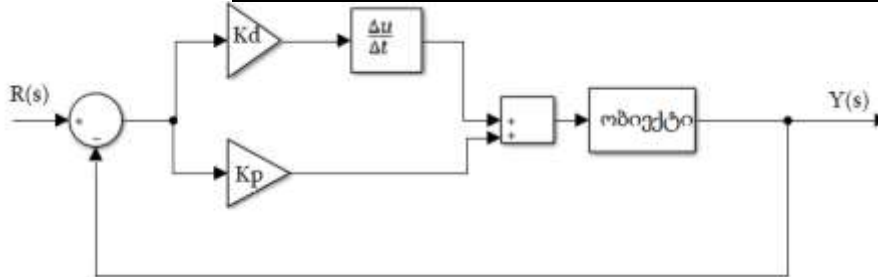
ა)

ბ)

ნახ. 6

აქაც შედეგები გვიჩვენებს, რომ მოცემული PI რეგულატორით ვერ ვიღებთ სასურველ შედეგს. შესაბამისად გადავდივართ შემდეგი ეტაპზე PD რეგულატორის შერჩევაზე

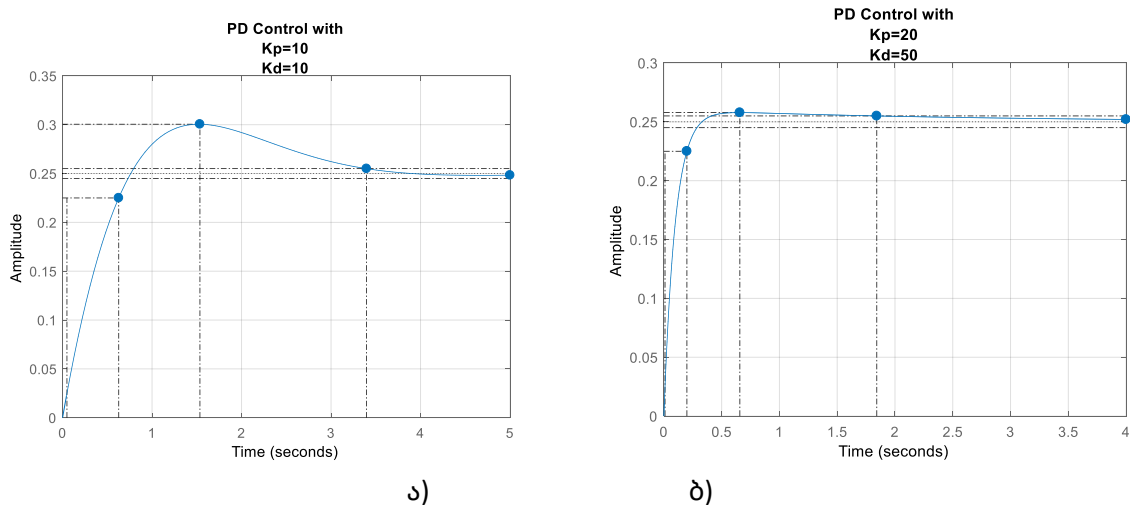
PD	$K_p=10, K_d=10$	$K_p=20, K_d=50$
დამყარების დრო	3.3969	1.8426
გადარეგულირება (%)	20.2104	3.1388



ნახ.7

ვინაიდან მოცემული რეგულატორი იძლევა გაუმჯობესებულ შედეგს, გარდამავალი პროცესის (ნახ 8) მახასიათებლები განხილულია ცხრილი 1-ში

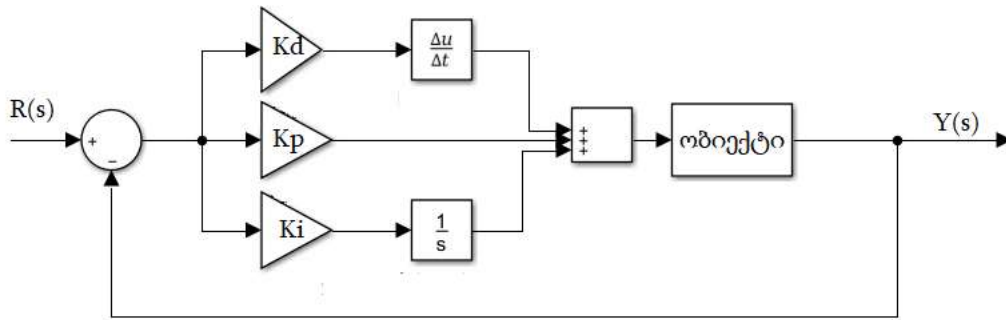
ცხრილი 1



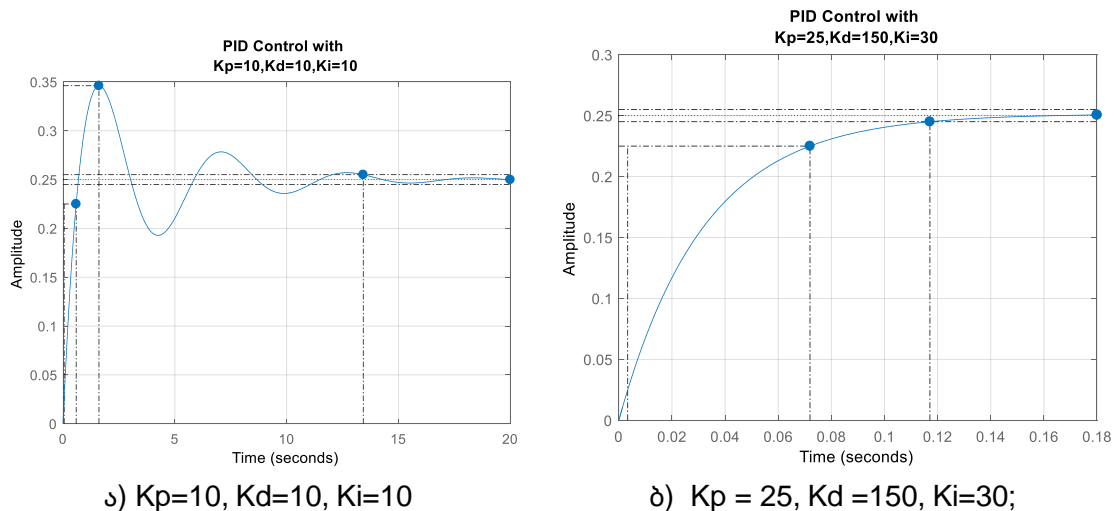
ნახ. 8

თუ დავაკვირდებით მიღებულ შედეგებს, ნახ 8. პირველივე შემთხვევაში (ნახ.8ა,ა) ჩანს, რომ შედეგი არის გაუმჯობესებული, კერძოდ, აღარ გვაქვს არამილედავი რხევებები, რაც იძლევა იმის საფუძველს, რომ აზრის აქვს კვლევის გაგრძელებას. შესაბამისად კოეფიციენტების ცვლილებით მივალწიეთ სასურველ შედეგს. როგორც ნახ. 8. ბ-ზე ისე ცხრილი 2-ის ბოლო სვეტში ვხედავთ, დამყარების დრო (1.8426) ნაკლებია 3 წმ, ხოლო გადარეგულირება (3.1388) ნაკლებია 5%-ზე.

მიუხედავად იმისა, რომ PD რეგულატორის ჩართვით მივიღეთ სასურველი შედეგი გავაგრძელებთ კვლევა PID რეგულატორის გამოყენებით.



ნახ. 9



ა) $K_p=10, K_d=10, K_i=10$

ბ) $K_p = 25, K_d = 150, K_i=30;$

ნახ. 10

მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილი 2-ში:

ცხრილი 2

PID	ა)	ბ)
		$K_p=10, K_d=10, K_i=10$
დამყარების დრო	13.4265	0.1171
გადარეგულირება	38.4405	0.5098

როგორც ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს PID რეგულატორის გამოყენების შემთხვევაში საუკეთესო შემთხვევაში მიიღება, როდესაც $K_p = 50, K_d = 100, K_i=10$; სადაც დამყარების დრო (0.7173) ნაკლებია 3წმ, ხოლო გადარეგულირება (2.1910) ნაკლებია 5%-ზე. ასევე თუ კი მოცემულ შედეგებს შევადარებთ PD რეგულატორით მართვის შედეგებს, ვნახავთ რომ PID იძლევა გაუმჯობესებულ შედეგს.

მოცემული ნაშრომისთვის გამოყენებული იქნა, კომპიუტერული სისტემა Matlab, კერძოდ გამოთვლები ჩატარებული იქნა LiveScript-ის საშუალებით, სადაც თითოეული კოეფიციენტისთვის განკუთვნილი Numeric Slider რიცხვითი მცოდის გადაადგილების მეშვეობით ლაივ რეჟიმში ხდებოდა შედეგზე დაკვირვება, რამაც ბევრად უფრო გააიოლა სასურველი კოეფიციენტების შერჩევა.

3. დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილ არამდგრადი სისტემის „ბურთი ძელზე“ კვლევამ აჩვენა, რომ სისტემა არამდგრადი რჩება, P - პროპორციული და PI -პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორებით მართვის შემთხვევაში, რადგან მოცემული რეგულატორებით ვერ მიიღწევა არამც თუ მართვის ამოცანისთვის დასახული პარამეტრების მიღება, არამედ, სისტემის არამდგრადობიდან, მდგრადობაში გადაყვანა. სასურველი შედეგები მიიღწევა PD პროპორციულ-

ლიტერატურა:

1. Norman S. Nise. CONTROL SYSTEMS ENGINEERING. California State Polytechnic University, Pomona. 2019
2. Marta Virseda. Modeling and Control of the Ball and Beam Process. 2004
3. Safaa Al Tameemi, Andres Fernandez, Andrew De Juan Ball and Beam Control system. https://www.researchgate.net/publication/284187009_Ball_and_Beam_Control_System
4. B. Meenakshipriya , K.Kalpana. Modelling and Control of Ball and Beam System using Coefficient Diagram Method (CDM) based PID controller. IFAC Proceedings Volumes Volume 47, Issue 1, 2014, Pages 620-626

Modeling and Control of a “Ball & Beam” System

Irma Davitashvili

Georgian Technical University

i.davitashvili@gtu.ge

Abstract

This paper introduced modeling and control of a “Ball and Beam” system. This system is nonlinear unstable, but in a small deviation it can be considered as linear. Since the study of both non-linear and unstable system is quite difficult, from this point of view the paper is relevant. In the same time mechanism of system is simple and safe. The system is a second-order without constant term in a denomination, which proves the instability of the system. In order to eliminate this problem, there is a necessity to make the system as a closed loop and using some controllers.

There is following control design criteria: an overshoot < 5%, and a settling time <3s. Among the design methods P, PI, PD PID controllers are used. As a results show P and PI controllers do not give the desired result, because unity feedback P controller ($K_p=1$) makes non-damping oscillations in the system, increasing the gain factor leads to an increase in the frequency of oscillations. Adding a PI controller to the system leads to the generation of decaying oscillations. The desired result is achieved by PD and PID controller. In a case using of PD controller, the best results are achieved when the coefficients are chosen as follows: $K_p=20$, $K_d=50$. In this case the settling time is 1.8426, and the overshoot is 3.1388, which fully meets the design criteria, although the design criteria are met, the research continues and we add a three-channel PID controller into the system. In this case, four options are taken, of which the third gives the best results, when $K_p = 25$, $K_d = 150$, $K_i = 30$; The settling time in this case is equal to 0.1171, and the overshoot is 0.5098, which gives even better results than the PD regulator, so we can say that among the listed P, PI, PD, PID controllers, P, PI is unsuitable, PD is good, and PID is the best using the selected coefficients in the paper.

For the system modeling and control Matlab/Simulink LiveScript is used, where the results were observed in live mode by moving the Numric Slider for each coefficient, which made it much easier to select the desired coefficients.

Keywords: controllers, design, overshoot, steady state error, settling time

MILLER ტიპის სახაზო კოდში შეცდომების აღმოჩენის საკითხები

ვიქტორ ნანობაშვილი, ჯანიკო ხუნწარია, ვახტანგ აბულაძე
ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 77
nanobashviliviktor08@gtu.ge, j.khuntsaria@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

ანოტაცია

MILLER ტიპის სახაზო კოდი მიეკუთვნება ტელეკომუნიკაციის ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში ფართოდ გამოყენებული mBnB კოდების კლასის 1B2B ქვეკლასს. ამ უკანასკნელის ფორმირების ალგორითმი მდგომარეობს იმაში, რომ საწყისი სიგნალის თითოეული სიმბოლო გამოისახება სახაზო კოდის ორი სიმბოლოთი. წარმოქმნილი სიჭარბე გამოიყენება სახაზო შეცდომების აღმოსაჩენად.

დღესდღეობით mBnB კლასის კოდებში შეცდომების აღმოჩენა ძირითადად ხდება მიმდინარე ციფრული ჯამის (მცჯ) კონტროლის საფუძველზე. ეს შესაძლებელია იმის გამო, რომ სიჭარბის შემცველი კოდებისთვის მცჯ იცვლება წინასწარ ცნობილ შეზღუდულ საზღვრებში, შეცდომა კი იწვევს ამ კანონზომიერების დარღვევას, რითაც ფიქსირდება ამ შეცდომის არსებობა. ნაჩვენებია შეცდომის აღმოჩენის აღნიშნული კრიტერიუმის ეფექტურობა მისი „მანჩესტერის“ კოდისთვის გამოყენების მაგალითზე.

მოყვანილია MILLER კოდის ფორმირების ალგორითმი, რომლის ანალიზის შედეგად ნაჩვენებია, რომ, განსხვავებით განსახილველი კლასის სხვა კოდებისგან, მისთვის მცჯ-ს კონტროლის კრიტერიუმის გამოყენება შეუძლებელია. ერთადერთი მეთოდი, რომელიც დღეისთვის გამოიყენება ამ კოდთან მიმართებაში, ეფუძნება ციფრულ მიმდევრობაში ტაქტური T ინტერვალის ნახევრის ტოლი იმპულსების ან პაუზების არსებობის დაფიქსირებას, რომელთა გამოჩენა კოდის ფორმირების ალგორითმის მიხედვით აკრძალულია.

აღნიშნული კრიტერიუმით შესაძლებელია შეცდომების აღმოჩენა, მაგრამ იგი ვერ უზრუნველყოფს მათი გამოჩენის ალბათობის განსაზღვრას. შემოთავაზებულია ამ ალბათობის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც დაფუძნებულია ოთხი მეზობელი ტაქტური ინტერვალის ანალიზზე რვატანრიგა აკრძალული კომბინაციების გამოვლენის მიზნით. ამ მეთოდიკით განსაზღვრულია, რომ იმ შეცდომების გამოჩენის ალბათობა, რომელთა დაფიქსირება ხდება T/2 ხანგრძლიობის სიმბოლოების ფორმირების შედეგად, ტოლია 0,625. შემოთავაზებულია ამ მეთოდთან ერთად შეცდომების აღმოსაჩენად გამოყენებულ იქნას კოდის ფორმირების წესების დარღვევის კიდევ ერთი ნიშანი - ორ მეზობელ ტაქტურ ინტერვალზე 11 ან 00 კომბინაციის გამოჩენა. განსაზღვრულია ზემოთ ხსენებული მეთოდიკით შეცდომების გამოჩენის ალბათობა ამ კრიტერიუმის გამოყენების შემთხვევაში, რომელიც 0,125-ის ტოლია. ამგვარად, ნაჩვენებია, რომ დამატებით მეორე კრიტერიუმის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს შეცდომის აღმოჩენის ალბათობა 0,75-მდე.

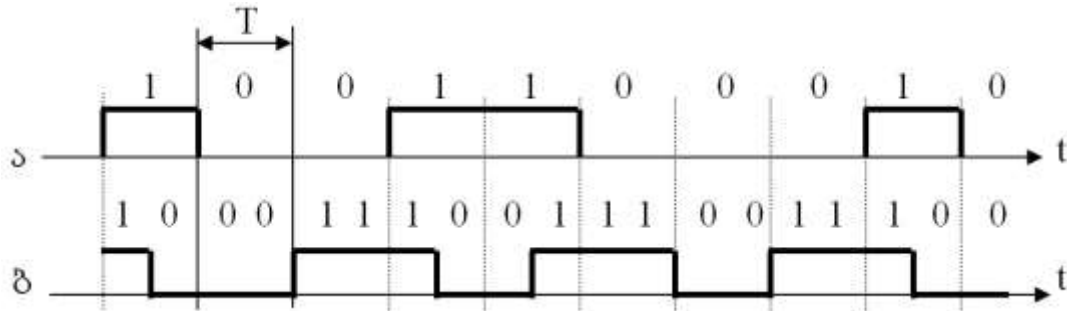
საკვანძო სიტყვები: MILLER კოდი, კოდირების წესები, შეცდომების აღმოჩენა, მიმდინარე ციფრული ჯამი, ალბათობა.

შესავალი

ტელეკომუნიკაციის ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში სახაზო სიგნალების სახით ფართოდ გამოიყენება mBnB კლასის კოდები, რომელთა ფორმირების ალგორითმი მდგომარეობს შემდეგში: საწყისი NRZ სიგნალის m-თანრიგა სეგმენტები (NRZ არის კოდის ინგლისური დასახელების - „Non Return to Zero“ - აბრევიატურა) გამოისახება n-თანრიგა ბლოკებით, ამასთანავე $n > m$, რის შედეგადაც მიღებულ სახაზო სიგნალში იქმნება თანრიგების გარკვეული სიჭარბე [1,2]. სიჭარბის შექმნის მთავარი მიზეზი არის მისი დახმარებით ტელეკომუნიკაციის ხაზზე არსებული შეცდომების აღმოჩენის შესაძლებლობა გადაცემული ინფორმაციის ხარისხის კონტროლის მიზნით.

mBnB კლასის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კოდს წარმოადგენს კოდი MILLER [1,2], რომელიც ფართოდ გამოიყენება ლოკალურ ბოჭკოვან-ოპტიკურ ქსელებში. იგი მიეკუთვნება 1B2B კოდების ქვეკლასს, რომელშიც გაერთიანებული სიგნალები ფორმირდება საწყისი სიგნალის ყოველი სიმბოლოს ორთანრიგა ბლოკით წარმოდგენის გზით.

კოდის ფორმირების ალგორითმი მოყვანილია 1-ლ ნახაზზე. იგი მდგომარეობს იმაში, რომ საწყისი სიგნალის სიმბოლო 1 (ნახ. 1, ა) გამოისახება 10 და 01, ხოლო სიმბოლო 0 - 11 და 00 ბლოკებით (ნახ.1, ბ), ამასთანავე ამა თუ იმ ბლოკის გამოჩენა ხდება იმ პირობით, რომ სახაზო სიგნალში არ უნდა წარმოიქმნას T/2 ხანგრძლივობის იმპულსები ან პაუზები (T არის ტაქტური ინტერვალის ხანგრძლივობა), აგრეთვე - არ უნდა ხდებოდეს მეზობელი ნულების კოდირება ერთი და იმავე ბლოკის გამოყენებით.

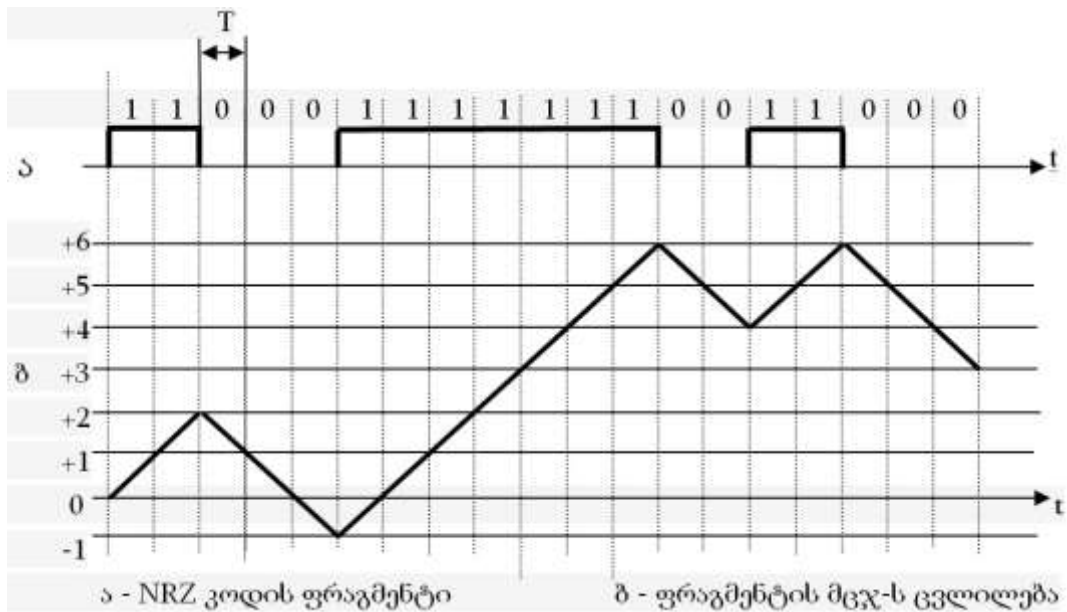


ნახ.1. MILLER კოდის ფორმირების ალგორითმი

იმის მიუხედავად, რომ MILLER კოდი რეკომენდებულია ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში გამოსაყენებლად, მისი ინდივიდუალური მახასიათებლები, მათ შორის - შეცდომების აღმოჩენის უნარი, საკმარისად არ არის შესწავლილი. ნაშრომში განხორციელებულია ამ ხარვეზის ნაწილობრივ აღმოფხვრის მცდელობა.

დღესდღეობით mBnB კლასის კოდებში შეცდომების აღმოსაჩენად ძირითადად გამოიყენება მეთოდი, რომელიც დამყარებულია მცჯ კონტროლზე [2,3].

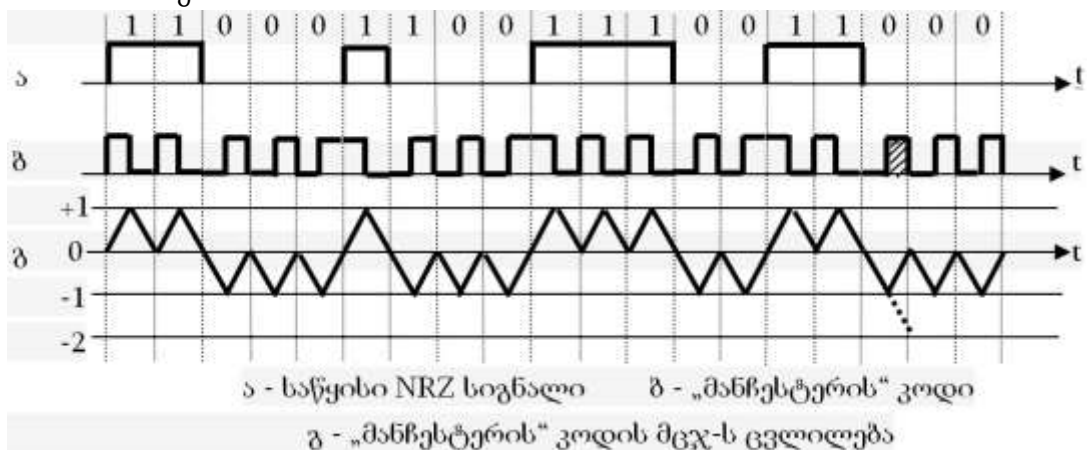
მცჯ გამოითვლება ციფრული მიმდევრობის რაღაც მოცემული წერტილისთვის, როგორც სიმბოლოთა ალგებრული ჯამი მიმდევრობის დასაწყისიდან ამ წერტილამდე, ამასთან, აჯამვისას სიმბოლო 0 აღინიშნება -1-ით, სიმბოლო 1 კი - +1-ით. მე-2 ნახაზზე მაგალითის სახით მოყვანილია NRZ კოდის ფრაგმენტის მცჯ-ს ცვლილების გრაფიკი.



ნახ.2. NRZ კოდის ფრაგმენტის მცჯ-ს ცვლილების გრაფიკი

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, აქ მცჯ-ს ცვლილების საზღვრები შეუზღუდავია, რადგან NRZ კოდი შეიძლება შეიცავდეს ერთიანების ან ნულების გრძელ მიმდევრობებს. ამიტომ ამ კოდში შეცდომების აღმოჩენა მცჯ-ს ცვლილების კონტროლით ვერ ხერხდება (აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ NRZ კოდი სიჭარბეს არ შეიცავს, ამიტომ შეცდომების აღმოჩენა საერთოდ შეუძლებელია).

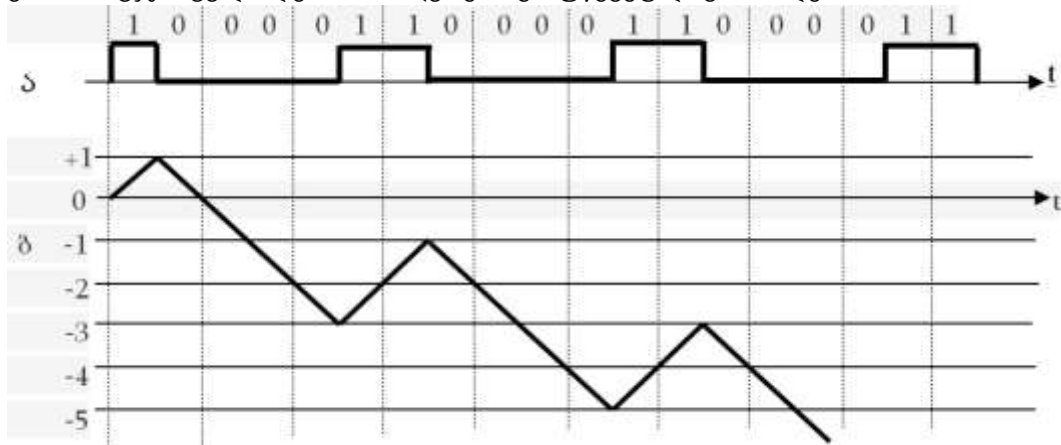
სიჭარბის შემცველი კოდების უმრავლესობა ხასიათდება მცჯ-ს ცვლილების შეზღუდული საზღვრებით. ეს ნათლად ჩანს, მაგალითად, შეცდომის ზემოქმედებისას „მანჩესტერის“ კოდზე (ნახ.3). მისი ფორმირების ალგორითმიდან გამომდინარე (საწყისი NRZ სიგნალის (ნახ.3,ა) სიმბოლო 1 კოდირდება 10 ბლოკით, სიმბოლო 0 კი - 01 ბლოკით) მცჯ იცვლება -1 +1 ფარგლებში. სახაზო სიგნალში შეცდომის გამოჩენისას (იხ. დაშტრიხული სიმბოლო მე-3 ბ ნახაზზე) ბლოკი 01 გარდაიქმნება 00 ბლოკად, რის გამოც მცჯ გამოდის დასაშვები საზღვრებიდან და იღებს -2 მნიშვნელობას (ნახ.3 გ, წყვეტილით). ეს მოვლენა ფიქსირდება სპეციალურ საკონტროლო მოწყობილობით და გაიცემა ბრძანება შეცდომის არსებობის თაობაზე.



ნახ.3. შეცდომის ზემოქმედება „მანჩესტერის“ კოდის მცჯ-ს ცვლილების ტეხილზე

MILLER კოდი წარმოადგენს გამონაკლისს mBnB კლასის კოდებიდან, რომლისთვისაც შეუძლებელია შეცდომების აღმოჩენა მცჯ-ს კრიტერიუმზე დამყარებული მეთოდით, რადგან მისი ცალკეული რეალიზაციებისთვის მცჯ-ს ცვლილების საზღვრები შეუზღუდავი ხდება. მე-4 ნახაზზე მოყვანილია ერთ-ერთი ასეთი რეალიზაციის ფრაგმენტი (ნახ.4,ა და მისი მცჯ-ს

ცვლილების გრაფიკი (ნახ.4,ბ). როგორც ვხედავთ, ფრაგმენტის ზედიზედ მრავალჯერადი გამეორებისას მცჯ-ს ცვლილების საზღვრები განუწყვეტლივ იზრდება.



ნახ.4. MILLER კოდის ფრაგმენტი და მისი მცჯ-ს ცვლილების შეუზღუდავი საზღვრები

აღნიშნულის გამო დღესდღეობით განსახილველ კოდში შეცდომის აღმოჩენა ხდება $T/2$ ხანგრძლივობის იმპულსების ან პაუზების გამოჩენის დაფიქსირების გზით [4], რაც, როგორც ზემოთ აღინიშნა, აკრძალულია კოდის ფორმირების წესებით. ლიტერატურულ წყაროებში არ მოიპოვება მონაცემები ამ პროცესის ეფექტურობის შეფასების შესახებ, კერძოდ, განსაზღვრული არ არის შეცდომების აღმოჩენის ალბათობა აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისას. გარდა ამისა, არ არის გამოკვლეული შეცდომის აღმოსაჩენად კოდირების კიდევ ერთი წესის გამოყენების შესაძლებლობა, რომელიც კრძალავს მეზობელი ნულების წარმოდგენას ერთი და იმავე ბლოკის - 11 ან 00 - გამოყენებით.

ძირითადი ნაწილი

როგორც MILLER კოდის ფორმირების ალგორითმიდან ჩანს, მის ტაქტურ ინტერვალზე დასაშვებია ყველა შესაძლო ორთაწრიგა კომბინაციის გამოჩენა. ამიტომ შეცდომის აღმოჩენა ერთი ტაქტური ინტერვალის ანალიზის საფუძველზე, რასაც ადგილი აქვს ამ ინტერვალზე აკრძალული კომბინაციის გაჩენისას, ამ კოდისთვის შეუძლებელია. შეცდომების აღმოჩენის მითითებული კრიტერიუმების გამოყენების ეფექტურობის შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ სახაზო სიგნალის ორ მეზობელ ტაქტურ ინტერვალზე განლაგებული ოთხთაწრიგა კომბინაციების ანალიზის შედეგად, ამასთან, როგორც ქვემოთ იქნება ნაჩვენები, შეცდომის აღმოჩენის ალბათობის სიდიდე დამოკიდებულია აგრეთვე სიმბოლოებზე, რომლებიც განთავსებულია აღნიშნული ოთხთაწრიგა კომბინაციების წინ ან მათ შემდეგ.

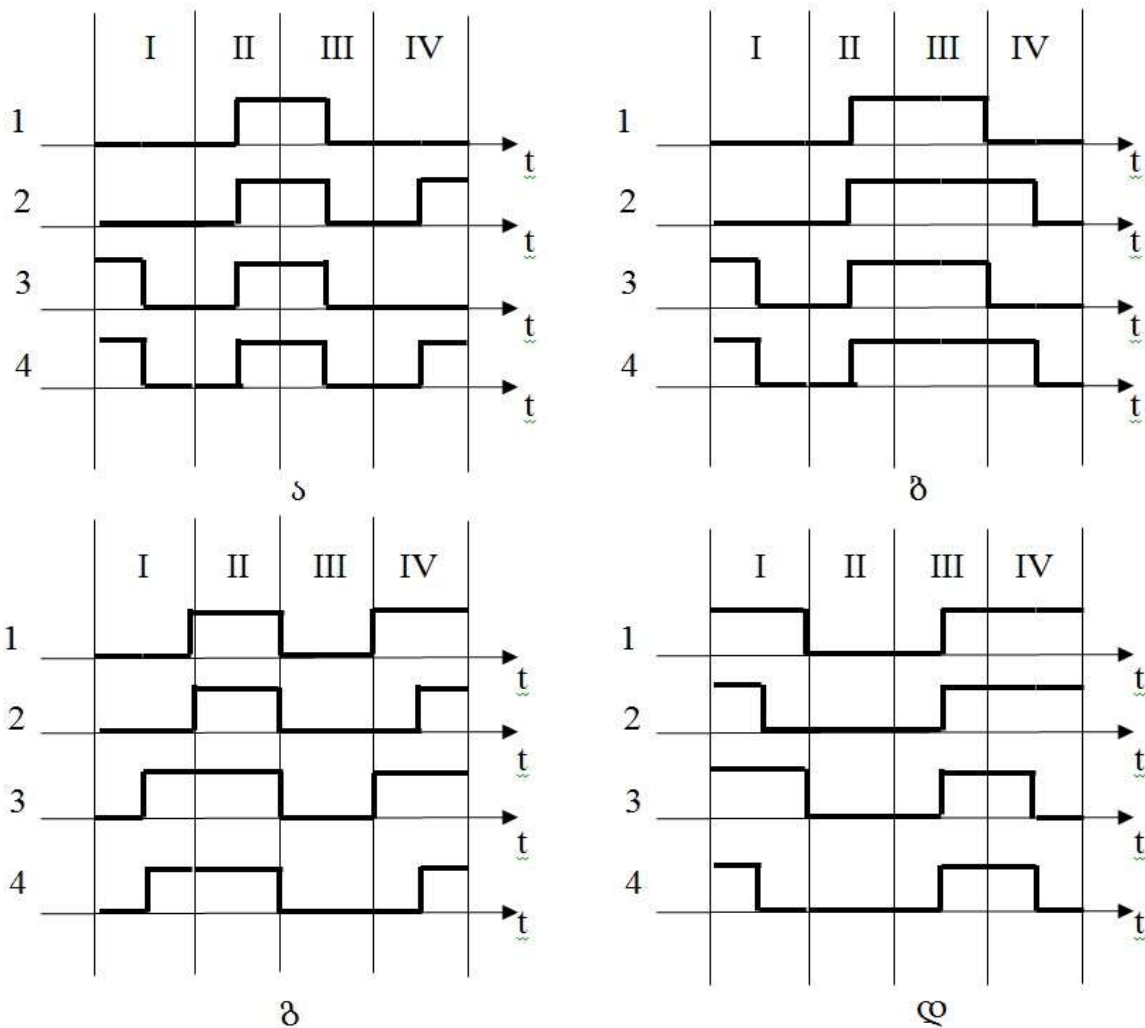
მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია ოთხთაწრიგა კომბინაციები, რომლებიც განლაგებულია II და III ტაქტურ ინტერვალზე და შეესაბამება საწყისი სიგნალის 11 (ნახ. 5, ა), 10 (ნახ. 5, ბ), 00 (ნახ. 5, გ) და 01 (ნახ.5, დ) სიმბოლოების წყვილებს. თითოეული მათგანისთვის მოცემულია სიმბოლოების განლაგების სხვადასხვა კომბინაცია წინა და მომდევნო ტაქტურ ინტერვალზე. ამრიგად, ფაქტობრივად მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია სახაზო სიგნალის რვათაწრიგა კომბინაციები, რომლებიც შეესაბამება საწყისი სიგნალის შესაძლო ოთხთაწრიგა კომბინაციების 16-ვე ვარიანტს.

განვიხილოთ მე-5, ა ნახაზზე ნაჩვენები 1-ლი ფრაგმენტი. ვთქვათ, შეცდომამ დააზიანა II და III ტაქტურ ინტერვალზე განლაგებული 0110 ოთხთაწრიგა კომბინაციის პირველი სიმბოლო. შედეგად ოთხ ტაქტურ ინტერვალზე ფორმირდება ფრაგმენტი 00.11.10.00, რომელსაც შეიძლება ადგილი ჰქონოდა გადაცემულ სიგნალში, ე.ი. შეცდომის აღმოჩენა აქ არ ხდება. 0110 კომბინაციის მეორე ან მესამე თაწრიგის დამახინჯება გამოიწვევს $T/2$

ხანგრძლივობის სიმბოლოების გამოჩენას, ე.ი. გამოვლენილია შეცდომა, ხოლო მეოთხე თანრიგის - კიდევ ერთი დასაშვები კომბინაციის ფორმირებას - 00.01.11.00.

მე-5 ა ნახაზზე ნაჩვენებ დანარჩენ ფრაგმენტებში გამოვლინდა შემდეგი შეცდომები: მე-2 ფრაგმენტში - მე-2, მე-3 და მე-4 თანრიგების დამახინჯებისას, მე-3 ფრაგმენტში - 1-ლი, მე-2 და მე-3 თანრიგების დამახინჯებისას და მე-4 ფრაგმენტში - 0110 კომბინაციის ყველა თანრიგის დამახინჯებისას.

მე-5 ბ, მე-5 გ და მე-5 დ ნახაზებზე მოყვანილი ფრაგმენტების ანალიზი აჩვენებს, რომ ყოველ მათგანში ანალოგიური შედეგები ფიქსირდება, ე.ი. ერთ ფრაგმენტში აღმოჩენილია ორი შეცდომა, ორში - სამი და კიდევ ერთში - 4. იდენტური შედეგი მიიღება საწყისი ორთანრიგა კოდის ინვერსული ვარიანტით წარმოდგენისას, სადაც ერთიანის (01 ან 10) და ნულის (11 ან 00) შესაბამისი სიმბოლოები ჩანაცვლებულია საწინააღმდეგოებით.



ნახ.5. T/2 ხანგრძლივობის სიმბოლოებისა და მეზობელი 0 სიმბოლოების ერთი და იმავე ბლოკით გამოსახვის აკრძალვის კრიტერიუმებით შეცდომების აღმოჩენის საკითხისთვის

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ კოდის თითოეულ ოთხთანრიგა ფრაგმენტში შეცდომების აღმოჩენა ხდება საშუალოდ სამი თანრიგის დამახინჯებისას, ხოლო ჯამურად 16 ფრაგმენტში - 64-დან 48-ში. შესაბამისად, კოდში შეცდომების აღმოჩენის ალბათობაა $48/64=0,75$.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, [4]-ში მითითებული შეცდომის აღმოჩენის მეთოდისგან განსხვავებით, რომელიც დამყარებულია T/2 ხანგრძლივობის სიმბოლოების გამოჩენის დაფიქსირებაზე, ნაშრომში განიხილება კოდირების წესების კიდევ ერთი დარღვევა - 1111 ან

0000 კომბინაციების გამოჩენა ორ მეზობელ ტაქტურ ინტერვალზე. ზემოთ აღწერილი ანალიზის შედეგი მიღებული იქნა ორივე ფაქტორის გათვალისწინებით.

შევაფასოთ მეორე მათგანის გამოყენების ეფექტურობა. ამისთვის განვიხილოთ მხოლოდ იმ შემთხვევები, როდესაც შეცდომის აღმოჩენა ხდება ზედიზედ ორი კომბინაციის - 00 ან 11 - გამოჩენის გამო, ე.ი. გამოვრიცხოთ შემთხვევები, როდესაც შეცდომის დაფიქსირება ხდება ერთდროულად ორივე კრიტერიუმის მიხედვით.

ეს პირობა კმაყოფილდება შეცდომის არსებობისას 1-ლ და მე-2 ფრაგმენტებში, რომლებიც ნაჩვენებია მე-5 ბ და მე-5 დ ნახაზებზე. კერძოდ, შეცდომა 0111 ბლოკის პირველ თანრიგში (ნახ.5 ბ) იწვევს 1111 კომბინაციის გამოჩენას მითითებული ფრაგმენტების II და III ტაქტურ ინტერვალზე, ხოლო მეორე თანრიგის დაზიანებისას ფორმირდება კომბინაცია 0000 I და II ტაქტურ ინტერვალზე. ანალოგიურად, 0001 კომბინაციის მესამე თანრიგის დაზიანება იწვევს 1111 კომბინაციის ფორმირებას III და IV ტაქტურ ინტერვალზე, ხოლო ამ კომბინაციის მეოთხე თანრიგის დამახინჯება - 0000 კომბინაციის გაჩენას მე-5 დ ნახაზზე ნაჩვენები 1 და 2 ფრაგმენტების II და III ტაქტურ ინტერვალზე.

ამრიგად, 48 შემთხვევიდან 8-ში შეცდომის აღმოჩენა ხდება მხოლოდ ორ მეზობელ ტაქტურ ინტერვალზე 11 ან 00 კომბინაციების გამოჩენის გამო, რისი ალბათობაა $8/64 = 0,125$. შესაბამისად, მხოლოდ T/2 ხანგრძლივობის იმპულსების ან პაუზების აღმოჩენის გამო შეცდომების გამოვლენის ალბათობა იქნება $40/64 = 0,625$.

დასკვნა

შეცდომის აღმოჩენა მხოლოდ T/2 ხანგრძლივობის სიმბოლოების გამოჩენის აკრძალვის კრიტერიუმის გამოყენებით ხდება 0,625 ალბათობით, ხოლო შეცდომის აღმოჩენა ორივე კრიტერიუმის ერთობლივი გამოყენებისას - 0,75 ალბათობით. შესაბამისად, დამატებით ორ მეზობელ ტაქტურ ინტერვალზე აკრძალული 1111 ან 0000 კომბინაციების გამოჩენის აკრძალვის კრიტერიუმის გამოყენება შესაძლებელს ხდის MILLER კოდში შეცდომების აღმოჩენის ალბათობა გაიზარდოს 0,125-ით.

ლიტერატურა

1. Буй П.М., Белоусова Е.С., Татур С.С. Волоконно-оптические системы передачи. Гомель: «Белорусский Государственный университет транспорта», 2018
2. Щелкунов К.Р., Широков Г.А., Кушнир В.Ф., Блушке А. Линейные сигналы в цифровых волоконно-оптических системах передачи. Учебное пособие, 1987
3. Нанобашвили В.В. Некоторые вопросы обнаружения ошибок в волоконно-оптических системах связи. 2nd International Scientific and Practical Internet Conference "Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates". Dnipro, Ukraine. August 17-18, 2020
4. Линейные коды ВОСП. Life-prog.ru/1_36838_1lineynie-kodi-vosp.html

Error detection issues in MILLER-type linear code

Viktor Nanobashvili, Janiko Khuntsaria, Vakhtang Abuladze
Department of digital Telecommunication Technologies, Georgian Technical University,
M.Kostava str., 77, 0160, Tbilisi, Georgia
nanobashviliviktor08@gtu.ge, j.khuntsaria@gtu.ge, v.abuladze@gtu.ge

Annotation

The MILLER-type linear code belongs to the 1B2B subclass of the mBnB code class widely used in fiber-optic telecommunication systems. The latter's formation algorithm consists in the fact that each symbol of the initial signal is represented by two symbols of the line code. The resulting redundancy is used to detect line errors.

Currently, error detection in mBnB class codes is mainly based on checking the current digital sum (CDS). This is possible because for codes containing redundancy, the CDS varies within pre-known certain bounds, and an error causes a violation of this regularity, thereby confirming the presence of this error. The effectiveness of the mentioned error detection criterion is shown on the example of its application to the "Manchester" code.

The MILLER code formation algorithm is presented, the analysis of which shows that, unlike other codes of the considered class, it is impossible to use the CDS control criterion on it. The only method currently used for this code is based on detecting the presence of pulses or pauses equal to half of the clock interval T in the digital sequence, the appearance of which is prohibited according to the code formation algorithm.

This criterion can detect errors, but it cannot determine the probability of their occurrence. A methodology for determining this probability is proposed, which is based on the analysis of four neighboring tact intervals in order to detect octal forbidden combinations. With this method, it is determined that the probability of occurrence of those errors, which are detected as a result of the formation of symbols of duration $T/2$, is equal to 0.625. It is proposed to use another sign of violation of the rules of code formation - the appearance of a combination of 11 or 00 on two adjacent clock intervals, to detect errors. The probability of the occurrence of errors in the case of using this criterion, which is equal to 0.125, is determined by the above mentioned method. Thus, it is shown that the use of an additional second criterion allows increasing the probability of error detection up to 0.75.

Keywords: MILLER code, coding rules, error detection, Current Digital Sum, probability

ქსელური შეტევების აღმოჩენის არსებული მეთოდების მიმოხილვა და ანალიზი

იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი, ნინო ჩორხაული

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.kartvelishvili@gtu.ge, m.okhanashvili@gtu.ge, n.chorkhauri@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილი და გაანალიზებულია ქსელური შეტევების აღმოჩენის არსებული მეთოდები. შეტევების აღმოჩენის ძირითადი არსებული ტექნოლოგიების მიმოხილვის მიზანია გამოვიკვლიოთ ამჟამად ხელმისაწვდომი შეტევების აღმოჩენის ტექნოლოგიების ეფექტურობა, მათი ძირითადი უპირატესობები და ნაკლოვანი მხარეები. განხილული მეთოდების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პროგრამული უზრუნველყოფის დანერგვისა და შეტევის აღმოჩენის ხარისხის თვალსაზრისით ხელწერის აღმოჩენის მეთოდი რჩება ერთერთ ყველაზე ეფექტურ მეთოდად. თანამედროვე სისტემების დიდი უმრავლესობა თავდასხმის გავლენის ამოცნობისთვის იყენებს მხოლოდ ხელწერის მეთოდს ან მხოლოდ კონტროლირებადი ქსელის ქცევაში ანომალიების მოსაძებნად.

საკვანძო სიტყვები: შეტევების აღმომჩენი სისტემები, ხელწერის ანალიზის მეთოდი, სტატისტიკური ანალიზის მეთოდი, ხელოვნური ნეირონული ქსელი, გრაფიკული მოდელი, ბიომეტრიული მეთოდი, კლასტერული ანალიზის მეთოდი.

შესავალი

დღეისათვის შეტევების აღმომჩენი სისტემების შექმნა გამოკვლევის აქტიურ სფეროს წარმოადგენს, როგორც თეორიულად, ასევე პრაქტიკულად. მაგალითად, არსებობს შეტევების აღმომჩენის ნეიროქსელური სისტემები, რომლებიც ვებ-სერვერის ფაილების ანალიზზე დაყრდნობით ფუნქციონირებენ. ასევე არის სისტემები, რომლებიც მუშაობენ ნეირონული ქსელის ბაზაზე და მომხმარებლებისა და ქსელური ტრაფიკის ქცევის ანომალიების აღმოსაჩენად გამოიყენება. არსებობს ნაშრომები, რომლებიც ეყრდნობა ნეიროქსელების ინტელექტუალური შესაძლებლობების გამოყენებით ბუნდოვანი ლოგიკის მექანიზმებისა და ბიოსისტემების ანალოგიების საფუძვლებს.

ფუნქციონალური თვალსაზრისით ზემოთაღნიშნულ სისტემებს აქვთ გარკვეული ხარვეზები, რაც საშუალებას იძლევა დააკავშიროს ტიპური თავდასხმელის ქცევის მოდელი ქსელში და ლოკალურ გამოთვლით გარემოში მომხდარ მოვლენებთან. ქსელის მოვლენების შესახებ ინფორმაცია განიხილება როგორც გარე შეყვანის მონაცემები და ამ მონაცემების დამუშავებაზე შემუშავებული მოდელების და სისტემების არსი მცირდება. შეყვანილი ინფორმაციის მიღების სისტემის შემუშავების საკითხები შეტევების აღმომჩენის მეთოდებისთვის სამუშაოს ფარგლებს მიღმა რჩება. ამას მიყვავართ იქამდე, რომ თავდასხმის გამოვლენის ხარისხი ქსელის მხოლოდ ზოგიერთი ტექნიკური პარამეტრის გათვალისწინებისას შეიძლება დაზარალდეს.

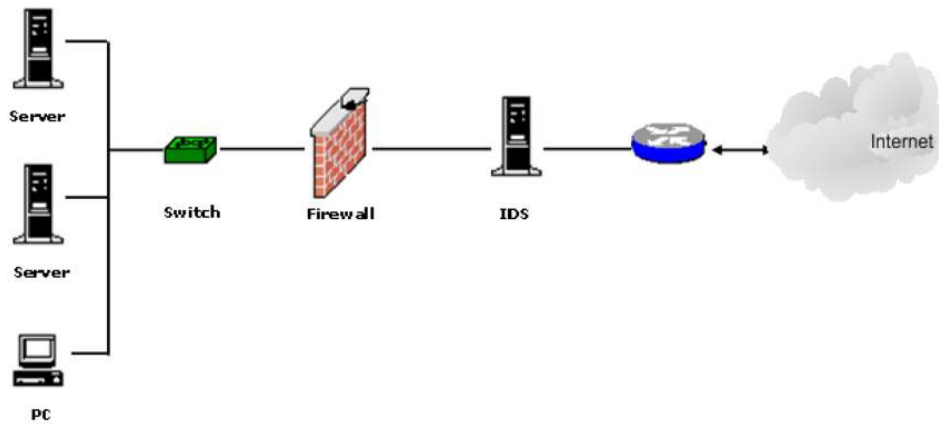
ძირითადი ნაწილი

დღესდღეობით არსებულ კომპიუტერის თავდასხმების გამოვლენის მიდგომებიდან შეიძლება გამოვყოთ ორი ძირითადი მიდგომა: ბოროტად გამოყენების გამოვლენა ("misuse detection") და ანომალიის გამოვლენა („anomaly detection“).

პირველი მიდგომა - ბოროტად გამოყენების გამოვლენა ეყრდნობა თავდასხმის (მავნე ქცევის) მოდელს და სისტემაში მოვლენების ნაკადს ადარებს თავდასხმის ზოგიერთ მოდელთან. თუ ობიექტის ქცევა ემთხვევა ცნობილი თავდასხმის აღწერას, მაშინ ასეთი ქცევა განიხილება თავდასხმად.

მეორე მიდგომა - ანომალიური ქცევის გამოვლენა ეყრდნობა ნორმალური ქცევის მოდელს და განსაზღვრავს ანომალიურ შეღწევას მოვლენის ნაკადში, რომელიც წარმოადგენს გადახრებს ნორმალური ქცევიდან.

შეტევების აღმომჩენ სისტემებს ახასიათებს 1-ლი და მე-2 ტიპის შეცდომების არსებობა: 1-ლი ტიპის შეცდომად განიხილება, რომ სწორი ჰიპოთეზა უარყოფილი იქნება, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეტევა, რომელიც არ ექვემდებარება ანომალიური ქცევის განსაზღვრას ან თავდასხმის შაბლონს - "ცრუ უარყოფითი" იქნება გამოტოვებული. მე-2 ტიპის შეცდომად განიხილება, რომ არასწორი ჰიპოთეზა მიიღება, რაც იმას ნიშნავს, რომ სისტემის მუშაობაში ნორმალური მოქმედებები განიხილება როგორც შეტევა - "ცრუ დადებითი". აღნიშნული მიდგომების მიმართულებით გამოიყენება თავდასხმების გამოვლენის სხვადასხვა მეთოდი.



ნახ.1. შეტევების გამოვლენის სისტემა

განვიხილოთ ქსელური შეტევების აღმოჩენის არსებული მეთოდები:

ხელწერის ანალიზის მეთოდი

ხელწერის ანალიზის მეთოდი დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ სისტემაზე თავდასხმების უმეტესობა ცნობილია და მსგავსი სცენარების მიხედვით ვითარდება. თავდასხმის ხელწერები განსაზღვრავენ მოვლენების მახასიათებლებს, პირობებსა და ურთიერთკავშირებს, რომლებიც იწვევენ შეჭრის მცდელობებს ან რეალურ შეჭრას. უსაფრთხოების სისტემის მიერ შეჭრის ხელწერების მონაცემთა ბაზის შენარჩუნება ხელწერის მეთოდის განხორციელების უმარტივეს, მაგრამ ამავე დროს ყველაზე გავრცელებულ საშუალებას წარმოადგენს. ოპერაციის დროს მომხმარებლის ან პროგრამის მიერ შესრულებული მოქმედებების თანმიმდევრობა შედარებულია ცნობილ ხელწერებთან. ხელწერის შესაბამისი მოვლენების თანმიმდევრობა შეიძლება იყოს უსაფრთხოების დარღვევის მცდელობის ნიშანი.

ხელწერის მეთოდი აბსტრაქციის ყველაზე დაბალ დონეზე მუშაობს და აანალიზებს იმ მონაცემებს, რომლებიც გადაიცემა ქსელში პირდაპირ ან ადგილობრივად მუშავდება. ყველაზე გავრცელებულ რეალიზაციებს წარმოადგენენ სხვადასხვა სწრაფი ძიების ალგორითმები.

ტიპური წარმომადგენლები, რომლებიც იყენებენ ხელწერის ანალიზის მეთოდებს, არიან ანტივირუსული სკანერები, რომლებიც მუშაობენ ვირუსის ხელწერების მონაცემთა ბაზასთან და ქსელური თავდასხმის აღმოჩენის სისტემების უმეტესობა, რომლებიც მუშაობენ ქსელური თავდასხმის ხელწერების მონაცემთა ბაზასთან. ქსელური შეტევების ხელწერები შეიძლება იყოს ბაიტების გარკვეული თანმიმდევრობა ქსელის პაკეტებში. ხელწერების მეთოდი აღსანიშნავია იმით, რომ გააჩნიათ საუკეთესო სწრაფქმედება, თუმცა ადაპტაციურები არ არიან. აღნიშნული მეთოდების ჯგუფი სხვა კრიტერიუმებით არის გლობალურად მტკიცე და გადამოწმებული.

ხელწერის მეთოდები, მათი სპეციფიკიდან გამომდინარე, ძირითადად გამოიყენება დარღვევების აღმოსაჩენად, თუმცა არსებობს სამუშაოები, რომლებიც ანომალიების გამოვლენის მიდგომისთვის აჩვენებენ მათი გამოყენების შესაძლებლობას.

სტატისტიკური ანალიზის მეთოდი

სტატისტიკური ანალიზის მეთოდი გარკვეული დროის განმავლობაში ობიექტების „ნორმალური“ ქცევის პროფილის შექმნას ემყარება. ნორმალური ქცევის პროფილები მომხმარებლების, სისტემის აქტივობის ან ქსელის ტრაფიკის მონიტორინგისთვის

გამოიყენება. შემდეგი დაკვირვებები შედარებულია ნორმალური ქცევის პროფილის მოსალოდნელ მნიშვნელობებთან, რომელიც აგებულია შეჭრის აღმოჩენის სისტემის სწავლების პერიოდში. თუმცა, ტრენინგისა და პროფილების გამოყენებით სისტემების ექსპლუატაციის დროს შემდეგი პრობლემები წარმოიქმნება:

- პროფილის შექმნა ცუდად ფორმალიზებული და შრომატევადი ამოცანაა, რომელიც უამრავ წინასწარ განსაზღვრულ სამუშაოს მოითხოვს;
- სირთულეების წარმოშობა სტატისტიკური მახასიათებლების სასაზღვრო მნიშვნელობების განსაზღვრაში, რათა პირველი ან მეორე ტიპის შეცდომების ალბათობა შემცირდეს;
- შეუძლებელია სისტემებისთვის სტატისტიკური პროფილის შექმნა, რომელთა მახასიათებლები დროთა განმავლობაში იცვლება, ან უბრალოდ ზოგიერთი მომხმარებლის ქმედებები სამუშაოს ბუნებიდან გამომდინარე არ ექვემდებარება პროფილირებას.

ხელოვნური ნეირონული ქსელი

ხელოვნური ნეირონული ქსელი მათემატიკური მოდელია, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმების თანდაყოლილი ბიოლოგიური ნეირონული ქსელების ორგანიზების პრინციპზეა აგებული. ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებაზე დაფუძნებული მეთოდები ანალიტიკური მეთოდების კლასში შემავალია, რომელიც ჰიპოთეტურ პრინციპებზე მოაზროვნე არსებების სწავლისა და ტვინის ფუნქციონირებისთვისაა აგებული, რაც ახალ დაკვირვებებში ზოგიერთი ცვლადის მნიშვნელობების წინასწარმეტყველებას შესაძლებელს ხდის სხვა დაკვირვებების მონაცემებიდან გამომდინარე.

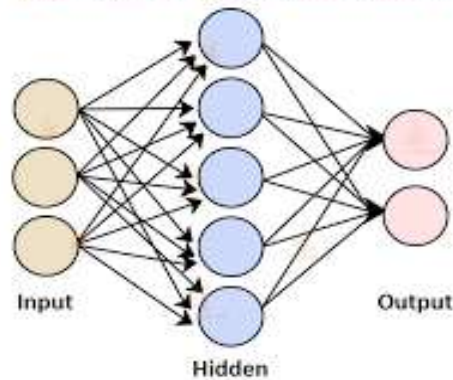
ხელოვნური ნეირონული ქსელის დახმარებით თანამედროვე სამყაროში მოგვარებულია სახეთა ამოცნობის, პროგნოზირების, ოპტიმიზაციის, ასოციაციური მეხსიერებისა და კონტროლის და მრავალი სხვა პრობლემები. ხელოვნურ ნეირონულ ქსელზე დაფუძნებულ მეთოდებს შეტევების აღმოჩენის სისტემებთან დაკავშირებით აქვთ შემდეგი უპირატესობები:

- არასრულ ან დამახინჯებულ მონაცემებთან მუშაობის უნარი;
- მაკვნი ზემოქმედების შემდგომი განვითარების წინასწარმეტყველების შესაძლებლობა.
- ადაპტირება უცნობი ტიპის თავდასხმებისადმი;

თუმცა, როგორც ყველა ანალიტიკურ მეთოდს, რომელიც ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებზეა დაფუძნებული, გააჩნიათ ისეთი უარყოფითი მხარეები, როგორიცაა:

- ლოკალური სტაბილურობა.
- სასწავლო პროცესის სირთულე და ნიმუშის შერჩევა;
- გადაწყვეტილების მიღების ლოგიკის გააზრების შეუძლებლობა;

Architecture of Artificial Neural Network



ნახ. 2. ნეირონული ქსელი

გრაფიკული მოდელი

არსებობს მთელი რიგი სამუშაოები, რომლებშიც კომპიუტერულ ქსელებზე შესაძლო თავდასხმების შესახებ ინფორმაცია გრაფიკული მოდელის სახითაა წარმოდგენილი. შესაძლებელია გრაფიკული სტრუქტურის მიხედვით განისაზღვროს ყველა შესაძლო მოდელირებული შეტევების სცენარი. მაგალითად, მოდელის ასაგებად განისაზღვროს რამოდენიმე სიმრავლე: მოწყვლადობების ავტომატიზებული სისტემის სიმრავლე - V , შეტევების განხორციელების მეთოდების სიმრავლე - A , შეტევების შედეგების სიმრავლე C . შემდეგ ყოველი (A , V , C) ელემენტი დეკარტიული ნამრავლიდან $A \times V \times C$ განიხილება, როგორც ერთგვარი ინფორმაციული შეტევა, რომელსაც თავდამსხმელი A ახორციელებს V მოწყვლადობების გამოყენებით, მეთოდის დახმარებით რაც იწვევს C შედეგს.

ასეთი მოდელები არ აწესებენ რაიმე შეზღუდვას თავდასხმის შესაძლო წყაროებსა და ობიექტებზე, ასევე მათი განხორციელების მეთოდებზე, ამიტომ ეს მოდელები უნივერსალურია, თუმცა, თვითნებური ქსელისთვის ძნელია ყველა ამ სიმრავლის ოფიციალურად განსაზღვრა. ამიტომ გრაფიკული მოდელები სხვადასხვა საინფორმაციო ქვესისტემის მოდელირებისთვის და ნებისმიერი შეტევისა და მასთან დაკავშირებული რისკის შესაფასებლად უფრო შესაფერისია. ასეთი მეთოდების გამოყენება რეალურ დროში შეტევების აღმოჩენის სისტემებში რთულია გამოთვლების მაღალი სირთულის გამო და მრავალი სისტემის პარამეტრის სიმრავლის ექსპერტული განსაზღვრის საჭიროების გამო.

ბიომეტრიული მეთოდი

ბიომეტრიული მეთოდი მოიცავს ადამიანების ამოცნობის სისტემას ერთი ან მეტი ფიზიკური ან ქცევითი მახასიათებლის მიხედვით. ქცევითი ბიომეტრია მოიცავს მეთოდებს, რომლებიც არ საჭიროებს სპეციალურ ტექნიკურ საშუალებებს, როგორცაა თითის ანაბეჭდი, ბადურის სკანირება, ხმის ჩაწერა. ქცევითი ბიომეტრიული მეთოდები შეტევიებს აღმოჩენის სისტემებთან მიმართებაში გამოიყენება, რომლებიც ეფუძნება "კლავიატურის ხელწერას" და მაუსის გამოყენების ბუნებას სისტემის თითოეული მომხმარებლისთვის. ეს მეთოდები სხვადასხვა მომხმარებლისთვის ინფორმაციის შეყვანის ინტერფეისებთან მუშაობის „ხელნაწერის“ სხვაობის შესახებ ჰიპოთეზაზეა დაფუძნებული. სისტემის კონკრეტული მომხმარებლისთვის ნორმალური ქცევის კონსტრუირებული პროფილის საფუძველზე, გამოვლენილია გადახრები, რომლებიც სხვა პირების მიერ კლავიატურასთან ან სხვა მოწყობილობებთან მუშაობის მცდელობითა გამოწვეული.

კლასტერული ანალიზის მეთოდი

კლასტერული ანალიზის მეთოდის არსი არის სისტემის მონაცემთა წარმოდგენა თვისებათა ვექტორების სიმრავლის სახით და შემდგომი მახასიათებლების ვექტორების სიმრავლის კლასტერებად დაყოფა. კლასტერებს შორის გამოიყოფა ნორმალურ ქცევასთან დაკავშირებული მონაცემები, ხოლო დანარჩენები არანორმალურად ითვლება. თითოეული კონკრეტული მეთოდი იყენებს საკუთარ მეტრიკას, რათა დაეყოს მახასიათებლების ვექტორები კლასტერებად, ან კლასტერს კონკრეტული მახასიათებლის ვექტორი მიაკუთვნოს. კლასტერული ანალიზის მეთოდი ადაპტური სისტემების შექმნას შესაძლებელს ხდის. კლასტერული ანალიზის მეთოდი კონკრეტულ სისტემაში სტაბილურია, რომელშიც მონაცემები კლასტერების შესაქმნელად შეგროვდა. სხვა სისტემებისთვის საჭირო იქნება განმეორებითი სწავლის პროცედურა, ასევე შესაძლოა ფუნქციების ვექტორების სხვა ნაკრებისთვისაც.

დასკვნა

აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა სიტუაციებში, სხვადასხვა ხასიათის მონაცემების დამუშავებისას, გარკვეული მეთოდები შესაძლებელს ხდის სხვაზე უკეთ მოგვარდეს მავნე ზემოქმედების გამოვლენის პრობლემა. ხელწერის მეთოდი ტრაფიკის შინაარსის გასაანალიზებლად ეფექტურია, მაგრამ უცნობი ზემოქმედების გამოვლენის საშუალებას არ იძლევა. სტატისტიკური მეთოდი და ხელოვნური ნეირონული ქსელი შესაფერისია ტრაფიკის მახასიათებლების გასაანალიზებლად და მათი ანომალიების გამოსავლენად, განსაკუთრებით ქსელის ობიექტებისთვის, რომლებიც დროთა განმავლობაში სტაბილური მახასიათებლებით ხასიათდებიან, როგორცაა მაგალითად სერვერები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ზოგიერთ ქსელურ სერვისს. ბიომეტრიული მეთოდი, საშუალებას გვაძლევს გადაიჭრას ინფორმაციის შეყვანის საკითხი მოწყობილობებთან მისი მუშაობის მახასიათებლების მიხედვით და ა.შ. თუმცა, ასეთი ზემოქმედება შეიძლება იყოს კიდევ ერთი რთული ზემოქმედების შესამჩნევი ნიშანი.

მიზანშეწონილია, ამასთან დაკავშირებით, შემუშავდეს ინფორმაციულ სისტემებზე თავდასხმების გამოვლენის ისეთი მიდგომა, რომელიც საშუალებას მისცემს თავდასხმების გამოვლენისთვის ერთობლივად თვითნებური მეთოდების გამოყენებას, მათი უპირატესობების გათვალისწინებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ი. ქართველიშვილი, თ. ელიზბარაშვილი. კომპიუტერულ ქსელში უსაფრთხოების კუთხით ქსელური მოწყობილობების დაკონფიგურირების საკითხები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები N1(33), თბილისი, 2022 წ.
2. <https://www.varonis.com/blog/ids-vs-ips>
3. <https://blog.netwrix.com/2018/05/15/top-10-most-common-types-of-cyber-attacks/#Birthday%20attack>

Review and analysis of existing methods for detecting network attacks

Ioseb Kartvelishvili, Maia Okhanashvili, Nino Chorkhauri

Georgian Technical University

Summary

The paper presents and analyzes the existing methods of detecting network attacks. The purpose of this review of the main existing intrusion detection technologies is to examine the effectiveness of the currently available intrusion detection technologies, their main advantages and disadvantages. Based on the discussed methods, it can be concluded that the handwriting detection method remains one of the most effective methods in terms of software implementation and attack detection quality. The vast majority of modern systems to detect the impact of an attack use only the signature method or only look for anomalies in the behavior of the controlled network.

Keywords: intrusion detection systems, A method of handwriting analysis, Statistical analysis method, Artificial neural network, Graphic model, Biometric method, Cluster analysis method.

ფრაქტალური მეთოდების საფუძველზე დროით ცვლადი პროცესების გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის განხილვა

ირინა ჩხეიძე, მედეა ნარჩემაშვილი, ნიკოლოზ აბზიანიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i.chkheidze@gtu.ge, m.narchemashvili@gtu.ge, n.abzianidze@gtu.ge

რეზიუმე

შემოთავაზებული ნაშრომის დასახელება ცხადყოფს, რომ უნდა ჩატარდეს კვლევა მეტად აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად, რომელიც ეხება საზომი დინამიკური პროცესების გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის განსაზღვრას ფრაქტალური მიდგომის საფუძველზე. წარმოდგენილი ნაშრომის ძირითადი მიზანია დროითცვლადი გაზომვების შედეგების A და B კატეგორიის განუსაზღვრელობისათვის მიგველო პრაქტიკული რეკომენდაცია და სამეცნიერო ახსნა. ფრაქტალური მიდგომის ქვეშ იგულისხმება ბ.მანდელბროტის განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის ღირშესანიშნავი თვისების - პერსისტენტობის და ანტიპერსისტენტობის უნარის დადგენა. პერსისტენტობა გულისხმობს პროცესში არსებული ტენდენციის შენაჩუნების, ხოლო ანტიპერსისტენტობა კი ამ ტენდენციის მთლიანად დაკარგვას. ეს თვისება დგინდება H ჰერსტის პარამეტრის შემოღებით, რომელიც წარმოადგენს ნებისმიერ ნამდვილ რიცხვს $0 < H < 1$ შუალედში. თუ $H \leq 1/2$ პროცესი მთლიანად არის შემთხვევითი, ხოლო თუ $1/2 < H < 1$, მაშინ იგი მოიცავს დეტერმინირებულ ნაწილსაც, ხდება პერსისტენტული და შესაძლებელია პროცესის წინასწარმეტყველება. H პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობის მიღებისთანავე ბ.მანდელბროტმა შექმნა შესაბამისი ალგორითმი. ჩატარდა მრავალი ექსპერმენტი H პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის. კერძოდ, სეისმოგრამის გარკვეული მონაკვეთისთვის $H=0,74$, კარდიოგრამის სიხშირის ცვლილებისთვის 24 სთ-ის განმავლობაში $H=0,79$, ამინდის ტემპერატურის ცვლილებისათვის

$H=0,84$. ჩატარებული ექსპერიმენტების ანალიზმა აჩვენა, რომ ეს პროცესები არ მიეკუთვნებიან მთლიანად შემთხვევით პროცესებს. ამ პროცესებში შემთხვევითობას ერთვის დეტერმინირებული მდგენელიც - ისინი მიეკუთვნებიან ფრაქტალურ პროცესებს, რაც ასე ბრწყინვალედ დაამტკიცა და აჩვენა ბ.მანდელბროტმა. ამ შემთხვევაში პრაქტიკული რეკომენდაცია კარნახობს ვისარგებლოთ დროით ცვლადი პროცესების გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის B კატეგორიით. რაც შეეხება „ანომალური ტემპერატურის ცვლილების“ რომლისთვისაც $H=0,45$ და სიტყვა „Wavelet“ წარმოქმის - $H=0,39$, შეიძლება ჩვთვალოთ, რომ ეს პროცესების ატარებენ მთლიანად შემთხვევით ხასიათს ანტიპერსისტენტულობის ხასიათის გამო. მათთვის რეკომენდირებულია ვისარგებლოთ გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის A კატეგორიით.

დასკვნა

როგორც თეორიული ასევე ექსპერიმენტული ხასიათის, ჩატარებულმა გამოკვლევებმა კიდევ ერთხელ გაუსვეს ხაზი ფრაქტალური მიდგომის ქმედუნარიანობას, როცა საქმე ეხება იმ დინამური სიდიდეების გაზომვას, რომლებიც მათემატიკურად წარმოდგენილი არიან დროით ცვლადი მწკრივების სახით; ჩატარებული კვლევის მიხედვით მიღებული რიცხვითი მონაცემები, გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის A და B კატეგორიების თაობაზე, შეიძლება მივიჩნიოთ, როგორც სამეცნიერო ახსნა განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის პოზიციიდან გამომდინარე.

საკვანძო სიტყვები: განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობა, პერსისტენტობა, ანტიპერსისტენტობა, ფრაქტალური მოდელირება.

შესავალი

შემოთავაზებული ნაშრომის დასახელება ცხადყოფს, რომ უნდა ჩატარდეს კვლევა მეტად აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად, რომელიც ეხება საზომი პროცესების გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის განსაზღვრას ფრაქტალური მეთოდების გამოყენებოს მემვეობით. კვლევა უნდა მოიცავდეს, როგორც თეორიულ ასევე ექსპერიმენტალურ ნაწილს იმისათვის, რომ მიღებული შედეგები საინტერესო იყოს, როგორც სამეცნიერო ხაზით, ასევე პრაქტიკაში რეალიზაციის თვალსაზრისით.

წარმოდგენილი ნაშრომის ძირითადი მიზანია A და B კატეგორიის განუსაზღვრელობისათვის მივიღოთ პრაქტიკული რეკომენდაცია და მეცნიერული ახსნა ფრაქტალების თეორიის გამოყენების საფუძველზე. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს დროით ცვლადი საზომი პროცესები, რომლებიც აღიწერებიან მათემატიკურად დროით ცვლადი მწკრივებით.

ფრაქტალური მეთოდების ქვეშ ამ შემთხვევაში იგულისხმება ფრაქტალების ის ნაწილი, რომელიც ეკუთვნის განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობას. ეს ტერმინი შემოიღო ფრაქტალების მამამთავარმა ბ.მანდელბროტმა. მას ხშირად უწოდებენ მანდელბროტის განზოგადოებულ ფრაქტალურ მოძრაობას. განზოგადოებული ფრაქტალური მოძრაობა უშუალოდ უკავშირდება ჰერსტის ემპირიულ კანონს და ნორმირებული გაქანების R/S მეთოდს [3]. ამ მეთოდების გამოყენების შედეგად მიღებული შედეგი იძლევა საშუალებას მივიღოთ პრაქტიკული რეკომენდაცია რა შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობა A კატეგორიის და რა შემთხვევაში B კატეგორიის [2]. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად შემოთავაზებული კვლევა გულისხმობს შემდეგს:

მოკლედ შევხვით გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის საკითხს, იმ გასაზომი დინამიკური პროცესებისათვის, რომლებიც აღიწერებიან დროით ცვლადი მწკრივების

მოდელით [3]; ყურადღება გავამახვილოთ განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის ღირსესანიშნავ თვისებაზე, პროცესმა მიიღოს პერსისტენტული პროცესის მსვლელობის მიმართულების შენარჩუნების უნარი, ან ანტიპერსისტენტული ხასიათი - როცა იგი კარგავს ტენდეციის შენარჩუნების თვისებას და წარსულში პროცესის გაზრდა ნიშნავს შემცირებას აწმყოში მთლიანად; დავაკავშიროთ გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობა განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის მოვლენასთან და მაშასადამე გამოვავლინოთ პროცესის ფრაქტალური ხასიათი; ჩავატაროთ ესპერიმენტები H ჰერსტის პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის რეალური პროცესების განხილვისას. ეს იძლევა საშუალებას დავადგინოთ პროცესის პერსისტენტობა ან ანტიპერსისტენტობა; მიღებული ინფორმაცია გამოვიყენოთ პრაქტიკული რეკომენდაციებისათვის, რა შემთხვევაში ვისარგებლოთ გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის A ტიპის კატეგორიით და რა შემთხვევაში B კატეგორიით.

მიღებული შედეგები ჩავთვალოთ, როგორც გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის სამეცნიერო საფუძველი, როცა საკითხი ეხება იმ დინამიკურ პროცესებს, რომლებიც აღიწერებიან დროით ცვლადი მწკრივებით.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის ამოცანების ჩამოთვლისას აღნიშნული იყო გაზომვათა შედეგების განუსაზღვრელობის ახალი ცნების შემოღების თაობაზე [2]. საქმე იმაშია, რომ როგორც ყველა სხვა მეცნიერების დარგში და მაშასადამე მეტროლოგიაც განიცდის განვითარებას და მისდამი წაყენებული მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. ასეთ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ახალი ცნების შემოღება, რომელიც აუცილებელი გახდა უკვე წინა საუკუნის ათწლეულში და ნაკარნახები იყო აქტუალური მოთხოვნებით [2]. ამასთან დაკავშირებით რიგი ორგანიზაციების მიერ დამუშავდა დოკუმენტი, რომელიც დაკანონდა 1992 წ. ამ დოკუმენტის თანახმად მეტროლოგიაში შემოიღეს ახალი ტერმინი „განუსაზღვრელობა“, რომლის ქვეშ იგულისხმება პარამეტრი, რომელიც დაკავშირებულია გაზომვის შედეგებთან და ახასიათებს იმ ინტერვალს, რომელშიც გაზომვის შედეგები იცვლება რეალურად და გამოისახება დისპერსიით ანუ საშუალო კვადრატული მნიშვნელობით. იგი შეიძლება სამართლიანად მივაწეროთ გასაზომ სიდიდეს. ამავე დროს დოკუმენტი განიხილავს ორი კატეგორიის განუსაზღვრელობას: A და B. ეს დაყოფა კეთდება პრაქტიკული მოსაზრებიდან გამომდინარე. A ტიპის განუსაზღვრელობა უნდა განისაზღვროს სტატისტიკაში არსებული მეთოდებით, ხდომილების შესრულების სიხშირით.

B ტიპის განუსაზღვრელობები უნდა განისაზღვროს ისეთი პარამეტრებით, რომლებიც ერთის მხრივ იქნება დისპერსიის და საშუალო კვადრატული გადახრის (სკვ) ანალოგიური, მაგრამ სხვა ბუნების შინაარსით. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. სუბიექტური ალბათობის თეორია. მასში ალბათობა ნიშნავს ნდობის ზომას, რამდენად ვენდობით გაზომვის შედეგს. B კატეგორიის განუსაზღვრელობაში გამოიყენება აპრიორული ინფორმაცია - ცნობარების მასალები, წინასწარი გაზომვების მონაცემები, ექსპერტების დასკვნები და სხვა. თუ გავაანალიზებთ „განუსაზღვრელობის“ დოკუმენტს A და B კატეგორიით დაყოფის თვალსაზრისით დავინახავთ, რომ ყველაზე არსებითია დისპერსია და სკვ.

ბ.მანდელბროტმა დააკავშირა განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობა ჰერსტის ემპირიულ კანონთან და ნორმირებული გაზანების R/S მეთოდთან. ეს აუცილებელი გახდა იმისათვის, რომ შექმნილიყო ალგორითმი, რომლის მიხედვით მოხდებოდა H - ჰერსტის პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობის განსაზღვრა ჰერსტის ემპირიული კანონის გამოყენების

საფუძველზე. კიდევ ერთხელ ხაზი გავუსვით იმას, რომ შემოთავაზებული მეთოდი განკუთვნილია დროით ცვლადი მწკრივებით წარმოდგენილი პროცესებისათვის.

დროითი მწკრივები $\{\xi_i\}_{i=1}^N$ ეწოდება N რიცხთა მასივს, რომელიც წარმოადგენს დაკვირვებათა შედეგად მიღებულ $\xi(t)$ ფუნქციის დინამიკური t ცვლადის მნიშვნელობებს, მიღებულს Δt ბიჯის მიხედვით $t_i = t_0 + (i-1)\Delta t$. ავლნიშნოთ $\xi(t)$ -ით პროცესი, რომლის მოდელია დროითი მწკრივები. ჰერსტის იმპერიული კანონი და ნორმირებული გაქანების მეთოდი R/S. დასაწყისში გამოითვლება დაკვირვებათა შედეგად მიღებული მონაცემების $\xi(t)$ საშუალო მნიშვნელობა

$$\langle \xi \rangle_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \xi(t), \quad (1)$$

სადაც τ არის პროცესზე დაკვირვების დრო.

ვთქვათ $X(t, \tau)$ არის t მომენტისთვის დაგროვილ მნიშვნელობათა ამსახველი ფუნქცია, რომელიც გამოითვლება t მომენტისთვის დაგროვილ მნიშვნელობათა გადახრით საშუალო მნიშვნელობიდან:

$$X(t, \tau) = \sum_{u=1}^t \{\xi(u) - \langle \xi \rangle_\tau\}$$

R გაქანება ვუწოდოთ განსხვავებას $X(t, \tau)$ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა შორის:

$$R = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau)$$

სადაც t არის დისკრეტული დრო, ხოლო τ - განსახილველი პერიოდის ხანგრძლივობა.

გამოითვლება სტანდარტული საშუალო კვადრატული გადახრა

$$S = \left\{ \left(\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (\xi(t) - \langle \xi \rangle_\tau) \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (4)$$

ჰერსტმა [1] დაამტკიცა, რომ R/S ნორმირებული (უგანზომილო) გაქანება აღიწერება ემპირიული თანაფარდობით, რომელიც იზრდება τ -ს ზრდასთან ერთად:

$$R/S = (\tau/2)^H \quad (5)$$

H ხარისხი კი არის ჰერსტის პარამეტრი.

იმისთვის, რომ რიცხობრივად მივიღოთ H ჰერსტის პარამეტრის მნიშვნელობა უნდა გავალოგარიტმოდ (5) გამოსახულება: $\log(R/S) = H \log(\tau/2)$

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(\tau/2)} \quad (6)$$

გრაფიკულად (6) გამოსახულებიდან H გამოითვლება ტანგენსის (tg) კუთხით, რომელიც შექმნილია $\log(R/S)$ და $\log(\tau/2)$ კოორდინატთა ღერძებზე აგების შედეგად.

ქვემოთ მოყვანილია შედეგები, მიღებული MatCad პროგრამის გარემოში შედგენილი ალგორითმი. თუმცა ანალოგიური გამოთვლები შესრულებული იყო LabView პროგრამაშიც.

როგორც აღნიშნული იყო შესავალში, ფრაქტალური მიდგომის ქვეშ იგულისხმება ბ.მანდელბროტის განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის გამოყენება დასმული ამოცანის შესრულებისათვის. ცნობილია [1], რომ თუ ჩვენ გვინდა გამოვიყენოთ ფრაქტალები ბუნებაში რეალური პროცესების აღსაწერად, უნდა განვითარდეს შემთხვევითი ფრაქტალების კონცეპცია. მასთან უშუალო კავშირშია ბროუნის მოძრაობა, როგორც შემთხვევითი პროცესის მაგალითი, რომელსაც გააჩნია ფრაქტალური თვისებები და განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ფიზიკაში, ქიმიაში, ბიოლოგიაში და სხვა საბუნებისმეტყველო დარგებში. „ბროუნის მოძრაობა“ ეს დასახელება მიანიჭეს მას, იმიტომ რომ რობერტ ბროუნმა პირველმა შეიტყო რომ მიკროსკოპიული ნაწილაკების (როგორც არც ფქვილი ქერტლი) მოუწესრიგებელ მოძრაობას გააჩნია ფიზიკური ბუნება და არა ბიოლოგიური, როგორც ფიქრობდნენ ადრე. ყველა ეს ნაწილაკები იმყოფებიან მუდმივ შემთხვევით შეჯახებებში, რომელიც გამოწვეულია მათი სითბური ენერგიით. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ბროუნის მოძრაობას მეცნიერები განსაზღვრავენ

როგორც, „შემთხვევით ხეტიალს“. ამ დასახელებაში იგულისხმება ბროუნის ნაწილაკის შემთხვევითი მიმართულებით მოუწესრიგებელ გადანაცვლების პროცესი. „შემთხვევითი ხეტიალის“ მოვლენას გააჩნია მსგავსობის თვისება, რომელიც დამახასიათებელია ფრაქტალებისთვის. ვინერმა [5] განსაზღვრა „შემთხვევითი ხეტიალის“ პროცესი, როგორც გაუსის პროცესი $X(t)$ და მისი ნაზრდი (ცვლილება) წარმოადგინა გამოსახულებით

$$X(t) - X(t_0) \approx \xi |t - t_0|^H \quad t \geq 0 \quad (7)$$

ნებისმიერი t და t_0 მომენტებისათვის ξ - გაუსის სტანდარტული პროცესის მნიშვნელობებია H ჰერსტის მაჩვენებელი, რომელიც (1) გამოსახულებაში $H=1/2$.

ბ.მანდელბროტმა შემოიღო განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის ცნება H პარამეტრის მნიშვნელობის (7) გამოსახულებაში შეცვლით ნებისმიერი ნამდვილი რიცხვით ინტერვალიდან $0 < H < 1$, ხოლო შედეგისათვის შემოიღო აღნიშვნა $B_H(t)$. როცა $H=1/2$ მაშინ

$$B_H(t) = B_{y_2}(t).$$

მანდელბროტმა დაამტკიცა [1], რომ $B_H(t)$ -ს გააჩნია კორელაციის უსასრულოდ დიდი დრო, ხოლო კორელაციის ფუნქცია განისაზღვრება გამოსახულებით

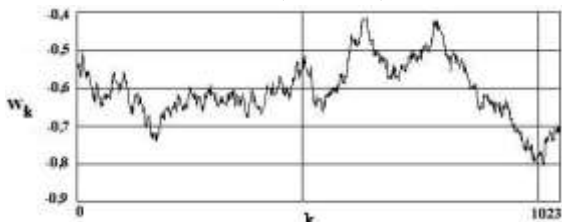
$$C(t) = 2^{2H-1} - 1 \quad (8)$$

(8) გამოსახულება ასახავს ურთიერთკავშირს დროის მომავალში მიღებულ ნაზრდსა $B_H(t)$ წარსულთან $B_H(-t)$. ამავე დროს (2) გამოსახულება ცხადყოფს, რომ თუ $H=1/2$, მაშინ კორელაცია $C(t) = 0$. მაგრამ თუ $H \neq 1/2$ მაშინ $C(t) \neq 0$ ნებისმიერი t -სთვის.

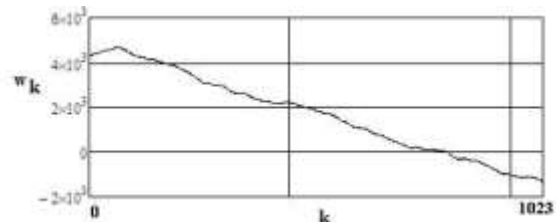
ბროუნის მოძრაობის ეს შესანიშნავი თვისება განაპირობებს მის პერსისტენტობას და ანტიპერსისტენტობას. როცა $H > 1/2$ - პროცესი არის პერსისტენტული, რაც ნიშნავს მასში არსებული ტენდენციების შენარჩუნებას (ცხადია 1-თან მიახლოებული ალბათობით). ამ შემთხვევაში თუ პროცესის ცვლილების ნაზრდი იყო დადებითი დროის რომელიმე შუალედში, ის ნაზრდი დარჩება მომავალში (ცხადია ალბათურად). ეს სამართლიანია დროის ნებისმიერი დიდი მნიშვნელობისათვის. შემთხვევითი პროცესი იძენს წინასწარმეტყველების უნარს. შემთხვევა, როცა $H < 1/2$ ხასიათდება ანტიპერსისტენტობით. ამ დროს ზრდა წარსულში ნიშნავს შემცირებას მომავალში (მალიან დიდი ალბათობით), და ტენდენცია კლებადობისაკენ წარსულში ნიშნავს ტენდენციას მატებისაკენ მომავალში.

იმისათვის, რომ უფრო ღრმად შეისწავლონ განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის არსი მანდელბროტმა და ნესსმა [1] გამოიყენეს ამ პროცესის რიცხვითი მოდელირება. ჩვეულებრივი ბროუნის მოძრაობისათვის ($H=1/2$) მიიღეს ჰაუსის პროცესისათვის დამახასიათებელი შედეგი.

სურათ 1-ზე ასახულია შემთხვევა, როცა $H=1/2$, (კლასიკური ბროუნის მოძრაობა), სურათ 2-ზე განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობა, როცა $H=0.99$.



სურათი 1.



სურათი 2.

როგორც შესავალში იყო აღნიშნული ნაშრომის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს ექსპერიმენტული კვლევა, რომელიც გულისხმობს H ჰერსტის პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობების განსაზღვრას. არსებითია, კიდევ ერხელ ხაზი გავუსვათ, იმას რომ

ექსპერიმენტზე გადასვლა მიზნად იახავს პრაქტიკული ხასიათის რეკომენდაციების მიღებას, რაც რეალურად ხორციელდება პროცესებში პერსისენტობის და ანტიპერსისტენტობის დადგენით.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტების ანალიზმა აჩვენა, რომ სეისმოგრამის გარკვეული მონაკვეთისთვის $H = 0,74$, კარდიოგრამის სიხშირის ცვლილებისთვის 24 სთ-ის დაკვირვების ინტერვალში $H=0,79$, ხოლო ამინდის ტემპერატურის ცვლილებისთვის $H=0,84$. მაშასადამე ეს პროცესები ატარებენ პერსისტენტულ ხასიათს და არ მიეკუთვნებიან მთლიანად შემთხვევით პროცესებს. მოყვანილ პერსისტენტულ პროცესებში შემთხვევითობას ერთვის დეტერმინირებული მდგენელიც და მათ გააჩნიათ წინაწარმეტყველების უნარიც - ისინი მიეკუთვნებიან ფრაქტალურ პროცესებს, რაც ასე ბრწყინვალედ დაამტკიცა ბ.მანდელბროტმა. ამ შემთხვევაში პროცესებისთვის პრაქტიკული რეკომენდაცია კარნახობს ვისარგებლოთ დროით ცვლადი პროცესების განსაზღვრის შედეგების განუსაზღვრელობით B კატეგორიით. რაც შეეხება ცდებს ჩატარებულს „ანომალური ტემპერატურის ცვლილებისთვის“ და სიტყვა “Wavelet” წარმოთქმისთვის, რომლის დროსაც $H=0,36$ და $H=0,48$ შეიძლება ჩითვალოს, რომ ეს პროცესები ატარებენ მთლიანად შემთხვევით ხასიათს ანტიპერსისტენტულობის ხასიათის გამო. მათთვის რეკომენდირებულია გამოვიყენოთ გაზომვის შედეგების A კატეგორია.

დასკვნა

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა როგორც თეორიული ასევე ექსპერიმენტული ხასიათის, კიდევ ერთხელ გაუსვეს ხაზი ფრაქტალური მიდგმის ქმედუნარიანობას, როცა საქმე ეხება იმ დინამური სიდიდეების გაზომვას, რომლებიც მათემატიკურად წარმოდგენილი არიან დროით ცვლადი მწკრივების სახით; ჩატარებული კვლევის მიხედვით მიღებული რიცხვითი მონაცემები, გაზომვის შედეგების განუსაზღვრელობის A და B კატეგორიების თაობაზე, შეიძლება მივიჩნიოთ, როგორც სამეცნიერო ახსნა განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის პოზიციიდან გამომდინარე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Е.Федерс. Фракталы. Перевод с английского, М. «Мир», 1991. 249 ст.
2. Фаткуллин А.А. «Связь фрактала с неопределенностью измерений». <https://metrob.ru/html/Stati/pogreshnost/fraktal.html?page=1>
3. Mandelbrot B.B. Van Ness I.W. 1968, Fractional Brownian motions, Fractional noises and applications SIA M. Rew. 10, 422-437.
4. I.Chkheidze, L.Tokadze, S.Okromchedlishvili. “Modeling of a Generalized Brownian Motion Based on Wavelet Computer Technology” IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”. (PCI’2012) IEEE, 52 p.
5. Wiener N. “Differential space” J. Math, Phys. Mass. Inst. Technol. 2, 1923. 131-174 pp. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sapm192321131>

Discussion of the uncertainty of measurement results of time-varying processes based on fractal methods

Irina Chkheidze, Medea Narchemashvili
Georgian Technical University

i.chkheidze@gtu.ge, m.narchemashvili@gtu.ge, n.abzianidze@gtu.ge

Abstract

The title of the proposed work shows that research should be conducted to solve the most pressing issues related to the determination of the uncertainty of measurement results of measurement processes through the use of fractal methods. Research should include both theoretical and experimental parts in order to make the obtained results interesting.

Fractal approach means determining the remarkable property of B. Mandelbrot's generalized Brownian motion - the ability of persistence and anti-persistence. Persistence refers to the preservation of the existing tendency in the process, and anti-persistence means the complete loss of this tendency. This property is established by introducing the Hurst parameter H , which is any real number in the interval $0 < H < 1$. If $H \leq 1/2$ the process is completely random, and if $1/2 < H < 1$, then it includes a deterministic part, it becomes persistent and the process can be predicted. After receiving the numerical value of parameter H , B. Mandelbrot created the corresponding algorithm. Many experiments were conducted to determine the numerical value of the H parameter. In particular, for a certain section of the seismogram, $H=0.74$, for the change in cardiogram frequency during 24 hours, $H=0.79$, for the change in weather temperature, $H=0.84$. The analysis of the conducted experiments showed that these processes do not belong to completely random processes. In these processes, a deterministic factor is attached to randomness - they belong to fractal processes, which was so brilliantly proved and demonstrated by B. Mandelbrot. In this case, the practical recommendation dictates to take advantage of category B uncertainty of measurement results of time-varying processes. As for the "anomalous temperature change of weather" for which $H = 0.45$ and when speaking the word "Wavelet" - $H=0.39$, we can consider that these processes have a completely random nature due to the nature of anti-persistence. For them, it is recommended to use category A of uncertainty of measurement results.

Conclusion. The conducted research, both theoretical and experimental, once again emphasized the ability of the fractal approach when it comes to the measurement of dynamic quantities that are mathematically represented in the form of time-varying series;

Numerical data obtained according to the conducted research, regarding categories A and B of uncertainty of measurement results, can be considered as a scientific explanation based on the position of generalized Brownian motion.

Keywords: Generalized Brownian motion, persistence, anti-persistence, fractal modeling

YouTube-ის გამოცდილების ხარისხის (QoE) გაზომვა ქსელური და აპლიკაციის დონის (QoS) პარამეტრებით

ომარ შამანაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკ-ი, ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, პროფესორი, o.shamanadze@gtu.ge

ომარ ტყემელაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკ-ი, ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, დოქტორანტი, o.tkeshelashvili@gmail.com

თემურ ბერიანიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკ-ი, ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, ასოცირებული პროფესორი, berianidzetemuri08@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მობილური ქსელის მომხმარებლების მიერ გამოყენებული ინტერნეტ ტრაფიკის სტრუქტურა, ვიდეო მასალის დამუშავება, კომპრესირების და კოდირების ახალი მეთოდების გამოყენება 4G და 5G ტექნოლოგიების გამოყენების დროს. ფართოზოლოვანი რადიო არხების გამოყენებისას განხილულია სუბიექტური გამოკითხვის მეთოდი, რაც შრომატევადი და ძვირია, ამიტომ სტატიაში შეფასების პრობლემის გადფასაჭრელად გამოყენებულია PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასება) ალგორითმი. გამოკვლეულია Youtube აპლიკაციის ხარისხის გაზომვის გამარტივებული მიდგომა და გაკეთებულია კორელაცია PEVQ ალგორითმთან. მონაცემები მოგროვილია არსებული მობილური ოპერატორის 5G/4G მობილურ ქსელში რამოდენიმე ქალაქის მასშტაბით ერთი თვის განმავლობაში ჯამურად 96 ათასი მონაცემის ანალიზის დროს.

საკვანძო სიტყვები: ინტერნეტ ტრაფიკი, YouTube აპლიკაცია, 4G, 5G, კომპრესირება, კოდირება, აპლიკაციის დონის მომსახურების ხარისხი (QoS), მომხმარებლის მომსახურების ხარისხის მაჩვენებელი (QoE), LTE, NR, ულტრა მაღალი გარჩევადობის ტელევიზია (UH-DTV), ვიდეოს კოდირების სიჩქარე (Encoding Rate), PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასება).

შესავალი

2022 წელს მომხმარებლის მიერ გამოყენებული ინტერნეტ ტრაფიკის 82%-ს წარმოადგენდა ვიდეო და აქედან 35%-ი მსოფლიო მობილური ტრაფიკისა იყო YouTube აპლიკაცია [1]. ვიდეოს დამუშავების, კომპრესირების და კოდირების ახალი მეთოდები შესაძლებლობას იძლევა თანამედროვე ტიპის ვიდეოების არსებობისა, როგორცაა ულტრა მაღალი გარჩევადობის ტელევიზია (UH-DTV) და 4K/8K ვიდეო. გარდა ამისა, 4G-ისა და 5G-ის ტექნოლოგიურმა უპირატესობებმა, რომლებიც თავს იჩენს ფართოზოლოვანი რადიო არხებით, კოდირებისა და ქსელის ხარისხის (QoS) მაკონტროლებელი პარამეტრების გაუმჯობესებით, გაამარტივა მაღალი ხარისხის ვიდეო სერვისების მიწოდება მომხმარებლისათვის [2].

ხსენებული ტექნოლოგიური მიღწევების მიუხედავად, ვიდეოს ხარისხი მაინც ქვეითდება ქსელში გადაცემის დროს. ეს გამოწვეულია მთელი რიგი ქსელური თუ აპლიკაციის დონის ფაქტორებით [3][4]. თანამედროვე ვიდეო სერვისების გასაზომად გამოიყენება მომხმარებლის მომსახურების ხარისხს (QoE) მაჩვენებლები, რომელსაც ყველაზე ახლოს ასახავს მომხმარებლის მიერ მიღებულ სერვისს. ITU-T SG12-ი აღწერს QoE-ს, როგორც "აპლიკაციის ან სერვისის საერთო მისაღებლობას, როგორც სუბიექტურად აღიქმება საბოლოო მომხმარებლის მიერ" [5].

მიღებული ვიდეო სერვისის ხარისხის გასაზომად, გაზომვები ტარდება სამ ლოგიკურ დონეზე ფიგურა 1. ესენია: ქსელური დონე, აპლიკაციის დონე და მომხმარებლის

გამოცდილების დონე (QoE). ფიგურა 1-ში აღნიშნულია დონეები და მათი მნიშვნელოვანი საზომი ერთეულები.



ფიგურა 1

სუბიექტური გამოკითხვის მეთოდი, რომელიც მოიცავს მომხმარებელთა გამოკითხვას ლაბორატორიულ გარემოში და მომსახურების შეფასებას მომხმარებელთა კმაყოფილების (MOS) მასშტაბით, არის გამოცდილების ხარისხის რაოდენობრივი განსაზღვრის ყველაზე ზუსტი გზა, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც (QoE). გაზომვის ეს მეთოდი საკმაოდ შრომატევადი, ძვირი და არაპრაქტიკულია; ამიტომ ამ პრობლემის გადასაჭრელად შემუშავდა PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასების) ალგორითმი. ეს ალგორითმი ეფუძნება ეგრეთ წოდებულ "სრული მითითების" მოდელს და ის შედის ITU-T რეკომენდაციაში J.247 [5]. PEVQ აანალიზებს ვიდეოს გაუარესებას, რომელიც ხდება ვიდეოს გადაცემის განმავლობაში და ადარებს საბოლოო შედეგს ნაცნობ ვიდეოს. იგი ზომავს შედეგებს MOS (1=ცუდიდან 5=შესანიშნავად) შკალაზე.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის მიზანია გამოიკვლიოს [6] ავტორების მიერ წარმოდგენილი YouTube აპლიკაციის ხარისხის გაზომვის გამარტივებული მიდგომა და კორელაცია გაუკუეთოთ მას PEVQ ალგორითმთან, რათა მივიღეთ დასკვნამდე, რამდენად მჭიდროდ ასახავს ეს მაჩვენებელი მომხმარებლის მიერ მიღებულ ხარისხს (QoE).

ნაშრომში გამოყენებული მონაცემები მოგროვებულია არსებულ 5G/4G მობილურ ქსელში, რამოდენიმე ქალაქის მასშტაბით, ერთი თვის განმავლობაში, ჯამრად 96 ათასი მონაცემი იქნა მოგროვილი.

მრავლ კვლევებში მოიძებნება მოდელები, რომელებიც ცდილობენ აჩვენონ კავშირი ქსელისა და აპლიკაციის დონის მომსახურების ხარისხის (QoS) მეტრიკასა და მომხმარებლის გამოცდილების ხარისხს (QoE) შორის. ასეთი მოდელირების მიზნებია, უპირველეს ყოვლისა, გამოცდილების ხარისხის (QoE) გაზომვის პროცესის გამარტივება; მეორე: ავტომატიზირება; და მესამე: ხარჯების შემცირება.

[6]-ის ავტორები აანალიზებენ YouTube-ის აპლიკაციის გამოცდილების ხარისხის (QoE), აქცენტს აკეთებენ ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა ვიდეოს დაკვრის შეყოვნება და ჩამოტვირთვის სიჩქარის თანაფარდობა კოდირების სიჩქარესთან. ეს კვლევა აანალიზებს YouTube-ს მხოლოდ ქსელის და აპლიკაციის დონის პარამეტრების თვალსაზრისით (QoS), და არ ითვალისწინებს საბოლოო მომხმარებლების გამოცდილების ხარისხს (QoE). ავტორებმა

ჩამოაყალიბეს ქვემოთმდებარე მაჩვენებელი p - მიღების კოეფიციენტი ფორმულა რომელითაც ისინი ცდილობენ გამოითვალონ მიღებული ხარისხი.

$$p = \text{ვიდეოს ჩამოტვირთვის სიჩქარე} / \text{კოდირების სიჩქარე}$$

თუ მნიშვნელობა ერთზე მეტია, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ვიდეოს მაღალი ხარისხი აქვს; წინააღმდეგ შემთხვევაში, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მას აქვს დაბალი ხარისხი [6]. ამ ნაშრომზე დაყრდნობით, ჩვენ მოვახდენთ შედარებას ამ საზომ ერთეულსა და PEVQ-ს ალგორითმთან რათა გამოვიტანოთ დასკვნა, თუ რამდენად რეალურად ასახავს ის მომხმარებლის მიერ მიღებულ ხარისხს (QoE).

გაზომვების მეთოდი: სანამ სტატიის ცდების დეტალებზე გადავალთ, ჯერ საჭიროა განვიხილოთ YouTube ვიდეოს საზომი ერთეულების დეტალები.

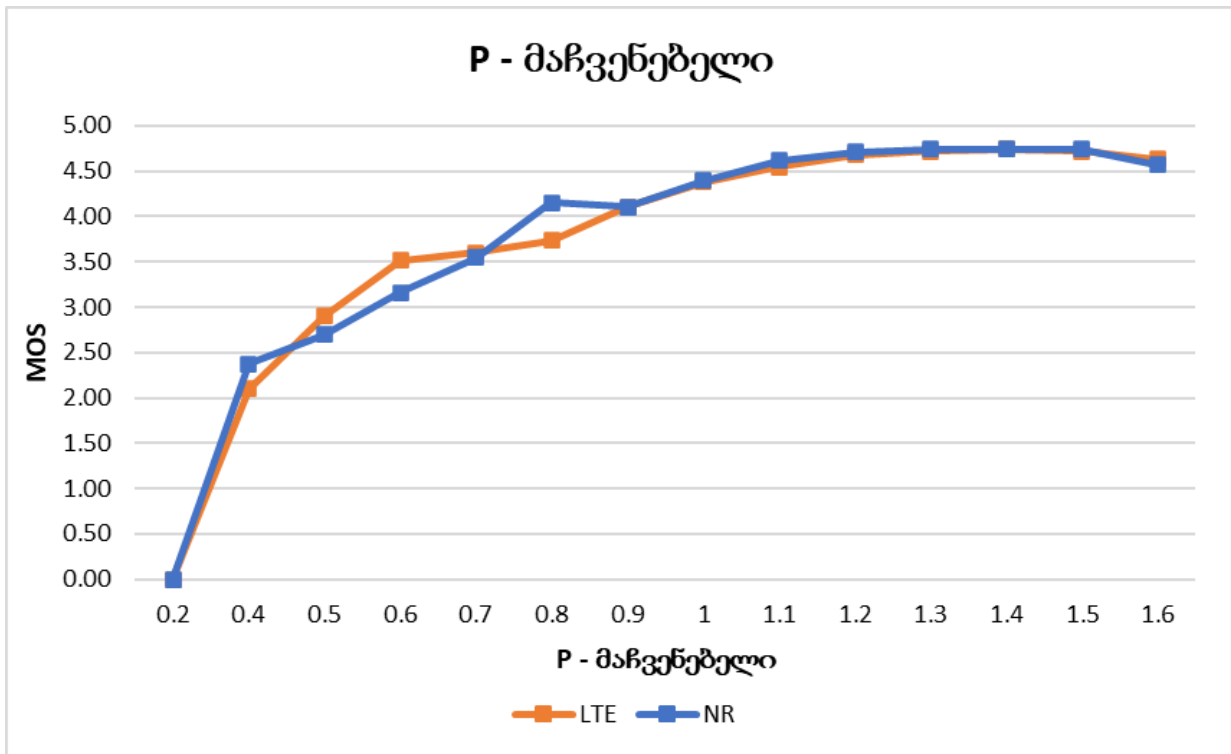
- **ვიდეოს კოდირების სიჩქარე (Encoding Rate)** - არის კადრების რაოდენობა წამში, რომლითაც ხდება ვიდეოს გადაღება, დამუშავება და კოდირება გადასაცემად ან შესანახად. კოდირების უფრო მაღალი სიხშირე ზოგადად იწვევს უფრო გლუვ და თხევად ვიდეოს ხარისხს, მაგრამ ასევე იწვევს ფაილის უფრო დიდ ზომას და გამტარუნარიანობის უფრო მაღალ მოთხოვნებს.
- **PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასება)** - ალგორითმი დაფუძნებულია HVS (ადამიანის ვიზუალური სისტემა) მოდელზე, რომელიც ითვალისწინებს ისეთ ფაქტორებს, როგორცაა სიკაშკაშე, კონტრასტი, სივრცითი გარჩევადობა და დროითი გარჩევადობა, რათა წინასწარ განსაზღვროს, თუ როგორ აღიქვამს მყურებელი ვიდეოს. დასკვნამდე მისასვლელად, ალგორითმი ეყრდნობა მათემატიკური ფორმულების ნარევს და დიდ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მოიცავს ინდივიდების ინდივიდუალურ შეფასებებს ვიდეოს საერთო ხარისხის შესახებ [8].

კვლევის დეტალები: მონაცემთა შესაგროვებლად გამოყენებულ იქნა კომპანია InfoVista TEMS Paragon 5.1 სატესტო ხელსაწყო, უახლესი თაობის მობილური Samsung S21 ტელეფონით და ვიდეო ხარისხის გაზომვის PEVQ-ს ალგორითმი. შედეგების ანალიზისთვის გამოვიყენეთ InfoVista TEMS Discovery. ტესტირება ტარდებოდა მეხუთე თაობის -NR და LTE ქსელზე. მე-5 თაობა იყო NSA (Non-Standalone) კონფიგურაციის. ჯამურად, მოგროვებული იყო ერთი თვის მონაცემები - 29 ათასი ვიდეო ტესტი.

გაზომვების ჩატარებისას გამოვიყენეთ მაღალი ხარისხის 4K ვიდეო, რომელიც მრავლად შეიცავს მოძრავ ელემენტებს.

შედეგები:

LTE			NR		
p - ერთეული	# მონაცემების რაოდენობა	PEVQs აჩვენებელი MOS შკალაზე	p - ერთეული	# მონაცემების რაოდენობა	PEVQs აჩვენებელი MOS შკალაზე
0.2	1	0.00	0.1	2	0.00
0.4	1	2.10	0.4	2	2.38
0.5	10	2.90	0.5	51	2.70
0.6	42	3.52	0.6	67	3.16
0.7	70	3.60	0.7	88	3.55
0.8	100	3.74	0.8	120	4.15
0.9	260	4.10	0.9	183	4.11
1	1,123	4.38	1	603	4.40
1.1	706	4.54	1.1	424	4.62
1.2	1,006	4.68	1.2	748	4.71
1.3	2,865	4.72	1.3	2,266	4.74
1.4	5,716	4.74	1.4	5,327	4.75
1.5	1,216	4.72	1.5	4,807	4.75
1.6	113	4.63	1.6	48	4.57



ფიგურა 2

ფიგურა 2 გვიჩვენებს, თუ როგორ იცვლება ვიდეოს ხარისხის აღქმის კოეფიციენტი MOS შკალაზე, p პარამეტრის თანაფარდობასთან მიმართებაში. შედეგები წარმოადგენენ მტკიცებულებებს, რომლებიც აჩვენებს, რომ მომსახურების ხარისხი ასევე უმჯობესდება, როდესაც პარამეტრი 1-ზე მეტია, რაც მითითებულია MOS-ის შკალაზე. როდესაც ის 1.2-ზე მეტია, მიღებული ხარისხი ითვლება ოპტიმალურად როგორც NR, ასევე LTE-სთვის.

დასკვნა: ჩვენ შევისწავლეთ პრობლემა, თუ რამდენად რეალურად ასახავს მომხმარებლის მიერ მიღებულ ხარისხს წარმოდგენილი გამარტივებული YouTube-ის გაზომვის მაჩვენებელი. ეს გაზომვები ჩატარდა აპლიკაციის დონის მაჩვენებლებით და შედარება მოხდა ობიექტური საზომი ერთეულის PEVQ-სთან. იმისდა მიუხედავად, რომ

მიღების კოეფიციენტი - p პირდაპირ გავლენას არ ახდენს გამოცდილების ხარისხზე, იგი შეიძლება მიჩნეულ იქნას საიმედო მაჩვენებელად იმისა, არის თუ არა პრობლემები ქსელში. ჩვენი დასკვნით p საზომი მაჩვენებელი, შეიძლება გამოყენებული იყოს როგორც გამარტივებული გზა (QoE) ხარისხის გასაზომად.

გამოყენებული ლიტერატურა

[1] <https://www.fiercevideo.com/video/youtube-accounts-for-35-worldwide-mobile-internet-traffic-sandvine-says>

[2] Harri Holma, Antti Toskala, 5G Technology: 3GPP New Radio, pp 27 – 56, Dec, 19

[3] Anush Krishna Moorthy and Alan Conrad Bovik, "Blind image quality assessment: From natural scene statistics to perceptual quality," *Trans. Img. Proc.*, vol. 20, no. 12, pp. 3350–3364, Dec. 2011

[4] Kalpana Seshadrinathan, Rajiv Soundararajan, Alan Conrad Bovik, and Lawrence K. Cormack, "Study of subjective and objective quality assessment of video," *Trans. Img. Proc.*, vol. 19, no. 6, pp. 1427–1441, June 2010

[5] <https://www.itu.int/md/T01-SG12-040324-D-0197/en>

[6] <https://www.itu.int/rec/T-REC-J.247/en>

[7] P. Casas, et al., "Monitoring YouTube QoE: Is your mobile network delivering the right experience to your customers?," IEEE WCNC, 2013, pp. 1609–1614.

[8] <https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.500>

[9] <http://www.pevq.com/pevq.html>

Measuring YouTube's Quality of Experience (QoE) with network and application-level (QoS) parameters

Omar Shamanadze, Technical University of Georgia, Faculty of Informatics and Management Systems, Department of Digital Telecommunication Technologies, Professor,

o.shamanadze@gtu.ge

Omar Tkeshelashvili, Technical University of Georgia, Faculty of Informatics and Management Systems, Department of Digital Telecommunication Technologies, Ph.D.

o.tkeshelashvili@gmail.com

Temur Berianidze, Technical University of Georgia, Faculty of Informatics and Management Systems, Department of Digital Telecommunication Technologies, Associate Professor,

berianidzetemuri08@gtu.ge

Abstract

The article discusses the structure of Internet traffic used by mobile network users, the processing of video material, the use of new methods of compensation and coding during the use of 4G and 5G technologies. When using broadband radio channels, a subjective survey

method is discussed, which is time-consuming and expensive, so the PEVQ (Perception of Video Quality Evaluation) algorithm is used in the article to solve the evaluation problem. A simplified approach to YouTube application quality measurement is investigated and correlated with the PEVQ algorithm. The data was collected during the analysis of a total of 96 thousand data in the 5G/4G mobile network of the existing mobile operator in several cities during one month.

Keywords: Internet traffic. YouTube app, 4G, 5G, Compression, Encoding, Application-level quality of service (QoS), User quality of service index (QoE), LTE, NR, Ultra-high-definition television (UH-DTV), Video encoding rate (Encoding Rate), PEVQ (Perception of Video Quality).

ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში აბონენტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის პრობლემები და მათი გადაწყვეტა კერძო VLAN-ის საშუალებით

ნიკოლოზ ბჟალავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

bzhalavanikoloz08@gtu.ge

რეზიუმე

კვლევის შედეგად დადგენილია მიზეზები, რომელიც კლასიკურ VLAN-ს საშუალებას არ აძლევს სპეციფიკურ სიტუაციაში გადაწყვიტოს ქსელის აბონენტების გამიჯვნისა და უსაფრთხოების საკითხები. მოცემულ სტატიაში დასაბუთებულია კერძო ვირტუალური ლოკალური ქსელის (PVLAN) უპირატესობა ლოკალურ ქსელში კომპუტატორის პორტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის მსგავს საშუალებებთან შედარებით. დეტალურადაა გაწერილი ვირტუალური ლოკალური ქსელის ქვედომენებად დაყოფის, იზოლირებული ქვედომენის შექმნისა და მისი პირველად VLAN-ში გაწევრიანების, კომპუტატორის თითოეული პორტისათვის Isolated სტატუსის მინიჭების პროცესი. მოყვანილია Isolated პორტების მდგომარეობა MAC-მისამართების ანალიზის მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: ვირტუალური, VLAN, პირველადი, private, იზოლირებული, საზოგადო, შერეული, MAC, blocked, კერძო, PVLAN, მეორადი.

შესავალი

ნებისმიერი კომპიუტერული ქსელის უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია მის კომპონენტებს შორის წვდომის გამიჯვნა. უსაფრთხოების ამალეება შესაძლებელია არასასურველ მოწყობილობებთან ტრაფიკის შეზღუდვით. ეს კარგად ჩანს სერვერების გამოყენებისას, როდესაც ისინი უკავშირდებიან არასაიმედო, დაუცველ ქსელებს, უმეტესწილად დიდ ქსელების შემთხვევაში. ქსელის მოწყობილობების ან მოწყობილობების ჯგუფის ერთმანეთისაგან ვირტუალურად გამიჯვნის ძირითადი მეთოდია ქსელის დაყოფა ვირტუალურ - VLAN ქვექსელებად. იმის გამო, რომ VLAN-ით განცალკევებულ ქვედომენებს შორის ტრაფიკი არ ხორციელდება, მცირდება მის კომპონენტებზე არასანქცირებულ წვდომისა და ინფორმაციის გადინების ალბათობა, რაც საბოლოოდ ზრდის ქსელის უსაფრთხოებას.

მაგრამ კლასიკური VLAN ვერ წყვეტს გარკვეულ ამოცანებს, რომელიც უკავშირდება ქსელის ტოპოლოგიას, ორგანიზაციებში მკაცრი IP-მისამართების იერარქიის არსებობას, VLAN-ებისადმი შეზღუდვებს. ამდაგვარი ამოცანების გადაჭრის ხერხს ეძღვნება ეს ნაშრომი.

ძირითადი ნაწილი

ვირტუალური ქსელი - VLAN, ეს არის ტექნოლოგია, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია ერთი ფიზიკური ქსელის გარემოში რამდენიმე დამოუკიდებელი ვირტუალური ქვექსელის შეიქმნა ანუ ერთი ქსელი დაიყოს რამდენიმე ერთმანეთისაგან იზოლირებულ ქვექსელად. VLAN იქმნება OSI მოდელის II, არხულ დონეზე მართვადი კომპუტატორების გამოყენებით [2]. მაგრამ არის სიტუაციები, როდესაც კლასიკური VLAN-ის გამოყენება შეზღუდულია ან არ არის საკმარისი ჰოსტების ერთმანეთისაგან ვირტუალური გამოიჯვინისათვის. კვლევის შედეგად დადგინდა მიზეზები, როდესაც VLAN „უძლურია“ გარკვეული ტოპოლოგიის მქონე ქსელისათვის:

- პროვაიდერი კლიენტებს ვებ-ჰოსტინგს სთავაზობთ. ვებ-სერვერები ერთ ქსელშია ჩართული. ბუნებრივია ისინი ერთმანეთს „ხედავენ“. კლიენტებს, რა თქმა უნდა ურჩევენიათ ერთმანეთისაგან იყვნენ იზოლირებულები. ტრადიციულად ეს ხდება მათი გაწევრიანებით ახალ VLAN-ში. მაგრამ ყველა კლიენტისათვის ახალი VLAN-ის შექმნას ვერ აუვა ვერც ერთი კომპუტატორი, ვინაიდან VLAN-ების რაოდენობა შეზღუდულია VID-ის მაქსიმალური რიცხვითი მნიშვნელობით - 4096, თანაც ნაწილი VLAN-ის შესაბამისი ნომრებისა - 1001÷1005 სარეზერვოა, ხოლო ნაწილს - 1006÷4096 აქვს შეზღუდული შესაძლებლობები;

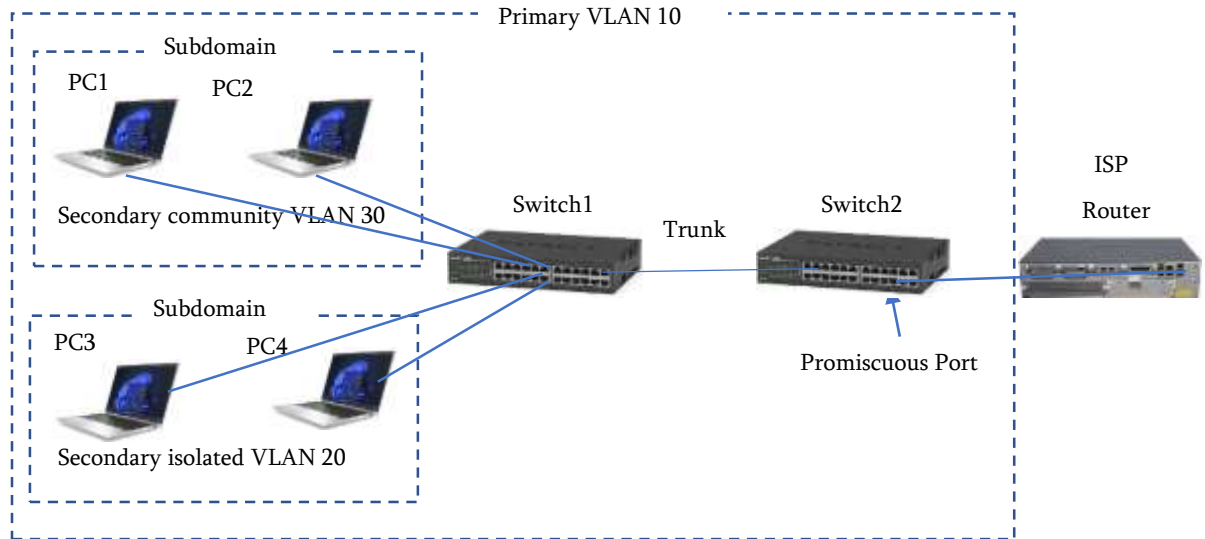
- კლასიკური VLAN-ის შემთხვევაში პროვაიდერის მიერ ერთი ჰოსტისათვის გაგზავნილი შეტყობინება ხვდება ქვექსელის ყველა აბონენტთან, ანუ ჰოსტებთან მიდის მათთვის სრულიად უსარგებლო ინფორმაცია. ამისაგან თავის არიდება შესაძლებელია თითოეული აბონენტისათვის ცალკე ვირტუალური ქსელის შექმნით. ამ შემთხვევაშიც მოქმედებს VLAN-ზე ზემოთ აღნიშნული შეზღუდვები;

- კომპუტატორებში ჰოსტების ერთმანეთისაგან იზოლაცია შესაძლებელია ისეთი საშუალებით, როგორცაა Private vlan edge. მისი გამართვა ადვილია, საკმარისია კომპუტატორის VLAN-ის შესაბამის ინტერფეისებზე გაიწეროს ბრძანება Switchport protected. შედეგად ამ პორტებზე მიერთებული ჰოსტებს ერთმანეთთან კავშირი არ ექნებათ, ანუ იქნებიან ერთმანეთისაგან იზოლირებულები. მიუხედავად იმისა, რომ Private vlan edge-ის გამართვა ადვილია, ის არამასშტაბირებადია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ის მხოლოდ ლოკალური კომპუტატორისათვის არის განკუთვნილი. საკმარისია მისი სხვა კომპუტატორებთან Trunk რეჟიმით მიერთება, რომ მათი დაცული (Protected) პორტები ერთმანეთს „დაინახავენ“;

- ახალი VLAN-ის შექმნით ჰოსტების ერთმანეთისაგან გამოიჯვინა შეუძლებელია IP-მისამართების მკაცრი იერარქიის მქონე ორგანიზაციაში.

ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემების გადაჭრის გზა არის კერძო ვირტუალური ქსელის (PVLAN-Private Virtual Local Area Network) გამოყენება. კერძო VLAN არის კომპუტატორის საშუალება, რომლითაც ხდება ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში ქვედომენის ანუ ქვექსელში ქვექსელის შექმნა, რაც იმას ნიშნავს, რომ შესაძლებელია ერთსა და იმავე VLAN-ში მყოფი მოწყობილობებისათვის წვდომისა და უსაფრთხოების სხვადასხვა დონის დაკონფიგურება. PVLAN-ით ვირტუალური ქსელის შიგნით იქმნება მეორადი (Secondary) ქვექსელი, ქვედომენი, IP-დამისამართების სქემის შეცვლის გარეშე [1].

PVLAN-ის გამართვა რამდენიმე ეტაპად ხდება: თავდაპირველად უნდა შეიქმნას პირველადი და მეორადი VLAN-ები და მოხდეს მათი გაწევრიანება PVLAN დომენში. მეორადი VLAN უნდა გამოცხადდეს როგორც იზოლირებული და გაწევრიანდეს პირველადში ბრძანებით Private-vlan association მეორადის_ID. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ქსელის ტოპოლოგიისათვის პირველადია VLAN 10, ხოლო მეორადი - VLAN 20. VLAN-ების განსაზღვრის შემდეგ იწყება კომპუტატორის პორტების გამართვისა და PVLAN-თან მათი მიკუთვნების პროცედურა. PVLAN-ში პორტი შესაძლებელია იყოს იზოლირებული (Isolated),



ნახ. 1. კერძო ვირტუალური ლოკალური ქსელი - PVLAN

საზოგადო (Community) ან შერეული (Promiscuous). Isolated ტიპის პორტი არის იზოლირებული როგორც თავისავე ქვედომენის, ასევე სხვა პორტებისგან, გარდა შერეული პორტისა. ვინაიდან LAN 20 გაცხადებულია როგორც Isolated, ამიტომ მასში არჩეულ პორტებსა და მათთან მიერთებულ ჰოსტებს იზოლირებულის სტატუსი ექნებათ.

და ბოლოს ISP-ში გამავალი პორტი უნდა გამოცხადდეს როგორც Promiscuous, რათა მოხდეს პირველადი და მეორადი VLAN-ების კადრების VID-ების გარკვევა და შეთანხმება. იგი ეკუთვნის ძირითად ვირტუალურ ლოკალურ ქსელის პირველად VLAN-ს და ურთიერთობს ყველა - მათ შორის როგორც Isolated ასევე Community ინტერფეისთან. ქსელის თითოეულ PVLAN-ს ემსახურება მხოლოდ ერთი Promiscuous პორტი.

კომპუტატორის Trunk პორტზე VLAN-ების შესახებ ინფორმაციის გაცვლა ხდება VTP პროტოკოლის საშუალებით. კომპუტატორის გამოცვლის ან დამატების შემთხვევაში მოწმდება VTP პროტოკოლის რევიზიის (Reavise) სიდიდე [3]. თუკი მისი მნიშვნელობა მეტია ვიდრე ქსელის სხვა კომპუტატორის რევიზიის მნიშვნელობა, ქსელის VLAN-ები გაუქმდება. ამიტომ PVLAN-ის უსაფრთხოების მიზნით VTP უნდა გამოირთოს ან გადავიდეს Transparent რეჟიმში ბრძანებით Vtp mode transparent, მითუმეტეს რომ მას PVLAN-ის კონფიგურაციაზე არავითარი მონაცემები არ გააჩნია.

გამიჯნული ჰოსტების მდგომარეობა კარგად ჩანს MAC-მისამართების ანალიზის მაგალითზე. კომპუტატორის CAM ცხრილი, რომელშიც VLAN ID-სა და ინტერფეისების შესახებ ინფორმაციის გარდა, ინახება ჰოსტების MAC-მისამართები, ჩვეულებრივისაგან განსხვავებულად გამოიყურება: ჰოსტების MAC-მისამართები ერთდროულად ასოცირდება როგორც პირველად, ასევე მეორად VLAN-ებთან. გარდა ამისა ცხრილში Isolated VLAN-ის

პორტებს, ჩვეული Dynamic-ის ნაცვლად მინიჭებული აქვთ Blocked სტატუსი, ხოლო Promiscuous პორტის სტატუსია Dynamic. სწორედ ამიტომ, Isolated VLAN-ის ჰოსტები, გარდა Promiscuous-ის პორტისა სხვა ინტერფეისებს „ვერ ხედავენ“.

უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს ისიც, რომ ერთი VLAN-ის გარემოში, სხვადასხვა იზოლირებულ PVLAN-ში გაწევრიანებულ ჰოსტებს შეეძლება ქონდეთ იდენტური IP-მისამართები, რაც ამცირებს გამოყენებული IP-მისამართების რაოდენობასა და მათდამი მკაცრ კონტროლის აუცილებლობას.

PVLAN-ის ერთერთ ნაკლად (შეზღუდვად) შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ ზოგიერთ კომპუტატორს, მაგალითად, Catalyst 3750, 2950, Nexus 3164Q არა აქვთ PVLAN-ის მხარდაჭერა. გარდა ამისა, შეიძლება აუცილებლობამ მოითხოვოს იზოლირებულ VLAN -ში არსებული რომელიმე მოწყობილობის დაკავშირება საზოგადო VLAN-თან, რაც მოითხოვს მათი კონფიგურაციების შეცვლას.

დასკვნა

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ ტრადიციული მეთოდებით შეუძლებელია ქსელში უსაფრთხოებისა და მისგან გამომდინარე არასასურველი ინფორმაციისაგან ქსელის აბონენტების გამიჯვნა, რის მკაფიო მაგალითიცაა ნაშრომში განხილული ამოცანები და მათი გადაჭრის გზები. კერძოდ მისი მოქმედების პრინციპი ეფუძნება VLAN-ის დაყოფას ქვექსელებად და სასურველ ქვედომენში PVLAN-ის იზოლირებული პორტების გამართვას, რაც ზრდის არა მარტო სისტემის უსაფრთხოების ხარისხს, არამედ იცავს VLAN-ის სხვა აბონენტებს უსარგებლო ინფორმაციის მიღებისაგან, რაც თავისთავად შეამცირებს ქსელის დატვირთვას. პრობლემის სპეციფიკიდან გამომდინარე PVLAN-ის ყველაზე ხშირი გამოყენებული არიან ინტერნეტ-პროვაიდერები. ამ საშუალებით ისინი ლოკალურ ქსელში უზღუდავენ კლიენტებს ერთმანეთზე წვდომას, თანაც ინარჩუნებენ უკვე არსებულ სამისამართო არეს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. The Cisco Learning Network, A quick summarized view to Private VLAN, February 2020 y, <https://learningnetwork.cisco.com/s/article/a-quick-summarized-view-to-private-vlan-pvlan-x>;
2. ნიკოლოზ ბჟალავა, კომპიუტერული ქსელები. ტოპოლოგიები, პროტოკოლები, მარშრუტიზაცია. ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015 წ., ISBN 978-9941-14-992-4;
3. LinkedIn, What are the pros and cons of using PVLAN?, August 2023 y, <https://www.linkedin.com/advice/0/what-pros-cons-using-private-vlans-isolation-segmentation>;
4. Sean Wilkins, Private VLAN concepts, February 2018 y., <https://www.pluralsight.com/blog/it-ops/private-vlan-concepts>.

PROBLEMS OF SEPARATING SUBSCRIBERS FROM EACH OTHER IN A VIRTUAL LOCAL NETWORK AND THEIR SOLUTION USING A PRIVATE VLAN

Nikoloz Bzhalava
Georgian Technical University
bzhalavanikoloz08@gtu.ge

Summary

As a result of the study, the reasons were identified that the classic VLAN does not allow solving the issues of separation and security of network subscribers in a specific situation. This

article substantiates the advantage of a private virtual local area network (PVLAN) over similar means of isolating switch ports on a local network. The process of dividing a virtual local network into subdomains, creating an isolated subdomain and joining it to the main VLAN, and assigning the Isolated status to each switch port is described in detail. The status of isolated ports is shown using the example of MAC address analysis.

Keywords: VLAN, subdomains, VTP, isolated, promiscuous, PVLAN, secondary, community, MAC, separation.

Diabetic Retinopathy Classification using Hybrid Deep Learning Method

Aleksandre Labadze, Zviad Ghurtskaia
Georgian Technical University
Labadze.aleq@gtu.ge, z.gurtskaia@gtu.ge

Resume

The prevention of vision loss depends on early identification, accurate diagnosis, and effective treatment. Multiple disorders that effect on eye can arise as a result of improper eye care being neglected. Numerous eye disorders and abnormalities, including swollen optic discs, retinal hemorrhages, and vascular anomalies, can be seen on a single retinal fundus scan. Correct diagnosis and treatment of these conditions are crucial to preventing vision loss and averting permanent eye injury. Due to the small size of the anomalies, the traditional approach of detecting DR using fundus imaging calls for highly qualified doctors, which can lead to misdiagnosis and take time. Therefore, creating an automated approach for the diagnosis of DR can aid diabetics in recognizing DR symptoms before they become more serious.

This study classifies the identified images into the corresponding 5 stages, including No Diabetic Retinopathy, Mild Non-Proliferative Digital Retinopathy, Moderate Non-Proliferative Diabetic Retinopathy, Severe Non-Proliferative Diabetic Retinopathy, and Proliferative Diabetic Retinopathy, which can greatly aid in monitoring the dynamics of important features like lesions, hemorrhages, and blood vessel density. Many classification problems are solved using deep learning techniques. However, the majority of these techniques only reliably classify DR phases, especially in the early stages. To improve the performance of our model, we used the capabilities of ten cutting-edge deep learning networks (DLNs). VGG 16/19, ResNet 50/101, Inception-V3, Inception-ResNet, Xception, DenseNet201, DarkNet53, and EfficientNetB0 were some of the DLNs in this group. These DLNs each add distinctive architectural characteristics and functionalities that enhance the overall prediction strength of our model.

We developed a hybrid deep learning approach to significantly increase the precision and robustness of our predictions. We created a final score by combining the predictions made by each of the ten DLNs rather than relying solely on the output of one DLN. Our mixed model was intended to obtain a more thorough understanding of the input data and produce more precise predictions by utilizing the collective knowledge and varied views of many DLNs. The forecasts from each DLN were combined throughout the mixing phase, and weights were given to each

prediction depending on how well and consistently they performed. This made it possible for us to combine the benefits of each DLN while minimizing the weaknesses of each one individually to produce a single prediction.

Key Words: Retinopathy, Artificial Intelligence, Deep learning, Diabetic Retinopathy

Introduction

The slow disruption of retinal blood vessels that characterizes DR, a complex disorder, is mostly linked to the long-term effects of high blood sugar levels. Due to DR's sneaky character, which allows it to show in people regardless of how severe their diabetes is, it is a serious worry for the whole diabetic population [1]. Tragically, DR is the primary global contributor to working-age adults' visual impairment, with an estimated 93 million people suffering from this crippling affliction [2]. Unfortunately, it is predicted that DR would become more common in the upcoming years, especially in developing Asian countries like China and India.

Early stages of diabetic retinopathy may not show any symptoms, yet during these stages neuronal retinal damage and clinically undetectable microvascular alterations advance [4]. Therefore, routine eye exams are necessary for those with diabetes to enable prompt diagnosis and efficient management of the condition [3]. Since managing hyperglycemia, hyperlipidemia, and hypertension is the only effective preventive measure, early identification of diabetic retinopathy is even more important [5]. Additionally, when used at an early stage of the disease, therapies like laser photocoagulation have demonstrated to be highly effective in reducing the risk of blindness in proliferative retinopathy and diabetic maculopathy by up to 98% [6]. This emphasizes the significance of early detection and appropriate treatment in postponing or even preventing diabetic retinopathy-related blindness [7]. Healthcare systems must give priority to preventative measures like encouraging routine eye examinations for diabetics given the importance of early diagnosis and treatment. A better outcome can be achieved for those who are at risk of developing diabetic retinopathy by putting in place thorough screening programs and raising awareness among medical professionals and patients.

The first diagnosis of DR can be aided by functional alterations in electroretinography (ERG), retinal blood flow, and retinal blood vessel caliber [1], but in practical practice, early detection mostly depends on fundus examination [8]. A quick, non-invasive, and well-tolerated method is provided by fundus photography, a widely used imaging technique [3]. Ophthalmologists can identify retinal lesions, diagnose diabetic retinopathy, and estimate its severity by examining high-resolution fundus images, making it one of the most widely used techniques for determining the extent of DR. Professional ophthalmologists must have a high level of knowledge and effort to manually diagnose DR from fundus images, especially in rural or densely populated areas like India and Africa. While the number of people with diabetes and DR is projected to rise significantly in these regions over the next few years, there are still disproportionately few ophthalmologists available [8]. The challenges associated with manual diagnosis of DR may be addressed by improving access to automated diagnostic tools and leveraging advances in artificial intelligence (AI) and machine learning. These technologies have shown promise in assisting ophthalmologists by automating the detection and classification of diabetic retinopathy from fundus images. AI-powered solutions can offer a more effective and precise assessment by minimizing the need on manual interpretation, particularly in areas where there is a dearth of expert eye care practitioners. The use of such AI-based technologies could dramatically enhance the early diagnosis and treatment of diabetic retinopathy, ultimately leading to better visual outcomes for people with diabetes around the world.

The computer-aided diagnosis systems present a promising way to get over the lack of specialists and deliver quick and accurate DR detection by utilizing deep learning algorithms. These tools can evaluate retinal fundus images, recognize particular DR lesions or stages, and

aid in diagnosing conditions. Deep learning models' autonomous feature extraction capabilities considerably improve the speed and efficacy of DR screening by enabling prompt detection and treatment, especially in areas with a paucity of ophthalmologists. Deep learning methods for DR diagnosis are constantly being developed and improved, and this has the potential to greatly increase patient access to care and ease the strain on the system's finite resources. It is possible to overcome the difficulties caused by the shortage of specialists and improve the early detection and control of DR on a global scale by utilizing the inherent strengths of deep learning and artificial intelligence.

Literature Review

Based on how they emerge, lesions connected to diabetic retinopathy (DR) can be divided into two types. Microaneurysms (MA) and hemorrhages (HM) are shown by the red lesions, whilst soft and hard exudates (EX) are represented by the brilliant lesions. No DR, mild DR, moderate DR, severe DR, and proliferative DR are the five distinct stages of DR that are determined by the existence and severity of these diseases. Table 1 offers an overview of these stages together with information on the defining characteristics and development of DR. Figure 1 presents a collection of sample photos of each step of DR to help visualize the various stages. To identify and evaluate the evolution of DR, these pictures act as visual cues.

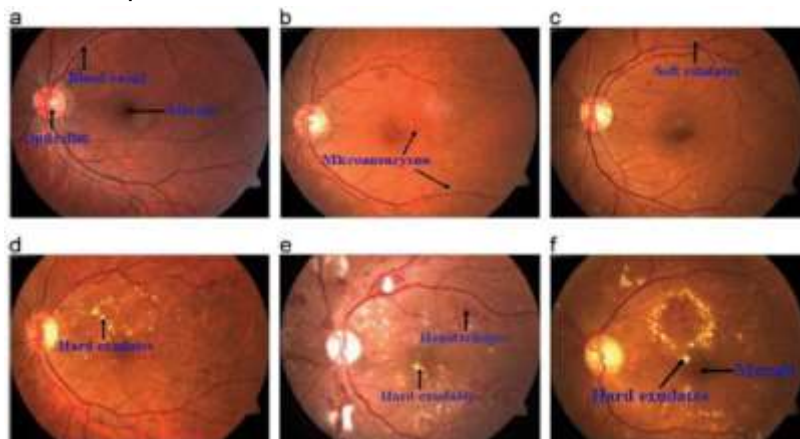


Figure 1. The DR stages: (a) normal retinal (b) Mild DR, (c) Moderate DR, (d) Severe DR, (e) Proliferative DR, (f) Macular edema.

DR Severity Level	Lesions
No DR	Absent of lesions
Mild non-proliferative DR	MA only
Moderate NON-proliferative DR	More than just MA but less then severe DR
Severe NON-proliferative DR	Any of the Following: <ul style="list-style-type: none"> • More than 20 intraretinal HM in each of 4 quadrants • Definite venous beading in 2+quadrants • Prominent intraretinal microvascular abnormalities in 1+ quadrants • No signs of proliferative DR
Proliferative DR	One or more of the following: vitreous/pre-retinal HM, neovascularization

Table 1. Levels of DR with its associative lesions.

Compared to manual diagnosis, automated approaches for diagnosing diabetic retinopathy (DR) provide a number of advantages in terms of cost and time efficiency. These automated methods display increased efficacy in addition to saving priceless resources. Manual diagnosis, in comparison, requires more work and is more prone to potential misdiagnosis than automated approaches. Automated methods increase the accuracy and dependability of DR detection while lowering the possibility of mistakes or oversight. These techniques evaluate retinal images quickly

and effectively using cutting-edge algorithms and machine learning techniques, producing reliable and impartial results. Additionally, enhanced scalability made possible by the automation of the diagnostic procedure enables a greater number of patients to gain from prompt and precise DR examinations. When compared to the potential drawbacks of manual diagnosis, such as the inherent subjectivity and variation among various practitioners, the benefits of automated DR detection become clearer. The use of automated techniques helps to address these problems and ensures a more standardized and reliable manner of DR detection.

Overall, using automated DR detection systems has many advantages over manual diagnosis, including cost and time savings, increased effectiveness, less risk of misdiagnosis, and increased accuracy. These developments are essential for enabling early detection and prompt intervention, which ultimately results in better patient outcomes and more efficient management of diabetic retinopathy.

Explainable methods, like gradient-weighted class activation mapping (Grad-CAM), can be used to solve this problem. Grad-CAM offers insights into a deep neural network's decision-making process, assisting in the understanding of the particular areas or features that contribute to its predictions [9]. The interpretability of automated DR classification models can be improved by including explicable techniques like Grad-CAM, allowing for greater transparency and dependability in their results. The success of automated DR categorization approaches' adoption into clinical practice depends on ensuring their dependability and interpretability. These models can be a great help to ophthalmologists and aid in more precise and reliable DR diagnosis by resolving the problems associated with imbalanced datasets and using explainable techniques like Grad-CAM.

Proposed Classification Method

A lack of professionals accessible to give care for patients is a global problem for diabetic retinopathy (DR). For instance, in China, there is an alarmingly high ratio of one ophthalmologist to every 3000 people who have diabetes. With a primary focus on utilizing deep learning approaches, a number of computer-aided diagnosis techniques have been developed in response to this problem to enable automatic detection of DR and its various stages using retinal fundus pictures. By offering effective and trustworthy instruments for early identification and monitoring of DR, these cutting-edge solutions seek to lessen the strain on medical personnel and enable prompt patient intervention and treatment.

Deep learning models are designed to mimic the complex structure of the human visual brain. These models use many layers, including convolution layers, pooling layers, and fully connected layers, to discover patterns at various levels of abstraction. They are designed to autonomously produce and acquire hierarchical features by back-propagation. This approach works particularly effectively for image processing jobs because it uses hidden layers to combine the input data with the learned features. One key benefit of this approach is its capacity to automatically extract the most discriminative features from a series of training images, doing away with the requirement for manual feature engineering. Deep learning becomes a potent tool in computer vision by utilizing this inherent capability to enable more effective and efficient picture analysis and recognition jobs.

Deep learning networks (DLNs) are equipped with the capacity to automatically extract highly informative features from training images, allowing them to generate predictions without being explicitly aware of the precise characteristics that are being employed. However, establishing the credibility and acceptability of DLN-based algorithms as trustworthy substitutes for human ophthalmologists is difficult due to the lack of openness surrounding the derived features. It is critical for automated systems to show a strong association between their results and the observed lesions since ophthalmologists often base their assessment of the severity of diabetic retinopathy (DR) on the existence and characteristics of lesions in the retina. DLN-based

systems may only inspire confidence and become accepted as reliable instruments in the field of DR diagnosis by clearly demonstrating their reliance on these essential visual signals. We can bridge the gap between automated techniques and human ophthalmologists, paving the way for their widespread adoption and use in clinical practice, by offering clear explanations and visual proof of how the DLNs' predictions are influenced by the existence and characteristics of retinal lesions.

In the field of diabetic retinopathy (DR), the majority of publicly accessible datasets typically have fewer than 2000 photos. For instance, Messidor 2 has 1748 photos, whereas the Indian Diabetic Retinopathy Image dataset (IDRiD) has 516 images. Although these datasets are useful for research, their small size may make it difficult to develop strong deep learning models. The Asia Pacific Tele-Ophthalmology Society (Kaggle APTOS) dataset, which provides a larger number of 5590 pictures, is an exception to this tendency. The prestigious Aravind Eye Hospital in India gathered these pictures, which were split into 1928 samples for testing and 3662 samples for training. The extent to which the dataset can be used for specific tasks may be constrained by the fact that only the ground-truth annotations for the training photos are publicly available.

As the largest dataset for diabetic retinopathy (DR), Kaggle EyePACS [9] stands out due to its impressive collection of 88702 pictures. This dataset offers a significant resource for creating and assessing DR detection models, with 35126 samples assigned for training and 53576 for testing. It is noteworthy that the collection contains photos divided into five different DR levels, allowing for a thorough examination of illness severity.

However, it is crucial to recognize a potential dataset limitation: the grading procedure was carried out by a single ophthalmologist. This raises the prospect of annotation bias because different viewpoints and subjective assessments may have an impact on how the photos are labeled. When using the dataset, researchers should be aware of this aspect and take into account methods to reduce any biases in their models.

Despite the fact that these datasets greatly enhance DR detection studies, the comparatively small number of publicly accessible photos highlights the need for larger, more thorough datasets. Researchers can train deep learning models with more accuracy and generalizability thanks to access to larger datasets, which eventually results in enhanced performance in real-world circumstances. In order to promote automated DR diagnosis and treatment, efforts should be undertaken to increase the accessibility of diverse and well-annotated datasets that include a range of people, imaging circumstances, and disease severities.

The availability of large image datasets that have been carefully categorized by ophthalmologists is crucial for the successful automation of diabetic retinopathy (DR) recognition and grading. The effectiveness of the deep learning models used is substantially impacted by the caliber and variety of these datasets. Inadequate training samples can result in learning models that aren't as good at capturing the complexity of DR[10]. Therefore, while training a strong deep learning architecture, the dataset's size is quite important. The distribution of samples among various classes is another crucial aspect of deep learning algorithms to take into account in addition to dataset size. Accurate model training is difficult with imbalanced datasets when some classes are underrepresented compared to others. Over-fitting, which occurs when the network overly emphasizes the majority class while ignoring the minority class, can result from imbalance. In deep learning networks, this problem becomes especially important. The Kaggle EyePACS dataset offers a unique illustration of dataset imbalance. While the severe and proliferative DR samples each make up less than 3% of the dataset, over 73% of the samples in this dataset are classified as normal. Such an imbalance may have an impact on how students learn and may make it more difficult to identify and grade severe DR cases accurately.

To overcome this limitation, researchers are encouraged to explore other strategies that can further enhance the variability of features learned by the DLN. This may include techniques such

as synthetic data generation, feature blending, or domain adaptation, which can introduce additional diversity into the training process. By expanding the repertoire of features learned by the DLN, these approaches can improve the model's performance and generalization ability, leading to more reliable and accurate DR classification results. While data augmentation is a valuable approach for reducing classification bias and enhancing the performance of DLN models, it is essential to ensure a sufficient level of variability and diversity in the augmented samples to maximize the model's learning capabilities and mitigate the limitations associated with class-specific augmentation.

We used a method to make a more balanced dataset in our experiment to address the issue of unbalanced DDR (Diabetic Retinopathy) classes. We did this by choosing samples at random from the same-class datasets from EyePACS, APTOS, and IDRiD. Thus, we were able to generate the balanced DDR dataset (BDDR), which includes 10,575 samples altogether. Table 5 shows the distribution of the balanced DDR dataset's training, validation, and test sets while also emphasizing the number of samples per class. We carefully selected samples from each class to create a more equitable representation across the dataset and to ensure a representative distribution. It is crucial to remember that because there were few examples available in grades 3 and 4, we had to supplement the training set with rotational versions of the existing data. Despite our best efforts, we were unable to obtain the necessary number of samples for these particular grades by combining multiple datasets.

DR Class	Training	Validation	Test	Sum	Proportion
<i>Class 0</i>	1250	755	110	2115	20%
<i>Class 1</i>	1250	755	110	2115	20%
<i>Class 2</i>	1250	755	110	2115	20%
<i>Class 3</i>	1250	755	110	2115	20%
<i>Class 4</i>	1250	755	110	2115	20%
<i>Sum</i>	6250	3775	550	10575	

Table 2. The distribution of training, validation and test sets per class for the balanced DDR dataset

Due to the inherent heterogeneity in the distribution of DR severity grades, it may be difficult to create a dataset that is totally balanced with an equal number of samples for each class. However, we were able to achieve a more balanced representation by using a combination of random sampling and augmentation. This makes it more likely for the deep learning model trained on the BDDR dataset to benefit from and correctly categorize all DR classes. We want to improve the performance and generalizability of our model, enabling it to more effectively handle the heterogeneity within each class and produce more accurate predictions. The BDDR dataset is an important tool for our experiment since it helps us get over the drawbacks of class imbalance and eventually produces better DDR classification results.

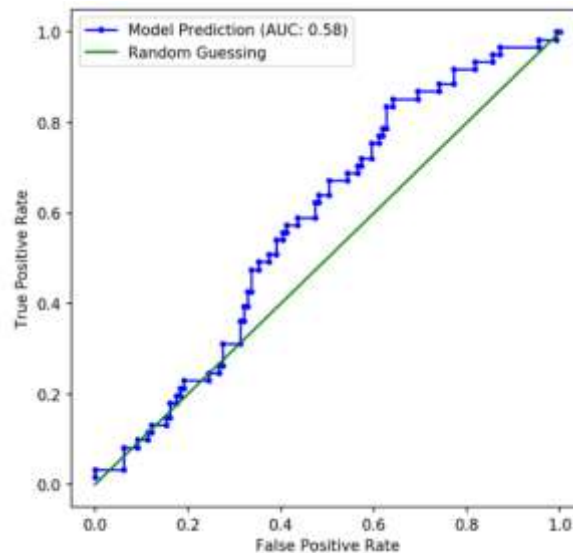


Figure 2. Receiver Operating Characteristic for result analysis

We build receiver operating characteristic (ROC) curves for both healthy cases (severity == 0) and sick cases (severity > 0) to evaluate the model's capability to precisely detect sickness. The ROC curve gives a graphic representation of the sensitivity (true positive rate) and specificity (false positive rate) of the model's performance.

The ROC curve for the healthy cases shows how effectively the program can precisely identify people without the ailment. It assesses how well the model can categorize negative situations, making sure that healthy people are not mistakenly labeled as ill. The ROC curve for ill cases, on the other hand, assesses the model's ability to correctly identify those who have the condition. Figure 2 demonstrates the model's sensitivity in accurately categorizing positive cases, making sure that people who are actually ill are neither overlooked nor incorrectly classified as healthy.

The training of our model is enhanced by the use of a variety of datasets with varying resolutions, technologies, and geographic locations. It enables the model to learn from a greater variety of picture properties, increasing its adaptability and dependability when used in various contexts. This strategy broadens the usefulness and application of our model, enabling it to spot DR precisely in photos obtained anywhere in the world, regardless of the particular circumstances and equipment utilized. The identification method would be oversimplified if we only used one imbalanced dataset, which would also make our model less useful in practical applications. The model's capacity to generalize to previously undiscovered data may be hampered by the dataset's constrained representation of various picture capture systems and environmental factors. We can incorporate a wider range of image attributes and take into consideration the variability seen in clinical practice by combining different datasets.

We used an explain ability approach called Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) to clarify the learning process of our model in recognizing diabetic retinopathy symptoms like exudates, hemorrhages, and microaneurysms [9]. Using this method, we were able to produce visual explanations for the results of our suggested DL model. Grad-CAM maps are a well-liked method for creating heatmaps, which involves back-projecting the gradients of class-specific weights from the output classification layer to the feature maps of the final convolutional layer. As a result, this procedure draws attention to key areas of the image that greatly influence the model's predictions.

Conclusion

We created a diversified dataset by combining images from the EyePACS, APTOS, Messidor-2, and IDRiD datasets in order to guarantee a thorough and equitable coverage of DR classes. By using this strategy, we were able to correct any potential biases or imbalances in the initial datasets and guarantee that all severity levels were fairly represented. We procured the dataset for our study from a highly reputable ophthalmic research facility renowned for its cutting-edge expertise in the analysis of retinal fundus images for the diagnosis of eye conditions and the provision of the most effective treatment options.

With the help of the mixed grading predictor and this extensive and inclusive dataset, we sought to offer a more thorough and precise evaluation of DR severity. Our findings and conclusions contribute to the expanding body of knowledge on deep learning-based methods for DR grading and open the door for future advancements in clinical decision support systems and diagnostic instruments.

The findings of our investigation unequivocally show that our model is superior to the individual scores of each DL design that is currently accessible. This shows that our hybrid model, which combines the predictions of various DLN models to produce higher performance, efficiently utilizes the collective wisdom and strengths of each architecture.

In our future study, we intend to concentrate on improving the detection of lesions connected to mild and proliferative DR. We intend to increase our model's effectiveness in precisely identifying and classifying these particular forms of DR by further improving it and training it specifically on these difficult cases.

We also recognize the significance of improving the datasets used in our analysis. Getting rid of ungradable samples and fixing any misclassified notations that could still be there are part of this process. We may increase the robustness and reliability of our model and advance its capabilities in clinical settings by continuously enhancing the quality and accuracy of the datasets.

Overall, our findings show the potential for further development of deep learning-based DR grading. By addressing the areas that need work, we want to improve our model's functionality and application, leading to better patient care and diagnostic precision in the field of diabetic retinopathy.

In view of this, the development of sophisticated computer systems integrating AI-based disease detection techniques could prove to be invaluable in aiding ophthalmologists in their diagnostic endeavors, potentially leading to improved patient outcomes and enhanced healthcare delivery.

References

- [1] IDF Diabetes Atlas | Tenth Edition. (n.d.). Copyright © IDF Diabetes Atlas 2023. All Rights Reserved. <https://www.diabetesatlas.org/en/>
- [2] Jenkins, A. J., Kong, A. P., Keech, A. C., O'Neal, D. N., & Januszewski, A. S. (2015). Biomarkers in Diabetic Retinopathy. *The Review of Diabetic Studies*, 12(1–2), 159–195. <https://doi.org/10.1900/rds.2015.12.159>
- [3] Janghorbani, M., Jones, R. C. F., & Allison, S. J. (2000). Incidence of and risk factors for proliferative retinopathy and its association with blindness among diabetes clinic attenders. *Ophthalmic Epidemiology*, 7(4), 225–241. <https://doi.org/10.1076/oep.7.4.225.4171>
- [4] Yau, J. W. Y., Rogers, S., Kawasaki, R., Lamoureux, E. L., Kowalski, J. W., Bek, T., Chen, S., Dekker, J. M., Fletcher, A. E., Grauslund, J., Haffner, S. M., Hamman, R. F., Ikram, M. A., Kayama, T., Klein, B. E., Klein, R., Krishnaiah, S., Mayurasakorn, K., O'Hare, J. P., . . . Wong, T. Y. (2012). Global Prevalence and Major Risk Factors of Diabetic Retinopathy. *Diabetes Care*, 35(3), 556–564. <https://doi.org/10.2337/dc11-1909>

[5] Shaw, J. E., Sicree, R., & Zimmet, P. (2010). Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 87(1), 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2009.10.007>

[6] Yang, W., Lu, J., Weng, J., Jia, W., Ji, L., Xiao, J., Shan, Z., Liu, J., Tian, H., Ji, Q., Zhu, D., Ge, J., Lin, L., Chen, L., Guo, X., Zhao, Z., Li, Q., Zhou, Z., Shan, G., & He, J. (2010). Prevalence of Diabetes among Men and Women in China. *The New England Journal of Medicine*, 362(12), 1090–1101. <https://doi.org/10.1056/nejmoa0908292>

[7] Safi, H., Safi, S., Hafezi-Moghadam, A., & Ahmadi, H. (2018). Early detection of diabetic retinopathy. *Survey of Ophthalmology*, 63(5), 601–608. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2018.04.003>

[8] Snoek, F. J. (2014). Global Guideline for Type 2 Diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 104(1), 1–52. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.10.001>

[9] Bresnick, G. H., Mukamel, D. B., Dickinson, J. W., & Cole, D. R. (2000). A screening approach to the surveillance of patients with diabetes for the presence of vision-threatening retinopathy. *Ophthalmology*, 107(1), 19–24. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(99\)00010-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(99)00010-x)

[10] Hill, L. A., & Makaroff, L. (2016). Early detection and timely treatment can prevent or delay diabetic retinopathy. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 120, 241–243. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2016.09.004>

დიაბეტური რეტინოპათიის კლასიფიცირება ღრმა სწავლების ჰიბრიდული მეთოდის გამოყენებით

ალექსანდრე ლაბაძე, ზვიად ღურცკაია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
Labadze.aleq@gtu.ge, z.gurtskaia@gtu.ge

რეზიუმე

მხედველობის დაკარგვის პრევენცია დამოკიდებულია ადრეულ იდენტიფიკაციაზე, ზუსტ დიაგნოსტიკაზე და ეფექტურ მკურნალობაზე. მრავალი დარღვევა, რომელიც გავლენას ახდენს თვალზე, შეიძლება წარმოიქმნას თვალის არასათანადო მოვლის შედეგად. თვალის მრავალი ანომალია, მათ შორის, ოპტიკური დისკის დაზიანება, სისხლჩაქცევები და სისხლძარღვოვანი ანომალიები შეიძლება დაფიქსირდეს ბადურის ციფრულ გამოსახულებაზე. სწორი დიაგნოზი და მკურნალობა აუცილებელია მხედველობის შეუქცევადი დაქვეითებისაგან დასაცავად. ანომალიის მცირე ზომების გამო, დიაბეტური რეტინოპათიის (DR) დეტექციას სჭირდება მაღალი კვალიფიკაციის მქონე ექიმები, მაგრამ მათი სიმცირე იწვევს მცდარი დიაგნოზების პროვოცირებას. ამიტომ, რეტინოპათიის დიაგნოსტიკის ავტომატური სისტემის შემუშავება შესაძლებელს გახდის დაავადების სიმპტომების ადრეულ დიაგნოსტიკას.

ეს კვლევა მოიცავს დიაბეტური რეტინოპათიის 5 სტადიად კლასიფიცირებას: დრ-ის გარეშე, მსუბუქი არაპროლიფერაციული, საშუალო არაპროლიფერაციული, მწვავე არაპროლიფერაციული და პროლიფერაციული დიაბეტური რეტინოპათია. კლასიფიკაციის მრავალი პრობლემა წყდება ღრმა სწავლების ტექნიკის გამოყენებით. თუმცა, ამ ტექნიკის უმეტესობა მხოლოდ საიმედო აკლასიფიცირებს DR ფაზებს განსაკუთრებით ადრეულ ეტაპებზე. ჩვენი მოდელის მუშაობის გასაუმჯობესებლად, ჩვენ გამოვიყენეთ ათი უახლესი ღრმა სწავლების ქსელის შესაძლებლობები. VGG 16/19, ResNet 50/101, Inception-V3, Inception-ResNet, Xception, DenseNet201, DarkNet53 და EfficientNetB0 იყო ზოგიერთი DLN ამ ჯგუფში.

თითოეული ეს ღრმა სწავლების მეთოდი ამატებს გამორჩეულ არქიტექტურულ მახასიათებლებსა და ფუნქციურობას, რაც აძლიერებს ჩვენი მოდელი საერთო პროგნოზირების სიძლიერეს.

ჩვენ შევუმუშავეთ ღრმა სწავლების ჰიბრიდული მიდგომა, რათა მნიშვნელოვნად გავზარდოთ ჩვენი პროგნოზების სიზუსტე და სიმტკიცე. ჩვენი შევქმენით “Final Score” ათი ღრმა სწავლების მეთოდის გაერთიანებით და არა მხოლოდ ერთი მეთოდის გამოყენებით. ჩვენი ჰიბრიდული მოდელი გამიზნული არის შეყვანილი მონაცემების უფრო საფუძვლიანი გაანალიზებისათვის და უფრო ზუსტი პროგნოზების შესაქმნელად DLN-ის კოლექტიური ცოდნისა და მრავალფეროვანი ხედვის გამოყენებით. პროგნოზები თითოეული DLN-დან გაერთიანდა “Cross folding-validation” მეთოდის გამოყენებით და წონები მიენიჭა იმისდამხედვით თუ რამდენად თანმიმდევრულად აკეთებდა კლასიფიცირებას. ამან შესაძლებელი გახადა თითოეული DLN-ის უპირატესობების გაერთიანება და ნაკლოვანებების შემცირება, რითაც მივიღეთ ერთი გაუმჯობესებული მოდელი.

საკვანძო სიტყვები: რეტინოპათია, ხელოვნური ინტელექტი, ღრმა სწავლება, დიაბეტური რეტინოპათია.

ინტერნეტ-ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტურობა და სარგებლიანობა ეკონომიკაში (ელექტრონულ კომერციაში)

გოჩიტაშვილი ლალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი l.gochitashvili@gtu.ge

დვალი თორნიკე

თიბისი ბანკი, აიტი პარტნიორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი tokodvali@gmail.com

ავციური ია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი.

ia_afciauri_83@mail.ru

რეზიუმე

მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის ფარგლებში ინტერნეტი, როგორც ელექტრონული კომერციის ერთ-ერთი მთავარი ტექნოლოგია, არამხოლოდ მნიშვნელოვანი რესურსია ჩვენი ყოველდღიური ყოფისა, არამედ სხვადასხვა საქმიანობის მართვის ძირითად იარაღს წარმოადგენს. ეს პროცესი აისახა დროისა და მატერიალური დანახარჯების ეკონომიაზეც. ტრადიციული სავაჭრო ურთიერთობების გამოკვლევისას მარტივად მოიძებნება იმის მაგალითი თუ როგორ გამოიყენება დანახარჯების შემცირების ავტომატიზაციისათვის კომერციული ციკლის თითოეულ ეტაპზე ტექნიკური საშუალებები, მათ შორის ელექტრონული - ინტერნეტ ტექნოლოგიები.

ელექტრონული ბიზნესი, როგორც ნებისმიერი საქმიანი ქმედება, იყენებს გლობალურ ინფორმაციულ ქსელებს კომპანიის შიგა (ინტრანეტი) და გარე (ექსტრანეტი) კავშირებისათვის მატერიალური და დროითი მოგების მიღების მიზნით. ფაქტობრივად, იგი შეიძლება ჩაითვალოს ინფორმაციული, საქმიანი ნაკადებისა და დოკუმენტბრუნვის სისტემად, ინტერნეტ ტექნოლოგიების გამოყენებით. რაიმე ქმედების „ეფექტურობა“ იზიფრება, როგორც გარკვეული მოვლენის წარმატებული მოქმედება წინა მოვლენასთან შედარებით. ეფექტურობის მაჩვენებელი შეიძლება გახდეს რაიმე სიდიდე, რომელიც მიიღება გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით კვლევის პროცესში რომელიმე მოვლენის შესაფასებლად. ყოველი კომერციული ოპერაცია, ტექნოლოგიების განვითარების ფონზე შესრულებული ელექტრონული კომერციის მეთოდით, მიეკუთვნება ისეთ კომერციის ფორმებს, როგორცაა კლიენტ-სერვერული ურთიერთობა, ლიზინგი, კონსალტინგი, მარკეტინგი, დაზღვევა და სხვ. მათი ეფექტურობის მაჩვენებელი ცხადია და კარგადაა შესწავლილი. ძნელია ისაუბრო ინტერნეტ-ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტურობაზე და სარგებლიანობაზე ეკონომიკაში ზოგადად, ამიტომ ამ ნაშრომში შევხებით ელექტრონული კომერციის კონკრეტული ოპერაციის ეფექტურობას, მაგალითად, ფირმის მარკეტინგული სტრატეგიების მნიშვნელობას და ინტერნეტ რეკლამის ეკონომიკურ და კომუნიკაციურ ეფექტურობას მომხმარებელთან კომუნიკაციის თითოეულ სტადიაზე, გამოვავლენთ ეფექტურობის ცალკეულ მაჩვენებლებს ამ სტადიებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრონული კომერცია, ინტერნეტი, თანამედროვე ტექნოლოგიები, ეკონომიკა.

შესავალი

მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის ფარგლებში ინტერნეტი, როგორც ელექტრონული კომერციის ერთ-ერთი მთავარი ტექნოლოგია, არა მხოლოდ მნიშვნელოვანი რესურსია ჩვენი ყოველდღიური ყოფისა, არამედ სხვადასხვა ეკონომიკური საქმიანობის მართვის ძირითად იარაღს წარმოადგენს. ეს პროცესი აისახა დროისა და მატერიალური დანახარჯების ეკონომიაზეც. ტრადიციული სავაჭრო ურთიერთობების გამოკვლევისას მარტივად მოიძებნება იმის მაგალითი თუ როგორ გამოიყენება კომერციული ციკლის თითოეულ ეტაპზე ტექნიკური საშუალებები, მათ შორის ელექტრონული, დანახარჯების შემცირების ავტომატიზაციისათვის. ელექტრონული კომერციისათვის დამახასიათებელია კომპლექსური ავტომატიზაცია. ტრადიციული ურთიერთობის სისტემა გამყიდველი-მყიდველი შეიძლება შეიცვალოს ავტომატურად ფუნქციონირებადი სისტემით სერვერი-კლიენტი, რომელიც არის წარმოდგენილი მხოლოდ აპარატული და პროგრამული საშუალებებით. თანამედროვე ეკონომიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულება ელექტრონული კომერცია სავაჭრო საქმიანობაა, რომლის ძირითადი მიზანია მოგების მიღება და დამყარებულია კომერციული ციკლის კომპლექსურ ავტომატიზაციაზე გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებით.

ძირითადი ნაწილი

ელექტრონული ბიზნესი – electronic business არის რეალური ბიზნესის ეფექტურობის ზრდა საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენების შედეგად, მიმართული დამატებული ღირებულების ინტეგრირებული ჯაჭვის შექმნასა და საქმიანი პარტნიორების ოპტიმალური ურთიერთქმედების უზრუნველყოფაზე. ბიზნესში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება საშუალებას იძლევა, გაუმჯობესდეს კლიენტთა მომსახურება ხარჯების ერთდროულად შემცირების პირობებში, მოიძებნოს პროდუქციის გასაღების ახალი არხები და გაიზარდოს კონკურენტუნარიანობის დონე. ინტერნეტ – პროექტის წარმატებით განხორციელებისათვის

აუცილებელია, რომ კომპანიას ჰქონდეს მართვის ეფექტური სისტემა, ერთიანი შინაგანი საინფორმაციო ქსელის (ინტრანეტის) ბაზაზე და პარტნიორებთან, კლიენტებთან და მომწოდებლებთან კავშირების კარგად განვითარებული გარე ქსელი (ექსტრანეტი). ინტერნეტ – ტექნოლოგიები ერთერთი ძირითადი, მაგრამ არა ერთადერთი ასპექტია ელექტრონული ბიზნესისა, ისევე, როგორც ელექტრონული კომერციისა - e-commerce. ელექტრონული ბიზნესის ცნება უფრო ფართოა, ვიდრე ელექტრონული კომერცია .

მსოფლიოში ციფრული ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად ფართოდ ვითარდება ელექტრონული კომერცია. ელექტრონულ კომერციაში მოისაზრება ინტერნეტ-ტექნოლოგია, რომელიც სხვადასხვა სახის პროდუქციის ინტერნეტ რეალიზაციის საშუალებას იძლევა. ელექტრონული კომერცია ბიზნესის ის მიმართულებაა, რომელსაც მსოფლიოს წამყვანი ბრენდები საკმაოდ შედეგიანად იყენებენ ბიზნესში წარმატებების მისაღწევად. ნებისმიერ ბრენდს გააჩნია ვებ-გვერდი, სადაც მომხმარებელს საკუთარი პროდუქციის კატალოგს სთავაზობს. ინტერნეტ-მაღაზიის წარმატებისთვის მნიშვნელოვანი დეტალია საგადასახადო სისტემა, რომელიც ონლაინ კლიენტისთვის მაქსიმალურად კომფორტული გამოსაყენებელი უნდა იყოს. გარდა ამისა, მომხმარებლის ნდობის მოპოვება ონლაინ ბიზნესის წარმატებისთვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია, ხოლო ნდობის მოპოვება ხდება პროდუქციის მაღალი ხარისხისა და ბრენდის ცნობადობის შემთხვევაში. უმთავრესი ფაქტორი კი მთელ ამ პროცესში თანმიმდევრულობა გახლავთ. ონლაინ მომხმარებელი ყოველთვის ანიჭებს უპირატესობას ისეთ ბიზნესს, რომელსაც სწორი გენერალური მიმართულება აქვს აღებული. ელექტრონული კომერციის და ელექტრონული ბიზნესის წარმატებისთვის მეტად მნიშვნელოვანია სარეკლამო სტრატეგია, საინფორმაციო განცხადებები, პროდუქციის მაღალი ხარისხი. პუბლიკაციების სტილი, რომელიც ამ პროდუქციას თან ახლავს, მუდმივად განახლებადი უნდა იყოს. ასევე, ონლაინ კლიენტის ნდობის მოპოვებისთვის საკმაოდ მნიშვნელოვანია მომსახურება და გარანტია. ის პროდუქცია, რომელსაც მომხმარებელს სთავაზობთ, აუცილებლად უნდა შეესაბამებოდეს პროდუქციის ხარისხსა და ფასს. რაიმე ქმედების „ეფექტურობა“ იზიფრება, როგორც გარკვეული მოვლენის წარმატებული მოქმედება წინა მოვლენასთან შედარებით. ეფექტურობის მაჩვენებელი შეიძლება გახდეს რაიმე სიდიდე, რომელიც მიიღება გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით კვლევის პროცესში რომელიმე მოვლენის შესაფასებლად. ყოველი კომერციული ოპერაცია, ტექნოლოგიების განვითარების ფონზე შესრულებული ელექტრონული კომერციის მეთოდით, მიეკუთვნება ისეთ კომერციის ფორმებს, როგორცაა კლიენტ-სერვერული ურთიერთობა, ლიზინგი, კონსალტინგი, მარკეტინგი, დაზღვევა და სხვ. მათი ეფექტურობის მაჩვენებელი ცხადია და კარგადაა შესწავლილი. ძნელია ისაუბრო ინტერნეტ-ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტურობაზე და სარგებლიანობაზე ეკონომიკაში ზოგადად, ამიტომ ამ ნაშრომში შევეხებით ელექტრონული კომერციის კონკრეტული ოპერაციის ეფექტურობას, მაგალითად, ფირმის მარკეტინგული სტრატეგიების მნიშვნელობას და ინტერნეტ რეკლამის ეკონომიკურ და კომუნიკაციურ ეფექტურობას მომხმარებელთან კომუნიკაციის თითოეულ სტადიაზე, გამოვავლენთ ეფექტურობის ცალკეულ მაჩვენებლებს ამ სტადიებისთვის.

ელექტრონული კომერციის მაღალი ეფექტურობის უზრუნველყოფა ხორციელდება მინიმალური დანახარჯებით. ამ დანახარჯებში შედის ტრანზაქციის ხარჯი და ტექნოლოგიური პროცესების უზრუნველყოფის ხარჯი, რაც, თავის მხრივ მოიცავს ტრანსპორტის, მუშახელის, შენობის იჯარის და სხვა ხარჯებს. ტრანზაქციულ დანახარჯებში კი შედის;

- ხარჯები, დაკავშირებული ცალკეული პრობლემების მოგვარებასთან,
- ხარჯები, დაკავშირებული ინფორმაციის უზრუნველყოფასთან,
- ხარჯები, დაკავშირებული მოლაპარაკებების განხორციელების უზრუნველყოფასთან,
- ხარჯები, დაკავშირებული კონტრაქტის დადებასთან,
- ხარჯები, მიღებული კონტრაქტის შეთანხმებით.

მთლიანობაში, ელექტრონული კომერციის ეფექტურობასთან მეთოდური მიდგომა ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

- ელ კომერციის ეფექტურობის შეფასების საგნობრივი განსაზღვრა,
- ამ სფეროში სამეურნეო სუბიექტის საქმიანობის ფუნქციური განსაზღვრა,
- იმ მაჩვენებლების გამოვლენა, რომლებიც ეფექტურობის მაღალ კოეფიციენტს გვიჩვენებენ,
- ეფექტურობის კრიტერიუმების ფორმულირება,
- ორგანიზაცია, რომელიც იღებს სტატისტიკურ და სხვა მონაცემებს, ეფექტურობის მაჩვენებლის განსაზღვრავად,
- ეფექტურობის მაჩვენებლების და კრიტერიუმების განსაზღვრა,
- ანალიზი მიღებული შედეგებისა და გადაწყვეტილებების მიღება.

ეკონომიკაში არსებული ინტერნეტ პროექტების ეფექტურობის შეფასება მიმართული უნდა იყოს ქსელში წარმოდგენილი კომპანიის პოტენციური მოგების ანალიზზე, ასევე ისეთ ორგანიზაციულ პროექტებზე, რომლებიც მაქსიმალურად ზრდიან მოგებას და არა საიტის ვიზიტორების რიცხვს. როგორც ტრადიციულ ვაჭრობაში, ასევე ელექტრონულ კომერციაში მნიშვნელოვანია, რომ ყოველი დამთვალიერებელი გახდეს მყიდველი. ზოგადად, ეფექტურობის შეფასების პროცესი საკმაოდ ფართოა და შეიცავს ტექნიკურ, ეკონომიკურ ორგანიზაციულ და სხვა მსგავს ასპექტებს. გამოვყოთ სამი ძირითადი; ეკონომიკური, ორგანიზაციული და მარკეტინგული. თითოეულს გააჩნია საკუთრივ თავისი ეფექტურობის მაჩვენებელი, ესენია;

- ეკონომიკური მაჩვენებელი - ემსახურება არჩეული ვარიანტის ელ კომერციის სისტემების შექმნას ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასებით;

- ორგანიზაციული მაჩვენებელი - განსაზღვრავს არსებული სისტემების ახალი ინფორმაციული ინტეგრაციის დონეს, ასევე განსაზღვრავს საწარმოს საქმიანობის და ბიზნეს პროცესებსაც;

- მარკეტინგული მაჩვენებელი - განსაზღვრავს მარკეტინგული პროგრამის ეფექტურობის დონეს, web-სერვერების წინსვლას ინტერნეტში და web - მარკეტინგის ხელსაწყოების ეფექტურ გამოყენებას.

მაჩვენებლები დაკავშირებულია ერთმანეთთან და საერთო მაჩვენებლის მისაღებად ვანგარიშობთ მათ კომპლექსურ მაჩვენებელს.

განვიხილოთ მარკეტინგული მაჩვენებელი, იგი ახასიათებს მარკეტინგული პროგრამის რეალიზაციის ეფექტურად ჩატარებას და web-მარკეტინგის ხელსაწყოების ეფექტურ გამოყენებას. სარეკლამო კომპანიის ეფექტურობის განხილვისას ვიყენებთ კომპლექსურ მიდგომას, რომელიც ავლენს კომუნიკაციის პროცესის ძირითად სტადიების ინტერნეტის მომხმარებელსა და რეკლამის მკეთებელს შორის. ეს მიდგომა კარგად ავლენს ინტერნეტ რეკლამის ეკონომიკურ და კომუნიკაციურ ეფექტურობას თითოეულ სტადიაზე. ზოგადად, გამოყოფენ რეკლამის მკეთებელსა და ინტერნეტ მომხმარებელს შორის კომუნიკაციის პროცესის ოთხ ძირითად სტადიას, ესენია:

1. ამ სფეროს შეცნობა (რეკლამის დემონსტრაცია);
2. მომხმარებლის მოზიდვა (რათა დააინტერესო);
3. კონტაქტი (web-საიტის ნახვა);
4. მოქმედება. შეიძლება გამოვყოთ მეხუთე სტადიაც-განმეორება.

თითოეულ ამ სტადიაზე ვლინდება ეფექტურობის ცალკეული მაჩვენებლები, რაც წარმოდგენილია შემდეგ ცხრილში:

სტადიები	საკომუნიკაციო ეფექტურობის მაჩვენებელი	ეკონომიკური ეფექტურობის მაჩვენებელი
სფეროს შეცნობა	ჩვენებების რიცხვი; უნიკალური ჩვენებების რიცხვი; ჩვენებების შუალედი.	რეკლამის განთავსების ხარჯი; ყოველი ათასი ჩვენების ხარჯი; ყოველი ათასი უნიკალური ცვენების ფასი.
მომხმარებლის მოზიდვა	შემჩნევების მაჩვენებელი; დამმახსოვრებლის მაჩვენებელი; კლიენტების რიცხვი; გამოხმაურება; გამომხმაურებლების რიცხვი.	გამოხმაურების ღირებულება; უნიკალური გამოხმაურების ღირებულება.
კონტაქტი	უნიკალური მომხმარებლის რაოდენობა; მნახველების რაოდენობა; ახალი მომხმარებლების რაოდენობა; მომხმარებლების გეოგრაფიული მდებარეობა; გვერდის მნახველების რიცხვი; Web-გვერდის მისამართი.	უნიკალური მომხმარებლის ღირებულება; ვიზიტის ღირებულება; ნახვის ხანგრძლივობა.
მოქმედება	ქმედებების რაოდენობა	შეკვეთების რაოდენობა; კლიენტების რაოდენობა; გაყიდვების რაოდენობა; გაყიდვების მოცულობა; ყიდვის საშუალო მაჩვენებელი; გაყიდვების და კლიენტების საშუალო მაჩვენებელი; ქმედებების ღირებულება; შეკვეთების ღირებულება; გაყიდვების ღირებულება; შეკვეთების სიხშირე.
განმეორება		

ელექტრონული კომერციის ეფექტურობისთვის ონლაინ რეკლამის სწორად დაგეგმვასთან ერთად ასევე მნიშვნელოვანია გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მომხმარებლისთვის ამა თუ იმ პროდუქციის სპეციალური ფასდაკლების სისტემით შეთავაზება, პოტენციური კლიენტებისთვის საცდელი პროდუქციის შეთავაზება, რათა მომხმარებელი დარწმუნდეს მის ხარისხსა და ღირებულების შესაბამისობაში, ამა თუ იმ პროდუქციის შესახებ დისკუსიის გამართვა და მომხმარებლების ცოდნის გაზიარება პოტენციური კლიენტებისთვის, ე.წ. საინფორმაციო ცხელი ხაზი, კითხვა-პასუხის რეჟიმი

კონკრეტული პროდუქციის ირგვლივ, მომავალი პროცესების სწორი დაგეგმარება, გაყიდული პროდუქციის დროულად მიწოდება მომხმარებლისთვის და სხვა. უნდა ითქვას, რომ ელექტრონულ კომერციაში ონლაინ მომხმარებლის ნდობის მოპოვება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი საკითხია ონლაინ ბიზნესის სწორად წარმართვისთვის.

დასკვნა

მსოფლიოში ციფრული ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად ფართოდ ვითარდება ელექტრონული კომერცია. ელექტრონულ კომერციაში მოისაზრება ინტერნეტ-ტექნოლოგია, რომელიც სხვადასხვა სახის პროდუქციის ინტერნეტ რეალიზაციის საშუალებას იძლევა. ელ - კომერცია კომპანიებისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია მინიმალური დანახარჯებით მომხმარებლისთვის მაქსიმალურად კომფორტული მომსახურების შეთავაზებისთვის. ეს მომსახურებებია:

- სასტუმროების ავიაბილეთების დაჯავშვნა;
- საინფორმაციო სერვისები;
- ინტერნეტი მაღაზიები;
- განათლება;
- ვებ მომსახურება;
- აუქციონები;
- კომუნალური მომსახურება;
- სარეკლამო სერვისები;
- საკურიერო მომსახურება;
- სახელმწიფო ორგანიზაციების სერვისები და სხვ.

ელექტრონული კომერცია ბიზნესის ის მიმართულებაა, რომელსაც მსოფლიოს წამყვანი ბრენდები საკმაოდ შედეგიანად იყენებენ ბიზნესში წარმატებების მისაღწევად. ნებისმიერ ბრენდს გააჩნია ვებ-გვერდი, სადაც მომხმარებელს საკუთარი პროდუქციის კატალოგს სთავაზობს. ინტერნეტ-მაღაზიის წარმატებისთვის მნიშვნელოვანი დეტალია საგადასახადო სისტემა, რომელიც ონლაინ კლიენტისთვის მაქსიმალურად კომფორტული გამოსაყენებელი უნდა იყოს. რეკლამა ისეთი ფორმით უნდა იყოს განთავსებული, რომ მიიზიდოს, დააინტერესოს მომხმარებელი და გახადოს ტრანზაქციის მონაწილე. რეკლამის ეფექტურობის შეფასებისთვის საჭიროა ჩატარდეს მომხმარებელთა გამოკითხვები, ეტაპობრივად შეფასდეს ეფექტურობის მაჩვენებლები და გაკეთდეს მათი შეჯამება კომპლექსური ეფექტურობის მაჩვენებლის გამოსავლენად. ასევე მნიშვნელოვანია გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მომხმარებლისთვის ამა თუ იმ პროდუქციის სპეციალური ფასდაკლების სისტემით შეთავაზება, პოტენციური კლიენტებისთვის საცდელი პროდუქციის შეთავაზება, რათა მომხმარებელი დარწმუნდეს მის ხარისხსა და ღირებულების შესაბამისობაში, ამა თუ იმ პროდუქციის შესახებ დისკუსიის გამართვა და მომხმარებლების ცოდნის გაზიარება პოტენციური კლიენტებისთვის, ე.წ. საინფორმაციო ცხელი ხაზი, კითხვა-პასუხის რეჟიმი კონკრეტული პროდუქციის ირგვლივ, ონლაინ რეკლამის სწორად დაგეგმარება, გაყიდული პროდუქციის დროულად მიწოდება მომხმარებლისთვის და სხვა. უნდა ითქვას, რომ ელექტრონულ კომერციაში ონლაინ მომხმარებლის ნდობის მოპოვება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი საკითხია ონლაინ ბიზნესის სწორად წარმართვისთვის.

საქართველოს ინტერნეტ-ბაზარზე ინტერნეტ-მომხმარებლისა და ინტერნეტით დაინტერესების ტენდენცია საკმაოდ დიდია, დღითიდღე იზრდება მისი შეღწევა ხალხის ყოველდღიურ ცხოვრებაში, მაგრამ ამასთან საჭიროა სახელმწიფოს მიერ პრიორიტეტულ

მიმართულებად იქცეს ქვეყნის სრული კომპიუტერიზაცია და ინტერნეტიზაცია, უნდა განხორციელდეს ე.წ. სოციალური პროექტები დაბალშემოსავლიანი მოსახლეობის კომპიუტერიზაციის და ინტერნეტიზაციის მიზნით. მეტი ყურადღება უნდა გამახვილდეს რეგიონებში უსადენო ინტერნეტის და, შესაბამისად, ელექტრონული ტექნოლოგიების გავრცელებასთან დაკავშირებით, გაფართოვდეს და გაიზარდოს ინტერნეტის სიჩქარე, მომზადდეს მაღალკვალიფიციური კადრები, გამოიყოს გრანტები და დოტაციები (განსაკუთრებით რაიონებში და სოფლებში), რომ კომპიუტერთან და ინტერნეტთან დაშვების შესაძლებლობა ჰქონდეთ უფრო მეტ სოციალურად დაუცველ ფენებს.

არსებული ინფორმაციული ვაკუუმის პირობებში, საქართველოს ელექტრონული ბიზნეს გარემოს განვითარების ზუსტი პროგნოზების გაკეთება რთულია. თუმცა, ინტერნეტ-ბაზრის კვლევა ინფორმაციული დეფიციტის შევსების მნიშვნელოვანი ცდაა.

გამოყენებულ ლიტერატურა

1. ჯავახიშვილი რ., ოქროაშვილი ნ., „მარკეტინგი,“ სახელმძღვანელო. თბ.2009.
2. მამულაძე გ. „მარკეტინგი-პრობლემები, ანალიზი, დასკვნები.“ დამხმარე სახელმძღვანელო, ბათუმი, 2008.
3. ლ. გოჩიტაშვილი, თ დვალი, „ელექტრონული კომერცია და ელექტრონული საგადასახადო სისტემები, 2017. 97 გვ თბილისი, სტუ-ს ბიბლიოთეკა. უაკ 621.38:338.83
4. Andreas Meier, Henrik Stormer, eBusiness and eCommerce, Springer, 2009, e-ISBN 978-3-40-89328.
5. <https://digitalnews.ge/ge/article/socialuri-media/280-instagrami-rogori-iqneba-aplikaciis-momavali> გადამოწმებულია 10.10.2023
6. <http://www.iab.net/standards/adunits.asp>, free.

Effectiveness and usefulness of the use of Internet technologies in the economy (e-commerce)

Gochitashvili Lali Professor of Georgian Technical University l.gochitashvili@gtu.ge
Dvali Tornike, TBC Bank, IT partner, Candidate of Technical Sciences tokodvali@gmail.com
Apciauri Ia Associate Professor of Georgian Technical University ia_afciauri_83@mail.ru

Summary

In the framework of scientific and technical progress, the Internet, as one of the main technologies of electronic commerce, is not only an important resource for our daily existence, but also a basic tool for managing various activities. This process was also reflected in the economy of time and material costs. When examining traditional trade relations, it is easy to find examples of how technical means, including electronic - Internet technologies, are used to automate cost reduction at each stage of the commercial cycle.

E-business, like any business activity, uses global information networks for internal (intranet) and external (extranet) connections of the company in order to obtain material and temporal profit. In fact, it can be considered a system of information, business flows and document circulation, using Internet technologies. The "effectiveness" of an action is coded as the successful action of a certain event with the previous event. The efficiency indicator can be any value obtained according to certain criteria to evaluate any event in the research process. Every commercial operation, performed in the background of the development of technologies by the method of electronic commerce, belongs to such forms of commerce as client-server relationship, leasing, consulting, marketing, insurance, etc. Their effectiveness is clear and well-studied. It is difficult to

talk about the effectiveness and usefulness of using Internet technologies in the economy in general, so in this paper we will touch on the effectiveness of a specific operation of electronic commerce, for example, the importance of the firm's marketing strategies and the economic and communicative effectiveness of Internet advertising at each stage of communication with the customer, we will identify individual indicators of effectiveness for these stages.

Keywords: E-commerce, Internet, modern technologies, economics.

ბლოკჩეინის როლი ნივთების ინტერნეტში, გამოწვევები, შესაძლებლობები

ირინა ხომერიკი, ანი კუდუხაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i.khomeriki@gtu.ge akudukhashvili@gmail.com

რეზიუმე

ბლოკჩეინი ნივთების ინტერნეტში (IoT) არის ახალი ტექნოლოგია, რომელიც ფუნქციონირებს დეცენტრალიზებულ, განაწილებულ, საჯარო რეესტრთან რეალურ დროში, რათა შეინახოს ტრანზაქციები IoT კვანძებს შორის. ბლოკჩეინი ბლოკების სერიაა, სადაც თითოეული ბლოკი დაკავშირებულია მის წინა ბლოკებთან. ყველა ბლოკს აქვს კრიპტოგრაფიული ჰეშის კოდი, წინა ბლოკის ჰეში და მისი მონაცემები. ტრანზაქციები ბლოკჩეინში ძირითადი ერთეულებია, რომლებიც გამოიყენება მონაცემთა გადასაცემად IoT კვანძებს შორის. IoT კვანძები სხვადასხვა სახის ფიზიკური, მაგრამ ჰიბრიდიანი მოწყობილობებია ჩაშენებული სენსორებით, გამწვები მექანიზმებით, პროგრამებით რომლებმაც შეუძლიათ სხვა IoT კვანძებთან კომუნიკაცია. ბლოკჩეინის როლს IoT-ში წარმოადგენს დაცული მონაცემების ჩანაწერთა დამუშავების უზრუნველყოფა IoT კვანძების მეშვეობით. ბლოკჩეინი დაცული ტექნოლოგიაა, რომელიც შეიძლება საჯაროდ და ღიად იქნას გამოყენებული. IoT მოითხოვს ამ ტიპის ტექნოლოგიას, რათა უზრუნველყოს უსაფრთხო კომუნიკაცია IoT კვანძებს შორის ჰეტეროგენულ გარემოში.

ბლოკჩეინმა IoT-ში შესაძლოა დაეხმაროს კომუნიკაციის უსაფრთხოების გაუმჯობესებას. ნაშრომში გაშუქებულია ეს მიდგომა, მისი შესაძლებლობები და გამოწვევები.

საკვანძო სიტყვები: ბლოკჩეინი, ნივთების ინტერნეტი, ICT

შესავალი

ნივთების ინტერნეტი (IoT) არის გამორჩეული საინფორმაციო საკომუნიკაციო ტექნოლოგია (ICT), რომელიც ბოლო წლებში აქტიურად იპყრობს გლობალური ბაზრის ყურადღებას. IoT მოწყობილობები აღჭურვილია სენსორებით, რომლებიც აერთიანებს ფიზიკურ ობიექტებს ინტერნეტის საშუალებით და უზრუნველყოფს სერვისების პაკეტს. IoT-ის მნიშვნელოვანი

აპლიკაციები მოიცავს ჰიბრიდულ სახლებს, ჰიბრიდულ ენერჯიას, ელექტრონულ ჯანმრთელობას, საზღვაო ინდუსტრიას და სხვა [1,2]. ნივთების ინტერნეტი (IoT) საშუალებას აძლევს გარემოში

არსებული მრავალ, თუ არა ყველა ობიექტს ქსელთან დაკავშირების შესაძლებლობას. მას შეუძლია სატრანსპორტო საშუალებების, საყოფაცხოვრებო ტექნიკისა და სხვა ელექტრონული მოწყობილობების ერთმანეთთან დაკავშირება ქსელში, რასაც თავის მხრივ, ადამიანები უფრო ინტელექტუალური ცხოვრებისკენ მიყავს [3].

IoT განიცდის ექსპონენციალურ ზრდას და დიდ ყურადღებას იპყრობს როგორც აკადემიურ წრეებში ასევე ინდუსტრიაში, მაგრამ ფუნდამენტური უსაფრთხოების ტექნოლოგიის არარსებობის გამო წარმოიქმნება კონფიდენციალურობის და უსაფრთხოების რისკები. უსაფრთხოების და კონფიდენციალურობის ამჟამინდელი მეთოდები შეუსაბამოა IoT-თვის მისი დეცენტრალიზებული ტოპოლოგიისა და მობილური მოწყობილობების რესურსების შეზღუდვის გამო [4]. IoT-ის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, შემოთავაზებულია ბლოკჩეინი, როგორც დეცენტრალიზებული და განაწილებული მიდგომა. ეს არის განაწილებული რეესტრი, სადაც ყველა ბლოკი მიჯაჭვულია ერთმანეთზე. საჯარო რეესტრიში შენახული მონაცემები ავტომატურად იმართება ერთრანგიანი ტოპოლოგიის გამოყენებით. ბლოკჩეინი - BC ტექნოლოგიაა, რომლის მეშვეობითაც ტრანზაქციები ხორციელდება ბლოკის სახით. ბლოკები დაკავშირებულია ერთმანეთთან და თითოეულ მოწყობილობას აქვს თავისი წინამორბედი მოწყობილობის მისამართი. მოსალოდნელია, რომ მომავალში, BC რადიკალურად შეცვლის კომუნიკაციას IoT-ში [5].

ბლოკჩეინის ტექნოლოგიას გააჩნია IoT სერვისების გაუმჯობესების უნარი, როგორცაა ელექტრონული ბიზნესი, უსაფრთხოება, კონფიდენციალურობა და მრავალი სხვა [6].

BC და IoT ინტეგრაციის მიზნები შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს [7]:

ა) *დეცენტრალიზებული სტრუქტურა*: ეს მიდგომა მსგავსია IoT და BC-თვის. ცენტრალიზებული სისტემა ჩანაცვლელია დეცენტრალიზებული სისტემით. ეს ზრდის მთლიანი სისტემის წარმატების ალბათობას და შეუფერხებელ მუშაობას.

ბ) *უსაფრთხოება*: ბლოკჩეინში ტრანზაქციები კვანძებს შორის უსაფრთხოა. ეს უსაფრთხო კომუნიკაციისადმი ახალი მიდგომაა. ბლოკჩეინი IoT მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის უსაფრთხოდ გაცვლის საშუალებას იძლევა.

გ) *იდენტიფიკაცია*: IoT-ში ჩართული ყველა მოწყობილობა ცალსახად იდენტიფიცირებულია უნიკალური საიდენტიფიკაციო კოდით. ბლოკჩეინში თითოეული ბლოკი ასევე ცალსახად არის განსაზღვრული. ბლოკჩეინი სანდო ტექნოლოგიაა, რომელიც საჯარო რეესტრში უნიკალურად განსაზღვრული მონაცემების დაცვას უზრუნველყოფს.

დ) *საიმედობა*: IoT კვანძებს ბლოკჩეინში აქვთ ქსელში გადაცემული ინფორმაციის ავტენტურობის შესაძლებლობა. მონაცემები სანდოა, ვინაიდან ბლოკჩეინში მოხვედრამდე ისინი მოწმდება მაინერების მიერ. მხოლოდ შემოწმებულ ბლოკებს შეუძლია ბლოკჩეინში შეღწევა.

ე) *ავტონომიურობა*: ბლოკჩეინში IoT-ის ყველ კვანძს თავისუფალ და შეუძლია ინფორმაციის გაცვლა ქსელში ნებისმიერ კვანძთან ცენტრალიზებულ სისტემის გარეშე.

ვ) *მასშტაბირება*: ბლოკჩეინში IoT მოწყობილობები დაკავშირდებიან მდგრად, მაღალ დონეზე მომუშავე, განაწილებულ ინტელექტუალურ ქსელში, რომელიც დანიშნულების მოწყობილობას დაუკავშირდება რეალურ დროში და მოახდენს ინფორმაციის გაცვლას.

ბლოკჩეინის როლი IoT-ში

IoT საშუალებას აძლევს დაკავშირებულ ფიზიკურ საგნებს გაცვალონ თავიანთი ინფორმაცია არაერთგვაროვან ქსელში IoT შეიძლება დაიყოს შემდეგ სექციებად:

1. *ფიზიკური ნივთები*: ქსელში ჩართული თითოეული ნივთისთვის IoT უზრუნველყოფს უნიკალურ იდენტიფიკატორს. ფიზიკური ნივთებს შესაძლებლობა აქვთ მონაცემები გაცვალონ IoT-ის სხვა კვანძებთან.

2. *მარშრუტიზატორები*: მარშრუტიზატორები მოწყობილობებია, რომლებიც ფუნქციონირებენ ფიზიკურ საგნებსა და დრუბელს შორის, რათა უზრუნველყონ კავშირის დამყარება და ქსელს უსაფრთხოება.

3. ქსელური კავშირი: გამოიყენება მონაცემთა ნაკადის გასაკონტროლებლად და IoT კვანძებს შორის უმოკლესი მარშრუტის დასადგენად.

4. ღრუბელი: გამოიყენება მონაცემების შესანახად და გამოსათვლელად. ბლოკჩეინი არის ტრანზაქციების დადსტურებულ და კრიპტოგრაფიულ ბლოკების ჯაჭვი, რომელიც მხარდაჭერილია ქსელთან დაკავშირებულ მოწყობილობით. ბლოკების მონაცემები ინახება ციფრულ რეესტრში, რომელიც საჯაროდ არის გაზიარებული და განაწილებული. ბლოკჩეინი უზრუნველყოფს უსაფრთხო კომუნიკაციას IoT ქსელში. ბლოკჩეინი შეიძლება იყოს კერძო, საჯარო ან კონსორციუმის სახის განსხვავებული თვისებებით.

IoT აპლიკაციების განვითარებისათვის გამოიყენება შემდეგი პლტფორმები ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენებით: [7]

ა) IOTA: არის ახალი პლტფორმა ბლოკჩეინისთვის და IoT-თვის, რომელიც ეწოდება თემდეგი თაობის ბლოკჩეინები. ეს პლტფორმა ხელს უწყობს მონაცემთა მთლიანობის მაღალ დონეს, ტრანზაქციების მაღალ წარმატებას და ბლოკების მაღალ ვალიდობას ნაკლები რესურსების გამოყენებით. ის წყვეტს ბლოკჩეინების შეზღუდვებთან დაკავშირებულ პრობლემებს.

ბ) IOTIFY: უზრუნველყოფს IoT-ის გადაწყვეტილებებს, რათა შეამციროს ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის შეზღუდვები მომხმარებელს აპლიკაციების სახით.

გ) iExec: არის ბლოკჩეინზე დაფუძნებული ინსტრუმენტი ღია საწყისი კოდით. ეს აპლიკაციებს დეცენტრალიზებულ ღრუბლს უპირატესობებს ანიჭებს.

დ) Xage: არის უსაფრთხო ბლოკჩეინ-პლტფორმა IoT-სთვის, ავტომატიზაციისა და ინფორმაციის დაცვის უზრუნველყოფის გასაზრდელ დასამატებლად.

ე) SONM: არის ბლოკჩეინზე დაფუძნებული დეცენტრალიზებული ნისლოვანი გამოთვლის პლტფორმა უსაფრთხო ღრუბლოვანი მომსახურების უზრუნველყოფად.

შესაძლებლობები

BC-IoT ინტეგრაციის მიდგომას აქვს მრავალი ყურადღები შესაძლებლობა. ზოგიერთი მათგანი შესაძლებელია შემდეგნაირადაა დიფეროს: [8,9,10]

1. მხარეთა შორის ნდობის დამყარება: BC-IoT მიდგომა ხელს შეუწყობს ნდობის დამყარებას სხვადასხვა დაკავშირებულ მოწყობილობებს შორის მათი უსაფრთხოების მახასიათებლების ხარჯზე. მხოლოდ მაინერების მიერ გადამოწმებულ ბლოკებს შეუძლიათ ბლოკჩეინში შეღწევა და ქსელში კომუნიკაცია.

2. ღირებულების შემცირება: ეს მიდგომა შეამცირებს ღირებულებას, რადგან მისი მეშვეობით კომუნიკაცია წარმოებს უშუალოდ, მესამე მხარის ჩარევის გარეშე. იგი გამორიცხავს რომელიმე მესამე მხარის კვანძების მონაწილეობას გამგზავნისა და მიმღებს შორის და უზრუნველყოფს უშუალო კომუნიკაციას.

3. დროის შემცირება: ეს მიდგომა მნიშვნელოვნად ამცირებს დროს. ის ამცირებს ტრანზაქციებზე და ხარჯულდროს დღეებიდან წამებამდე.

4. უსაფრთხოება და კონფიდენციალურობა: უზრუნველყოფს მოწყობილობებისა და ინფორმაციის უსაფრთხოებას და კონფიდენციალურობას.

5. სოციალური მომსახურება: ეს მიდგომა უზრუნველყოფს საზოგადოებრივ და სოციალურ მომსახურებას დაკავშირებული მოწყობილობებისთვის. ყველა დაკავშირებულ მოწყობილობას შეუძლია ერთმანეთთან კომუნიკაცია და ინფორმაციის გაცვლა

6. ფინანსური მომსახურება: ეს მიდგომა უზრუნველყოფს თანხების უსაფრთხოდ გადაცემას მესამე მხარის გარეშე; სწრაფ, უსაფრთხო და კონფიდენციალურ ფინანსურ მომსახურებას. ამცირებს გადაცემის ღირებულებას და დროს.

7. რისკის მენეჯმენტი: ეს მიდგომა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რესურსებისა და ტრანზაქციების მარცხის რისკის გასაანალიზებლად და შესამცირებლად

გამოწვევები

IoT და BC შეიძლება უამრავ გამოწვევას შეეჩეხოს, როგორცაა მასშტაბირება, შენახვა, უნარები, აღმოჩენა და ა.შ. ქვემოთ მოცემულია გამოწვევები, რომელთა წინაშეც დგას IoT და BC ინტეგრაციის მიდგომა [8,9,10].

1. მასშტაბირება: ბლოკჩეინი შეიძლება გაითიშოს ტრანზაქციებზე დიდი დატვირთვის გამო. თუ IoT ინტეგრირდება BC-სთან, მაშინ დატვირთვა გაიზრდება ამჟამინდელსებულ მიდგომარეობასთან შედარებით.

2. შენახვა: ციფრულ რეესტრის შენახვა განხორციელდება IoT-ის თითოეულ კვანძზე. დროთა განმავლობაში, ციფრულ რეესტრის საცავის მოცულობა გაიზრდება რაც რთულად მოგანად და დაიქვევად და მძიმე ტვირთს დააწვება თითოეულდა ყველ დაკავშირებულ მოწყობილობას.

3. უნარების ნაკლებობა: BC ახალი ტექნოლოგიაა, რომლის შესახებაც მოსახლეობის დიდი ნაწილი არ არის ინფორმირებული. ასე რომ მოსახლეობის მომზადება ამ ტექნოლოგიის

დასაუფლებლ დასევე გამოწვევას წარმოადგენს, რამე თუეს მარტივი ამოცანა არ არის.

4. აღმოჩენა და ინტეგრაცია: ფაქტობრივად BC არ არის განკუთვნილი IoT-სთვის. ძალიან რთული ამოცანაა დაკავშირებული მოწყობილობებისთვის აღმოაჩინონ სხვა მოწყობილობა BC და IoT-ში. მაგალითად, IoT კვანძებს შეუძლიათ ერთმანეთის აღმოჩენა, მაგრამ მათ არ შეუძლიათ აღმოაჩინონ BC და მოახდინონ მისი ინტეგრაცია სხვა მოწყობილობასთან.

5. კონფიდენციალურობა: რეესტრი საჯაროდ ნაწილდება თითოეულ დაკავშირებულ კვანძზე. მათ შეუძლიათ დინახონ რეესტრის ტრანზაქციები. ასე რომ, კონფიდენციალურობა ასევე რთული ამოცანაა ინტეგრირებული მიდგომის შემთხვევაში.

6. თავსებადობა: BC შეიძლება იყოს საჯარო ან კერძო. ასე რომ, საჯარო და კერძო ბლოკჩეინებს შორის თავსებადობა ასევე გამოწვევაა BC-IoT მიდგომაში.

7. წესები და რეგულაციები: IoT-BC მოქმედებს გლობალურად, ამიტომ იგი აწყდება მრავალ წესებს და რეგულაციებს ამ მიდგომის გლობალურად განსახორციელებლად.

„რატომ“ და „როგორ“ ხდება IoT და BC, სისტემების ინტეგრირება.

ერთ-ერთი კითხვა, რომელიც შეიძლება დაისვას ბლოკჩეინის და ნივთების ინტერნეტის ინტეგრაციასთან დაკავშირებით არის „რატომ?“ [11]. არის თუ არა ეს ინტეგრაცია სწორი გამოსავალი? ბლოკჩეინისა და ნივთების ინტერნეტის ინტეგრაციის კვლევების ანალიზის შედეგად გამოიკვეთა ორი პრერესპექტივა. პირველის მიზანია იმის ასახვა, თუ რის გაუმჯობესებას და დამატებას აპირებენ მკვლევარები IoT სისტემაში ბლოკჩეინის გამოყენების მეშვეობით. მეორე მოიცავს IoT-ის კონკრეტულ ტექნიკურ პრობლემებს, რომელთა გადაჭრასაც მკვლევარები ბლოკჩეინის მეშვეობით ცდილობენ. ეს მოსაზრებები ურთიერთდამოკიდებულია, რადგან ტექნიკური პრობლემების გადაჭრა შეიძლება ბლოკჩეინ-ნივთების ინტერნეტის სისტემის გაუმჯობესების საშუალება იყოს და პირიქით. ეს ორი პერსპექტივა ურთიერთშემავსებელია უფრო სრულყოფილი ხედვის შესაქმნელად ბლოკჩეინ-ნივთების ინტერნეტის სისტემების მიმართ გაჩენილ კითხვაზე „რატომ“ საპასუხოდ.

შემდეგი კითხვა, რომელიც შეიძლება დაისვას ბლოკჩეინის და ნივთების ინტერნეტის ინტეგრაციასთან დაკავშირებით არის კითხვა „როგორ“. ვინაიდან ბლოკჩეინ-ნივთების ინტერნეტის სისტემა აერთიანებს ბლოკჩეინის ქსელს ნივთების ინტერნეტის სისტემებთან. კითხვა „როგორ“ ამ შემთხვევაში კომპლექსურია და მოითხოვს სხვადასხვა თვალსაზრისის განხილვას.

კითხვა „როგორ“ ბლოკჩეინის და ნივთების ინტერნეტის ინტეგრაციასთან დაკავშირებითაგრეთვე ორ თვალსაზრისს მოიცავს. პირველი ეხება იმას თუ „როგორ“ ერგება ბლოკჩეინი ნივთების ინტერნეტის სისტემას. ეს თვალსაზრისი ითვალსწინებს ბლოკჩეინის ლოგიკურ და ფიზიკურ პოზიციას IoT სისტემაში.

მეორე თვალსაზრისი ეხება იმას, თუ რას გადატვირთავს IoT სისტემა BC-ში. ეს პერსპექტივა ასახავს მონაცემთა ტიპს და ლოგიკას, რომელსაც IoT სისტემა იყენებს ინტეგრირებულ BC-ზე განსათავსებლად.

ბლოკჩეინისთვისაც კითხვა „როგორ“ ბლოკჩეინის და ნივთების ინტერნეტის ინტეგრაციასთან დაკავშირებით აგრეთვე ორ თვალსაზრისს მოიცავს. პირველი ეხება იმას, თუ როგორ არის კონფიდურირებული ინტეგრირებულ BC ქსელები. მეორე თვალსაზრისი ეხება იმას, თუ როგორ არის ოპტიმიზირებული BC, რათა მოერგოს IoT სისტემებს.

დასკვნა

სტატიაში განხილულია ახალი მიდგომა - ბლოკჩეინ-ნივთების ინტერნეტში. აღწერილია ამ მიდგომის შესაძლებლობები და გამოწვევები. ჩამოთვლილია ხელმისაწვდომი პლატფორმები. განხილულია თუ „რატომ“ და „როგორ“ ავსებს BC და IoT ერთმანეთს. ეს მიდგომა შესაძლოა გახდეს ინტერნეტის მომავალი, რადგან მას შეუძლია გადააწყოს/გააუმჯობესოს არსებული ინტერნეტ-სისტემა და შეცვალოს იგი ახლით, რომელშიც ყოველი ჰკვიანი მოწყობილობა დაუკავშირდება სხვას ერთრანგიანი ქსელის მეშვეობით რეალურ დროში. ამას შეუძლია შეამციროს მიმდინარე ხარჯები და დრო და საჭირო ინფორმაცია საჭირო მოწყობილობას რეალური დროის რეჟიმში მიაწოდოს.

ლოტე რატურა - References

1. Muhammad Anwar Hussain, Muhammad Shafie Abd Latiff, Syed Hamid Hussain Madni. Concept of Blockchain Technology; International Journal of Innovative Computing. Vol 9 No,2, 2019. Pages 51-57. DOI: <https://doi.org/10.11113/ijic.v9n2.238>
2. ხომერიკი ი., კამკამიძე ე., „საგნების ინტერნეტის“ განვითარების ტენდენცია. სტუ-ს თემატური სამეცნიერო შრომების კრებული. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. №2 (26), სტუ.2018. გვ. 178-183
3. Qin Wang, Xinqi Zhu, Yiyang Ni , Li Gu , Hongbo Zhu. Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. Internet of Things, Vol. 10, 2020, 9 pages. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>
4. A. Dorri, S.S. Kanhere, R. Jurdak, Blockchain in internet of things: challenges and solutions, 2016, arXiv preprint arXiv: 1608.05187 .
5. Reyna Ana, et al. "On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities." Future Generation Computer Systems. Vol. 88, 2018, Pages 173-19 .DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.046>
6. T. Hardjono and N. Smith. Cloud-based Commissioning of Constrained Devices Using Permissioned Blockchains. *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on IoT privacy, trust, and security*, 2016. Pages 29-36. ACM
7. Tanweer Alam. Blockchain and its Role in the Internet of Things (IoT). International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. Vol 5 (1), 2019. Pages 151-157. DOI: 10.32628/CSEIT195137
8. Reyna A., Martin C., Chen J., Soler E., Diaz M. et al. On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities. Future Generation Computer Systems Vol 88, 2018, pp 173-190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.046>
9. Altman H., Alenzi A., Alassafi M., Wills B., Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions. I.J. Intelligent Systems and Applications, Vol 6, 2018, Pages.40-48.
10. ხომერიკი ი., საგნების ინტერნეტის და ბლოკჩეინის ინტეგრირება . სტუ-ს თემატური სამეცნიერო შრომების კრებული. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. №1(32) ტომი 1.1, სტუ, თბილისი.2021. გვ.135-138
11. Nguyen Khoi Tran, M. Ali Babar, Jonathan Boan. Integrating Blockchain and Internet of Things systems: A systematic review on objectives and designs. Journal of Network and Computer Applications. 173 (2021) 102844

Blockchain and its Role in the Internet of Things (IoT), challenges, opportunities

Irina Khomeriki, Ani Kudukhashvili

Resume

Blockchain (BC) in Internet of Things (IoT) is a new technology, which functions with distributed, decentralized, public and real-time ledger to store transactions between IoT nodes. Blockchain represents series of blocks where each block is connected with its previous one. Each block has cryptographic hash code, hash and dates of previous block. Transactions are the main units of BC, used for the data transmission between the IoT and BC. IoT nodes are physically different but smart devices with integrated sensors, actuators, programs, have the possibility to communicate with other IoT nodes. The role of BC in IoT is to provide secure data record processing through IoT nodes. Blockchain is a secure technology that can be used publicly and openly. IoT requires such kind of technology to enable secure communication between IoT nodes in heterogeneous environments. BC in IoT may help to improve the security of communication. The paper discusses this approach, opportunities and challenges.

Key words: Blockchain, IoT, ICT

მობილური აპლიკაციები და მათი შექმნის თავისებურებები

პლატფორმების გათვალისწინებით

ნინო ჯოჯუა, ეკატერინე ბოჭორიძე, ნინო წიკლაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

n.jojua@gtu.ge, e.bochoridze@gtu.ge, n.tsiklauri@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე ცხოვრებისა და საქმიანობის ერთერთი აუცილებელი „აქსესუარის“, მობილური ტელეფონების გამოყენების სფერო და მომხმარებელთა რაოდენობა გეომეტრიული პროგრესით იზრდება. ეს თავის მხრივ ზრდის მოთხოვნებს მობილური აპლიკაციების მიმართ, რაც ავტომატურად აისახება დეველოპერების საქმიანობაზე. არსებობს მობილური აპლიკაციების შექმნის ორი ძირითადი გზა - მშობლიური და კროსპლატფორმული. სტატიაში განხილულია ორივე გზა, მათი ძირითადი ნიშან-თვისებები და მახასიათებლები, რომელთა გათვალისწინება სასურველი და რიგ შემთხვევებში აუცილებელიცაა მობილური აპლიკაციის შექმნაზე მუშაობისას. აღწერილია თითოეული მათგანის უპირატესობები და ნაკვანებები, გაკეთებულია შედარებითი ანალიზი. ხოლო, რაც შეეხება არჩევანს, ეს დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე როგორცაა პლატფორმა, რომლისთვისაც იქმნება აპლიკაცია, მომხმარებელის კატეგორია, გამოყენების სიმარტივე, ხარჯები, დეველოპერის გამოცდილება და ცოდნა, წარმადობა, ბიუჯეტი, უსაფრთხოების დონე და ა.შ.

საკვანძო სიტყვები: მობილური აპლიკაცია, ოპერაციული სისტემა, მშობლიური, კროსპლატფორმული, დეველოპერი.

შესავალი

თანამედროვე ცხოვრების პირობებში, რაც დრო გადის და ვითარდება ტექნოლოგია, ადამიანები სულ უფრო მეტ დროს ატარებენ მობილურ მოწყობილობებთან - დევილოპერს გადაწყვეტილებებს ინტერნეტისა და მობილური ტექნოლოგიის საშუალებით. ის არ არის ისეთი ჩვეულებრივი საკომუნიკაციო საშუალება, როგორც ადრე იყო, არამედ გახდა თანამედროვე საქმიანობის განუყოფელი ნაწილი.

მობილური მოწყობილობების მზარდმა პოპულარობამ გაზარდა კონკურენცია ყველაზე პოპულარულ მობილურ პლატფორმებს iOS-სა და Android-ს შორის და ყოველი წელი მდიდრდება ამ პლატფორმებზე დაწერილი ახალი ტექნოლოგიებითა და ფრეიმვორკებით. ძალიან ბევრია პროგრამული პროდუქტები play store-სა და App store-ში, რომლებსაც აქვთ გარკვეული უნარები, რესურსები, შეზღუდვები,

არჩევანი, კონკრეტული პროექტისთვის, თუ რომელი მობილური პლატფორმისთვის ჯობია აპლიკაციის შექმნა, დამოკიდებულია რამოდენიმე ძირითად ფაქტორზე, ისეთი როგორცაა, სამიზნე აუდიტორია, ბიზნესის მოთხოვნები, მომავალი პროდუქტის ფუნქცია, ბიუჯეტი და ა. შ. [1]

ძირითადი ნაწილი

არსებობს მობილური აპლიკაციის შექმნის ორი გზა: ან მშობლიური (Native - ინგ. მშობლიური) ან კროსპლატფორმული (Cross Platform - ჯვარედინი პლატფორმა). მიმოვიხილოთ თითოეული მათგანი.

მშობლიური მობილური აპლიკაცია

მშობლიური მობილური აპლიკაცია ნიშნავს, რომ იქმნება აპლიკაცია კონკრეტული მობილური ოპერაციული სისტემისთვის - უმეტესად ან Android ან iOS, რომლის დროსაც იყენებენ დაპროგრამების კონკრეტულ ენასა და ინსტრუმენტებს. მაგალითად, Android-თვის მშობლიური აპლიკაციების შემუშავებისას გამოიყენება Java ან Kotlin, ხოლო iOS-ის შემთხვევაში გამოიყენება Objective-C ან Swift. [1] უნდა აღინიშნოს, რომ მშობლიური აპლიკაცია დეველოპერებს მეტი ფუნქციის დამუშავების საშუალებას აძლევს, რადგან, ამ დროს შესაძლებელია სმარტფონის ძირითადი აპარატურული ელემენტების გამოყენება, როგორცაა, კამერა, მიკროფონი, GPS, სენსორები და ა.შ. ასეთი პროგრამების საუკეთესო მაგალითებია Google Maps და Pinterest. მას უფრო მეტი მომხმარებელი ჰყავს, ვიდრე ჰიბრიდულს, იმიტომ, რომ ის შექმნილია სპეციალურად ოპერაციული სისტემისთვის და მუშაობენ ჩვეულ რეჟიმში.

მშობლიური აპლიკაციის დამუშავება უფრო რთულ ამოცანას წარმოადგენს, ვიდრე მობილური ვებ-გვერდების. ისინი არ მუშაობენ ბრაუზერში, კონკრეტული პლატფორმისთვის უნდა ჩამოიტვირთოს ისეთი მაღაზიიდან, როგორცაა Google Play ან Apple App Store. მიუხედავად ამისა, მობილური აპლიკაციების უმრავლესობა შექმნილია ამ მეთოდით. მათ რიცხვს მიეკუთვნება Google Maps, Whatsapp, Pinterest Spotify და სხვა.

ასეთი აპლიკაციები გამოირჩევიან:

- მაღალი სიჩქარით და წარმადობით; სიჩქარე განპირობებულია კოდის სიმარტივით, რომელიც უზრუნველყოფს სისწრაფეს, რაც გამოიხატება პროგრამის ელემენტების სწრაფ ასახვაში, ვინაიდან ისინი წინასწარ იტვირთებიან, ხოლო მაღალ წარმადობას უზრუნველყოფს კონკრეტული პლატფორმის მიმართ ოპტიმიზირებულობა.
- ფუნქციონირებენ ინტერნეტის გარეშე, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლებისთვის მეტ კომფორტს, რადგან აპლიკაციის ყველა ფუნქცია ხელმისაწვდომია ისეთ გარემოში, სადაც არ ინტერნეტი.
- მინიმუმადეა დაყვანილი შეცდომები - ვინაიდან მათ აქვთ კოდის ერთიანი ბაზა და არ ეყრდნობიან კროსპლატფორმის ინსტრუმენტებს, აქვთ მინიმალური შეცდომები; [2]
- გამოყენების სიმარტივე -
- ახასიათებთ მომხმარებლის ინტერფეისის სიმარტივე, ეს გამოწვეულია იმით, რომ წინასწარ არის განსაზღვრულ სამუშაო პლატფორმა
- აგრეთვე მათთვის ხელმისაწვდომია როგორც კონკრეტული მოწყობილობის მთელი ფუნქციები, ასევე მისი ცალკეული ელემენტები.

რაც შეეხება ნაკლოვანებებს, ერთი პლატფორმისთვის დაწერილ კოდი არ და ვერ იქნება გამოიყენებული მეორისთვის, ამიტომ იზდება აპლიკაციის შექმნის დრო და ამასთან ფასიც. ახასიათებს მაღალი საექსპლუატაციო ხარჯები.

კროსპლატფორმული აპლიკაცია

კროსპლატფორმული (ჯვარედინი) აპლიკაცია სხვადასხვა ოპერაციული სისტემისთვის, საერთო და მრავლაჯერადი გამოყენების კოდის შექმნის შესაძლებლობას უზრუნველყოფს. რაც ამცირებს პროგრამის შესაქმნელად საჭირო დანახარჯებსა და ძალისხმევას. გარდა ამისა, უპრობლემოა მათი რეალიზაცია, საიმედოა ფუნქციონალი და ხელმისაწვდომია წარმოება. თუმცა წარმადობა არც ისე მაღალია. დღეისათვის ასეთი აპლიკაციები ფართოდაა გავრცელებული რაც React Native, Xamarin და Flutter ფრეიმვორკების დამსახურებაა. კროსპლატფორმული აპლიკაციას მიეკუთვნებიან Insightly, Bloomberg, Reflectly, Skype, Slack.

მათი უპირატესობებიდან შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი:

- მარტივი და სწრაფი განვითარება - მრავალჯერადი გამოყენების კოდი, წარმადობის ამალღების პერსპექტივით გრძელვადიან პერსპექტივაში რეალური ბონუსია დეველოპერებისა და ბიზნესის მფლობელებისთვის.
- მომსახურების მაღალი ხარისხი - ვინაიდან, გამოიყენება კოდის ერთიანი ბაზა, გარანტირებულია უნაკლო შედეგები, ადვილია ტესტირება, შეცდომების გასწორება, შედეგების განახლება და დანერგვა. ეს კი, თავის მხრივ გაცილებით ზუსტი და მაღალი ხარისხის მობილური აპლიკაციის გარანტიას იძლევა.
- ღირებულების შემცირება - ასეთი პროგრამები მუშაობენ ყველა ტიპის პლატფორმაზე, მოიცავენ ბაზრის უფრო ფართო წრეს. ასეთი პროგრამების შექმნა ამცირებს თავდაპირველ დანახარჯებს.
- კოდის განმეორებითი გამოყენება - ყოველი ოპერაციული სისტემისთვის არ არის საჭირო უნიკალური კოდის წერა, საკმარისია კოდის საერთო ბაზის გადატანა სხვადასხვა პლატფორმაზე.

ცხადია, აქვთ ნაკლოვანებებიც. მათ შორის: შექმნის რთული სასიცოცხლო ციკლი, საჭიროა კვალიფიციური დეველოპერი, რომელსაც შეუძლია რამედენიმე პლატფორმასთან მომუშავე პროგრამის შექმნაზე მუშაობა; ნაკლებად მოქნილი ფუნქციონალი, ოპერაციულ სისტემებს შორის სხვაობის გამო, ზოგი ფუნქციის გამოყენება რთული იქნება, რაც უარყოფითად აისახება ფუნქციონალზე და ეფექტიანობაზე; მუშაობის დაბალი სიჩქარე, ოპერაციული სისტემების ინტერფეისებს შორის სხვაობა ამცირებს აპლიკაციის მუშაობის სიჩქარეს; ოპერაციული სისტემის განახლებების დროს არსებული პრობლემები - კროსპლატფორმული ჩამორჩება მშობლიურს ფუნქციონალში.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მობილური აპლიკაციის შესაქმნელად, არსებობს ორი გზა, რომელთაგან თითოეულს აქვს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მხარეები. რომელიმე მათგანის არჩევა დამოკიდებულია შესაქმნელი პროექტის მოთხოვნაზე, ბიუჯეტზე, ბიზნეს-მოდელზე, სამიზნე აუდიტორიაზე და სხვა ბევრ პარამეტრზე. ქვევით მოცემულია ის ძირითადი პარამეტრები, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია არჩევანის გაკეთებისას:

თუ საქმე ეხება წარმადობას, მაშინ გონივრული იქნება მშობლიური აპლიკაციის გამოყენება. მაგ Android-თვის მშობლიური აპლიკაცია უზრუნველყოფს ახალი თაობის სმარტფონის ფუნქციების უპრობლემო გამოყენებას, ისეთი როგორცაა მეხსიერების, ქსელის, წვდომის უსადენო წერტილების მართვა და.ა.შ. ეს საბოლოო ჯამში პროგრამის საერთო წარმადობის ამალღებას განაპირობებს.

ბიზნესის საწყის ეტაპზე მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ბიუჯეტი - ამავდროულად სასურველია თანამედროვე მობილური აპლიკაცია, რომელიც დაინერგება გამოყოფილი ბიუჯეტით დაგეგმილ დროში. ამ შემთხვევაში მშობლიური აპლიკაცია ფუფუნების საგანია, ხოლო კროსპლატფორმული იდეალური ვარიანტია, შედარებით მცირე დანახარჯებითა და რესურსებით. ხოლო სურვილის შემთხვევაში, მომავალში, სრულიად შესაძლებელია კონკრეტულ ოპერაციულ სისტემაზე მომუშავე აპლიკაციად გარდაქმნა.

ერთ-ერთი აუცილებელი და მთავარი კრიტერიუმი რომელიც უნდა იქნას გათვალისწინებული არის უსაფრთხოება. რაც გულისხმობს კონფიდენციალური ინფორმაციისა და კლიენტებისა და ბიზნესის მონაცემების დაცვას. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთ საქმიანობაში, როგორცაა ელექტრონული კომერცია ან რაიმე სხვა

ბიზნეს საქმიანობა, რომელთაც თავის მხრივ საქმე აქვთ კლიენტების კონფიდენციალურ მონაცემებთან. ამ მხრივ ყველაზე დაცული მშობლიური აპლიკაციებია, რომელთაც უსაფრთხოების ბევრი ჩაშენებული ფუნქცია გააჩნიათ. ეს ფუნქციები დეველოპერებს უადვილებს დაშიფრული ფაილების ჩაშენებას და ინტელექტუალური თაღლითობის გამოვლენას ოპერაციული სისტემის ყველა ძირითად ბიბლიოთეკაში, რაც უზრუნველყოფს აპლიკაციის მაქსიმალურ უსაფრთხოებას.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე პერსონალიზაცია და მომხმარებლის გამოცდილების გათვალისწინება. თანამედროვე კლიენტებს გაცილებით მაღალი მოთხოვნები აქვთ. ამიტომ კომპანიებმა უნდა იზრუნონ აპლიკაციის პარამეტრების, პერსონალიზაციის და გამოყენების მოხერხებულობის ამაღლებაზე. ამ მხრივ უპირატესობა მშობლიურ აპლიკაციას შეიძლება მივაკუთვნოთ, ვინაიდან ისინი ფლობენ მომხმარებლის ინტერფეისის უკეთეს შესაძლებლობებს, რომელსაც განაპირობებს ინტერფეისის წანასწარ დაყენებული ბიბლიოთეკები და კომპონენტები. ამრიგად პარამეტრების და მომხმარებლის ინტერფეისის უკეთესი ვარიანტი აქვს მშობლიურ აპლიკაციას. მშობლიურ აპლიკაციებს უპირატესობას სტარტაპები ანიჭებენ მათი დამუშავების მაღალი სიჩქარისა და ეკონომიურობის გამო;

დასკვნა

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, დასკვნის სახით, შეიძლება ითქვას, რომ არ არსებობს უნივერსალური პასუხი იმაზე თუ რომელი გზა ჯობია. რომელიმე გზის არჩევას განაპირობებს შესაქმნელი პროექტის ინდივიდუალური მოთხოვნები და სპეციფიკა. მაშინ, როცა საჭიროა მდიდარი ფუნქციონალი, მომხმარებლის ინტერფეისის დამუშავება უმცირესი დეტალების გათვალისწინებით, სტაბილური მუშაობის უზრუნველყოფა და მაქსიმალურად უსაფრთხო პროგრამა, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს მშობლიურ მობილურ აპლიკაციას.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ გრძელვადიან პერსპექტივაში მომგებიანია მშობლიური მობილური აპლიკაციის გამოყენება.

რაც შეეხება იმ შემთხვევას, როცა საჭიროა მარტივი აპლიკაცია გათვლილი მაქსიმალურად ბევრ მომხმარებელზე და შეზღუდულია ბიუჯეტი, ამასთან საჭიროა სწრაფი გასვლა ბაზარზე, უმჯობესია კროსპლატფორმული აპლიკაციის გამოყენება.

ლიტერატურა

1. <https://kotlinlang.org/docs/native-and-cross-platform.html>
2. <https://www.netsolutions.com/insights/native-vs-hybrid-vs-cross-platform/#what-is-a-native-app>
3. Compiled By B.Ravinder Goud Asst.Professor-IT Dr.M.Gopichand HOD-IT. MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT.
4. Jakob Iversen. Michael Eierman. Learning Mobile App Development A Hands-on Guide to Building Apps with iOS and Android. 2014. ISBN-13: 978-0-321-94786-4 ISBN-10: 0-321-94786-X

Mobile applications and peculiarities of their creation considering the platforms

Nino Jojua, Ekaterine Bochoridze, Nino Tsiklauri
Georgian Technical University

n_jojua@gtu.ge, e.bochoridze@gtu.ge, n_tsiklauri@gtu.ge

Abstract

One of the important "accessories" of modern life and activities, the field of use of mobile phones and the number of users are increasing with geometric progression. This, in turn, increases the requirements for mobile applications, which automatically affects on the activities of developers. There are two main directions of creating mobile applications - native and cross-platform. The article discusses both directions, their main features and characteristics, which are desirable and in some cases the most necessary to be taken into account when working on the creation of a mobile application. The advantages and disadvantages of each of them are described, a comparative analysis is made. And as for the choice, it depends on such factors as the platform for that the application is being created, user category, ease of use, costs, developer experience and knowledge, performance, budget, security level, etc.

Keywords: mobile application, operating system (OS), Native, Cross-Platform, developer.

დიდი სისტემებში ინფორმაციული უსაფრთხოების რისკების მდგომარეობის შეფასება ალბათური კრიტერიუმების გამოყენებით

ვალადა სესაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. v_sesadze@gtu.ge

გელა ჭიკაძე, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, gela_chikadze1@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ტელეკომუნიკაციურ ქსელში ინფორმაციული უზრუნველყოფის (იუ) რისკების ანალიზის ცნობილი მეთოდები: ბაიესის ალბათური მეთოდები, არამკაფიო ლოგიკა, უახლოესი ცრუ მეზობლის მეთოდი. უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული მეთოდები წარმოადგენენ საკმაოდ რთულად რეალიზებად მეთოდებს და არ იძლევიან (იუ)-ს გარკვეული ქსელური შეტევების რეალურ დროში გაანალიზების საშუალებას. ამიტომ სტატიაში წარმოდგენილია კომბინირებული (ინტეგრირებული) ტრადიციული მეთოდები. ეს მიდგომა ტრადიციულ გამოთვლასა და ანალიზის საშუალებებთან შედარებით იძლევა უკეთეს შედეგებს.

სტატიაში განხილულია (იუ) რისკების ალბათური მეთოდებით განსაზღვრის მოდერნიზებული მეთოდიკა, რომელიც ითვალისწინებს ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში, რისკებთან დაკავშირებულ, მოსალოდნელ, ტიპური საფრთხეების მართვას. სტატიაში წარმოდგენილია ინტეგრალურ მეთოდზე დაფუძნებული ფრაქტალური ინდიკატორი,

რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა ტელეკომუნიკაციური სისტემის მდგომარეობის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: დიდი განზომილების სისტემები, ტელეკომუნიკაციური ქსელები, სტატისტიკური მეთოდები, მატრიცათა თეორია, უსაფრთხოების სისტემები, რისკების თეორია, კომპიუტერული მოდელირების სისტემები.

შესავალი

სატელეკომუნიკაციო კომპანიები თავიანთ საქმიანობაში აწყდებიან სხვადასხვა სახის რისკებს, დაწყებული ბიზნეს პროცესების არასრულყოფილებასთან დაკავშირებული რისკებიდან და დამთავრებული სტრატეგიული რისკებით. რისკის სპექტრი მოიცავს საკრედიტო რისკებს, საბაზრო რისკებს და ლიკვიდურობის რისკებს.

კომპანიის რისკების მთელი სპექტრისთვის არსებული ინტეგრირებული მართვის სისტემა საშუალებას იძლევა არა მხოლოდ შემცირდეს დანაკარგები და ზარალი მინიმუმამდე, არამედ იგი ხდება კომპანიის საინვესტიციო მიმზიდველობის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კომპონენტი. გარდა ამისა, იქმნება ხელსაყრელი პირობები კაპიტალის საერთაშორისო ბაზრებზე წვდომისთვის, ხოლო აშშ-ს საფონდო ბაზრებთან მიმართებაში სარბენს-ოქსლის კანონის მიღების შემდეგ ის ემიტენტებისადმი ერთ-ერთ სავალდებულო მოთხოვნას წარმოადგენს.

ეფექტური ტაქტიკური და სტრატეგიული მმართველური ქმედებების რეალიზაციისათვის, სატელეკომუნიკაციო სერვისების ბაზრის თანამედროვე აგენტები აქტიურად უნდა მუშაობდნენ ტექნიკური სიახლეების დანერგვის და თამამი, არორდინარული ქმედებების განხორციელების მიმართულებით, რაც ზრდის რისკს.

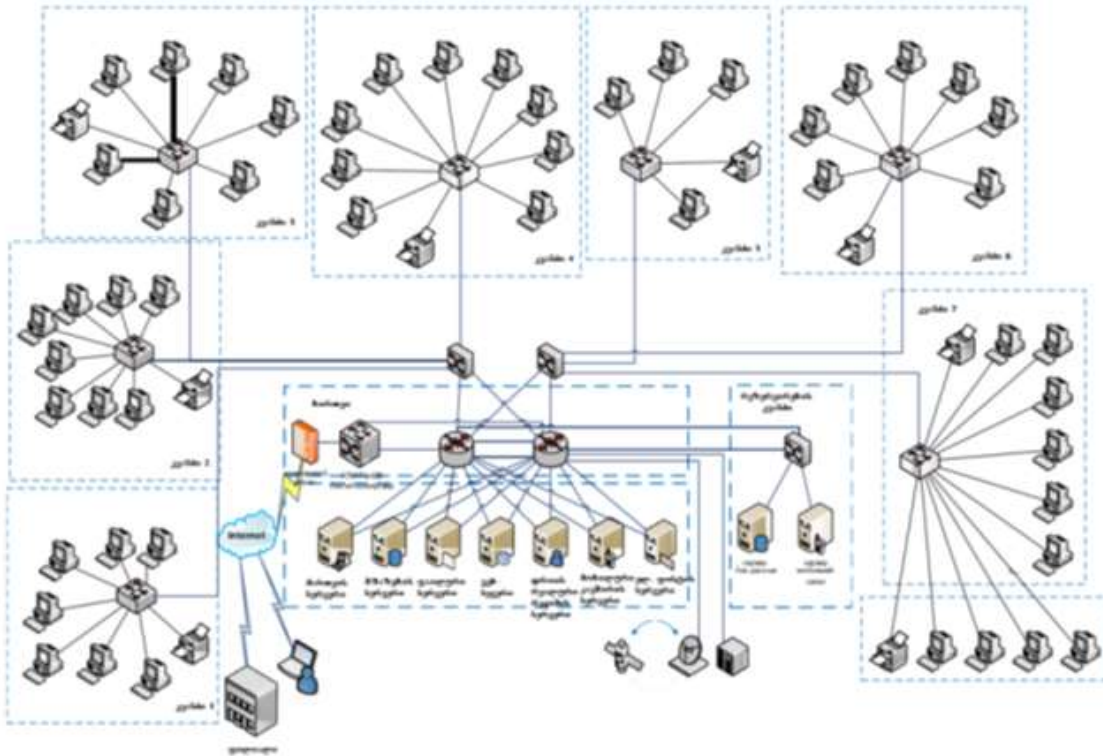
უკანასკნელ ხანებში რისკების მართვა მსოფლიოს უმსხვილესი სატელეკომუნიკაციო კომპანიებისთვის ჩვეულებრივ პრაქტიკად იქცა. British Telecom, France Telecom, Telenor და სხვები სულ უფრო მეტად ამახვილებენ ყურადღებას საწარმოთა რისკის კომპლექსურ მართვის სისტემებზე მთელი საწარმოს ფარგლებში (Enterprise Risk Management). ამ სისტემით შესაძლებელი ხდება მიღწეულ იქნას არა მხოლოდ ფინანსური, სავალუტო და საინვესტიციო რისკების მინიმალური დონე, არამედ ქმნის არაფინანსური ან საოპერაციო რისკების მართვის შესაძლებლობასაც.

რაც უფრო დიდია კომპანია, რაც უფრო ფართოა ბიზნეს პროცესების ჩამონათვალი, მით უფრო აქტუალურია საკითხი რისკების მართვის სისტემის შექმნის აუცილებლობის შესახებ, რომელიც კომპლექსურად უზრუნველყოფს რისკების დიაგნოსტიკას, შეფასებას და მათ შესამცირებლად ღონისძიებების განხორციელებას.

ძირითადი ნაწილი

ტელეკომუნიკაციური ქსელების ინფორმაციული უსაფრთხოების (იუ) სისტემის მოდელის შესაქმნელად ვიქცევით შემდეგნაირად:

დავუშვათ გვაქვს გარკვეული ტელეკომუნიკაციური ქსელი, რომლის სტრუქტურული სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე. [1]



ნახ.1 ტელეკომუნიკაციური ქსელის ზოგადი სტრუქტურული სქემა

ტელეკომუნიკაციური ქსელი არის ერთმანეთთან თავისუფლად დაკავშირებული ტელეკომუნიკაციური მოწყობილობების ერთობლიობა (ეს მოწყობილობებია სერვერები, მარშრუტიზატორები, კომპუტატორები და სხვა) ერთ ცალკეულ მოწყობილობას დავარქვათ ტელეკომუნიკაციური ქსელის კვანძი, რომელიც ზოგად შემთხვევაში მას აქვს უნიკალური IP მისამართი. ცალკეულ კვანძებთან წვდომა ექნებათ მხოლოდ ავტორიზებულ ადმინისტრატორებს მათი გამართვის მიზნით.

დანომრვა განვახორციელოთ $i = \overline{1, N_p}$ ინდექსის საშუალებით, სადაც N_p - კვანძების საერთო რაოდენობა. შევნიშნოთ, რომ ტელეკომუნიკაციური ქსელის ყველა ერთმანეთთან არაექვივალენტურებია და მათი ფუნქციონირების ნორმალური რეჟიმიდან გამოყვანა მოითხოვს კრიტიკულობის სხვადასხვა ხარისხს. თითოეული კვანძი არის თავისებურად დაუცველი ქსელური შეტევების სხვადასხვა სახეობებისაგან. ამიტომაც თითოეული i კვანძისათვის უნდა იქნეს განსაზღვრული დაუცველ სიტუაციათა დასაშვები სიმრავლეები $\{U_{ik}\} (k = \overline{1, N_{ik}})$, სადაც N_{ik} - არის i კვანძისათვის დაუცველობების საერთო რაოდენობა.

შემდგომში მოდელის აგებისას განვიხილავთ შემთხვევას, როცა ყოველი კვანძისათვის გვაქვს შესაძლებელ დაუცველობათა ერთნაირი რაოდენობა. ეს რა თქმა უნდა მოდელის გამოყენების თვალსაზრისით გარკვეული შეზღუდვაა, მაგრამ უნდა ითქვას შემდეგი. უმრავლესობა შემთხვევებში იუ - ს შეტევებისგან დაუცველობის მოსალოდნელი რისკები, რომლებიც დამახასიათებელია სხვადასხვა კვანძებისათვის გამოწვეულია მსგავსი მიზეზებით, ოღონდ სხვადასხვა ალბათობებით. ამ შეტევებისაგან ყოველი კვანძისათვის მოსალოდნელ რისკებს შორის ძირითადია ქსელური შეტევების ნაირსახეობები, ქსელის სხვადასხვა

მოწყობილობებთან წვდომა არალეგიტიმური მომხმარებლების მხრიდან, გარე მოწყობილობებთან კავშირის ინტერფეისების არსებობა და ა. შ. ამიტომ საკმარისია შევარჩიოთ მოსალოდნელ მუქარათა გარკვეული ერთობლიობა და იგი გავავრცელოთ სხვა კვანძებზეც. თუმცა იმის გამო, რომ კვანძები არ არიან თანაბარნი კრკრიტიკული სიტუაციების ხარისხიმ თვალსაზრისით მთლიანად ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში, ერთნაირი სიმრავლის გამოყენება მოსალოდნელი რისკების მოდელის პროექტირებისას არ მოიტანს სათანადო შედეგს. ამიტომაც დისერტაციაში გამოყენებულია სხვანაირი მიდგომა მოდელის შემუშავებისას. დავუშვათ შემდეგი:

1. გვაქვს მთლიანად ტელეკომუნიკაციური ქსელის მოსალოდნელი ხიფათების სრული სიმრავლე (ქსელური შეტევების სხვადასხვა სახეები, ფიზიკური წვდომა და ა.შ.). აღვნიშნოთ ეს ეს სიმრავლე i კვანძისათვის $\{U_{ik}\} (k = \overline{1, N_{ik}})$. ხოლო j კვანძისათვის $\{U_{jk}\} (k = \overline{1, N_{jk}})$ და ა.შ.
2. დავაფიქსიროთ, რომ ნებისმიერი i და j ნომრიანი კვანძებისათვის $N_{ik} = N_{jk} (\forall i, j)$, რაც ნიშნავს მოსალოდნელი ხიფათების თანაბარ რაოდენობას.
3. თითოეული კვანძისთვის შემოვიტანოთ დაუცველობების ალბათობების ვექტორი, რომელსაც მივცეთ შემდეგი სახე:

$$U_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}, \quad (1)$$

სადაც, p_{im} - არის i კვანძისათვის m ნომრიანი დაუცველობის მოქმედების ეფექტურობის ალბათობა.

ახლა განვიხილოთ ამ ალბათობების წარმომავლობა. ისინი განისაზღვრებიან ან ექსპერტის მიერ, ან კვანძებსე ქსელური შეტევების გენერაციის საშუალებით კონკრეტული კვანძისთვის ალბათობის დადგენისათვის. მაშასადამე m -ის ინტეგრალური დაუცველობის ალბათობის დასადგენად უნდა შევადგინოთ ალბათობათა ვექტორის ელემენტებისაგან წრფივი კომბინაცია Π_m სვადასხვა წონითი კოეფიციენტებით, რომლებიც დამოკიდებული იქნება მონაცემების ამღები ექსპერტების მნიშვნელობაზე. ამ შემთხვევაში ტელეკომუნიკაციური სისტემის კონკრეტული კვანძისათვის გვაქვს:

$$\Pi_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{N_s}\} \quad (2)$$

სადაც, p_{ms} - არის m -ური ნომრის დაუცველობა s კვანძის შემოწმებისას.

შევადგინოთ ახლა წრფივი კომბინაცია Π_m ვექტორის ელემენტებისაგან

$$P_m = \alpha_{m1}p_{m1} + \alpha_{m2}p_{m2} + \dots + \alpha_{mN_s}p_{mN_s} = \sum_{s=1}^{N_s} \alpha_{ms}p_{ms} \quad (3)$$

სადაც, α_{ms} - არის წონითი კოეფიციენტი ნაკლები 1-ზე s შემოწმებისას m -ურ დაუცველობაზე. ანალოგიური ინტეგრალური მახასიათებლები საჭიროა შემოვიტანოთ ტელეკომუნიკაციური სისტემის თითოეული i კვანძისთვის. შემოვიტანოთ თითოეული კვანძისთვის P_{im} სიდიდე, რომელიც შეესაბამება i კვანძისთვის m -ურ დაუცველობის ეფექტურ მოქმედებას. მაშასადამე შეგვიძლია თითოეული კვანძისთვის შემოვიტანოთ ალბათური ტენზორი დაუცველობაზე შემდეგნაირად:

$$\hat{U}_{ims} = \begin{bmatrix} \alpha_{i11}p_{i11} & \alpha_{i21}p_{i21} & \dots & \alpha_{iN_k1}p_{iN_k1} \\ \alpha_{i12}p_{i12} & \alpha_{i22}p_{i22} & \dots & \alpha_{iN_k2}p_{iN_k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{i1N_s}p_{i1N_s} & \alpha_{i2N_s}p_{i2N_s} & \dots & \alpha_{iN_kN_s}p_{iN_kN_s} \end{bmatrix} = \{U_{ims}\} \quad (4)$$

სადაც, U_{ims} ელემენტი განსაზღვრავს იმის ალბათობას, რომ i -ურ კვანძზე წარმოიქმნება m -ური დაუცველობა s -ური შემოწმებისას. სიმარტივისათვის თუ მივიღებთ, რომ ყველა

შემოწმების შედეგი იდენტურია და დავუშვათ რომ ყველა $\alpha_{ims}=1$. ამ შემთხვევაში (4) მატრიცა მიიღებს სახეს:

$$\hat{U}_{ims} = \begin{bmatrix} p_{i11} & p_{i21} & \dots & p_{iN_k1} \\ p_{i12} & p_{i22} & \dots & p_{iN_k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{i1N_s} & p_{i2N_s} & \dots & p_{iN_kN_s} \end{bmatrix} = \{U_{ims}\} \quad (5)$$

ახლა დავუშვათ, რომ თითოეული დაუცველობისათვის შესაძლებელია შემოწმებათა სხვადასხვა რაოდენობა, ხოლო თითოეული კვანძისთვის დაუცველობათა სხვადასხვა რაოდენობა. ამ შემთხვევაში (5) ტენზორში არ არსებული დაუცველობებისთვის საკმარისია მივიღოთ $U_{ims} < \epsilon$ - სადაც ϵ - წინასწარ მოცემული უსასრულოდ მცირე სიდიდეა. მაგალითად თუ მე-5 კვანძისთვის არ არსებობს დაუცველობა ნომერი 2, მაშინ საჭირო ელემენტი U_{52s} უნდა ავიღოთ ასე $U_{52s} < \epsilon$.

ტელეკომუნიკაციურ ქსელში ყველა i -ურ კვანძზე იუ-ის ყველა ინტეგრალურ მახასიათებლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ შემდეგი სიდიდე:

$$K_i = \det[\hat{U}_{ims}]. \quad (6)$$

ამასთან ძნელი მისახვედრი არ არის, რომ რაც უფრო მცირეა K_i სიდიდე მით უფრო მცირეა ჯამური საფრთხე i -ურ კვანძზე.

ახლა განვიხილოთ მთელი ტელეკომუნიკაციული ქსელის იუ-ის ყველა ინტეგრალურ მახასიათებლის გამოთვლის ამოცანა. აქ შეიძლება გვქონდეს ორი მიდგომა [2].

პირველი მიდგომა მდგომარეობს არ გავითვალისწინოთ თითოეული კვანძის დაუცველობა კრიტიკული მაჩვენებელი. ხოლო მთლიანი ტელეკომუნიკაციური ქსელის ინტეგრალური მაჩვენებელი თითოეული კვანძის ჯამური მაჩვენებლების უბრალო გადამრავლების გზით ანუ ასე:

$$K = \prod_{i=1}^{N_p} \det[\hat{U}_{ims}] = \prod_{i=1}^{N_p} K_i. \quad (7)$$

კვლევა აჩვენებს, რომ ასეთი მიდგომა არ ასახავს ადეკვატურად იუ-ის ყველა ინტეგრალურ მახასიათებლის გათვალისწინებას მთლიანად ტელეკომუნიკაციური ქსელისათვის. მაგალითად თუ გვაქვს ქსელი, რომელიც ეფუძნება ორ ძირითად კომპუტატორულ ბირთვს და კომპუტატორებზე შედგენადობის დონეებს, რომლებიც განლაგებულნი არიან კონკრეტული საწარმოს ქვედანაყოფებში, მაშინ რომელიმე დონეზე კომპუტატორის მწყობრიდან გამოსვლა არ იმოქმედებს მთლიანი ტელეკომუნიკაციური ქსელის ფუნქციონირებაზე, მაგრამ პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ქსელზე შეტევის დროს შეიძლება სხვა შედეგი გვქონდეს. ამიტომ პრინციპიალურად აუცილებელი ხდება ტელეკომუნიკაციური ქსელის ყველა კვანძების რანჟირება მათი დონისა და დაუცველობის მიხედვით. კერძოდ ამ დროს მოხერხებულია შემოვიღოთ ტელეკომუნიკაციური ქსელის თითოეული კვანძის კრიტიკული დაუცველობის მნიშვნელობები შემდეგნაირად:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_{N_p}\} \quad (8)$$

სადაც, w_i - არის ტელეკომუნიკაციური ქსელის თითოეული i -ური კვანძის წონა (მნიშვნელოვნება). წონა უნდა იცვლებოდეს $[0,1]$ შუალედში. წონები განისაზღვრებიან ექსპერტების (აუდიტორების) მიერ ტელეკომუნიკაციური ქსელის სტრუქტურული სქემის ანალიზის საფუძველზე.

რისკის ინტეგრალური მაჩვენებელი მთლიანად ტელეკომუნიკაციური ქსელისათვის შეიძლება განსაზღვროს შემდეგი წრფივი კომბინაციით:

$$K = w_1 K_1 + w_2 K_2 + \dots + w_{N_p} K_{N_p} = \sum_{i=1}^{N_p} w_i K_i. \quad (9)$$

მაშასადამე ტელეკომუნიკაციური ქსელის იუ-ის დონის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვკვეთოთ შემდეგი ალგორითმი:

1. ტელეკომუნიკაციური ქსელის სტრუქტურული სქემის ანალიზი და თითოეული i -ური კვანძის კრიტიკული დაუცველობის დონის განსაზღვრა $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{N_p}\}$ ვექტორის მოძებნა;
2. განსაკუთრებულად დამახასიათებელი დაუცველობების სპექტრის განსაზღვრა ამ კონკრეტული ქსელისთვის მოსალოდნელი (ქსელური შეტევები, ფიზიკური შეღწევადობა ქსელში ან შენობაში და ა. შ.) და შესაბამისად თითოეული კვანძისთვის დაუცველობის ვექტორის შედგენა $\mathbb{P}_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}$;
3. შევადგინოთ თითოეული i -ური კვანძისთვის დაუცველობისათვის მდგომარეობის ვექტორი $\mathbb{P}_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{N_s}\}$;
4. (5) და (6) ფორმულების გამოყენებით თითოეული i -ური კვანძისთვის იუ-ის რისკის დონე;
5. განსაზღვროთ იუ-ის რისკის ინტეგრალური მაჩვენებლები (9) ფორმულით.

დასკვნა

მთელი ტელეკომუნიკაციური ქსელის აღწერისათვის საჭიროა თითოეული კვანძისათვის მოვებნოთ ორი ვექტორი $\mathbb{P}_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}$ და $\mathbb{P}_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{N_s}\}$ ამ ვექტორების ელემენტები წარმოადგენენ პირობით ალბათობებს იმისას, რომ ტელეკომუნიკაციური ქსელის ექსპლოატაციისას (შემოწმებისას) გარკვეული მოცემული კვანძი გადავა არაფუნქციონირებად (დაზიანებულ) მდგომარეობაში. ანუ ამის განსაზღვრისათვის საჭიროა გარკვეული მეთოდის შემუშავება p_{ms} ალბათობების დასადგენად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Azhmukhamedov, I.M. Management of information security risks in a context of uncertainty / I.M. Azhmukhamedov, O.N. Vybornova, Y.M. Brumshtein // Automatic Control and Computer Sciences. – 2016. – Vol. 50. – no. 8. – pp. 657-663.
2. De Assis, M.V.O. Scorpius: sflow network anomaly simulator / M.V.O. De Assis, M.L. Proença // Journal of Computer Science. – 2015. – Vol. 11. – no. 4. – pp. 662- 674.
3. სესაძე ვალიდა, ჭიკაძე გელა, „მართვის ინჟინერიის საფუძვლები“ სახელმძღვანელო ISBN 978-9941-8-3534-6 თბილისი 2021წ. 235 გვ.
4. ჭიკაძე გელა, სესაძე ვალიდა „მათემატიკა კომპიუტერზე“ სახელმძღვანელო ISBN 978-9941-8-3533-9 თბილისი 2021 წ. 296 გვ.

Assessing the state of information security risks in large systems using probabilistic criteria

Valida Sesadze, Georgian Technical University, v_sesadze@gtu.ge

Gela Chikadze, Samtskhe-Javakheti State University, gela_chikadze1@gmail.com

Annotation

The article discusses the well-known methods of risk analysis of information security in the telecommunication network, Bayesian probabilistic methods, fuzzy logic, and the nearest false neighbor method. It should be noted that the mentioned methods are quite difficult to implement and do not allow (U) to analyze certain network attacks in real time. Therefore, in the article, we have presented combined (integrated) traditional methods, which show how they perform telecommunication traffic analysis and obtain appropriate results. This approach gives better results compared to traditional calculation and analysis tools.

The article discusses existing methods based on well-known statistical principles and well-known theorems, which allow us to determine information security (IU) issues in telecommunication networks with an arbitrary approach (with a certain probability). The paper also discusses (U) the modernized method of determining risks by probabilistic methods, where expected, typical threats related to risks in telecommunication networks are taken into account. There are some expensive software packages that are not efficient enough. The article is developed and presented based on an integral method, ultimately it can be considered as a fractal indicator related to the information security risks of the telecommunication system, through which we can draw a conclusion about the state of the telecommunication system. We realized the theoretical results of the mentioned paper using the Maple computer program.

Keywords: large-scale systems, telecommunication networks, statistical methods, matrix theory, security systems, risk theory, computer modeling systems.

ინფორმაციული უსაფრთხოების მოდელების სრულყოფის ტენდენციები

ნოდარ ლომინაძე, რუსუდან პაპიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.lominadze@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია კომპიუტერულ ქსელში მონაცემების გადაცემის გაუმჯობესების საკითხები კრიპტოგრაფიის თანამედროვე მიღწევების საფუძველზე. კერძოდ, აქცენტირებულია ის შესაძლებლობები, რომელსაც ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფია იძლევა.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული უსაფრთხოება, ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფია.

შესავალი

ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ხდება უსაფრთხოების ალგორითმების სრულყოფა ისეთი მიმართულებებით როგორცაა, მაგალითად, მონაცემების შიფრაცია/დეშიფრაციის პროცესების მახასიათებლების გაუმჯობესება, მონაცემთა აუთენტიკურობის პარალელურად შემოწმება და სხვა. როგორც გამოცდილებამ აჩვენა ამ მიზნების მიღწევითვის საკმარისი არ არის ინტერნეტის TCP/IP პროტოკოლების სტეკი და საჭირო გახდა დამატებითი დონეების შექმნა, როგორცაა, მაგალითად TLS (Transport Layer Security). ქვემოთ მოყვანილია იმ შესაძლებლობების მოკლე დახასიათება, რომლებიც ერთობლივობაში უზრუნველყოფენ თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი კრიპტოგრაფიული სისტემების დამუშავებას.

დღეისათვის იგულისხმება, რომ კრიპტოგრაფიული პროცესი შედგება ორი ეტაპისაგან. პირველ ეტაპზე ხორციელდება კლიენტისა და სერვერის მისაღმების (Handshake) ოპერაცია, სადაც დიალოგის რეჟიმში ხდება კლიენტისა და სერვერის აუთენტიკურობის შემოწმება და მონაცემის შიფრაცია/დეშიფრაციისთვის აუცილებელი გასაღების შექმნა, ხოლო მეორე ეტაპზე ხორციელდება თვით მონაცემის შიფრაციისა და მისი აუთენტიკურობის შემოწმების ოპერაციები.

ასიმეტრიული კრიპტოგრაფიის სისტემა RSA შეიქმნა 1977 წელს და მისი დასახელება წარმოდგება შემქმნელების – Rivest, Shamir, Adleman – გვარების პირველი ასოებისაგან. განსხვავებით სიმეტრიული კრიპტოგრაფიის სისტემებისაგან, სადაც როგორც შიფრაცია, ისე დეშიფრაცია ხდება ერთი საიდუმლო გასაღებისა (Private Key) გამოყენებით, RSA კრიპტო-სისტემაში გამოიყენება ორი გასაღები: ღია გასაღები (Public Key) და დახურული (Private Key). ღია ანუ საჯარო გასაღები ადვილად ხელმისაწვდომია და იგი გამოიყენება დეშიფრაციის (Decryption) ოპერაციაში.

ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფია (Elliptic Curve Cryptography), RSA კრიპტოგრაფიის პარალელურად, ფართო გამოყენებას პოულობს კრიპტოგრაფიის სხვადასხვა, განსაკუთრებით ელექტრონული ხელმოწერის ამოცანებში. ისეთ სისტემებში, როგორცაა Bitcoin, Ethereum და ბევრი სხვა, ხელმოწერა ხორციელდება ალგორითმით ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm, ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული ხელისმოწერის

ალგორითმი), რომელიც RSA სისტემასთან შედარებისას იყენებს გაცილებით ნაკლები ზომის ღია და დახურულ გასაღებებს და ხასიათდება არანაკლები საიმედოობით.

ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ მონაცემების შიფრაცია-დეშიფრაცია სიმეტრიული გასაღებით გაცილებით სწრაფად ხდება, ვიდრე ღია გასაღებით. ამავე დროს სიმეტრიული გასაღების ხანგრძლივად გამოყენება დაკავშირებულია მისი საიდუმლოდ შენახვის და მართვის პრობლემებთან. ამიტომ ხშირად გამოიყენება შიფრაციის პროცესის გაყოფა ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე ღია გასაღების გამოყენებით ხდება სიმეტრიული გასაღების შექმნა, ხოლო მეორე ეტაპზე ხდება მონაცემების დაშიფვრა, გადაცემა და დეშიფრაცია სიმეტრიული გასაღების გამოყენებით. ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებულ კრიპტოგრაფიაში ეს ხორციელდება შემდეგნაირად.

გალუას ველის არითმეტიკა ფართო გამოყენებას პოულობს მონაცემთა გადაცემისას წარმოქმნილი შეცდომების გამასწორებელი კოდის (Error Correction Code, ECC, შეცდომების გამასწორებელი კოდი) დამუშავებაში, როცა ხდება არა მხოლოდ შეცდომების აღმოჩენა, არამედ განუსაზღველობის პირობებში მისი ავტომატურად გასწორება.

ქვემოთ მოყვანილია შესაძლებლობების მოკლე აღწერა, რომლებიც ერთობლივობაში უზრუნველყოფენ თანამედროვე კრიპტოგრაფიული სისტემის შექმნას.

1. უკანასკნელ ათწლეულში მოხდა RSA ასიმეტრიული ალგორითმის თანდათანობითი ჩანაცვლება ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფიით (Elliptic Curve Cryptograph, ECC), რომელსაც გააჩნია უკეთესი სწრაფქმედება და საიმედოება.
2. მონაცემების შიფრაცია/დეშიფრაციისთვის საჭირო სიმეტრიული გასაღების გენერირებისთვის დღეისათვის რეკომენდებულია ECC-ზე დაფუძნებულ დიფი-ჰელმანის (Diffie-Hellman) ალგორითმი, რომელიც ეყრდნობა სკალარული ნამრავლის

$$n \cdot p = p + P + \dots P$$

└──────────┘
n-ჯერ

გამოთვლას, რომლისთვისაც არსებობს ეფექტური ალგორითმი „გააორმაგე და შეკრიბე“, ეს საშუალებას იძლევა მონაცემის შიფრაციისათვის გამოყენებულ იქნას სიმეტრიული შიფრაციის გასაღები ერთჯერადად, რაც ამნელებს გარე აქტორის მიერ კრიპტანალიზის ჩატარების შესაძლებლობებს.

3. მონაცემის შიფრაციის პროცესი შეიძლება დაპარალელელებული იქნას მონაცემების აუთენტიკაციასთან გაფართოებული გალუას ველის არითმეტიკის გამოყენებით. რადგან სიმეტრიულ შიფრაციაში როგორც წესი გამოიყენება 128 ბიტისანი გასაღების ბლოკები, ამიტომ გამოიყენება $GF(2^{128})$ არითმეტიკა.
4. ამგვარად, შეიძლება ითქვას, რომ ასიმეტრიული შიფრაციის მეთოდები გამოიყენება კლიენტ-სერვერული მხარეების მისაღმების ეტაპზე კომუნიკაციაში მონაწილე მხარეების აუთენტიკაციისა და სიმეტრიული გასაღების დადგენის მიზნით, ხოლო მეორე ეტაპზე სრულდება მონაცემების შიფრაციისა და აუთენტიკაციის პროცედურები. მიღებული ინფორმაცია გადაეცემა TCP/IP პროტოკოლების სტეკს ქსელში გავრცელებისათვის.

5. ზემოთაღწერილი შესაძლებლობები საშუალებას იძლევა შეირჩეს სხვადასხვა შედგენილობის კრიპტოგრაფიული ალგორითმების კრებულები, (cipher, suits), რომლებიც საშუალებას იძლევიან სხვადასხვანაირად განხორციელდეს მონაცემების გადაცემა ინტერნეტში. ამის მაგალითს წარმოადგენს SSL (Secure Socket Layer) და TLS (Transport Layer Security) პროტოკოლები. თავიდან შეიქმნა SSL, რომელიც მოიცავდა ათობით შიფრების კრებულს, მაგრამ ახალი შესაძლებლობის საფუძველზე დამუშავებულ იქნა ახალი, გაუმჯობესებული სტანდარტების კრებული TLS, რომელშიაც მხოლოდ 5 კრებული არის განსაზღვრული. ამის მაგალითს წარმოადგენს ვერსია TLS1-3, რომლის შიფრების კრებულს წარმოადგენს, მაგალითად სტრუქტურა

TLS1-3 ECDHE ECDSA AES-256 GCM SHA384

აქ:

- TLS1-3 წარმოადგენს TLS-ის ვერსიას (ცხადია არსებობდა წინმსწრები ვერსიები); ECDHE (Eliptic Curve Diffie-Hellman Ephemeral). ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული დიფი-ჰელმანის ალგორითმი, რომელიც იყენებს ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებულ კრიპტოგრაფიას და განკუთვნილია ერთჯერადი გამოყენების სიმეტრიული გასაღების შესაქმნელად. ამგვარად, იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ე.წ. სრულყოფილი ფორვარდული კრიპტოგრაფია (Perfect Forward Cryptography), რაც მდებარეობს კრიპტანალიზისადმი, რადგან ერთი და იმავე გასაღებით გზავნილების დაშიფვრა არ ხდება. E (Ephemeral) მიუთითებს, რომ მისი გამოყენება ხდება ერთჯერადი სიმეტრიული გასაღების მისაღებად;
- ECDSA (Eliptic Curve Digital Signature Algorithm), ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული ხელმოწერა;
- AES-256 GCM, გაუმჯობესებული შიფრაციის სისტემა 256 ბიტანი სიმეტრიული გასაღებით და გალუას მთვლელის (GCM, Galois Counter Mode) რეჟიმით, რაც იძლევა როგორც მონაცემის შიფრაციის, ისე მონაცემის გადაცემის სისწორის შემოწმების საშუალებას;
- SHA384 უსაფრთხო ჰეშირების ალგორითმი (Secure Hash Algorithm), რომელიც იძლევა 384 ბიტან ჰეშს.

დასკვნა

ამგვარად TLS1-3 შიფრების კრებულების რაოდენობის 5-მდე დაყვანა აადვილებს ინტერნეტში კლიენტსა და სერვერს შორის საერთო შიფრის კრებულის დადგენას და, ამგვარად, ამცირებს კომპიუტერულ ქსელში წარმოქმნილ ტრაფიკს.

ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ ინტერნეტში ახალი სტანდარტის გავრცელება საკმაოდ დიდ დროს მოითხოვს. ეს დაკავშირებულია ინტერნეტში მოქმედი კლიენტების (ბრაუზერების) და სერვერების ინერციულობასთან. ხშირად მომხმარებელს არ აქვს სურვილი შეასრულოს სამუშაო, რომელიც დაკავშირებულია მოქმედი პროტოკოლების ახლით შეცვლასთან.

მითითებული ლიტერატურა

1. Andrea Gorbellini, Elliptic Curve Cryptography: a Gentle Introduction;

2. Patrick, Nohe, Taling a Closer Look ar the SSL/TLS Handshake;
3. A Tanenbaum, Компьютерные Сущб Питерб 2003.

Tendences of Increasing Security of information Transmission Models

Nodar Lominadze, Rusudan Papiashvili
Georgian Technical University
n.lominadze@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge

Resume

The paper discuss the possibilities of improving the functionalities of data transmission processes in computer networks. The accent is made on results obtained elliptic curve cryptography.

Keywords: Information Security, Elliptic curve cryptography

მზის მოძრაობის მიმყოლი სისტემის შემუშავება

ნიკა ბერიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.beridze@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განხილული საკითხები ეხება მზის მიმყოლი სისტემის გადამწოდის შემუშავების საკითხებს, რომელიც არსებით როლს თამაშობს მძლავრი მზის ფოტოელექტრული სადგურების ეფექტურობის გაზრდაში. გლობალური დათბობით გამოწვეული პრობლემების ფონზე განახლებადი ენერჯის წყაროების, მათ შორის განსაკუთრებით კი მზის გამოსხივების გამოყენებით, ელექტრული ენერჯის მიღება ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია მზის ფოტოელექტრული სადგურის მიერ მიღებული ენერჯის თვითღირებულების შემცირება ანუ მისი ღირებულების შემცირება და ეფექტურობის გაზრდა.

საკვანძო სიტყვები: გლობალური დათბობა; განახლებადი ენერჯის წყაროები; მზის ფოტოელექტრული სადგური; ტრეკერი; მიკროკონტროლერი.

1. შესავალი

გლობალური კლიმატის ცვლილება ოცდამეერთე საუკუნის უმნიშვნელოვანეს გამოწვევად იქცა. გლობალური დათბობის შედეგად მთელი მსოფლიოს მასშტაბით საგრძნობლად იმატა მყინვარების ინტენსიურმა დნობამ, წყალდიდობებმა, ღვარცოფებმა, მიწისძვრებმა, ზვავებმა, გვალვებმა, ტყის ხანძრებმა და ბუნების სხვა ანომალიურმა მოვლენებმა, რომლებსაც ბოლო წლების განმავლობაში კატასტროფული შედეგები მოჰყვა, მათ შორის დასახლებულ ტერიტორიებზე, სოფლებსა და ქალაქებში დიდი მასშტაბების მქონე ნგრევა და ადამიანთა მსხვერპლი.

კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორის ექსპერტთა ჯგუფის (IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change) აზრით გლობალური დათბობის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ატმოსფეროში ე.წ. სათბური გაზების მნიშვნელოვანი ტემპებით მზარდი კონცენტრაცია. ატმოსფეროში სათბური გაზების ემისიის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წიაღისეულ საწვავზე მომუშავე ელექტროსადგურები წარმოადგენენ, ამიტომ ამ ფენომენით გამოწვეული შედეგების თავიდან არიდების მიზნით დაუყონებლივ უნდა იქნეს ჩატარებული ენერგორესურსების მოხმარების არსებული სისტემების ჩანაცვლების ღონისძიებები ენერჯის განახლებადი და ალტერნატიული წყაროებით [1].

2. მზის ფოტოელექტრული სადგურები

ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან მზის გამოსხივების ენერჯია (საშუალოდ 1000 ვტ/მ²) ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს წყაროს წარმოადგენს, რომლის გამოყენებაც, ბოლო წლების განმავლობაში, განსაკუთრებული ყურადღების ქვეშ მოექცა. ნაკლი, რომელიც გააჩნია მზის ფოტოელექტრულ სადგურებს მდგომარეობს მისი ფოტოელექტრული გარდამქმნელების (ე.წ. პანელების) შედარებით დაბალ ეფექტურობაში და შესაბამისად მის მიერ გამომუშავებული ენერჯის შედარებით მაღალ თვითღირებულებაში. მზის ფოტოელექტრული სადგურების ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი გზას წარმოადგენს მზის პანელების მარგი ქმედების კოეფიციენტის (მქკ) გაზრდა. ამ მიმართულებით გარკვეული წინსვლა შეინიშნება, თუ ყველაზე მეტად გავრცელებული პანელების ფოტოელექტრული გარდამქმნელი მონოკრისტალური ელემენტის მქკ იცვლება 18%-დან 23%-მდე, 2021 წლის ბოლოს ვაშინგტონის უნივერსიტეტის სუფთა ენერჯების ინსტიტუტის (Clean Energy Institute – University of Washington) მკვლევარებმა შეძლეს სილიციუმ-პეროვსკიტის (კალციუმ ტიტანიუმის ოქსიდის მინერალი CaTiO₃ – Perovskite) ე.წ. ტანდემით შექმნათ მზის ფოტოელექტრული გარდამქმნელი ელემენტი, რომლის მქკ 29.1%-ის ტოლია და მოსალოდნელია, რომ ეს ელემენტები უახლოეს მომავალში გადაიქცევა ჩვეულებრივი სილიციუმის მონოკრისტალური მზის ფოტოელექტრული მოდულების იაფიან ალტერნატივად. აშშ-ს ენერჯეტის სამინისტროს განახლებადი ენერჯის ეროვნული ლაბორატორიის (NREL – National Renewable Energy Laboratory) მკვლევარების მიერ 2022 წელს შექმნილი მზის ფოტოელექტრული გარდამქმნელი ელემენტის მქკ-ის მნიშვნელობამ 39,5%-ს მიაღწია [2, 3, 4].

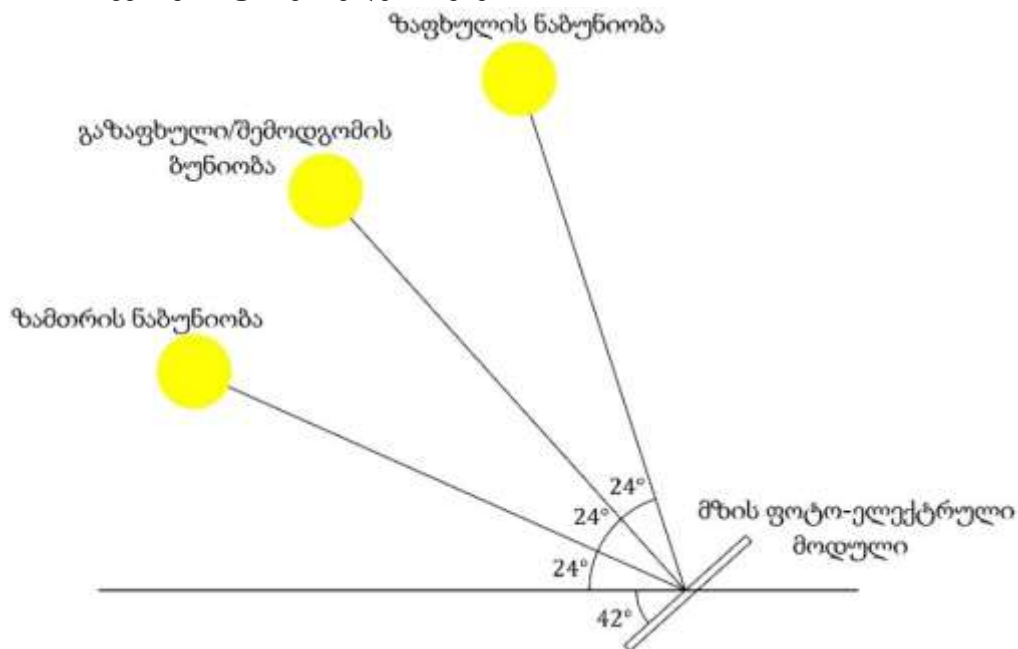
მზის ფოტოელექტრული სადგურის პროექტებში შედარებით მაღალი მქკ-ს მქონე მზის პანელის გამოყენება არაა საკმარისი პირობა იმისთვის, რომ სადგურმა გამოიმუშაოს მაქსიმალურად შესაძლო ენერჯია. მზის პანელების მწარმოებელი კომპანიები მის მქკ-ის მაქსიმალურ მნიშვნელობას განსაზღვრავენ ტესტირების სტანდარტული პირობებისთვის (STC – Standard Test Conditions), რომლისთვის გარემოს ტემპერატურა +25°C-ის ტოლია, ხოლო პანელის ზედაპირზე სხივი ეცემა მისი ნორმალის მიმართ 0°-იანი კუთხით, ანუ პანელის ზედაპირისადმი ვერტიკალურად, აქედან გამომდინარე, მზის ფოტოელექტრული სადგურის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, მზის პანელები უნდა მიყვნენ მზის მოძრაობას ისე, რომ მათზე მზის პირდაპირი სხივების დაცემის კუთხე ყოველთვის იყოს 0°-თან ახლოს. ეს დასტურდება მზის პანელის ზედაპირზე ნორმალის მიმართ მზის პირდაპირი სხივის დაცემის კუთხეზე მქკ-ს დამოკიდებულების გამოყვანილი ფორმულით, რომელსაც გააჩნია შემდეგი სახე:

$$\eta = \eta_{max} \cdot \cos(\alpha)$$

სადაც: η - მზის პანელის მარგი ქმედების კოეფიციენტია მზის სხივის დაცემის α კუთხისთვის; η_{max} - მზის პანელის მწარმოებლის მიერ დადგენილი მაქსიმალური მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

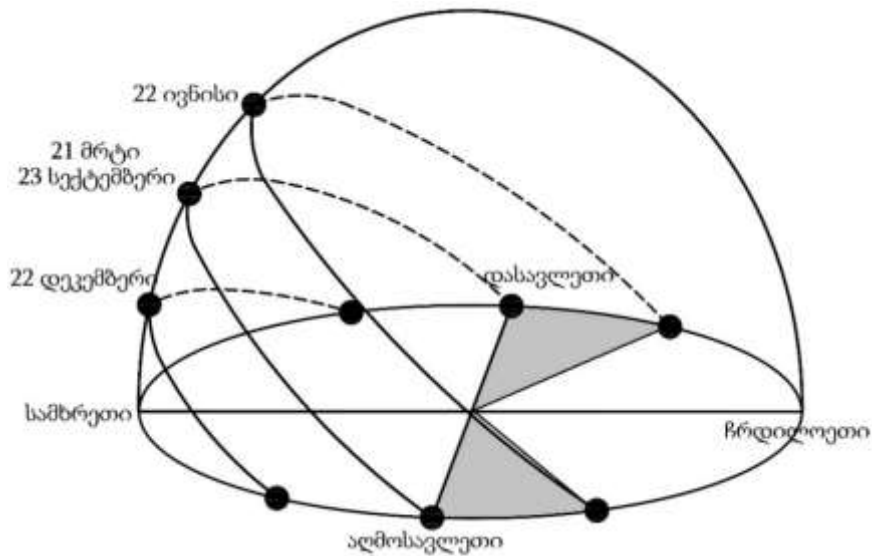
პროექტის რეალიზებაზე დახარჯული სახსრების ეკონომიის მიზნით, დიდი სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურების პანელებს უძრავ კონსტრუქციაზე ამაგრებენ ისე, რომ მათი მუშა ზედაპირი მიმართული იყოს სამხრეთისკენ და ჰორიზონტისადმი დახრილი იყოს გარკვეული ფიქსირებული სიდიდის კუთხით (საქართველოს ტერიტორიისთვის ეს კუთხე 42°-ის ტოლია). მზის პანელების დახრის ფიქსირებული კუთხე შეირჩევა ისი, რომ გაზაფხული/შემოდგომის ბუნობის დღეებში (21 მარტი და 23 სექტემბერი) ზენიტში მყოფი მზის პირდაპირი სხივები პანელის ზედაპირს ეცემოდეს 0°-იანი კუთხით (ნახ.1).

როგორც ნახაზიდან 1 ჩანს, მზის პანელების ფიქსირებული კუთხით დამონტაჟებისას, მისი მქკ მაქსიმუმს აღწევს მხოლოდ გაზაფხული/შემოდგომის ბუნობის დღეებში იმ ხანმოკლე დროის განმავლობაში, როცა მზე იმყოფება ზენიტში, დროის ნებისმიერ სხვა მომენტში მისი მქკ მაქსიმუმზე ნაკლები იქნება.



ნახ. 1. მზის პანელის ფიქსირებული კუთხის სიდიდის შერჩევა საქართველოს ტერიტორიისთვის

მზის მოძრაობის ტრაექტორიის ცვლილების, ქვემოთ მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს, რომ გაზაფხულის ბუნობიდან (21 მარტიდან) შემოდგომის ბუნობამდე (23 სექტემბრამდე) დილისა და საღამოს საათებში, გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს 22 ივნისს, მზის პირდაპირი სხივები საერთოდ არ ეცემიან პანელის მუშა ზედაპირს, ანუ ელექტრული ენერჯიის გენერირება ხორციელდება მხოლოდ მზის გაბნეული და არეკლილი სხივებით, რაც საკმაოდ მნიშვნელოვან დანაკარგს წარმოადგენს (ნახ. 2).



ნახ. 2. მზის მოძრაობის ტრაექტორიები ბუნიობის და ნაბუნიობის დღეებში

3. მზის მიმყოლი სისტემა - ტრეკერი

იმისთვის, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს მზის ელექტროსადგურის მუშაობის მაღალი ეფექტურობა, მზის პანელებს განათავსებენ კონსტრუქციაზე, რომელსაც შეუძლია მობრუნება ჰორიზონტალური ან/და ვერტიკალური ღერძების გარშემო. ასეთი კონსტრუქციის აღჭურვიტ შესაბამისი ამძრავებით და მათი მართვის სისტემით შესაძლებელი ხდება პანელების მუშა ზედაპირის მზის მოძრაობის მიყოლა, ასეთი კონსტრუქცია ცნობილია „ტრეკერი“-ს სახელწოდებით, არსებობენ ერთ და ორ ღერძიანი ტრეკერები (ნახ. 3) [5].



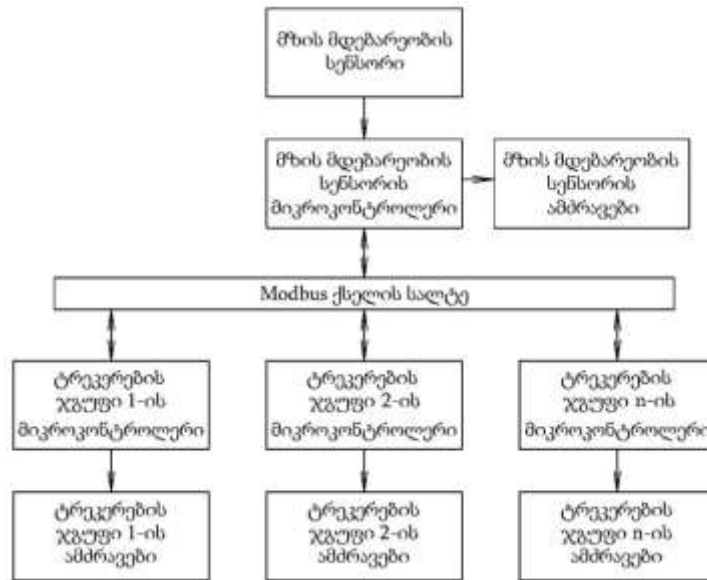
ნახ. 3. ორ ღერძიანი ტრეკერის კონსტრუქცია

წინასწარი კვლევებისას ჩატარებული გათვლებით, ერთღერძიანი ტრეკერის გამოყენებისას მზის ფოტოელექტრული სადგურის გამომუშავება შეიძლება გაიზარდოს სულ მცირე 1.33-ჯერ, ხოლო ორღერძიანი ტრეკერის გამოყენებისას მზის ფოტოელექტრული სადგურის გამომუშავება შეიძლება გაიზარდოს სულ მცირე 1.77-ჯერ ფიქსირებული კუთხით დამონტაჟებული პანელების შემთხვევასთან შედარებით. ამრიგად, ტრეკერების გამოყენებით მზის ფოტოელექტრული სადგურის ეფექტურობა საგრძნობლად იზრდება, მაგრამ ტრეკერების შედარებით მაღალი ფასების გამო. აშკარაა, რომ ტრეკერების გამოყენების

რენტაბელობის გაზრდის მიზნით, უნდა შემცირდეს მათი ღირებულება, ანუ მათ კონსტრუქციაში შეტანილი იქნება გარკვეული ცვლილებები, რომლებსაც საფუძვლად უდევს შემდეგი მიდგომები:

- იმისთვის, რომ გამოთვლილი იქნეს 1 კვტ სიმძლავრის ღირებულება ტრეკერის კონსტრუქციის არსებული და ალტერნატიული ვარიანტებისთვის, დაშვებულია, რომ ერთ უძრავ კონსტრუქციასა და ერთ 2 ღერძიან ტრეკერზე დამონტაჟებულია 12 მზის პანელი, თითოეული 500 ვტ სიმძლავრის ანუ სულ 6000 ვტ.;
- როგორც წესი, ტრეკერების ამძრავებში გამოიყენება ძვირადღირებული სერვო ძრავები და მათი საკმაოდ რთული მართვის სისტემები, რომელთა უკუკავშირში დამატებით ჩართულნი არიან ენკოდერები და სხვა გადამწოდები, რაც მნიშვნელოვნად აძვირებს ამძრავებს. ჩვენი მიდგომის თანახმად სერვო ძრავები იცვლება ბიჯური ძრავებით, რომლებიც, როგორც წესი, თავისი დაბალი ფასების გამო გაცილებით ხელმისაწვდომია და ნაკლებად რთულია ვიდრე სერვო ძრავები, მათი მართვის გახსნილი სისტემები არ მოითხოვენ დამატებით ხარჯებს უკუკავშირისთვის საჭირო კომპონენტების შესაძენად, დამატებით შეიძლება აღინიშნოს, რომ ბიჯური ძრავის მიერ მოხმარებული ენერჯია გაცილებით ნაკლებია;
- გაყიდვაში არსებულ ყოველ ტრეკერზე დამონტაჟებულია მზის მიმყოლი სისტემა, რომელიც შედგება ძვირადღირებული ფოტოელემენტებით ან ფოტო ელემენტების მატრიცებით აგებული გადამწოდისგან (სენსორისგან) და კონტროლერით. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მიდგომის თანახმად ტრეკერებზე მზის მიმყოლი სისტემა არ იქნება. ტრეკერები იყოფა ჯგუფებად, ყოველ ჯგუფში გაერთიანებულ რამოდენიმე ტრეკერის ამძრავებს ემსახურება ერთი, მაქსიმუმ \$60 ღირებულების მიკროკონტროლერი. ტრეკერების ყველა ან რამდენიმე ჯგუფს ემსახურება ერთი მზის მიმყოლი სისტემა.
- მზის მიმყოლი სისტემის სენსორი იცვლება 4 ცალი, მაქსიმუმ \$10.00 ღირებულების, მზის ფოტოელექტრული გარდამქმნელი ელემენტისგან აგებული სენსორით, ხოლო კონტროლერი იცვლება მაქსიმუმ \$50.00 ღირებულების მიკროკონტროლერით, რომელიც მასთან ქსელში გაერთიანებულ ამძრავების მიკროკონტროლერებს აწვდის შესაბამისი მართვის განსახორციელებელ ინფორმაციას.

მზის მიმყოლი სისტემის სენსორისა და ტრეკერის ერთიდაიგივე რედუქციის მქონე ამძრავებისთვის, მათი პოზიციონირების მაღალი სიზუსტის და მართვის სისტემის გამარტივებისა და გაიაფების მიღწევის მიზნით, შერჩეული იქნა უნიპოლარული ჰიბრიდული ტიპის ბიჯური ძრავები, რომელთა როტორის მობრუნების ყოველ ბიჯს შეესაბამება 1.875°-იანი კუთხე. ასეთი ბიჯური ძრავების მართვისთვის საკმარისია მარტივი ტრანზისტორული გასაღებები. ბიჯური ძრავების მართვისთვის შერჩეულ იქნა სრული ბიჯით მართვის მეთოდი, რომლისთვისაც ბიჯური ძრავი მუშაობს მაქსიმალური სიმძლავრით, ვინაიდან ამ მეთოდის გამოყენებისას ერთდროულად, რიგრიგობით, აქტიურდება სტატორის ორი მეზობელი პოლუსი, როტორის პოლუსი კი იკავებს პოზიციას მათ შორის. მზის მიმყოლი სისტემის სენსორის ამძრავების მართვისთვის შერჩეული იქნა შედარებით მძლავრი მიკროკონტროლერი ATmega 2560, ხოლო ტრეკერების ამძრავებისთვის ATmega 8. ტრეკერების მართვის სისტემის არქიტექტურის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახაზზე 4.



ნახ. 4. ტრეკერების მართვის სისტემის არქიტექტურის ბლოკ-სქემა

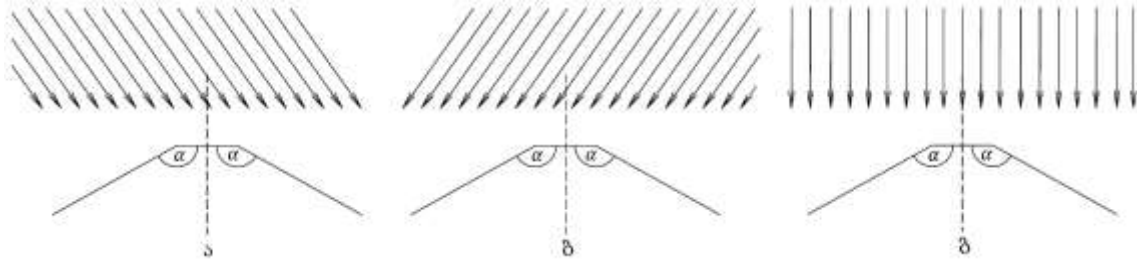
მზის მიმყოლი სისტემის სენსორის ასაგებად შერჩეული იქნა 4 ცალი მზის ელემენტი AR0301, რომლის ზომებია 60X90 მმ, გამომავალი ძაბვა 5 ვ და სიმძლავრე 0.75 ვტ. ელემენტის 5 ვ-იანი გამოსასვლელი აღარ საჭიროებს დამატებითი მამლიერებლების გამოყენებას ელემენტის მიკროკონტროლერის ანალოგურ/ციფრულ გარდამსახთან მისაერთებლად. შეშფოთებების გაფილტვრის მიზნით ელემენტის გამოსასვლელზე მიერთებულია 1 ვტ სიმძლავრის დატვირთვის რეზისტორი და მაინტეგრებული რგოლი, მისი კონსტრუქცია მოცემულია ნახაზზე 5.



ნახ. 5. მზის მიმყოლი სისტემის სენსორის კონსტრუქცია

ჩრდილოეთის და სამხრეთისკენ მიმართული მზის ფოტოელექტრული ელემენტები ემსახურებიან მზის მიმყოლი სისტემის ბრუნვას ჰორიზონტალური X ღერძის გარშემო, ხოლო აღმოსავლეთისა და დასავლეთისკენ მიმართული ელემენტები ვერტიკალური Y ღერძის გარშემო. მზის მიმყოლი სისტემის ფუნქციონირების პრინციპი საკმაოდ მარტივია. განვიხილოთ სენსორის ერთი წყვილის მუშაობის პრინციპი (ნახ. 6). თუ მზის პირდაპირი სხივი მიმართულია გარკვეული კუთხით სენსორის წყვილთა სიმეტრიის ღერძისადმი (ნახ. 6 ა. და 6 ბ.), მაშინ წყვილის შემადგენელი ფოტოელექტრული ელემენტების ზედაპირებზე სხივის დაცემის კუთხე იქნება სხვადასხვა, შესაბამისად სხვადასხვა სიდიდის იქნება მათი გამომავალი ძაბვებიც. როცა მზის პირდაპირი სხივი პარალელური იქნება სენსორის წყვილთა სიმეტრიის ღერძისადმი (ნახ. 6 გ.), მაშინ წყვილის შემადგენელი ფოტოელექტრული ელემენტების

ზედაპირებზე სხივის დაცემის კუთხე სიდიით ტოლი იქნება, შესაბამისად სიდიდით ტოლი იქნება მათი გამომავალი ძაბვებიც. მიკროკონტროლური ბიჯურ ძრავას აბრუნებს იმ ელემენტის მიმართულებით, რომელის გამოსასვლელზე მეტი ძაბვაა მანამ სანამ ძაბვათა სხვაობა არ იქნება ნაკლები წინასწარ დადგენილ ε მნიშვნელობაზე. პარალელურად ბრუნვის მიმართულება და შესრულებული ბიჯების რაოდენობა გადაეცემა ტრეკერების ჯგუფების მიკროკონტროლერებს, რომლებიც შესაბამისად მართავენ ტრეკერების ბიჯურ ძრავებს.



ნახ. 7. მზის მიმყოლი სისტემის ფუნქციონირების პრინციპი

საკმაოდ უხემ შეცდომას წარმოადგენს მზის ფოტოელექტრული სადგურების პროექტებში ტრეკერების გამოყენებაზე უარის თქმა, ყოველგვარი ეკონომიკური დასაბუთების გარეშე. ზოგ შემთხვევებში ტრეკერების გამოყენებაზე უარს ამბობენ არასწორად შესრულებული ეკონომიკური გათვლების გამო, როდესაც 1 ვატი სიმძლავრისათვის კონსტრუქციის ღირებულებას ანგარიშობენ მზის პანელების დადგმულ სიმძლავრის მიხედვით და არ ითვალისწინებენ დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტს. მაგალითად 6000 ვტ დადგმული სიმძლავრის მზის პანელების უძრავი კონსტრუქციის გამოყენებისას, რომლის საშუალო ღირებულება შეადგენს 600 ამერიკულ დოლარს, 1 ვატი სიმძლავრის ღირებულებას ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით $c = \$600 / 6000 = 0.10$ \$/ვტ, რაც შეცდომაა. გათვლები უნდა შესრულდეს არა დადგმული სიმძლავრის, არამედ ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრის მიხედვით, და როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, ფიქსირებული კუთხით პანელების დამონტაჟებისას მიიღება სულ მცირე 1.77-ჯერ ნაკლები ენერგია, რაც იგივეა სიმძლავრე, ვიდრე ეს შეიძლება იქნეს მიღებული, ამიტომ 1 ვტ ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრისთვის პანელების უძრავად მონტაჟისთვის კონსტრუქციის ღირებულება იქნება $c = \$600 / (6000 / 1.77) = 0.177$ \$/ვტ.

გაყიდვაში არსებული ორ ღერძიანი ტრეკერის საშუალო ფასი მიიღება მასში შემავალი ნაწილების შემდეგი საშუალო ფასებისგან: თავად კონსტრუქცია სერვო ძრავებით - \$1300.00; სერვო ძრავის მართვის კონტროლერი \$450.00; მზის მოძრაობის მიმყოლი სისტემა (სენსორი და კონტროლერი) - \$400; ანუ სრული ღირებულება იქნება - \$2150. თუ გავითვალისწინებთ რეგულირების ცდომილებების შედეგად მაქსიმალურ დანაკარგებს, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი ტოლია 0.95, ასეთ შემთხვევაში ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრის ყოველი ვატის ღირებულება გაყიდვაში არსებული ორ ღერძიანი ტრეკერისთვის ტოლი იქნება $c = \$2150 / (6000 * 0.95) = 0.377$ \$/ვტ.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ცვლილებების თანახმად: კონსტრუქციის ფასი მცირდება \$1200.00-მდე სერვო ძრავების ბიჯური ძრავებით ჩანაცვლების ხარჯზე; ტრეკერების ჯგუფის ბიჯური ძრავების მართვის სისტემა საშუალოდ ეღირება (ჯგუფში 6 ტრეკერისთვის) \$10.00; თუ დავუშვებთ მზის მოძრაობის მიმყოლ 1 სისტემას ტრეკერების 1 ჯგუფზე, მაშინ მისი ღირებულების წილი ერთ ტრეკერზე იქნება \$15, ანუ მთლიანი ღირებულება იქნება \$1225.

ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრის ყოველი ვატის ღირებულება შემოთავაზებული ორ ღერძიანი ტრეკერისთვის ტოლი იქნება $c = \$1225 / (6000 * .95) = 0.215$ \$/ვტ.

დასკვნა

როგორც ზემოთ მოყვანილი გათვლებიდან ჩანს, რომ შემოთავაზებული ცვლილებების გათვალისწინებით, ორ ღერძიანი ტრეკერის გამოყენებამ 1 ვტ ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრის ფასი გაზარდა $k = 0.215 / 0.177 = 1.215$ - ჯერ. სამაგიეროდ ფაქტობრივად მიღებული სიმძლავრე გაიზარდა 1.77-ჯერ, რაც იმას ნიშნავს, რომ მხოლოდ ზედმეტად გამომუშავებული ენერჯის რეალიზებიდან მიღებული შემოსავლებით ტრეკერების დანერგვაზე დამატებით გაწეული ხარჯები, ყველა დანაკარგებისა და მოცდენების გათვალისწინებით დაიფარება მაქსიმუმ 1 წელიწადში, რაც ენერგეტიკული ობიექტებისათვის საკმაოდ მაღალ მაჩვენებელს წარმოადგენს. ექსპლუატაციის მომდევნო პერიოდში ზედმეტად გამომუშავებული ენერჯის რეალიზებიდან მიღებული შემოსავლებით წარმოადგენს მოგების ნაზრდს. ამრიგად ორ ღერძიანი ტრეკერების გამოყენება მზის ფოტოელექტრულ სადგურებში გამართლებულია როგორც ტექნიკური თვალსაზრისით - გამომუშავდება საგრძნობლად მეტი ელექტრული ენერჯია, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისითაც.

ლიტერატურა - References

1. [Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability; Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. © Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN 978-92-9169-161-6, 2022, -328 p.](#)
2. [მარიამ დევამე. მზის ენერგეტიკა საქართველოში: პრობლემები, გამოწვევები და საჭირო ღონისძიებები. ჰაინრიკ ბიოლის ფონდის თბილისის ოფისის - სამხრეთ კავკასიის რეგიონის მხარდაჭერით ჩატარებული კვლევები. თბილისი: ჰაინრიკ ბიოლის ფონდი. 2020, -47 გვ.](#)
3. [PV System Design and Performance. Wilfried van Sark. Utrecht University, The Netherlands: 2019. -362 p.](#)
4. [Brittany L. Smith, Michael Woodhouse, Kelsey A. W. Horowitz, Timothy J. Silverman, Jarett Zuboy, and Robert M. Margolis. Photovoltaic \(PV\) Module Technologies: 2020 Benchmark Costs and Technology Evolution Framework Results. Report. National Renewable Energy Laboratory \(NREL\), Denver, USA. 2021, -66 p.](#)
5. [Prinsloo, G.J., Dobson, R.T. Solar Tracking. Stellenbosch University, South Africa: 2015. SolarBooks. -542 p. ISBN 978-0-620-61576-1.](#)

Development of a sun tracking system

Nika Beridze

Georgian Technical University

n.beridze@gtu.ge

Summary

The issues discussed in the article related to the development of sun tracking system sensor, which plays a significant role in improving the efficiency of high-power solar photovoltaic power plants. In background of the problems caused by global warming, the use of renewable energy sources, especially solar radiation, is one of the most important issues. In this connection, it is

important to reduce the cost of energy produced by a solar photovoltaic power plant, i.e. reduce its cost and increase efficiency.

Keywords: global warming; renewable energy sources; solar photovoltaic power plant; tracker; microcontroller.

მართვის სივრცულად განაწილებული ობიექტების მოდელირება

PDE Toolbox პაკეტის გამოყენებით

ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარ ნარიმანაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

nino.mchedlishvili@gtu.ge, n.narimanashvili@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია დროსა და სივრცეში განაწილებული მართვის ობიექტების მოდელირების ამოცანები. ობიექტების ეს ფართო კლასი კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებებით და მასთან დაკავშირებული სასაზღვრო პირობებით აღიწერება. მართვის პროცესზე პარამეტრების გავლენის შეფასებისათვის საჭიროა ასეთი განტოლებების ამონახსნების მიღება მაღალი სიზუსტით, რაც მნიშვნელოვან მათემატიკურ სიმძნელებთანაა დაკავშირებული. თანამედროვე სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებების გამოყენებით საკმარისად მარტივად მიიღება სხვადასხვა ტიპის სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნები. ამასთან გვეძლევა ტემპერატურული და დიფუზიური ველების დროსა და სივრცეში განაწილების თვალსაჩინო გამოსახულებების მიღების შესაძლებლობა. პროგრამულ უზრუნველყოფათა სიმრავლიდან უპირატესობა მიენიჭა კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab/Simulink-ს, რომლის PDE Toolbox გააჩნია მრავალმხრივი შესაძლებლობები კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებების ამონახსნელად. პაკეტი აღჭურვილია მძლავრი გრაფიკული ინტერფეისით სივრცულად განაწილებული ობიექტების მოდელირებისა და მიღებული შედეგების ეფექტური ვიზუალიზაციისათვის. ნაშრომში მოყვანილია რამოდენიმე კერძო სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნის შედეგები და მათი გრაფიკული ინტერპრეტაცია.

საკვანძო სიტყვები: მართვის ობიექტი, მათემატიკური მოდელი, კერძოწარმოებულიანი განტოლებები, კომპიუტერული მოდელირება, ამონახსნების ვიზუალიზაცია.

1. შესავალი

მართვის სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების აუცილებელი წინაპირობაა სამართავ ობიექტში მიმდინარე გარდაქმნების ზუსტი მათემატიკური აღწერა. ცნობილია, რომ ტექნოლოგიური პროცესების დიდი უმრავლესობა თერმო-ჰიდრო-გაზო დინამიკური გარდაქმნების თანმხლებით მიმდინარეობს. ამიტომაც არ კლებულობს ამ მოდელის ღრმად და დეტალურად შესწავლის ინტერესი, მეტადრე იმ პირობებში როცა საქმე გვაქვს პროცესების მიმდინარეობის არასტაციონალურობასთან, მახასიათებლების არაწრფივობასთან, შემთხვევითი ზემოქმედებების არსებით გავლენებთან და სხვა.

ერთერთი ძირითადი სირთულე მართვის თბოტექნიკური და გაზო-ჰიდროდინამიკური ობიექტების ადეკვატური მათემატიკური მოდელის აგებაში არის მიმდინარე პროცესების

დროით-სივრცული განაწილება, რომელთა აღწერა მხოლოდ კერძოწარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებებითა და შესაბამისი სასაზღვრო პირობების მოცემით არის შესაძლებელი. საკმარისად ბევრი გამარტივების, დაშვებების და შეზღუდვების მიუხედავად ასეთი ამოცანების ამოხსნები რთული სტრუქტურისაა, რაც აძნელებს ობიექტების პარამეტრების მართვაზე გავლენის ინჟინრულ შეფასებას. შესაბამისად უფრო და უფრო მეტ ყურადღების ცენტრში ექცევა ავტომატიზებული მოდელირების თანამედროვე მეთოდები და მათი პროგრამული რეალიზაციები.

2. ძირითადი ნაწილი

განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის ობიექტების დიდი სიმრავლის მიუხედავად, მათი უმრავლესობა საკმარისი სიზუსტით აღიწერება მათემატიკური ფიზიკის განტოლებებით [1,3]; ძირითადად ეს არის მეორე რიგის კერძოწარმოებულნი განტოლებების სამი ძირითადი ტიპი:

- პარაბოლური განტოლებები:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = L_x(u(x,t)) + f(x,t) \quad (1)$$

- ჰიპერბოლური განტოლებები:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = L_x(u(x,t)) + f(x,t) \quad (2)$$

- ელიფსური განტოლებები:

$$L_x(u(x,t)) + f(x,t) = 0 \quad (3)$$

სადაც $u(x,t)$ - ობიექტის მდგომარეობის ფუნქციაა; $f(x,t)$ - გარეგანი ან შინაგანი ზემოქმედებაა, $x \in \Omega \subset R^n$ - სივრცული კოორდინატების ვექტორია, $t \in [0; T]$ - პროცესზე დაკვირვების დროა, ხოლო L_x - ზოგად შემთხვევაში შემდეგი სახის არაწრფივი ელიფსური ოპერატორია:

$$L_x = \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left(a_{ij}(x) \frac{\partial}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^n b_i(x) \frac{\partial}{\partial x_i} \quad (4)$$

კერძოწარმოებულნი დიფერენციალური განტოლების ერთადერთი ამონახსნის მისაღებად აუცილებელია მოცემული იყოს საწყისი და სასაზღვრო პირობები.

საწყისი პირობები ყველაზე ხშირად მოცემულია $u(x,0) = \psi_1(x)$ და $\frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = \psi_2(x)$ განტოლებებით, ხოლო სასაზღვრო პირობები სამ ძირითად კლასად იყოფა:

- დირიხლეს პირობა: $u|_{x \in D} = \varphi(t)$
- ნეიმანის პირობა: $\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{x \in D} = \varphi(t)$
- შერეული პირობა: $\left(\alpha + \beta \frac{\partial u}{\partial n} \right) \Big|_{x \in D} = \varphi(t)$

სადაც, D - დაკვირვების სივრცის საზღვარია, n - საზღვრის მიმართ ნორმალის ვექტორია, α და β - მუდმივებია.

მართვის ობიექტის ადექვატური მოდელის მისაღებად საჭიროა ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება იდენტიფიკაციის გარკვეული მეთოდის გამოყენებით, რის შედეგად ნაწილობრივ მიიღება სტრუქტურა და ფასდება მოდელის პარამეტრები. ამ პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა ავირჩიოთ საუკეთესო პროგრამული უზრუნველყოფა. არსებობს მრავალი პროგრამული ინსტრუმენტი განაწილებული პარამეტრების მქონე ობიექტების კომპიუტერული მოდელირებისთვის და კერძოწარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებების ამოსახსნელად. მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და გავრცელებული არის კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab და მისი გაფართოება Partial Differential

Equations Toolbox (PDE Toolbox). პაკეტს მრავალი ფუნქციონალური საშუალებები აქვს, მათ შორის კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებების სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის საშუალება სასრული ელემენტების მეთოდის რეალიზაციით [2, 3, 5, 6].

პაკეტი შედგება ფუნქციების ნაკრებისგან, რომლებიც ახდენენ სასრულ ელემენტთა მეთოდის განხორციელებას მეორე რიგის სხვადასხვა სახის კერძო წარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებების და მათი სისტემების გადასაჭრელად (ელიფსური, პარაბოლური და ჰიპერბოლური განტოლებები). პაკეტში ასევე შედის pdetool აპლიკაცია მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისით, რაც აადვილებს პაკეტის ფუნქციების კომპლექტზე წვდომას. პაკეტი უზრუნველყოფს ეფექტურ ინსტრუმენტებს განტოლებათა ამოსახსნელად. პაკეტის ბრძანებები და გრაფიკული ინტერფეისი შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიფერენციალური განტოლებების მათემატიკური მოდელირებისთვის საინჟინრო და სამეცნიერო აპლიკაციების ფართო კლასთან მიმართებაში. [3, 4, 7].

პაკეტის ძირითად საშუალებებს მიეკუთვნება: სრულფასოვანი გრაფიკული ინტერფეისი მეორე რიგის კერძო წარმოებულელებიან განტოლებების დასამუშავებლად; ბადის ავტომატური შერჩევა; სასაზღვრო პირობების არჩევანი (დირიხლეს, ნეიმანის და შერეული); პრობლემის ჩამოყალიბება MATLAB სინტაქსის გამოყენებით [4, 5]; სრულად ავტომატიზებული ბადური დაყოფა და სასრული ელემენტების ზომის შერჩევა; არაწრფივი და ადაპტური გამოთვლის სქემები; სხვადასხვა პარამეტრების განაწილების ველის და ფუნქციური ამონახსნების ვიზუალიზაციის შესაძლებლობა; მიღებული დანაყოფის და ანიმაციური ეფექტების დემონსტრირება და სხვა.

პირველ ეტაპზე განვიხილოთ გამარტივებული ჰიპერბოლური ტიპის სასაზღვრო ამოცანა ორი სივრცული კოორდინატით:

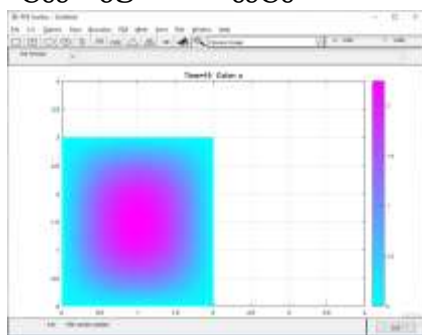
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$u(0, y, t) = u(l_1, y, t) = u(x, 0, t) = u(x, l_2, t) = 0$$

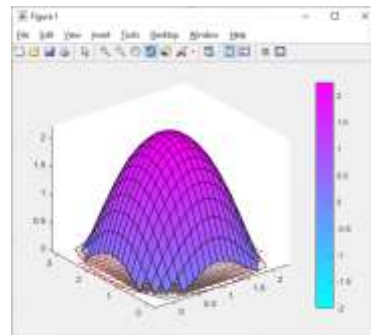
$$u(x, y, 0) = A_{xy}(l_1 - x)(l_2 - y)$$

$$u_t(x, y, 0) = 0$$

ასეთი განტოლებებით აღიწერება რხევითი ბუნების მქონე დროით-სივრცულად განაწილებული ტექნიკური ობიექტები.



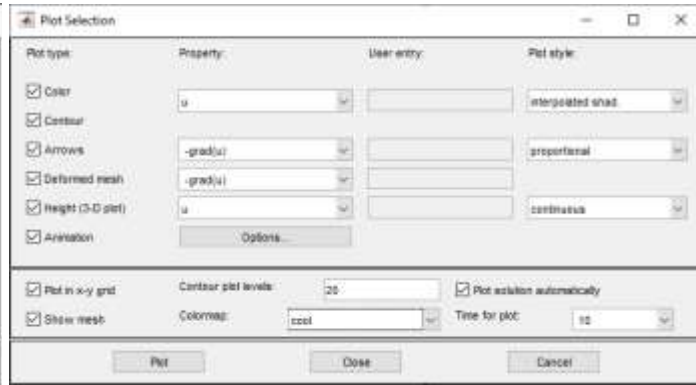
ნახ. 1



ნახ. 2



ნახ. 3



ნახ. 4

მეორე ამოცანად განვიხილოთ სითბოსგამცემი ელემენტის ტემპერატურული ველის განაწილების ვიზუალიზაციის ამოცანა. საფუძვლად ავიღოთ თბოგადაცემის შემდეგი განტოლება:

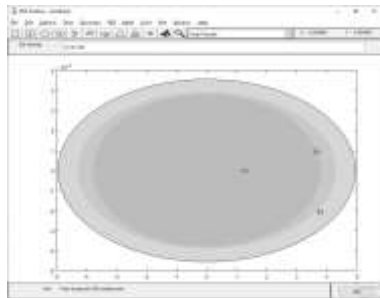
$$k \frac{\partial u}{\partial t} - \nabla c(\nabla u) + au = f,$$

სადაც u - შეესაბამება სხეულის ტემპერატურას; c - სითბოგამტარობის კოეფიციენტი; au - სითბოს შინაგანი წყაროს შესაბამისი სიდიდე; f - სითბოს შინაგანი წყაროების საერთო სიმძლავრის კოეფიციენტი; k - არასტაციონარული ამოცანის მოცულობითი სითბოტევადობა ($k = c\rho$).

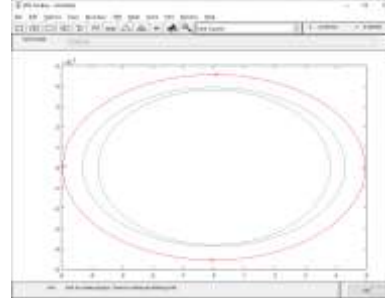
სასაზღვრო პირობები ნეიმანის განზოგადებული თეორემითაა მოცემული:

$$n(c \text{grad} u) + qu = g,$$

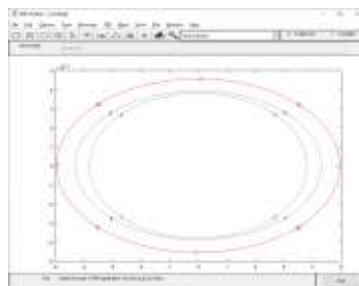
სადაც n - საზღვრის მიმართ ნორმალის ვექტორია, ხოლო q - სითბოგადაცემის კოეფიციენტი.



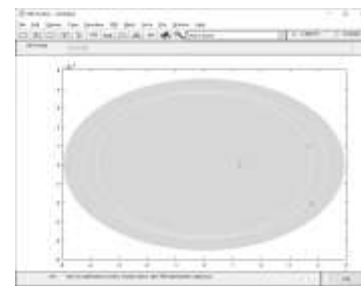
ნახ. 5



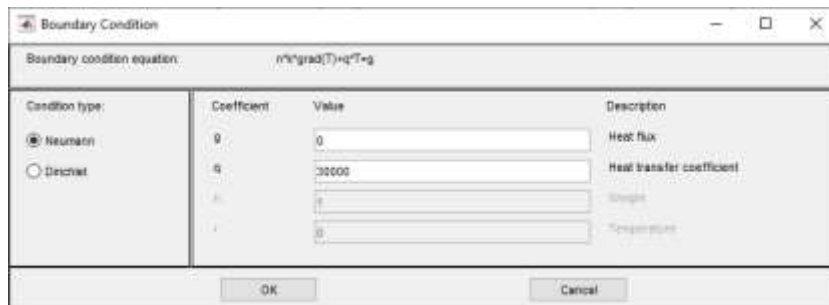
ნახ. 6



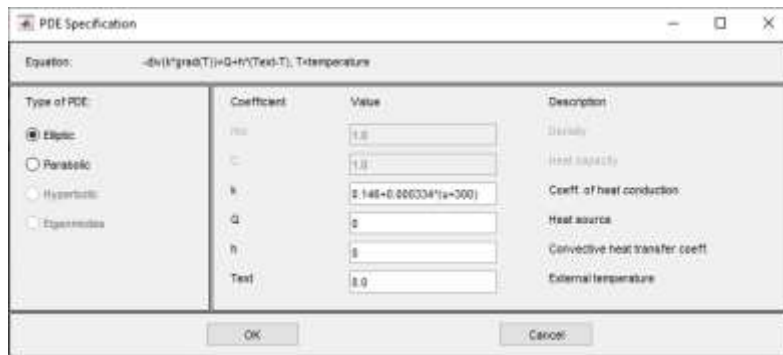
ნახ. 7



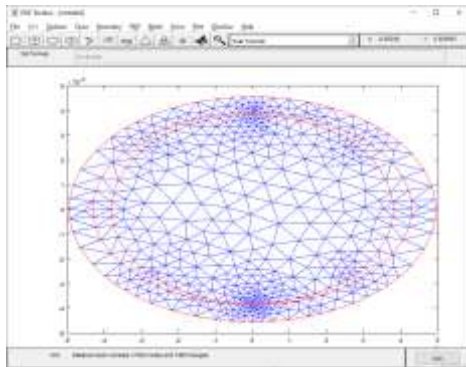
ნახ. 8



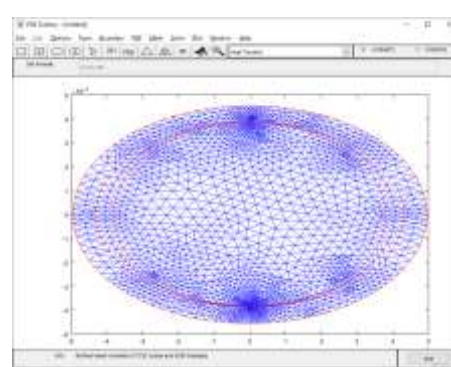
ნახ. 9



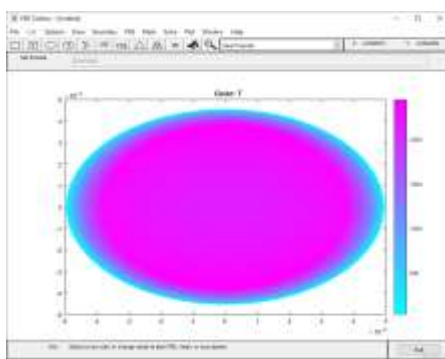
Баб.10



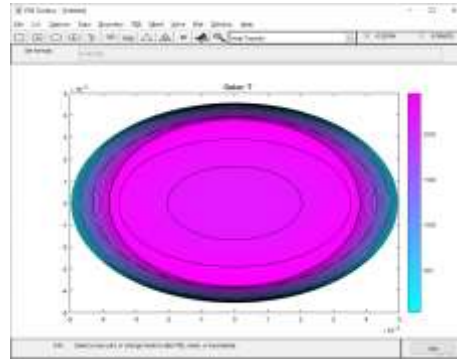
Баб. 11



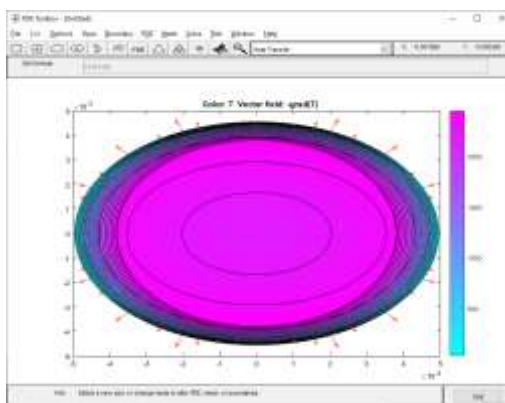
Баб. 12



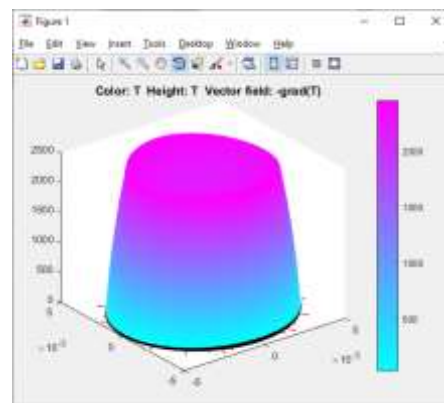
Баб. 13



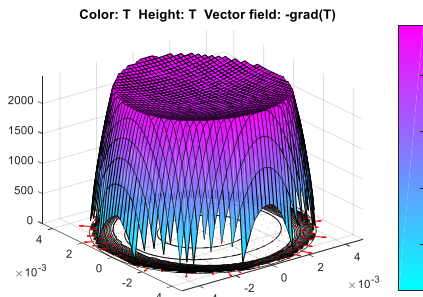
Баб. 14



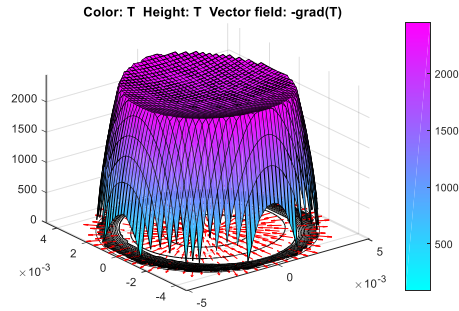
Баб. 15



Баб. 16



ნახ. 17



ნახ. 18

3. დასკვნა

დროსა და სივრცეში განაწილებული ობიექტების ეფექტური მართვისათვის აუცილებელია მისი ადეკვატური მოდელის აგება. მათემატიკური ფიზიკის კლასიკური განტოლებების ამოხსნა დაკავშირებულია სირთულეებთან და არ გვაძლევს ტემპერატურული (ან სხვა სახის) ველების განაწილების თვალსაჩინო სურათს. თანამედროვე გამოთვლითი სიმულაციები და სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა იძლევიან ახალ შესაძლებლობებს მართვის ობიექტების მოდელირებისა და იდენტიფიკაციის ამოცანების გადასაჭრელად. კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab/Simulink-ის გაფართოება - PDE Toolbox პაკეტი საშუალებას იძლევა მარტივად გადავწყვიტოთ სასაზღვრო ამოცანების მოდელირებისა და ვიზუალიზაციის საკითხები. ნაშრომში ეს საკითხები გადაწყვეტილია ჰიპერბოლური და პარაბოლური ტიპის გამარტივებული განტოლებებისათვის.

ლიტერატურა-References

1. Mchedlishvili.N; Narimanashvili.N. (2009). Identification of non-linear dynamic control systems. Georgian Technical University, Tbilisi.
2. Mark S. Gockenbach. (2010). Matlab Tutorial to accompany Partial Differential Equations: Analytical and Numerical Methods, 2nd edition, SIAM.
https://www.academia.edu/9037817/MATLAB_Tutorial_to_accompany_Partial_Differential_Equations
3. ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარ ნარიმანაშვილი, ნათია ჭინჭარაული - მართვის განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტების კომპიუტერული მოდელირება, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები - 2022“, საქართველო, თბილისი, 2022 წელი, 18-19 ნოემბერი, გვ. 197-201.
4. Mchedlishvili. N; Narimanashvili. N. (2021). Modeling of distributed objects, transactions automated control systems N 1(32), Vol.2 Georgian Technical University, Tbilisi. pp 55-59
5. Udovenko V.A. Rasteryaev N.V. (2014). Calculation of Thermal Fields in the Conductor with Matlab in PDE-Toolbox Module. Novoshakhtinsk.
6. Partial Differential Equation Toolbox™ User's Guide, The MathWorks, 2016.
7. A.N. Diligenskaya, I.A. Danilushkin. (2012). Mathematical Modeling of Systems with Distributed Parameters, Samara State Technical University.

Modeling of Spatially Distributed Control Objects Using the PDE Toolbox Package

Nino Mchedlishvili, Nodar Narimanashvili
nino.mchedlishvili@gtu.ge, n.narimanashvili@gtu.ge
Georgian Technical University

Summary

The paper discusses the tasks of modeling control objects distributed in time and space. This broad class of objects is described by proprietary differential equations and associated boundary conditions. In order to evaluate the influence of parameters on the management process, it is necessary to obtain the solutions of such equations with high accuracy, which is associated with significant mathematical difficulties. With the use of modern special software tools, solutions to various types of boundary value problems can be obtained relatively easily. In addition, we are given the opportunity to obtain visible images of the distribution of temperature and diffusion fields in time and space. Among the many software, computer modeling system Matlab/Simulink was preferred, whose PDE Toolbox has versatile capabilities for solving proprietary differential equations. The package is equipped with a powerful graphical interface for modeling spatially distributed objects and effective visualization of the obtained results. The paper presents the results of solving several private boundary problems and their graphical interpretation.

Keywords: control object, mathematical model, partial differential equations, computer modeling, solution visualization.

ფიჭური ქსელები, Wi-Fi ქსელები და Li-Fi ქსელები

¹ტატინა ბურკაძე, ²სალომე მახარაძე

^{1,2}საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ^{1,2}ასოც.პროფესორი
t.burkadze@gtu.ge, s.makharadze@gtu.ge

რეზიუმე

უსადენო ტექნოლოგიების ყველაზე პოპულარული სეგმენტია უსადენო ინტერნეტი, რაც დღეს ცხოვრების განუყოფელი და აუცილებელი ნაწილია პრაქტიკულად მომხმარებლების სხვადასხვა ჯგუფებისთვის - დაწყებული IT-სპეციალისტებითა და ბიზნესმენებით და დამთავრებული დიასახლისებითა და პენსიონრებით.

უსადენო ტექნოლოგიებით შესაძლებელია ქსელით სარგებლობა სრულიად განსხვავებულ სიტუაციებში და ადგილებში - კაფეში, ქუჩაში, აეროპორტში, ტრანსპორტში და ა.შ. ეს კი უზრუნველყოფს ინტერნეტის შესაძლებლობების ხელსაყრელ გამოყენებას.

ეს სტატია განიხილავს ფიჭურ ქსელებს, Wi-Fi (Wireless Fidelity) ქსელებსა და Li-Fi (Light Fidelity) ქსელებს.

ფიჭურ ქსელებში ინფორმაციის გადასაცემად გამოიყენება რადიოტალღები. ფიჭური ქსელების მუშაობის არსი არის ის, რომ მონაცემები გადაეცემა მოწყობილობის ლოკალურ ანტენას "ფიჭიდან" ან ფიჭის ანძიდან. გარკვეული სიხშირის დიაპაზონის რადიოტალღების საშუალებით ერთმანეთთან დაკავშირებით ისინი ქმნიან გლობალურ ფიჭურ ქსელს.

ყოველი შემდგომი ნებისმიერი თაობის კავშირგაბმულობის სპეციფიკაცია, როგორც წესი, იწვევს მომსახურების ფუნდამენტალური ხასიათის ცვლილებებს, შეუთავსებელს გადაცემის წინა თაობის ტექნოლოგიებთან, ქმნის სიხშირეების ახალ ზოლებს, გატარების ზოლების უფრო ფართო არხებს, გამოხატულს სიხშირის ერთეულებში - ჰერცებში, აგრეთვე უფრო დიდ ტევადობებს მონაცემების მრავალი ერთდროული გადაცემისთვის (სპექტრალური ეფექტურობის უფრო მაღალი სისტემით, რომელიც გაიზომება ბიტი/წმ/ჰც/სექტორი).

მონაცემთა გადაცემის მოცულობები მუდმივად იზრდება. მილიარდი მოწყობილობები მუდმივად გადაცემენ და იღებენ ინფორმაციას. პრაქტიკულად, ყოველ ჩვენთაგანს აქვს სმარტფონი და ხშირად ერთზე მეტი. საგანთა ინტერნეტის ტექნოლოგიების განვითარება ხელს უწყობს ამ პროცესს. ეს კი ახალ მოთხოვნებს უყენებს ქსელურ ინფრასტრუქტურას. დღევანდელობას სჭირდება ახალი ქსელები, რომლებიც შეძლებენ მონაცემთა უფრო დიდი მოცულობების გადაცემას უფრო მცირე დაყოვნებით. ეს განსაკუთრებით საჭიროა საწარმოო სისტემების, ვირტუალური და დამატებითი რეალობის, ავტონომიური ტრანსპორტისთვის.

დღეს მიმდინარეობს 5G ტექნოლოგიის შეთავაზება, რომელიც უფრო ტევადი და ეკონომიური ქსელების შექმნის შესაძლებლობას იძლევა 4G-სთან შედარებით. თუმცა, ასეთი მიდგომის მნიშვნელოვანი ნაკლია ის, რომ 5G ქსელის ორგანიზება ხდება თითქმის ნულიდან, რაც მნიშვნელოვან ხარჯებს გამოიწვევს და გააძვირებს კავშირგაბმულობას, განსაკუთრებით დაშორებული ლოკაციებისთვის.

ფიქრობენ, რომ Li-Fi ქსელი, დღეს ყველაზე თანამედროვე ტექნოლოგიებთან, მათ შორის Wi-Fi-სა და 5G-ს შედარებით, სწრაფ, უფრო საიმედო და უსაფრთხო შეერთებას უზრუნველყოფს.

სტატიკურად ყველა აღწერილი უსადენო ქსელი განიხილება მათი განვითარების თვალსაზრისით. საკმაოდ ვრცლად მოცემულია თითოეული მათგანის დადებითი მხარეები და განვითარების პერსპექტივები.

საკვანძო სიტყვები: ფიჭური ქსელები/თაობები 1G, 2G, 3G, 4G, 5G/Wi-Fi ქსელი, Wi-Fi 1,...,Wi-Fi 6/, უსადენო ქსელის ტექნოლოგია/ რადიო სიგნალი/ოპტიკური სიგნალი/Li-Fi ქსელი.

შესავალი

დღეს მონაცემთა გადაცემის სფეროში დიდი განვითარება მოიპოვა უსადენო ქსელებმა. ამის წინაპირობაა მათი გამოყენების მოხერხებულობა, ხელსაყრელობა და სათანადო გამტარუნარიანობა. უსადენო ქსელებში ინფორმაციის გადასაცემად გამოიყენება რადიოტალღები, ასევე ინფრაწითელი, ოპტიკური ან ლაზერული გამოსხივება.

ჩვენ განვიხილავთ უსადენო კავშირის ქსელებს, სადაც ფიჭურ ქსელებსა და Wi-Fi ქსელში, ინფორმაციის გასავრცელებლად გამოიყენება რადიოტალღები და Li-Fi ქსელში კი ოპტიკური გამოსხივება; ასევე მოცემულია ამ ქსელების გამოყენების პერსპექტივების შეფასება.

ფიჭური ქსელები

ფიჭური კავშირგაბმულობის თაობების განვითარებების ქრონოლოგია პირობითად შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

- 1G გამოჩნდა 1980 წელს: ანალოგური ქსელით ლაპარაკის გადაცემის მომსახურება 54 კბიტი/წმ-ში სიჩქარით;
- 2G გამოჩნდა 1990 წელს: ციფრული ქსელით ლაპარაკის გადაცემა, მონაცემების (GPRS, EDGE) გადაცემების დაბალსიჩქარიანი მომსახურება;

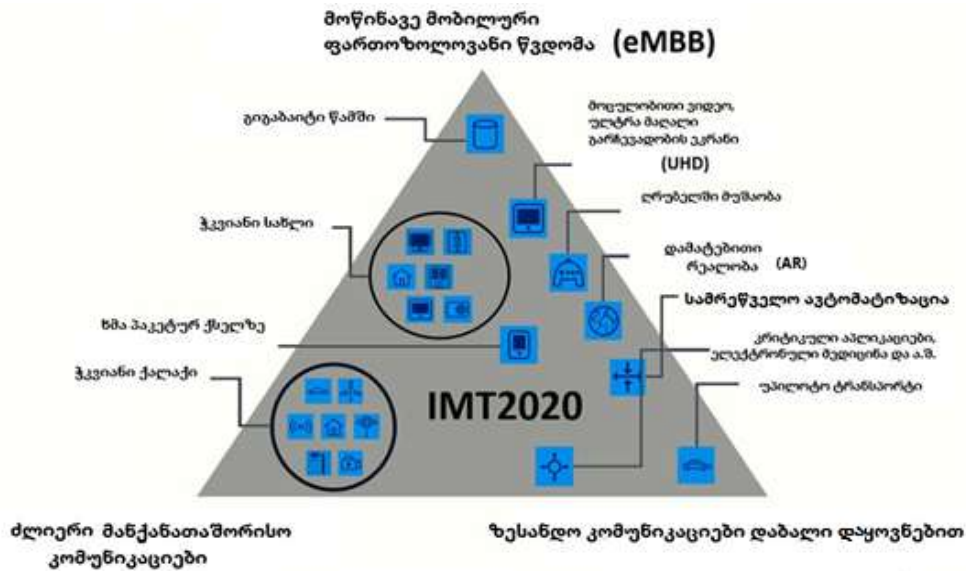
- 3G გამოჩნდა 2000 წელს: მაღალსიჩქარიანი მონაცემთა სერვისები (HSPA), ხმის გადაცემის შესაძლებლობით IP-ზე, მობილური ინტერნეტში წვდომა MBB-ით (ფართოზოლოვანი მობილური).
- 4G გამოჩნდა 2010 წელს: მობილური ფართოზოლოვანი MBB დაფუძნებული LTE, LTE-A ბაზაზე, ხმის გადაცემა (VoLTE);
- 5G გამოჩნდა 2020 წელს: გაუმჯობესებული მობილური ფართოზოლოვანი წვდომა eMBB, „ჭკვიანი სახლი“, IoT; გადაცემის თეორიული სიჩქარე - 20 გბიტი/წმ.

სწორედ გაუმჯობესებული ტექნიკური შემადგენელი ქმნის განსხვავებას ფიჭური კავშირგაბმულობის თაობებს შორის. მაგალითად, განვიხილოთ სიგნალის გაყოფის ტექნოლოგიის განვითარების ისტორია. 1G-ში ყოველ აბონენტს გამოეყოფოდა სიხშირის საკუთარი დიაპაზონი, რომლის მეშვეობითაც ის იღებდა ოპერატორის სიგნალს. 2G-ში სიხშირეები იყო საერთო, მაგრამ მონაცემებს თითოეული მომხმარებელი იღებდა სხვა მომხმარებლისგან გარკვეული დროის შუალედში. 3G-ში სამუშაო დიაპაზონი ასევე საერთოა, მაგრამ თითოეული აბონენტისთვის მონაცემების კოდირება ხდება განსხვავებულად - ამით გაიზარდა გადაცემის სიჩქარე. თუმცა, როდესაც გამოთვლითი პროცესები გადატანილი იქნა მობილურ ტელეფონებში, მართალია, ამან გაზარდა მიერთების სიჩქარე, მაგრამ იმავდროულად მოწყობილობის ენერგოეფექტურობა შეამცირა. 4G-ზე გადასვლით სიგნალის გაყოფა ხდება ციფრული დამუშავების დახმარებით: არხი, რომლის მეშვეობითაც გადის სიგნალი, იყოფა ქვეარხებად, რომელთა მეშვეობითაც ხდება თითოეული მოწყობილობის მომსახურება.

5G ქსელები მნიშვნელოვნად აფართოებს წინა თაობების მობილური ქსელების შეზღუდულ ფუნქციონალს. 5G ქსელების ძირითადი ფუნქციონალური თავისებურებებია:

- გაუმჯობესებული მობილური ფართოზოლოვანი წვდომა eMBB (enhanced MBB);
- ულტრა სანდო კომუნიკაციები დაბალი დაყოვნებით ULLRC (Ultra Low Latency Reliable Communication);
- მასიური მანქანათშორისი კომუნიკაციები Massive IoT/IIoT, mMTC (massive Machine Type Communication).

ფუნქციონალის ამ სამი გენერალიზებული სახის საფუძველზე იქმნება მრავალფეროვანი მომსახურებისა და შესაძლებლობების ქსელები IMT2020 (5G), რომელთაგან ყველაზე მახასიათებელი მოცემულია ქვემოთ ფიგურა 1-ზე:



ფიგურა 1. 5G ქსელი

5G-ში გამოიყენება დაყოფის ტექნოლოგია, მსგავსი 4G-ის, მაგრამ ქვეარხები ერთმანეთთან უფრო ახლოს არიან განლაგებული, რამაც მნიშვნელოვნად გაზარდა ქსელის ეფექტურობა.

სხვა ფაქტორი. სიგნალის გადაცემის პროცესში მთავარია Massive MIMO-ს ტექნოლოგია. მისი მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ფიჭის მიერ რამდენიმე სიგნალის ერთდროულად გადაცემაზე. იმის გამო, რომ სიგნალის ასეთი ტალღა გაივლის სხვადასხვა გზას სხვადასხვა დროში, ერთი სიგნალი მიმღებში (მაგალითად, სმარტფონში) შესვლისას გადაფარავს მეორეს. ამის გამო ორივე სიგნალი ძლიერ ამახინჯებს ერთმანეთს - ანუ ხდება ე.წ. სიმბოლოებშორისი ინტერფერენცია. პრობლემა მარტივად წყდება. Massive MIMO არის ტექნოლოგია, რომელიც, ფიჭაში მრავალი ანტენების წყალობით, მრავალი პარალელური სიგნალის შექმნის შესაძლებლობას იძლევა. იმავდროულად, თანამედროვე სმარტფონებში, პლანშეტებში და ნოუტბუქებში ძველებურად არა ერთი მიმღები ანტენაა, არამედ ორი, რაც ტექნიკას ყოველი სიგნალის ანალიზისა და საწყისი სიგნალების სწორად აღდგენის შესაძლებლობას აძლევს. შედეგად გვაქვს სხვადასხვა სიგნალების მიღების უდიდესი აჩქარება.

მეორე ტექნოლოგიური „სიახლეა“ - BeamForming, „სხივის ფორმირება“. ადრე სიგნალი ფიჭიდან პრაქტიკულად ყველა მიმართულებით გადაეცემოდა, რისთვისაც საჭირო იყო ჭარბი სიმძლავრეები. მაგრამ, უკვე 5G-ში გადამცემი, მრავალი ანტენის მეშვეობით, სიგნალს იძლევა ფაზის მცირე გადაწევით, რითაც ტალღების ნაწილი ერთმანეთს აქრობს, ხოლო მეორე ნაწილი, პირიქით, აძლიერებს. შედეგად, იქმნება უშუალოდ მოწყობილობაზე მიმართული სხივი. ეს კი, უპირველესად, დადებით გავლენას ახდენს სიგნალის წყაროს გამტარუნარიანობაზე.

5G-ის ალტერნატივად შესაძლებელია მიჩნეულ იქნეს უკაბელო კავშირგაბმულობის სტანდარტი 802.11ax, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც Wi-Fi 6.

Wi-Fi ქსელი

განვიხილოთ Wi-Fi კავშირი, სადაც ინფორმაციის გადასაცემად ასევე გამოიყენება რადიოტალღები.

Wi-Fi არის ლოკალური ქსელის ფარგლებში მონაცემების გადაცემის უსადენო ტექნოლოგია, რაც ხორციელდება სპეციალური მოწყობილობით IEEE 802.11 სტანდარტის საფუძველზე.

მისი მუშაობის პრინციპია:

1. ინტერნეტ-კაბელის გაყვანა;
2. კაბელის მიერთება როუტერთან, რომლის დახმარებითაც იქმნება ლოკალური ქსელი. მის გარეშე Wi-Fi-ს გამოყენება შეუძლებელია;
3. უკაბელო ქსელით როუტერს უერთებენ სხვადასხვა მოწყობილობებს: ნოუტბუქი, სმარტფონი, ტელევიზორი და ა.შ. იქმნება ლოკალური ქსელი ინტერნეტში შესვლით.

შეიძლება დავასკვნათ: Wi-Fi ქსელი არის მოწყობილობების ლოკალური ქსელი, რომლებიც უსადენო ტექნოლოგიით მიერთებულია მარშრუტიზატორთან, რომელიც უზრუნველყოფს ამ მოწყობილობების შესვლას ინტერნეტში. მიერთებული მოწყობილობების რიცხვი შეზღუდულია როუტერის ტექნიკური პარამეტრებით.

პირობითად, IEEE 802.11 სტანდარტი ექვს თაობად იყოფა:

- 802.11b, შეიქმნა 1990-იან წლებში. გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 54 მგბიტი/წმ. მიეკუთვნება Wi-Fi1-ს;
- 802.11a, შეიქმნა 1990-იან წლებში. გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 54 მგბიტი/წმ. მიეკუთვნება Wi-Fi2-ს;
- 802.11g, შეიქმნა 2003 წელს. გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 54 მგბიტი/წმ. მიეკუთვნება Wi-Fi3-ს;
- 802.11n შეიქმნა 2009 წელს და შესაძლებელია უზრუნველყოს გადაცემის საშუალო სიჩქარე 150 მგბიტი/წმ. მიეკუთვნება Wi-Fi4-ს. ასევე მას მიეკუთვნება სტანდარტი 802.11-2012 და 802.11ad;
- 802.11ac შეიქმნა 2014 წელს და მიეკუთვნება Wi-Fi5. მონაცემების გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე აღწევს 6,77 გბიტი/წმ;
- 802.11ax არის ყველაზე თანამედროვე სტანდარტი, შეიქმნა 2019 წელს და მიეკუთვნება Wi-Fi6-ს.

Wi-Fi 6 ქსელები, წინა სტანდარტების ქსელებთან შედარებით, ემსახურებიან უფრო მეტ მომხმარებლებს. ამასთან, ტექნოლოგია უზრუნველყოფს აბონენტისთვის მონაცემების შეუფერხებელ გადაცემას, პირობების გარეშე. ამ მიზნით ახალი სტანდარტი ითვალისწინებს რამდენიმე საერთო მექანიზმს:

- მულტიპლექსირების მხარდაჭერა;
- Wi-Fi 6 ახალი სტანდარტის დანადგარები იყენებენ ორ მუშა სიხშირეს - 2,4 გჰც-ს და 5 გჰც-ს, განიხილება 6 გჰც-ის სიხშირის გამოყოფის შესაძლებლობა. ამით შესაძლებელი გახდება Wi-Fi 6 ქსელის მუშა სიხშირეებში წინა თაობის მოწყობილობების გამოყენებაც;
- პაკეტების მარკირების მექანიზმი. Wi-Fi 6 სტანდარტი ეყრდნობა BSS Coloring მექანიზმს, რაც გადასაცემი პაკეტების მარკირების შესაძლებლობას იძლევა. ამით მოწყობილობა იგნორირებას უკეთებს პაკეტებს უცხო ქსელიდან. ამდენად, Wi-Fi 6 სხვადასხვა ქსელს შეუძლია ერთი და იგივე დიაპაზონში იმუშაოს ერთმანეთისთვის ხელშეუშლელად;
- 6 გჰც-ის სიხშირე. ამის წყალობით Wi-Fi 6 ქსელებში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წინა თაობების მოწყობილობებიც.
- რეალიზებულია უწყვეტი როუმინგი.

ყოველივე ეს Wi-Fi 6 ტექნოლოგია წარმოადგენს საგნების ინტერნეტის უზრუნველყოფის შესანიშნავ ვარიანტს.

Li-Fi ქსელები

როგორც ზემოთ აღინიშნა, Li-Fi ქსელი ინფორმაციის გადასაცემად იყენებს ოპტიკურ გამოსხივებას.

Li-Fi ტექნოლოგია (Light Fidelity) არის ახალი თაობის ორმხრივი (ორმომართულებიანი) უსადენო ტექნოლოგია, რასაც საფუძვლად უდევს ღია სივრცეში ხილული სინათლის გამოყენება, ტალღამტარის გარეშე.

რადიო ტალღების ნაცვლად Li-Fi გადასცემს მონაცემებს ორობითი კოდების შექმნით, რისთვისაც იყენებს ჩვეულებრივი სინათლის დიოდური ლამპების მეშვეობით ოპტიკურ დიაპაზონში სინათლის ციმციმს, რაც განათებისთვის გამოიყენება, ხოლო მიმღებები ფოტონებს კვლავ ინფორმაციად გარდაქმნიან. ამასთან მომხმარებლები საერთოდ ვერ შენიშნავენ ციმციმს, რამდენადაც ის ხდება 60 ჰც-ის სიხშირის ზევით და ადამიანის მხედველობა მას ვერ აღიქვამს.

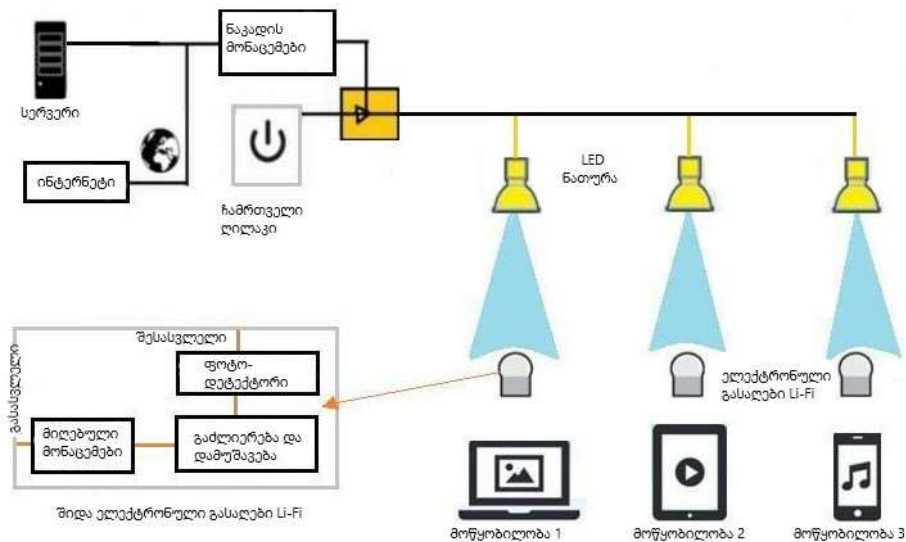
ამ ტექნოლოგიაზე მომუშავე კომპანიებმა შეძლეს Li-Fi დანადგარების ინტეგრირება სახლებისა და ოფისების განათების ჩვეულებრივ სისტემებში, ხოლო ზოგიერთი კომპანია ფიქრობს მონაცემების გადასაცემად ქუჩის განათებების, ფარებისა და შუქნიშნების გამოყენებას, პოტენციურად ჭკვიანი მანქანების ერთმანეთთან „კომუნიკაციის“ უზრუნველყოფით. მოელიან, რომ ახალი სტანდარტის მიღებით უზრუნველყოფილ იქნება ასეთი სისტემების ურთიერთქმედება Wi-Fi-ს ბაზაზე შექმნილ ალტერნატიულ სისტემებთან.

ამ სისტემის ერთ-ერთ თავისებურებაა Li-Fi ტექნოლოგიის მუშაობის პრინციპის სიმარტივე. ის მოიცავს ორ ელემენტს:

1. გადამცემი - თეთრი სინათლის წყარო;
2. მიმღები - მგრძნობიარე ფოტო სენსორი, რომელიც აკონტროლებს ნებისმიერ ცვლილებას განათების დონეში.

სიგნალის წყარო გამოსცემს ციმციმა სინათლეს, რომელსაც იღებს მგრძნობიარე სენსორი და გარდაქმნის „ერთიანებისა“ და „ნულების“ ნაკრებად. ორმხრივი კავშირისთვის ყოველ მოწყობილობას უნდა ჰქონდეს ორივე ელემენტი.

პრაქტიკაში როუტერის როლს ცვალებადი განათების მქონე სინათლის დიოდური ნათურა ასრულებს. ამასთან, პერსონალური კომპიუტერი, ტელეფონი ან სხვა მოწყობილობა კომპლექტდება განათების სენსორით, რომელიც ციმციმის გარჩევას ახდენს. უკუმომართულებით სამუშაო სრულდება შემდეგნაირად: განათებაში ჩაშენებულია ფოტო სენსორი, ხოლო ტელეფონი ან სხვა მოწყობილობა მონაცემებს გადასცემს დისპლეის მანათობლის ასეთივე ციმციმით ან სპეციალური სინათლის დიოდით. თუ მოწყობილობაში არ არის გათვალისწინებული ეკრანი, ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სინათლის სპეციალური წყარო კორპუსში (ფიგურა 2).



ფიგურა 2. Li-Fi ქსელში კავშირის ორგანიზება

როგორც ვხედავთ, ტექნიკური მახასიათებლები შესაძლებელს ხდის Li-Fi ქსელის გამოყენებას საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში.

და ბოლოს, განვიხილოთ ამ ტექნოლოგიის დადებითი მახასიათებლები:

1. სიჩქარე 10 გბიტი/წმ-ზე მეტი;
2. სრული უსაფრთხოება, არ აქვს ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, არ ახდენს გავლენას სამედიცინო აპარატურაზე;
3. ენერჯის ეკონომია ქსელის განათებასა და განაწილებაზე;
4. ნაკლებია ხარჯები: უფრო იაფია შექმნა და მიერთება;
5. გამოიყენება სინათლე და არა რადიოსიხშირის სიგნალები;
6. უსაფრთხოა საჭაერო ხომალდებში გამოსაყენებლად;
7. Li-Fi მუშაობს წყლის ქვეშ;
8. სამედიცინო მოწყობილობებში გამოყენების შესაძლებლობა.

Li-Fi ქსელის უარყოფით მახასიათებლებს განეკუთვნება:

1. Li-Fi-ს მიერთება სინათლის წყაროს გარეშე შეუძლებელია;
2. ტექნოლოგია შეზღუდულია ფიზიკური ბარიერებით;
3. მდგრადობის შემცირება და დაბრკოლებები მზეზე.

დასკვნა

ექსპერტების მტკიცებით, Li-Fi ქსელის სტანდარტის მიღებით არ გაქრება Wi-Fi, 5G, ასევე საკაბელო ქსელებიც. საკაბელო და რადიოკავშირზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიებს კვლავაც ექნებათ ზოგიერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა ოპტიკურთან შედარებით.

Li-Fi-ს უპირატესობა არა მარტო მაღალი სიჩქარეა, არამედ ოპტიკურ სპექტრში მუშაობაც, რაც უზრუნველყოფს საიმედოობას, მცირე დაყოვნებას და ართულებს მესამე პირის მიერ მონაცემთა ხელში ჩაგდებას. მაგალითად, მნიშვნელოვანია, რომ სინათლე არ ვრცელდება კედლებს გარეთ, Wi-Fi სიგნალისგან განსხვავებით და ამდენად გადაცემის მონაცემების ხელში ჩაგდება შენობის გარედან პრაქტიკულად შეუძლებელია.

Wi-Fi-სა და 5G-სთან შედარებით Li-Fi-ს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვს. ის მუშაობს იქ, სადაც რადიოქსელი გადატვირთულია. უფრო მეტიც, ეს ტექნოლოგია უზრუნველყოფს მძლავრ და სტაბილურ სიგნალს იქაც კი, სადაც სხვა უსადენო

გადაწყვეტილებებს სიძნელეები წარმოემდგებათ. IEEE 802.11bb სტანდარტის გამოქვეყნების შემდეგ უფრო მეტად შეიძლება ირწმუნო Li-Fi ტექნოლოგიის მომავალი და უფრო მეტად დაინერგოს ის, შესაბამისი პირობების არსებობისას.

გამოყენებული ლიტერატურა

4. В. Г. Беленький, А. В. Лошкарев *Беспроводные сети* передачи данных: учебное пособие для СПО. - Саратов : Профобразование, 2022. 98 с. - ISBN 978-5-4488.
5. <https://club.dns-shop.ru/blog/t-326-internet/43217>; <https://www.tp-link.com>wifi>;
6. <https://www.prof-led.ru/news/li-fi>; <https://shorturl.at/myBZ4>; <https://rb.gy/nsdg9>; (12.09.23).

A cellular network, Wi-Fi network and Li-Fi network

¹Tatiana Burkadze, ²Salome Makharadze

^{1,2}Georgian Technical University, ^{1,2}Associate Professor

t.burkadze@gtu.ge, s.makharadze@gtu.ge

Resume

The most popular segment of wireless technologies is wireless Internet, which is an integral and necessary part of life today for practically different groups of users - from IT specialists and businessmen to housewives and retirees.

With wireless technologies, it is possible to use the network in completely different situations and places - in a cafe, on the street, at the airport, in transport, etc. This ensures a favorable use of Internet capabilities.

This article discusses cellular networks, Wi-Fi (Wireless fidelity) networks, and Li-Fi (Light Fidelity) networks.

Radio waves are used to transmit information in cellular networks. The essence of the operation of cellular networks is that data is transmitted to the device's local antenna from a "cell" or cell tower. By connecting to each other through radio waves of a certain frequency range, they form a global cellular network.

Each subsequent communication specification of any generation usually involves changes in the fundamental nature of the service, incompatible with the previous generation of transmission technologies, creates new frequency bands, wider bandwidth channels, expressed in frequency units - hertz, as well as greater capacities for multiple simultaneous data transmissions (with a higher spectral efficiency system, measured in bits/s/Hz/sector).

Data transfer volumes are constantly increasing. Billions of devices are constantly transmitting and receiving information. Virtually every one of us has a smartphone, and often more than one. The development of Internet of Things technologies facilitates this process. This puts new demands on the network infrastructure. Today's needs new networks that can transfer larger volumes of data with lower latency. This is especially needed for production systems, virtual and augmented reality, autonomous transport.

Today, 5G technology is being offered, which provides the opportunity to create more capacious and cost-effective networks compared to 4G. However, an important drawback of such an approach is that the 5G network is organized almost from nil, which will lead to significant costs and make communication more expensive, especially for remote locations.

The Li-Fi network is thought to provide a faster, more reliable and secure connection compared to today's state-of-the-art technologies, including Wi-Fi and 5G.

All wireless networks described in the article are discussed from the point of view of their development. The positive aspects and development perspectives of each of them are given in detail.

Key words: Cellular networks/generations 1G, 2G, 3G, 4G, 5G/Wi-Fi network, Wi-Fi 1, ..., Wi-Fi 6/, wireless network technology/ radio signal/optical signal/Li-Fi network.

ტექნოლოგიური ინსტრუმენტების გამოყენება განათლებაში

ნინო ხაინდრავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

khaindrava.nino@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე განათლების საფუძველს ტექნოლოგიური ინოვაციები წარმოადგენს, კერძოდ, კომპიუტერული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები. ამ ტექნოლოგიების გამოყენება რადიკალურად ცვლის თანამედროვე განათლების მენეჯმენტს. სტატიაში განხილულია ტექნოლოგიებზე მხარდაჭერილი განათლების ძირითადი დაბრკოლებები და შეფასებები, ნაჩვენებია, როგორ უნდა გადავლახოთ ის, იმისათვის, რომ რომ შევქმნათ წარმატებული და ძლიერი ციფრული განათლება.

გასაღები სიტყვები: კომპიუტერული ტექნოლოგიები, ციფრული განათლება.

შესავალი

აღბათ ვერავინ წარმოიდგენდა, რომ XXI საუკუნეში ტექნოლოგიური განვითარებისა და ინოვაციების ეპოქაში კაცობრიობა დადგებოდა ისეთი რთული გამოწვევის წინაშე, როგორცაა პანდემიასთან ბრძოლა. პანდემია აღმოჩნდა გამოწვევა საქართველოს განათლების სისტემისათვის. ვირუსის შესაძლო გავრცელების თავიდან აცილების მიზნით მოხდა გადასვლა **დისტანციური სწავლების (E-Learning)** ონლაინ რეჟიმზე, რომელიც გულისხმობს განათლების მიწოდების და მიღების შეუფერხებლად გაგრძელებას ლექტორებისა და სტუდენტების მიერ, რომლებიც ფიზიკურად არ იმყოფებიან სასწავლო დაწესებულების ტრადიციულ აუდიტორიაში. დასავლეთის უნივერსიტეტებმა ჯერ კიდევ 60-იან წლებში დაწერეს ოფიციალური დისტანციური სწავლება და წლების მანძილზე თანდათანობით დახვეწეს და განავითარეს. საქართველოს განათლების სისტემისათვის დროის მცირე პერიოდში ცოდნის მიღების ახალ მეთოდებსა და ფორმებზე გადაწყობა არც ისე მარტივი იყო, თუმცა უნდა აღვნიშნოთ, რომ ამ გამოწვევამ ახალი ეპოქა შექმნა, რომელმაც პოსტკოვიდურ პერიოდში ახალი უნარებით და ახალი შესაძლებლობებით გადაგვიყვანა [1].

COVID-19-ის პანდემიამ ფუნდამენტური ცვლილება გამოიწვია სწავლისა და სწავლების სფეროში. ამ უპრეცედენტო ვითარებამ სწავლის უწყვეტობის უზრუნველსაყოფად ხელი შეუწყო საგანმანათლებლო ციფრული ტექნოლოგიების (EdTech) დაჩქარებულ ჩართვას სწავლა-სწავლების პროცესში. EdTech გახდა უზარმაზარი ინსტრუმენტი საგანმანათლებლო დაწესებულებებისთვის, რათა დააკმაყოფილოს სტუდენტების ცვალებად მოთხოვნები და ხელი შეუწეოს ახალი უნარების განვითარებას, გეოგრაფიული ბარიერების მიუხედავად. სწავლის მულტიმოდალური ფორმების ხელშეწყობით, EdTech აერთიანებს ტექნოლოგიასა და ციფრულ მედიას ტრადიციულ სწავლის მეთოდებთან ერთად, მოქნილობის, ჩართულობის და ეფექტური გადაწყვეტილებების გაზრდის უზრუნველსაყოფად. EdTech ინსტრუმენტები ასევე საშუალებას აძლევს მასწავლებლებს თვალყურის ადევნონ მოსწავლეთა ჩართულობას, ხელი შეუწეონ ინტერაქტიულ და კრეატიულ სასწავლო პროცესს და ხელი შეუწეონ ისეთ, ადამიანზე

ორიენტირებულ განათლებას, რომელიც ხაზს უსვამს კრიტიკულ აზროვნებას, კრეატიულობას და მეწარმეობას, პერსონალიზებული საგანმანათლებლო სისტემის შეთავაზებას[1,2].

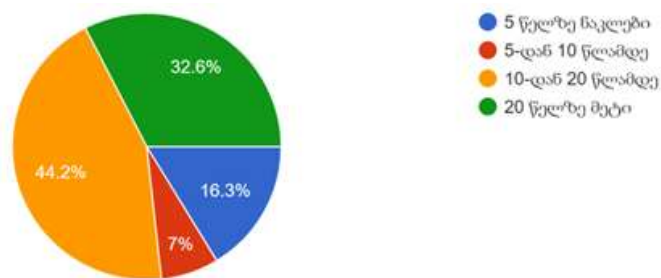
ჩემი კვლევა განიხილავს ტექნოლოგიებზე მხარდაჭერილი განათლების ძირითად დაბრკოლებებს და შეფასებებს, როგორ უნდა გადავლახოთ ის, რომ შევექმნათ წარმატებული, ძლიერი ციფრული განათლება.

მნიშვნელოვანია ამოვიცნოთ სირთულეები, რადგან განათლება გადადის ტექნოლოგიურ სწავლებაზე. განათლებაში ტექნოლოგიას აქვს უზარმაზარი პოტენციალი, მაგრამ ასევე წარმოადგენს დიდ გამოწვევას. პედაგოგებმა და საზოგადოებებმა უნდა ითანამშრომლონ ციფრული განხეთქილების, წიგნიერების, თანასწორობისა და უსაფრთხოების საკითხების მოსაგვარებლად.

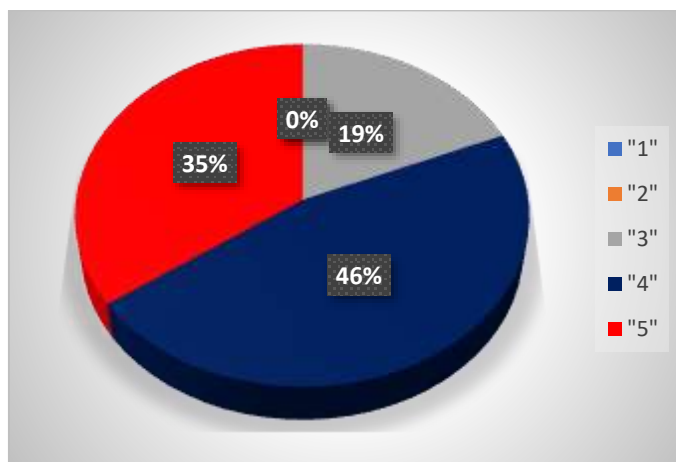
კვლევის ამოცანების გადასაწყვეტად შევიმუშავეთ კითხვარები, რომელშიც გამოვიყენეთ დიქტომიური არჩევანის - კი/არა ფორმატი და ლაიკერტის ტიპის სკალა. რომელიც მოიცავდა რამდენიმე სავარაუდო პასუხს „სრულიად ვეთანხმებიდან“ „სრულიად არ ვეთანხმებიმდე“. შესაბამისად, როდესაც რესპონდენტი ამ ტიპის სკალაზე აფასებს დებულებას, შესაძლებელი ხდება მისი დამოკიდებულების ინტენსივობისა და ხარისხის იდენტიფიცირება დებულებასთან მიმართებაში.

კითხვები შედგენილ იქნა ისე, რომ გამოკვეთილიყო ციფრული ტექნოლოგიების და ციფრული წიგნიერების ხარვეზები.

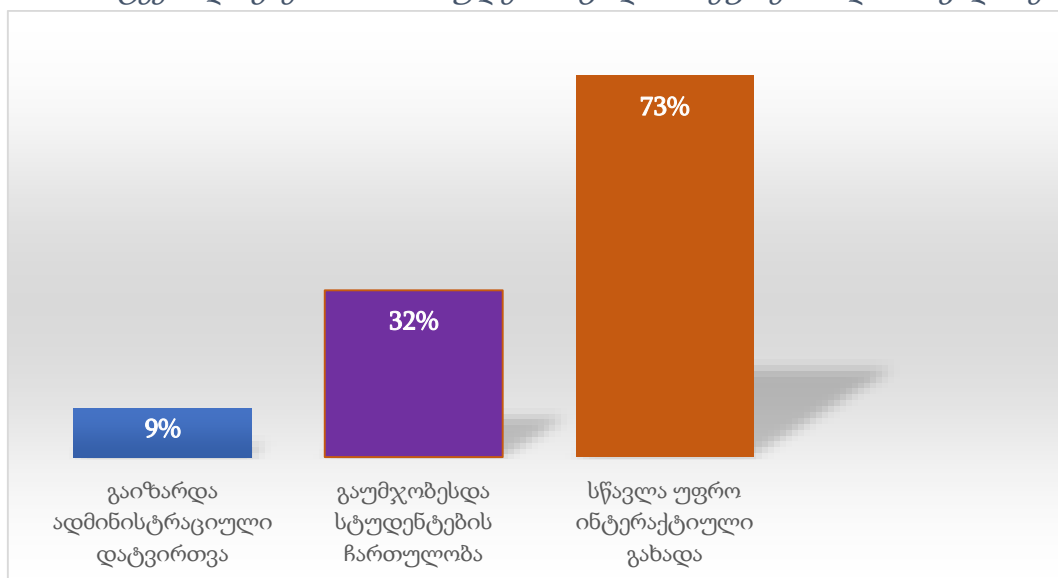
კვლევის ფარგლებში გამოკითხულ იქნა განათლების სფეროში სხვადასხვა გამოცდილების მქონე ადამიანთა სპექტრი (ნახ.1). როგორც აღმოჩნდა ამ სფეროში დასაქმებულთა უმრავლესობა (46%) საკუთარ ცოდნას კომპიუტერული ტექნოლოგიების მიმართულებით 5 ბალიან სკალაზე - 4 ქულით აფასებს, ხოლო 35% - 5 ქულით (ნახ.2), უმრავლესობა აღნიშნავს, რომ კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებამ სასწავლო პროცესი უფრო ინტერაქტიული გახადა (ნახ.3), მხოლოდ 9% აცხადებს, რომ გაიზარდა ადმინისტრაციული დატვირთვა.



ნახ. 6 გამოკითხულთა პროცენტული გადაანაწილება განათლების სფეროში სტაჟის მიხედვით



ნახ. 7 ტექნოლოგიების მიმართულებით ცოდნის შეფასება 1-დან 5 სკალაზე



ნახ. 8 ტექნოლოგიების გამოყენების გავლენა საგანმანათლებლო გარემოში სწავლებას და სწავლაზე

მიუხედავად იმისა, რომ ტექნოლოგიას აქვს ინკლუზიურობის ხელშეწყობის პოტენციალი, მას ასევე შეუძლია გააფართოვოს არსებული უთანასწორობა. საშუალო ან დაბალი ფენის სტუდენტებს/მოსწავლეებს შეიძლება შეექმნათ ბარიერები ტექნოლოგიაზე წვდომისთვის და მოითხოვონ დამატებითი მხარდაჭერა ვირტუალურ სწავლაში სრულად ჩართვისთვის. ყველა სტუდენტისთვის თანაბარი შესაძლებლობების უზრუნველყოფა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, გამოკითხულთა უმრავლესობა (დაახლოებით 65%) აღნიშნავს, რომ საგანმანათლებლო საზოგადოებაში არის ციფრული უთანასწორობა, ზოგიერთ სტუდენტს/მოსწავლეს აქვს უკეთესი წვდომა ტექნოლოგიასა და ინტერნეტზე, ვიდრე სხვებს. ყველა სტუდენტს არ შეიძლება ჰქონდეს ციფრული წიგნიერების საჭირო უნარები, რათა ეფექტურად ჩაერთოს ტექნოლოგიების გამოყენებით განათლებაში. ამ ბარიერის გადალახვა აუცილებელია იმისთვის, რომ ყველა სტუდენტს შეეძლოს ისარგებლოს ტექნოლოგიების გამოყენება განათლებაში. საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების გამოყენებასთან ერთად მნიშვნელოვანია სტუდენტების კონფიდენციალურობის დაცვა და უსაფრთხო ონლაინ გარემოს უზრუნველყოფა. კონფიდენციალურობის პრობლემების მოგვარება და კიბერ საფრთხეებისგან დაცვა გადამწყვეტია ონლაინ სასწავლო პლატფორმების მთლიანობისა და უსაფრთხოების შესანარჩუნებლად. კვლევაში მონაწილეთა უმრავლესობა

(დაახლოებით 68%) თვლის, რომ გააჩნიათ უსამართლობის განცდა განათლების სფეროში ტექნოლოგიების ეთიკურ გამოყენებასთან დაკავშირებით, როგორცაა მონაცემთა კონფიდენციალურობა და უსაფრთხოება.

ტექნოლოგიის დანერგვა განათლებაში ხშირად ფინანსური ტვირთია. საჭირო ტექნიკის, პროგრამული უზრუნველყოფის და ინფრასტრუქტურის შეძენა შეიძლება იყოს ძვირი, განსაკუთრებით შეზღუდული რესურსების მქონე სკოლებისა და დაწესებულებებისთვის. მდგრადი დაფინანსების მოძებნის პოვნა გადამწყვეტია საგანმანათლებლო ტექნოლოგიებზე თანაბარი ხელმისაწვდომობის უზრუნველსაყოფად. ჩვენი რესპოდენტები განათლების სფეროში ტექნოლოგიების წარმატებული ინტეგრაციის ყველაზე მნიშვნელოვან ბარიერად თვლიან სწორედ რესურსების ნაკლებობას (72.1%), ტექნიკურ საკითხებს (58.1 %), შეუსაბამო ტრენინგებს (18.6 %), ცვლილებების მიმართ წინააღმდეგობებს (14%). ამასთან ერთად ტექნოლოგიების საგანმანათლებლო პრაქტიკაში ინტეგრირება მოითხოვს მასწავლებლების მხარდაჭერას მათი სასწავლო მეთოდების ადაპტირებისთვის, აქტიური სწავლის ხელშეწყობისთვის და საინტერესო ონლაინ გამოცდილების შესაქმნელად.

დასკვნა

კვლევის შედეგად გამოიკვეთა პრობლემები, რომელსაც მნიშვნელოვანი გავლენა გააჩნია ტექნოლოგიების სწავლა/სწავლების პროცესში ეფექტურ გამოყენებაზე, ეს პრობლემებია: ტექნოლოგიაზე თანაბარი ხელმისაწვდომობისა და საიმედო ინტერნეტ კავშირის უზრუნველყოფა, ხელმისაწვდომობის უთანასწორობა და შეზღუდული ინფრასტრუქტურა, საჭირო ტექნოლოგიური უნარების არქონა, კონფიდენციალურობის დაცვა და უსაფრთხო ონლაინ გარემოს უზრუნველყოფა, მდგრადი დაფინანსების მოძებნის არარსებობა.

კვლევის მიხედვით ტექნოლოგიებზე მხარდაჭერილი განათლების ძირითადი ბარიერების მოხსნა და წარმატებული და ძლიერი ციფრული განათლების სისტემის შექმნა მოითხოვს ყოვლისმომცველ მიდგომას და ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი საკითხების მოგვარებას, ამისათვის ვფიქრობ მნიშვნელოვანია მხარდაჭერის პროგრამების შემუშავება, სუბსიდიების უზრუნველყოფა, სკოლების თანამედროვე ტექნოლოგიებით უზრუნველყოფა და სტუდენტებისთვის უფასო საგანმანათლებლო რესურსების შემუშავება. მოწინავე სასწავლო პროგრამების დანერგვა, მასტერკლასების ორგანიზება, მასწავლებელთა დამხმარე ცენტრების შექმნა გამოცდილების გაცვლისა და საუკეთესო პრაქტიკის გადაცემის მიზნით, მონაცემთა უსაფრთხოების მკაცრი პოლიტიკის შემუშავება და დანერგვა, უსაფრთხო პლატფორმების გამოყენება და სტუდენტების/მოსწავლეების, პერსონალის მომზადება ონლაინ უსაფრთხოების შესახებ. ციფრული განათლების არასაკმარისი დაფინანსების არმოსაფხვრელად აუცილებელია აქტიური ურთიერთქმედება საჯარო და კერძო სტრუქტურებთან დამატებითი დაფინანსების მისაღებად, ასევე ციფრული საგანმანათლებლო რესურსების ხარჯების ოპტიმიზაცია. სახელმწიფოს, საგანმანათლებლო დაწესებულებების, წარმოებისა და მთლიანად საზოგადოების ერთობლივმა ძალისხმევას შეუძლია ეფექტური ციფრული განათლების სისტემის შექმნა, რომელიც გადალახავს ძირითად დაბრკოლებებს და უზრუნველყოფს ყველასთვის განათლების მაღალ დონეს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Wikramanayake, Gihan. (2005). Impact of Digital Technology on Education. Conference: 24th National Information Technology Conference
2. Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. Sustainable Operations and Computers, 3, 275-285.

Use of technological tools in education

Khaindarva Nino

Georgian Technical University

khaindrava.nino@gtu.ge

The basis of modern education is provided by technological innovations, in particular, computer and communication technologies. The use of these technologies is radically changing the management of modern education. The article discusses the main obstacles and assessments of technology-enabled education, showing how to overcome them in order to create a successful and powerful digital education.

Key words: computer technologies, digital.

თანამედროვე ტექნოლოგიები ტყის რესურსების მონიტორინგსა და მდგრად მართვაში

ნატალია გაბაშვილი, თამარ გაბაშვილი, თეონა ჭიღლაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

n.gabashvili@gtu.ge, t.gabashvili@gtu.ge, t.chigladze@gtu.ge

ანოტაცია

ტყის მდგრად მართვაში მთავარი ფაქტორი, ტყის ეკოსისტემის მდგომარეობის შესახებ განახლებული და ზუსტი მონაცემების მოძიება და ანალიზია. ამ ინფორმაციის მისაღებად ტყის ინვენტარიზაციის ტრადიციული მეთოდები, როგორცაა — საველე კვლევები, ხანგრძლივი და შრომატევადია, თუმცა, თანამედროვე ტექნოლოგიების დახმარებით შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გამარტივდეს ეს პროცესი და გაიზარდოს ეფექტურობა. აღნიშნულ სტატიაში განხილულია ტყის მასივების აერო მონიტორინგი და კვლევა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. როგორცაა სატელიტური მოწყობილობები და უპილოტო საფრენი აპარატები, აღჭურვილი შესაბამისი თანამედროვე სენსორული და გადამცემი სისტემებით, რომლებსაც შეუძლიათ ტყის ტერიტორიების სკანირება და მნიშვნელოვანი ინფორმაციისა და პროგნოზირების შესაძლებლობა.

საკვანძო სიტყვები: აერო მონიტორინგი, ტყის მონიტორინგი, უპილოტო საფრენი აპარატები, ინვენტარიზაცია აერო მონიტორინგით, ტყის სკანირება, აერო სკანირება.

შესავალი

ტყე განსაკუთრებული ფასეულობის მქონე ბუნებრივი რესურსია, რომელიც უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს ეკოლოგიური წონასწორობის შესანარჩუნებლად, რადგანაც გავლენას ახდენს კლიმატზე, ბიომრავალფეროვნებაზე, ზოგადად პლანეტის ეკოსისტემაზე და წარმოადგენს ადამიანის ჯანმრთელობის მთავარ წყაროს.

სატყეო რესურსების მდგრადი მართვა მნიშვნელოვანია კაცობრიობის ეკონომიური და სოციალური განვითარებისთვის. ამიტომ მისი განვითარების ტენდენციების შესწავლა, მონიტორინგი, ანალიზი და ეფექტური დაცვის კონცეფციის შემუშავება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია და ჯერ კიდევ დიდ გამოწვევად რჩება როგორც განვითარებული ასევე განვითარებადი ქვეყნებისთვის.[2] ამის მიზეზი კი ისეთი ფაქტორებისა და ბარიერების არსებობაა როგორცაა: არასაკმარისი ფინანსური უზრუნველყოფა, გრძელვადიანი პროექტების სიმცირე, თანამედროვე ტექნოლოგიების არასაკმარისად გამოყენება, გულგრილობა, კორუფცია და სხვა.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ წარმოებული დოკუმენტი – ტყის პრინციპები მოგვიწოდებს: „სატყეო რესურსები და ტყის მიწები მდგრადად უნდა იმართოს, რათა დაკმაყოფილდეს სოციალური, ეკონომიკური, ეკოლოგიური, კულტურული და სულიერი მოთხოვნილებები, როგორც აწმყო ასევე მომავალი თაობებისათვის“[1] და მიუხედავად მსოფლიოს უდიდესი ორგანიზაციების მხარდაჭერისა, ყოველწლიურად ნადგურდება ცამეტი მილიონი ჰექტარი ტყე. ამის მიზეზია კლიმატური ცვლილებები, ბუნებრივი ფაქტორით ან ადამიანების დაუდევრობით გამოწვეული ხანძრები, უკანონო ჭრა, მიწის დეგრადაციით გამოწვეული გაუდაბნობა ან მეწყრული პროცესები, სატყეო დარგის არასრულყოფილი ან არაკვალიფიციური სამართლებრივი, ან ნორმატიულ-მეთოდური და ეკონომიკური ბაზა. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის 2020 წლის ანგარიშის მიხედვით მსოფლიოს მასშტაბით ტყის 73% სახელმწიფოს მფლობელობაშია, 22% კერძო მფლობელობაში, ხოლო დანარჩენი იმყოფება გადაცემის პროცესში და გაერთიანებულია კატეგორიაში „უცნობი“ ან „სხვა“. [1]

ტყის და ტყის რესურსების მდგრად მართვაში უკიდურესად მნიშვნელოვანია თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრირება და ინოვაციური მიდგომები. [2]

ინფორმაციის შეგროვებისა და დამუშავების მიზნით მიზანშეწონილი იქნება თანამგავრებისა და თანამედროვე სენსორებითა და კამერებით აღჭურვილი უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა შეგროვების მაღალ ეფექტურობას და სიზუსტეს. ტყიანი ტერიტორიის, მისი ჯანმრთელობის, ეკოსისტემის, ასევე მთის ფერდობებზე ნიადაგის, თავად ფერდობისა და მისი სტრუქტურის მონიტორინგი შესაძლებელს ხდის ფერდობის ნიადაგისა და სტრუქტურის უმნიშვნელო ცვლილებების, მეწყერსაშიში ზონების იდენტიფიცირებას და მეწყრული პროცესების ადრეულ ეტაპზე გამოვლენას, რაც მნიშვნელოვანია პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებისთვის. ტყის ინვენტარიზაცია ასევე მოიცავს ტყეებზე კლიმატის ცვლილების გავლენის მონიტორინგს და ადაპტაციის სტრატეგიების შემუშავებას. ეს ინოვაციური ტექნიკა ხელს უწყობს და უზრუნველყოფს როგორც ტყეების ბიომრავალფეროვნებისა და ეკოსისტემების შენარჩუნებას ასევე მოსახლეობის უსაფრთხოებას.[3]

სტატიაში განხილულია ამ მეთოდის უპირატესობა და პოტენციალი თანამედროვე გარემოს დაცვითი და სატყეო მენეჯმენტის კონტექსტში.

ძირითადი ნაწილი

ყველანი ვთანხმდებით, რომ სწორი გადაწყვეტილებების მიღება ეფუძნება სანდო მონაცემებს და რაც უფრო გლობალურია საკითხი და რთულია გადაწყვეტილების მიღება, მით უფრო მნიშვნელოვანია ზუსტი და ამომწურავი ინფორმაციის არსებობა. თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარებამ ეს პროცესი დააჩქარა და გაამარტივა. საშუალება მისცა მკვლევარებს დიდი მონაცემების უმოკლეს ვადაში შეგროვების და ანალიზის და მათ საფუძველზე სწორი გადაწყვეტილების მიღების.

დღეს მსოფლიოში გამოიყენება ტყის მონიტორინგის სხვადასხვა მეთოდები, განვიხილოთ ორი მათგანი:

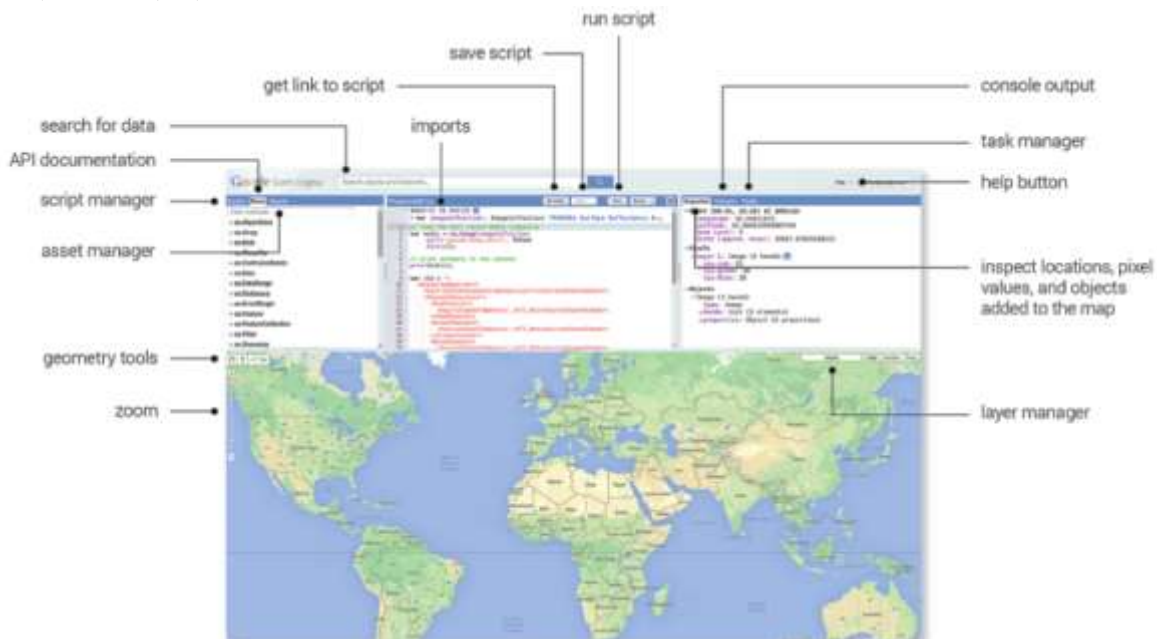
ინვენტარიზაცია აერო კვლევების საშუალებით. სატელიტური მონიტორინგისა და გამოთვლების ავტომატიზაციისთვის გამოიყენება მაგ, Google Earth Engine

სისტემის არქიტექტურის გამარტივებული Google Earth Engine-ის დამუშავების ინტერაქციული გარემო სქემა

(<https://www.google.com/earth-engine/>) ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული სერვისი, რომელიც წარმოადგენს პლატფორმას, პლანეტარული მასშტაბის გეოსივრცული ანალიზისთვის. მისი მონაცემთა დირექტორიის მოცულობა შეადგენს რამოდენიმე პეტაბაიტს, კატალოგის უმეტესი ნაწილი შედგება დედამიწის დისტანციური ზონდირების სურათებისგან, მოიცავს კლიმატის პროგნოზებს, მიწის საფარის მონაცემებს და ბევრ სხვას. კატალოგი მუდმივად განახლებადია აქტიური მისიების ხარჯზე, დღეში დაახლოებით 6000 კადრის სიჩქარით, დაგვიანებით დაახლოებით 24 საათის განმავლობაში კადრის მიღებიდან. Google-ის მასშტაბური გამოთვლები შესაძლებელია სხვადასხვა სოციალურ თემებზე, მათ შორის ტყეების გაჩეხვა, გვალვა, კატასტროფა, დაავადებები, საკვების უსაფრთხოება, წყლის მართვა, კლიმატის მონიტორინგი და გარემოს დაცვა.



სერვისის ასევე აქვს API (Application Programming Interface), რომელიც საშუალებას იძლევა შეიქმნას და ინტეგრირდეს პროგრამის საკუთარი კოდი სხვადასხვა პრობლემის გადასაჭრელად.



მაგალითად, როგორცაა SWVI (Soil-Water-Vegetation Index / ნიადაგი-წყალი-ვეგეტაციის)-ინდექსის გამოთვლა. ინდექსი, რომელიც გამოიყენება მიწის დიდ ფართობზე ნიადაგისა და მცენარეული საფარის ტენიანობის შესაფასებლად სხვადასხვა ინფრაწითელ არხზე სატელიტური სურათებიდან მიღებული მონაცემების მიხედვით. SWVI ინდექსის გაანგარიშების ფორმულა შემდეგია:

$$SWVI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \text{ სადაც:}$$

NIR (ახლო ინფრაწითელი) - სპექტრის არეკვლა ახლო ინფრაწითელ ფართობზე.

SWIR (მოკლე ტალღოვანი ინფრაწითელი) - სპექტრის არეკვლა შუა ინფრაწითელ რეგიონში. [4]

რამდენიმე წლიანი დაკვირვების შემთხვევაში ხდება საშუალო მაჩვენებლის გამოთვლა, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია სხვადასხვა ფაქტორებისკენ მიდრეკილ ადგილებში განისაზღვროს ტყის აღდგენის პროგნოზი.

ამ პარამეტრების აღმოჩენა და გაზომვა ხორციელდება სპეციალიზებული სენსორების,

Google Earth Engine-ის კოდის რედაქტორი, რომლისთვისაც საჭიროა ჯერ
სისტემაში რეგისტრაცია

ინფრაწითელი კამერების და თანამგზავრების საშუალებით. სენსორები: სპექტრომეტრები, სპექტრო რადიომეტრები ზომავენ სინათლის ინტენსივობას სხვადასხვა სიგრძის ტალღის დიაპაზონში, იწერენ სინათლის სპექტრებს, რაც საშუალებას იძლევა გაანალიზდეს მისი შემადგენლობა და მახასიათებლები. ინფრაწითელი კამერები: მოწყობილობა აღჭურვილი დეტექტორებით, რომლებსაც შეუძლიათ ინფრაწითელი გამოსხივების ამოცნობა და არეკვლის დიაპაზონში ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსივობის საფუძველზე არსებული სურათის შექმნა. ხოლო თანამგზავრები: ბევრი სატელიტური სისტემა აღჭურვილი სენსორებით და მაღალი გარჩევადობის კამერებით, რომლებსაც შეუძლიათ დედამიწის ზედაპირზე ინფრაწითელი არეკვლის გაზომვა. ეს მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა გეოსივრცული აპლიკაციებისთვის, მათ შორის სასოფლო-სამეურნეო მიწების ანალიზისა და

კლიმატის ცვლილების მონიტორინგისთვის. ხოლო ადამიანის თვალისთვის ისინი უხილავია რადგან როგორც წესი ტალღის სიგრძე დაახლოებით 700 დან 1400 ნანოწამამდეა. რაც შეეხება საქართველოში ბოლო დროს გააქტიურებულ მეწყერულ პროცესებს ეს გაზომვები არ არის პირდაპირი ინსტრუმენტი მეწყერული პროცესების პრევენციისთვის, თუმცა ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ფართო გეოლოგიური და გეოტექნიკური შეფასების ნაწილი პოტენციური რისკის ფაქტორების იდენტიფიცირებისთვის და მეწყერების მონიტორინგისთვის. მაღალი გარჩევადობის NIR და SWIR გამოსხივებები, რომლებიც არიან უფრო გამჭოლი ღრუბლებში და ზოგიერთ ატმოსფერულ პირობებში, ამ მონაცემების ანალიზი, შესაძლებელს ხდის რელიეფის ცვლილებების იდენტიფიკაციას, რომელიც მიღებულია სატელიტური სურათებიდან ან უპილოტო საფრენი აპარატებიდან და შეიძლება დაგვეხმაროს რელიეფის ცვლილებების იდენტიფიცირებაში, რომლებიც თავისმხრივ შესაძლოა დაკავშირებული იყოს პოტენციურ საფრთხესთან. ეს შეიძლება მოიცავდეს ზედაპირის დახრილობის ცვლილებებს, ნიადაგის გაყოფას და სხვა ნიშნებს, რომლებიც შესაძლოა მიუთითებდეს მოსალოდნელ მეწყერებზე.

ნიადაგის ტენიანობის მონიტორინგი: გამოყენებულ იქნას ნიადაგის ტენიანობის შესაფასებლად, რაც შეიძლება მნიშვნელოვანი ფაქტორი იყოს მეწყერების პროგნოზირებისთვის. წყლით გაჯერებული ნიადაგები უფრო მგრძობიარეა მეწყერის მიმართ.

მცენარეულობის კვლევა: დაგვეხმარება შევაფასოთ მცენარეების მდგომარეობა ფერდობებზე. მცენარეულობის სიმკვრივის შემცირება ან მცენარეულობის მახასიათებლების ცვლილება შეიძლება იყოს ფერდობის სტაბილურობის ან არასტაბილურობის მაჩვენებელი.

თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მონაცემები უნდა იყოს გამოყენებული სხვა გეოლოგიურ და გეოტექნიკურ მონაცემებთან და მეთოდებთან ერთად გაანგარიშების პროცესში, მეწყერსაშიში ზონების უფრო ზუსტი ანალიზისა და პრევენციისთვის. თანამედროვე ტექნოლოგიებით გაკეთებული გეოლოგიური შეფასება, ნიადაგის სტრუქტურის ანალიზი, კლიმატური პირობების მონიტორინგი და სხვა ფაქტორები ასევე მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მეწყერების პროგნოზირებასა და თავიდან აცილებაში.[4]

უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება. თანამგზავრული ოპტიკური ტექნოლოგიების პრობლემა არის ღრუბლიანობა, რომელიც გარკვეულწილად ბლოკავს ხილვადობას და ამით ამცირებს საჭირო ინფორმაციის მოპოვებას. ამ მხრივ, მონიტორინგის პერსპექტიულ ტექნოლოგიად განიხილება უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება და გამოსახულების სეგმენტაციის მეთოდოლოგია. რაც შესაძლებელს ხდის უფრო მაღალი სიზუსტის ინფორმაციის მიღებას. უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენებით მიღებული სურათების მაღალი სივრცითი და დროითი გარჩევადობა შესაძლებელს ხდის დიდი ტერიტორიების მონიტორინგს უმოკლეს ვადაში.

ამ პროცესში გადამწყვეტ როლს თამაშობს საჰაერო სისტემები და კომპონენტები:

უპილოტო საფრენი აპარატები, ასევე ცნობილი როგორც დრონები, წარმოადგენს ტყის ინვენტარიზაციის საჰაერო სისტემის ხერხემალს. ისინი შეიძლება აღჭურვილი იყოს კამერებით, ლიდარით (ლაზერული რადარი) და სხვა სენსორებით ტყის შესახებ მონაცემების შესაგროვებლად. კონკრეტული ტიპის უპილოტო საფრენი აპარატის არჩევანი დამოკიდებულია კვლევის მიზნებზე, ბიუჯეტზე, ტექნიკური რესურსების ხელმისაწვდომობაზე და სხვა ფაქტორებზე. ეს შეიძლება იყოს მულტიროტორული დრონები, დრონები ფიქსირებული ფრთებით, ვერტმფრენის ტიპის საფრენი აპარატი.[6]

კამერები და სპექტრული სენსორები: ამ მოწყობილობებს შეუძლიათ გადაიღონ მაღალი რეზოლუციის ფოტოები და ვიდეო, ასევე მონაცემები მცენარეების სპექტრული მახასიათებლების შესახებ, რაც შესაძლებელს გახდის შეაფასოს ტყის ჯანმრთელობა და მდგომარეობა.

ლიდარი: ლიდარი ზომავს მანძილს ობიექტებამდე ლაზერული იმპულსების გამოყენებით. ეს საშუალებას გაძლევთ შექმნათ სამგანზომილებიანი ტყის რუკები და შეაფასოთ ხის მოცულობა, ტყის სტრუქტურა და სხვა პარამეტრები.

გლობალური პოზიციონირების სისტემა (GPS): GPS გამოიყენება უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ შეგროვებული თითოეული მონაცემთა წერტილის ადგილმდებარეობის დასადგენად. ეს მნიშვნელოვანია ტყის ზუსტი რუკების შესაქმნელად.

ანალიტიკური პროგრამული უზრუნველყოფა: საჰაერო სისტემის მიერ შეგროვებული მონაცემების დასამუშავებლად და გასაანალიზებლად საჭიროა სპეციალიზებული პროგრამული უზრუნველყოფა. ის შეიძლება შეიცავდეს ინსტრუმენტებს ციფრული რუკების შესაქმნელად, ტყის სტრუქტურის ანალიზისთვის, ხე-ტყის მოცულობის განსაზღვრისა და სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრებისთვის.

საკომუნიკაციო მოწყობილობა: უპილოტო საფრენი აპარატიდან მონაცემების ანალიზისთვის კომპიუტერებზე გადასაცემად აუცილებელია საიმედო საკომუნიკაციო მოწყობილობა.

გაწვრთნილი პერსონალი: სისტემის მნიშვნელოვანი კომპონენტია გაწვრთნილი პერსონალი, რომელსაც შეუძლია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა, მონაცემების შეგროვება და ანალიზი და ინვენტარიზაციის შედეგების საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება.

ასეთი საჰაერო სისტემის დახმარებით შესაძლებელია ტყის რესურსების ინვენტარიზაცია, მათი მდგომარეობის მონიტორინგი, პოტენციური პრობლემების იდენტიფიცირება, როგორცაა დაავადებები ან მავნებლები, და შესაძლებელია მართვის დაგეგმილი ქმედებები ტყის მდგრადობის გასაუმჯობესებლად და მისი გამოყენების ოპტიმიზაციის მიზნით.

ობიექტების გამოვლენა გამოსახულების სეგმენტაციის ტექნოლოგიების გამოყენებით მნიშვნელოვანი ამოცანაა კომპიუტერული ხედვის (თეორია და ტექნოლოგია, რომელიც გულისხმობს ხელოვნური სისტემების შექმნის თეორიას და ტექნოლოგიას, რომლებიც იღებენ ინფორმაციას სურათებიდან და შეუძლიათ ობიექტების აღმოჩენა, თვალყურის დევნება და კლასიფიკაცია) მეთოდში. კომპიუტერული ხედვა განაგრძობს განვითარებას ციფრული ფოტოგრაფიის ახალი ტექნოლოგიებისა და ნეირონული ქსელების გამოყენებით. ობიექტების აღმოჩენის ალგორითმები ეყრდნობა არა მხოლოდ კომპიუტერული ხედვის მეთოდებს, არამედ ნეირონულ ქსელებზე დაფუძნებულ მეთოდებს და განსაკუთრებით კონვულსიურ ნეირონულ ქსელებზე (CNN), რომელიც ფართოდ გამოიყენება უპილოტო საჰაერო ხომალდების მიერ გადაღებული სურათების დასამუშავებლად. არსებობს მრავალი სახის CNN, რომელიც შექმნილია კომპიუტერული ხედვის სხვადასხვა პრობლემის გადასაჭრელად.[6] თუმცა მოცემული სტატია განიხილავს სტანდარტულ CNN არქიტექტურას, რომელიც იღებს გამოსახულებას და გამოიყენება ამ გამოსახულებაში ზედაპირის ტიპების კლასიფიკაციისთვის. ეს ნეირონული ქსელები შეიძლება იყოს ეფექტური ინსტრუმენტი უპილოტო საფრენი აპარატებიდან შეგროვებული მონაცემების ავტომატური ანალიზისთვის. უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ გამოსახულების სეგმენტაცია ასოცირდება პიქსელის ან

ბლოკის მეთოდთან, რომელიც საშუალებას იძლევა, სურათზე მოინიშნოს ნიადაგი და სხვადასხვა სახის კულტურები.

უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ შეგროვებულმა ინფორმაციამ შესაძლებელია მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანოს მეწყრული საფრთხის მართვაში და მეწყრული პროცესების თავიდან აცილებაში. ამისათვის საჭიროა:

- ფერდობისა და ნიადაგის სტრუქტურის მონიტორინგი: უპილოტო საფრენ აპარატებზე დამონტაჟებულ ლიდარულ და ინფრაწითელ სენსორებს, რომლებსაც შეუძლიათ მთის ან მთის ფერდობისა და ნიადაგის სტრუქტურის შეფასება, რაც შესაძლებელს ხდის მეწყერსაშიშ პოტენციურად მაღალი რისკის მქონე ტერიტორიების იდენტიფიცირებას.
- მაღალი რისკის ზონების იდენტიფიცირება: შეგროვებული მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მეწყრული საფრთხის რუკების შესაქმნელად, რომლებიც განსაზღვრავს მეწყრული პროცესების ყველაზე დიდი ალბათობის მქონე ტერიტორიებს. ეს საშუალებას აძლევს რესურსების მართვის ორგანოებს და გარემოსდამცველებს გაამახვილონ ყურადღება ამ ტერიტორიებზე.
- ტყის საფარის ცვლილებების ადრეული გამოვლენა: უპილოტო საფრენ აპარატებს შეუძლიათ რეგულარულად ასკანერონ ტყის ტერიტორიები და აღმოაჩინონ ტყის საფარის ცვლილებები, როგორცაა დეგრადაცია ან გაზრდილი ეროზია. ეს შეიძლება მიუთითებდეს ეკოსისტემის მოშლაზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მეწყრული პროცესები.
- ტყის რესურსების დინამიკის მონიტორინგი: ტყის საფარის სიმჭიდროვე და ხის ფესვთა სისტემის მდგომარეობამ შეიძლება გავლენა იქონიოს ფერდობის სტაბილურობაზე. შეგროვებულ მონაცემებს შეუძლია დაეხმაროს ტყის არასაკმარისი სიმკვრივის ან დაზიანებული ფესვების მქონე ტერიტორიების იდენტიფიცირებას, რაც შეიძლება გახდეს რისკის ფაქტორი.
- ბუნებრივი კატასტროფების შემდეგ ცვლილებების შეფასება: ბუნებრივი კატასტროფების შემდეგ, როგორცაა ტყის ხანძარი ან წყალდიდობა, უპილოტო საფრენი აპარატები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტყეების მდგომარეობის შესაფასებლად და ამ კატასტროფებით გამოწვეული პოტენციური მეწყრული საფრთხის გამოსავლენად.

დასკვნა

სტატიაში განხილულია ტყის ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებისა და მდგრადი მართვისთვის ინვენტარიზაცია თანამედროვე ტექნოლოგიების საშუალებით. აერო კვლევების სატელიტური მონიტორინგის, უპილოტო საფრენი აპარატებისა და სენსორების როლი ტყის ეკოსისტემების დაცვისა და მონიტორინგისთვის. ტექნოლოგიური ინოვაციები შესაძლებელს ხდის ტყის პრობლემების ზუსტად შესწავლას, საფრთხეების ადრეულ ეტაპზე გამოვლენას და ტყის მდგრადი მართვის ეფექტური სტრატეგიების შემუშავებას. სტატიაში ხაზგასმულია მომავალი თაობებისთვის ტყეების რესურსების მნიშვნელობა და ამ მიზნის მისაღწევად ტყის მართვაში თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრირების აუცილებლობა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. <https://www.fao.org/monitoring-world-forests/en/> Monitoring the world's forests
2. <https://forestry.gov.ge/> -სსიპ ეროვნული სატყეო სააგენტო

3. Совершенствование мониторинга лесов путем использования облачных технологий как элемента устойчивого лесопользования. А. П. Богданов^{1,2}, А. А. Карпов^{1,2}, Н. А. Демина, Р. А. Алешко²
4. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Noel Gorelick a, Matt Hancher b, Mike Dixon b, Simon Ilyushchenko b, David Thau b, Rebecca Moore b
Volume 202, 1 December 2017, Pages 18-27
5. <https://earthengine.google.com/>
6. Методика сегментации изображений беспилотных летательных аппаратов с помощью нейронных сетей. М.Ю. Катаев;, Е.Ю. Карташов; В.В. Рябухи; Е.В. Макаров; О.А. Пасько
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. №1. С. 55–66

Modern technologies for monitoring and sustainable forest management

Natalia Gabashvili, Tamar Gabashvili, Teona Chighladze
Georgian Technical University

n.gabashvili@gtu.ge, t.gabashvili@gtu.ge, t.chighladze@gtu.ge

ABSTRACT

The main factor in sustainable forest management is finding and analyzing up-to-date and accurate data on the state of forest ecosystems. To obtain this information, traditional methods of forest inventory, such as field surveys, are long and time-consuming. However, modern technologies can greatly simplify this process and increase efficiency. This article discusses aerial monitoring and research of forest massifs using modern technologies, such as unmanned aerial vehicles and satellite devices equipped with appropriate modern sensing and transmission systems that can scan forest areas and provide important information and predictions.

Key words: aerial monitoring, forest monitoring, unmanned aerial vehicles, inventory with aerial monitoring, forest scanning, aerial scanning.

ფიზიკისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების პრევენციის ეფექტური მექანიზმის მოდელის შემუშავება და რეალიზაცია ვებბრაუზერის გარემოში

ავთანდილ ბიჩნიგაური, იოსებ ქართველიშვილი, ლუკა შონია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
bichnigauri_av@gtu.ge, s.kartvelishvili@gtu.ge, shonia@gtu.ge

რეზიუმე

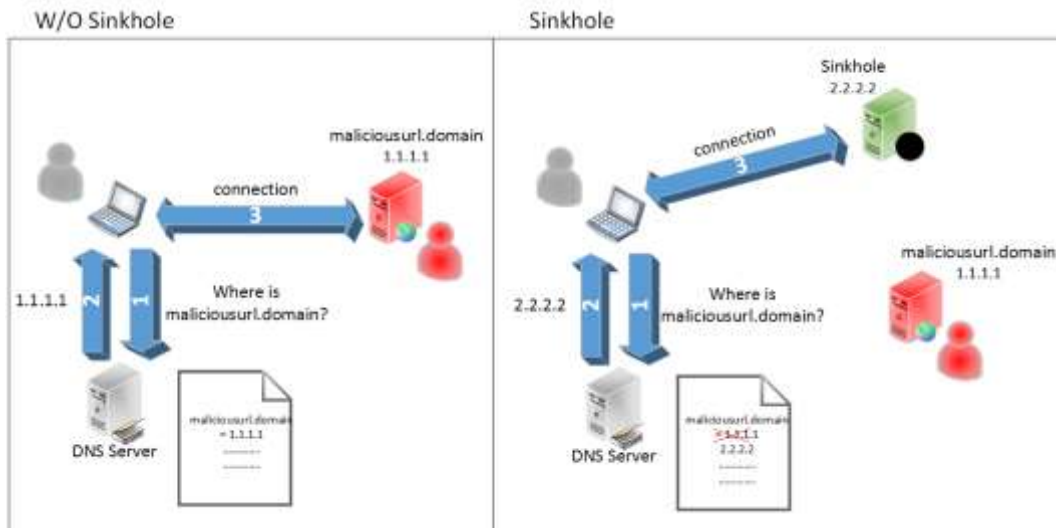
ფიზიკისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდები წარმოადგენენ ორ ყველაზე აქტუალურ გამოწვევას დღევანდელ კომპიუტერულ უსაფრთხოების ლანდშაფტში. აღნიშნული საფრთხეები დღითიდღე ვითარდება და მრავლდება მათი შემთხვევები, რაც მნიშვნელოვან რისკებს უქმნის როგორც ორგანიზაციებს, ასევე საზოგადოებას. კომპიუტერული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის დასაშვად დამატებითი ეფექტურ ელექტრონულ წერილებს, შეტყობინებებს ან მავნე ვებგვერდებს, ხშირად ლეგიტიმური

ვებგვერდების მსგავსი ვიზუალით, რათა მოატყუონ მომხმარებლები და მათგან სენსიტიური ინფორმაციის გამჟღავნება შეძლონ, როგორებიცაა პაროლები, ფინანსური მონაცემები ან პერსონალური მონაცემები. ასეთი ტიპის თავდასხმების მზარდი დახვეწილობის გამო, ტექნიკურად მცოდნე პირებიც კი შეიძლება გახდნენ მათი მსხვერპლნი. მავნე ვებგვერდებიდან მავნე პროგრამების გავრცელება კიდევ ერთი სერიოზული პრობლემაა. მავნე პროგრამული უზრუნველყოფა მუდმივად ვითარდება, ხდება უფრო ძლიერი და რთულად გამოსავლენი. განსაკუთრებით ბოლო წლებში გაიზარდა გამოსასყიდი პროგრამების (Ransomware) თავდასხმები, რომლებიც ორგანიზაციების ქსელში იჭრებიან, შიფრავენ მნიშვნელოვან ფაილებს და მონაცემთა აღდგენისთვის დიდ გამოსასყიდს ითხოვენ. აღნიშნული ტიპის თავდასხმებმა შეიძლება გაანადგუროს სამიზნე ორგანიზაცია, დაარღვიოს კრიტიკული ინფრასტრუქტურა და გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი ფინანსური ზარალი. გარკვეულწილად, IoT მოწყობილობების სწრაფი განვითარება და სისტემების მზარდი ურთიერთდაკავშირება უზრუნველყოფს მავნე პროგრამების გავრცელების დამატებით ვექტორებს. რაც უფრო მეტი მოწყობილობა უკავშირდება ერთმანეთს, თავდასხმის არეალიც იზრდება, რაც, შესაბამისად, კომპიუტერული ქსელის უსაფრთხოების საკითხს უქმნის საფრთხეს. ფიშინგისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების გავრცელების დროულად პრევენციისთვის არსებობს რამდენიმე სახის მექანიზმი, თუმცა ეს პროცესები არ ხდება სწრაფად და ეფექტურად, რადგან დამოკიდებულია გამოყენებულ ტექნოლოგიაზე. სტატიაში განხილულია და წარმოდგენილია ფიშინგისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების პრევენციის ეფექტური მექანიზმის მოდელის შემუშავება და რეალიზაცია ვებბრაუზერის გარემოში.

საკვანძო სიტყვები: კიბერსაფრთხოებები, კიბერუსაფრთხოება, კიბერდანაშაული, კიბერჰიგიენა, სოციალური ინჟინერია, ფიშინგი, მავნე კოდი, Ransomware, ვებბრაუზერი, IoT.

შესავალი

იმისათვის, რომ შემუშავებული იქნას ფიშინგისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების პრევენციის ეფექტური მექანიზმი, თავდაპირველად საჭიროა განვიხილოთ არსებული საშუალებები. ერთ-ერთი გზა, იმისათვის, რომ მოხდეს ყალბი ვებგვერდების, ფიშინგისა და მავნე კოდის შემცველი ვებგვერდების დაბლოკვა, არის Domain Name System (DNS) სისტემის გზით ე.წ. „Sinkholing“-ის მეთოდი [1]. აღნიშნული გულისხმობს, რომ ორგანიზაციის სისტემის ადმინისტრატორმა ან ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერმა (ISP) დროულად უნდა მოახდინონ DNS-ის ჩანაწერებში საეჭვო დომენის IP მისამართის ჩანაცვლება სხვა ლეგიტიმური სერვერის IP მისამართით, სადაც საეჭვო დომენიდან მოხდება გადამისამართება. ეს ქმედება გარკვეულ საკითხებთანაა დაკავშირებული, რაც აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული.



სურ. 1: DNS Sinkhole

ძირითადი ნაწილი: DNS Sinkholing-ის გამოყენებით ფიშინგისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების დაბლოკვისთვის შემდეგი პრობლემური საკითხების წინაშე გვაყენებს:

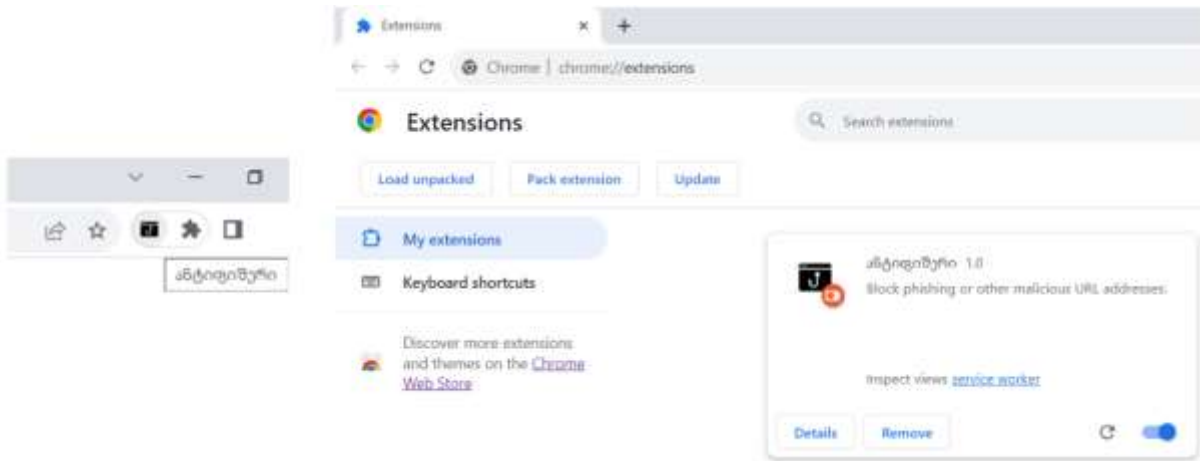
1. **DNS-ის გავრცელების (Propagation) დრო** - იმისათვის, რომ შეცვლილი DNS ჩანაწერები მომხმარებლების სისტემებში აისახოს, დაახლოებით 72 საათი არის საჭირო. აღსანიშნავია, რომ DNS-ის განახლების საკითხი დამოკიდებულია მომხმარებლების სისტემების კონფიგურაციაზე, რაც შესაძლოა იქნეს ოპტიმიზირებული.
2. **DNS ზონის მართვის კომპლექსურობა** - მნიშვნელოვანია, რომ სისტემის ადმინისტრატორს ჰქონდეს შესაბამისი ტექნიკური ცოდნა და გამოცდილება, რომ აღნიშნული პროცესი სათანადოდ განახორციელოს.
3. **DNS-ის განახლების თავსებადობა** - დამოკიდებულია ოპერაციული სისტემების სახეობაზე და მის კონფიგურაციაზე.
4. **მრავალი ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერის (ISP) არსებობა** - საჭიროა თითოეული ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერის მიერ ინდივიდუალურად მოხდეს მათი DNS-ის სერვერზე ჩანაწერების განახლება.
5. **გადაწყვეტილების მიღების შესახებ ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერების ადმინისტრაციული და მართვის საკითხები** - სანამ ტექნიკურად რაიმე ცვლილება განხორციელდება, მანამდე ხდება ადმინისტრაციული და მართვის საკითხების შეთანხმება, რათა დადასტურდეს კიბერდანაშაულის ნიშნები და დომენის მავნელობა.
6. **DNS-ის ტექნოლოგიის შეზღუდვები** - DNS-ის ტექნოლოგიის მეშვეობით შეუძლებელია იმ მავნე ვებგვერდების დაბლოკვა, რომლებიც მუშაობენ პირდაპირ IPv4 ან IPv6 მისამართებზე, დომენის არსებობის გარეშე.

ზემოხსენებული საკითხების გარდა, შესაძლოა კიდევ სხვა ფაქტორებმაც იქონიოს გავლენა DNS Sinkholing-ის ეფექტურობაზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გამოკვლევული იქნა სხვადასხვა გზები ეფექტური შედეგის მისაღებად, რაც წარმატებით იქნა განხორციელებული ვებბრაუზერის გარემოში ვებგაფართოების მექანიზმის გამოყენება. კვლევის შედეგად შეიქმნა სპეციალური ვებგაფართოება - სახელად „ანტიფიშერი“, რაც ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზის სერვერიდან ახდენს მომხმარებლების ვებბრაუზერებში საეჭვო დომენების სინქრონიზაციას და მათზე წვდომის პრევენციას.

ვებგაფართოების (WebExtension) დადებით მხარეებს წარმოადგენს:

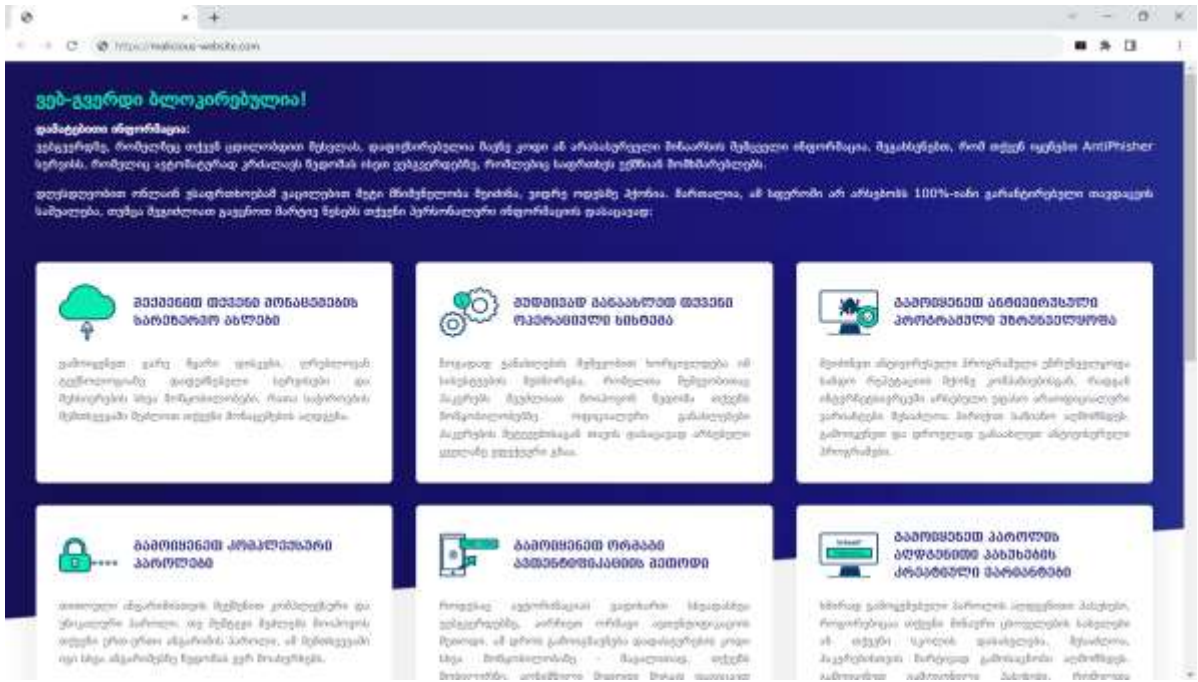
1. **ჩაშენებული მექანიზმი** - დღესდღეობით მომხმარებლების უმეტესობას უყენია ვებბრაუზერი, შესაბამისად, სისტემის გამართვის პროცესი ახალი პროგრამის ინსტალაციას არ საჭიროებს.
2. **სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემებთან თავსებადობა** - ვებბრაუზერები მუშაობენ სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემებთან, როგორებიცაა Windows, Linux, MacOS, Android, iOS და ა. შ.
3. **მარტივად გამართვადი და მოხმარებადი** - ვებბრაუზერში ვებგაფართოებების ინტეგრირება რამდენიმე წამს საჭიროებს.
4. **მყისიერი სინქრონიზაცია და განახლებები** - ახალი საექვო დომენის ან IP მისამართის დაფიქსირებისას, მომხმარებლებთან მონაცემთა ბაზის სინქრონიზაცია ხდება მომენტალურად.
5. **არ საჭიროებს ტექნიკურ უნარებს** - ვებგაფართოებების ინსტალაციის პროცესი ტექნიკური საკითხებისა და ქმედებების ცოდნას ნაკლებად საჭიროებს.

„ანტიფიშერი“ ინსტალაციის შემდეგ გამოიყურება შემდეგნაირად:



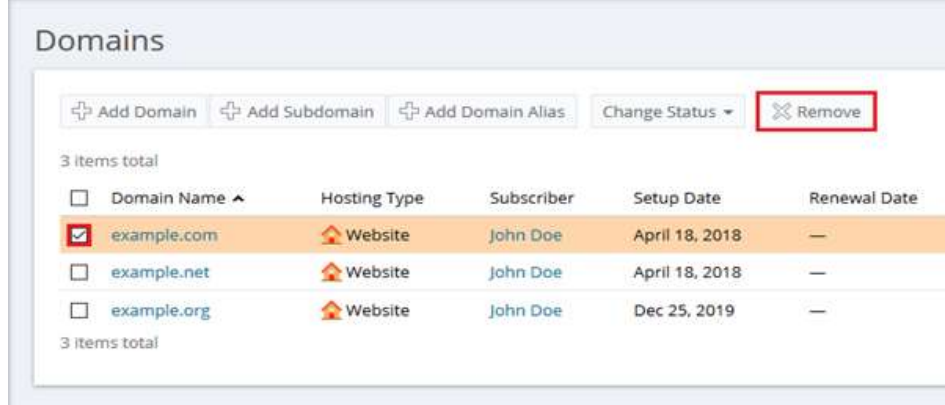
სურ. 2: ვებგაფართოება „ანტიფიშერი“

როდესაც აღნიშნული ვებგაფართოება აქტიურ რეჟიმში იმყოფება, ფიშინგისა და მავნე კოდის მქონე ვებგვერდების ბმულებზე გადასვლისას მომენტალურად ხდება მომხმარებლის გაფრთხილება და კიბერჰიგიენის რეკომენდაციების გაზიარება.



სურ. 3: მანე ბმულის დაბლოკვისას წარმოდგენილი კიბერპოლიტიკის რეკომენდაციები „ანტიფიშერის“ ვებგაფართოების შექმნისას გამოყენებული იქნა შემდეგი ტექნოლოგიები:

1. **v3 Manifest** ვერსია, რაც მოცემულ მომენტში უახლეს ვერსიას წარმოადგენს [2].
2. ვებგაფართოება „**chrome.webRequest.onBeforeSendHeaders**“ API-ის ნაცვლად იყენებს „**chrome.declarativeNetRequest**“ [3] API-ის, რასაც ალტერნატივა არ გააჩნია.
3. მონაცემთა ბაზასთან სინქრონიზაცია ხორციელდება „**JavaScript Object Notation**“ (JSON) ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული „**REST API**“-ის გამოყენებით.
4. ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზის სერვერზე განთავსებულია ვებ ტექნოლოგიაზე შექმნილი სამართავი პანელი.



სურ. 4: „ანტიფიშერის“ ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზის სამართავი პანელი

დასკვნა

როგორც ვხედავთ, „DNS Sinkholing“-ისგან განსხვავებით, ვებბრაუზერის გარემო ფიშინგისა და მანე კოდის მქონე ვებგვერდების პრევენციის მექანიზმის მოდელის შემუშავებისთვის გაცილებით ეფექტურ გზას წარმოადგენს. ნაშრომში წარმოდგენილი მოდელი საშუალებას გვაძლევს ვებგაფართოება სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემაზე, სხვადასხვა ვებბრაუზერში ინტეგრირდეს და გაცილებით სწრაფად მოხდეს საეჭვო ბმულებზე

წვდომის პრევენცია, რაც პირდაპირ აისახება როგორც ორგანიზაციების, ასევე საზოგადოების ინფორმაციული და კიბერუსაფრთხოების უზრუნველყოფაზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

4. DNS Sinkhole, URL: <https://www.enisa.europa.eu/topics/incident-response/glossary/dns-sinkhole>
5. How to Transition to Manifest V3 for Chrome Extensions, URL: <https://css-tricks.com/how-to-transition-to-manifest-v3-for-chrome-extensions/>
6. Chrome API reference - chrome.declarativeNetRequest, URL: <https://developer.chrome.com/docs/extensions/reference/declarativeNetRequest/>

Development and Implementation of an Effective Mechanism Model for Preventing Phishing and Malicious Code Websites Using the Web Browser Environment

Avtandili Bichnigauri,
Georgian Technical University
bichnigauri_av@gtu.ge, s.kartvelishvili@gtu.ge, shonia@gtu.ge

Abstract

Phishing and malicious websites are two of the most pressing challenges in today's cybersecurity landscape. These threats are developing day by day and their cases are multiplying, which pose significant risks to both organizations and society. Cybercriminals create convincing emails, messages or malicious websites, often with visuals similar to legitimate websites, to trick users into revealing sensitive information such as passwords, financial data or personal data. Due to the increasing sophistication of these types of attacks, even technically savvy individuals can fall victim to them. The spread of malware from malicious websites is another serious problem. Malware is constantly evolving, becoming more powerful and harder to detect. Especially in recent years, there has been an increase in the number of ransomware attacks that break into organizations' networks, encrypt important files, and demand large ransoms for data recovery. These types of attacks can destroy a target organization, disrupt critical infrastructure, and cause significant financial losses. To some extent, the rapid development of IoT devices and the increasing interconnectedness of systems provide additional vectors for the spread of malware. As more devices are connected to each other, the area of attack increases, which, therefore, poses a threat to the security of the computer network. There are several types of mechanisms to prevent the spread of phishing and malicious code websites in time, but these processes are not fast and efficient, as they depend on the technology used. The article discusses and presents the development and implementation of an effective mechanism model for preventing phishing and malicious code websites using the web browser environment.

Keywords: Cyber Threats, Cyber Security, Cyber Crime, Cyber Hygiene, Social Engineering, Phishing; Malicious Code, Ransomware, Web Browser, IoT.

In-vivo დოზიმეტრიის შედეგები ბრაქიტერაპიის პაციენტებში 2018-2022 წწ.

ანა ფიცხელაური, ირინე გოცირიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
a.pitskhelauri@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge

რეზიუმე

მსოფლიოს მრავალ კლინიკაში in-vivo დოზიმეტრია თვალის დამცავ ფირფიტებთან ერთად წარმატებით გამოიყენება ბრაქიტერაპიის პაციენტებში, სხივური კატარაქტის პრევენციის მიზნით.

სხივური კატარაქტა არის ბრაქიტერაპიის ხშირი გართულება, როდესაც მკურნალობენ მელანომას ლოკალიზაციით სახეზე, თვალებთან ახლოს. რადიოლოგიური დაცვის საერთაშორისო კომისია ვარაუდობს, რომ რადიაციის დოზა მინიმუმ 2 Gy ასოცირდება კატარაქტის გაზრდილ რისკთან.

არსებობს რამდენიმე ტექნოლოგია in-vivo დოზიმეტრიისთვის. ერთ-ერთი მათგანია OSL (ოპტიკურად სტიმულირებული ლუმინესცენცია) ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება საქართველოშიც, კლინიკური მედიცინის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში. In-vivo დოზიმეტრიისთვის გამოიყენება სპეციალური nanoDot დოზიმეტრები. ისინი განკუთვნილია გამოსაყენებლად ერთ წერტილში დასხივების შესაფასებლად. მათი მცირე ზომის გამო ისინი გავლენას ვერ ახდენენ მკურნალობის ხარისხზე.

ბრაქიტერაპია კლინიკური მედიცინის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში დანერგილია 2018 წლიდან. 2018-2022 წლებში In-vivo დოზიმეტრია ჩატარდა სახეზე მელანომის მქონე პაციენტებში სხივური თერაპიის 1309 ფრაქციაში; მათ შორის, 236 2018 წელს, 201 2019 წელს, 252 2020 წელს, 227 2021 წელს, ხოლო 389 კი 2022 წელს. დოზიმეტრიული მონიტორინგის შედეგების მიხედვით, კატარაქტის განვითარების რისკი გამოვლინდა მხოლოდ 5 პაციენტში (22,7%) 2018 წელს, 2 პაციენტში (12,5%) 2019 წელს, 4 პაციენტში (14,8%) 2020 წელს, 5 პაციენტში (18,5%) 2021 წელს და 8 პაციენტში (22,2%) 2022 წელს. ეს რისკი მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი დოზის კორექციის ფარგლებში, მკურნალობის ეფექტის შენარჩუნებით.

საკვანძო სიტყვები: დოზიმეტრია, ბრაქიტერაპია, კატარაქტა.

შესავალი

სხივური კატარაქტა იწვევს ნაწილობრივ გამჭვირვალობას ან დაბინძვას კრისტალურ ლინზაში, რაც გამოწვეულია დაზიანებული უჯრედებით, რომლებიც ფარავს ლინზის უკანა ზედაპირს. სიმპტომები შეიძლება გამოჩნდეს მათალი დოზების მიღებიდან ერთი ან ორი წლის შემდეგ და უფრო დაბალი დოზების შემოქმედებიდან მრავალი წლის შემდეგ.

სხივური კატარაქტა არის ბრაქიტერაპიის ხშირი გართულება, როდესაც მკურნალობენ მელანომას ლოკალიზაციით სახეზე, თვალებთან ახლოს. [1]. რადიაციული დაცვა და რადიოლოგიური დაცვის საერთაშორისო კომისია ვარაუდობენ, რომ რადიაციის დოზა მინიმუმ 2 Gy ასოცირდება კატარაქტის გაზრდილ რისკთან.

თვალის დასაცავად გამოიყენება დამცავი ტყვიის ფირფიტები მსოფლიოს მრავალ კლინიკაში in-vivo დოზიმეტრიასთან ერთად მონიტორინგისთვის.

ძირითადი ნაწილი

არსებობს რამდენიმე ტექნოლოგია in-vivo დოზიმეტრიისთვის. ერთ-ერთი მათგანია OSL (ოპტიკურად სტიმულირებული ლუმინესცენცია) ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება კლინიკური მედიცინის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში, თბილისი, საქართველო. In-vivo დოზიმეტრიისთვის გამოიყენება სპეციალური nanoDot დოზიმეტრები (სურ. 1). ისინი

განკუთვნილია გამოსაყენებლად ერთი წერტილში დასხივების შესაფასებლად. მათი მცირე ზომის გამო ისინი გავლენას ვერ ახდენენ მკურნალობის ხარისხზე. NanoDot დოზიმეტრები არის უსადენო და რადიოლუცენტური. [2]



სურ. 1 OSL ტექნოლოგიის nanoDot დოზიმეტრი

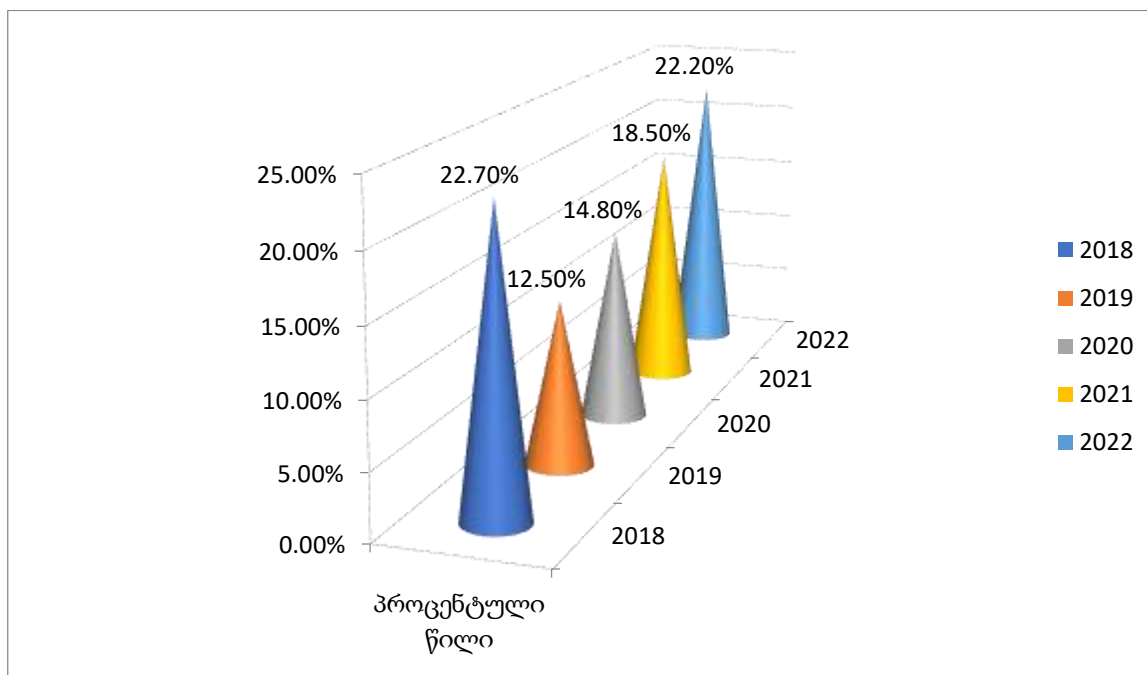
NanoDot დოზიმეტრებს აქვთ შემდეგი ტექნიკური მახასიათებლები:

დოზის ოპერაციული დიაპაზონი არის 10 μ Gy-დან >100Gy-მდე ზოგადი გამოყენებისთვის; გამოვლენის ქვედა ზღვარი არის 0,1 mGy; სასარგებლო ენერგიის დიაპაზონი არის 5 keV-დან 20 MeV-მდე; ენერგეტიკული დამოკიდებულება შემდეგია - სიზუსტე $\pm 10\%$ ფარგლებში დიაგნოსტიკური ენერგიის დიაპაზონში 70-140 kvP; $\pm 5\%$ ფარგლებში ფოტონები და ელექტრონები 5 MeV-20MeV; სიზუსტე (სულ გაურკვევლად - ერთჯერადი გაზომვა) არის $\pm 10\%$ სტანდარტული nanoDot-ით; $\pm 5.5\%$ სკრინინგული nanoDot-ით; სიზუსტე არის $\pm 5\%$, $k=2$ როგორც სტანდარტული, ასევე სკრინინგული nanoDot-ისთვის.

NanoDot დოზიმეტრებს აქვთ შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები და უპირატესობები:

- არადესტრუქციული წაკითხვა: იძლევა ხელახალი ანალიზის და ხელახალი გამოყენების საშუალებას;
- ზუსტი გაზომვა დოზის ფართო დიაპაზონში;
- არ არის საჭირო გამოწვა ყოველ ჯერზე, როცა დოზიმეტრი ექვემდებარება მაიონებელი გამოსხივების ზემოქმედებას;
- არ არის საჭირო ელემენტების კორექტირების ფაქტორები;
- მინიმალური გაქრობა;
- შესაძლებელია დოზიმეტრის დაარქივება;
- დოზიმეტრები გამძლეა: დარტყმამდეგი; ტენიანობისადმი რეზისტენტული; მაღალი ტემპერატურისადმი ტოლერანტული.
- ძველი გამოსხივების საზომი ტექნოლოგიის ეფექტური ჩანაცვლება (მაგ., TLD). [3].

ბრაქითერაპია კლინიკური მედიცინის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში დაწარმოდა 2018 წლიდან. 2018-2022 წლებში In-vivo დოზიმეტრია ჩატარდა სახეზე მელანომის მქონე პაციენტებში სხივური თერაპიის 1309 ფრაქციაში; მათ შორის, 236 2018 წელს, 201 2019 წელს, 252 2020 წელს, 227 2021 წელს, ხოლო 389 კი 2022 წელს. დოზიმეტრიული მონიტორინგის შედეგების მიხედვით, სხივური კატარაქტის განვითარების რისკი გამოვლინდა მხოლოდ 5 პაციენტში (22,7%) 2018 წელს, 2 პაციენტში (12,5%) 2019 წელს, 4 პაციენტში (14,8%) 2020 წელს, 5 პაციენტში (18,5%) 2021 წელს და 8 პაციენტში (22,2%) 2022 წელს. (სურ. 2).



სურ. 2 კატარაქტის განვითარების რისკით გამოვლენილ პაციენტთა პროცენტული წილი ბრაქითერაპიის პაციენტთა საერთო რაოდენობაში, მელანომის სახეზე ლოკაციით. 2018-2022წწ. კლინიკური მედიცინის კვლევითი ინსტიტუტი

დასკვნა

ბრაქითერაპიის პაციენტებში სხივური კატარაქტის განვითარების პრევენციის მიზნით ტყვიის ფირფიტებთან ერთად in-vivo დოზიმეტრიის გამოყენება მსოფლიოში აღიარებული საუკეთესო მეთოდია და სასიხარულოა, რომ ის საქართველოშიც 2018 წლიდან წარმატებით გამოიყენება; კერძოდ, კლინიკური მედიცინის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში. 2018-2022 წლებში სხივური კატარაქტი განვითარების რისკი სულ გამოუვლინდა სახის არეში მელანომის მქონე ბრაქითერაპიის 24 პაციენტს. აღნიშნული რისკი თითოეული პაციენტისათვის მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი დასხივების დოზის კორექციის გზით, რა თქმა უნდა, მკურნალობის ეფექტის შენარჩუნებით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Madan M Rehani. Radiation and cataract. Et al. Ratiat Prot Dosimetry. 2011.
2. Renu Sharma, Paul A. Jursinic. In-vivo measurements for high dose rate brachytherapy with optically stimulated luminescent dosimeters. The International Journal of Medical Physics Research and Practice "Medical Physics". University of California at Davis. <https://doi.org/10.1118/1.4811143> 2013.
3. Paul A. Jursinic. Changes in optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD) dosimetric characteristics with accumulated dose. The International Journal of Medical Physics Research and Practice "Medical Physics". University of California at Davis. <https://doi.org/10.1118/1.3267489> 2009.

The results of in-vivo dosimetry among brachytherapy patients 2018-2022

Ana Pitskhelauri, Irine Gotsiridze
Georgian Technical University
a.pitskhelauri@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge

Abstract

In-vivo dosimetry world in pair with lead plates is used in many clinics of the world as prevention from radiation cataract among brachytherapy patients.

Radiation cataract is a frequent complication of brachytherapy when treated melanoma with localization on the face, nearby with eyes. International Commission on Radiological Protection assumptions that a radiation dose of at least 2 Gy is associated with increased cataract risk.

There are several technologies for in-vivo dosimetry. One of them is OSL (optically stimulated luminescence) technology, which is practiced at Research Institute of Clinical Medicine, Tbilisi, Georgia. For in-vivo dosimetry is used special nanoDot dosimeters. They are designed for use in single point radiation assessment applications. Due to their small size, they do not affect the quality of the treatment.

Brachytherapy in Research Institute of Clinical Medicine has been introduced since 2018. During the period 2018-2022, in-vivo dosimetry was carried out in patients with melanoma located on the face in 1309 fractions of radiation therapy, including 236 in 2018, 201 in 2019, 252 in 2020, 227 in 2021 and 389 in 2022. According to the results of dosimetry monitoring, the risk of cataract occurrence was revealed in only 5 patients (22,7%) in 2018, 2 patients (12,5%) in 2019, 4 patients (14,8%) in 2020, 5 patients (18,5%) in 2021 and 8 patients (22,2%) in 2022. This risk has been minimized by a dose correction within the limits to allow successful treatment.

Keywords: dosimetry, brachytherapy, cataract.

რობასტული მართვა და მისი ზოგიერთი ასპექტები

ქ. კოტრიკაძე, ნ. კურკუმული
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
k.kotrikadze@gtu.ge, n.kurkumuli@gtu.ge

რეზიუმე

რობასტული მართვა, თანამედროვე მართვის სისტემებში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს სისტემის პარამეტრების მნიშვნელოვან ცვლილებას. ზოგადად, რობასტული ანუ უხეში სისტემის ქვეშ იგულისხმება ავტომატური მართვის სისტემა, რომლის პარამეტრების დიდ საზღვრებში იცვლება.

სტატიაში განხილულია მიმყოლი სისტემის რობასტულობა. კერძოდ, პარამეტრების სინთეზის ამოცანა. ამისათვის დადგენილია მიმყოლი სისტემის მათემატიკური მოდელი; მიმყოლი სისტემის მახასიათებელი განტოლება და საბოლოოდ გადაწყვეტილია მიმყოლი სისტემის სინთეზის ამოცანა ხარიტონოვის თეორემის საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: რობასტული მართვა, ხარიტონოვის თეორემა, მახასიათებელი განტოლების ფესვები, ფესვური ჰოდოგრაფები, სისტემის რობასტული მდგრადობა, რობასტული სინთეზის ამოცანა.

შესავალი

რობასტული მართვა, თანამედროვე მართვის სისტემებში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს სისტემის პარამეტრების მნიშვნელოვან ცვლილებას. ზოგადად, რობასტული ანუ უხეში სისტემის ქვეშ იგულისხმება ავტომატური მართვის სისტემა, რომლის პარამეტრების დიდ საზღვრებში იცვლება. რობასტული მართვას საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია აქვს. პირველად რობასტული სისტემების შესახებ თავისი ნაშრომი გამოაქვეყნა ფაედომ, რომელმაც ჩამოაყალიბა განზოგადოებული რაუსის კრიტერიუმი იმ შემთხვევისთვის, როდესაც იცვლებოდა მახასიათებელი განტოლების კოეფიციენტები მოცემულ საზღვრებში.

რობასტული მართვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი აღმოჩენა და თეორემაა, 1978 წელს ხარიტონოვის მიერ ჩამოყალიბებული რობასტული მდგრადობის კრიტერიუმი. ეს ნაშრომი ერთგვარი გარღვევა იყო რობასტული სისტემების მდგრადობის შესაფასებლად. ხარიტონოვის თეორემა წარმოდგენილია ორ ნაწილად. კერძოდ ეს არის სუსტი და ძლიერი თეორემები. ხარიტონოვის სუსტი თეორემაა:

$$\sum_{i=0}^n a_i \cdot S^i = 0$$

სადაც $a_i \in [\underline{a}_i; \overline{a}_i]$, $\underline{a}_i < \overline{a}_i$, მაშინ სისტემის რობასტული მდგრადობისთვის აუცილებელი და საკმარისი პირობაა ყველა კუთხური მრავალწევრი იყოს ჰურვიცისეული ანუ მგრადი.

კუთხური მრავალწევრები ეწოდება $\sum_{i=0}^n a_i \cdot S^i$ მრავალწევრებს, თუ $a_i = \underline{a}_i; a_i = \overline{a}_i \forall i$ ანუ არსებობს 2^{n+1} კუთხური მრავალწევრი.

ხარიტონოვის ძლიერი თეორემა (1) სისტემის მდგრადობისთვის აუცილებელი და საკმარისი პირობაა მხოლოდ და მხოლოდ ოთხი პოლინომის მდგრადობა, რომელთა კოეფიციენტებია:

$$\begin{array}{cccccc} \underline{a}_0 & \overline{a}_1 & \overline{a}_2 & \underline{a}_3 & \underline{a}_4 & \overline{a}_5 & \overline{a}_6 \\ \underline{a}_0 & \underline{a}_1 & \overline{a}_2 & \overline{a}_3 & \underline{a}_4 & \underline{a}_5 & \overline{a}_6 \\ \overline{a}_0 & \overline{a}_1 & \underline{a}_2 & \underline{a}_3 & \overline{a}_4 & \overline{a}_5 & \underline{a}_6 \\ \overline{a}_0 & \underline{a}_1 & \underline{a}_2 & \overline{a}_3 & \overline{a}_4 & \underline{a}_5 & \underline{a}_6 \end{array}$$

ამ თეორემის მთავარი ღირსება იმაში მდგომარეობს, რომ მიუხედავად, რომ განტოლება n რიგისაა რობასტული მდგრადობის დასადგენად საკმარისია ოთხი პოლინომის მდგრადობის დადგენა. აღნიშნული თეორემა თანამედროვე რობასტული ანალიზის და სინთეზის ამოცანების საფუძველს წარმოადგენს.

ძირითადი ნაწილი

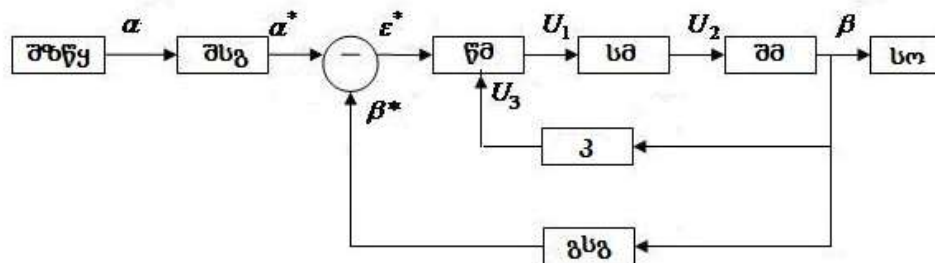
განვიხილოთ რობასტული მდგრადობის ამოცანის გადაწყვეტა მიმყოლის სისტემის მაგალითზე. ასეთი სისტემის სქემა მოცემულია ნახაზზე 1-ზე. აღნიშნულ ფუნქციონალურ სქემაში α მმართველი ზემოქმედებაა, α^* კი - მმართველი ზემოქმედების გაზომვის შედეგია. β^* არის მიმყოლი სისტემის გამოსავლის β გაზომვის შედეგი. ზოგადად, თუ გავიხილავთ ნახ. 1-ს იგი შედგება შემდეგი ფუნქციონალური ბლოკებისაგან. 1. მზწყ - მმართველი ზემოქმედების წყარი; 2. შსგ - შესავალის საზომი გარდამსახი; 3. წმ - წინასწარი მაძლიერებელი;

4. სმ - სიმძლავრის მამლიერებელი; 5. შმ - შემსრულებელი მექანიზმი; 6. სო - სამართავი ობიექტი; 7. კ - მაკორექტირებელი ოწყობილობა; 8. გსგ - გამოსავალის საზომი გარდამსახი.

ε^* არის მიმყოლის სისტემის შეცდომის $\varepsilon = \alpha - \beta$ გაზომვის შედეგი და ტოლია:
 $\varepsilon^* = \alpha^* - \beta^*$.

U_1 წინასწარი მამლიერებელის გამოსავალი სისდიდეა. ამავე დროს, იგი არის სიმძლავრის მამლიერებლისთვის მმართველი ზემოქმედება. U_2 - სიმძლავრის მამლიერებლის გამოსავალი სისდიდე და ასევე შემსრულებელი მექანიზმის - მმართველი ზემოქმედება. β - მიმყოლის სისტემის სარეგულირო პარამეტრი, სამართავი ობიექტის ღერძის მობრუნების კუთხეა. U_3 - მაკორექტირებელი მოწყობილობის გამოსავალი სიგნალია.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია მიმყოლი სისტემისთვის შევადგინოთ მასში შემავალი ელემენტებისთვის მათემატიკური მოდელი. ეს მოდელი იქნება რობასტული მიმყოლი სისტემის მოდელი.



ნახ. 1

სისტემის ელემენტების მოძრავის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას ლაპლასის სახეში ექნება შემდეგი ფორმა:

$$\begin{cases} \varepsilon = \alpha - \beta \\ \varepsilon^* = k_{b\beta} \varepsilon \\ U_1 = k_1 \varepsilon^* - k_1' U_3 \\ (T_\beta s + 1)(T_\theta s + 1) U_2 = k_2 U_1 \\ (T_1 s + 1) S \beta = k_3 U_2 \\ U_3 = k_4 T S^2 \beta \end{cases} \quad (1)$$

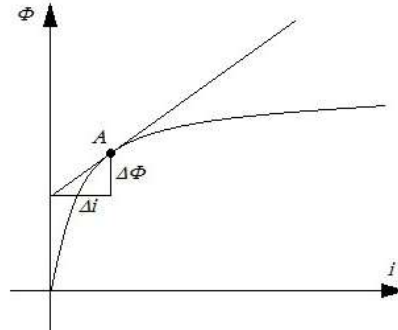
მოცემულ ფორმულაში (1) $k_{b\beta}$ - საზომი გარდამსახის გადაცემის კოეფიციენტი; T_1 - შემსრულებელი მექანიზმში გამოყენებული მუდმივი დენის ძრავას ელ. მექანიკური დროის მუდმივა; k_3 - ძრავას გადაცემის კოეფიციენტი; T - მაკორექტირებელი მოწყობილობის დროის მუდმივა; k_4 - ტაქოგენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი, რომელიც გამოიყენება მაკორექტირებელ მოწყობილობაში. k_1, k_1' - წინასწარი მამლიერებლის გამლიერების კოეფიციენტებია, ε^*, U_3 - ის მიმართ. T_β, T_θ - სიმძლავრის ელექტრომექანიკური მამლიერებლის განივი და მართვის წრედის დროის მუდმივებია; k_2 - ელმანქანური მამლიერებლის გადაცემის კოეფიციენტი.

სისტემის ელემენტების პარამეტრების გამოსათვლელ ფორმულებს აქვს სახე:

$$T_\beta = \frac{L_\beta}{R_\beta}; \quad T_\theta = \frac{L_\theta}{R_\theta}; \quad k_2 = \sigma_1 \sigma_2 \Omega^2 T_\beta T_\theta; \quad T_1 = \frac{J R_\phi}{R_\phi c_T + c_e c_M \Phi^2}; \quad k_3 = \frac{c_M \Phi}{R_\phi c_T + c_e c_M \Phi^2}; \quad T = RC; \quad k_4 = \frac{U_m}{\Omega_m}$$

მოცემულ თანაფარდობებში შემავალი სიდიდეებია: L_β, L_θ - ემმ-ის განივი და მართვის წრედების ინდუქტივობები; R_β, R_θ - განივი და მართვის წრედების აქტიური წინააღობები; σ_1, σ_2 - ემმ-ის კონსტრუქციული მუდმივები; Ω - ემმ-ის როტორის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე; J -

სამართავი ობიექტის ინერციის მომენტი; R_{ω} , c_e , c_M ძრავას ლუზის წინაღობა და კონსტრუქციული მუდმივები; c_T - ბლანტი ხახუნის კოეფიციენტი; Φ - ძრავას აღზნების მაგნიტური ნაკადი; R, C - მაკორექტირებელი მადიფერენცირებელი რგოლის აქტიური წინარობა და ტევადობა; U_m, Ω_m - მაკორექტირებელი მოწყობილობის ტაქოგენერატორის მაქსიმალური გამოსავალი ძაბვა და მისი შესაბამისი ბრუნვის კუთხური სიჩქარე.



ნახ. 2.

ასეთი სისტემა რობასტულია. ამაში შეგვიძლია დავრწმუნდეთ, თუ განვიხილავთ ელმანქანური მაძლიერებლის (ემმ) მახასიათებლებს. კერძოდ, დამოკიდებულებას $\Phi = \Phi(i)$. ეს დამოკიდებულება არაწრფივია, რადგან ემმ-ს მაგნიტური წრედი შესრულებულია რკინაზე. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია ემმ-ს მახასიათებლიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თანაფარდობა $L = \Delta\Phi/\Delta i$ ასევე არაწრფივია ანუ ცვლადი და დამოკიდებულია A წერტილის მდებარეობაზე $\Phi = \Phi(i)$ -ზე გრაფიკზე (ნახ. 2). გასაგებია, რომ 0 წერტილის მახლობლობაში L მაქსიმალური იქნება, ხოლო A წერტილის მარჯვნივ - იგი თითქმის ნულამდე შემცირდება. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ $L_{\theta} \in [L_{\theta}^-; L_{\theta}^+]$; $L_{\theta} \in [L_{\theta}^-; L_{\theta}^+]$. გარდა ამისა, ასევე დიდ საზღვრებში იცვლება ინერციის მომენტიც: $J \in [J^-; J^+]$. პარამეტრები T_{θ} , T_{θ} , k_2 და T_1 , სისტემის მუშაობისას იცვლება და ეს ცვლილება შემთხვევითია. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ შევარჩიოთ k_1' და T ისეთი მნიშვნელობის, რომ სისტემა იყოს მდგრადი ან სასურველი დინამიკური პროცესის მისაღებად შევარჩიოთ შესაბამისი პარამეტრები. პირველ შემთხვევაში საქმე ეხება რობასტული მდგრადობის ამოცანას, ხოლო მეორე შემთხვევაში - რობასტული სინთეზის ამოცანას.

რობასტული მიმყოლი სისტემისთვის ვიპოვოთ შეკრული სისტემის მახასიათებელი განტოლება:

$$T_{\theta}T_1S^3 + (T_{\theta} + T_1 + k_0)S^2 + S + k = 0 \quad (2)$$

მოცემულ ფორმულაში გვაქვს შემდეგი აღნიშვნები: გახსნილი სისტემის გადაცემის კოეფიციენტი - $k = k_1 k_{\tau} k_3 k_{\theta}$; უკუკავშირის სიღრმის კოეფიციენტი - $k_0 = k_1' k_2 k_3 k_4 T; T_{\theta} \approx 0$. $T_{\theta} = 0$ და იგი შეგვიძლია უგულებელვყოთ.

მივიღეთ მახასიათებელი განტოლება შემდეგი სახით:

$$a_0S^3 + a_1S^2 + a_2S + a_3 = 0 \quad (3)$$

სადაც $a_0 = T_{\theta}T_1$, $a_1 = T_{\theta} + T_1 + k_0$, $a_2 = 1$, $a_3 = k$. მოცემულ შემთხვევაში ცვლადი პარამეტრებია: $a_0 \in [a_0^-; a_0^+]$; $a_1 \in [a_1^-; a_1^+]$, ხოლო a_2, a_3 კოეფიციენტები უცვლელია. სამართლიანია შემდეგი ჩანაწერები:

$a_0 = T_{\theta}T_1, \bar{a}_0 = \bar{T}_{\theta}\bar{T}_1, a_1 = T_{\theta} + T_1 + k_0, \bar{a}_1 = \bar{T}_{\theta} + \bar{T}_1 + k_0$. დასმული ამოცანის პირობების ტანახმად, a_0 კოეფიციენტის ცვლილება განპირობებული სისტემის თვისებიდან გამომდინარე და ჩვენგან დამოუკიდებელი მიზეზებით ხდება. ხოლო a_1 პარამეტრი შეიცავს k_0 კოეფიციენტს,

რომლის ცვლილებიტაც შესაძლებელია, a_1 პარამეტრის ნებისმიერი სიდიდით და ნებისმიერი მიმართულებით ცვლილება.

რობასტული მდგრადობის პირობაა ამ შემთხვევაში, გამოსახება სემდეგი უტოლობით, რომელიც მიღებულია ხარიტონოვის ძლიერი თეორემის საშუალებით.

$$\underline{k}_0 > k\overline{T}_\beta\overline{T}_1 - (\underline{T}_\beta + \underline{T}_1) \quad (4)$$

მოცემულ შემთხვევაში ასევე შესაძლებელია მიმყოლი სისტემის მდგრადობის დადგენა ასევე ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდით.

მიმყოლის სისტემის დინამიკის თვისებრივობის მაჩვენებლებად შევაჩიეთ გარდამავალი პროცესის დრო, გადარეგულირება და რხევათა რიცხვი.

თუ ვსაუბრობთ რობასტული სინთეზის ამოცანაზე, მაშინ ამოცანა შემდეგი სახისაა: შევარჩიოთ k_0 პარამეტრი ისეთი, რომ უზრუნველყოფილი იქნას სასურველი დინამიკური პროცესი. ანალიზისათვის განტოლება (?) ჩავწეროთ დაყვანილ ფორმაში:

$$S^3 + b_1S^2 + b_2S + b_3 = 0 \quad (5)$$

ამ შემთხვევაში $b_i = \frac{a_i}{a_0}$, სადაც $i=1,2,3$. მოცემულ განტოლებაში იცვლება სამივე კოეფიციენტი, განსხვავებით წინა შემთხვევისგან განსხვავებით.

ხარიტონოვის პოლინომებს პირველ შემთხვევაში ექნებათ სახე:

$$\begin{cases} P_1 = \underline{a}_3 + \underline{a}_2S + \overline{a}_1S^2 + \overline{a}_0S^3 \\ P_2 = \underline{a}_3 + \overline{a}_2S + \overline{a}_1S^2 + \underline{a}_0S^3 \\ P_3 = \overline{a}_3 + \overline{a}_2S + \underline{a}_1S^2 + \underline{a}_0S^3 \\ P_4 = \overline{a}_3 + \underline{a}_2S + \underline{a}_1S^2 + \overline{a}_0S^3 \end{cases} \quad (6)$$

ხოლო დაყვანილი მახსიატებელი განტოლებისთვის

$$\begin{cases} P_1' = \underline{b}_3 + \underline{b}_2S + \alpha_1\underline{b}_1S^2 + S^3 \\ P_2' = \frac{1}{\alpha_3}\overline{b}_3 + \overline{b}_3S + \overline{b}_1S^2 + S^3 \\ P_3' = \overline{b}_3 + \overline{b}_2S + \frac{1}{\alpha_1}\overline{b}_1S^2 + S^3 \\ P_4' = \alpha_3\overline{b}_3 + \underline{b}_2S + \underline{b}_1S^2 + S^3 \end{cases} \quad (7)$$

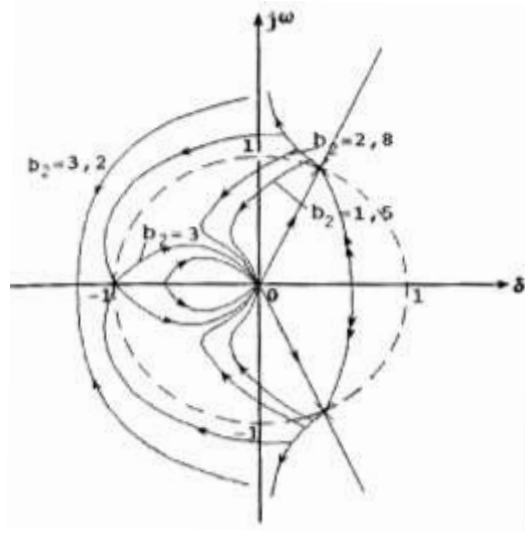
მოცემულ განტოლებებში გვაქვს შემდეგი თანაფარდობები:

$\underline{b}_1 = \frac{\underline{a}_1}{\underline{a}_0}$; $\overline{b}_1 = \frac{\overline{a}_1}{\underline{a}_0}$; $\underline{b}_2 = \frac{\underline{a}_2}{\underline{a}_0}$; $\overline{b}_2 = \frac{\overline{a}_2}{\underline{a}_0}$; $\underline{b}_3 = \frac{\underline{a}_3}{\underline{a}_0}$; $\overline{b}_3 = \frac{\overline{a}_3}{\underline{a}_0}$; $\alpha_0 = \frac{\overline{a}_0}{\underline{a}_0}$; $\alpha_2 = \frac{\overline{a}_2}{\underline{a}_2}$; $\alpha_3 = \frac{\overline{a}_3}{\underline{a}_3}$. აქვე განვმარტოთ, რომ პოლინომის α შემცველი შესაკრებები გამოსახული იქნა მხოლოდ α_0 -ის საშუალებით. გვექნება შემდეგი თანაფარდობები: $\alpha_1\underline{b}_1 = \frac{\overline{b}_1}{\alpha_0}$; $\frac{1}{\alpha_3}\overline{b}_3 = \underline{b}_3\alpha_0$; $\frac{1}{\alpha_1}\overline{b}_1 = \underline{b}_1\alpha_0$; $\alpha_3\underline{b}_3 = \frac{\overline{b}_3}{\alpha_0}$.

ავაგოთ ფესვური ჰოდოგრაფები. ჯერ ვაგებთ (7) განტოლებათა სიმრავლიდან პირველი პოლინომის ფესვურ ჰოდოგრაფს. თანმიმდევრობა შემდეგი სახისაა: პირველ შემთხვევაში იცვლება b_3 კოეფიციენტი, შემდეგ - b_3 და b_2 და ბოლოს სამი კოეფიციენტი. აქვე ერთი განმარტება: ბოლოს ვცვლით იმ კოეფიციენტს, რომელიც შეიცავს k_0 -ს. ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიები, რომლის მიხედვითაც გვაქვს ბიფურკაციული წერტილები: b_3 ; $b_2 = 3\sqrt[3]{b_3^2}$; $b_1 = 3\sqrt[3]{b_3^2}$. მოცემულ კონკრეტულ შემთხვევაში $b_3 = 1$; $b_1 = 1$; $b_2 = 1,5; 2,8; 3; 3,2$.

ვაგებთ (7) პოლინომების ფესვურ ჰოდოგრაფებს, როდესაც b_i პარამეტრის მნიშვნელობები იცვლება დიდ საზღვრებში (ნახ. 3). ნახაზიდან ჩანს, რომ ყველაზე მარჯვნივ განთავსებულია P_4' პოლინომის დომინირებადი ფესვი, შემდეგ კი P_3' , P_2' , P_1' პოლინომის ფესვები. ანუ ველაზე „კარგი“ დინამიკა აქვს P_1' პოლინომს, ხოლო „ცუდი“ - P_4' .

რობასტული მდგრადობის პირობიდან (4) შეიძლება გნვსაზღვროთ k_0 -ის უმცირესი მნიშვნელობა. მისი გამოთვლა შესაძლებელია, ხარიტონოვის ძლიერი თეორემითაც. თუმცა აქ საუბარია 4 უტოლობისგან შემდგარი სისტემის ამოხსნაზე, რომლის ამოხსნა ანალიზურადაც და რიცხვითი მეთოდების გამოყენებითაც, ფაქტიურად შეუძლებელია. ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდით, კი მდგრადობის პირობის დადგენა შედარებით მარტივია.



ნახ. 3.

რობასტული მდგრადობის დასადგენად საჭიროა დომინირებადი ფესვის ქცევის შესწავლა, რაც ფესვური ჰოდოგრაფის საშუალებით თვალსაჩინოა და პირობაა დომინირებადი ფესვის ან ფესვთა წყვილის კომპლექსურ ფესვთა სიბრტყეში მათი მარცენა ნახევერ სიბრტყეში მოხვედრა, ხოლო თუ ვიხილავთ სინთეზის ამოცანას, მაშინ უნდა დადგინდეს დომინირებადი ფესვების გარკვეულ არეში განლაგება. ასეთი არე იგება დინამიკის მოცემული თვისობრივობის მაჩვენებლების საშუალებით. ნახ. 3.-ზე ნაჩვენებია შესაბამისი ფესვური ჰოდოგრაფია.

დასკვნა

როგორც ზემოთ ვნახეთ, რობასტული მართვის ამოცანები საკმაოდ საინტერესო მიმართულებაა თანამედროვე მართვის სისტემებში. ხარიტონოვის თეორემა და ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რობასტული მდგრადობის და სინთეზის ამოცენების გადაწყვეტაში.

ლიტერატურა:

1. Evans G. W. The story of Walter R. Evans and his textbook Control-System Dynamics. IEEE Control Systems Magazine, 2004.
2. L.H.A Monteiro, J. D. SIMPLE ANSWERS TO USUAL QUESTIONS ABOUT UNUSUAL FORMS OF THE EVANS' ROOT LOCUS PLOT. Revista Controle & Automacao, 2008.
3. Richard C. Dorf, R. H. Modern Control Systems. USA: Pearson Education Inc. 2016.

Robust control and some of its aspects

K. Kotrikadze, N. Kurkumuli
Georgian Technical University

k.kotrikadze@gtu.ge, n.kurkumuli@gtu.ge

Summary

Robust management is one of the important directions in modern management systems. In this case, there is a significant change in system parameters. In general, a robust system means an automatic control system, the parameters of which change within large limits.

The article discusses the robustness of the follower system. In particular, the task of parameter synthesis. For this, is established a mathematical model of the following system; The characteristic equation of the follower system and the problem of synthesis of the follower system is finally solved with Kharitonov's theorem.

Key words: robust control, Kharitonov's theorem, roots of characteristic equation, root locus, robust system stability, robust synthesis problem.

ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენება ადამიანური რესურსების შეფასების საკითხებში

ანა გერგაული, მედია თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

gergauli.ana@gtu.ge, medeat@gtu.ge, saltkhutsishviliimaia08@gtu.ge

რეზიუმე

წინამდებარე სტატიაში დახასიათებულია ადამიანური რესურსების მართვის ძირითადი ამოცანები და მათი გადაჭრის შესაძლო გზები ხელოვნური ინტელექტის, კერძოდ კი ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით. განხილულია პერსონალის შერჩევის, ტრენინგისა და განვითარების, შესრულებული სამუშაოს შეფასების, დაწინაურების პრაქტიკა, თუმცა უპირატესად ყურადღება გამახვილებულია შეფასების საკითხებზე ერთი მხრივ, კანდიდატების შერჩევის პროცესში და მეორე მხრივ, თანამშრომელთა მიერ შესრულებული სამუშაოს შეფასებაზე. ნაშრომში მოკლედ მიმოხილულია ლიტერატურა აღნიშნული საკითხის გარშემო. კერძოდ, განხილულია ერთ-ერთი კვლევა, რომლის ფარგლებში მკვლევართა მიერ შემუშავდა თანამშრომელთა კომპეტენციების რეიტინგული შეფასების ხელოვნური ნეირონული ქსელის მოდელი უკუგავრცელების მეთოდით, რომელსაც შემავალი მონაცემების სახით მიეწოდებოდა ინფორმაცია თანამშრომლის თეორიულ (თანამშრომელთა მოვალეობები, ვალდებულებები), საწარმოო (თანამდებობრივი ინსტრუქციები და მათი შესრულების მზაობა), პრაქტიკული და სტრატეგიული ცოდნის შესახებ. გამომავალი მონაცემების საფუძველზე ახდენდნენ წონების კოეფიციენტების კორექციას. სხვა კვლევის ფარგლებში მკვლევარების მიზანი იყო შეექმნათ ისეთი მოდელი, რომელიც დაეხმარებოდათ ტოპ-მენეჯერებს ნიჭიერი თანამშრომლების შერჩევისა და მათი დაწინაურების შესახებ სწორი გადაწყვეტილებების მიღებაში. მენეჯერული ნიჭი განისაზღვრა, როგორც ინდივიდუალური

თვისებების (შესაძლებლობები, მოტივაციური, პიროვნული თვისებები), ისე მენეჯერული უნარების (კონცეპტუალური, ინტერპერსონალური, ტექნიკური) ნაკრები. ნეირონული ქსელების დატრენინგების შედეგად, მოდელს შეუძლია უფრო ობიექტურად და სწორად შეარჩიოს როგორც შესაფერისი კანდიდატი ვაკანტურ ადგილას ასევე უკვე არსებული თანამშრომლის დაწინაურების პერსპექტივა.

აღსანიშნავია, რომ ხელოვნური ნეირონული ქსელების სპეციფიკური გამოყენება ადამიანური რესურსების მართვის სფეროში შეიძლება განსხვავდებოდეს ორგანიზაციის მიზნების, ხელმისაწვდომი მონაცემებისა და კონკრეტული პრობლემის მიხედვით. შემავალი მონაცემებისა და ქსელის არქიტექტურის არჩევანი შეიძლება მორგებული იყოს კონკრეტული HR ამოცანის შესაბამისად. გარდა ამისა, მონაცემები გამოყენებული უნდა იქნას ეთიკური ნორმების დაცვით, სამართლიანობის, გამჭვირვალობისა და შესაბამის რეგულაციებთან შესაბამისობის უზრუნველსაყოფად, როგორცაა მონაცემთა კონფიდენციალურობის კანონები. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება პროცესების ავტომატიზაციის პროცესში ემსახურება დროის დაზოგვას, შეცდომების დაშვების მცირე ალბათობას, ეფექტიანი გადაწყვეტილებების მიღებას და თანამშრომელთა ძალისხმევის კონცენტრაციას მეტად რთული, შემოქმედებითი ხასიათის ამოცანებზე.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ნეირონული ქსელები ადამიანური რესურსების მართვაში

შესავალი

ნებისმიერი კომპანიის წარმატების საწინდარი - ორგანიზაციაში მომუშავე კვალიფიციური პერსონალია. ტერმინი კვალიფიციური, თავის მხრივ, გულისხმობს პერსონალს, რომელიც რაიმე კონკრეტულ საქმიანობაში, პროფესიაში არის კარგად დახელოვნებული (მაღალი კვალიფიკაციის მქონე, დაოსტატებული). ადამიანური რესურსების შეფასების სხვადასხვა ინსტრუმენტები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ერთი მხრივ, კვალიფიციური პერსონალის შერჩევისა და მეორე მხრივ, ორგანიზაციაში მომუშავე პერსონალის მიერ შესასრულებელი სამუშაოს ჯეროვნად შესრულების გასაზომად.

ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე მსოფლიოში ორგანიზაციები სულ უფრო მეტად ცდილობენ მიმდინარე ბიზნეს-პროცესების გაციფრულებას და ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების დანერგვას. COVID-19 პანდემიის პერიოდმა, რა თქმა უნდა, ხელი შეუწყო აღნიშნული პროცესის უფრო მეტად დაჩქარებას. საერთაშორისო დონის ორგანიზაციები უკვე აქტიურად იყენებენ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ პროგრამებს კომპანიის პროცესების ავტომატიზაციისთვის. მაგალითისთვის: ხორციელდება რუტინული/განმეორებადი დავალებების ოპტიმიზაცია, რაც შეცდომების დაშვების ალბათობას ამცირებს; გამოიყენება ჩატ-ბოტები, რომლებიც მომხმარებლებს სთავაზობენ დახმარებას მომსახურების გაწევაში და პერსონალიზირებულ რეკომენდაციებს გასცემენ - შესაბამისად, იზრდება მომსახურების ხარისხიც; მიმდინარეობს აპლიკანტების სამსახურში აყვანა-დაქირავების პროცესების ოპტიმიზაცია (CV-ების გადარჩევა, კვალიფიციური კანდიდატების იდენტიფიცირება, მიკერძოების შემცირება); ასევე დიდი მონაცემების ანალიზის შედეგად ხორციელდება პრედიქტული ანალიტიკა. ზემოთხამოთვლილი თითოეული პუნქტი როგორც ცალ-ცალკე და ასევე ერთად ემსახურება დროის დაზოგვას, შეცდომების დაშვების მცირე ალბათობას, თანამშრომელთა ძალისხმევის კონცენტრაციას მეტად რთული, შემოქმედებითი ხასიათის ამოცანებზე. ინფორმაცია გაცილებით მეტია და ხორციელდება მონაცემების საფუძვლიანად გაანალიზება და ეფექტიანი გადაწყვეტილებების მიღება [1].

ადამიანური რესურსების მართვის პროცესშიც ხელოვნური ინტელექტი საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება. მაგალითისთვის, HR რეკრუტერების მთავარი ამოცანაა შეირჩეს სამუშაო აღწერილობასა და თანამდებობრივ მოთხოვნებთან მაქსიმალურად შესაფერისი კანდიდატები და სწორედ ისეთი ტალანტები, ანუ განსაკუთრებული, უნიკალური შესაძლებლობებისა და ნიჭის მქონე თანამშრომლები, რომლებიც მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანენ ორგანიზაციის წინაშე მდგარი მისიის, მიზნებისა და ამოცანების შესრულებაში წარმატების მისაღწევად [2].

ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებიდან კადრებთან მუშაობის, მათი შერჩევის და შეფასების დროს აქტიურად გამოიყენება ხელოვნური ნეირონული ქსელები. ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებს შეუძლიათ არაწრფივი და რთული კავშირების შესწავლა და მოდელირება, რაც პერსონალის მართვის ამოცანებში (მაგ, შერჩევა, შეფასება) გადაწყვეტილების მიღების ხარისხს აუმჯობესებს და იძლევა უკეთესი პროგნოზირების საშუალებას [3;4].

განვიხილოთ ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენების შესაძლებლობები პერსონალის შეფასების რამდენიმე ვიწრო სფეროში პროცესების გაუმჯობესების მიზნით [4]:

რეზიუმეების (CV-ების) სკრინინგი და კანდიდატების სამუშაოსთან შესაბამისობის დადგენა - საკვანძო სიტყვების, უნარებისა და გამოცდილების გაანალიზების შედეგად კონკრეტული სამუშაოსთვის ყველაზე შესაფერისი კანდიდატის შერჩევა და სამართლიანი, მიუკერძოებელი გადაწყვეტილებების მიღება შერჩევის და/ან დაწინაურების პროცესში [3].

თანამშრომლის შენარჩუნების პროგნოზირებადი ანალიტიკა - ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით ადამიანური რესურსების მონაცემების ანალიზი, რათა განხორციელდეს პროგნოზირება იმისა, თუ რომელი თანამშრომელი შეიძლება დატოვონ სამსახურში. ეს კი გუნდს საშუალებას აძლევს მიიღონ შესაბამისი ზომები ღირებული ნიჭის შესანარჩუნებლად;

თანამშრომელთა მუშაობის პროგნოზირება - ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებს შეუძლიათ თანამშრომლების მუშაობის პროგნოზირება სხვადასხვა ფაქტორების საფუძველზე, როგორცაა ტრენინგის მონაცემები, უკვე შესრულებული სამუშაოს ანალიზი და უნარების შეფასება. აღნიშნული საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მაღალი პოტენციალის მქონე თანამშრომლებისა და სფეროების იდენტიფიცირება, დამატებითი ტრენინგისა და/ან მხარდაჭერის განსაზღვრა [3;5];

თანამშრომელთა უკუკავშირის ანალიზი - ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით შესაძლებელია თანამშრომელთა უკუკავშირის გაანალიზება ისეთი წყაროებიდან, როგორცაა მაგალითად გამოკითხვები, სოციალური მედია, რათა დადგინდეს ტენდენციები, განწყობები და ორგანიზაციის სუსტი მხარეები, რაც თავის მხრივ, დაეხმარება HR გუნდებს პრობლემების მოგვარებაში და თანამშრომლების საერთო გამოცდილების გაუმჯობესებაში [6;5];

თანამშრომელთა კმაყოფილების განსაზღვრა - ხელოვნური ნეირონული ქსელების საშუალებით შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს და გაანალიზდეს ფაქტორები, რომლებიც ხელს უწყობენ თანამშრომელთა ჩართულობასა და სამუშაო კმაყოფილებას. შედეგად, შესაძლებელია სხვადასხვა ქმედებების განხორციელება, რაც მიზნად ისახავს სამუშაო ადგილის კულტურისა და თანამშრომლების კეთილდღეობის გაუმჯობესებას[6];

დასაქმება მარკეტინგულ საქმიანობაში - ხელოვნური ნეირონული ქსელების მეშვეობით შესაძლებელია დახმარება გაეწიოს HR გუნდებს რეკრუტირების პროცესში მარკეტინგული კამპანიების პერსონალიზაციაში[6];

დაწინაურების დაგეგმვა - ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებს შეუძლიათ ლიდერობის პოტენციური კანდიდატების იდენტიფიცირება სამუშაოების შესრულების მონაცემებზე, უნარებსა და სხვა შესაბამის ფაქტორებზე დაყრდნობით, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს დაწინაურების ეფექტიან დაგეგმვას;

თაღლითობის გამოვლენა - ხელოვნურ ნეირონულ ქსელებს შეუძლიათ გააანალიზონ ფინანსური და ქცევითი მონაცემები უჩვეულო შაბლონებისა და პოტენციურად თაღლითური მოქმედებების გამოსავლენად.

ხელოვნურ ნეირონულ ქსელში კონკრეტული შემავალი მონაცემები დამოკიდებულია ორგანიზაციის HR პრაქტიკაზე და თანამშრომლების მუშაობის პროგნოზირებისთვის მნიშვნელოვან ფაქტორებზე [7;4].

უშუალოდ თანამშრომელთა შეფასების კუთხით, ერთ-ერთი კვლევის [8] ფარგლებში შესწავლილია თანამშრომელთა კომპეტენციების რეიტინგული შეფასების ხელოვნური ნეირონული ქსელის მოდელი. სტატიის ავტორებისათვის საინტერესო იყო ეკვლიათ და შეემუშავებინათ ხელმძღვანელობითი გადაწყვეტილებების მისაღებად მნიშვნელოვანი - ხელფასის დონის დიფერენცირება თანამშრომლის კვალიფიკაციაზე დაყრდნობით, რათა გაეგოთ თანამშრომელთა მატერიალური დაინტერესება მათი პროფესიული ვალდებულებების შესრულებაში. მენეჯერები სამსახურში ახალი კადრის აყვანის დროს ხშირად აწყდებიან პრობლემას, კერძოდ, აუცილებლობას იმისა, რომ შეფასდეს პერსონალის შესაბამისობა ორგანიზაციასთან, რისთვისაც ხშირ შემთხვევაში მოჰყავთ სამუშაო ბაზრის კვლევა, პერსონალის მოტივაცია ან კომპანიის თანამშრომელთა შიდა რეიტინგი, რომელსაც უნდა შედარდეს აღნიშნული კანდიდატი. სტატიაში მკვლევართა მიერ შემუშავებული კომპეტენციათა სტრუქტურა მოიცავს თეორიულ, საწარმოო, პრაქტიკულ და სტრატეგიულ ცოდნას. სპეციალისტების ზოგად კომპეტენციებში იგულისხმება თანამშრომელთა ვალდებულებები და მოვალეობები, აგრეთვე კვალიფიკაციური მოთხოვნები; საწარმოო კომპეტენციათა ქვეშ მოიაზრება მზაობა იმისა, რომ სპეციალისტმა შეასრულოს ერთის მხრივ, მასზე დაკისრებული ფუნქციური მოვალეობები კონკრეტულ სამუშაო ადგილას და მეორე მხრივ, თანამდებობრივი ინსტრუქციები. ინფორმაციული კომპეტენციების ქვეშ ნაგულისხმევია თავის სამუშაო ადგილას საინფორმაციო ტექნოლოგიების პრაქტიკული ცოდნა და ინფორმაციის დონის ზრდის მოთხოვნილება; სამოტივაციო ან სტრატეგიული კომპეტენციები ამ შემთხვევაში მოიაზრებს განათლების და თვითგანვითარების, ასევე აზროვნების ინსტრუმენტების გამოყენების მოთხოვნილებას. გადაწყვეტილების მიღების დროს პრიორიტეტების სწორი გადანაწილება. მაშრომში შექმნილია უკუგავრცელების მოდელი - ხდება წონების კოეფიციენტების კორექცია გამომავალი მონაცემების საფუძველზე.

აღსანიშნავია, რომ მეორე სტატიაში [9] განხილულია თანამშრომლებში მენეჯერული ნიჭის არსებობის კვლევა მენეჯერული ტალანტების მნიშვნელოვანი ფაქტორების შერჩევისა და განსაზღვრისთვის. მენეჯერული ნიჭის შინაარსი თავის თავში მოიცავს: ინდივიდუალური თვისებები (შესაძლებლობის, მოტივაციური, პიროვნული თვისებები) და მენეჯერული უნარები (კონცეპტუალური უნარი, ინტერპერსონალური უნარი, ტექნიკური უნარი). ნეირონული ქსელების დატრენინგების შედეგად, გაწვრთნილ წონებს შეუძლიათ უფრო ობიექტურად და სწორად იწინასწარმეტყველონ კომპანიის რეკრუტირების მოთხოვნები და შესაბამისად, დაეხმარონ ტოპ მენეჯერებს ნიჭიერი თანამშრომლების შერჩევისა და მათი დაწინაურების სწორი გადაწყვეტილებების მიღებაში.

დასკვნა

დასკვნის სახით მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ნეირონული ქსელები გვთავაზობენ ადამიანური რესურსების შეფასების მძლავრ ინსტრუმენტებს, ისინი უნდა იქნას გამოყენებული ეთიკური ნორმების დაცვით, სამართლიანობის, გამჭვირვალობისა და შესაბამის რეგულაციებთან შესაბამისობის უზრუნველსაყოფად, როგორცაა მონაცემთა კონფიდენციალურობის კანონები.

ხელოვნური ნეირონული ქსელების სპეციფიკური გამოყენება ადამიანური რესურსების მართვის სფეროში შეიძლება განსხვავდებოდეს ორგანიზაციის მიზნების, ხელმისაწვდომი მონაცემებისა და კონკრეტული პრობლემის მიხედვით. ხელოვნური ნეირონული ქსელების შემავალი მონაცემებისა და ქსელის არქიტექტურის არჩევანი შეიძლება მორგებული იყოს კონკრეტული HR ამოცანის შესაბამისად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Melnychenko O. (2020) Principles of artificial intelligence application in control of the enterprise. No. 1 (2020): Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university. Economic sciences» DOI: 10.31651/2076-5843-2020-1-100-108
2. Kerzel, U. (2020). Enterprise AI Canvas Integrating Artificial Intelligence into Business. Applied Artificial Intelligence, 35(1), 1–12. doi:10.1080/08839514.2020.182614
3. Application areas of artificial intelligence. Available from: <https://aiconference.com.ua/en/news/oblasti-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-92253>
4. Bersin J. (2018) AI in HR: A Real Killer App. Available from: <https://joshbersin.com/2018/06/ai-in-hr-a-real-killer-app/>
5. Климчук Т.В., Уваров М.А.(2020). Искусственный интеллект в сфере управления персоналом. Вестник науки и образования. № 13(91). Часть 2. 2020. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-sfere-upravleniya-personalom/viewer>
6. Zdravković, M., Panetto, H., & Weichhart, G. (2022). AI-enabled Enterprise Information Systems for Manufacturing. Enterprise Information Systems, 16(4), 668–720. doi:10.1080/17517575.2021.1941275
7. Guenole N., Feinzig S. (2018). The Business Case for AI in HR. IBM Corporation. Available at: <https://www.ibm.com/downloads/cas/AGKXJX6M>
8. Горбачевская, Е. Н., & Леонидов, А. В. (2015). Модель нейронной сети для рейтинговой оценки компетентности сотрудников. Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева, (1 (23)), 57-71.
9. Huang, Liang-Chih & Huang, Kuo-Shu & Huang, Hsiu-Ping & Jaw, Bih-Shiaw. (2004). Applying fuzzy neural network in human resource selection system. 169 - 174 Vol.1. DOI: 10.1109/NAFIPS.2004.1336271.

Application of artificial neural networks in the assessment of human resources

Ana Gergauli, Medea Tevdoradze, Maia Saltkhutsishvili

[Georgian Technical University](#)

gergauli.ana@gtu.ge, medeat@gtu.ge, saltkhutsishvilimaia08@gtu.ge

Abstract

The present article describes the main tasks of human resources management and possible ways to solve them using artificial intelligence, namely artificial neural networks. The practices of staff selection, training and development, performance appraisal, and promotion are discussed, although the focus is mainly on evaluation issues, on the one hand, in the process of selecting

candidates, and on the other hand, on evaluating the work performed by employees. The paper briefly reviews the literature surrounding the mentioned issue. In particular, one of the studies is discussed, within the framework of which the researchers developed an artificial neural network model for the rating assessment of employee competencies using the backpropagation method, which provided information on the employee's theoretical (employees' duties and obligations), production (official instructions and willingness to fulfill them), practical, and strategic knowledge. Based on the output data, the weighting coefficients were corrected. In another study, the researchers aimed to create a model that would help top managers make the right decisions about selecting and promoting talented employees. Managerial talent has been defined as a set of individual qualities (capabilities, motivational, and personal qualities) and managerial skills (conceptual, interpersonal, and technical). As a result of training neural networks, the model can more objectively and correctly select, on the one hand, a suitable candidate for a vacant position and, on the other hand, the prospect of the promotion of an existing employee.

It should be noted that the specific application of artificial neural networks in the field of human resource management may vary depending on the organization's goals, available data, and specific problems. The choice of input data and network architecture can be tailored to the specific HR task. Data must be used in an ethical manner to ensure fairness, transparency, and compliance with relevant regulations, such as data privacy laws. Application of artificial intelligence in automating processes serves to save time, reduce the probability of making mistakes, make effective decisions, and concentrate the efforts of employees on highly complex, creative tasks.

Key Words: Artificial Neural Networks in Human Resource Management

Interface modification and optical properties of the Au/InAs(100) structures upon heating

Tamaz Minashvili Georgian Technical University, Kostava 75, Tbilisi, Georgia,
minashvilitamazi08@gtu.ge

Giorgi Iluridze Georgian Technical University, Kostava 75, Tbilisi, Georgia,
iluridzegiogi08@gtu.ge

Ketevan Davitadze Georgian Technical University, Kostava 75, Tbilisi, Georgia,
ketevand@gmail.com

Abstract

By methods of scanning electron microscopy and optical reflection spectroscopy were used to study Au/InAs structures with thin gold films deposited on the InAs(100) surface. It is shown that annealing at 300°C leads to the formation of gold nanoclusters at the gold-InAs

interface, which grow deep into the semiconductor. In this case, a broad resonance line with an energy of about 1 eV appears in the optical reflection spectra. This line is associated with localized surface plasmons of the formed Au nanoclusters.

Keywords: Au/InAs(100) structures, annealing, chemical interaction, Au nanoclusters, reflection spectroscopy, localized plasmons.

Introduction

Low specific resistivity, chemical inertness and high plasticity make gold (Au) the most used material for making electrical contacts to semiconductor devices based on A_3B_5 compounds. This applies both to straightening contacts with a Schottky barrier and to ohmic contacts obtained by thermal annealing and the use of alloying additives to gold. Previously a model system for studying the formation of Au/ $A_{III}B_V$ interfaces and the respective contact phenomena were used mainly thin films of gold deposited on the surface of GaAs crystals [1]. Interest in Au/ $A_{III}B_V$ systems has recently been associated with their use for growing semiconductor thread-like nanocrystals (nanowires) [2], as well as for creating nanoplasmonic structures based on a combination of gold nanoclusters and GaAs crystals [3].

In this work, we study the phenomena that occur upon annealing of thin gold films deposited on the (100) surface of InAs. The motivation for these studies is as follows. Indium arsenide and multicomponent solid solutions based on it are promising materials for the creation of optoelectronic devices operating in the mid-infrared region of the spectrum (3–5 μm) [4, 5]. The creation of such devices (LEDs, lasers, photodetectors) is necessary for solving global environmental problems related to monitoring the state of the environment and controlling industrial production processes, as well as for medical, military and other purposes. On the other hand, it is well known that gold on the GaAs surface begins to chemically interact with the semiconductor upon heating. The interaction leads to dissociation of the semiconductor at the point of contact, the formation of Au-Ga alloy nanoinclusions under its surface. In this case, the electrophysical properties of the Au/GaAs interface deteriorate significantly, in particular, the height of the Schottky barrier decreases significantly, up to the formation of an ohmic contact [1]. There are practically no studies similar to [1] for Au/InAs structures formed by the deposition of thin gold films on an InAs surface. Our work is intended to fill the existing gap.

Research methods and methodology

The experiments were carried out on n+-InAs (100) bulk samples prepared from industrial puck, which are usually used as substrates. The sample surfaces were first degreased in acetone and toluene and then washed in deionized water. After cleaning, the InAs(100) samples were placed in a high vacuum chamber with a residual gas pressure of $\approx 10^{-7}$ Torr. In this chamber, by thermal evaporation on the InAs surface was deposited a 10-nm-thick gold film. Further, the resulting Au/InAs structures were annealed in the same chamber for 30 minutes at a temperature of 300°C. The annealing procedure was repeated twice.

A scanning electron microscope (SEM) was used to detect and study the structural modifications of the Au–InAs(100) interface caused by annealing. Next, to study the transformation of the optical and electronic properties of Au/InAs structures after annealing, we used optical reflection spectroscopy at in t normal incidence.

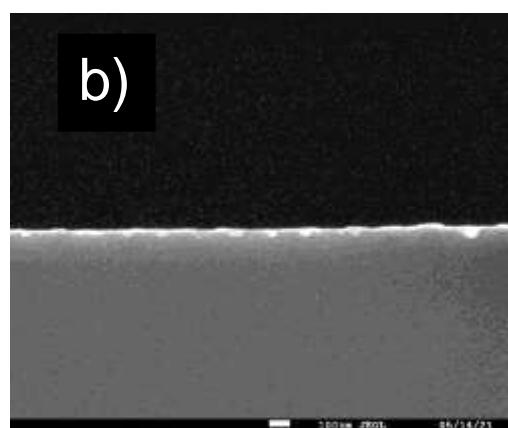
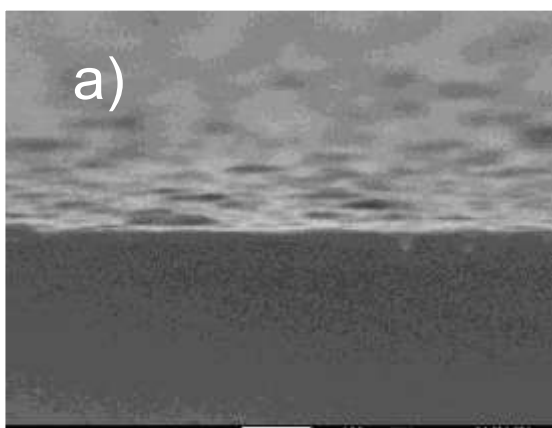
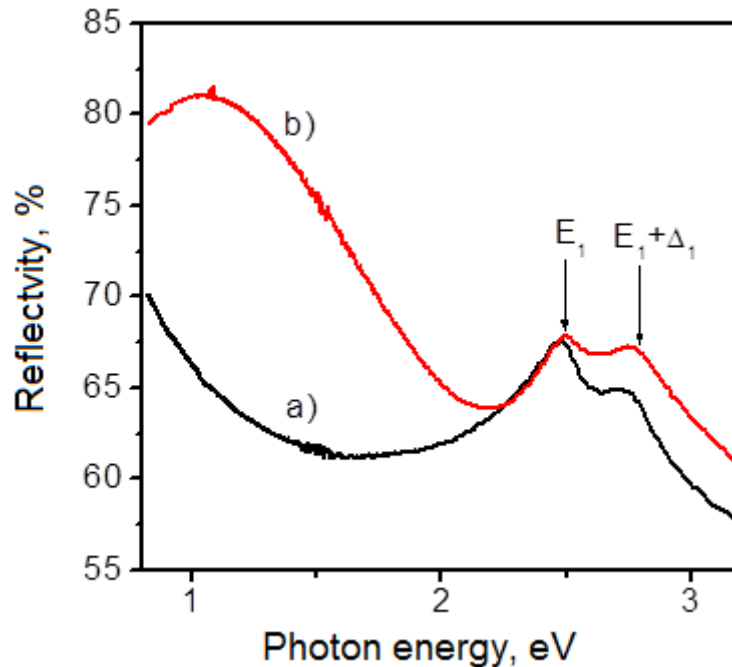


Figure 1. SEM - image of the cleavage surface of the Au/InAs structure a) - after the first annealing at 300°C for 30 minutes; b) – after repeated similar annealing

Figure 1 shows the SEM images of the cleavage surface of the Au/InAs structure obtained after the first annealing - fig. 1a) and after the second annealing, Fig. 1b). Before annealing, the interface between the gold film and the InAs crystal was even (planar). As a result of the first annealing, formations appear at the interface that penetrate into the crystal and have a triangular cross section. Such formations are clearly visible on the right side of Figure 1a. The second annealing causes a sharp increase in the number of such formations, penetrating into the crystal from the Au film side (Fig. 1b). At a qualitative level, these results indicate that, as a result of annealing, gold is effectively introduced into the crystal, forming Au clusters with a triangular cross section under its surface.

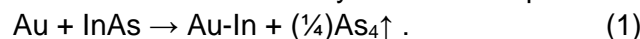
Figure 2 shows the optical reflection spectra at a normal incidence of the Au/InAs structure, measured before annealing (curve a) and after two annealings at 300°C for a total duration of 60 minutes (curve b).



Reflection spectrum fig. 2a, measured before structure annealing, contains two peaks at energies of 2.5 eV and 2.78 eV, respectively, which are associated with optical transitions E_1 and $E_1 + \Delta_1$ in the InAs crystal. The presence of the gold film manifests itself as an increase in the intensity of the reflection signal in the low-energy region of the spectrum, starting from an energy of approximately 1.5 eV. This increase is due to the plasma of free electrons in the Au film (plasma reflection). After annealing, a broad and intense spectral resonance line appears in the low-energy spectral region, the center of which is located at an energy of 1.1 eV.

The obtained results can be explained as follows. Based on Fig. 1, it can be assumed that gold has the ability to enter into chemical interaction with InAs semiconductors at elevated temperatures. Such an interaction has been well studied in the case of a pair of Au and GaAs [1].

The interaction of Au films with an InAs crystal can be represented as a reaction:



Reaction (1) describes the dissociation of InAs and the formation of Au-In alloy nanoclusters in a semiconductor. This process is due to the high solubility of indium in gold, and the volatility of arsenic at temperatures starting from 300°C.

Considering reaction (1), the observed results can be explained as follows. The gold film deposited on the InAs(100) surface does not react with the substrate before heating and remains planar. As the temperature rises to 300°C, reaction (1) begins to develop at the local contact between gold and the semiconductor surface. As a result, the bonds of the In-As crystal are broken, arsenic is volatilized, and gold penetrates into the crystal, and part of it forms an alloy with indium. Thus, as a result of the described process, at the points of gold contact with the InAs surface, gold begins to grow deep into the crystal in the form of nanoclusters. Such gold nanoclusters growing deep into the crystal are clearly visible in Fig. 1b). In the case of interaction between Au and GaAs, the growing clusters have a triangular cross section [6]. It can be assumed that, due to the same structure of GaAs and InAs, gold clusters with a triangular cross section will also appear under the InAs surface. This hypothesis is confirmed by the SEM image of the clusters in Fig. 1a) obtained at high magnification, which shows the triangular sections of the clusters.

Let us comment on the reflection spectra of the Au/InAs structure presented in Figs. 2. After annealing, an intense resonant spectral line appears in the reflectance spectrum (curve b), which can be associated with surface localized plasmons of the gold clusters that have arisen. Indeed, the size of the clusters is no more than 10 nm, which is much smaller than the wavelength of visible light, which is a necessary condition for the appearance of plasmons. The energy of plasmons of gold nanoclusters located in vacuum or in air is usually close to 2 eV. In our case, nanoclusters are located inside InAs; in a significantly denser optical medium. This causes a shift in the plasmon energy towards lower energies (up to 1 eV), which is observed in curve b) in Fig. 2.

Conclusion.

The modification of the interface structure and optical characteristics of Au/InAs samples caused by their annealing has been studied. It was found that annealing at 300°C leads to the formation of nanoclusters at the interface, which grow deep into the crystal and have a triangular cross section. Nanoclusters presumably consist of gold with small additions of Au-In alloys. The formation of nanoclusters leads to the appearance of a broad resonance line at an energy of about 1 eV in the optical reflection spectra. This line is attributed to the localized surface plasmons excited in the gold nanoclusters.

Literature

- [1] R.M. Charatan, R.S. Williams. *J. Appl. Phys.*, 72, 5226 (1992).
- [2] J.C. Harmand, M. Tchernycheva, G. Patriarche, L. Travers, F. Glas, G. Cirlin, *J. Cryst. Growth* 301–302, 853 (2007).
- [3] S.A. Maier, P.G. Kik, H.A. Atwater, S. Meltzer, E. Harel, B.E. Koel, A. A. Requicha, *Nat. Mater*, 2, 229 (2003).
- [4] W.W. Bewley, H. Lee, I. Vurgaftman, R.J. Menna, C.L. Felix, R.U. Martinelly, D.W. Stokes, D.Z. Garbuzov, J.R. Meyer, M. Maiorov, J.C. Connolly, A.R. Sugg, G.H. Olsen, *Appl. Phys. Lett.*, 76, 256, (2000).
- [5] H.Q. Lee C.H. Lin, and S.S. Pei, *Appl. Phys. Lett.*, 72, 3434, (1998).
- [6] T. Yoshiie, C.L. Bayer, A.G. Milnes. *Thin Solid Films* 111, 149 (1984).

Au/InAs(100) სტრუქტურების ინტერფეისის და ოპტიკური თვისებების მოდიფიკაცია გახურებისას

თ. მინაშვილი, გ. ილურიძე, ქ. დავითაძე
ანოტაცია

მასკანირებული ელექტრონული მიკროსკოპიისა და არეკვლის ოპტიკური სპექტროსკოპიის მეთოდებით გამოკვლეულ იქნა Au/InAs სტრუქტურები თხელი ოქროს ფირებით, რომელიც დაფენილი იყოს InAs(100) ზედაპირზე. ნაჩვენებია, რომ 300°C-ზე გამოწვას მიყვართ Au/InAs ნანოკლასტერების ინტერფეისზე ოქროს წარმოქმნამდე, რომელიც ჩაზრდილია ნახევარგამტარის სიღრმეში. ამასთან ოპტიკური არეკვლის სპექტრებში წარმოიქმნება ფართო რეზონანსული ხაზი, დაახლოებით 1 ევ ენერგიით. მოცემული ხაზი დაკავშირებულია ფორმირებული Au ნანოკლასტერების ლოკალიზებულ ზედაპირულ პლაზმონებთან.

საკვანძო სიტყვები: Au/InAs(100) სტრუქტურები, გამოწვა, ქიმიური უნთიერთქმედება, Au ნანოკლასტერები, არეკვლის სპექტროსკოპია, ლოკალიზებული პლაზმონები.

Artificial Intelligence driven tools impact on Economics

Nino Grigalashvili
Georgian Technical University
grigalashvili.nino@gtu.ge

Resume

Artificial Intelligence (AI) has become a game-changer in many areas, especially in customer service. Many sectors, including customer service, have changed as a result of the growing use of artificial intelligence (AI) in recent years. One of the main tools of AI in this space is chatbots. These AI-driven tools have a big impact on how businesses work and how they affect the economy. This article is an overview of the current state and prospective future of artificial intelligence (AI) in customer service, based on research and analysis. Business processes and economic landscapes are being transformed by artificial intelligence (AI). Its powers, including the ability to analyze enormous databases and forecast future trends, have a significant influence on the world economy. But with its promise also come possibilities and problems. AI can process a lot of data quickly and make predictions about what might happen next. This ability is changing the world of business and the larger economy. But, as with all things, there are good and bad sides to this. This essay will use research and trusted sources to explore the role of AI in our world. We'll look at the good things AI brings to businesses and customers, but also some of the challenges. This paper also examines the economic implications of AI-driven chatbots in customer support, weighing their benefits and drawbacks. While chatbots are great because they can work all the time and handle many tasks, there are also some problems to think about. The

consequences for enterprises and the labour market are significant since chatbots promise round-the-clock efficiency.

Keywords: AI, chatbots, customer service, economic impact, labor market, efficiency, scalability.

Introduction

Artificial intelligence (AI) has become a transformative force in recent years, revolutionizing many industries, with customer service at the forefront. Chatbots, one of AI's key tools, have started to redefine business operations and their economic impact as the adoption of AI in various industries grows. While AI's capabilities—from analysing enormous databases to forecasting emerging trends—offer the global economy unmatched benefits, they are not without their complexities and difficulties. Businesses are quickly adopting AI-driven chatbots for their efficiency and ability to provide around-the-clock customer service, but the wider implications for businesses and the labour market need to be carefully considered. In the world of customer service, change is constant. New technologies, especially Artificial Intelligence and chatbots, have brought a lot of these changes. Businesses see these tools as a way to help their customers get better service 24/7. But we need to look at how this might impact things on a larger scale, like the number of jobs and the whole economy. This article will explore these new tools in customer service, see how they're helping, and look at any challenges they might introduce. The world of customer service has always been dynamic, adjusting to technological advancements and changing consumer preferences. The integration of Artificial Intelligence in the form of chatbots represents one of the most significant shifts in this sector in recent decades. As businesses deal with the challenges of providing efficient, round-the-clock services, AI-driven chatbots appear as a promising solution. However, how does this change affect the larger economy?

Economic Boons of AI

Enhanced Productivity, operational efficiency and cost savings: AI's capacity to handle repetitive tasks and optimize operations boosts productivity. For instance, Walmart's use of AI for better inventory management, as highlighted by Khalid Al-kofahi, shows how waste can be minimized, leading to increased profits. A primary advantage of incorporating AI is improved work efficiency. By automating processes, companies can respond and resolve issues faster, which saves money. This also allows businesses to manage more inquiries without needing to expand their workforce.

Informed Decision-making: AI's skill at data analysis provides priceless insights that speed up and inform business decisions. Analyzing legal documents for Bank of America and detecting fraud for improving transaction security is one of the real-world applications.

Cost reduction: AI's implementation in sectors, notably healthcare, can lead to significant cost reductions. Aetna's approach in using AI to scrutinize medical records for high-risk patients showcases the potential of AI in both enhancing patient outcomes and economizing processes.

Personalized Customer Experiences: AI tools, especially chatbots, utilize data analytics to understand customer preferences, offering tailor-made solutions and recommendations, thereby elevating the user experience.

Economic Challenges Posed by AI

Job displacement: The adoption of AI in a number of industries puts some jobs in danger, particularly those characterised by repetitive tasks. Despite the possibility of new job categories, there may be a surge in unemployment in the short term, which would have an impact on overall economy.

Bias Development: AI's potential to exhibit biases, especially if trained on skewed data, remains a substantial concern. This could result in discriminatory actions and unequal treatment.

Ethical and Privacy Concerns: As AI processes vast amounts of data, issues related to data privacy and potential misuse emerge. Ensuring ethical AI usage is paramount.

Potential Drawbacks: While chatbots offer numerous advantages, they are not devoid of challenges. Potential issues range from miscommunication, due to lack of human nuance, to concerns about data security.

Real-world Integrations of AI

Both large and small industries are beginning to use AI. Uber's approach to predicting customer demand and adjusting driver routes is an example of how AI can improve productivity. Similarly, IBM's application of AI to factory equipment failure prediction helps minimise lost productivity. Siemens also makes use of AI's potential to improve building energy efficiency, offering a sustainable perspective on contemporary infrastructure.

AI's Comprehensive Economic Impact

Right after adopting AI, some jobs might be lost, leading to more people without work. This can reduce how much people spend and might slow down the economy for a bit. But in the long run, it looks hopeful. Using AI could help the economy grow by making work more productive and creating new jobs in developing areas. Also, different sectors will benefit in their ways. For example, finance could get better at catching fraud, while healthcare could improve in diagnosing diseases and saving costs.

Conclusion

Artificial Intelligence, particularly in the form of chatbots, has undeniably reshaped the landscape of customer service and has wider ramifications for the global economy. On one hand, businesses are experiencing enhanced productivity, improved decision-making, and significant cost savings. Consumers, too, benefit from more personalized and efficient services. However, as with any profound technological evolution, the journey of AI integration is paved with challenges. The looming concern of job displacements, coupled with issues of bias, ethics, and privacy, underscores the necessity for balanced adoption. The preliminary effects on the job market might be unsettling, but the promise of future growth and sector-specific advantages offers a silver lining. In sum, as AI continues its upward trajectory in influence and implementation, businesses, policymakers, and stakeholders must engage in thoughtful dialogue and action. By doing so, they can harness AI's vast potential while mitigating its challenges, ensuring a harmonious coexistence between technological advancement and human welfare.

Summary

Artificial Intelligence (AI), especially in the form of chatbots, is revolutionizing customer service and influencing the broader global economy. AI's strengths lie in its ability to analyze vast amounts of data, improve productivity, enhance decision-making processes, and provide cost savings. Examples include Walmart's use of AI for inventory management and Aetna's AI-driven review of medical records. AI tools, like chatbots, offer 24/7 services, giving customers personalized experiences by understanding their preferences. However, the rise of AI presents challenges: potential job losses in certain sectors, biases in AI decisions, and concerns over data privacy and ethics. Real-world applications of AI span across industries, from Uber's demand prediction to Siemens' energy efficiency improvement. While the short-term economic impacts

may be challenging, including potential job losses, the long-term outlook is optimistic. AI could foster economic growth by increasing efficiency and spawning new job roles. As AI's influence grows, it's imperative for businesses, policymakers, and stakeholders to engage in discussions to tap into AI's benefits while addressing its challenges, ensuring that technological progress aligns with human well-being.

ლიტერატურა – References:

1. "The Economics of AI: Advantages, Disadvantages, and the Road Ahead." LinkedIn Pulse. Zendesk. (2022).
2. "The Importance of Customer Service during Economic Downturn." Zendesk Blog.
3. Harvard Business Review. (2023). "Using AI to Build Stronger Connections with Customers." HBR.
4. The Economist Intelligence Unit. (2022). "How Companies Use Artificial Intelligence.

ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების გავლენა ეკონომიკაზე

გრიგალაშვილი ნინო

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

grigalashvili.nino@gtu.ge

რეზიუმე

ხელოვნური ინტელექტის განვითარებას დიდი გავლენა აქვს გლობალურ ეკონომიკაზე. ხელოვნური ინტელექტის სხვადასხვა ხელსაწყო, რომლის ნათელი მაგალითიც, ჩატბოტი, აქვს უნარი მონაცემთა ანალიზის საფუძველსა და განმეორებადი ამოცანების ავტომატიზებით, გააუმჯობესონ პროცესების სისწრაფე, გაზარდონ პროდუქტიულობა, ეფექტურობა და შეამცირონ ხარჯები. პროდუქტიულობის გაზრდის მიუხედავად, AI გავლენას ახდენს შრომის ბაზარზე, და მას შეუძლია ჩაანაცვლოს ზოგიერთი სამუშაო, რომელსაც დღეს ადამიანები ასრულებენ. ასევე, მოხდეს ინფორმაციის არასწორად გამოყენება, გაჟონვა და ა.შ. ამის მიუხედავად, სწორედ ხელოვნური ინტელექტის განვითარებამ შეიძლება საფუძველი ჩაუყაროს ახალ პროფესიებს, რომლებიც ახალ რეალობაში იქნებიან მორგებულები. ხელოვნური ინტელექტის განვითარება შეუქცევადი პროცესია, და მნიშვნელოვანია, რომ, საერთო ძალისხმევით ვუზრუნველყოთ მისი დახმარებით ეკონომიკური ზრდა.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, ჩატბოტი, სამომხმარებლო სერვისები, ეკონომიკური გავლენა, შრომის ბაზარი, ეფექტურობა, მასშტაბურობა.

Using Blocking Meta-heuristics in the Models of Deep Learning

Abstract

One of the most important directions in the modern digital world is artificial intelligence and machine learning. Deep learning is especially widely developed, which mainly includes issues of learning with multi-layer artificial neural network models. Although there are many successes, there are also issues that need to be developed for further progress. These issues include the difficulty of training neural networks, the problem of catastrophic forgetting of previous information, the difficulty of interpreting results, gradient vanishing or blowout during optimization, and performance issues. Derived from this, models become more complex and difficult to configure them. In this paper, blocking meta-heuristics are introduced, which allows us to extract more information from the data and thus simplify the models. The paper introduces the exact concept of blocking between data and their properties are studied. Based on blocking heuristics, 1D and 2D transformer neural network models were created, which can be integrated into any neural network. Also introduced is a sliding window that has two horizons, one fixed local horizon and another external dynamic horizon that can be global. Based on the created models, the software was developed, and the effectiveness of the developed methods was compared with existing methods on known tasks. Experiments have shown that the same results can be achieved with simpler neuronal models.

Keywords (Eng): deep learning, meta-heuristic, blocking, artificial neural network, transformer, attention

1. Introduction

Deep learning is a subset of machine learning, which is essentially a neural network with three or more layers. Artificial Neural Networks are a set of ML algorithms inspired in the human brain which can approximate any function, as stated in the Universal Approximation Theorem . Moreover, NN is flexible and modular, so its architecture can be adapted to different purposes in supervised, unsupervised, and reinforced learning. It is by stacking multiple layers in an NN that Deep Learning (DL) models are created with improved capabilities of extracting features and learning complex data representations. No wonder, NN is a popular algorithm in all fields of ML, having continually shown impressive results in all kinds of real-life problems. There are three types of artificial neural networks: feedforward neural networks (FFNN), convolutional neural networks (CNN), and recursive neural networks (RNN). There are still frameworks for each of these solutions. At the same time, existing versions are constantly being updated and new ones are created. This indicates that the final perfection is still far away.

2. Related Works

There are many reviews about the types of existing artificial neural networks in scientific literature [5]. Each direction is well studied, the strengths and weaknesses of the used methods, algorithms and architectural solutions and the best cases of their use [1] are analyzed. The main problem is the effectiveness of teaching, the accuracy of the learned models and the forgetting of what was learned [1,5]. In addition, in most cases, the existing machine learning models are characterized by poor explain ability of the results, which reduces their reliability, by the variety of models and their parameters, which leads to the difficulty of selecting models and their parameters.

3. Proposed Approach

3.1. Dataset Model

We abstract the scope of our datasets as follows [2]. A dataset $\mathcal{D} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ is defined as a set of samples S_i (e.g., the entities). Each sample can be presented as next model

$$S = (I, c, \mathcal{A}_x, \mathcal{A}_y, \mathcal{T}_x, \mathcal{T}_y) \quad (1)$$

, where I – anonymous entity identity, $c \in C$ – An index of the cluster, that is either given in advance (eg a disease code) or calculated, \mathcal{A}_x – an m_1 -dimensional vector of independent attribute values representing static features, \mathcal{A}_y – an m_2 - dimensional vector of dependent attribute values (labels) representing static features, \mathcal{T}_x and \mathcal{T}_y – represents k_1 and k_2 dimensional vectors of independent and dependent dynamic features, respectively. j -th dynamic feature of the S_i -th sample is presented as tuple (t_i^j, ξ_i^j) , where t_i^j – is a timestamp of a measurement and different samples may contain a different number of measurements, $\xi_i^j = [\xi_{i,1}^j, \xi_{i,2}^j, \dots, \xi_{i,L}^j]$ – is a series of measured values of features. Note that the timestamps are sorted, i.e. $t_i^j < t_{i+1}^j \forall (1 \leq j < k^*)$.

If the data set is multivariate and consists of only static features, the sample is an m -dimensional vector array (consisting of categorical and non-categorical variables), and the data set is an $n \times m$ -dimensional matrix. But if the data set consists of a time series, dataset is $n \times m_1 \times k_1$ - dimensional.

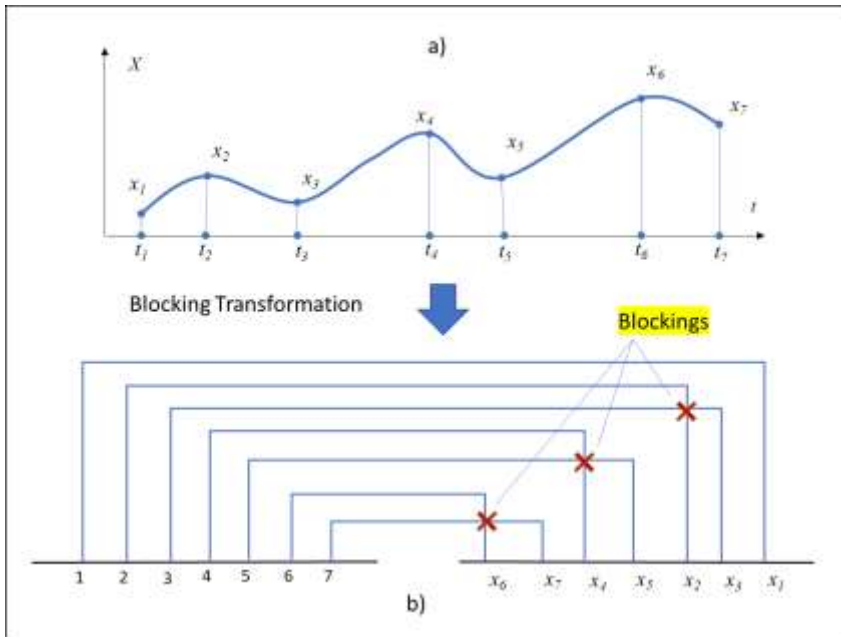
3.2. Formalism of the Blocking Meta-heuristics

The introduction of meta-heuristics in artificial intelligence [4] significantly improved the solvability of some tasks. In 1993, the co-author of this paper first introduced blocking metaheuristics for automating combinatorial problem-solving [4], which has very interesting properties and, as further studies have shown, can be effectively used in learning neural networks.

Let's introduce the definition of blocking

Definition 1: We say that the value x_{t_i} of the numerical function $x(t)$ blocks the value x_{t_j} from the right if $t_j < t_i \wedge x_{t_i} < x_{t_j}$, or blocks from the left if $t_j < t_i \wedge x_{t_i} > x_{t_j}$.

Figure 1. There is a diagram of the calculation of blockings, and an example of the calculation of blockings is shown in Table 1, where b_{li} indicates the left blockage, b_{ri} – the right blockage. Blocking at point i is calculated as $b_i = b_{li} - b_{ri}$ with the formula.



Pic. 1.

Table 1.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
b_l	0	0	1	0	1	0	1
b_r	0	1	0	1	0	1	0
b	0	-1	1	-1	1	-1	1

Let's introduce the blocking transformation operator. Suppose a vector $X \in D \subseteq R^m$ is given. $\Phi_b(X) \rightarrow f_b(i) \ i = 1, \dots, m$, which transforms any vector X into a blocking function.

This operator can be used to factorize the set D , which will allow us to dramatically reduce the number of training samples required for learning neural networks if we take one blocking function for each factor set and several statistical characteristics that also describe the given factor set. By introducing 1D and 2D blocking transformers into the architecture of neural networks, we get new opportunities to solve the problem more efficiently.

The blocking function shows how close it is to the ordered state, so the norm of the function can be calculated as:

$$\|f_b\| = 1 - \sum_{i=1}^m |f_b(i)| / \text{BMN}, \quad \text{where BMN - maximum number of blocking.}$$

Definition 2: For the element i of the m -dimensional vector X , let us introduce the attention function α which is calculated by the following formula:

$$\alpha(X_i) = |X_i| \times \frac{f_{bl}(i) \times f_{br}(i)}{\text{BMN}^2} \quad (i = 1, \dots, m), \quad (2)$$

3.3. Implementation of the blocking function in artificial neural network models

As mentioned above, the accuracy and efficiency of machine learning models depends on both the feature space in which the models are trained and the models themselves.

For this, let's introduce the concept of transformer T, which transforms input X data of the model into the values of the blocking function using the operator Φ_b and calculates the maximum value of the self-attention function.

Figure 2 shows the new DL scheme proposed by us, which consists of two parts: a transformer and a classical multi-layer neural network. The transformer is also an independent multi-layer neural network and its output is connected to the rest of the network through the concatenation layer. Both parts of the scheme consist of hidden layers and they can be built with an MLP, an CNN, RNN architecture. The training dataset consists of $X_i \in D \subseteq R^m$ training and testing samples, which are m-dimensional normalized vectors,

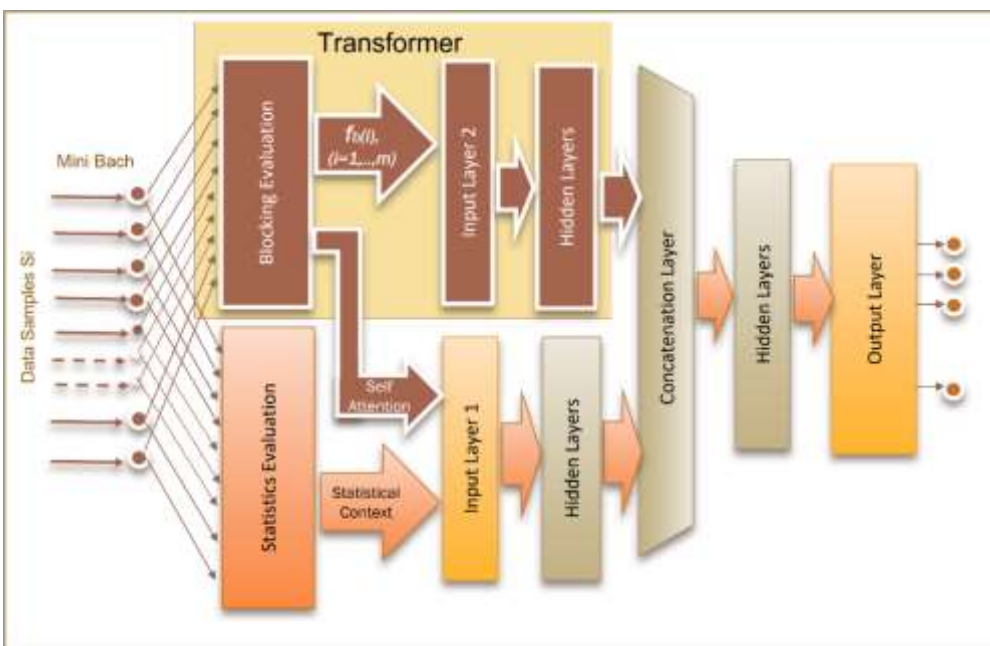
$X_i = [x_1, x_2, \dots, x_m]$, where $x_j \in [0, 1], (j = 1, \dots, m)$. Samples are delivered to both parts of the network in the form of Ns packets (batches). The transformer transforms each batch sample into a blocking function, the values of which are fed to the hidden layer of the transformer and then fed to the output layer of the transformer (the output layer is a single-layer MLP with a linear accuracy function). The transformer also calculates the number of values of the self-attention function $\alpha^* = \max_{1 \leq i \leq m} \alpha(i)$ by formula (5).

For each batch, predefined statistical characteristics are calculated and together with the self-attention values are supplied to Input layer 1 from where they pass through the hidden layer and pass to the concatenation layer. The solution layer is determined depending on what task is being solved (classification, prediction, etc.).

The introduction of blocking metaheuristics allowed us to focus on the simplicity of the models, increase the accuracy of training, and set goals on the formation and realization of the principles of self-attention of neural networks, on the explain ability of the models' work.

3.3.1. DL models for multivariate data (with static features)

Below, the network presented in Fig. 2 is implemented for FFNN and CNN networks and is evaluated and their performance on known datasets.



Pic.2.

3.3.1.1. ANN networks with blocking metaheuristics

ANN (MLP Multilayer Perceptron) is a Feedforward neural networks (FFNNs) can represent more complex classification functions. An FFNN includes an input, output, and several hidden layers. The number of hidden layers represents how deep a network is. All layers include interconnected nodes. The connections are constructed by weights and their predefined activation functions. The network structure is not fixed and can be adjusted in various ways, which makes it very flexible and applicable to any classification task. The weights are initialized randomly or set to a specific number. An optimizer adjusts the weights during training using a loss function. The loss function represents the difference between ground truth data and the output of the network for a given input dataset. The optimizer aims to decrease the loss function. The network performance depends on the used structure, the optimization strategy, and the quality of the training dataset. More complex and deeper FFNN-s can learn more complex mapping functions but require more training data to adjust all network weights correctly. Thus, the computational effort increases with network complexity as well as with training data size.

The classification task of iris flowers, which is widely covered in the scientific literature, was selected as a test task. From the site [<https://www.askpython.com/python/examples/iris-dataset-classification>] we took the results of the classification task using the following machine learning methods: SVM, KNN, Decision Tree, Random Forest, LogisticRegression (see Table 2.). `sklearn.datasets.load_iris()` data with 150 samples was taken as the training dataset.

Based on the above meta-heuristics, a blocking 1D transformer was developed. The following model was used for machine learning and classification.

The table below shows the results of the classification according to the presented model (Table 2, lines 6, 7). The table shows the advantage of using a blocking transformer compared to other methods.

Table 2.

N	Machin Learning Model	Training accuracy	Testing accuracy	MSE
1	SVM (Support Vector Machine)	97%	93%	
2	KNN (K-Nearest Neighbors)		< 80%	
3	Decision Tree		~80%	
4	Random Forest	~100%	90%	
5	Logistic Regression	~100%	97.37%	
6	ANN	98.60%	96.15%	0.0155
7	ANN with Blocking	98.91%	97.23%	0.0671

3.3.1.2. CNN networks with blocking metaheuristics

The scheme shown in Figure 2 is general and can be used for other neural network models. Below is an implementation of the handwriting character recognition (classification) task- Guessing handwritten numbers was selected as a test task:

CNN Model Author: ([fchollet] <https://twitter.com/fchollet>);
 Name of the project: Simple MNIST convnet;
 dataset size 60000; Teaching accuracy: ~99%
 Dataset : `keras.datasets.mnist.load_data()`

Based on the above meta heuristics, a blocking 2D transformer was developed, which is used to transform the images of the initial data set into blocking matrices. 2200, 2300 and 2400 training sets were randomly selected from the 60,000 digit image set, and 400 images were selected as the test set. We have not changed the CNN model. Table 3 shows the results of the experiment.

Table 3.

	Existing CNN model	CNN Model with Blocking Transformer
n_samples_test	400	
n_samples_train	2200	
Test loss	0.1435326635837555	0.12275572121143341
Test accuracy	0.9599999785423279	0.9649999737739563
n_samples_train	2300	
Test loss	0.1411733627319336	0.12336128950119019
Test accuracy	0.9599999785423279	0.9700000286102295
n_samples_train	2400	
Test loss	0.09121356904506683	0.08319459855556488
Test accuracy	0.9786100190734863	0.9785000214576721

As can be seen from the table, our approach works with better accuracy even on small data.

3.3.2. ANN models for univariate times series

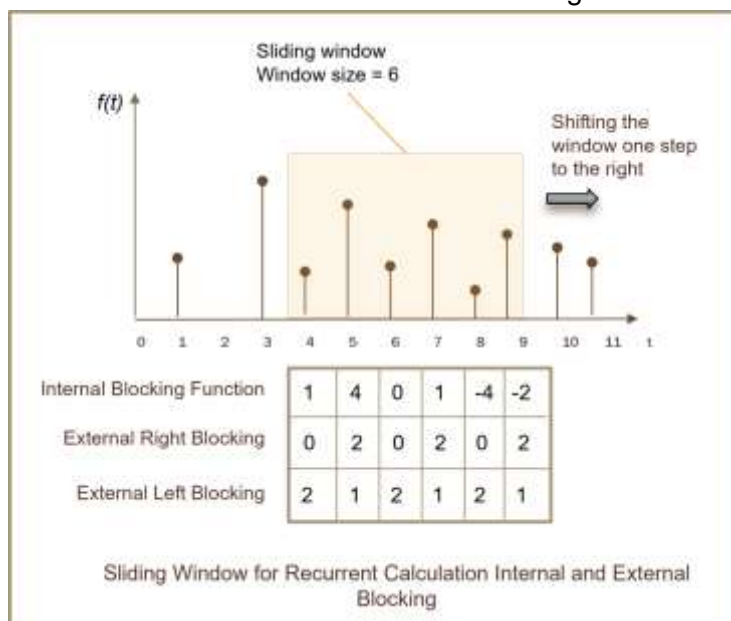
For simplicity, only univariate time series generation issues are discussed in the paper.

In general, the value of the time series at the moment of time t_i is represented by the following function:

$$x(t_i) = \Psi(\check{x}(t_i), \xi(t_i)), \quad (6)$$

where x $\check{x}(t_i)$ – is the regular component of the time series, $\xi(t_i)$ – is noise,

Ψ – It is a cumulative or multiplicative operator (+ or *). In the first part of the paper, we showed how these functions can be calculated using IMF functions.



Pic. 3.

3.3.3. ANN models for combination of Static and dynamical sequence data

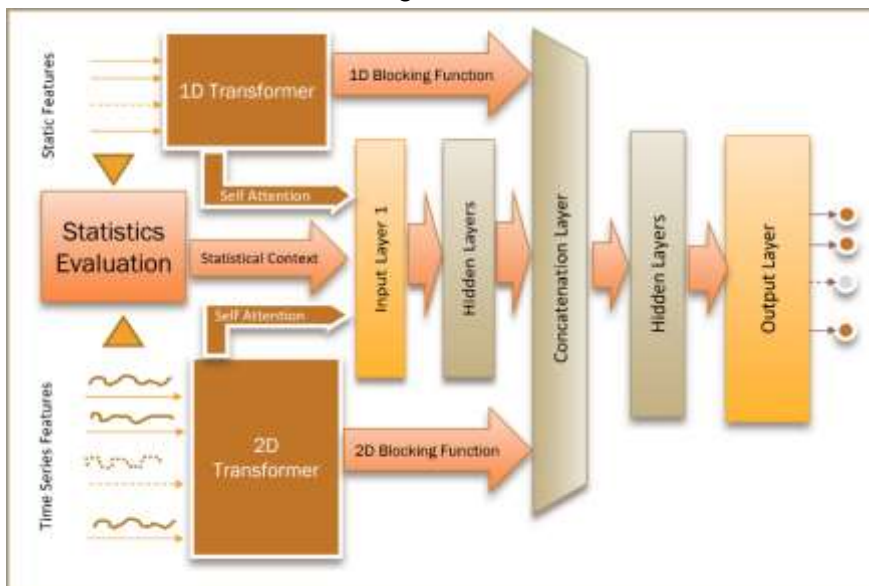
Moreover, whether the features are sequential, or static will dictate which classification method can be applied as most of the machine learning algorithms are designed to deal with either one or another type of data. In real-life scenarios, however, it is often the case that both static and dynamic features are present, or can be extracted from the data. In this work, we demonstrate model precision in a classification task is highly dependent on the feature space that is used to train the no it's here model. Moreover, whether the features are sequential, or static will dictate which classification method can be applied as most of the machine learning algorithms are designed to deal with either one or another type of data. In real-life scenarios, however, it is often the case that both static and dynamic features are present, or can be extracted from the data. In this work, we demonstrate.

Table 4 shows the result of the model's performance on the task of predicting Fibonacci numbers, when the model first learns to calculate Fibonacci numbers on a sequence of numbers, and then makes predictions on test data.

Table 4.

	Existing RNN model with Attention	RNN Model with Blocking Transformer and Attention
n_samples_test	55	
n_samples_train	125	
Test loss	0.002251	0.002498
Test accuracy	0.957223	0.949166

As can be seen from the calculations, on small data, the result of our approach is close to the calculation result of the existing model.



Pic. 4.

4. Conclusions and future works

The above examples have shown us the correctness and perspective of our approach. It is necessary to create a solid, conceptual base, to investigate various models even more deeply, to put the mechanisms of explanation of the results in the models, and to create the structures of self-organizing neural networks on the basis of blocking meta-heuristics

References

1. Yuanhang Zheng, Zeshui Xu , Anran Xiao, Deep learning in economics: a systematic and critical review, 4, *Artificial Intelligence Review* volume 56, pages9497–9539 (2023), <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-022-10272-8>
2. Zurab Bosikashvili, DATA ENRICHMENT USING THE GENERATIVE ADVERSARIAL MACHINE LEARNING, International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100th Anniversary of "GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY - GTU", Tbilisi, Georgia, proceedings book | June 24-26, 2022 / Tbilisi, Georgia
3. Zurab Bosikashvili, Ketevan Bosikashvili, Tamar Bosikashvili, CERTIFICAT OF PROTECTED WORK, REF NUMBER:19292161222S066, REGISTRED ON:16th December 2022, WORK TITLE: A Novel Approach To Time Series Data Enrichment Using Generative Adversarial Neural Networks, Protected with www.protectmywork.com
4. Z.Bosikashvili, The blocking meta-heuristics for combinatorial problems solving, The ACM Digital Library, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin, USA ©2010, table of contents ISBN: 978-960-474-179-3

ღრმა სწავლების მოდელებში ბლოკირებათა მეტა- ევრისტიკების გამოყენების შესახებ

ზურაბ ბოსიკაშვილი , სტუ, zurab.bosikashvili@gtu.ge
 თამარ ბოსიკაშვილი, Biterium-AI, tamar.bosikasgvili@gmail.com
 ქეთევან ბოსიკაშვილი , Biterium-AI, k.bosikashvili@gmail.com

რეზიუმე

თანამედროვე ციფრულ სამყაროში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვან მიმართულებას ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება წარმოადგენენ. განსაკუთრებით აქტუალურია და ფართოდ არის განვითარებული ღრმა სწავლების საკითხი, რომელიც მოიცავს მრავალმრიანი ხელოვნური ნეირონული ქსელების მოდელების გამოყენების საკითხებს. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი წარმატებაა, არის საკითხებიც, რომლებიც უნდა განვითარდეს შემდგომი წინსვლისთვის. ჯერჯერობით პრობლემურია შემდეგი საკითხები: ნეირონული ქსელების სწავლების პროცესის სირთულე, წინა ინფორმაციის კატასტროფული დავიწყების პრობლემა, შედეგების ინტერპრეტაციის სირთულე, გრადიენტის გაქრო ან აფეთქება ოპტიმიზაციის დროს და წარმადობის საკითხები. აქედან გამომდინარე, მოდელები უფრო რთული და რთული ხდება და რთულდება სწავლების პროცესიც. ამ ნაშრომში წარმოდგენილია ბლოკირების მეტა-ევრისტიკა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვიპოვოთ მეტი ინფორმაცია მონაცემებიდან და ამით გავამარტივოთ მოდელები. ნაშრომში მოცემულია მონაცემთა ბლოკირების ზუსტი ცნება და შესწავლილია მისი თვისებები. ბლოკირებათა ევრისტიკების საფუძველზე შეიქმნა ნეირონული ქსელის 1D და 2D ტრანსფორმერის მოდელები, რომლებიც შეიძლება ინტეგრირებული იყოს ნებისმიერ ნეირონულ ქსელში. ასევე წარმოდგენილია მცოცავი ფანჯრის მოდელი, რომელსაც აქვს ორი ჰორიზონტი, ერთი ფიქსირებული ლოკალური ჰორიზონტი და მეორე გარე დინამიური ჰორიზონტი, რომელიც შეიძლება იყოს გლობალური. შექმნილი მოდელების საფუძველზე შემუშავდა პროგრამული უზრუნველყოფა და შემუშავებული მეთოდების ეფექტურობა შედარდა ცნობილ ამოცანებზე

არსებულ მეთოდების გამოყენების შედეგებს. ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ იგივე შედეგების მიღწევა შესაძლებელია უფრო მარტივი ნეირონული ქსელების მოდელებით.
საკვანძო სიტყვები: ღრმა სწავლება, მეტა-ევრისტიკა, ბლოკირება, ხელოვნური ნეირონული ქსელი, ტრანსფორმერი, ყურადღების მექანიზმი

Identification and analyses of tree species using UAV images of forests and deep machine learning models

Zurab Bosikashvili, GTU, zurab.bosikashvili@gtu.ge

Giorgi Kvartskhava, GTU, g.kvartskhava@gtu.ge

Merab Machavariani, GTU, machavarianimerab@gmail.com

Abstract

Forest inventory processing is one of the most important and time-consuming parts of environmental protection issues. Forest inventory is one of the huge tasks and challenges for countries whose territory is covered by forest. It is much more difficult if forests are natural and many species of trees and shrubs grow in different densities. Full and precision inventory and automatization of such a kind of forest is very important. Artificial intelligence (AI) and machinery learning systems can play significant roles to solve these tasks, but unfortunately there is no existing perfect model which can fully perform all tasks or several together.

In this work we are suggesting general methodology and deep learning techniques to solve the problem by using meta-heuristic blocking approaches.

To fulfill this task, we established a new architecture of deep neural network for canopy differentiation and identification of tree species on the blocking transformer base.

Keywords: UAV, images of the forest, blocking meta-heuristic, transformer, machine learning ,tree species classification, canopy segmentation Introduction

Around 40% of Georgia is covered by forest (2.8 Million ha). The majority of the forest is mountain forest and only 2% is lowland forest. Thus around 80% of the country's forest has important protection functions. The majority of Georgian forest is of natural origin, only 2.6% have been

reported as planted forest. The forest is rich in biodiversity and hosts a high level of endemism. The country is listed in two “biodiversity hotspots”: the Caucasus and the Irano-Anatolian hotspots. WWF also identified the area as one of the priorities “Global 200 Ecoregion”.

Nearly 8.6% of Georgia (595,963 ha) is declared as protected area, of which 45% (267,000 ha) is covered by forest. There is no reliable information about primary forests in Georgia, but 500,000 hectares have been reported as primary forest unchanged since 1990. Primary forests are found especially in protected areas and on steep slopes, which are inaccessible. In addition, the Emerald Network is currently under development in Georgia. It consists of around 800,000 hectares of State forest: the already adopted sites cover around 600,000 hectares. 348,300 hectares of forest have been declared as recreation or resort forest. Only around 20% (587,500 ha) of Georgia’s forests were reported in 2015 as ‘forest area available for wood supply’ according to the FOREST EUROPE definition.

Between 2007 and 2012, inventories were carried out only in areas under long-term license contracts (around 166,654 hectares, source: The State Audit Office of Georgia, 2016). After a long period without proper forest inventories, regular management level inventories were reintroduced in 2013 for the elaboration of 10-year forest management plans. In 2018, a total 367,940 hectares were covered by management plans (13% of total forest area). The methodology of management level inventory and taxation, which is used in Georgia, provides the necessary information for management planning. Nevertheless, MEPA is reviewing the methodology and considers improving it to ensure getting statistically sound and reliable information in the future.

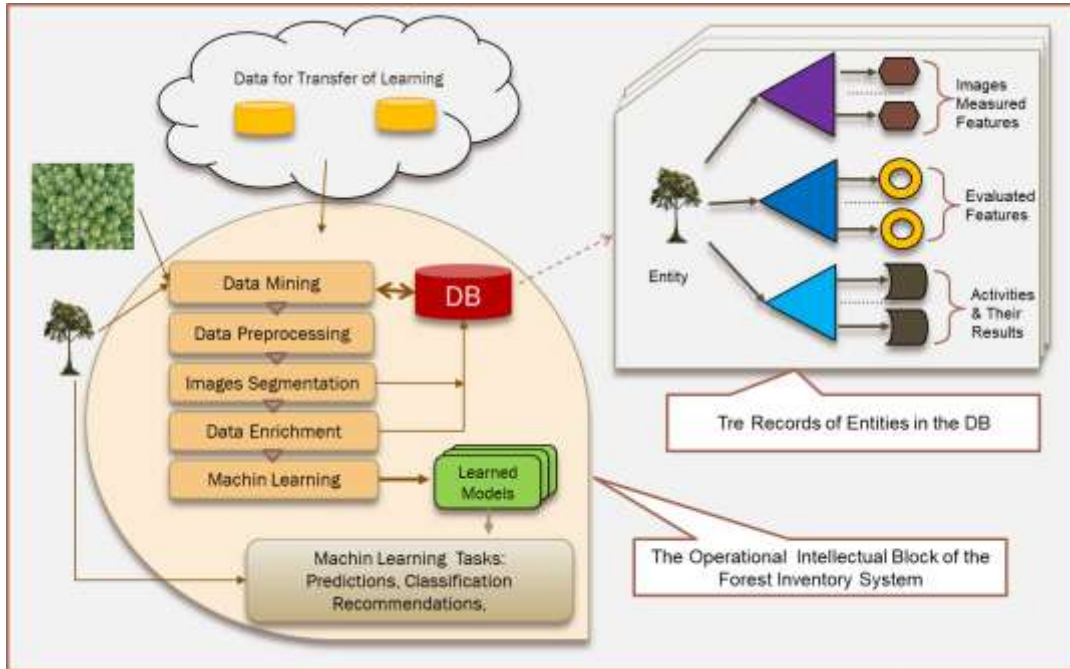
During the last decade researchers from different institutions are suggesting different methods in segmentation of plants and classification. Overall accuracy of these methods sometimes reach to 85-87%. Several algorithms for detecting objects of interest in remote sensing images and subsequent classification have been devised, and these include template matching based methods, machine learning and knowledge-based methods. Machine learning methods for analyzing and classifying forest images are continuously evolving to provide more advanced automatic land cover pattern recognition on aerial images. In this regard, deep learning, also known as self-learning artificial intelligence approaches, are paving new avenues for data analysis and computer vision.

Literature Review

Based on a different scientific paper and its comprehensive review, to detect objects of interest in an image, semantic segmentation techniques, feature extraction methods and finally classification techniques are used. Performance of the state of the art Tensorflow and Keras for image classification were analyzed. Formal ontologies knowledge representation was recommended for state of the art approach for detecting objects of interest. CNN methods for semantic segmentation were critically analyzed and these were; AlexNet, VGGNet, GoogLeNet, FCN, UNet, SegNet, DeepNet and ResNet(3). Scientists revealed that their system achieved an accuracy of more than 90% for classifying tree species and specific tree species(1). Additionally, the results suggest that the CNN classified trees according to the features of their biological structures such as forest stand structures. On the other hand we see that Forest structure was efficiently mapped by machine learning classifiers where SVM offers the best accuracy with 85% compared to ANN classifiers(6). There are several studies where authors demonstrated tools which can perform targeted problems. In our studies we focused on specific topics which are important in Georgia. At the beginning of the process we identify 3. topics which are interesting in the country. There are: 1. Identification and numbering of trees; 2. By canopy evaluation, identify trees' condition and 3. Count cones on each tree and collect dates related to cones. Last topic is very important for Georgia as cones are collected by local people and after they are sold.

Proposed methodological framework

The main and challenging part for such systems is data acquisition, preprocessing, multiplication (enrichment) and creating appropriate methodology of ML with its construction of teaching methods.



Pic. 1.

Data processing includes the stages of data mining, pre-processing, segmentation, data multiplication (enrichment) for machine learning, and feature extraction. Data mining is carried out by taking high-resolution color photos of the forest using a UAV and subsequently uploading them to the system. The obtained images are then pre-processed (filtered, cleaned, resized to a standard size) and converted into an orthomosaic image using special tools.

To create training sets and to determine tree species, the delineation of tree branches on images is carried out by marking their contour and enclosing circle (see Figure 2). This is a task of image segmentation, which has been solved by various methods. Currently, we are using the semantic segmentation method in the research, based on the Watershed algorithm. We're also working on solving this problem using deep neural networks..

This is currently done by hand, using special tools, which requires a laborious process and automation. These issues are the subject of separate discussion and will be discussed here in the future.

To reproduce the training examples, the entire image is cut on the designated surrounding rectangle of the wooden bar and multiplied by rotating it at different angles, mirroring and scaling, and stored with the cut (see Figure 3). The final step in image processing is the separation of the features.

We're dealing with the number of images along with the representation and the static and the computational properties. In particular, static characteristics are the categorical characteristics of an image, such as lighting (sunny, cloudy), the state of the wood (healthy, folded, dry), the temporal season, and so on. The measurable features are the statistical markers.

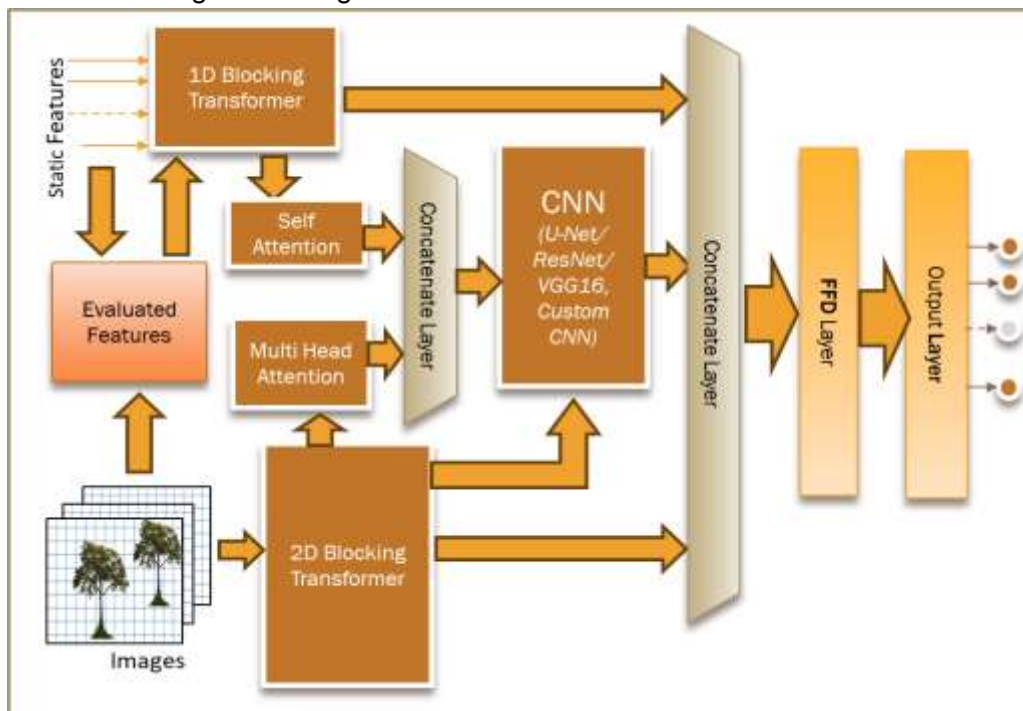
We used the average and standard deviation of each band and GLCM texture values as features. GLCM is a spatial co-occurrence matrix that computes the relationships of pixel values, and uses these relationships to compute the texture statistics⁴⁴. For calculating GLCM, images with a large number of data bits result in huge computational complexity. In this case, the images that were converted to greyscale were 8-bit data. After calculation of GLCM, we extracted five GLCM texture features (angular second moment (ASM), contrast, dissimilarity, entropy, and homogeneity [1]).

Machine learning

Determining the species of trees is a classic facial recognition problem, but with its specificity and large dimensions, so choosing a method of detection requires careful study and experience of the problem. Most of these problems are solved with deep neural networks based on CNN models. In such cases, there are all the problems that are characteristic of neural networks, namely the loss or explosion of the value of the gradient during optimization, the lack of explanation, and the lack of training samples. To deal with these problems, in the paper [4-5], we introduced a blocking transformer that uses blocking meta-heuristics. Let's explain what meta-heuristics mean

We say that the value x_{t_i} of the numerical function $x(t)$ blocks the value x_{t_j} from the right if $t_j < t_i \ \& \ x_{t_i} < x_{t_j}$, or blocks from the left if $t_j < t_i \ \& \ x_{t_i} > x_{t_j}$.

Let's introduce the blocking transformation operator. Suppose a vector $X \in D \subseteq R^m$ is given. $\Phi_b(X) \rightarrow f_b(i) \ i = 1, \dots, m$, which transforms any vector X into a blocking function. This operator can be used to factor D , which will allow us to drastically reduce the number of training samples required to train neural networks and also, if for each set of factors we take a single blocking function and a small statistical characteristic that itself describes the given set of factors. By incorporating 1D and 2D blocking transformers into the structure of a deep neural network we solve facial recognition problems, we're opening up new possibilities to solve the problem more efficiently. For more details on blocking transformers, see [4] in the same paper. Figure 2 shows a general diagram of such a neural network.



Pic.2.

Input static and computational characteristic values are provided to the ID transformer, And the values of the image matrix to the 2D transformer. Output of transformers are sent to attention blok and CNN, which might me created based on U-NET, ResNet, or VGG16 networks, or based on Custom CNN. Output of transformers and CNN are consolidated and sent to FFN, from there, the result is delivered to the output layer.

It should be noted that the dimensions of the training samples (images of tree trunks: length, width) differ significantly from the dimensions of trees and especially the images of the forest taken by the drone. So for the recognition of species, It is necessary to add a crawling window on CNN and identify non-existing species of branches (tree species). Obviously, if there are a few of these recognized species, the one with the maximum recognition weight will be selected. Using a "classical" sliding window is not effective, because we have to pass every sub-image to our CNN. With that approach we would compute things over and over again, as it is highly duplicative. Instead we can share the computation and get rid of the redundant calculations. This is called convolutional sliding window [6].

The dimension of the image of the training sample is $train_sample.shape(nr,nc)$, dimension of crawling window $sliding_window.shape(mr,mc)$ is more then training sample $mr > nr \ \& \ mc > nc$, but less then

on the dimensions of the tree trunk. Let's say the dimension of the forest image is $test_Image.shape(kr,kc)$. It's also obvious that its dimension is much more than the dimension of window $kr \gg mr \ \& \ kc \gg mc$. The quantities of length in width are calculated by the following formula

$$Wc = [(kc+2p-mc)/s+1]$$

$$Wr = [(kr+2p-mr)/s+1], \text{ where } s \text{ -stride, } p \text{ - number of pad}$$

Algorithm 1: Assigning species to tree canopies while moving the floating window

Loop sw in SlidingWindowses:

Canopies = getCanopies(sw)

Loop cnp in Canopies:

Branches = getBranchsMatches(cnp)

Loop br in Branches:

Br_lab = getMaxWightLabel(br)

Br_w = getMaxWeight(br)

If Cnp.specie == None:

Cnp.specie = Br_lab

Cnp.weight = Br_w

Else:

If Cnp.specie == Br_lab:

Cnp.weight = max (Cnp.weight, Br_w)

Else:

If Cnp.weight < Br_w:

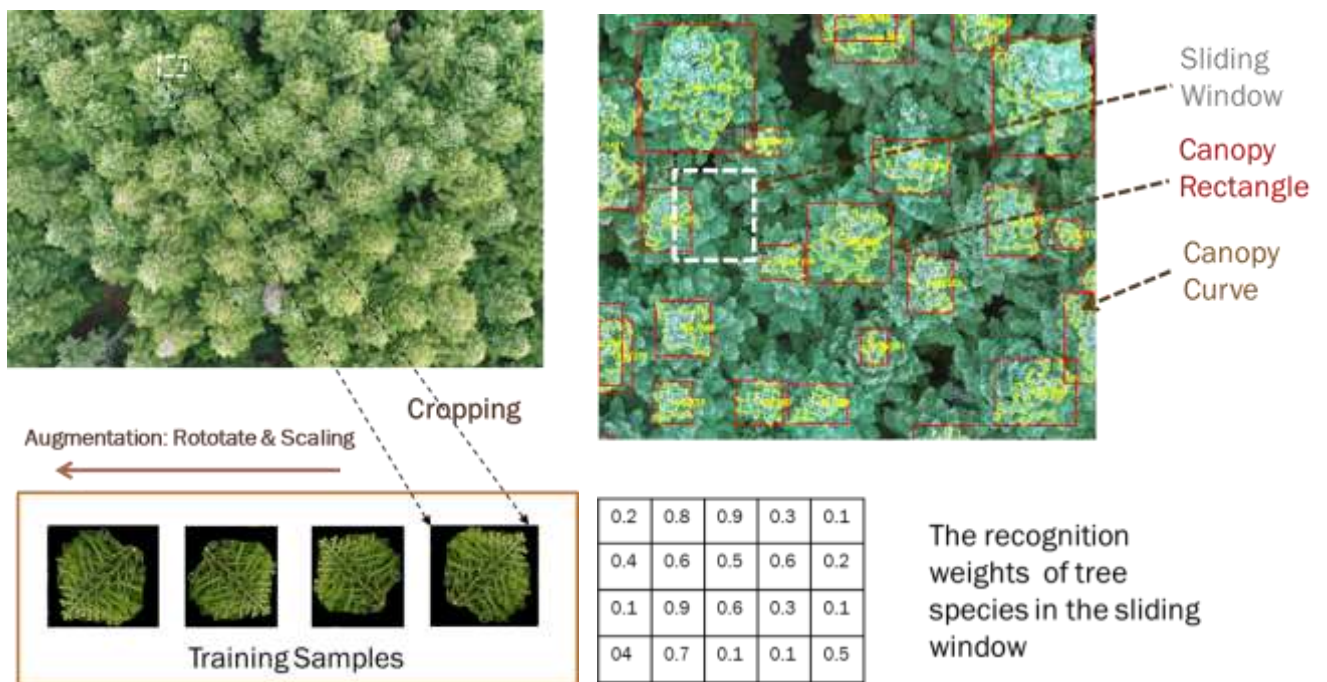
Cnp.specie = Br_lab

Cnp.weight = Br_w

Model implementation and experimental results

A prototype was developed and created based on the developed methodology and models by using Python 3.9, Keras 2.13.1, and opencv2 libraries. For initial datasets was collected from UAV captured high-resolution (2040 × 1360 pixels) images in Jpg format of the forests of Sochi in the Racha region, Georgia. The watershed algorithm and the corresponding methods of opencv were used to segment the tree canopies. As a study sample, 256 × 258 images of branches of Pine were cut from forest images, and the background was erased. The surrounding images were captured by marking the corresponding tree species. Only two target classes were considered for the experiments: "Pine" and "other".

A custom convolutional network was built. Attention mechanism was built based on Keras library. Experiments have shown the high efficiency of the methodology in terms of performance and an acceptable level of test accuracy, which is being improved.



Pic.3

Pic.4

Conclusions and future works

Based on the analysis and experimental research conducted, In the paper is described a methodology for identifying plants and identifying species through forest images taken from UAVs by using Deep ML, one- and two-dimensional blocking transformers and CNN.

Based on the model, a prototype of the system was developed and experiments were conducted on one species of plant (Conifers) to determine the effectiveness of the system. In the future, a prototype will be developed and the system will be tested to identify and test many species of plants. At the same time, the automation of the preparation of test samples will be carried out.

References

1. Masanori Onishi, Takeshi Ise, Explainable identification and mapping of trees using UAV RGB image and deep learning, Scientific Reports volume 11, Article number: 903 (2021) , <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79653-9>
2. Yinghai Ke, Lindi J. Quackenbush, FOREST SPECIES CLASSIFICATION AND TREE CROWN DELINEATION USING QUICKBIRD IMAGERY, New York 13210 yke@syr.edu, lquack@esf.edu, Proceedings of the ASPRS 2007 Annual Conference, 2007•asprs.org
3. CLOPAS KWENDA , MANDLENKOSI GWETU, AND JEAN VINCENT FONOU DOMBEU, Machine Learning Methods for Forest Image Analysis and Classification: A Survey of the State of the Art, IEEEAccess, May 3, 2022
4. Z.Bosikashvili, T.Bosikashvili, K.Bosikashvili, Using Blocking Meta-heuristics in the Models of Deep Machine Learning (DML), 2023, Current Jurnal
5. Z. Bosikashvili, A New Approach to Time Series Data Enrichment Using Generative Adversarial Neural Networks (GAN), scientific-methodical work, certificate of deposit, 8803, National Intellectual Property Center of Georgia, patent, 2022/11/24
6. Kamarulzaman, A.M.M.; Wan Mohd Jaafar, W.S.; Abdul, Maulud, K.N.; Saad, S.N.M.; Omar, H.; Mohan, M. Integrated, Segmentation Approach with Machine Learning Classifier in Detecting and Mapping Post Selective Logging Impacts Using UAV Imagery. Forests 2022, 13, 48. <https://doi.org/10.3390/f13010048>

ხეების სახეობების იდენტიფიკაცია და ანალიზი ღრმა მანქანური სწავლების მოდელების და უპილოტო საფრენი აპარატიდან გადაღებული ტყის სურათების გამოყენებით

ზურაბ ბოსიკაშვილი (სტუ), გიორგი ქვარცხავა(სტუ), მერაბ მაჭავარიანი(სტუ)

რეზიუმე

განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ერთერთ ყველაზე მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს გარემოს დაცვა, რომელშიც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ტყეების მოვლა-პატრონობას. აქედან ყველაზე შრომატევად ნაწილს ტყის ინვენტარიზაციის საკითხები (აღრიცხვა, მოვლა და დაცვა) წარმოადგენენ. ტყის ინვენტარიზაცია განსაკუთრებით აქტუალურია და უდიდესი გამოწვევაა იმ ქვეყნებისთვის, რომელთა ტერიტორიაც ტყითაა დაფარული. საკითხი გაცილებით რთულდება, თუ ტყეები ბუნებრივია და მასში სხვადასხვა სიმკვრივით მრავალი სახეობის ხე და ბუჩქი იზრდება. ძალიან მნიშვნელოვანია ასეთი ტიპის ტყეების სრული და ზუსტი ინვენტარიზაცია და ამ პროცესების ავტომატიზაცია. ამ ამოცანების გადაწყვეტაში უმნიშვნელოვანესი როლი შეიძლება შეასრულოს ხელოვნურმა ინტელექტმა და მანქანურმა სწავლებამ. ამ მიმართულებით ტარდება მნიშვნელოვანი სამუშაოები, მაგრამ ჯერ კიდევ ბევრია გასაკეთებელი. ნაშრომში შემოთავაზებულია ამ ამოცანის გადაწყვეტის ზოგადი მეთოდოლოგია და ღრმა სწავლების მიდგომა ბლოკირების მეტა-ევრისტიკების გამოყენებით. შემუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატიდან გადაღებული გამოსახულებების გამოყენებით ხეების ვარჯის გამოყოფის (სეგმენტაციის) და სახეობების გამოცნობის ღრმა სწავლების მიდგომები ნეირონული ქსელების ახალი არქიტექტურული გადაწყვეტის ბაზაზე ბლოკირებათა ტრანსფორმერის შემოტანით.

საკვანძო სიტყვები: უპილოტო საფრენი აპარატი, ტყის გამოსახულება, ხის ვარჯის
სემინტაცია, ხეების სახეობათა კლასიფიკაცია, ღრმა სწავლება, ნეირონული ქსელი,
ბლოკირებათა მეტა-ევრისტიკა, ტრანსფორმერი