



HTW

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - იმს
დრეზდენის გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**

**THE CONFERENCE IS ORGANIZED BY THE GEORGIAN TECHNICAL
UNIVERSITY, DRESDEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES (HTW),
AND BATUMI SHOTA RUSTAVELI STATE UNIVERSITY**

საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენცია

**თანამედროვე გამოწვევები და
მიღწევები ინფორმაციულ
და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში
2024**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE MODERN
CHALLENGES AND ACHIEVEMENTS IN INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES – 2024**

NOVEMBER 1 – 2, 2024 TBILISI, GEORGIA

**1 - 2 ნოემბერი, 2024 წელი
საქართველო, თბილისი**

საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში - 2024“

კონფერენციის საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტი:

თავმჯდომარე: პროფესორი დავით გურგენიძე

თანათავმჯდომარე: პროფესორი თამარ ლომინაძე

მოადგილეები: პროფესორი მარიო ნოიგებაუერი (გერმანია)

პროფესორი იბრაიმ დიდმანიძე

პროფესორი თალიკო ჟვანია

კონფერენციის პროგრამული კომიტეტი

საქართველო:

პროფესორი თამარ წერეთელი, პროფესორი ზურაბ გუდავაძე,
პროფესორი კარლო კოპალიანი, პროფესორი დავით მახვილაძე,
ბატონი ზაზა ბუაჩიძე, პროფესორი ლილი პეტრიაშვილი,
პროფესორი ნონა ოთხოზორია, პროფესორი თინათინ კაიშაური,
პროფესორი ლელა თურმანიძე, პროფესორი მერაბ ახოზაძე,
პროფესორი ზაალ აზმაიფარაშვილი, პროფესორი ზურაბ ბოსიკაშვილი,
პროფესორი აკაკი გიგინეიშვილი, პროფესორი მედეა თევდორაძე,
პროფესორი ლევან იმნაიშვილი, პროფესორი ვახტანგ კვარაცხელია,
პროფესორი ქეთევან კოტრიკაძე, პროფესორი დავით ნატროშვილი,
პროფესორი გაია სურგულაძე, პროფესორი სერგო შავგულიძე,
პროფესორი მარინა ქურდაძე, პროფესორი ბესარიონ შანშიაშვილი,
პროფესორი იოსებ ქართველიშვილი, პროფესორი მარიამ ჩხაიძე,
პროფესორი ზვიად ღურჭკაია, პროფესორი თემურ ცაბაძე,
პროფესორი მიხეილ დონაძე, პროფესორი ია მოწყობილი

გერმანია – პროფესორი ტომ შაალი (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, ცვიკაუ); პროფესორი მარკ განსბერგერ (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი) 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)

უნგრეთი – პროფესორი იანოშ შტრიკი (დებრეცენის უნივერსიტეტის)

პოლონეთი – პროფესორი კშიშტოფ როკოსი (ტექნოლოგიების უნივერსიტეტი, ვარშავა) –

პროფესორი ვასილ მარცენიუკი (ბიელსკო-ბიალას უნივერსიტეტი) 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 პრიკაზნიკოვი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)

ჩხეთი - პროფესორი შარკა ჰომოვია-მაიეროვა (ფიზიკა – მათემატიკის დეპარტამენტი) თავდაცვის უნივერსიტეტი

უკრაინა - პროფესორი ვლადიმერ ზასლავსკი (კომპიუტერული მეცნიერებისა და კიბერნეტიკის ფაკულტეტი) ტარას შევჩენკოს სახელობის კიევის ეროვნული უნივერსიტეტი; ხანინი ი.გ., ეკონომიკის მეცნიერებათა დოქტორი, საწარმოთა ეკონომიკისა და საერთაშორისო ბიზნესის კათედრის პროფესორი, წყლის მენეჯმენტისა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენების ეროვნული უნივერსიტეტი, როვნო.

სომხეთი – პროფესორი დოქტორი არამ კარაპეტიანი (ფიზიკა-მათემატიკის დეპარტამენტი) ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლატვია – პროფესორი ილმარს კრეიტუსი (ფიზიკურ ქიმიის მეცნიერებათა დეპარტამენტი) რიზებას უნივერსიტეტი

ლიტვა – პროფესორი სვაიონე ბეკეშიენე (კომპიუტერული მეცნიერებების დეპარტამენტი), ლიტვის სამხედრო აკადემია

აზერბაიჯანი – პროფესორი ალიევ სოლტანი (მათემატიკისა და მექანიკის ინსტიტუტი, ბაქო)

კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტი:

თავმჯდომარე: პროფესორი ლილი პეტრიაშვილი

წევრები: პროფესორი ზურაბ გასიტაშვილი, 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 ხომერიკი, პროფესორი თალიკო ჟვანია, პროფესორი ნუგზარ ამილახვარი, 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, ასოც. პროფესორი რუსუდან პაპიაშვილი, ასისტ. პროფესორი ბესიკ ბერიძე, დიდარ დიდმანიძე, ზებუნ ბერიძე, დოქტორანტი ეკატერინე პაპავა, დოქტორანტი მირანდა ღვალაძე, ამირან ქიმაძე, ეკა მეგრელიშვილი, თეა ნატროშვილი, ნათია ქუხილავა

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2024

ISBN 978-9941-512-80-3

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი 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-Practical Conference Modern Challenges and Achievements in Information and Communication Technologies - 2024

International Scientific Committee of the conference:

- Chairmen:** Professor Davd Gurgenidze
Co Chairmen: Professor Tamar Lominadze
Co Chairmen: Professor Mario Neugebauer (Germany)
Co Chairmen: Professor Ibraim Didmanidze
Co Chairmen: Professor Taliko Zhvania

Scientific committee of the conference:

Georgia:

Professor Tamar Tsereteli, Professor Zurab Gudavadze, Professor Karlo Kopaliani, Mr. Zaza Buachidze, Professor Davit Makhviladze, Professor Lili Petriashvili, Professor Nona Othkhozoria, Professor Tinatin Kaishauri, Professor Lela Turmanidze, Professor Merab Akhobadze, Professor Zaal Azmaiparashvili, Professor Zurab Bosikashvili, Professor Akaki Giginashvili, Professor Medea Tevdoradze, Professor Levan Imnaishvili, Professor Vakhtang Kvaratskhelia, Professor Ketevan Kotrikadze, Professor Davit Natroshvili, Professor Gia Surguladze, Professor Sergo Shavgulidze, Professor Marina Kurdadze, Professor Besarion Shanshiashvili, Professor Ioseb Kartvelishvili, Professor Mariam Chkhaidze, Professor Zviad Ghurtzkaya, Professor Temur Tshabadze, Professor Mikheil Donadze, Professor Ia Motskobili.

Germany:

- Professor Tom Shaal (University of Applied Sciences, Zwickau)
- 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)

Hungary:

- Professor Janosz Strik (University of Debrecen)

Poland:

- Professor Krzysztof Rokos (University of Technology, Warsaw)
- Professor Vasyl Martsenyuk (University of Bielsko-Biala)
- 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, Kiel)

Czech Republic:

Professor Šárka Hošková-Mayerová (Department of Mathematics and Physics) University of Defence

Ukraine:

- Professor Vladimir Zaslavskiy (Faculty of Computer Science and Cybernetics)
- Taras Shevchenko National University of Kyiv.
- Khanin I.G., Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Enterprise Economics and International Business, National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne

Armenia:

- Professor Dr. Aram Karapetyan (Physics-Mathematics Science) Yerevan State University

Latvia:

- Professor Dr. Ilmars Kreituss (Science of Physical Chemistry) Riseba University

Lithuania:

- Professor Dr. Svajonė Bekešienė (Computer Science) Lithuanian Military Academy

Azerbaijan:

- Professor Dr. Aliyev Soltan A., Ministry of Science and Education of the Azerbaijan Republic, Institute of Mathematics and Mechanics

Conference Organizing Committee:

Chairman: Professor L. Petriashvili

Members: Professor Zurab Gasitashvili, Professor Davit Kapanadze, Associate Professor Lado Adamia, Professor Mikheil Ramazashvili, Professor Nugzar Amilakhvari, Associate Professor Dali Magrakvelidze, Professor Davit Gulua, Professor Mzia Kiknadze, Professor Irina Khomeriki, Professor Taliko Zhvania, Professor Levan Khetaguri, Associate Professor Lasha Iashvili, Associate Professor Mikheil Chikhradze, Associate Professor Otar Tavdishvili, Associate Professor Nino Tophuria, Associate Professor Ekaterine Gvaramia, Associate Professor Ekaterine Bochoridze, Associate Professor Natalia Gabashvili, Associate Professor Rusudan Papiashvili, Assistant Professor Besik Beridze, Didar Didmanidze, Zebur Beridze, PhD Candidate Ekaterine Papava, PhD Candidate Miranda Ghvaladze, Amiran Kimadze, Eka Megrelishvili, Tea Natroshvili, Natia Kulkhilava.

© Publishing House - Technical University, 2024

ISBN 978-9941-512-80-3

<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.



Verba volant,
scripta manent.

სარჩევი // Reference (ნაშრომები წარმოდგენილია ავტორების მიერ მოწოდებული ფორმით // Papers are presented in the form provided by the authors)

- თამარ ლომინაძე, გია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი. ინფორმატიკის დიდაქტიკის როლი საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირებისა და საუნივერსიტეტო განათლების პროცესებში // Tamar Lominadze, Lili Petriashvili, Gia Surguladze. The Role of Didactics of Informatics in the Processes of Information Society Formation and University Education 11
- სერხი ზელინსკი, იური ბოიკო, იბრაიმ დიდმანიძე. ობიექტების ქცევა-ჟესტიკულაციის მანიპულაციის შეფასება ვებ. ინტერფეისისთვის // Serhii Zelinskyi, Yuriy Boyko, Ibraim Didmanidze. Evaluating the Usability of Gaze-Gesture Interaction for Object Manipulation on the Web 19
- ვასილ მარცენიუკი, გეორგი დიმიტროვი, მაურო ფიგუეირო - AI-ისა და IoT-ის სასწავლო პროგრამის სტრუქტურირება IT ბიზნესის ლიდერების მოსამზადებლად, რომელიც თანამედროვე ინდუსტრიის მოთხოვნებთანაა შესაბამისობაში // Vasyi Martsenyuk, Georgi Dimitrov, Mauro Figueiredo. Structuring an AI and IoT Curriculum for Preparing IT Business Leaders Aligned with Modern Industry Demands 22
- ლელა პაპავა, სოფიკო გოგოლაძე, ეკატერინე პაპავა. მდგრადი ციფრული ეკოსისტემების შექმნა: ტექნოლოგიური ინოვაციების როლი // Lela Papava, Sopiko Gogoladze, Ekaterine Papava. Creating Sustainable Digital Ecosystems: The Role of Technological Innovation 28
- ნუგზარ ამილახვარი, იოსებ ქართველიშვილი, ამირან ნებულიშვილი. ვებსაიტების თანამედროვე ტენდენციები // Nugzar Amilakhvari, Ioseb Kartvelishvili Amiran Nebulishvili. Modern trends in websites 34
- მედეა თევდორაძე, ნინო მელიქიძე, ნინო ლუდუშაური. ბანკში თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება // Medea Tevdoradze, Nino Melikidze, Nino Gudushauri, Tamta Rukhadze. Evaluation of effectiveness of modern information technologies use in the bank 42
- ანა ფიცხელაური, ირინა კურატიშვილი. კონვოლუციური ნეირონული ქსელის გამოყენება სამედიცინო გამოსახულების დამუშავებისას // Ana Pitskhelauri, Irina Kuratishvili. Convolutional Neural Network for Medical Image Processing 49
- ლევან ჯულაკიძე, ზურაბ ქოჩლაძე, თინათინ კაიშაური. ახალი სიმეტრიული ბლოკური ალგორითმის აგების შესაძლებლობა // Levani Julakidze, Zurabi Kochladze, Tinatini Kaishauri. Ability to build a new symmetric block algorithm 53
- იბრაიმ დიდმანიძე, რიმა თხილაშვილი. ინფორმაციული სისტემის მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის პრინციპები // Ibraim Didmanidze, Rima Tkhilaishvili. Principles of information system management process optimization 59
- იგორ ხანინი, მაქსიმ პოლიაკოვი, ნიკოლაი ბორმატენკო. ცოდნისა და ეკონომიკური აქტივობის კვაზი-ფიზიკური მოდელის მიხედვით შემეცნებაში აზროვნების აქტუალური ტიპები // Igor Khanin, Maxim Polyakov, Nikolai Bormatenko. According to the Quasi-Physical Model of Knowledge and Economic Activity Actual Types of Thinking in Cognition 63
- სოლტან ალიევი, ფედა რაჰიმოვი, იბრაჰიმ ბადლოვა. პირველი რიგის ავტორეგრესიული პროცესის ოჯახისთვის შემთხვევითი კოეფიციენტით გადაკვეთის დროის ზღვრული თეორემები // S.A. Aliyev, F.H. Rahimov, I.A.Ibadova. On the Limit Theorems for the Family First Passee Time of First Order Autoregressive Proccees with Random Coefficient 70
- გეორგი კუჭავა, გეორგი დვალისვილი, იოსებ ქართველიშვილი. CI/CD-ის დახმარებით DevOps-ში პროგრამული უზუნველყოფის მიწოდების ხარისხისა და სიჩქარის ოპტიმიზაცია // Kuchava Giorgi, Dvalishvili Giorgi, Kartvelishvili Ioseb. Optimizing the quality and speed of software delivery in DevOps through CI/CD 72
- ლილი პეტრიაშვილი, თამარ ლომინაძე, თამარ წერეთელი - ხელოვნური ინტელექტის ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენება ენერგეტიკის მენეჯმენტში Lily Petriashvili, Tamar Lominadze, Tamar tsereteli. Using Artificial Intelligence Optimization Methods In Energy Management 78

- ვოლოდიმირ ზასლავსკი, იგორ ვოლოხოვიჩი, იბრაიმ დიდმანიძე. ფუტკრების იშვიათი 82
ჯიშების შენარჩუნების სტრატეგია გლობალური დათბობისა და სოციალური რყევების
პირობებში // Volodymyr Zaslavskiy, Ihor Volokhovych, Ibraim Didmanidze. The type-variety
principle as a strategy for the preservation of bees in conditions of global warming and social upheavals
- გია სურგულაძე, ბეჟან გელაძე, გულბათ ნარეშელაშვილი. მოდელებით მართვადი 88
დეველოპმენტი და რევერსული პროგრამირება მართვის საინფორმაციო სისტემების ასაგებად
// Gia Surguladze, Bezhan Geladze, Gulbaat Nareshelashvili. Model-driven Development and Reverse
Programming for Perfecting the OO-Design Process of Management Information Systems
- ნინო ხუჯაძე, ზურაბ ზაქარაძე. ინტერაქტიური და მულტიმედიური საშუალებების გამოყენება 94
სწავლებაში // Nino Khujadze, Zurab Zakaradze. Use of interactive and multimedia tools in teaching
- ლია ყანჩაველი - ავტომატიზაცია და მართვა ლოგისტიკაში, ციფრული ლოგისტიკა, 98
ტენდენციები და შესაძლებლობები
Liana Kanchaveli, Automation and management in logistics, digital logistics, trends and opportunities
- იბრაიმ დიდმანიძე, ია ხასაია, დიდარ დიდმანიძე. STEM განათლების გამოწვევები 106
საქართველოში // Ibraim Didmanidze, Ia Khasaia, Didar Didmanidze. STEM Education Challenges in
Georgia
- არამ კარაპეტიანი. ელექტრონული მმართველობის განვითარების ტენდენციები სომხეთის 112
რესპუბლიკაში // Aram Karapetyan. E-government development trends in the republic of Armenia
- სერგო შავგულიძე, მარინა ქურდაძე, მამუკა ჩხაიძე. გადაცემის სტრატეგიები ტურბო- 118
კოდირებული კოოპერაციისთვის // Sergo Shavgulidze, Marina Kurdadze, Mamuka Ckhaidze.
Transmission Strategies for Turbo-Coded Cooperation
- ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი, თეა თოდუა. ახალი მიდგომა ლაბორატორიული 122
ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ეფექტურობის შეფასებისთვის // Levan Imnaishvili,
Maguli Bedineishvili, Tea Todua. A new approach to evaluating the effectiveness of conducting a
laboratory experiment remotely
- მიხეილ დონაძე, იბრაიმ დიდმანიძე, ბესიკ ბერიძე. საკომუნიკაციო მოწყობილობების 129
გავლენა კომპიუტერულ ქსელში მონაცემთა ნაკადის გამტარუნარიანობაზე // Mikheil Donadze,
Ibraim Didmanidze, Besik Beridze. The impact of communication devices on data flow bandwidth in a
computer network
- სალომე მახარაძე, ია ცქვიტინიძე, ელვირა ბჟინავა. უსადენო კავშირის მეშვიდე თაობის 136
ტექნოლოგია Wi-Fi 7 // Salome Makhharadze, Ia Tskvitinidze, Elvira Bzhinava. The seventh
generation of wireless connection technology Wi-Fi 7
- ინგა აბულაძე, ნანა მაღლაკელიძე, მარინა კაშიბაძე. მობილური აპლიკაციის სერვისები 144
"Databricks Lakehouse" ტექნოლოგიის გამოყენებით // Inga Abuladze, Nana Maglakelidze, Marina
Kashibadze. Mobile Application Services Using Databricks Lakehouse Technology
- ომარ შამანაძე, ომარ ტყეშელაშვილი, თემურ ბერიანიძე. YouTube-ის გამოცდილების 148
ხარისხის (QoE) გაზომვა λ - ლამბდა საზომი ერთეულით // Omar Shamanadze, Omar
Tkeshelashvili, Temur Berianidze. Measuring YouTube's Quality of Experience (QoE) with the λ -
lambda metric
- ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია, ნინო წიკლაური. პარალელიზმი თანამედროვე 152
პროცესორებში // Alexander Benashvili, Eka Gvaramia, Nino Tsiklauri. Parallelism in Modern
Processors
- ია მოწყობილი, ირმა ტაკიძე, ინგა სურმანიძე. ინტერნეტი და ციფრული მარკეტინგი // Ia 158
Motskobili, Irma Takidze, Inga Surmanidze. Internet and Digital Marketing
- ბესიკ კეკელია, ალექსანდრე ალიხანოვი. 3D გეომეტრიული აღწერების გამარტივების 165
მეთოდების დამუშავება ვიზუალიზაციის აპლიკაციებისთვის // Besik Kekelia, Aleksandr
Alikhanov. Development of methods for simplifying 3D geometric descriptions for visualization
applications
- ომარ გივრაძე, თენგიზ დიდმანიძე, ალექო ბაკურიძე. ბინარულ მიმართებათა სრული 170
ნახევარჯგუფების იდემპოტენტური ელემენტები // Omar Givradze, Aleksandre Bakuridze,
Tengiz Didmanidze. Idempotent Elements of Complete Semigroup of Binary Relations
- ანა გერგაული, მედეა თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი. ორმაგი კოდირების თეორიის, 173
კოგნიტური დატვირთვისა და მეხსიერების მექანიზმების გავლენა მულტიმედიურ გარემოში

უცხო ენის სწავლების პროცესზე: თეორიული საფუძვლები და პრაქტიკული იმპლიკაციები // Ana Gergauli, Medea Tevdoradze, Maia Saltkhutsishvili. Processing the results of a survey of marketing managers using mathematical statistics methods	
▪ თინათინ კაიშაური, ია ირემაძე - ბიტკოინი ციფურლი დეცენტრალიზებული ვალუტა // T. Kaishauri, I. Iremadze, A. Buzaladze. Bitcoin - The Digital Decentralized Currency	178
▪ გიორგი იმნაიშვილი, მარინა დიდმანიძე, დიდარ დიდმანიძე - მონაცემთა განაწილებული ბაზების აგების ტექნოლოგიები // Giorgi Imnaishvili, Marina Didmanidze, Didar Didmanidze. Fundamentals of construction distributed databases	184
▪ ლაშა იაშვილი. უნივერსიტეტში გალერეის საიტის შექმნა: საგანმანათლებლო თანამშრომლობის პროექტი // Lasha Iashvili. Creation of the University Gallery Website: An Educational Collaboration Project	188
▪ მარიამ ჩხაიძე, მირანდა ღვალაძე, ეკატერინე პაპავა. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება უმაღლეს სასწავლებლებში მხედველობა დაქვეითებული სტუდენტებისათვის // Mariam Chkhaidze, Miranda Ghvaladze, Ekaterine Papava. Using Artificial Intelligence to Teach Visually Impaired Students in Higher Education Institutions (HEIs)	193
▪ დალი მაგრაქველიძე. ფაზი ლოგიკის გამოყენება ნეირონულ ქსელებში // Dali Magrakvelidze. Application of fuzzy logic in neural networks	200
▪ ბადრი მეფარიშვილი, გულნარა ჯანელიძე, ქეთევან მეფარიშვილი. ფინანსური ბაზრის ზედამხედველობისა და რეგულირების ენტროპიაზე დაფუძნებული მიდგომა // Badri Meparishvili, Gulnara Janelidze, Ketevan Meparishvili. An entropy-based approach to supervision and regulation Of financial market	204
▪ თალიკო ჟვანია, ნინო თოფურია, ნანა ნოზაძე. შავი ზღვის საქართველოს აკვატორიის სენსიტიური რეგიონების ეკომონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგება ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით // Zhvania Taliko, Nozadze Nana, Topuria Nino. Construction of Eco-monitoring Information System for Black Sea Sensitive Regions of Georgian Aquatoria with new Digital Technologies	211
▪ მზია კიკნაძე, ეკატერინე ბოჭორიძე, ნატალია გაბაშვილი - ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევისთვის // Mzia Kiknadze, Ekaterine Bochoridze, Natalia Gabashvili. Using Neural Networks for Research on Regional Sustainable Development	216
▪ ლოლიტა ბეჯანიშვილი, მზიანა ნაჩკებია, ლილი ლობჯანიძე. პროექტების დამუშავების სწავლების აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება // Lolita Bejanishvili, Mziana Nachkebia, Lili Lobzhanidze. Agent-based simulation of software development training	221
▪ ქეთევან კვესელავა, ირაკლი ბოჭორიშვილი, ლიანა თედეშვილი. ჰკვიანი იარაღი: ხელოვნური ინტელექტის მომავალი სამხედრო საქმეებში // Ketevan Kveselava, Irakli Bochorishvili, Liana Tedeshvili. Smart Weapons: The Future of Artificial Intelligence in Military Affairs	228
▪ ზურაბ ტუსკია. ხელოვნური ინტელექტის გამოწვევები და პერსპექტივები სახელმწიფო მართვის სისტემებში // Zurab Tuskia. Problems and Perspective of Artificial Intelligence in Government Administration Systems	235
▪ ეკატერინე როჭიკაშვილი, მზია კიკნაძე, ნატალია გაბაშვილი. ხელოვნური ინტელექტი სწავლა-სწავლების პროცესებში // Ekaterine Rochikashvili, Mzia Kiknadze, Natalia Gabashvili. Use of artificial intelligence in teaching-learning processes	241
▪ მირანდა ღვალაძე, მარიამ ჩხაიძე, ნიკა კაკაურიძე. ვირტუალური და განვრცობილი რეალობის (AR/VR) ტრანსფორმაციული გავლენა განათლებასა და ინდუსტრიაში // Miranda Ghvaladze, Mariam Chkaidze, Nika Kakauridze. The Transformative Impact of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) in Education and Industry	247
▪ თენგიზ ბახტაძე, ირაკლი როდონაია - პარალელური პროგრამებისა და სისტემების ეფექტურობის კვლევა იმპროვიზირებული საშუალებებით // Tengiz Bakhtadze, Irakli Rodonaia. Research of efficiency of parallel programs and systems by improvised means	252
▪ ზებურ ბერიძე, ვოლოდიმირ ზასლავსკი, ზურაბ ზაქარაძე. უსადენო ქსელების უსაფრთხოების სისტემების პრობლემების გადაწყვეტის გზები // Zebur Beridze, Zurab Zakaradze. Ways to solve problems of security systems of wireless networks	258

▪ ნიკოლოზ ნარგიზაშვილი, ოთარ თავდიშვილი. ციფრულ გამოსახულებაზე შეკრული კონტურის შემოვლის ალგორითმი // Nikoloz Nargizashvili, Otar Tavdishvili. Algorithm for Tracing a Closed Contour on a Digital Image	262
▪ გელა ჩოგაძე, მიხეილ დონაძე. საწარმოს კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის დაგეგმვის და შემუშავების მეთოდები // Gela Chogadze, Mikheil Donadze. Methods for planning and developing an enterprise's corporate computer network	269
▪ იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი, მიხეილ დარჩაშვილი. ქსელურ ტრაფიკში ხელწერების ძიების არსებული ალგორითმების მიმოხილვა და ანალიზი // Ioseb Kartvelishvili, Maia Okhanashvili, Mikheil Darchashvili. Review and Analysis of Existing Algorithms for Searching for Handwriting in Network Traffic	277
▪ ლელა გაჩეჩილაძე. რეკურსიის გამოყენების პრაქტიკული რჩევები // Lela Gachechiladze. Practical Advice for Using Recursion	282
▪ ემელიანე გოგილიძე, ნათია გოგილიძე. ციფრული ტექნოლოგიების როლი და მნიშვნელობა, თანამედროვე მსოფლიოს ეკონომიკაში // Emeliane Gogilidze, Natia Gogilidze. Role and Importance of Digital Technologies in the Economy of the modern world	289
▪ მაგდა ბერუაშვილი. ხელოვნური ინტელექტის როლი სამართლებრივ გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში // Magda Beruashvili. Justice System Revolution: Artificial Intelligence Capabilities and Potential Risks	295
▪ თეიმურაზ სუხიაშვილი. მოდელირება აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეზე ბიზნესპროცესების ანალიზისას // Sukhiashvili Teimuraz. Modeling at different levels of abstraction in the analysis of business processes	301
▪ თამარ ბუზიაშვილი, ვალერი ტაკაშვილი. არარელაციული მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების მეთოდები // Tamar Buzhiashvili, Valeri Takashvili. Non-relational database security methods	305
▪ ხათუნა ბარდაველიძე, ლიანა თედეშვილი, ავთანდილ ბარდაველიძე. ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების თანამედროვე მეთოდები და ტექნოლოგიები // Modern methods and technologies of digital image processing. Khatuna Bardavelidze, Liana Tedeshvili, Avtandil Bardavelidze	309
▪ ზაალ აზმაიპარაშვილი, ელგუჯა ბუცხრიკიძე, მარინა მესხია. წნევის დიფერენციალური მონიტორინგის სისტემა სუფთა ოთახების გარემოში // Zaal Azmaiparashvili, Elguja Butskhrikidze, Marina Meskhia. Pressure difference measuring system for clean rooms	316
▪ ჯემალ გრიგალაშვილი, ნინო ლომიძე. S7-1200 პლკ-ს ბაზაზე სერვოსისტემის არამკაფიო ლოგიკური კონტროლერის ტესტირება და ვალიდაცია // J. Grigalashvili, N. Lomidze. Testing and validation of fuzzy logic controller of servo system based on S7-1200 PLC	320
▪ თამარ მენაბდე, მედეა ნარჩემაშვილი. საზომი სისტემების დაკალიბრების აქტუალურობა ექსპლუატაციის პროცესის სამუშაო პირობებში // Tamar Menabde, Medea Narchemashvili. Relevance of calibration of measuring systems during operation under working conditions	326
▪ ბესარიონ შანშიაშვილი. არახაზოვანი სისტემების იდენტიფიკაცია სიხშირის დომენში "Hammerstein"-ის მოდელების გამოყენებით // Besarion Shanshiashvili. Identification of Nonlinear Systems in Frequency Domain Using Hammerstein Models	332
▪ ქეთევან კოტრიკაძე, ნანა კურკუმული. მაკორექტირებელი რგოლების სინთეზის ამოცანა // Ketevan Kotrikadze, Nana Kurkumuli. Correction devices synthesis problem	339
▪ მარიამ წიკლაური, ანრი აიდინიანი, ქრისტინე თათევოსიანი – დაბრკოლებოს დეტექტორი ეტლით მოსარგებლე შშმ პირებისთვის // Mariam Tsiklauri, Anri Aidinian, Kristine Tatevosiani. Obstacle detector for wheelchair users	345
▪ სიმონ პოჩოვიანი, გიორგი მაისურაძე. მორწყვის რეჟიმების მართვის სისტემის მოდელირება // Simon Pochovyan, Giorgi Maisuradze. Modeling of irrigation control system	351
▪ ირმა დავითაშვილი. ბურთის ძელზე წონასწორობის მართვა ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდის გამოყენებით // Irma Davitashvili. "Ball and Beam" system control using the root locus method	354
▪ ვალიდა სესაძე, ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარი ნარიმანაშვილი. ენერჯის მიხედვით არაწრფივი სისტემების ოპტიმალური მართვა // Valida Sesadze, Nino Mchedlishvili, Nodar Narimanashvili. Optimal Control of Nonlinear Systems According to Energy	359
▪ ანა ბოკუჩავა, პაატა ჯოხაძე, ლიანა ყანჩაველი. სტომატოლოგიური პროდუქტების ლოგისტიკისთვის ავტომატიზებული სისტემების განვითარება ხელოვნური ინტელექტის	365

გამოყენებით // Anna Bokuchava, Paata Jokhadze, Liana Kanchaveli. Development of Automated Systems for the Logistics of Dental Products Using AI	
▪ ზურაბ მეგრელიშვილი, იბრაიმ დიდმანიძე, დავით ჩხუბიანი - IT ტექნოლოგიების გამოყენება საწარმოო წყალმომარაგებაში // Zurab Megrelishvili, Ibrahim Didmanidze, Davit Chkhubiani. Application of IT technologies in industrial water supply	370
▪ ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ბესარიონ ციხელაშვილი. კოსმოსური აპარატის მოძრაობის მართვა ლიბრაციის კოლენიალური წერტილის მიდამოში // Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Besarion Tsikhelashvili. Controlling the spacecraft movement in the vicinity of the collinear point of libration	376
▪ ნონა ოთხოზორია, ირინე ხომერიკი. ჭკვიანი პლატფორმების გამოყენება ბიზნესში ნახშირბადის ოპტიმიზაციისთვის // Nona Otkhozoria, Irine Khomeriki, Taliko Zhvania. A Smart Platform for Monitoring and Optimizing Carbon Footprints in Companies	383
▪ ნინო ესვანჯია, ირინე გოცირიძე, ანა ფიცხელაური. სიზუსტისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა: ხარისხის უზრუნველყოფა ბირთვულ მედიცინაში // Nino Esvanjia, Irina Gotsiridze, Ana Pitshelauri. Ensuring Accuracy and Safety: Quality Assurance in Nuclear Medicine	386
▪ გურამ აჭარაძე, ივანე მაკასარაშვილი, გიორგი კირცხალია BGP პროტოკოლის პრობლემები და მისი გადაჭრა რეკურენტული ნეირონული ქსელების საშუალებით // Guram Acharadze, Ivane Makasarashvili, Giorgi k'irtskhalia Problems of the BGP Protocol and Its Solution Through Recurrent Neural Networks	391
▪ გელა ღვინეფაძე, ნინო ჩორხაული. უახლესი კომპიუტერული ტექნოლოგიებს სწავლების კვლევის შესახებ // Gela Ghvinepadze, Nino Chorkhauri. Aspects of teaching new computer technologies	394
▪ პაატა კერვალიშვილი, კვანტური ინტერნეტი და კვანტური ინფორმაციული უსაფრთხოება // Quantum Internet and Quantum Information Security Paata Kervalishvili	401
▪ მედეა თევდორაძე, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი, მანანა მაღრაძე. Data Mining-ის როლი ბიზნეს-ანალიზში Medea Tevdoradze, Ia Giashvili, Tamar Asatiani, Manan Magradze. The Role of Data Mining in Business Analysis	407
▪ დავით კაპანაძე, რუსუდან პაპიაშვილი, გიორგი თანდილაშვილი. სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებისთვის Kapanadze David, Papiashvili Rusudan, Tandilashvili George. Development of an Intelligent System for Generating Learning Objects in Personalized E-Learning	413

ინფორმატიკის დიდაქტიკის როლი საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების და საუნივერსიტეტო განათლების პროცესებში

თამარ ლომინაძე, გაია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.lominadze@gtu.ge; l.petriashvili@gtu.ge; g.surguladze@gtu.ge
რეზიუმე

განხილულია ინფორმატიკის დიდაქტიკის თეორიული, პრაქტიკული და გამოყენებითი ასპექტები ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესში. წარმოდგენილია ინფორმაციული სისტემების მრავალფეროვანი ტიპები და მათი დაპროგრამების მეთოდები და მეთოდოლოგიები, გამოყენებითი პროგრამული სისტემების ავტომატიზებული დაპროექტების და დაპროგრამების თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებები (CASE-ტექნოლოგიები), ობიექტ- და პროცეს-ორიენტირებული მიდგომებით და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით. შემუშავებულია მომხმარებელთა ინტერფეისებისა და მონაცემთა ბაზების კონცეპტუალური სქემების ავტომატიზებული დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის საშუალებები ობიექტ-როლური მოდელირების გამოყენებით. დეტალურად განიხილება პროგრამული აპლიკაციების შექმნის კომპრომისული გამოყენების მეთოდოლოგია უნიფიცირებული მოდელირების ენის (UML) და მოქნილი დეველოპმენტის (Agile) ბაზაზე. ნაშრომის ორიგინალური გადაწყვეტები რეალიზებულია პროგრამულად სხვადასხვა პრობლემური სფეროს მაგალითებზე. განსაკუთრებით გამოკვეთილია პროგრამული სისტემების სასიცოცხლო ციკლის ანალიზის, პროექტირების, პროგრამული დეველოპმენტის და ტესტირების ეტაპები.

საკვანძო სიტყვები: საინფორმაციო საზოგადოება. ინფორმატიკის დიდაქტიკა. საუნივერსიტეტო განათლება. დაპროექტების ავტომატიზაცია. დაპროგრამების ავტომატიზაცია. CASE-ტექნოლოგია. UML-მეთოდოლოგია. Agile-დეველოპმენტი და ტესტირება.

1. შესავალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის UNESCO-ს კათედრა „საინფორმაციო საზოგადოება“ შეიქმნა 2003 წელს აკადემიკოს გ. ჩოგოვადის (1941-2022) ინიციატივით, იუნესკოს (პარიზი) პრეზიდენტისა და სტუ-ს აკადემიური საბჭოს ოფიციალური მხარდაჭერით. კათედრის მიზანი განათლების სისტემის (სკოლა, კოლეჯი, უნივერსიტეტი) სასწავლო პროცესის ინტენსიფიკაცია ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) საფუძველზე და საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პროცესის ხელშეწყობაა [1-3]. 2018 და 2021 წლებში ჩატარდა ორი საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია იუნესკოს ეგიდით „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ [4].

2023 წლიდან იუნესკოს კათედრას პროფ. თ. ლომინაძე ხელმძღვანელობს.

როგორც ცნობილია, 2006 წელს UNESCO-ს ინიციატივით და გაეროს გენერალური ასამბლეის რეზოლუციით 17 მაისი გამოცხადდა „საინფორმაციო საზოგადოების“ საერთაშორისო დღედ. ქენევაში (შვეიცარია) ყოველწლიურად იმართება სამიტის *WSIS (World Summit on the Information Society)* ფორუმები, სადაც განიხილება ინფორმაციული საზოგადოების მდგრადი განვითარების აქტუალური საკითხები ინფორმაციულ ტექნოლოგიებსა და კომუნიკაციებში (ITC). ბოლო სამიტი გაიმართა 2024 წ. მაისში (ნახ.1) [5].

ეს იყო უნიკალური შემთხვევა საერთაშორისო საზოგადოებისათვის, 20-წლიანი მოღვაწეობის შესახებ შეეფასებინა გლობალური ციფრული თანამშრომლობის შესაძლებლობები

და გაერთიანებინა ძალები პერსპექტიული და გამლიერებული საერთო ხედვისაკენ, რაც მომავალი გეგმების სახით ინფორმირებულ იქნება გაეროს შემდგომ სამიტზე [6].



ნახ.1. ფორუმის ლოგო

სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე აქტიურად მიმდინარეობს ინოვაციური განათლების მხარდაჭერი სასწავლო პროცესის განხორციელების პოლიტიკა, რაც გამოიხატება ახალი, აქტუალური საგანმანათლებლო პროგრამების დანერგვასა და განვითარებაში, სწრაფვა ABET-ის რეკომენდაციების რეალიზაციისკენ, მნიშვნელოვნად მოიმატა იმს ფაკ-ის უცხოენოვან სტუდენტთა კონტიგენტმა, სხვა უნივერსიტეტებიდან მოზილობით გადმოსულ სტუდენტთა რაოდენობამ და ა.შ.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჩვენ უნივერსიტეტში იმს-ფაკულტეტის ტრადიციების განვითარება და გაფართოება ამ მიმართულებით. სამი წელია (2023-2024) გერმანიისა და ევროპის სხვა უნივერსიტეტებთან ერთად სტუ-ში ტარდება საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში“ [7].

სტუ-ის პროგრამული ინჟინერიის დეპარტამენტი, ფაკულტეტის საერთო სამეცნიერო-საგანმანათლებლო პროგრამების ფარგლებში დიდ ყურადღებას უთმობს ახალგაზრდა მეცნიერებისა და სტუდენტების ჩართულობას კვლევის პროცესებში. ამაზე მეტყველებს სტუდენტთა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებსა და გამოფენებზე მათი აქტიურობა და ფაკულტეტის აკადემიური პერსონალის მონოგრაფიები მკვლევარ-სტუდენტთა თანავტორობით, განსაკუთრებით საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პროცესებსა და ინფორმატიკის დიდაქტიკის მიმართულებით [8-11].

დიდაქტიკა – მეცნიერებაა სწავლების პროცესის სრულყოფის შესახებ. ინოვაციური დიდაქტიკა ახორციელებს სწავლების პროცესში ახალი, მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების, ხერხების და ინსტრუმენტების დანერგვას (მაგალითად, ინფორმაციული და ციფრული ტექნოლოგიებისას) [1].

ინფორმატიკის დიდაქტიკა – კომპიუტინგის და კომპიუტერულ მეცნიერებათა დისციპლინების სწავლების პროცესის დინამიკური მოდელების შემუშავება განათლების საფეხურების გათვალისწინებით. ინფორმატიკის ინოვაციური დიდაქტიკის მთავარი მიზანია:

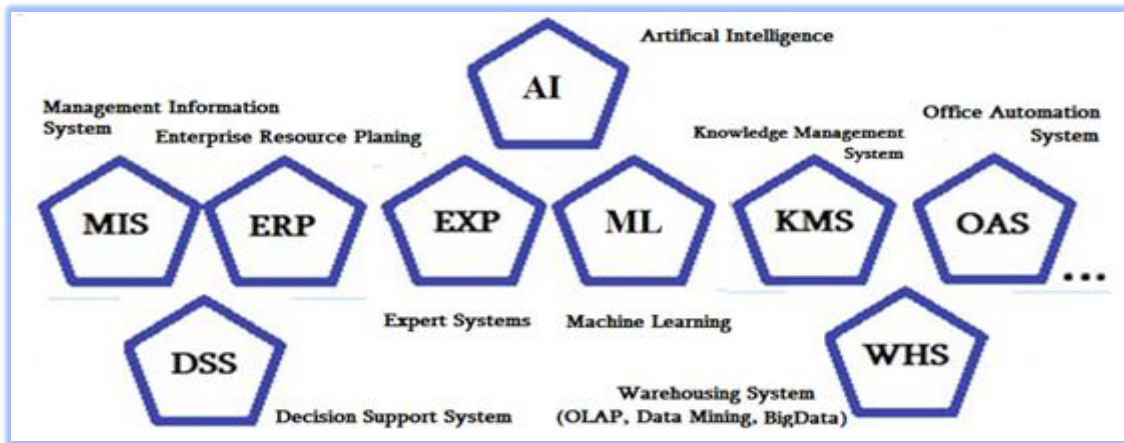
- ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესის ხელშეწყობა;
- ინფორმაციისა და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) საგანმანათლებლო პროგრამების შემუშავება და უწყვეტი განვითარება;

- მეცნიერული, სასწავლო და მეთოდური ლიტერატურისა და ლაბორატორიული ბაზის შექმნა, სრულყოფა და განვითარება.

2. ძირითადი ნაწილი

ინფორმატიკის (კომპიუტინგის) ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტება და პროგრამული რეალიზაციაა. ინფორმაციული სისტემების კლასიფიკაცია მოიცავს სხვადასხვა ტიპის პროგრამული აპლიკაციის შექმნას. გამოყენებითი პროგრამული ინჟინერიის მიზანი სწორედ ასეთი ტიპის სისტემების აგებაა, რომელთა დანიშნულება შესაბამისი დამკვეთის კვლევის ობიექტის მართვის პროცესის სრულყოფაა გადაწყვეტილების მიღების დროს. მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია საინფორმაციო სისტემების ტიპები, რომელთა პროგრამული რეალიზაცია სწორედ პროგრამული ინჟინერიის ან პროგრამული ტექნოლოგიების საქმეა.

რას ვაპროგრამებთ ?

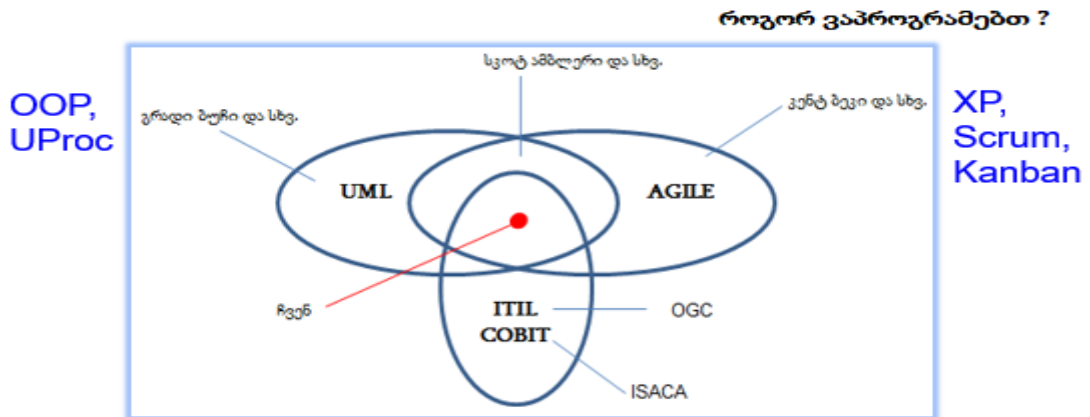


ნახ.2. ინფორმაციული სისტემის ტიპები

სტუ-ის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის (აჟამად - ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების) ფაკულტეტზე წინა საუკუნის 70-ანი წლებიდან ახორციელებდა სამეცნიერო-საინჟინრო პროექტებზე მუშაობას, რომლებიც მეტწილად დაკავშირებული იყო ოპერაციითა კვლევასთან, ოპტიმიზაციის, მოდელირებისა და პროგრამირების თეორიასთან. თეორიული ინფორმატიკის ასეთი ამოცანები იკვეთებოდა გამოყენებითი მათემატიკის (დისკრეტული და სტოქასტურ) თეორიასთან. 80-ანი წლებიდან აქტიურად დაიწყო განვითარება მონაცემთა ბაზების დაპროექტებამ და მისმა განვითარებამ განაწილებული კომპიუტერული სისტემების (ქსელების) ბაზაზე. 90-ანი წლების მეორე ნახევარი ინტერნეტის და ახალი ციფრული ტექნოლოგიების საწყისი პერიოდია (საქართველოში), რამაც მნიშვნელოვნად შეცვალა როგორც კორპორაციების და სხვა დაწესებულებათა მენეჯმენტის საინფორმაციო სისტემების ინფრასტრუქტურა, ასევე განათლების სფეროს იდეოლოგია, შინაარსი და ტექნიკურ-ტექნოლოგიური მხარდაჭერა. ჩვენ ყოველდღიურ ცხოვრებაში შემოიჭრა ხელოვნური ინტელექტი, ვირტუალური რეალობა და, თუნდაც, chatGPT – როგორც სტუდენტებისა და მეცნიერ-მკვლევარების „ახალი ვირტუალური კოლეგა“.

გამოთვლითი ტექნიკისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარება რევერსულადაა დაკავშირებული სისტემური და გამოყენებითი პროგრამული პროდუქტების ინდუსტრიის განვითარებასთან. შეიქმნა და კვლავაც იქმნება ახალი პროგრამული

პლატფორმები და ენები, მათი მეთოდები და მეთოდოლოგიები [12-16]. ამიტომაც, დღეისათვის მეტად მნიშვნელოვანი საკითხია – თუ როგორ ვაპროგრამებთ ზემონახსენებ საინფორმაციო სისტემებს (ნახ.3).



ნახ. 3. პროგრამული სისტემების და IT-სერვისების მენეჯმენტის მეთოდოლოგიათა კვეთა [16]

- OGC (Office of Government Commerce) – სახელმწიფო სავაჭრო პალატა (დიდი ბრიტანეთი),
- ISACA (Information Systems Audit and Control Association) – საინფორმაციო სისტემების აუდიტის და კონტროლის ასოციაცია (აშშ)

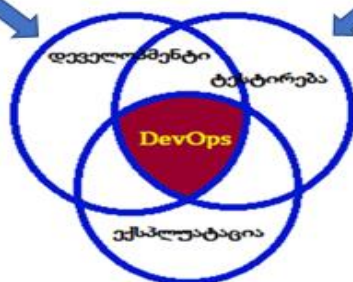
ამერიკული სკოლის ორი მეთოდოლოგია (პროფესორები გ. ბუჩი და კ. ბევი), როგორებიცაა UML (დიდი პროექტებისთვის - ნახ.4.2) და Agile (სწრაფი - დამკვეთის ცვლილებებზე ორიენტირებული პროექტებისთვის) ბატონობს ჯერ-ჯერობით პროგრამულ ინდუსტრიაში. სოფტის სასიცოცხლო ციკლის მეთოდებიდან შეიძლება **სპირალური მოდელი** გამოვეყნოთ (ნახ.4.1). აქ კარგად ჩანს ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირების და პროგრამირების ეტაპები, საშედეგო ვერსიების ინკრემენტალური ზრდის შესაბამისად. 4.3 ნახაზზე კი იკვეთება აღნიშნული მეთოდოლოგიის ეტაპებისა და ვერსიების მართვის საკითხი, რომელიც დღეს ძალზე აქტუალურია DevOps - სახელწოდებით [17].



ნახ. 4.1. სპირალური მოდელი



ნახ. 4.2. UML მეთოდოლოგიის 4 ეტაპი

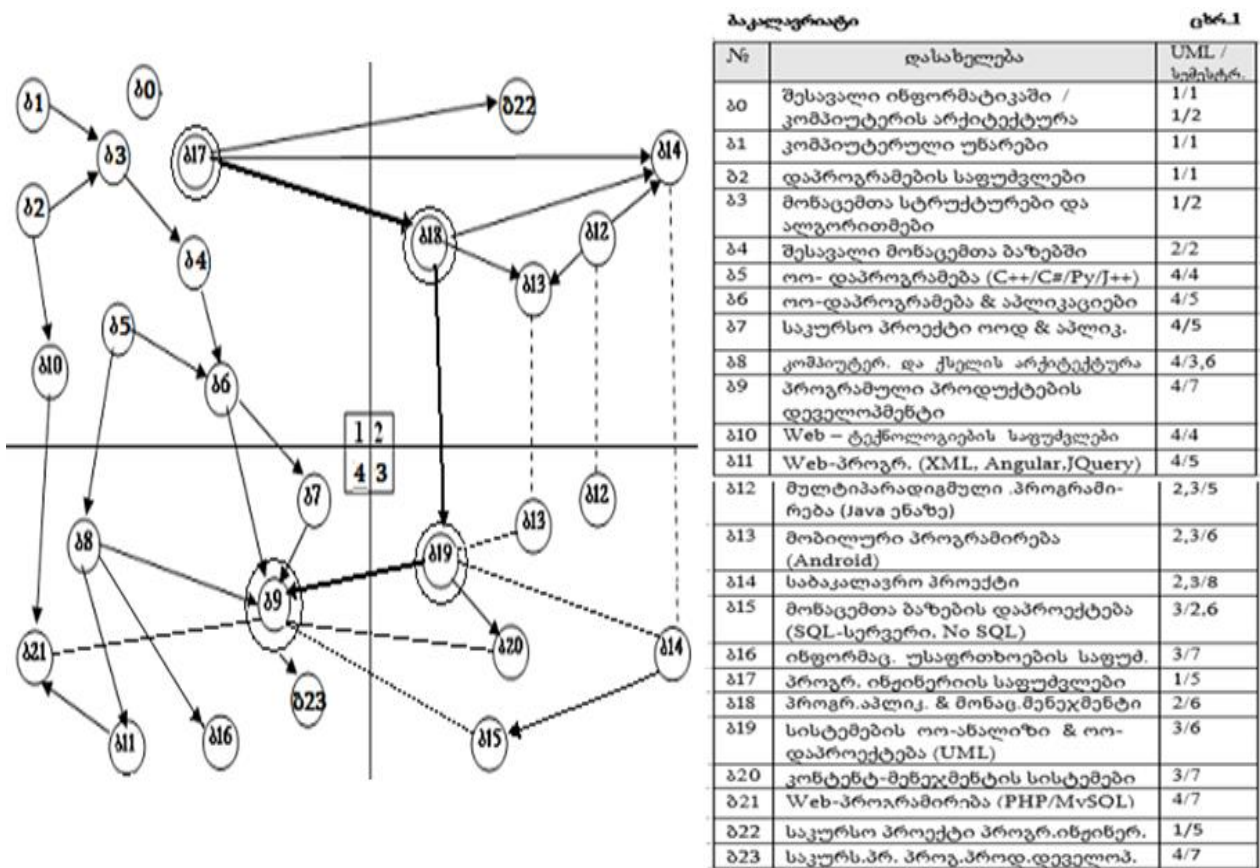


ნახ. 4.3. DevOps-მეთოდოლოგია

DevOps და UML/Agile მეთოდოლოგიები გუნდური მუშაობის პროცესებია, არ არსებობს ერთი კონკრეტული ინსტრუმენტი მათ განსახორციელებლად. პირიქით, არსებობს რამდენიმე ინსტრუმენტის ერთობლიობა („DevOps ინსტრუმენტების ჯაჭვი“), რომლებიც კარგად ასახავს პროგრამული სისტემების დეველოპმენტის და დამკვეთებზე მიწოდების ასპექტებს.

- Agile და DevOps მეთოდოლოგიები ასრულებს ურთიერთდამატებით როლებს. მაგალითად, პროგრამული სისტემების ავტომატიზებული კონსტრუირება და ტესტირება, უწყვეტი ინტეგრაცია და უწყვეტი მიწოდება (CI/CD);
- Agile შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც დამკვეთებსა და დეველოპერებს შორის საკომუნიკაციო ხარვეზების გადაჭრის მექანიზმი;
- DevOps კი ორიენტირებულია დეველოპერებსა და IT ოპერაციებს / ინფრასტრუქტურებს შორის არსებული ხარვეზების აღმოფხვრაზე.

სტუ-ში ინფორმატიკის დიდაქტიკის პროცესის წარმართვა შესაბამისი აკადემიური კურსების გათვალისწინებით (მაგალითად, „პროგრამული ინჟინერიის“ მიმართულებით). ამ შემთხვევაში სასიცოცხლო ციკლი (მაგ., UML: სისტემების ობ-ანალიზი, ობ-პროექტირება, ობ-რეალიზაცია და დანერგვა) განიხილება როგორც ინტერდისციპლინური კავშირების მთავარი საგანი. ამჯერად ნიმუშის სახით ჩვენ ვიხილავთ მხოლოდ ბაკალავრიატის საფეხურს (ნახ. 5).



ნახ. 5. საგნების ურთიერთკავშირის ფრაგმენტი (ეტაპების და სემესტრების მიხედვით)

სტუ-ში ინფორმატიკის დიდაქტიკის პროცესის ხელშეწყობის მიზნით შექმნილია განათლების სამივე საფეხურის კურსების ძირითადი მეთოდური ლიტერატურა, რომელიც განთავსებულია სტუ-ის ცენტრალურ ბიბლიოთეკასა და gtu.ge საიტის ელექტრონულ სახელმძღვანელოებში.

ჩვენი სტატიის თემატიკის თვალსაზრისით ქვემოთ წარმოდგენილი გვაქვს 2 ახალი (2024) მონოგრაფიული ტიპის სახელმძღვანელო (ნახ. 6,7).

აქ წარმოდგენილია მართვის საინფორმაციო სისტემების ავტომატიზებული დაპროექტების, დაპროგრამების და ტესტირების ახალი CASE/Agile ტექნოლოგიები, აგრეთვე Web-აპლიკაციების აგების ტექნოლოგია მიკროსერვისული არქიტექტურით. მათი ექსპერიმენტული კვლევის ნაწილის შესრულებაში, პროგრამულ რეალიზაციასა და შედეგების ანალიზში აქტიურად მონაწილეობდნენ ჩვენი



ფაკულტეტის დოქტორანტი [10, 11].



ნახ. 7

3. დასკვნა

საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პროცესში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება განათლების სისტემის რეფორმას ჩვენ ქვეყანაში. საქართველოსთვის საგანმანათლებლო დაწესებულებათა სასწავლო პროცესების ახალ ციფრულ ტექნოლოგიებზე გადაყვანა და შესაბამისი აკადემიური პერსონალის კვალიფიკაციის სრულყოფა ამ მიმართულებით - მეტად საყურადღებო და დროული გამოწვევაა. ინფორმატიკის დიდაქტიკის პროცესების

წარმოდგენილია ბიზნესპროცესების მოდელირების ნოტაციის (BPMN), კონცეპტუალური სქემის ავტომატიზებული დაპროექტების ობიექტ-როლური მოდელირების (ORM), გამოყენებითი პროგრამული აპლიკაციების შექმნის უნიფიცირებული მოდელირების ენის (UML) და მოქნილი დეველოპმენტის (Agile) მეთოდოლოგიები. ასახულია როგორც UML/Agile მეთოდოლოგიების მეთოდები: ექსტრემალური პროგრამირების, Scrum და Kanban/Lean მაგალითებზე, ასევე C# კოდის ავტომატიზებული გენერაციის საშუალებები. ნაშრომის ორიგინალური გადაწყვეტები რეალიზებულია პროგრამულად სხვადასხვა პრობლემური სფეროს მაგალითებზე. განსაკუთრებით გამოკვეთილია პროგრამული სისტემების სასიცოცხლო ციკლის ანალიზის, პროექტირების, პროგრამული დეველოპმენტის და ტესტირების ეტაპები. მონოგრაფია შეიძლება გამოყენებულ იქნას დამხმარე სახელმძღვანელოდ კომპიუტერული მეცნიერების და პროგრამული ინჟინერიის სპეციალობის სტუდენტების მიერ.

ნახ. 6

განხილულია თანამედროვე დესკტოპ- და ვებ-ტექნოლოგიები, მათი გამოყენების გზები კორპორაციული მენეჯმენტის ბიზნესაპლიკაციების და მიკროსერვისული აპლიკაციების შემუშავების მიზნით. გაანალიზებულია ASP.NET Web Forms, Silverlight, MVC დაპროგრამების პლატფორმები, მოყვანილია მათი მახასიათებლების შედარება. გამოკვლილია პროგრამული უზრუნველყოფის ინფრასტრუქტურის მნიშვნელობა რეალური ამოცანების გადასაჭრელად, კერძოდ, წარმოდგენილია სუფთა არქიტექტურის (CA) და დომენორიენტირებული დიზაინის (DDD) მიდგომები. პროგრამული რეალიზაცია განხორციელებულია მაიკროსოფტის Visual Studio.NET Framework პლატფორმაზე, ASP.NET, SilverLight, WPF/WCF/WF ტექნოლოგიებით, C# და XAML ენების საფუძველზე, აგრეთვე მონაცემთა საცავების, რელაციური და NoSQL ბაზების გამოყენებით. მონოგრაფია განკუთვნილია ICT სფეროს პროგრამული ინჟინერიის კონცენტრაციის სტუდენტებისა და მართვის საინფორმაციო სისტემების პროგრამისტ-დეველოპერებისათვის.

ინტენსიფიკაცია ქვეყნის მდგრადი განვითარების და ეროვნული მენტალიტეტის ამაღლების ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორია. ამიტომაც საუნივერსიტეტო განათლების სფეროში სწავლების ტრადიციულ, კლასიკურ მეთოდებთან ერთად მნიშვნელოვნად მატულობს დისტანციურ და ინტერდისციპლინურ მეცადინეობათა წილი და როლი უწყვეტი განათლების ფორმატში. ინფორმატიკის დიდაქტიკა ქმნის მდგრად სამეცნიერო-მეთოდურ ბაზას საინფორმაციო საზოგადოების შემდგომი განვითარებისა და ფორმირებისათვის.

ლიტერატურა - References:

1. სურგულაძე გ. ინფორმატიკის ინოვაციური დიდაქტიკა: 100 წიგნი - 100 წლის იუბილესთვის (ისტორია და რეალობა). სტუ-ის 100 და იმს ფაკ-ის 65 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფ. „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები 2022“. შრ.კრებული. სტუ. თბ., გვ. 11-16
2. სურგულაძე გ. სტუ-ის UNESCO-ს კათედრის ისტორიული როლი ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესში. სტუ, შრ.კრ. „მას“, N 1(35). თბ., 2023. გვ.5-10. DOI.org/10.36073/1512-3979
3. სურგულაძე გ., თოფურია ნ., ამილახვარი ნ. ინფორმაციული საზოგადოება და ინფორმატიკის დიდაქტიკა. IX საერთაშ. კონფ. „ინტერნეტი და საზოგადოება“. 90 წლის იუბილ. INSO-2023. ქუთაისის აკ.წერეთლის სახ. სახელმწიფო უნივ. 2023. გვ. 5-9
4. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები - ISITE“. სტუ, თბ., 2018, 2021.
5. World Summit on the Information Society Forum 2024. Internet resource: <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2024/en>
6. WSIS+20 Forum High-Level Event 2024. Outcome Document. https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2024/Files/outcomes/draft/WSIS20ForumHighLevelEvent-OutcomeDocument_DRAFT.pdf
7. სტუ-ის საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში“. 2022-2024 წწ. სტუ, თბ.
8. 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. https://gtu.ge/book/Surgu_InfoSociety-21%20new.pdf
9. სურგულაძე გ., პაპავაძე ს., მაჩალაძე ი. ინფორმაციული საზოგადოება და ინფორმატიკის დიდაქტიკა. ISBN 978-9941-8-5443-9. მონოგრ., სტუ. „IT-Consulting სამეცნიერო ცენტრი“, თბილისი, 2023, 260გვ.
10. სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ., ბიტარაშვილი მ., ხატიაშვილი ხ. პროგრამული სისტემების ავტომატიზებული დაპროექტების და ტესტირების ტექნოლოგიები (CASE, UML, Agile). ISBN 978-9941-8-6334-9, მონოგრაფია. სტუ-ს „IT-კონსალტინგ სამეცნიერო ცენტრი“. თბ., 2024, - 303 გვ.
11. სურგულაძე გ., ჟვანია თ., კვიციანი ნ., ქობულაშვილი ს. Web-აპლიკაციის აგების ტექნოლოგია მიკროსერვისული არქიტექტურით. ISBN 978-9941-8-6333-2, მონოგრაფია. სტუ-ს „IT-კონსალტინგ სამეცნიერო ცენტრი“. თბ., 2022, - 302 გვ.

12. ბოტჰე კ.(გერმანია), სურგულაძე გია, დოლიძე თ., შონია ო., სურგულაძე გიორგი. თანამედროვე პროგრამული პლატფორმები და ენები (WindowsNT, Unix, Linux, C++, Java, XML). ISBN 99940-14-11-0. სტუ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2003. - 250 გვ.

13. სურგულაძე გ. კომპიუტერული პროგრამირების მეთოდები და მეთოდოლოგიები (SP, OOP, VP, Agile, UML). ISBN 978-9941-1900-1. სტუ. „IT-კონსალტინგ ცენტრი“. თბ., 2019. -200 გვ

14. ლომინაძე თ., ხვედელიძე თ. IT სერვისების მართვის ფრეიმვორკის და პლატფორმების გამოყენების უპირატესობა თანამედროვე ბიზნეს-გარემოში, სტუ-ს შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, N2 (29), 2019. გვ. 110-116. DOI.org/10.36073/1512-3979

15. Lominadze T., Topuria N. Database Realization for the Corporation Web-Portal // „Information and Computer Technology, Modeling and Control“, Publishing House Novapublishers, USA, ISBN: 978-1-53612-075-2, 2017

16. სურგულაძე გ., ურუშაძე ბ. საინფორმაციო სისტემების მენეჯმენტის საერთაშორისო გამოცდილება (BSI, ITIL, COBIT). ISBN 978-9941-20-458-6. სტუ. „ტექნიკ.უნივ.“, თბ., 2014, -345 გვ.

17. Verona J. Practical DevOps. ISBN 978-1-78588-287-6. Packt Publishing Ltd. Open source. Birmingham. UK. 2016. <https://github.com/sethram-r/Free-DevOps-Books-1/blob/master/book/Practical%20DevOps.pdf>

THE ROLE OF DIDACTICS OF INFORMATICS IN THE PROCESSES OF INFORMATION SOCIETY FORMATION AND UNIVERSITY EDUCATION

Tamar Lominadze, Lili Petriashvili, Gia Surguladze

Georgian Technical University

t.lominadze@gtu.ge; l.petriashvili@gtu.ge; g.surguladze@gtu.ge

Abstract

Theoretical, practical and applied aspects of didactics of informatics in the process of formation of information society are discussed. Various types of information systems and their programming methods and methodologies, modern tools for automated designing and programming of applied software systems (CASE-technologies), with object- and process-oriented approaches and service-oriented architecture are presented. A hybrid technology for building user interfaces and tools for automated design and software implementation of conceptual database schemas using Object-Role Modeling have been developed. The methodology of compromise use of creation of software applications based on the unified modeling language (UML) and Agile development is considered in detail. The original solutions of the paper are implemented programmatically on examples of different problem areas. The stages of software systems life cycle analysis, design, software development and testing are especially highlighted.

Keywords: Information society. Didactics of informatics. University education. Design automation. Automation of programming. CASE-technology. UML-methodology. Agile- development and testing.

Evaluating the Usability of Gaze-Gesture Interaction for Object Manipulation on the Web

Serhii Zelinskyi, Yuriy Boyko, Ibraim Didmanidze

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

serhii.zelinskyi@knu.ua, yuriyboyko@knu.ua, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge

Abstract

This study evaluates the usability of a novel gaze-gesture interaction method for manipulating objects on web interfaces. The system allows users to select objects using their gaze and manipulate them with hand gestures, offering an alternative to traditional mouse input. A user study assessed the developed system's usability, intuitiveness, and overall user experience. User feedback highlighted the system's natural feel and ease of learning, alongside challenges with hand positioning and gaze accuracy. The results suggest that gaze-gesture interaction provides an accessible, gesture-driven, remote interaction solution for web interfaces, with potential applications in scenarios where traditional input devices are impractical, such as industrial settings, healthcare environments, or outdoor environments. The system operates using standard computer hardware, which significantly increases its accessibility and makes it more feasible for a wide range of users. Future work will focus on improving gaze tracking accuracy, gesture recognition stability, and conducting a more comprehensive evaluation with a broader user base to further optimize system performance and usability.

Keywords: gaze-gesture interaction, human-computer interaction, usability evaluation, accessible technology, web interfaces.

1. Introduction

Pointing to graphical elements is one of the fundamental tasks in human-computer interaction (HCI) [1]. Compared to the traditional mouse, gaze tracking stands out because it allows users to quickly focus on objects just by looking at them [2]. When combined with hand gestures, users can rotate, scale, and move objects in a more natural way, similar to how they would in the physical world [3].

This combination of gaze and hand gestures has been widely used in virtual reality (VR) environments to make interactions more natural and immersive. For example, [4] found that gaze can be used to select objects, and hand gestures help users manipulate them, creating smooth and intuitive interactions. Similarly, [5] showed that using both gaze and gestures together is more effective than using either one alone in VR. Another study [6] introduced a method called gaze-grasp pose interaction in 3D spaces, which made it easier to manipulate objects.

Despite the progress in virtual reality, the need for specialized hardware remains a barrier to broader adoption of gaze-gesture interaction on the web. While recent advances in computer vision and web technologies have enabled the use of standard webcams for gaze and gesture interaction, further research is needed to fully understand the usability and effectiveness of these systems in web environments.

This study aims to address this gap by evaluating a web-based gaze-gesture interaction system that leverages standard computer hardware, making the technology more accessible to users. We focus on how this gesture-driven, remote interaction method can improve web accessibility and provide an intuitive way to interact with on-screen objects.

2. Implementation Overview

The system integrates two core components:

1) **Gaze-Based Object Selection.** Using WebGazer.js [7], the system tracks the user's gaze to select objects on the web interface. This lightweight solution requires only a standard webcam, making it easily accessible to users across different platforms.

2) **Gesture-Based Object Manipulation.** MediaPipe Hand Landmarker [8] is used to detect hand landmarks, while a separate module interprets gestures and applies them to the selected object.

3) The system supports the following gestures:

- 4) **One-handed pinch** gesture to move objects.
- 5) **Two-handed pinch gesture** for rotating and scaling objects.

This combination enables users to perform complex object manipulation tasks without relying on traditional physical devices like a mouse or keyboard, providing a more intuitive and natural interaction experience.

The user interface of the developed system is illustrated in Figure 1. The following key elements are numerically highlighted:

- 1) **Video feed.** Displays a live video feed with overlaid hand landmarks, including indicators for pinch gesture start points and lines tracking the movement from the start to the current position of each pinch gesture.
- 2) **Interaction stage.** The designated area containing objects with which the user can interact.
- 3) **Active object.** The object currently being manipulated by the user.

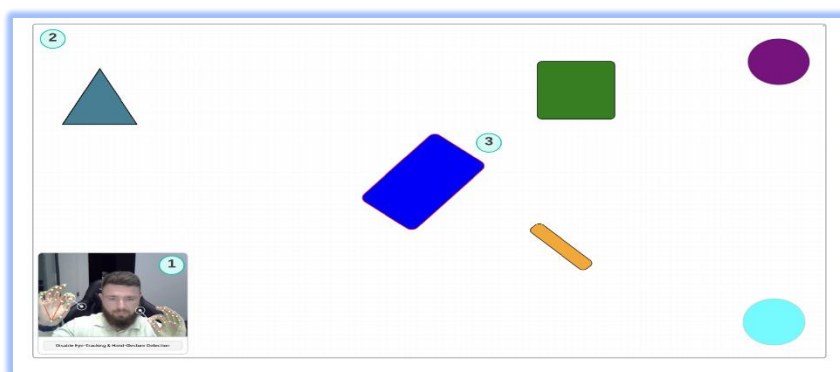


Figure 1. Screenshot of the developed system interface — manipulating the selected object

The interaction process initiates with the user gazing at an object, which is highlighted when the gaze point aligns within its boundaries, indicating readiness for selection. Upon detection of a pinch gesture, the system captures the object currently under the user's gaze, enabling manipulation actions such as dragging, scaling, or rotating. When pinch gestures are no longer detected, the system releases the selected object, ending the interaction.

1. Methodology

To evaluate the usability of the system, a study was conducted with five participants aged between 18 and 35 years. Participants were asked to complete a series of tasks involving the selection and manipulation of geometric shapes using the developed system's user interface. Each participant performed the tasks using the gaze-gesture interaction method.

Participants were asked to provide feedback on the following aspects of their experience:

- **Usability.** How easy or difficult it was to select and manipulate objects;
- **Intuitiveness.** How natural the interaction method felt compared to traditional input methods;
- **Gesture Responsiveness and Gaze Accuracy.** The responsiveness of hand gestures in manipulating objects and the accuracy of the gaze tracking when selecting objects.

No detailed time measurements or task completion rates were recorded for this study. Instead, the focus was on gathering subjective user feedback on the overall interaction experience.

2. Results and Discussion

The participants provided generally positive feedback regarding the system's usability and intuitiveness. However, several observations and challenges were noted during the user study:

- 1) **Gaze Tracking Accuracy.** Some participants experienced inaccuracies with gaze tracking, where the gaze point didn't always align with their actual gaze. This misalignment occasionally made it difficult for users to select objects precisely. These inaccuracies are likely related to the calibration process, and improved calibration techniques could enhance the accuracy of gaze tracking;

2) **Hand Positioning and Camera View.** Users mentioned that they had to get used to the system in terms of keeping their hands within the camera's view while performing gestures. For example, when moving objects across the screen, if users initiated the pinch gesture too far from the screen edges, their hands would eventually move outside the camera's view, causing the system to lose track of the gesture and pause the movement. This issue highlights the need for visual feedback to guide users in maintaining their hand positioning within the camera's field of view during interaction;

3) **Object Stability During Gestures.** Participants noticed that objects would slightly shake when gestures were applied, affecting the precision of the manipulation. This shaking effect could be mitigated by incorporating filters into the gesture recognition module to smooth out the inputs and improve stability.

While the system demonstrated the potential to provide an intuitive gesture-driven, remote interaction solution, the user study revealed several areas for refinement. Enhancing the gaze tracking accuracy through better calibration, providing feedback to users about hand positioning, and incorporating stabilization filters into the gesture recognition module would improve the overall experience and effectiveness of the system.

3. Conclusion

This study demonstrates that gaze-gesture interaction provides a viable alternative to mouse-based input for web interfaces. The system's usability and intuitiveness were well-received by participants, particularly regarding the natural feel of gesture-based object manipulation. However, the study revealed challenges with gaze tracking accuracy and the need for users to maintain hand positioning within the camera's view for consistent gesture recognition. Participants also noted slight object instability during gestures, which could be improved by adding filters to the recognition system. Despite these challenges, the system shows significant potential for improving accessibility and enhancing user experiences on the web. Future work will focus on refining these aspects and conducting a more comprehensive evaluation with a broader user base.

References:

1. F. Argelaguet and C. Andujar, 'A survey of 3D object selection techniques for virtual environments', *Comput. Graph.*, vol. 37, no. 3, pp. 121–136, May 2013, doi: 10.1016/j.cag.2012.12.003.
2. C. Ware and H. H. Mikaelian, 'An evaluation of an eye tracker as a device for computer input2', in *Proceedings of the SIGCHI/GI Conference on Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface*, Toronto Ontario Canada: ACM, May 1986, pp. 183–188. doi: 10.1145/29933.275627.
3. D. Slambekova, R. Bailey, and J. Geigel, 'Gaze and gesture based object manipulation in virtual worlds', in *Proceedings of the 18th ACM symposium on Virtual reality software and technology*, Toronto Ontario Canada: ACM, Dec. 2012, pp. 203–204. doi: 10.1145/2407336.2407380.
4. K. Pfeuffer, B. Mayer, D. Mardanbegi, and H. Gellersen, 'Gaze + pinch interaction in virtual reality', in *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction*, Brighton United Kingdom: ACM, Oct. 2017, pp. 99–108. doi: 10.1145/3131277.3132180.
5. I. Chatterjee, R. Xiao, and C. Harrison, 'Gaze+Gesture: Expressive, Precise and Targeted Free-Space Interactions', in *Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction*, Seattle Washington USA: ACM, Nov. 2015, pp. 131–138. doi: 10.1145/2818346.2820752.
6. K. Ryu, J.-J. Lee, and J.-M. Park, 'GG Interaction: a gaze-grasp pose interaction for 3D virtual object selection', *J. Multimodal User Interfaces*, vol. 13, no. 4, pp. 383–393, Dec. 2019, doi: 10.1007/s12193-019-00305-y.
7. A. Papoutsaki, P. Sangkloy, J. Laskey, N. Daskalova, J. Huang, and J. Hays, 'WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions', presented at the International Joint Conference on Artificial Intelligence, Jul. 2016. Accessed: Oct. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/WebGazer%3A-Scalable-Webcam-Eye-Tracking-Using-User-Papoutsaki-Sangkloy/73fc8e9b1faf45855ccee197f094ca3c05afe1c>
8. MediaPipe Hand Landmarker. Google AI for Developers. Accessed: Oct. 10, 2024. [Online]. Available: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker.

Structuring an AI and IoT Curriculum for Preparing IT Business Leaders Aligned with Modern Industry Demands

Vasyl Martsenyuk¹, Georgi Dimitrov², Mauro Figueiredo³

1-University of Bielsko-Biala (Poland),

2-University of Library Studies and Information Technologies (Bulgaria),

3-University of Algarve (Portugal)

vmartsenyuk@ubb.edu.pl, g.dimitrov@unibit.bg, mfiguei@ualg.pt

Abstract

The Erasmus+ project "The transferable training model - the best choice for training IT business leaders" (2023-2-PL01-KA220-HED-000179445) (TransLeader) addresses the urgent need for a transferable and EU-compatible training model that prepares IT business leaders, particularly focusing on Ukraine, in alignment with European standards. The project combines technical knowledge in areas such as Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) with leadership competencies to meet the demands of modern industries. This paper outlines the structure of an AI and IoT curriculum aimed at developing both technical and leadership skills essential for future IT leaders. This paper was prepared and published within the framework of activity A3.7, "Activities aimed at sharing project's results."

Keywords: AI, IoT, IT business leaders, TransLeader, industry-aligned curriculum

1. Introduction

The rapid advancement of digital technologies, particularly Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT), has brought about significant changes in global industries. These technologies drive automation, data-driven decision-making, and interconnected systems, which are now critical to business success. As a result, there is an urgent demand for IT business leaders who not only understand these cutting-edge technologies but also possess the leadership skills needed to guide organizations through the challenges of the digital era.

This paper focuses on developing a curriculum that integrates technical proficiency in AI and IoT with leadership training, ensuring that students are prepared to lead IT businesses effectively. The curriculum is part of the Erasmus+ project "The transferable training model - the best choice for training IT business leaders" (TransLeader), which aims to create a transferable training model that is compatible with both European Union (EU) and Ukrainian educational standards. One of the project's key priorities is supporting the development of IT business leaders in Ukraine by integrating their preparation with EU standards.

2. The TransLeader Project: Fostering Future IT Business Leaders in Europe and Ukraine

The TransLeader project (2023-2-PL01-KA220-HED-000179445) (Fig. 1) [1], funded by the Erasmus+ program, is a collaborative initiative aimed at developing a comprehensive training model that prepares IT business leaders for the evolving demands of the global digital economy. A central objective of the project is ensuring that this model is transferable and compatible with educational systems across the EU and Ukraine, thus fostering greater alignment between Ukraine's IT sector and European standards.

The TransLeader consortium [1] comprises five partners from various countries, each bringing valuable expertise and resources to the project:

University of Bielsko-Biala (Poland) – the project coordinator, overseeing the development of the curriculum and training model.



Fig. 1. TransLeader logo

University of Library Studies and Information Technologies (Bulgaria) – contributing research and academic expertise in IT and leadership.

University of the Algarve (Portugal) – focusing on integrating AI and IoT technologies into the curriculum.

Taras Shevchenko National University of Kyiv (Ukraine) – a key partner ensuring that the training model meets the specific needs of Ukrainian IT professionals while aligning with EU standards.

Rekord SI (Poland) – an industry partner providing insights into the practical application of the curriculum in the IT business environment.

The inclusion of Taras Shevchenko National University of Kyiv as a partner reflects the project's priority of supporting Ukraine's IT sector and preparing future business leaders who can operate within both national and EU frameworks. This cross-border approach not only fosters collaboration between educational institutions but also ensures that students from Ukraine are equipped with the skills and competencies necessary to compete in the European and global IT markets.

This paper, prepared and published as part of activity A3.7 – "Activities aimed at sharing project's results" – serves as a key dissemination tool for the TransLeader project, presenting the core elements of the AI and IoT curriculum that will help shape the next generation of IT business leaders.

3. Methodology

The development of the TransLeader curriculum involves a multi-step process that brings together insights from academic institutions, industry experts, and government stakeholders. The curriculum is designed to be both transferable and flexible, ensuring that it meets the needs of different educational systems while preparing students for the demands of the modern IT industry.

The project uses a collaborative and inclusive approach in its methodology, gathering input from students, IT professionals, educators, and business leaders [2]. This ensures that the curriculum addresses the real-world challenges faced by IT professionals while maintaining the necessary academic rigor. The partnership with Taras Shevchenko National University of Kyiv allows for specific attention to Ukraine's IT sector, tailoring the curriculum to ensure that graduates are prepared to meet EU standards and excel in both national and international markets.

A central focus of the curriculum development process is balancing technical training in AI and IoT with leadership development. The curriculum is structured around core areas such as data management, software development, AI technologies, and IoT systems, while also fostering essential leadership skills such as strategic thinking, communication, and team management.

The TransLeader consortium [1] plays a vital role in aligning the curriculum with industry needs, ensuring that students gain hands-on experience through internships, workshops, and industry-led projects. This connection between academia and industry ensures that students not only acquire technical knowledge but also understand how to apply these skills in practical, real-world settings.

4. Main Body

AI and IoT: Technical Foundations for IT Business Leaders. The TransLeader curriculum emphasizes Artificial Intelligence (AI) [2] and the Internet of Things (IoT) as central technical domains [3, 4]. These technologies are revolutionizing industries by automating processes, improving efficiency, and enabling data-driven decision-making. IT leaders must have a deep understanding of these technologies to drive innovation and remain competitive.

In the AI module [3], students are trained in machine learning, neural networks, and data analysis techniques that enable them to develop intelligent systems capable of solving complex problems. The curriculum goes beyond the technical aspects by addressing the ethical implications of AI, such as the challenges of data privacy, bias, and the societal impact of automation.

The IoT module covers the design, implementation, and management of interconnected systems that communicate across devices in real-time. As industries like manufacturing, healthcare, and logistics adopt IoT technologies, future IT leaders must be adept at managing the security, data flow, and performance of these

systems. The curriculum equips students with skills to develop, deploy, and monitor IoT networks, ensuring they can lead businesses in leveraging these technologies for operational excellence.

The curriculum's hands-on approach ensures that students gain practical experience in AI and IoT through real-world projects, collaborative research, and industry internships. This enables them to translate theoretical knowledge into actionable insights that can drive business success.

Leadership and Organizational Management: Equipping Future Leaders. In addition to technical expertise, the TransLeader curriculum places a strong emphasis on leadership and organizational management. Modern IT leaders are not only expected to be proficient in technology but also to inspire and lead multidisciplinary teams, manage change, and drive innovation.

Students are trained in decision-making, strategic planning, and conflict resolution, skills that are critical for managing complex IT projects and leading digital transformation initiatives. The curriculum integrates leadership workshops, mentoring programs, and group projects where students can apply these skills in simulated business environments.

The project also focuses on fostering ethical leadership, ensuring that future IT business leaders are aware of their responsibilities toward society, the environment, and their teams. Students learn to balance business objectives with ethical considerations, such as data protection and sustainability, which are increasingly important in today's digital economy.

Bridging EU and Ukrainian Educational Standards. One of the TransLeader project's top priorities is ensuring that the curriculum meets both EU and Ukrainian educational standards, creating a training model that is transferable across borders. By aligning the preparation of IT business leaders in Ukraine with EU practices, the project fosters greater collaboration and mobility for IT professionals.

The collaboration with Taras Shevchenko National University of Kyiv ensures that the specific needs of the Ukrainian IT sector are addressed while also providing students with the competencies necessary to thrive in the EU market. The TransLeader model helps Ukrainian IT professionals integrate into the EU economy, making them competitive in a globalized digital market.

This alignment also ensures that the project contributes to the harmonization of educational standards between Ukraine and the EU, facilitating greater exchange of knowledge, skills, and expertise across borders.

5. Competence Requirements for IT Business Leaders

In an era where digital transformation drives business operations, the role of IT business leaders has evolved to require a diverse set of technical and leadership competencies. IT business leaders must possess both hard (technical) skills and soft (interpersonal) skills, along with professional dispositions that support effective leadership in the fast-paced, technology-driven business world [3].

The curriculum designed within the TransLeader project focuses on developing these skills holistically, ensuring that future IT leaders are equipped to navigate both technical challenges and management responsibilities. This section outlines the key competencies, hard and soft skills, and professional dispositions essential for IT business leaders (Figure 2).

1. Technical Competencies (Hard Skills). IT business leaders need strong technical foundations to understand, manage, and lead complex IT projects. These competencies involve deep expertise in areas such as Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), and other emerging technologies that are reshaping the business landscape. The technical competencies covered by the TransLeader curriculum include:

- AI and Machine Learning: IT leaders must be proficient in machine learning algorithms, neural networks, and supervised learning techniques. Leaders are expected to create, test, and evaluate AI systems and ensure ethical AI practices, particularly concerning data bias and privacy.

- Data Management: Understanding how to design, organize, and manage large datasets is crucial. IT leaders need to develop robust data storage models, secure databases, and ensure compliance with data regulations.

- Software Development and Engineering: IT business leaders must possess knowledge of software design principles, development processes, and testing protocols. Competencies include creating scalable and secure systems, overseeing software architecture, and ensuring that development teams adhere to best practices.



Fig. 2. Competence Requirements for IT Business Leaders

- IoT Systems: Leaders should be able to design, implement, and manage IoT systems. This includes evaluating the latency, throughput, and security of interconnected devices, as well as ensuring data integrity and system efficiency.

- Network and Security Management: A key competency involves designing secure network infrastructures, identifying potential security hazards, and applying optimization techniques to safeguard against cyber threats.

- Systems Analysis and Performance Optimization: IT leaders are expected to diagnose system performance issues, identify bottlenecks in CPU, memory, and networking, and implement parallelism strategies to improve performance.

These technical skills form the backbone of an IT business leader's ability to oversee the design, implementation, and management of cutting-edge technologies.

2. Leadership and Organizational Competencies (Soft Skills). While technical proficiency is essential, IT business leaders must also demonstrate a range of soft skills that allow them to lead teams effectively, manage change, and solve complex organizational problems. These include:

- Problem-Solving and Decision Making: IT leaders are frequently required to make critical decisions in high-pressure environments. Problem-solving competencies include the ability to evaluate multiple solutions, assess risks, and implement decisions that align with business goals.

- Change Management: In a constantly evolving technological landscape, IT leaders must manage change effectively, guiding teams through transitions such as technology upgrades or organizational restructuring.

- Visionary Leadership: A key responsibility of IT business leaders is to shape and communicate a compelling vision for the future. They must inspire and motivate teams by aligning technological initiatives with the broader organizational strategy.

- Conflict Management: IT leaders often manage diverse teams and are responsible for resolving conflicts that arise within technical and cross-functional teams. Strong interpersonal skills are needed to navigate differences and build consensus.

- Innovation and Creativity: To remain competitive, IT business leaders must foster a culture of innovation, encouraging teams to explore new ideas and approaches. They are responsible for leading the development of novel solutions that address complex business challenges.

- Enterprise Management: Leaders need an understanding of enterprise-level decision-making processes, including resource allocation, project management, and strategic planning, ensuring that IT initiatives support the overall objectives of the organization.

These soft skills are essential for fostering collaboration, driving innovation, and ensuring that technological initiatives are successfully integrated into business operations.

3. Professional Dispositions for IT Business Leaders. In addition to technical competencies and leadership skills, IT business leaders must exhibit key professional dispositions that enable them to lead ethically, responsibly, and with a long-term vision. These dispositions reflect the attitudes and behaviors necessary for sustainable leadership:

- Ethical Responsibility: IT leaders must demonstrate a commitment to ethical behavior, especially in managing data privacy, cybersecurity, and the social implications of technological innovations. Awareness of societal impacts is critical as IT leaders influence both internal and external stakeholders.

- Critical Self-Reflection: Successful leaders engage in continuous self-reflection, assessing their own biases, privileges, and leadership approaches. This enables them to adapt their leadership style and make informed decisions that benefit both the organization and their teams.

- Responsiveness and Proactiveness: IT leaders need to be responsive to technological changes, market shifts, and emerging industry trends. Being proactive in identifying new trends and adapting quickly to changes ensures that the organization remains competitive.

- Cultural Competence and Inclusiveness: In today's globalized world, IT leaders must be capable of working with diverse teams and managing cultural differences. Inclusiveness and cultural competence are critical for creating a collaborative work environment.

- Perseverance and Resilience: IT business leaders often face complex technical challenges and project obstacles. Perseverance is necessary to drive initiatives forward, even in the face of adversity.

- Accountability: A hallmark of leadership is taking responsibility for the success or failure of IT projects. Accountability includes ensuring that project milestones are met, team members are held to high standards, and outcomes are communicated transparently to stakeholders.

These professional dispositions foster trust, build a positive organizational culture, and ensure that IT leaders act as role models within their organizations.

4. Self-Management Competencies. Beyond managing others, effective IT business leaders must possess self-management competencies that allow them to operate effectively in high-pressure environments and continually improve their skill set. These include:

- Self-Directed Learning: IT leaders are expected to stay current with evolving technologies and industry trends. Being self-motivated to learn new programming languages, platforms, and tools is essential for maintaining relevance in a rapidly changing field.

- Technical Adaptability: The ability to quickly adapt to new tools, technologies, and methodologies is a critical competency. IT leaders should be comfortable experimenting with new technologies and integrating them into their work environments.

- Flexibility: Leaders must be flexible, able to shift strategies and adapt plans as circumstances change. This flexibility extends to managing both technical projects and team dynamics in fluid environments.

- Courage and Decision-Making Under Uncertainty: IT business leaders are often called upon to make decisions with incomplete information. Courage in decision-making and a willingness to take calculated risks are key competencies for navigating the uncertainties of the IT landscape.

- Organizational Citizenship Behavior (OCB): IT leaders should demonstrate a commitment to the overall well-being of their organization, contributing to its success beyond their immediate responsibilities. This may include mentoring junior staff, fostering team morale, and promoting a positive organizational culture.

6. Conclusion

The TransLeader project (2023-2-PL01-KA220-HED-000179445) provides an innovative curriculum structure that prepares IT business leaders to excel in industries shaped by AI and IoT technologies. By integrating technical expertise with leadership and organizational management skills, the curriculum ensures that students are well-equipped to take on leadership roles in a global IT market.

The project's commitment to aligning Ukrainian and EU educational standards fosters greater mobility and competitiveness for IT professionals in both regions. This paper, prepared as part of activity A3.7, shares the key outcomes of the TransLeader project and contributes to the broader discussion on how to prepare the next generation of IT business leaders in a rapidly evolving digital landscape.

The TransLeader project, in developing a comprehensive curriculum for IT business leaders, integrates a range of technical skills, leadership competencies, and professional dispositions necessary for guiding businesses in today's technology-driven economy [3]. The blend of AI and IoT expertise with leadership development ensures that future IT business leaders are well-prepared to take on the challenges of modern industry, particularly in aligning Ukrainian IT education with EU standards. This holistic approach to training creates IT leaders who are not only technically adept but also ethically responsible and capable of driving innovation across borders.

Disclaimer

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the National Agency (NA). Neither the European Union nor NA can be held responsible for them.



References:

1. Erasmus+ Project "The transferable training model - the best choice for training IT business leaders" (2023-2-PL01-KA220-HED-000179445) (TransLeader). Retrieved from <https://tl.ubb.edu.pl>
2. Martsenyuk V., Dimitrov G., Rancic D., Luptakova I.D., Jovancevic I., Bernas M., Klos-Witkowska A., Gancarczyk T., Kostadinova I., Mihaylova E. et al. Designing a Competency-Focused Course on Applied AI Based on Advanced System Research on Business Requirements. *Appl. Sci.* 2024, 14, 4107. <https://doi.org/10.3390/app14104107>
3. Kumar A.N., Raj R.K., Aly S.G., Anderson M.D., Becker B.A., Blumenthal R.L., Eaton E., Epstein S.L., Goldweber M., Jalote P., Lea D., Oudshoorn M., Pias M., Reiser S., Servin C., Simha R., Winters T., Xiang Q. *Computer Science Curricula 2023; 2024*. <https://doi.org/10.1145/3664191>.
4. Celebrating 40++ years of service to computing education communities. [n.d.]. ACM CCECC. <https://ccecc.acm.org/correlations/all>. Accessed October 2024.

მდგრადი ციფრული ეკოსისტემების შექმნა: ტექნოლოგიური ინოვაციების როლი

ლელა პაპავა, სოფიკო გოგოლაძე, ეკატერინე პაპავა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
papavalela08@gtu.ge, gogoladzesopiko08@gtu.ge, papava.e@gtu.ge

რეზიუმე

დღევანდელი ციფრული ეკოსისტემები, რომლებიც მისი ერთ ერთი განმარტების მიხედვით წარმოადგენს: პარტნიორების, ტექნოლოგიური რესურსების, მონაცემებისა და მომხმარებლების ქსელს, ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასაწყისში გამოჩნდნენ. დღევანდელი მოწინავე და მომგებიანი ეკოსისტემების ჩამოყალიბება, მნიშვნელოვნად განაპირობა თანამედროვე კომპანიების მკვეთრმა ტექნოლოგიურმა განვითარებამ. აღნიშნულმა პროცესმა, ასევე განაპირობა ტრადიციული კომპანიებისთვის კონკურენციის გაწევის უპრეცედენტო ზრდა. კომპანიები, რომლებიც ქმნიან და იყენებენ თანამედროვე ციფრულ ეკოსისტემებს, სრულად არიან ორიენტირებულნი მომხმარებლებზე და მაქსიმალურად ითვალისწინებენ მათ მოთხოვნებს, ქმნიან რა მოხერხებულ ინტერფეისებსა და საკონტროლო ელემენტებს, ისეთებს როგორებიცაა ძებნა, რეკლამა და შეტყობინებები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ციფრული ეკოსისტემების დახვეწისა და გაძლიერების პროცესში, მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს მომხმარებლების მხრიდან უკუკავშირის პროცესის უზრუნველყოფას, რაც შეუცვლელ როლს თამაშობს კომპანიის სამომავლო გეგმების და არსებული პროდუქტების გაუმჯობესების საქმეში.

მაღალი საბაზრო კაპიტალის მქონე კომპანიები ის ტექნიკური კომპანიებია, რომელთა შემოსავლების უზრუნველყოფაც განპირობებულია ამავე კომპანიების მიერ შექმნილი ციფრული ეკოსისტემების დანერგვითა და გამოყენებით. თუმცა ციფრულ ეკოსისტემებს მხოლოდ მსხვილი კომპანიები არ ქმნიან შემდგომი მაქსიმალური მოგების მისაღებად. არსებობს მთელი რიგი ეკოსისტემებისა, რომლებიც საშუალებას აძლევენ ჩვეულებრივ ადამიანებს გამოიყენონ თითქმის ყველა თანამედროვე შესაძლებლობა როგორც თავიანთ ყოველდღიურ რუტინაში, ასევე განათლების მიღებისა და მისი განმტკიცების პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: ციფრული ეკოსისტემები, ტექნოლოგიური ინოვაციები, AWS (Amazon Web Services) ღრუბლოვანი სერვისების პლატფორმა, API (Application Programming Interface) დანართი პროგრამირების ინტერფეისი, დიდი მონაცემები (Big Data).

1. შესავალი

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ციფრული ეკოსისტემა არის პარტნიორების, ტექნოლოგიური რესურსების, მონაცემებისა და მომხმარებლების ქსელი. იგი წარმოადგენს დინამიურ და მზარდი ურთიერთობების ნაკრებს სხვადასხვა კომპანიებს შორის. ციფრული ეკოსისტემები დამყარებულია იმ ურთიერთსასარგებლო ურთიერთობებზე, სადაც პარტნიორები ერთად მუშაობენ იმ საბოლოო პროდუქტის მისაღებად, რომელიც აკმაყოფილებს თითოეულ პარტნიორს და წარმოადგენს მათი მუშაობის საბოლოო მიზანს. აღნიშნული სტრატეგია კი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ფუნდამენტალური, გამოცდილი და სწორი ციფრული ბიზნეს სტრატეგია. ციფრული ეკოსისტემები, რომლებიც იყენებენ აღნიშნულ სტრატეგიას, მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ტრადიციული ბიზნეს-ეკოსისტემებისგან, ვინაიდან მსგავსი ტიპის ეკოსისტემები, განსხვავებით მათი წინამორბედებისგან, ერთმანეთთან საურთიერთოდ იყენებენ: ფიზიკური დონეების უპირატესობებს (მოწყობილობებს), ინფორმაციულ დონეებს (მონაცემებს), აპლიკაციების დონეებს (აპლიკაციებს).[1]

2. ძირითადი ნაწილი

ციფრული ტრანსფორმაცია ნებისმიერი თანამედროვე ორგანიზაციისთვის, ფიზიკური პირისთვის და განსაკუთრებით ბიზნესისთვის ისეთივე აუცილებელია, როგორც სუნთქვა ნებისმიერი სულიერისთვის, ვინაიდან თუ კომპანიის შიდა ოპერაციები და ხელსაწყოები და მიმდინარე პროცესები არაეფექტურია, შეიძლება იგი არა სინტერესო გახდეს სამომავლო პარტნიორებისთვის. რაც თავის მხრივ გამოიწვევს კონკურენციის ზრდას და შესაბამისად ვერ განვითარდება კომპანიის სამომავლო სტრატეგია. ციფრული ეკოსისტემის გამოყენება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია როგორც ყველა თანამედროვე ორგანიზაციისთვის, ასევე ნებისმიერ ფიზიკურ პირისთვის თავის ყოველდღიურობაში ისე, რომ შესაძლოა ბოლომდე ვერც ხდებოდეს ამის გაცნობიერება. არსებობს მთელი რიგი წარმატებული კომპანიებისა, რომლებმაც შექმნეს წარმატებული ციფრული ეკოსისტემების რეალური მაგალითების ფართო სპექტრი. კომერციული საქმიანობის ზრდის უზრუნველსაყოფად და მომხმარებელთა მზარდი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, მსოფლიოს მრავალი ორგანიზაცია აქტიურად ნერგავს ციფრულ ეკოსისტემებს საქმიანობის ყველა სფეროში. ყველაზე ნათელი მაგალითები მიუთითებენ Meta (აღრე Facebook) - ზე და მათ საპლატფორმო ინფრასტრუქტურაზე, ისეთებზე როგორებიცაა Facebook, Instagram და Whatsapp, ან Amazon და Amazon Web Services. მაგ: Amazon.com, Inc.- მ საქმიანობა დაიწყო როგორც ონლაინ წიგნის გამყიდველმა პლატფორმამ, მცირე რაოდების გამომწერებით, ხოლო დღეისათვის აქვს მეტად განვითარებული შიდა ციფრული ეკოსისტემა, რომელიც მხოლოდ ყიდვა გაყიდვას არ ემსახურება, არამედ მისი პროდუქტების ჩამონათვალი მოიცავს:

AWS (Amazon Web Services) ღრუბლოვანი სერვისების პლატფორმას, რომელიც გლობალური მასშტაბით წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე ფართოდ გამოყენებად და ძლიერი ინფრასტრუქტურის მქონე ღრუბლოვან სერვისს. AWS თავის მომხმარებლებს სთავაზობს მრავალფეროვან სერვისებს, რომლებიც ეხმარებიან მათ მონაცემთა დამუშავებაში, შენახვაში, მონაცემების ანალიზში და სხვადასხვა აპლიკაციების გაშვებაში. ამაზონის ვებ სერვისებია (AWS): Amazon Prime, Amazon Music, Amazon Alexa, Amazon Care, Amazon Echo... და სხვ.

COVID-19- მა კი (რომლის კვალიც კარგა ხანს დაამახსოვრდება და დაეტყობა თანამედროვე მსოფლიოს) ყველას აშკარად დაანახა ციფრული ეკოსისტემის გამოყენების აუცილებლობა და მისი განუზომელი მნიშვნელობა თანამედროვე ყოველდღიურობაში. პანდემიამ ააჩქარა მომხმარებელთა მიგრაცია ყველაფერ ციფრულსკენ. ყველა ასაკის მომხმარებლები ონლაინში იღებენ მრავალი სახის მომსახურებას, ეს იქნება: ნებისმიერი სახის პროდუქციისა თუ მომსახურების შექმნა/გაყიდვა, სხვადასხვა მნიშვნელობის საკითხებზე პასუხების მიღება, ასევე ონლაინ კონსულტაციების მიღება/გაწევა: მათ შორის ჯანმრთელობის საკითხებზე და ა.შ. ზოგიერთმა კომპანიამ იგრძნო, რომ ის მიმართულებები, პლატფორმები თუ მიდგომები, რომლებსაც ისინი წლების განმავლობაში აქტიურად იყენებდნენ - კარგავდა აქტუალურობას. პანდემიამ დააჩქარა და გააფართოვა ტრადიციული კორპორაციების სწრაფვა ციფრული ეკოსისტემების შექმნისა და გამოყენებისაკენ.[6]

წარმატებული, მდგრადი და მაქსიმალურად მომგებიანი ციფრული ეკოსისტემების შექმნა მოიცავს ისეთი ელემენტების კომბინაციას, რომლებიც იყენებენ თანამედროვე ტექნოლოგიების ფართო სპექტრს. ციფრული ეკოსისტემები ეხმარებიან კომპანიებს შეიმუშაონ ახალი, აქტუალური პროდუქტები და მომხმარებლებს შესთავაზონ ისეთი ტიპის მომსახურება რაც მაქსიმალურად დააკმაყოფილებს მათ მზარდ მოთხოვნებს, უკუკავშირის პროცესის საშუალებით კი დახვეწენ მათთან სამომავლო ურთიერთობებს.

სიცოცხლისუნარიანი ციფრული ეკოსისტემის ასაგებად, თავდაპირველად საჭიროა განისაზღვროს მომხმარებელთა მოთხოვნები, შემდეგ კომპანიის შესაძლებლობები და ის

აუცილებელი ინსტრუმენტები, რომლებიც საჭირო იქნება კონკრეტული კომპანიის კონკურენტუნარიანობის უზრუნველსაყოფად.

ციფრული ეკოსისტემა არ წარმოადგენს მხოლოდ რამდენიმე ერთმანეთთან დაკავშირებულ მოწყობილობას ან აპლიკაციას. იგი საშუალებას აძლევს კომპანიებს ერთდროულად გამოიყენონ ურთიერთობის სამი დონე: მოწყობილობების, მონაცემების და აპლიკაციების, რათა მათი მომხმარებლებთან და მომხმარებლებს შორის ურთიერთქმედება მიმდინარეობდეს შეუფერხებლად დროსა და სივრცეში.

თანამედროვე ჰიპერდაკავშირებულ მსოფლიოში, სადაც ციფრული ეკოსისტემები მრავალ სტრატეგიაში თამაშობენ ცენტრალურ და გადაწყვეტ როლს, კომპანიებს შეიძლება მოუხდეთ კონტროლის გარკვეულ ნაწილზე უარის თქმა, რათა შესაძლებლობა ჰქონდეთ ითანამშრომლონ დაინტერესებულ მხარეებთან დეცენტრალიზირებულ ქსელში. მსგავსი ტიპის მიდგომა ხელს შეუწყობს ინოვაციების წახალისებას და კომპანიას განუვითარებს ცვლილებებზე სწრაფად რეაგირების უნარს.

ბიზნეს პროცესებში ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრირება ხელს შეუწყობს კომპანიის ეფექტურობის გაზრდასა და მისი ხარჯების შემცირებას, ასევე დავალებების ავტომატიზაციას, შეცდომების მინიმუმამდე დაყვანას და სამუშაო ნაკადების ოპტიმიზაციას. მაგალითისთვის: კომპანიებმა Apple და Google, შექმნეს მძლავრი ეკოსისტემები, რომლებიც ფუნქციონალურობის და მოხერხებულობის ზრდის ხარჯზე, საშუალებას აძლევენ მომხმარებლებს მარტივად გადაინაცვლონ სერვისებიდან მოწყობილობებამდე და პირიქით. ციფრული ეკოსისტემების მუდმივი განვითარება, ადაპტაცია და მათზე მოთხოვნის ყოველწამიერი ზრდა, ხაზს უსვამს მათ როლს და მნიშვნელობას თანამედროვე ციფრულ გარემოში. ყოველივე ზემო აღნიშნულის მიუხედავად მაინც ისმის კონკრეტული კითხვები: თუ როგორ უნდა იქნას გამოყენებული ციფრული ეკოსისტემები ისე, რომ მათ მოახერხონ მაქსიმალური სარგებელი მოუტანონ როგორც ბიზნესს, ასევე მომხმარებლებს? როგორ უნდა განხორციელდეს და შეიქმნას ისეთი ეკოსისტემები რომლებიც ჟამთა სვლას ხანგრძლივად გაუძლებენ?

3. ტექნიკური ასპექტები ეფექტური ციფრული ეკოსისტემების შესაქმნელად

ციფრული ეკოსისტემა, ერთ ერთი განმარტების მიხედვით - ესაა ტექნოლოგიების ნაკრები, მსგავსი ციფრული მოწყობილობების ქსელისა, რომელთა ერთობლივი მუშაობაც უზრუნველყოფს მაქსიმალურად ამომწურავი ინფორმაციის შეგროვება/დამუშავებას და შემდგომ მათ დანიშნულებისამებრ მიწოდებას. „ციფრული ეკოსისტემა“, როგორც ტერმინი, ტექნოლოგიების კომბინაციების აღსაწერად გამოიყენება, სადაც მონაცემთა ცენტრალიზებული ბაზა კომპანიის ციფრული ეკოსისტემების საფუძველის შექმნას უზრუნველყოფს, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მისი მნიშვნელობის გაზრდას - ციფრული ეკოსისტემების ცენტრალური ნაწილის აგების პროცესში.

მონაცემთა ცენტრალიზებული ბაზა - ესაა მთელი ინფორმაციის ერთიანი საცავი, რომელიც აუცილებელია და სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია კომპანიის ციფრული ეკოსისტემების აგების და მათი შემდგომი გამოყენების პროცესში. ხოლო მათი მართვა, დაცვა და შენახვა როგორც წესი არც ისე რთულია, რადგან მომხმარებელს არ აქვს შესაძლებლობა აკონტროლოს საკუთარი მონაცემები. ღრუბლოვანი მონაცემთა ბაზები, მაგალითად როგორებიცაა: Google Cloud ან Amazon Web Services (AWS), შეიძლება მიჩნეულ იქნას თანამედროვე კომპანიების ციფრული ეკოსისტემების ამომავალ წერტილად.

პროგრამული უზრუნველყოფა, როგორც მომსახურება SAAS (Software as a service SAAS) საშუალებას აძლევს ციფრული აპლიკაციებს, გაცვლილ იქნას ინფორმაცია ღრუბლოვანი ბაზის საშუალებით. კერძოდ, იგი უზრუნველყოფს პროცესს, რომლის დახმარებითაც მომხმარებლები მიუერთდებიან ღრუბლოვან აპლიკაციებს და გამოიყენებენ მას ინტერნეტის დახმარებით. ყველაზე გავრცელებულ მაგალითებად შეიძლება მივიჩნიოთ: ელ.ფოსტა, კალენდარი და სხვადასხვა საოფისე ინსტრუმენტები (მაგ: Microsoft Office 365)[4]. SAAS-ის გამოყენება

საშუალებას იძლევა კომპანიებისთვის: მართონ რთული და დიდი ეკოსისტემები ნაკლები საწყისი კაპიტალდაზანდებით და მინიმალური რისკებით.

API ინტერფეისები ახდენენ ციფრული ეკოსისტემების საფუძვლის ფორმირებას. API(Application Programming Interface) დანართი პროგრამირების ინტერფეისიც, ასევე გვევლინება ციფრული ეკოსისტემების ბაზისად და მის აუცილებელ და მნიშვნელოვან ნაწილად. იგი სისტემებს შორის ინფორმაციის გაცვლის საშუალებას იძლევა, რის შედეგადაც იქმნება ახალი მომსახურებები და პროდუქტები, რომლებიც თავის მხრივ მიუერთდებიან უკვე არსებულ მომსახურებებს და პროდუქტებს, აღნიშნული პროცესი კი ქმნის ეკოსისტემას, სადაც ყოველ სისტემას გააჩნია საკუთარი უნიკალური, სუსტი(გამოსასწორებელი) და ძლიერი მხარეები.

პლატფორმები ინტეგრირდებიან რა სხვა სისტემებთან და პროგრამულ უზრუნველყოფებთან, ხელს უწყობენ ერთმანეთთან დაკავშირებული, მყარი ეკოსისტემის შექმნას. ციფრული ეკოსისტემები შესაძლოა იყოს როგორც მარტივი, ასევე რთული პროექტები, მაგრამ ეს არ გამოირჩევა მათი მუშაობის პროცესის წინასწარი გაანალიზების და დაპროგნოზების შესაძლებლობას. პლატფორმები თავის მხრივ უზრუნველყოფენ ციფრული ეკოსისტემების მყარი საფუძვლის შექმნას და წარმოადგენენ ერთგვარ წებოს, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებენ სხვადასხვაგვარ ნაწილებს. ყველაზე უფრო ხშირად გამოყენებადი პლატფორმების მაგალითებს წარმოადგენენ: ERP ინტეგრირებული სისტემები, CRM პროგრამული უზრუნველყოფა, CMS -კონტენტის მართვის სისტემა და სხვ. ამასთანავე ბევრს შეიძლება გაახსენდეს ბლოკჩეინების ტექნოლოგია, როგორც პლატფორმის ტიპი, მაგრამ იგი მთლად ვერ ერგება პლატფორმების ზემო აღნიშნულ განსაზღვრებას, რადგან არ წარმოადგენს ტიპიურ პლატფორმას - ცენტრალიზებული ტიპის სისტემას.

ციფრული ეკოსისტემების აგების ერთ-ერთ უმთავრეს პრინციპს წარმოადგენს თანამედროვე, მოქნილი ტექნოლოგიების დანერგვა ყოველდღიურობაში, რაც თავის მხრივ ამაღლებს ეკოსისტემის ღირებულებასაც. მაგრამ აქვე უნდა ითქვას, რომ თანამედროვე ტექნოლოგიების გარეშე, შეუძლებელია მაღალეფექტური, მოთხოვნადი და კონკურენტუნარიანი ეკოსისტემის შექმნა. მსგავსი ტიპის ციფრული ეკოსისტემის გამოყენება კი (მიუხედავად მისი გაზრდილი ღირებულებისა) იძლევა საშუალებას გამარტივებულ იქნას ინფორმაციის მიმოცვლის პროცესი, ერთ ერთ მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ: RFID (radio frequency identification) რადიოსიხშირული იდენტიფიკაცია - რომელიც წარმოადგენს უკაბელო კავშირის ფორმას. იგი თავის თავში მოიცავს ელექტროსტატიკური ან ელექტრომაგნიტური კავშირების გამოყენებას - ელექტრომაგნიტური სპექტრის რადიოსიხშირულ ნაწილებში, რათა განხორციელდეს კონკრეტული ობიექტის იდენტიფიკაცია. [5] იგი ხშირად გამოიყენება საწყობში არსებული მარაგების ან მაღაზიის თაროებზე განთავსებული პროდუქტების რაოდენობის დასადგენად. მაგ: მომხმარებელს, რომელსაც RFID ჩიპი აქვს ჩაშენებული მოწყობილობაში (მაგ: სმარტფონში), ადვილად შეძლებს ინფორმაციის მიღებას იმ პროდუქტების რაოდენობაზე, უახლოესი მაღაზიების საწყობებიდან, რომლებსაც გააჩნია RFID აღნიშვნა, შესაბამისი ვებ საიტების გვერდის ავლით. მსგავსი ტიპის მაგალითებად შეიძლება მოყვანილ იქნას ყველასთვის კარგად ნაცნობი ისეთი მოწყობილობები, როგორებიცაა ჭკვიანი საათები და ფიტნეს სამაჯურები. აღნიშნული მოწყობილობები აგროვებენ მონაცემებს ადამიანის აქტივობების შესახებ მთელი დღის მანძილზე და სხვა.

4. ციფრული ეკოსისტემების გამოყენება

მიუხედავად იმისა, რომ ზემოთ არაერთგზის აღნიშნულ იქნა ციფრული ეკოსისტემების შექმნის აუცილებლობა და მათი მნიშვნელობის როლი თანამედროვე მსოფლიოში, რაც დასაბუთებულ იქნა შესაბამისი მაგალითებითა და მოყვანილ იქნა ფაქტები, ხოლო მათი პირვანდელი სახეები ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში გამოჩნდნენ, ციფრული ეკოსისტემების გამოყენების კონცეფცია ჯერ კიდევ ახალია. მთელი რიგი კომპანიებისა მაინც არ არის დარწმუნებული მათ სარგებლიანობაში. ასევე არსებობს მრავალი აბსტრაქტული და არასწორი წარმოდგენა მათ ირგვლივ. თუმცა საბედნიეროდ დღევანდელი ორგანიზაციების დიდი და

მნიშვნელოვანი ნაწილი რეალურად აღიქვამს მათ მნიშვნელობას. სწორედ აღნიშნულის დასაწინააღმდეგებ და გამოსაყენებლად არსებობს გარკვეული სახის რეკომენდაციები, თუ როგორ შეიძლება შეიქმნას საკუთარი, მძლავრი და ეფექტური ეკოსისტემები. ამ რეკომენდაციების მიხედვით, უპირველესად შემუშავებულ უნდა იქნას პროგრამული ინსტრუმენტები, რომლებიც საშუალებას მისცემენ მომხმარებლებს იურთიერთობონ ერთმანეთთან საკუთარი მოწყობილობებით მაგ: შესაძლებელია შეიქმნას ისეთი აპლიკაცია, რომელიც საშუალებას მისცემს კლიენტებს გადაიღონ იმ პროდუქტის ფოტოები, რომლებიც მათ მოთხოვნებს აკმაყოფილებს და პირდაპირ, დამოუკიდებლად გადაუზღავონ ორგანიზაციის შესაბამის წარმომადგენლებს. მსგავსი მიდგომა გაამარტივებს, როგორც ორგანიზაციის თანამშრომლების, ასევე კლიენტების საქმიანობას და დაზოგავს მათ დროს, რომელიც განსაკუთრებით შეუფასებელი გახდება, რადგან შემცირდება პროცედურების რაოდენობა, კერძოდ: მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი სატელეფონო ზარების რაოდენობა და საჭირო აღარ იქნება მიმოწერები ელ. ფოსტის საშუალებით.

მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტები. თანამედროვე სიცოცხლისუნარიანი ციფრული ეკოსისტემების შესაქმნელად, უმნიშვნელოვანესია მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტების გამოყენება, რომლებიც უზრუნველყოფენ მონაცემების (ინფორმაციის) შეგროვებას მაგ: სპეციალურ აპლიკაციების ან point-of-sale (POS) სისტემების საშუალებით. (POS სისტემა წარმოადგენს მოწყობილობების და პროგრამული უზრუნველყოფის კომბინაციას, რომელიც ამარტივებს ტრანზაქციას).[2]

მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტები იძლევიან საშუალებას მოახდინონ იმ მონაცემების ინტერპრეტირება და ორგანიზება და რომლებიც გაივლიან კონკრეტულ ციფრულ ეკოსისტემას. მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტები ასევე გამოიყენება სხვადასხვა წყაროებიდან მონაცემების შესაგროვებლად და შემდგომ ამ მონაცემების ანალიტიკისათვის გამოსაყენებლად, შემდგომი სამოქმედო გეგმებისა და პროცესების დასაგეგმად. მათი გამოყენება ასევე მიზანშეწონილია ანგარიშების შესაქმნელად და ვიზუალიზაციისთვის. როგორც უკვე აღინიშნა ორგანიზებისთვის და ანალიტიკისთვის, მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტებს შეუცვლელი დახმარების გაწევა შეუძლიათ. ექნებათ რა ხელთ აღნიშნული ინსტრუმენტები, ორგანიზაციის თანამშრომლები მარტივად შეძლებენ ნახონ საკუთარი მაჩვენებლები. მათ ასევე შეეძლებათ შეიქმნან კონკრეტული წარმოდგენა საკუთარ სფეროში ან სულაც მთლიან ორგანიზაციაში მიმდინარე პროცესების შესახებ. მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტები შეუცვლელ როლს თამაშობენ ანალიტიკოსებისა და მენეჯერების საქმიანობის პროცესში რაც ეხმარება მათ გამოავლინონ ტენდენციები საკუთარ ბიზნეს ოპერაციებში.

5. ციფრული ეკოსისტემის შექმნა და გაძლიერება

ციფრული ეკოსისტემის დანერგვა და მისი გაუმჯობესება ნებისმიერ საქმიანობაში რთული და მრავალმხრივი პროცესია, რომელიც თავის მხრივ მოიცავს რამდენიმე დაინტერესებულ მხარეს. გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ტექნოლოგიების დანერგვისა და გამოყენების პროცესს და ნამდვილ სტრატეგიულ ხედვას.

პირველი საფეხური - რომელიც უნდა განხორციელდეს საჭირო ციფრული ეკოსისტემის შესაქმნელად, ესაა ყველა ციფრული მოწყობილობის და პლატფორმის უწყვეტი კავშირის უზრუნველყოფა. აღნიშნული საფეხური თავის მხრივ მოიცავს პროგრამული უზრუნველყოფისა და სისტემების რეგულარულ, მუდმივ განახლებას. API ინტერფეისების გამოყენება მაქსიმალურად ხელს შეუწყობს ეკოსისტემის სხვადასხვა კომპონენტებს შორის, მონაცემთა გაცვლის მთლიან პროცესს.

მეორე საფეხური - სამომხმარებლო გამოცდილებასა და მოთხოვნებზე მაქსიმალური ფოკუსირების უზრუნველყოფა. მოხერხებული, მარტივი ინტერფეისი და სტაბილური, მზარდი პროდუქტიულობა წარმოადგენს მნიშვნელოვან და გადამწყვეტ როლს კლიენტებთან ურთიერთობის პროცესში. სულ უფრო ხშირად განიხილება ხელოვნური ინტელექტის და

მანქანური სწავლების დანერგვის მნიშვნელობა, არსებობს პროგნოზები, რომლის მიხედვითაც აღნიშნული პროდუქტების გამოყენებამ შესაძლოა მნიშვნელოვნად გაამარტივოს სამომხმარებლო გამოცდილების პერსონალიზება და მარტივად განისაზღვროს სამომავლო მოთხოვნები.

მესამე საფეხური - რომლის მიხედვითაც უნდა გამყარდეს და გაფართოვდეს პარტნიორული ურთიერთობები. სასიცოცხლოდ აუცილებელია მოხდეს თანამშრომლობა სხვა ორგანიზაციებთან და ტექნოლოგიების პროვაიდერებთან.

მეოთხე საფეხური - აუცილებლად უნდა მიენიჭოს პრიორიტეტი უსაფრთხოებას და კონფიდენციალურობას. გადამწყვეტი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს საიმედო კიბერუსაფრთხოების დანერგვას ციფრულ ეკოსისტემაში და ყველა არსებული წესის გათვალისწინებას, მომხმარებელთა სრული ნდობის მოსაპოვებლად და მათ შესანარჩუნებლად.

მეხუთე საფეხური - დიდი მონაცემების ანალიტიკის პლატფორმები (Big Data) - აღნიშნული ტექნოლოგია უზრუნველყოფს თანამედროვე ციფრული ეკოსისტემების როგორც შესაძლებლობების გაფართოებას, ასევე მათ ოპტიმიზაციას. ცნობილი გამოთქმაა: „მონაცემები ეს ახალი ნავთობია“ („data is the new oil“)[7] რომლის ჭეშმარიტებაშიც დღითი დღე ვრწმუნდებით. ყველა სფეროში სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია არსებული ინფორმაციის მაქსიმალურად სწრაფად მოგროვება და მათი სწორად გამოყენება, რაც თავის მხრივ საშუალებას მისცემს ორგანიზაციებს, წინასწარ განისაზღვროს მომხმარებელთა სამომავლო ქცევები და მოთხოვნები. ანალიტიკა მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს საბოლოო გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში, მოახდენს ოპერაციების ოპტიმიზაციას, ინოვაციების სტიმულირებას და გახდება ხანგრძლივი კონკურენტუნარიანობის გარანტი სწრაფად ცვალებად ციფრულ გარემოში.

ციფრული ეკოსისტემები სახელმწიფო დაწესებულებებში გააცნობიერეს რა ციფრული ეკოსისტემების როლი და მნიშვნელობა დღევანდელ ყოველდღიურობაში, სახელმწიფო დაწესებულებებშიც დაიწყეს ციფრული ეკოსისტემების მორგება და გამოყენება. მაგ: ევრო კავშირის მიერ შექმნილ იქნა პლატფორმა ღია გამავალი კოდით, დასახელებით MyData - რომელიც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს და მოქალაქეებს მიიღონ მაქსიმალური სარგებელი პერსონალური მონაცემების საშუალებით. MyData უზრუნველყოფს შექმნას სამართლიანი, მდგრადი და მუდმივად მზრდადი ციფრული გარემო ყველასთვის[3]

6. დასკვნა

ამგვარად, ციფრული ეკოსისტემები წარმოადგენენ ერთმანეთთან დაკავშირებული ციფრული ინსტრუმენტების, პლატფორმებისა და სერვისების რთული აგებულების ქსელებს, რომლებიც თავის მხრივ ქმნიან ერთიან და ადაპტირებულ გარემოს. მსგავსი ტიპის ეკოსისტემები დაფუძნებულია ურთიერთსასარგებლო ურთიერთობებზე, სადაც პარტნიორები მუშაობენ საერთო მიზნების მისაღწევად და ყველასთვის მაქსიმალურად სასარგებლო და ხელსაყრელი შედეგების მისაღებად. თუმცა დროთა განმავლობაში, ციფრული ეკოსისტემები იძენენ უფრო რთული აგებულებას, მაგრამ ამავდროულად წარმატებით ინტეგრირდებიან ახალ და მუდმივად ცვალებად ტექნოლოგიებთან. თანამედროვე კვლევების მიხედვით კი ეკოსისტემების როლი და მნიშვნელობა საგრძნობლად გაიზრდება როგორც ჩვეულებრივი ადამიანების ყოველდღიურ ცხოვრებაში და განათლების მიღების პროცესში, ასევე კომპანიების ყოველდღიურ, ჩვეულებრივ საქმიანობაში. ასევე, ნაწინასწარმეტყველება, რომ კომპანიებისთვის, რომლებიც უახლეს ციფრულ ეკოსისტემებს იყენებენ, გაყიდვები 2025 წლისთვის 50 ტრილიონ დოლარს გადააჭარბებს. რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ციფრული ეკოსისტემების სტრატეგიული გამოყენება იქნება კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ბიზნესის სამომავლო და მზარდი წარმატებისთვის[6]

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. <https://www.imd.org/blog/digital-transformation/digital-ecosystems/#>
2. <https://www.investopedia.com/terms/p/point-of-sale.asp#>:
3. <https://mydata.org/>
4. <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-saas#>
5. <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/RFID-radio-frequency-identification>
6. <https://www.mendix.com/blog/digital-ecosystems/>
7. <https://www.corelogic.uk/news/data-is-the-new-oil-so-to-speak/>

Creating Sustainable Digital Ecosystems: The Role of Technological Innovation

Lela Papava, Sopiko Gogoladze, Ekaterine Papava

Georgian Technical University

papavalela08@gtu.ge, gogoladzesopiko08@gtu.ge, papava.e@gtu.ge

Abstract

The precursors of digital ecosystems emerged in the early 20th century, but their broad conceptual development began in the 2000s. Today's dominant ecosystems are shaped by advanced and technologically developed companies that utilize hyperscale platforms and compete against traditional businesses. These new ecosystems often replace conventional business models by enabling users to create more convenient and beneficial environments through interfaces and control elements such as search, advertising, and notifications. Most of the companies with the highest market capitalization globally are tech firms that derive a significant portion of their revenue from the digital ecosystems they create. However, it is important to note that the benefits of digital ecosystems are not limited to large enterprises. There are diverse ecosystems that allow both companies and ordinary individuals to leverage new opportunities in daily life and education, granting them a significant role in both the business sector and society.

Keywords: Digital ecosystems, Technological innovations, AWS (Amazon Web Services) cloud services platform, API (Application Programming Interface), Big Data.

ვებსაიტების თანამედროვე ტენდენციები

ნუგზარ ამილახვარი, იოსებ კართველიშვილი, ამირან ნებულიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

n.amilakhvari@gtu.ge, s.kartvelishvili@gtu.ge, nebulishvili.amiran22@gtu.ge

რეზიუმე

დღესდღეობით მსოფლიოში მოქმედებს უამრავი ვებსაიტი, რომელიც შექმნილია სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებით. დეველოპერი ვებსაიტის შექმნის დაპროექტებისას ყოველთვის დგას დილემის წინაშე თუ რომელი ფრონტენდ ტექნოლოგია და რომელი მონაცემთა ბაზა უნდა იქნეს გამოყენებული. სწორედ ამ შეკითხვებზე პასუხის გაცემისთვის ავტორებმა ჩაატარეს ტექნოლოგიების ბაზრის მოკვლევა და მის შედეგები გამოსახეს წინამდებარე სტატიაში. სტატიაში ზედმიწევნით არის განხილული ვებსაიტის აგების თანამედროვე ტენდენციები, ამ ტენდენციების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და კვლევის შედეგად მიღებული დასკვნები თუ რომელი ტექნოლოგიის გამოყენება არის უმჯობესი და რატომ. კვლევები მოიცავენ ვებსაიტის აგების ტექნოლოგიების ძირითად მიმართულებებს - ფრონტენდ-ფრეიმვორკი და

მონაცემთა ბაზები. სტატიის კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით შექმნილია რეალური ეხლაც მოქმედი ვებსაიტი, რომელშიც მსოფლიოს ყველა ნიჭიერ ადამიანს, რომელთაც სურთ თავიანთი შემოქმედება გააცნონ საზოგადოებას და თავიანთი თავის სრულად წარმოჩენა მიეცათ შესაძლებლობა ყოველგვარი გადასახადებისა და რეკლამების გარეშე განათავსონ თავიანთი შემოქმედება ყველასათვის განკუთვნილ ინტერნეტ გარემოში. ზემოაღნიშნული ვებსაიტი მორგებულია ნებისმიერ თანამედროვე მოწყობილობისათვის (კომპიუტერი, მობილური, პლანშეტი და სხვა) და ამასთან ერთად მას გააჩნია მარტივი გარემო. მიუხედავად იმისა, რომ ვებსაიტი იყო დაკვეთილი ორგანიზაციის მიერ, რომელიც ფუნქციონირებს ამერიკის შერთებული შტატებში, იგი მოქმედებს ორ ენაზე - ინგლისური და ქართული, რითიც იგი მნიშვნელოვან როლს ითამაშებს საქართველოში არსებულ ხელოვანთა შემოქმედების მსოფლოს ბაზარზე პოპულარიზაციისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ვებსაიტი, ტექნოლოგიები, Front-end, მონაცემთა ბაზები, ოპტიმიზაცია.

1. შესავალი

სტატია ეხება ვებსაიტების შექმნის თანამედროვე ტექნოლოგიების მიმოხილვას და დეველოპერების წინაშე არსებულ მთავარ დილემებს, რომლებიც ეხება ტექნოლოგიების არჩევას. ვებსაიტის განვითარებისას დეველოპერები ხშირად დგანან არჩევანის წინაშე, თუ რომელი ტექნოლოგიები გამოიყენონ – რა ფრონტენდ-ფრეიმვორქი აირჩიონ და რომელი მონაცემთა ბაზა შეუსაბამონ პროექტს.

სტატიაში ავტორებმა ჩაატარეს ტექნოლოგიების ბაზრის სიღრმისეული ანალიზი და შეისწავლეს ვებსაიტების აგების სხვადასხვა ასპექტები. კერძოდ, განხილულია ძირითადი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები და მათი გამოყენების ტენდენციები:

1. ფრონტენდ-ფრეიმვორქები: კვლევაში მიმოხილულია სხვადასხვა ფრეიმვორქები, როგორცაა React, Angular, Vue.js და სხვები. თითოეულ მათგანს გააჩნია თავისი ძლიერი და სუსტი მხარეები. მაგალითად, React-ი ხასიათდება მაღალი მოქნილობითა და ეკოსისტემით, Angular-ი უფრო მასშტაბურ და კომპლექსურ პროექტებზეა ორიენტირებული, Vue.js კი მარტივად ათვისებადია და გამოდგება მცირე და საშუალო პროექტებისთვის.

2. მონაცემთა ბაზები: აქცენტი კეთდება როგორც SQL (რელაციურ), ასევე NoSQL (არარელაციურ) მონაცემთა ბაზებზე. განხილულია მონაცემთა ბაზების არჩევის კრიტერიუმები, როგორცაა მონაცემების სტრუქტურა, მოთხოვნადი დატვირთვა და მასშტაბურობა. SQL მონაცემთა ბაზები (მაგ., MySQL, PostgreSQL) სტრუქტურირებული მონაცემებისთვის საუკეთესო არჩევანია, ხოლო NoSQL (MongoDB, Firebase) უპირატესობას ანიჭებს მოქნილობას არასტრუქტურირებული მონაცემების დამუშავებისას.

სტატია ასახავს ვებსაიტის შექმნის თანამედროვე ტენდენციებს, მათ დადებით და უარყოფით მხარეებს. კვლევის ფარგლებში, ავტორებმა გააანალიზეს ვებსაიტის შექმნის სხვადასხვა ტექნოლოგიები, რაც დაეხმარება დეველოპერებს არჩევანის გაკეთებაში, თუ რომელი თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება არის ოპტიმალური. სტატიაში სხვადასხვა ტექნოლოგიებთან ერთად, განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა ფრონტენდ-ფრეიმვორქებისა და მონაცემთა ბაზების თანამედროვე ასპექტებს.

კვლევამ აჩვენა, რომ საბოლოო არჩევანი დამოკიდებულია ვებსაიტის სპეციფიკურ მოთხოვნებზე, მომხმარებლის გამოცდილებაზე და ტექნოლოგიების განვითარების დინამიკაზე. დასკვნის სახით, სტატიაში გამოკვეთილია ის ტექნოლოგიები, რომლებიც ავტორების აზრით, ოპტიმალურია თანამედროვე ვებსაიტების შექმნისთვის.

2. ძირითადი ნაწილი

პირველ რიგში ვებსაიტის შექმნის დაგეგმვისას უნდა იქნეს შერჩეული **ფრონტენდ-ფრეიმვორკი**. ავტორებმა მრავალმხრივი გამოკვლევის შედეგად შეარჩიეს React-ის ბიბლიოთეკა, რადგან იგი სხვა ბიბლიოთეკებთან შედარებით მომხმარებლებს სთავაზობს მრავალ სასარგებლო ფუნქციას. პროექტის განვითარებისთვის გამოყენებული React-ის ბიბლიოთეკა გამოირჩევა თავისი მოქნილობით, მრავალმხრივობით და დეველოპერებისთვის სასარგებლო ფუნქციების ფართო სპექტრით, რაც მას ერთ-ერთ ყველაზე პოპულარულ ხელსაწყოდ აქცევს ვებსაიტების შექმნის სფეროში. React საშუალებას აძლევს დეველოპერებს შეასრულონ კომპლექსური ამოცანები უფრო მარტივად და ეფექტურად. ქვემოთ განხილულია React-ის ძირითადი უპირატესობები და მისი დადებითი მხარეები პროექტის განვითარებისთვის:

1) კომპონენტების ბაზირებული არქიტექტურა

React-ის ერთ-ერთი უმთავრესი მახასიათებელი არის მისი კომპონენტებზე დაფუძნებული არქიტექტურა, რომელიც ვებ და მობილურ აპლიკაციებს ბევრად მოქნილს, მარტივად და სტრუქტურულს ხდის. React დეველოპერებს საშუალებას აძლევს აპლიკაციის კოდი დაყოფოს პატარა, დამოუკიდებელ კომპონენტებად, თითოეული მათგანი თავისი ლოგიკითა და ვიზუალური მხარით. ეს კომპონენტები შეიძლება განმეორებით იქნეს გამოყენებული აპლიკაციის სხვადასხვა ადგილებში, რაც ამცირებს კოდის დუბლირების საჭიროებას და განვითარების პროცესს უფრო ეფექტურს ხდის. კომპონენტების ეს მოდულური მიდგომა ამარტივებს აპლიკაციის მართვას: ცალკეული კომპონენტის განახლება ან შეცვლა არ იწვევს მთლიანი აპლიკაციის მოდიფიკაციას, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს შეცდომების წარმოქმნის რისკს. მაგალითად, თუ აპლიკაციას აქვს კომპონენტი, რომელიც ასახავს მომხმარებლის პროფილს, ეს კომპონენტი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვა გვერდებზე ან სხვა აპლიკაციებში ცვლილებების გარეშე. ეს მიდგომა არა მხოლოდ აუმჯობესებს კოდის ხარისხს და სტრუქტურას, არამედ აჩქარებს ახალი ფუნქციების დამატების პროცესს, რაც საბოლოოდ ზრდის განვითარების ეფექტურობას და პროდუქტიულობას.

2) სისწრაფე და შესრულება

React-ის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა არის მისი სისწრაფე და მაღალი შესრულება. ეს მიიღწევა React-ის მიერ გამოყენებული ვირტუალური DOM-ის (Virtual DOM) ტექნოლოგიით, რომელიც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ვებ აპლიკაციების მუშაობას. ვირტუალური DOM-ის პრინციპი გულისხმობს, რომ React ამუშავებს DOM-ს „ვირტუალურ“ ვერსიაში, ანუ სინთეზურ ასლში, რომლის საშუალებითაც სისტემატიურად ადარებს აპლიკაციის მდგომარეობებს. ამის შემდეგ, რეალურ DOM-ში განახლდება მხოლოდ ის ელემენტები, რომლებიც შეიცვალა. ეს მიდგომა განსხვავდება ტრადიციული DOM-ისგან, სადაც ნებისმიერი ცვლილება იწვევს მთლიანი DOM-ის განახლებას. ვირტუალური DOM-ის გამოყენება ამცირებს რესურსების ხარჯვას და უზრუნველყოფს ეფექტურობას, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დინამიური ვებგვერდებისა და აპლიკაციების შექმნისას, სადაც ხშირია შინაარსის და ვიზუალური ელემენტების განახლება. ამ სისწრაფის და ეფექტურობის წყალობით, React-ს შეუძლია დიდი მოცულობის მონაცემების მქონე ვებგვერდების და აპლიკაციების ოპტიმიზაცია ისე, რომ მომხმარებელი არ გრძნობს შეფერხებებს ან სიჩქარის დაკარგვას.

3) UI/UX დიზაინი

UI/UX დიზაინი თანამედროვე ვებსაიტების ერთ-ერთი მთავარი ასპექტია და React ამ პროცესს ამარტივებს. React-ის დეკლარაციული ბუნება საშუალებას აძლევს დეველოპერებს მარტივად განსაზღვრონ როგორ უნდა გამოიყურებოდეს აპლიკაცია და როგორ უნდა იმუშაოს მან. დეკლარაციული მიდგომა განასხვავებს React-ს იმპერატიული მიდგომისგან, რომელსაც სხვა ბიბლიოთეკები იყენებენ. UI-ის კონსტრუქცია არის მარტივი და პროგნოზირებადი, რაც ამცირებს შეცდომების რისკს და უზრუნველყოფს საიტის ვიზუალურ ხარისხს. React დეველოპერებს საშუალებას აძლევს სწრაფად შეცვალონ UI კომპონენტები, რათა მისი შედეგები დაუყოვნებლივ ნახვონ. ეს ფუნქცია მნიშვნელოვნად ამცირებს დროს.

4) ვირტუალური DOM

React-ის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქციაა ვირტუალური DOM (Virtual DOM), რაც რეალური DOM-ის მანიპულირების შემცირებასა და აპლიკაციის ეფექტურობის გაზრდას ემსახურება. ვირტუალური DOM მუშაობს ისე, რომ მანიპულაციებს თავდაპირველად ატარებს მის საკუთარ, „ვირტუალურ“ ვერსიაზე, და მხოლოდ საჭირო ცვლილებები გადაყავს რეალურ DOM-ში. ეს ტექნოლოგია ამცირებს რეალური DOM-ის განახლებების რაოდენობას, რაც თავის მხრივ აუმჯობესებს აპლიკაციის მუშაობის სიჩქარეს და ზრდის შესრულებას. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაშინ, როცა საქმე ეხება დინამიურ ვებსაიტებს, სადაც მუდმივად ხდება შინაარსის განახლება და ახალი მონაცემების დამატება.

5) React-ის მოქნილობა და ინტეგრაცია სხვა ტექნოლოგიებთან

React გამოირჩევა მაღალი მოქნილობით და თავსებადობით სხვა ტექნოლოგიებთან და ბიბლიოთეკებთან. ეს React-ს აქცევს იდეალურ არჩევანს არა მხოლოდ ვებაპლიკაციებისთვის, არამედ მობილური აპლიკაციებისთვისაც. React-ს მარტივად შეუძლია გაერთიანდეს სხვადასხვა JavaScript ბიბლიოთეკებთან, რაც დეველოპერებს აძლევს მრავალ ფუნქციას სხვადასხვა სირთულის და სტრუქტურის პროექტებში. React-ის ინტეგრაცია ისეთ ჩარჩოებთან, როგორცაა Redux (სტატუსის მენეჯმენტის ინსტრუმენტი) ან React Native (მობილური აპლიკაციების ჩარჩო), ხელს უწყობს აპლიკაციების განვითარებას სხვადასხვა პლატფორმებისთვის. მაგალითად, React Native-ის გამოყენებით დეველოპერები მარტივად ქმნიან მობილურ აპლიკაციებს iOS და Android პლატფორმებისთვის, რაც აძლევს მათ უნარს, გამოიყენონ იგივე React-ის პრინციპები, რაც ვებ აპლიკაციებში. ამასთან ერთად, React ასევე ადვილად ინტეგრირდება ისეთ ტექნოლოგიებთან, როგორცაა GraphQL მონაცემთა ჩატვირთვისთვის, Axios API-დან მონაცემების მოთხოვნისთვის, ან Webpack აპლიკაციის კომპონენტების ეფექტური კომპილაციისთვის. ეს მრავალმხრივობა React-ს მასშტაბურ და მოქნილ ინსტრუმენტად აქცევს ნებისმიერი ტიპის პროექტისთვის.

6) მობილურ აპლიკაციებთან თავსებადობა და React Native

React-ის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა არის მისი ტექნოლოგიური კავშირი მობილურ აპლიკაციებთან, რაც ხორციელდება React Native-ის გამოყენებით. React Native დეველოპერებს საშუალებას აძლევს შექმნან მობილური აპლიკაციები, რომლებიც მუშაობენ iOS და Android პლატფორმებზე ერთსა და იმავე კოდის ბაზაზე. ეს ნიშნავს, რომ დეველოპერები აღარ საჭიროებენ ორი ცალკეული აპლიკაციის (iOS და Android) განვითარებას, არამედ ერთიანი კოდის გამოყენებით შეუძლიათ აპლიკაციის შექმნა ორივე პლატფორმისთვის. ეს პროცესი მნიშვნელოვნად ამცირებს დროსა და რესურსებს, რომელიც საჭიროა მობილური აპლიკაციების შემუშავებისთვის. React Native ასევე სთავაზობს განვითარებულ ფუნქციებს და ბიბლიოთეკებს, რომლებიც React-ის მსგავსი კომპონენტებზე დაფუძნებული არქიტექტურით მუშაობენ, რაც დეველოპერებისთვის ადაპტაციას ბევრად ამარტივებს.

7) დეველოპერის პროდუქტიულობა

React-ის გამოყენება ასევე ზრდის დეველოპერის პროდუქტიულობას. React-ში გამოყენებული JSX (JavaScript XML) სინტაქსი აერთიანებს JavaScript-სა და HTML-ს, რაც კოდის წერის პროცესს ხდის უფრო სუფთას და ინტუიციურს. ეს ამარტივებს კომპონენტების შექმნასა და მათ მართვას, რადგან დეველოპერს შეუძლია ერთსა და იმავე კოდში მოათავსოს როგორც ლოგიკა, ასევე ვიზუალური ნაწილი. JSX-ის გამოყენება საშუალებას აძლევს დეველოპერებს სწრაფად დაამატონ ან შეცვალონ კომპონენტები, და ამავდროულად შეინარჩუნონ პროექტის სტრუქტურული სისუფთავე. ამასთანავე, React-ს მოყვება ისეთი ხელსაწყოები, როგორებიცაა React Developer Tools, რომელიც დეველოპერს აძლევს კომპონენტების სტრუქტურის და მდგომარეობის კონტროლის შესაძლებლობას. ეს ხელს უწყობს სამუშაო პროცესის ორგანიზებას და აპლიკაციის უფრო ეფექტურ განვითარებას.

8) პოპულარობა და მხარდაჭერა

React-ის უზარმაზარი პოპულარობა მოაქვს მას დიდ სათემო მხარდაჭერას, რაც ხელს უწყობს დეველოპერების პროდუქტიულობას. რადგან React ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოში, დეველოპერებს შეუძლიათ მარტივად იპოვონ დახმარება, ჩაერთონ დისკუსიებში და მიიღონ რჩევები სხვადასხვა პრობლემის გადაჭრაზე. React-ის გარშემო არსებულმა დიდმა დეველოპერულმა საზოგადოებამ შექმნა მრავალრიცხოვანი გზამკვლევები, დოკუმენტაცია, და გაკვეთილები, რომლებიც ახალბედა და გამოცდილ დეველოპერებს React-ის ბიბლიოთეკის გამოყენებაში ეხმარებიან. უამრავი ღია რესურსი და კოდის მაგალითი ხელმისაწვდომია დეველოპერებისთვის, რაც ამარტივებს React-ის ათვისების პროცესს და ზრდის მისი გამოყენების ეფექტურობას. ასევე, Facebook, რომელმაც შექმნა React, რეგულარულად ახდენს მისი ბიბლიოთეკის განახლებებს და გაუმჯობესებებს, რაც React-ს ინარჩუნებს ტენდენციების წინა ხაზზე. ყოველ ახალ ვერსიაში დანერგილია ახალი ფუნქციები, რომლებიც React-ს კიდევ უფრო მოქნილს და თანამედროვე მოთხოვნებს მორგებულს ხდის.

რაც შეეხება **მონაცემთა ბაზებს**, ავტორებმა მრავალმხრივი გამოკვლევის შედეგად შეარჩია MS SQL Server-ი, რომელიც არის მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა (DBMS) და იგი ცნობილია თავისი მრავალფეროვანი ტექნოლოგიებით და შესაძლებლობებით. MS SQL Server-ი განკუთვნილია დიდი მოცულობის მონაცემების ეფექტურად დამუშავებისთვის და განსაკუთრებით პოპულარულია ბიზნეს სამყაროში, რადგან მას შეუძლია გააუმჯობესოს მონაცემთა მართვა, ანალიტიკა, უსაფრთხოება და მაღალი ხელმისაწვდომობა. განვიხილოთ უფრო დეტალურად თითოეული ფუნქცია, რომელიც ამ სისტემას მოაქვს.

1) Full-Text Search (ტექსტური ძებნა)

MS SQL Server-ის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქცია არის Full-Text Search. ეს ფუნქცია დეველოპერებს და მონაცემთა ბაზის ადმინისტრატორებს აძლევს საშუალებას, სრულ ტექსტურ ბაზებში ჩატარდეს ძებნა სპეციფიკური სიტყვებისა და ფრაზების მიხედვით, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს დიდი მოცულობის ტექსტური მონაცემების დამუშავებას. Full-Text Search იყენებს ძლიერი ინდექსაციის მექანიზმებს, რომლებიც არა მხოლოდ ტექსტის სწრაფ ძებნას უზრუნველყოფს, არამედ ავითარებს სიტყვების სინონიმებს, მომართვების ფორმებს და გრამატიკული ფორმების მოძიებას.

2) Replication (რეპლიკაცია)

Replication არის ტექნოლოგია, რომელიც მონაცემთა ბაზების კოპირებას და სინქრონიზაციას უზრუნველყოფს სხვადასხვა სერვერებსა და ფიზიკურ ლოკაციებს შორის. ეს

ნიშნავს, რომ მონაცემები შეიძლება გაერთიანდეს რამდენიმე სერვერზე, რაც აუმჯობესებს სისტემის მუშაობის სიმძლავრეს და მაღალ ხელმისაწვდომობას (High Availability). ეს ტექნოლოგია განსაკუთრებით სასარგებლოა იმ შემთხვევებში, როდესაც საჭიროა მონაცემების ერთდროულად მიწოდება სხვადასხვა გეოგრაფიულ ლოკაციაზე ან საჭირო არის მონაცემთა ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფა.

3) Partitioning (პარტიციონირება)

Partitioning წარმოადგენს მონაცემების დაყოფის მექანიზმს, რომელიც საშუალებას იძლევა დიდი მოცულობის მონაცემთა ბაზები დაიყოს უფრო მცირე, დამოუკიდებელ სეგმენტებად. ეს ფუნქცია ამარტივებს მონაცემთა ბაზების მართვას, ზრდის შესრულების სისწრაფეს და რესურსების ეფექტურად გამოყენების საშუალებას აძლევს სისტემას. Partitioning განსაკუთრებით სასარგებლოა, როდესაც საქმე ეხება ძალიან დიდ მონაცემთა ბაზებს, სადაც სწრაფი წვდომა და დამუშავება კრიტიკულია.

მაგალითად, თუ მონაცემთა ბაზას აქვს რამდენიმე მილიონი ჩანაწერი, შეიძლება მოხდეს მათი დაყოფა სხვადასხვა სეგმენტებად (მაგალითად, თარიღების მიხედვით), რაც აუმჯობესებს ძიების სიჩქარეს და ოპტიმიზაციას. ეს მიდგომა ასევე საშუალებას იძლევა უფრო მოქნილი და სწრაფი შესრულების ინდექსაცია განხორციელდეს.

4) In-Memory OLTP (ტრანზაქციების მესხიერებაში დამუშავება)

In-Memory OLTP არის MS SQL Server-ის მაღალი წარმადობის ტრანზაქციების დამუშავების მექანიზმი, რომელიც საშუალებას იძლევა მონაცემები მესხიერებაში განთავსდეს და სწრაფად დამუშავდეს, რის შედეგადაც შესრულების სიჩქარე რამდენჯერმე იზრდება ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით. ამ ტექნოლოგიით სისტემა აცილებს მონაცემთა ბაზაში ბლოკირების პრობლემებს, რომლებიც ხშირად წარმოიქმნება კლასიკურ სისტემებში.

In-Memory OLTP ამცირებს ტრანზაქციების შეფერხებებს და განახლებებს, რაც განსაკუთრებით სასარგებლოა მაღალი ტრაფიკის აპლიკაციებისთვის, როგორცაა ელექტრონული კომერციის საიტები, საბანკო სისტემები და რეალურ დროში მონაცემთა დამუშავების სისტემები.

5) Always On Availability Groups (მაღალი ხელმისაწვდომობა)

Always On Availability Groups არის მაღალი ხელმისაწვდომობის გადაწყვეტილება MS SQL Server-ში. მისი მეშვეობით შესაძლებელია მრავალი მონაცემთა ბაზის ავტონომიური ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა სერვერის ავარიის ან გათიშვის შემთხვევაში. ამ ტექნოლოგიით სისტემა არ კარგავს მონაცემებს და განაგრძობს მუშაობას, რადგან სარეზერვო მონაცემთა ბაზები „ყოველთვის მზად არიან“ ავტომატური ჩართვისთვის.

Always On უზრუნველყოფს მონაცემთა დროული სინქრონიზაციას და სწრაფ აღდგენას ნებისმიერი პრობლემის დროს, რაც კრიტიკულია ბიზნესებისთვის, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან უწყვეტ სერვისებზე და ვერ იტანენ მონაცემთა დაკარგვას ან სისტემის გაჩერებას.

6) Business Intelligence (BI) ინსტრუმენტები

MS SQL Server-ს გააჩნია მძლავრი Business Intelligence (BI) ინსტრუმენტები, რომლებიც ეხმარებიან მონაცემების ანალიზს, ანგარიშგების (reporting), და ინტეგრაციის პროცესებს:

- SQL Server Reporting Services (SSRS) – მონაცემების ვიზუალიზაციის და ანგარიშგების შექმნის მექანიზმი, რომელიც მონაცემთა კომპლექსური ანალიზის საშუალებას იძლევა.

- SQL Server Integration Services (SSIS) – მონაცემთა წყაროებს შორის ინტეგრაცია და მონაცემთა ტრანსფორმაციის ინსტრუმენტი.
- SQL Server Analysis Services (SSAS) – მრავალგანზომილებიანი მონაცემთა ანალიზის საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიზნეს ანალიტიკის ამოცანების სწრაფ გადაწყვეტას.

ეს ინსტრუმენტები მას საშუალებას აძლევს იყოს მძლავრი პლატფორმა კომპლექსური ბიზნეს გადაწყვეტილებების მხარდასაჭერად, რაც მონაცემთა ბაზების დამუშავებას და ანალიზს უფრო ეფექტურს ხდის.

7) Data Warehousing (მონაცემთა საცავები)

MS SQL Server მხარდაჭერას უწევს მონაცემთა საცავების (Data Warehousing) შექმნას, რაც წარმოადგენს დიდ მოცულობის მონაცემების შენახვისა და დამუშავების მექანიზმს. მონაცემთა საცავები გამოიყენება სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მისაღებად, რადგან ისინი საშუალებას აძლევს ბიზნესებს გაანალიზონ ისტორიული მონაცემები და ტრენდები.

Data Warehousing ტექნოლოგია ორგანიზაციებს საშუალებას აძლევს განახორციელონ დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზი, ჩაატარონ სტრატეგიული პროგნოზირება და მიიღონ ბიზნესის განვითარების გადაწყვეტილებები.

8) უსაფრთხოების მძლავრი ფუნქციები

MS SQL Server უზრუნველყოფს უსაფრთხოების მაღალ დონეს. მისი უსაფრთხოების მექანიზმები მოიცავს:

- დაშიფვრას (Encryption) მონაცემების კონფიდენციალურობის დაცვისთვის.
- ავტორიზაციას (Authorization) მომხმარებლის წვდომის კონტროლისთვის.
- აუდიტს (Audit) მონაცემთა წვდომის და ცვლილებების მონიტორინგისთვის.

ეს მექანიზმები უზრუნველყოფენ მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების მაღალ დონეს, რაც მნიშვნელოვანია აპლიკაციებსა და სერვისებში, სადაც მონაცემთა დაცვა კრიტიკულია.

9) Cloud Integration (დრუბლოვანი ინტეგრაცია)

MS SQL Server-ს შეუძლია ინტეგრაცია Microsoft Azure-ის და სხვა დრუბლოვან სერვისებთან, რაც უზრუნველყოფს სკალირებადობას, მოქნილობას და დაცულობას. ეს ფუნქცია ბიზნესებს აძლევს შესაძლებლობას გამოიყენონ დრუბლოვანი ინფრასტრუქტურა მონაცემთა მართვისთვის, რაც მოაქვს რესურსების ეფექტურ განაწილებას და მარტივ სკალირებას დიდი მოცულობის მონაცემებზე.

3. დასკვნა

ზემოაღნიშნულზე დაყრდნობით შესაძლებელია გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები ვებსაიტის შექმნის თანამედროვე ტექნოლოგიების მიმართებაში:

React-ის პოპულარობა გამოწვეულია მისი ტექნოლოგიური მახასიათებლებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ კოდის სტრუქტურას, შესრულების სისწრაფეს და მარტივად ინტეგრირებას სხვა ტექნოლოგიებთან. მისი კომპონენტებზე დაფუძნებული არქიტექტურა, ვირტუალური DOM და მაღალი მოქნილობა React-ს იდეალურ არჩევანს ხდის ნებისმიერი სირთულის ვებ და მობილური აპლიკაციების განვითარებისთვის.

React-ის მხარდაჭერა და განვითარებული დოკუმენტაცია აძლევს დეველოპერებს შესაძლებლობას სწრაფად დაეუფლონ ამ ბიბლიოთეკას და გამოიყენონ იგი როგორც მარტივი, ასევე კომპლექსური პროექტების განვითარებისთვის.

იგი სისტემაში გამოყენებულია მის მრავალფეროვანი ფუნქციებით რომელიც ამარტივებს ვებსაიტების ან აპლიკაციების განვითარებას და მათი კოდის გამართვას. კომპონენტებზე დაფუძნებული არქიტექტურა, ვირტუალური DOM, მოქნილობა და ინტეგრაციის შესაძლებლობები React-ს იდეალურ ხელსაწყოდ აქცევს როგორც მცირე, ასევე მასშტაბური პროექტებისთვის.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ React დღესდღეობით არის ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული და გამოყენებადი JavaScript ბიბლიოთეკა, რომელიც ორიენტირებულია ინტუიციური და ეფექტური მომხმარებლის ინტერფეისების შექმნაზე. ეს ბიბლიოთეკა ასევე იზრდება და ადაპტირდება ტექნოლოგიური ბაზრის ცვლილებებთან ერთად, რაც მას თანამედროვე ვებ განვითარების უმთავრეს ინსტრუმენტად ხდის.

მისი წარმატება განპირობებულია მრავალი ფაქტორით, რაც მას თანამედროვე ვებ და მობილური აპლიკაციების განვითარებაში მნიშვნელოვან ინსტრუმენტად აქცევს.

რაც შეეხება MS SQL Server-ს, იგი არის მძლავრი და მრავალმხრივი მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა, რომელიც მოიცავს მრავალფეროვან ფუნქციებს, რაც მას იდეალურ ინსტრუმენტად აქცევს როგორც მცირე, ასევე დიდი ორგანიზაციებისთვის. მისი უსაფრთხოების მექანიზმები, მაღალი ხელმისაწვდომობის ტექნოლოგიები, მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტები, და ღრუბლოვანი ინტეგრაცია უზრუნველყოფენ მონაცემების ეფექტურ დამუშავებას და ბიზნესის განვითარებას. SQL Server-ის გამოყენება ორგანიზაციებს აძლევს შესაძლებლობას მაქსიმალურად სწრაფად და უსაფრთხოდ მართონ საკუთარი მონაცემები, რაც ზრდის პროდუქტიულობას და ამცირებს სისტემის გაჩერების რისკებს.

ლიტერატურა:

1. Chris Minnick. “ReactJS Foundations”. Building User Interfaces with ReactJS. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada. pp 454, 2022
2. Anthony Accomazzo, Ari Lerner, Nate Murray, Clay Allsopp, David Guttman, Tyler McGinnis. “Fullstack React”. The Complete Guide to ReactJS and Friends. Published in San Francisco, California by Fullstack.io. pp 825, 2017
3. Why Use React for Web Development: 10 Reasons To Apply უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.10.2024
4. React vs. JavaScript: Which Framework Suits Your Mobile and Web Development Project Needs? - Pulsion Technology უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.10.2024
5. Vue vs React: Which one to choose in 2024? | Alokai უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.10.2024

Modern trends in websites

Nugzar Amilakhvari, Ioseb Kartvelishvili Amiran Nebulishvili

Georgian Technical University

n.amilakhvari@gtu.ge, s.kartvelishvili@gtu.ge, nebulishvili.amiran22@gtu.ge

Abstract

Today, there are many websites in the world that are created using different technologies. When designing a flexible website, the developer is always faced with the dilemma of which frontend technology to use, which databases. To answer these questions, the authors conducted a technology market survey and

presented its results in this article. The article thoroughly reviews the modern trends in website building, the pros and cons of these trends, and the research draws conclusions as to which technology is best to use and why. Studies cover all major areas of website building technologies such as frontend frameworks and databases. Based on the results of the research of the article, a real and functioning website was created, in which all the talented people of the world, who want to introduce their creativity to the public and to fully present themselves, were given the opportunity to post their creativity in an Internet environment for everyone without any fees or advertisements. The above website is optimized for any modern device (computer, mobile, tablet and others) and along with that it has a simple environment. Although the website was commissioned by an organization operating in the United States of America, it operates in two languages - English and Georgian, thus it will play an important role in promoting the creativity of artists in Georgia to the world market.

Keywords: website, technologies, frontend, databases, optimization.

ბანკში თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება

მედეა თევდორაძე, ნინო მელიქიძე, ნინო ღუდუშაური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
medeat@gtu.ge; melikidze.nino22@gtu.ge; ghudushauri.n@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია საბანკო სფეროში გადარიცხვის სისტემის გადაწყვეტა სხვადასხვა მეთოდით, კერძოდ, ტრადიციული და თანამედროვე ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენებით. ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობების შესწავლის მიზნით შემუშავებულია და წარმოდგენილია ტრადიციული გადარიცხვის და ბლოკჩეინით ტრანზაქციის შესრულების ბიზნეს-პროცესები, შემუშავებულია მათი მოდელები BPMN-ნოტაციის გამოყენებით, და ჩატარებულია ამ მოდელების სიმულაცია. სიმულაციის შედეგებმა ცხადყო ტრანზაქციის განხორციელების დროის, ღირებულების და მონაწილე პერსონალის მინიმუმაცია საბანკო მომსახურების შესრულებისას ბლოკჩეინის საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ფულის გადარიცხვა, საბანკო ტრანზაქცია, ბლოკჩეინი,

1. შესავალი

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ინფორმაციული ტექნოლოგიების და კომუნიკაციების (ITC) განვითარებამ მნიშვნელოვანი ეკონომიკური და სოციალური ცვლილებები გამოიწვია მთელ მსოფლიოში, რაც თავის მხრივ საბანკო ინდუსტრიის განვითარების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი წყაროა. ამასთან საბანკო სექტორის ტრანსფორმაციამ გამოიწვია ფინანსური ბაზრების მნიშვნელოვანი გაფართოება და საბანკო საქმიანობის დივერსიფიკაცია, რის გამოც გაიზარდა ძლიერი საბანკო ინფორმაციული სისტემების და ტექნოლოგიების საჭიროება.

ასე მაგალითად, საერთაშორისო ფულის გადარიცხვისთვის ბანკები იყენებს გადარიცხვის ტრადიციულ მეთოდებს რომელიც არ არის უსაფრთხო და დაცული გაყალბებისგან. გადარიცხვის დრო კი მერყეობს 3 დან 5 სამუშაო დღემდე. უსაფრთხოება არის ერთერთი ძირითადი საკითხი ნებისმიერ ფინანსურ სისტემაში. თანხების გადარიცხვის ჩვეულებრივი

მეთოდი ექვემდებარება თაღლითობას, ჰაკერების მცდელობებს და მონაცემთა გაყალბებას. გარდა ამისა, ის ხარჯავს მეტ დროს, ძალისხმევას და ფულად სახსრებს.

თანამედროვე ბანკის საქმიანობა წარმოუდგენელია თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიებისა და სისტემების გამოყენების გარეშე, ვინაიდან ზუსტად ისინი განაპირობებენ ბანკის ეფექტიან და კონკურენტუნარიან საქმიანობას. ამასთან ერთად, თავად ახალი საბანკო ტექნოლოგიები - სერვისები მჭიდროდ არის დაკავშირებული ინფორმაციულ ტექნოლოგიებთან [1].

საბანკო ინდუსტრიაში ციფრული ტექნოლოგიების დანერგვამ მრავალი სარგებელი მოიტანა. თუმცა, ასევე არსებობს გარკვეული გამოწვევები, რომელსაც ფინანსური ინსტიტუტები აწყდებიან ციფრული გადაწყვეტილებების მიღებისას.

საბანკო სივრცეში უნდა დაინერგოს სხვადასხვა ინოვაცია, რომელიც გაზრდის მომხმარებლის კომფორტს საბანკო პროდუქტების გამოყენებისას, საბანკო სერვისებს გახდის უფრო ხელმისაწვდომს და მომხმარებელს მისცემს ახალი, მრავალფეროვანი, საინტერესო და უფრო მოქნილი ფუნქციების გამოყენების შესაძლებლობას. ციფრული საბანკო ინდუსტრია სწრაფად ვითარდება და ფინანსური ინსტიტუტები კონკურენტუნარიანობის შესანარჩუნებლად მუდამ სიახლეების ძიებაში უნდა იყვნენ.

თანამედროვე საბანკო სექტორი ხასიათდება მომატებული კონკურენციით, რის პირობებშიც ბანკებს უწევთ ახალი მომსახურებების შეთავაზება საერთაშორისო სტანდარტების სრული დაცვით. ამ კუთხით წინა პლანზე იწევს საბანკო ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების სფეროების, მათი ხარისხის და შეთავაზების გზების სრულყოფა. ინფორმაციული ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა განვითარდეს საბანკო პროდუქტი და მომსახურება, განვითარდეს ბაზრის ინფრასტრუქტურა. თუმცა უდაოა ის ფაქტი, რომ ინოვაციური წინადადების დანერგვამდე უნდა განხორციელდეს ანალიზი საბანკო საქმიანობაზე მისი ზეგავლენის შესწავლის მიზნით [1].

ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხად შეიძლება აღინიშნოს საბანკო ტრანზაქციების განხორციელება, და მათ განხორციელებაში თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს სანდო კონტროლს საბანკო ტრანზაქციებზე და კლიენტებს დაეხმარება გეოგრაფიული დისტანციის მიუხედავად მიიღონ სასურველი მომსახურება საუკეთესო პირობებით. ინტერნეტმა პრინციპულად შეცვალა სერვისების მიწოდების არხები და ის საბანკო მომსახურების მიწოდების ინსტრუმენტად იქცა. თუმცა აქ ჯერ კიდევ ადგილი აქვს გარკვეულ პრობლემებს. მნიშვნელოვანია ბანკებმა ინოვაციების დახმარებით შეამცირონ დანახარჯები, რაც განაპირობებს მათი მომგებიანობის ზრდას. თუმცა ეს ყოველივე საკმაოდ რთული პროცესია და გრძელვადიან პერიოდს მოიცავს.

წარმოდგენილ სტატიაში დახასიათებულია საბანკო სექტორში ისეთი ტიპის სიახლის და ბანკზე მისი ზეგავლენის კვლევა, როგორც არის ბლოკჩეინი და მისი გამოყენება საბანკო სფეროში, კერძოდ, სავალუტო გადარიცხვის პროცესში.

2. ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია ბლოკჩეინის გამოყენების საკითხები ბანკში. ტექნიკურად, ეს არის უზარმაზარი მონაცემთა ბაზა ცენტრალური ორგანოს გარეშე, რომელიც ინახავს ინფორმაციას ტრანზაქციების შესახებ. ტრანზაქციებს ამოწმებენ თავად სისტემის მონაწილეები, რომლებიც ადასტურებენ განხორციელებული ქმედებების ავთენტურობას და

შემდეგ ქმნიან ბლოკებს ტრანზაქციის ჩანაწერებიდან. ეს მიდგომა საინტერესოა რამდენიმე მიზეზის გამო. პირველ რიგში, ბლოკჩეინი არ საჭიროებს შუამავლებს ძვირადღირებული გადახდის სისტემების სახით, რომლებიც ამჟამად ამუშავებენ ტრანზაქციებს. მეორეც, დამუშავების ოპერაციების სიჩქარე იზრდება [2]. კლირინგის ორგანიზების ტრადიციულ სქემაში, ამ პროცესს შეიძლება რამდენიმე დღე დასჭირდეს, ხოლო ბლოკჩეინის შემთხვევაში, ტრანზაქციები ხირციელდება რეალურ დროში. მიუხედავად იმისა, რომ ბლოკჩეინი ტრადიციული ბანკების ერთ-ერთი შესაძლო კონკურენცია, მათ ბოლო ორი წლის განმავლობაში ამ ტექნოლოგიაში 850 მილიონი დოლარის ინვესტიცია განახორციელეს.

ფინანსური ინსტიტუტების ინტერესი ბლოკჩეინის მიმართ არ მცირდება, თუმცა იცვლება ტექნოლოგიასთან ურთიერთქმედების ფორმატი. ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენება საერთაშორისო გადარიცხვებისთვის ძალიან პერსპექტიულად გამოიყურება.

ბანკები დიდ ძალისხმევასა და ფულს ხარჯავენ კლიენტების მონაცემების გადამოწმებისა და მათი იდენტიფიცირებისთვის. ამ პრობლემის გადასაჭრელად კომპანია Deloitte-მა გამოუშვა Deloitte Smart ID ბლოკჩეინის პლატფორმა. სისტემის გამოყენების მთავარი არსი არის ის, თუ როგორ უნდა მოტივირდეს კლიენტი, შეინახოს საკუთარი ჩანაწერი ბლოკჩეინში. ბლოკჩეინის გამოყენების კიდევ ერთი შემთხვევა არის თაღლითური მონაცემთა ბაზა. შემუშავებულ საპილოტე პროექტში ბანკებს შეუძლიათ შეიყვანონ მონაცემები კიბერდანაშაულების შესახებ ერთ ბლოკჩეინში პერსონალური მონაცემების დაცვის შესახებ კანონის დარღვევის გარეშე. ყოველივე ამის შემდეგ, მხოლოდ თაღლითის მონაცემების ჰეში შედის ბლოკჩეინში [3].

წარმოდგენილ სტატიაში მოყვანილია საერთაშორისო გადარიცხვების საბანკო ოპერაცია წარმოდგენილი ორ ვარიანტად: ტრადიციული ხერხით და ბლოკჩეინის გამოყენებით. ბლოკჩეინის საბანკო გადარიცხვაში ჯერ კიდევ არ გამოიყენება ყველა ქვეყანაში და ეს ვარიანტი მოითხოვს გარკვეული კვლევების ჩატარებას, რათა დამტკიცდეს მისი ეფექტიანობა. ბანკის საქმიანობაში (ფულის საერთაშორისო გადარიცხვის ოპერაციებში) ეფექტიანობის შესაფასებლად ჩვენს მიერ გამოყენებულია მიდგომა, როდესაც ფასდება ბიზნეს-პროცესების გაუმჯობესება. ამ მიზნით შემთავზებულია ფულის სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესების აგება როგორც ტრადიციული მიდგომისათვის ასევე ბლოკჩეინის გამოყენებით. შემდეგ ეს ბიზნეს-პროცესები წარმოდგენილია BPMN -ნოტაციის გამოყენებით, რამაც გააჩინა შესაძლებლობა, რომ შეფასდეს ბიზნეს-პროცესები (მათი ხანგრძლივობა, ღირებულება, ადამიანური და სხვა სახის რესურსების გამოყენება).

შემდეგ წარმოდგენილია საბანკო გადარიცხვის პროცესის ეტაპობრივი აღწერა ტრადიციული მეთოდით, ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენების გარეშე, რომლის შემთხვევაში გადარიცხვის დრო მერყეობს 3-5 დღემდე. გარდა ამისა გადარიცხვის პროცესში შეიძლება მონაწილეობდეს ერთი ან მეტი შუამავალი ბანკი რაც იწვევს გადარიცხვის საკომისიოს ზრდას, რომელიც შეიძლება მერყეობდეს 5% დან 20% მდე [4]. მასში ჩართულია გარკვეული თანამშრომლების რაოდენობა და ძვირად ღირებული გადარიცხვის სისტემები (მათ შორის SWIFT-სისტემა) [4]:

1) **გადარიცხვის ინიცირება.** კლიენტი ინიცირებას უკეთებს გადარიცხვას გამგზავნი ბანკის მეშვეობით;

2) **გამგზავნი ბანკის მხრიდან კლიენტის იდენტიფიკაცია და ბალანსის გადამოწმება.** ბანკი ატარებს KYC (Know Your Customer) და AML (Anti-Money Laundering) შემოწმებებს, რათა

დარწმუნდეს, რომ მიმღები და გამომგზავნს შორის ოპერაცია დასაშვებია **AML** ასევე ბანკი ამოწმებს, აქვს თუ არა მომხმარებელს საკმარისი თანხა ტრანზაქციის გასატარებლად;

3) **SWIFT შეტყობინების შექმნა.** გამგზავნი ბანკი ქმნის SWIFT შეტყობინებას, როგორც წესი, MT (Message Type) ფორმატში. ეს შეტყობინება შეიცავს ყველა საჭირო ინფორმაციას ტრანზაქციის შესახებ, მათ შორის გამგზავნისა და მიმღების დეტალებს, ტრანზაქციის თანხას და დანიშნულებას;

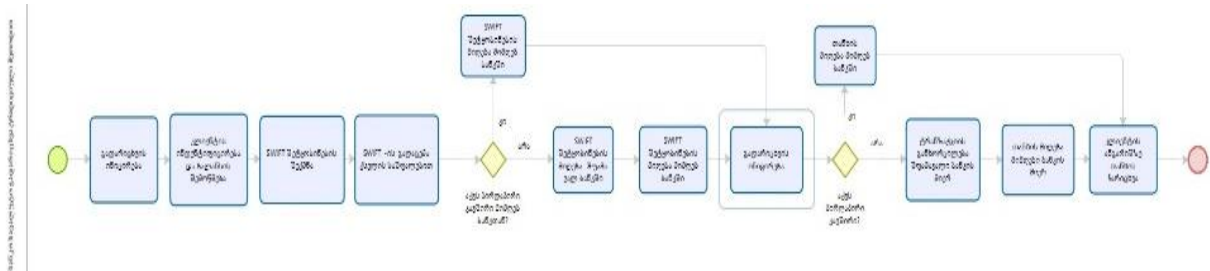
4) **SWIFT-ის შეტყობინების გადაცემა ქსელის საშუალებით.** SWIFT შეტყობინება იგზავნება SWIFT ქსელის საშუალებით, ეს ნაბიჯი უზრუნველყოფს, თანხის უსაფრთხოდ მიწოდებას მიმღების ბანკში. შუამავალი ბანკის არსებობის შემთხვევაში შეტყობინება იგზავნება მისი საშუალებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში გამგზავნი ბანკი შეტყობინებას აგზავნის პირდაპირ მიმღებ ბანკში;

5) **ტრანზაქციის განხორციელება.** მიმდინარეობს თანხის გადარიცხვის პროცესი - თუ გამგზავნის ბანკს არ აქვს პირდაპირი კავშირი მიმღების ბანკთან, თანხა შეიძლება ჩაირიცხოს მიმღებ ბანკში ერთი ან რამდენიმე შუამავალი ბანკის გავლით;

6) **ანგარიშსწორება.** მას შემდეგ, რაც მიმღების ბანკი მიიღებს SWIFT შეტყობინებას, შეამოწმებს ტრანზაქციის დეტალებს და თანხის ტრანზაქცია გქანხორციელდება, ის ჩარიცხავს მიმღების ანგარიშზე გადმორიცხულ თანხას;

7) **დადასტურება.** მიმღები ბანკი ტრანზაქციის შესრულების დასტურს უგზავნის გამგზავნ ბანკს. ამის შემდეგ როგორც გამგზავნი, ისე მიმღები ბანკები თავიანთ შესაბამის კლიენტებს უგზავნიან დასტურის შეტყობინებას, რომელიც მიუთითებს, რომ გადარიცხვა წარმატებით დასრულდა.

ზემოდ წარმოდგენილი ალგორითმის მიხედვით შემუშავებულია ბიზნეს-პროცესი BPMN ნოტაციის გამოყენებით და ჩატარებულია მისი სიმულაცია Bizagi-Modeler პროგრამის საშუალებით (ნახ.1).



ნახ. 1. ტრადიციული მეთოდით. სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესის მოდელი

Name	Scenario	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	Process	2	4	1d 16h 45m	2d 2h 45m	1d 21h 45m	4d 21h 15m

ა)

Resource	Scenario	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
ოპერატორი	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	10.68 %	27	0	27
საბანკო პროგრამა	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	96.88 %	72	0	72
SWIFT სისტემა	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	98.70 %	105	0	105
ანგარიშსწორების ფასტ-ტრეიდი	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	14.24 %	44	0	44
		Total საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ტრადიციული მეთოდით	248	0	248

ბ)

ნახ.2 ა) და ბ). ტრადიციული მეთოდით სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესის მოდელის სიმულაციის შედეგები

შემდეგ კი წარმოდგენილია იმის აღწერა, თუ როგორ შეიძლება ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის ინტეგრირება საბანკო გადარიცხვის პროცესში. ეს მიდგომა იყენებს ბლოკჩეინის უპირატესობებს, როგორცაა გამჭვირვალობა, უსაფრთხოება, საიმედოობა, ეფექტურობა და ა.შ [5].

საბანკო სავალუტო გადარიცხვის პროცესი ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენებით:

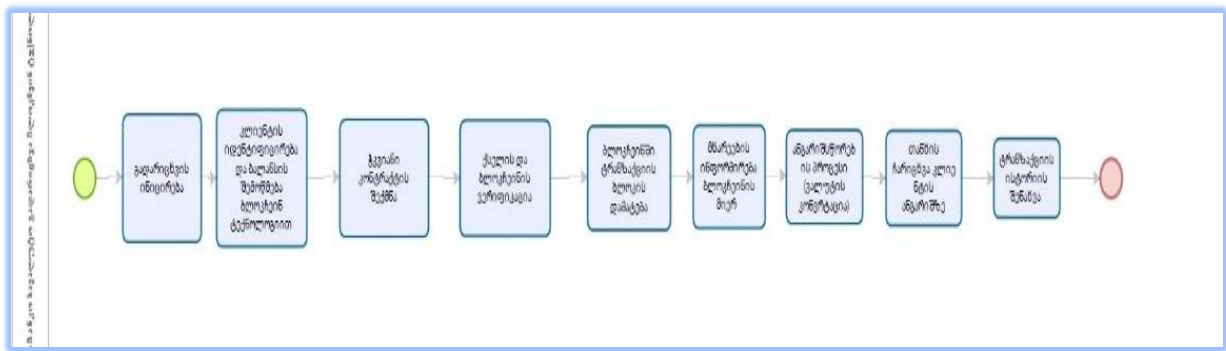
- 1) მომხმარებლის მიერ გადარიცხვის ინიცირება. კლიენტის მოთხოვნა შედის გამგზავნ ბანკში;
- 2) გამგზავნი ბანკის მიერ კლიენტის იდენტიფიკაცია და ბალანსის გადამოწმება.
- 3) ბანკი ბლოკჩეინში ატარებს KYC (Know Your Customer) და AML (Anti-Money Laundering) შემოწმებებს, რათა დარწმუნდეს, რომ მიმღები და გამომგზავნს შორის ოპერაცია დასაშვებია AML. ასევე ბანკი ამოწმებს, რომ მომხმარებელს აქვს საკმარისი თანხა ტრანზაქციის გასატარებლად. ითვლება, რომ ბლოკჩეინში წინასწარ მოთავსებულია ინფორმაცია კლიენტის შესახებ;
- 4) ჭკვიანი კონტრაქტის შექმნა. გადამგზავნი ბანკი ადგენს კონტრაქტს, რომელიც ასახავს: გამგზავნის და მიმღების დეტალებს, გადასარიცხ თანხას, შესრულების პირობებს და ციფრულ ხელმოწერას: ავთენტურობის უზრუნველსაყოფად ბანკი ციფრულად აწერს ხელს ჭკვიან კონტრაქტს მისი პირადი გასაღების გამოყენებით. აღნიშნული კონტრაქტი თავსდება ბლოკჩეინში და შესაბამისი შეტყობინება იგზავნება მიმღებ ბანკში [5];
- 5) ქსელის ვერიფიკაცია. გადაცემა ბლოკჩეინზე: ტრანზაქცია იგზავნება ბლოკჩეინის ქსელში. კვანძის დადასტურება: ქსელის კვანძები ამოწმებენ ტრანზაქციას კონსენსუსის მექანიზმით (მაგ., სამუშაოს დადასტურება);
- 6) გადარიცხვის განხორციელება. ბლოკის დამატება: დადასტურების შემდეგ, ტრანზაქცია შედის ახალ ბლოკში და დაემატება ბლოკჩეინს. უცვლელი ჩანაწერი: ტრანზაქცია ხდება მუდმივი წიგნის ნაწილი, რაც უზრუნველყოფს მის უცვლელობას;
- 7) მხარეების ინფორმირება. ბლოკჩეინ ტექნოლოგია ციფრული პლატფორმის საშუალებით აცნობებს როგორც გამგზავნს, ასევე მიმღებს წარმატებული ტრანზაქციის შესახებ;
- 8) ანგარიშსწორების პროცესი. ვალუტის კონვერტაცია (საჭიროების შემთხვევაში): საერთაშორისო გადარიცხვებისთვის ბანკს შეუძლია ვალუტის კონვერტაცია მიმდინარე კურსის მიხედვით. კლიენტის ანგარიშზე კონვერტირებული თანხის ჩარიცხვა;

9) შესაბამისობა და ანგარიშგება. მარეგულირებელი ანგარიშგება: ბანკი ბლოკჩეინის მონაცემების გამოყენებით ამზადებს ადგილობრივ და საერთაშორისო რეგულაციებთან შესაბამისობაში მყოფ საჭირო ანგარიშებს;

10) ტრანზაქციის ისტორიის შენახვა. მონაცემთა შენახვა: ბანკი ინახავს ტრანზაქციების ჩანაწერებს მარეგულირებელი მოთხოვნების შესაბამისად.

შემდეგ წარმოდგენილია ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენებით სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესი და მისი სიმულაცია BPMN ნოტაციის მეშვეობით Bizagi-Modeler პროგრამაში (ნახ.3).

როგორც ჩანს მოდელირების შედეგებიდან, ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის ჩართვა სავალუტო გადარიცხვის პროცესში იძლევა მნიშვნელოვან უპიტატესობებს, პირველ რიგში ეს არის ტრანზაქციის შესრულების დროის მნიშვნელოვანი კლება, ადამიანური რესურსის შემცირება და შესაბამისად იკლებს ოპერაციების ხარჯების ოდენობა (ნახ.2 და ნახ.4).



ნახ.3. ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენებით სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესის მოდელი

Name	Scenario	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	Process	4	4	6m 20s	6m 20s	6m 20s	25m 20s

ა)

Resource	Scenario	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
ოპერატორი	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	0,14 %	0	0,266666666666665	0,266666666666665
საბანკო პროგრამა	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	0,22 %	0	0,636666666666669	0,636666666666669
აგარიშპროცესის დეპარტამენტი	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	0,00 %	0	0	0
ბლოკჩეინ ტექნოლოგია	საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით	0,37 %	0	2,49	2,49
Total საბანკო სავალუტო გადარიცხვა ბლოკჩეინ ტექნოლოგიით			0	3,39	3,39

ბ)

ნახ. 4 ა, ბ. ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენებით სავალუტო გადარიცხვის ბიზნეს-პროცესის მოდელის სიმულაციის შედეგები

3. დასკვნა

ბიზნეს-პროცესების მოდელების შემუშავებამ, მათმა მოდელოვებამ, გვიჩვენა რომ ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოყენებით მცირდება არამართო ოპერაციის შესრულების დრო, ასევე მცირდება ოპერაციის შესრულების ღირებულება, ჩართული ადამიანური და სხვა რესურსები. გარდა ამისა ბლოკჩეინის გამოყენება ვალუტის გადარიცხვის პროცესში გვამღებს გარკვეულ უპირატესობებს, როგორც არის: გამჭვირვალობა, უსაფრთხოება. ტრანზაქციები დაშიფრულია და დაკავშირებულია წინა ტრანზაქციებთან, რაც ხელს უშლის მონაცემების გაყალბებას. მას შემდეგ რაც, ბლოკჩეინში ტრანზაქცია დაფიქსირდება, მისი შეცვლა ან წაშლა შეუძლებელია, რაც უზრუნველყოფს ტრანზაქციების ისტორიის მთლიანობას. აღნიშნული უპირატესობები ბლოკჩეინს პერსპექტიულ ტექნოლოგიად აქცევს ვალუტის გადარიცხვის ეფექტურობისა და უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად. ამ დასკვნის გათვალისწინებით, სასურველია, რომ ქართული ბანკები გადავიდნენ აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენებაზე.

ლიტერატურა:

1. მ.თევდორაძე, ნ.ლოლაშვილი. საბანკო ინფორმაციული სისტემები და ტექნოლოგიები. სახელმძღვანელო. 280 გვ. სტუ, 2019. CD-6155
2. Blockchain Application in Banking system – Journal of Software Engineering and Applications, 2021, 14, 298-311 <https://www.scirp.org/journal/jsea> ISSN Online: 1945-3124, ISSN Print: 1945-3116. Minhaj Uddin Chowdhury, Khairunnahar Suchana, Syed Md Eftekhari Alam, Mohammad Monirujjaman Khan
3. The evolution of the payments value model - **Deloitte** authors Emily Williams Deloitte United States emiwilliams@deloitte.com James McWha Deloitte United Kingdom jmcwha@deloitte.co.uk Lauren Holohan Deloitte United States lholohan@deloitte.com Dan Schmeling Deloitte United States dschmeling@deloitte.com
4. Blockchain-Based System for Secure and Efficient Cross-Border Remittances: A Potential Alternative to SWIFT - System-Journal of Software Engineering and Applications, 2024, 17,664-712 <https://www.scirp.org/journal/jsea>
ISSN Online: 1945-3124, ISSN Print: 1945-3116 - Omoshola S. Owolabi¹, Emmanuel Hinneh¹, Prince C. Uche¹, Nathaniel T. Adeniken¹, Jennifer A. Ohaegbulem², Samuel Attakorah¹, Oluwabukola G. Emi-Johnson³, Chinaza S. Belolisa⁴, Harold Nwariaku⁵
5. Money Transfer System Using Blockchain Technology: A Case Study of Banks in Iraq - Journal of Xi'an Uni. of Architecture & Technology, M. Sabri Deer, I. Al-Mejibli, A.Talal Yassin, Iraqi Commission for Computers and Informatics, Baghdad. Issn No : 1006-7930

Evaluation of effectiveness of modern information technologies' use in the bank

Medea Tevdoradze, Nino Melikidze, Nino Gudushauri
Georgian Technical University
medeat@gtu.ge, melikidze.nino22@gtu.ge, ghudushauri.n@gtu.ge

Abstract

In the article there is discussed the execution of the transfer system using different methods, namely traditional and modern blockchain technology. In order to study the advantages of using of blockchain technology, the business processes of traditional transfer and execution of transaction by blockchain are developed and presented, their models are developed using BPMN-notation, and simulation of these models is carried out. The simulation results revealed the minimization of transaction execution time, usage cost and involved personnel in performing banking services by blockchain technology.

Key words: Money transfer, Banking Transaction, Blockchain.

Convolutional Neural Network for Medical Image Processing

Ana Pitskhelauri, Irina Kuratishvili

Georgian Technical University

a.pitskhelauri@gtu.ge, kuratishvili.irina24@gtu.ge

Abstract

Convolutional Neural Networks (CNNs) have become highly influential in medical image processing due to their ability to automatically learn and extract relevant features from medical images. They have played an important role in medical imaging - from diagnostics to research to data integration. Following the success of deep learning in other real-world applications, it is seen as also providing exciting and accurate solutions for medical imaging, and is seen as a key method for future applications in the health care sector. Several research articles have explored and advanced the application of CNNs in various medical imaging domains such as radiology, pathology, dermatology, and more. This material contains a review of key findings and themes across multiple articles on this topic. A comprehensive overview of the current state of CNN-based methods as applied for medical image understanding are also given in this review, highlighting methodological challenges and opportunities.

Key words: Medical Data Processing, Convolutional Neural Network, Image Analyses using Deep learning.

1. Introduction

Importance of CNN (Convolutional Neural Network) in Medical Image. In Medical Image Analysis CNN are mostly used for such tasks as:

- Image Classification: The models like AlexNet, GoogleNet, VGG and ResNet aim at classification by concatenating fully-connected layers with the different classifiers;
- Object Detection: Models like R-CNN, Faster R-CNN and YOLO are normally used for the object detection;
- Image Segmentation: Models like FCNN and U-Net are widely used for the segmentation task.

➤ Basic Structure of CNNs

CNNs have become the most suitable deep learning model for image classification due to their remarkable performance for object detection, pattern recognition, image classification, segmentation and disease diagnosis [3,4,5]. CNNs are able to distinguish complex shapes of images due to their ability to learn and extract features without the need for prior knowledge or human intervention.

Convolutional neural network is composed of an input layer, convolutional layer, a pooling layer, and several fully-connected layers that optimally represent the input image for classification [1], [2]. as presented at figure 1.

The first layer is the **input layer** which receives the input image and passes it to the hidden layers, which are made up of multiple convolutional and pooling layers.

The most important part of a CNN is **hidden layers**. Convolutional neural networks have three main types of hidden layers: convolutional layers, pooling layers, and fully connected layers.

Convolutional layers use feature extraction to perform the main “work” of the CNN. the convolution operation is performed using a set of learnable kernels or filters to detect edges, corners and textures (to extract features from the input data) [6] A feature detector, or kernel, scans the input and creates a map of the features it finds. A convolutional neural network can have many convolutional layers, with each layer adding a more detailed understanding of the input. In order to optimize the network’s performance.

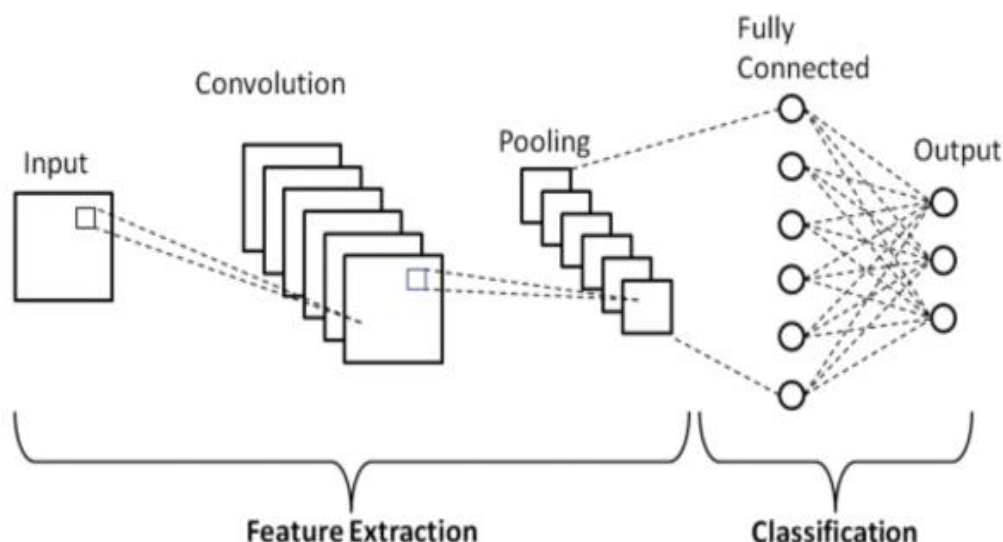


Figure 1

Pooling layers: The pooling layer of a convolutional neural network simplifies the work of the convolutional layers, losing data in the process but gaining a more efficient and less complex output. The convolutional layer focuses on extracting all the features, while the pooling layer provides with a less computationally challenging data set.

Fully-connected layers: The fully-connected layer of the CNN is so named because every node in this layer connects to every node in the previous layer. Essentially, the CNN process is threefold: Once the convolutional layer extracts features from the data, this information passes to the pooling layer, where it is downsized; it then transfers to the fully-connected layer, which maps the information gained from the previous two layers, classifying it for output.

The output layer is the last layer which produces the desired output based on the task at hand

CNN's can have additional components like dropout and normalization layers, depending on the specific application and network design.

For medical image analysis along with a robust CNN structure it is also important to use an optimal activation function. Having a suitable nonlinear activation function can significantly improve the performance of the network. It should be noted that there is no single or “best” activation function that works universally for all CNN architectures. The choice of activation function should be based on empirical evaluation and specific task requirements. More widely used activation function are: ReLU, Softmax, Hyperbolic Tangent (Tanh), Sigmoid, and Softplus.

2. Main part

➤ **CNN frameworks widely used for medical image understanding are:** TensorFlow, Keras.

Hyperparameters of CNN's

Hyperparameters used for medical image analyses are settings that affect the performance of Neural networks. There are around 30 to 40 hyperparameters widely reported in relation with application of CNN for object recognition and medical image understanding. Some of them are: learning rate, number of epochs, loss function, activation function, dropout rate, stride, padding, pooling size, filter/kernel size etc.

Detection and Diagnosis of Diseases

Many articles focus on how CNNs are used to detect diseases, often from MRI, CT, X-ray, or histopathological images. For instance:

Lung Cancer Detection: CNN models have been employed to detect nodules in lung CT scans, achieving significant accuracy in identifying malignancies. Studies like [Shen et al. (2017)] developed a multi-scale CNN that improved the detection of small lung nodules, addressing challenges such as variations in size and shape of the nodules.

Breast Cancer: Mammogram image analysis using CNNs has shown substantial improvements in early cancer detection. Ribli et al. (2018) developed a deep learning model that outperformed traditional methods in detecting breast cancer lesions.

Diabetic Retinopathy: Ophthalmologists diagnose the presence and the severity of the DR through a visual assessment by direct examination and evaluation of the eyes. There is a need to automatically identify DR by examining retinal fundus images. It is reported that deep learning models are a practical approach for DR detection, which can better identify DR compared to ophthalmologists.

Segmentation of Medical Images

Segmentation is a critical task in medical image analysis, where CNNs have been applied extensively:

U-Net Architecture: Introduced by Ronneberger et al. (2015) is one of the most influential CNN architectures for biomedical image segmentation. It is widely used for tasks like organ segmentation in MRI images and tumor segmentation in brain scans. Its symmetric encoder-decoder architecture allows precise localization, crucial for medical image analysis.

DeepLab: Another important CNN-based method, DeepLab, leverages atrous convolutions for semantic segmentation, showing strong results in segmenting intricate features of medical images, such as detecting boundaries between different tissue types or identifying small lesions.

Multimodal Medical Image Fusion

Several studies focus on combining multiple modalities of medical images (e.g., CT, MRI, PET) using CNNs for better diagnosis and interpretation:

Fusion of MRI and PET: Studies like Zhang et al. (2019) employ CNNs to fuse MRI and PET images to improve the diagnosis of Alzheimer's disease. CNN-based fusion techniques help in highlighting complementary features from different imaging modalities, improving overall diagnostic accuracy.

3D Medical Image Processing

Processing 3D medical images, such as MRI and CT scans, has been another challenging area for which CNNs are increasingly applied. 3D CNNs, in particular, have been explored:

Tumor Detection in 3D: Zhao et al. (2018) applied 3D CNNs to automatically detect brain tumors in 3D MRI scans. The added dimension allows the model to extract volumetric features, leading to more accurate detection of the shape and structure of tumors.

Organ Segmentation: 3D U-Net has also been employed to segment organs in 3D MRI scans, offering better spatial coherence compared to 2D segmentation approaches.

➤ CNNs in Pathology and Histopathology

CNNs are also being used to analyze digitized pathology slides, which are often very high resolution:

Cancer Grading: Campanella et al. (2019) demonstrated that CNNs could automatically grade prostate cancer from whole-slide histopathology images with high accuracy. The model's ability to process large images with fine details makes it ideal for pathology tasks.

Tumor Detection: Research such as Liu et al. (2017) shows that CNNs can outperform human pathologists in detecting small tumor regions in breast cancer histopathology slides.

Challenges and Future Directions

While CNNs have demonstrated great promise, several challenges remain:

Data Scarcity: Medical datasets are often small due to privacy concerns and the cost of annotation. Some studies propose solutions like transfer learning, data augmentation, and synthetic data generation to address this issue. Improvement in this field includes: exploring new activation functions for efficient and robust learning, including on small datasets (to mitigate the issue of labeled data scarcity).

Explainability: CNNs are often criticized for being "black-box" models. There is growing research focused on making CNNs more interpretable, such as using heat maps to show which parts of the image contributed most to the prediction.

Generalization: Medical images can vary significantly across hospitals, scanners, and patient populations. Several articles have proposed domain adaptation techniques to improve the generalization of CNN models.

Ongoing research in this field aims to advance it and improve the effectiveness, interpretability and applicability of CNN models in clinical settings.

3. Conclusion

The application of CNNs in medical image processing has shown remarkable success, leading to enhanced disease detection, segmentation, and diagnosis across various medical fields. Architectures like U-Net and its variants are particularly well-suited for biomedical tasks. As the field progresses, addressing challenges related to data availability, model explainability, and generalization will be crucial for broader clinical adoption of CNN-based systems.

References:

1. N. Aloysius, M. Geetha. A review on deep convolutional neural networks Proceedings of International Conference on Communication and Signal Processing (2017), pp. 588-592
2. W. Rawat, Z. Wang. Deep convolutional neural networks for image classification: a comprehensive review. *Neural Computation*, 29 (9) (2017), pp. 2352-2449
3. Alaba, S. Image Classification using Different Machine Learning Techniques. TechRxiv 2023. (CrossRef)
4. Chen, L.; Li, S.; Bai, Q.; Yang, J.; Jiang, S.; Miao, Y. Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks. *Remote Sens.* 2021, 13, 4712. (CrossRef)
5. Lin, X. Research of Convolutional Neural Network on Image Classification. *Highlights Sci. Eng. Technol.* 2023, 39, 855–862 [CrossRef]
6. Kao, C.-C. Optimizing FPGA-Based Convolutional Neural Network Performance. *J. Circuits Syst. Comput.* 2023, 32, 2350254. [CrossRef]
7. Shen, W., et al. (2017). Multi-scale Convolutional Neural Networks for Lung Nodule Detection.
8. Ribli, D., et al. (2018). Detecting and classifying lesions in mammograms with deep learning.
9. Ronneberger, O., et al. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation.
10. Zhang, H., et al. (2019). CNN-based multimodal medical image fusion for Alzheimer's disease diagnosis.
11. Zhao, G., et al. (2018). Brain tumor detection using 3D CNN in MRI images.
12. Campanella, G., et al. (2019). Clinical-grade computational pathology using weakly supervised deep learning on whole-slide images.
13. Liu, Y., et al. (2017). Detecting cancer metastases on gigapixel pathology images.
14. Usharani Bhimavarapu , Gopi Battineni, 2022 Dec 28;11(1):97. doi: 10.3390/healthcare11010097, Deep Learning for the Detection and Classification of Diabetic Retinopathy with an Improved Activation Function

კონვოლუციური ნეირონული ქსელი სამედიცინო გამოსახულებების დამუშავებისთვის

ანა ფიცხელაური, ირინა კურატიშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
a.pitskhelauri@gtu.ge, kuratishvili.irina24@gtu.ge

აბსტრაქტი

კონვოლუციური ნეირონული ქსელები (CNN) მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სამედიცინო გამოსახულებების დამუშავებაზე მათი სამედიცინო გამოსახულებებიდან რელევანტური მახასიათებლების ავტომატურად სწავლისა და გამოყოფის უნარის წყალობით. მათ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს სამედიცინო ვიზუალიზაციაში - დიაგნოსტიკიდან დაწყებული კვლევითა და მონაცემთა ინტეგრაციით დამთავრებული. სხვა რეალურ გამოყენებებში ღრმა სწავლების წარმატების კვალდაკვალ, ის განიხილება როგორც სამედიცინო ვიზუალიზაციის აღმართოვანებელი და ზუსტი გადაწყვეტილებების მომწოდებელი და მიიჩნევა ჯანდაცვის სექტორში სამომავლო გამოყენებების საკვანძო მეთოდად. არაერთმა სამეცნიერო სტატიამ შეისწავლა და წინ წაწია CNN-ის გამოყენება სხვადასხვა სამედიცინო ვიზუალიზაციის სფეროში, როგორცაა რადიოლოგია, პათოლოგია, დერმატოლოგია და სხვა. ეს მასალა შეიცავს ამ თემაზე არსებული მრავალი სტატიის ძირითადი მიგნებებისა და თემების მიმოხილვას. ასევე წარმოდგენილია სამედიცინო გამოსახულებების გაგებისთვის გამოყენებული CNN-ზე დაფუძნებული მეთოდების თანამედროვე მდგომარეობის ყოვლისმომცველი მიმოხილვა, მეთოდოლოგიური გამოწვევებისა და შესაძლებლობების ხაზგასმით.

საკვანძო სიტყვები: სამედიცინო მონაცემების დამუშავება, კონვოლუციური ნეირონული ქსელი, გამოსახულებების ანალიზი ღრმა სწავლების გამოყენებით.

ახალი სიმეტრიული ბლოკური ალგორითმის აგების შესაძლებლობა

ლევანი ჯულაყიძე¹, ზურაბ ქოჩლაძე², თინათინ კაიშაური³

1,3 -საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2-ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

julakidzelevan08@gtu.ge; zurab.kochladze@tsu.ge; t.kaishauri@gtu.ge

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 როგორებიცაა: 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. მოდიფიცირებული 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

$$E : \{0,1\}^k \times \{0,1\}^k \rightarrow \{0,1\}^n \quad (1)$$

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 კრიპტოანალიტიკოსს მიზანია გამოთვალოს გასაღები, მაშინ ბლოკური შიფრების უსაფრთხოების ანალიზი შეიძლება ჩამოვყალიბოთ 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 შესაძლებლობებს. 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 კრიპტომედევობაზე 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 გარდაქმნათ 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 დაშიფვრა **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.

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix}$$

ნახ.1. მატრიცა M

ყველა ოპერაცია, რომელიც სრულდება ალგორითმში დასაშიფრ ტექსტზე სრულდება ამ მატრიცაზე. ამ სტატიაში ოპერაციის, რომელიც სტრუქტურის ეფექტურ ოპერაცია მათემატიკურად მარტივად: $M \times A(\text{mod}256)$

-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
1	1	1	2
-1	1	2	-1

შევეხებით მხოლოდ ერთ უზრუნველყოფს ღია ტექსტის დამალვას შიფროტექსტში. ეს შეიძლება ჩავწეროთ მალიან

სადაც A წარმოადგენს

აუცილებლად გაჩნია შებრუნებული მატრიცა [4-8]. უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ ჩვენი ალგორითმის 1-ლი ეტაპი დეტალურად.

3. ჩვენი ალგორითმი

დავუშვათ მოცემული გვაქვს ღია ტექსტი: **American Standard Code for Information Interchange**. ვიღებთ საწყის 16 სიმბოლოს, გადაგვყავს ASCII კოდში და წარმოვადგენთ 4×4 განზომილებიან A მატრიცად:

A	m	e	r	i	c	a	n	65	109	101	114
65	109	101	114	105	99	97	110	105	99	97	110
space	S	t	a	n	d	a	r	32	83	116	97
32	83	116	97	110	100	97	114	110	100	97	114

ნახ.2. მატრიცა A

შემდეგ ვიღებთ მომდევნო 16 სიმბოლოს, რომელიც ასევე გადაგვყავს ASCII კოდში და წარმოვადგენთ როგორც 4×4 განზომილებიან B მატრიცად:

d	space	C	o	d	e	space	f	100	32	67	111
100	32	67	111	100	101	32	102	100	101	32	102
o	r	space	I	n	f	o	r	111	114	32	73
111	114	32	73	110	102	111	114	110	102	111	114

ნახ. 3. მატრიცა B

ჩვენს მიერ წინასწარ გამოთვლილი N მატრიცა:

ნახ.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:

140	-24	-19	176
80	-102	-91	72
153	66	80	237
73	-109	-95	60

140	232	237	176
80	154	165	72
153	66	80	237
73	147	161	60

140	232	237	176	80	154	165	72
10001100	11101000	11101101	10110000	1010000	10011010	10100101	1001000
153	66	80	237	73	147	161	60
10011001	1000010	1010000	11101101	1001001	10010011	10100001	111100

ნახ.5. მატრიცა A_1

ანალოგიური მეთოდით ვმოქმედებთ B მატრიცაზე. ჩვენს მიერ წინასწარ გამოთვლილია M მატრიცა (ნახ.6).

1	1	1	2
-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
-1	1	2	-1

ნახ.6. მატრიცა M

B მატრიცას ვამრავლებთ M მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4×4 განზომილებიანი B_1 მატრიცა.

მიღებული B_1 მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში.

91	80	124	159
-39	-32	38	-40
-12	-76	-35	-15
116	-91	-88	124

91	80	124	159
217	224	38	216
244	180	221	241
116	165	168	124

91	80	124	159	217	224	38	216
1011011	1010000	1111100	10011111	11011001	11100000	100110	11011000
244	180	221	241	116	165	168	124
11110100	10110100	11011101	11110001	1110100	10100101	10101000	1111100

ნახ.7. მატრიცა B_1

4. გამოფვრა.

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

ნახ.8.

მატრიცა N^{-1}

-2	-1	2	2
-2	-2	-1	-2
1	1	1	2
2	1	-1	-1

მატრიცა M^{-1}

5. დასკვნა

ჩვენ შევხვდით მხოლოდ ერთ ოპერაციას (ჩვენს მიერ მოდიფიცირებულს), რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ჩვენ შემთხვევაში 256 ბიტიდან 129 ბიტმა განიცადა ცვლილება, რაც ძალიან კარგი შედეგია.

ლიტერატურა – References :

1. Shannon 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. Julakidze L., Kochladze Z., Kaishauri T. (2021) New Symmetric Tweakable Block Cipher. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. 15 (1): 13-19.
10. Julakidze L., Kochladze Z., Kaishauri T. (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 symmetric block algorithm

Levani Julakidze¹, Zurabi Kochladze², Tinatini Kaishauri¹

1-Georgian Technical University,

2- Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

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. Modified Hill's Algorithm.

ინფორმაციული სისტემის მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის პრინციპები

იბრაიმ დიდმანიძე, რიმა თხილაიშვილი

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ibraimd@mail.ru, r.tkhilaishvili@gmail.com

რეზიუმე

ინფორმაციული სისტემის სტრუქტურა ეფუძნება მის ელემენტებსა და მათ შორის კავშირებს, რაც სისტემის ორგანიზაციასა და მართვის ოპტიმიზაციას ემსახურება. ამ პროცესის ეფექტურად განხორციელებისთვის საჭიროა შესაბამისი მრავალსაფეხურიანი მათემატიკური მოდელის შექმნა. ოპტიმიზაციის ორი სქემა მოიცავს: ჭარბი კოდური სტრუქტურებით წონასწორული მდგომარეობის შენარჩუნებასა და „ობობას ქსელის“ მოდელის გამოყენებას, რომელიც უზრუნველყოფს შეთავაზებისა და მოთხოვნის შესაბამისობას ეტაპობრივი პროცესის გზით. ეს მოდელი გამოიყენება სწავლების პროცესში ცოდნის ათვისების კონტროლისთვის. მოდელი მოიცავს დისკრეტულ და უწყვეტ ანალიზს, სადაც დრო იცვლება კონკრეტულ ან უწყვეტ ინტერვალებში, რაც საშუალებას იძლევა ფუნქციონალური დამოკიდებულების განსაზღვრისათვის. ინფორმაციული ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარების პირობებში შესაძლებელია ინფორმაციული სისტემების მართვის ოპტიმიზაციის პრინციპების დანერგვა სწავლებისა და აღზრდის პროცესში. ამ გზით სისტემა ინარჩუნებს წონასწორულ მდგომარეობას, რაც აუცილებელია სწავლებისა და საზოგადოების წინაშე მდგარი მოთხოვნების ეფექტურად დასაკმაყოფილებლად.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული სისტემა. მრავალსაფეხურიანი მათემატიკური მოდელი. დისკრეტული ანალიზი. უწყვეტი ანალიზი. ოპტიმიზაციის პრინციპები.

1. შესავალი

ინფორმაციული სისტემის სტრუქტურა წარმოადგენს მისი ელემენტებისა და მათ შორის არსებული კავშირების ერთობლიობას. ასევე, ადეკვატური სტრუქტურირება არის სისტემის ორგანიზაციისა და მართვის, მისი ფუნქციონირების ოპტიმიზაციის საფუძველი. უნდა აღინიშნოს, რომ სისტემის ორგანიზაციისა და მართვის პროცესის ოპტიმიზაცია მოითხოვს შესაბამისი მათემატიკური მოდელის შემუშავებას.

2. ძირითადი ნაწილი

ამასთან, ოპტიმუმის მიღწევის თანმიმდევრული პროცესის სპეციფიკის გათვალისწინებით, ოპტიმიზაციის მოდელი უნდა იყოს მრავალსაფეხურიანი.

აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილია განვიხილოთ ოპტიმუმის მიღწევის ორი სქემა:

- ჭარბი კოდური სტრუქტურების გამოყენებით წონასწორული მდგომარეობიდან გამოსული სისტემის საწყის წონასწორულ მდგომარეობაში დაბრუნება ფიქსირებული გადახრების ლოკალიზაციისა და მათი კორექციის საშუალებით;
- ეგრეთწოდებული „ობობას ქსელის მაგვარი“ მოდელის გამოყენებით შეთავაზებისა და მოთხოვნის ფუნქციების შეჯერება ეტაპობრივი პროცესის გზით.

„ობობას ქსელის მაგვარი“ სქემა წარმოადგენს ქსელურ მოდელს (ნახ.1.), რომელიც განიხილავს ერთი საქონლის ბაზრის სივრცეს: აღნიშნული საქონლის მიწოდებისა და მასზე მოთხოვნილების ვითარებას. გამყიდველსა და მყიდველს შორის გამართული ვაჭრობის შედეგად ხდება გარიგება (შეთანხმება) ოპტიმალურ ფასზე. რადგან, ზემოხსენებული „ობობას ქსელის მაგვარი“ მოდელი არსებითად არის ზოგადი ხასიათის სქემა და წარმატებით შეიძლება მისი გამოყენება, როგორც არა ანტაგონისტური (მშვიდობიანი) ისე ანტაგონისტური (მტრული) დაპირისპირების პირობებში.

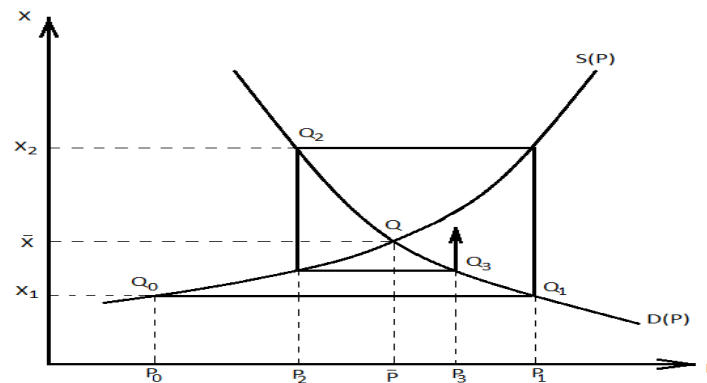
მოდელი იქნა გამოყენებული სწავლების პროცესში ცოდნის ათვისების ხარისხის, აგრეთვე - პედაგოგისა და მოსწავლის სასწავლო პროცესში ჩართულობის კონტროლისათვის.

აღნიშნული მოდელი იქნა გამოყენებული სწავლების პროცესში ცოდნის ათვისების ხარისხის, აგრეთვე პედაგოგისა და მოსწავლის ამ პროცესში ადეკვატური ჩართულობის კონტროლისათვის.

რამდენადაც დაპირისპირებულ მხარეთა შორის კონფლიქტების კონსენსუსით მოგვარების და ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების ერთ-ერთი ქმედითი ბერკეტია „ობობას მაგვარი ქსელი“, მიზანშეწონილია უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ მისი არსი, რადგანაც მისი მათემატიკური მოდელი ედება საფუძველად სწავლებისა და აღზრდის საქმეში რთული ინფორმაციული სისტემის მართვის ოპტიმიზაციას.

სწავლების პროცესში კი ერთ-ერთი გადამწყვეტი როლი ენიჭება ცოდნის ათვისების საკითხებს და, შესაბამისად, მისი მართვის პროცესის ოპტიმიზაციას.

თუ განვიხილავთ რ. ალენის მოდელს ერთი საქონლის ბაზრის პირობაზე, მაშინ შესყიდული და გაყიდული (მოთხოვნილი - მიწოდებული) საქონლის რაოდენობა და ფასი იქნება ცვლადები, ხოლო სწავლების პროცესში კი - ცოდნის მიწოდება და ათვისება.



ნახ.1. ობობასმაგვარი მოდელი (ერთი საქონლის ბაზრისათვის)

მოდელის ანალიზისათვის განვიხილოთ ქვემოთ წარმოდგენილი მაგალითი, სადაც P საქონლის ფასია.

ანალოგიური ტიპის ამოცანებში საჭიროა მოიძებნოს ის ოპტიმალური მნიშვნელობა, რომლისთვისაც მიიღწევა წონასწორობა. ასეთი სიდიდეები ავლნიშნოთ სიმბოლოს თავზე პატარა ხაზით. მაგალითად - ფასი წონასწორობის პირობებში \bar{P} . წონასწორობის პირობებში ფასის გადახრა მისი მნიშვნელობიდან ავლნიშნოთ $p = P - \bar{P}$.

ცვლადები ასახავს დროში ცვლილებას. დისკრეტულ ანალიზში დროის მიმდევრობითი ინტერვალი აღნიშნულია $t = 0, 1, 2, \dots, t$, ხოლო შესაბამისი ცვლადების მნიშვნელობები - ქვედა ინდექსებით (მაგალითად, ფასის მნიშვნელობა - $P_0, P_1, \dots, P_t, \dots$). მიმდევრობის ინტერვალის ათვლა იწყება საწყისი მომენტიდან, მაგრამ ყველაფერი მარტივი იქნება თუ მიმართულებას საწინააღმდეგოდ შევცვლით.

თუ t - დროის მიმდინარე მომენტია, მაშინ $(t - 1)$ - წინაა, ხოლო $(t - 2)$ - წინასთან დამოკიდებულებაში წინა (ანუ წინას წინა) და ასე შემდეგ საწყის მომენტამდე 0-მდე. მიმდინარე მომენტში ფასი იქნება P_t , წინა პერიოდში P_{t-1} და ასე შემდეგ - P_0 საწყის ფასამდე.

შემდეგი დასაშვები მიდგომა დაფუძნებულია უწყვეტ ანალიზზე, სადაც დრო იცვლება უწყვეტად. ცვლადი t აღნიშნავს დროს, $t = 0$ შეესაბამება საწყის მომენტს, $t > 0$ - შემდეგ მომენტს. ამ შემთხვევაში ცვლადი გვევლინება როგორც დროის ფუნქცია. მაგალითად - ფასი $P(0)$ - დან $t (t \geq 0)$ მომენტისათვის იქნება $P(t)$, როგორც საწყისი მნიშვნელობა $t = 0$ მომენტისათვის. $P(t)$ ტიპის ფუნქციები ხშირად გამოიყენება როგორც უწყვეტი ფუნქციები, მაგრამ სინამდვილეში ისინი შეიძლება წარმოგვიდგეს, როგორც საფეხუროვანი ფუნქციები.

განსხვავებას დისკრეტულ და უწყვეტ ანალიზს შორის მივყავართ იქამდე, რომ პირველ (ანუ დისკრეტულ) შემთხვევაში დრო იყოფა ცალკეულ ნაწილებად, ხოლო მეორე (უწყვეტ) შემთხვევაში ხდება მისი უწყვეტი ცვლილება. არ შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ასეთი ცვლადი, როგორც ფასი, აუცილებლად შეიცვლება შეუფერხებლად ან უწყვეტად.

ცვლადები დაკავშირებულია ფუნქციონალური დამოკიდებულებით, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება ზოგიერთი მუდმივა და პარამეტრი. ისინი ავლნიშნოთ შესაბამისი სიზუსტით. მაგალითად პარამეტრებად გამოგვადგება ზრდის ტემპი, რომელიც შეგვიძლია ავლნიშნოთ: r - უცვლელი ან ρ - თი კი ცვლადი. ჩვეულებრივ ისინი, ურთიერთ დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, შეიძლება იყოს წრფივი, ან კიდევ, გამონაკლის შემთხვევაში აპროქსიმაციული მიმდევრობა. შემდგომში წრფივი მოდელისათვის გამოვიყენებთ მუდმივების ერთმნიშვნელოვან აღნიშვნას: ლათინური ასოები (ქვედა ინდექსებით) გამოიყენება ცვლადების კოეფიციენტების

ასაღნიშნავად, ბერძნული - უცვლელი მნიშვნელობებისათვის. დისკრეტულ ანალიზში მოთხოვნის წრფივ ფუნქციას, სადაც იგი დამოკიდებულია ფასზე დროის მიმდინარე მომენტში და შეიძლება იყოს დამოკიდებული წინა პერიოდების ფასზე - ექნება შემდეგი სახე:

$$D_t = \alpha + aP_t \quad \text{ან} \quad D_t = \alpha + a_0P_t + a_1P_{t-1}$$

ან

$$D_t = \alpha + a_0P_t + a_1P_{t-1} + a_2P_{t-2}$$

და ასე შემდეგ.

შევნიშნოთ, რომ მისაღებია ჩავწეროთ $D_t = \alpha + aP_t$ იმ შემთხვევაშიც კი როცა a უარყოფითია და $D_t = \alpha - aP_t$ იმ შემთხვევაში, როცა a დადებითია. ანალოგიური აღნიშვნები შეიძლება გამოვიყენოთ უწყვეტ ანალიზშიც. ასე მაგალითად:

$$D_t = \alpha + aP_t$$

$$D_t = \alpha + a_0P(t) + a_1 \frac{d}{dt}P(t)$$

და ასე შემდეგ.

ეს მოდელი უნივერსალურია და მისი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერ დაპირისპირებულ მხარეთა შეთანხმებისათვის.

ინფორმაციული ტექნოლოგიების დინამიურად განვითარების პირობებში და კოდური სტრუქტურების კონკრეტულად განხილვის საფუძველზე შესაძლებელია რთული ინფორმაციული სისტემის მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის პრინციპების შემუშავება და მათი დანერგვა სწავლებისა და აღზრდის საქმეში. ამ საკითხის გადაწყვეტა შეიძლება კოდური ჭარბი სტრუქტურების საშუალებით, რადგან შეცდომების (ანუ ოპტიმუმიდან გადახრები) ლოკალიზაცია და მათი კორექცია არსებითად არის წონასწორული მდგომარეობიდან გამოსული ინფორმაციული სისტემის კვლავ დაბრუნება საწყის წონასწორულ მდგომარეობაში.

თანამედროვე პერიოდში სწავლება უნდა იყოს რეალური და ხდებოდეს ცხოვრების მოთხოვნილებათა გათვალისწინებით, რაშიც ხელსაყრელია აღნიშნული მოდელი. შესაბამისად უნდა იყოს შერჩეული სწავლების მეთოდი.

3. დასკვნა

არსებული რეალობის გათვალისწინებით, დღეს მთელი დატვირთვა ზოგადსაგან-მანათლებლო სისტემაზე მოდის. საზოგადოება მათ ავალებს, აღზარდონ პროგრესულად მოაზროვნე, დისციპლინირებული, ტოლერანტი და განათლებული თაობა. აღზრდა მეტად საპასუხისმგებლო და საინტერესო საქმეა, მაგრამ აუცილებელია, სიახლის შეტანა მეთოდებსა და აღზრდის, პიროვნების ფორმირებისა და ჩამოყალიბების პროცესში.

ლიტერატურა:

1. Nnanobashvili N., Meladze H. Data compression in the design problems Related to Pilotless Aircraft. Intern. Science and Technology center. Georgian Symposium for Protect development and conversion. Tbilisi, 1995
2. Аллен Р. Математическая Экономия. Изд. Иностранной литературы. Москва. 1960;
3. Ананиашвили Г.Г. К вопросу решения задачи организации и поиска записей в базах данных информационно-вычислительных систем. Сообщения АНГССР, т.120, №3, 1987, стр.513-516.
4. მეგრელიშვილი რ. ინფორმაციის დაცვის სისტემები. ინფორმაცია, კოდირება, კრიპტოგრაფია. თბილისის უნივერსიტეტი. თბ., 2007

5. ანანიაშვილი გ., ყიფშიძე ზ., თხილაიშვილი რ. ოპტიმიზაციის ამოცანის ფორმალიზაციის შესახებ. II-საერთაშ. სამეცნ.კონფ. „კომპიუტინგი/ინფორმატიკა, განათლების მეცნიერებები, მასწავლებლის განათლება“. მოხსენებათა თეზისები. ბათუმი 2012. გვ. 27.

6. დიდმანიძე ი., თხილაიშვილი რ. კოდირებისა და დეკოდირების შესახებ. I-საერთაშ. სამეცნიერო კონფ. „კომპიუტერული მეცნიერება, განათლების მენეჯმენტი, სწავლების თანამედროვე ტექნოლოგიები“. სამეცნ.შრ.. თბ., 2011. გვ. 16-18.

Principles of information system management process optimization

Ibraim Didmanidze, Rima Tkhilaishvili

Batumi Shota Rustaveli State University
ibraimd@mail.ru, r.tkhilaishvili@gmail.com

Abstract

The structure of an information system is based on its elements and the connections between them, serving to optimize the organization and management of the system. To effectively carry out this process, it is necessary to create a multi-level mathematical model. The optimization approach includes two main schemes: maintaining equilibrium through redundant coding structures and using a "spider web" model, which ensures the balance of supply and demand through a stepwise process. This model is applied in the learning process to monitor knowledge acquisition. The model includes both discrete and continuous analysis, where time changes in either specific or continuous intervals, allowing for the determination of functional dependencies. With the rapid development of information technologies, it is possible to implement principles of information systems management optimization in education and training processes. This approach enables the system to continuously maintain equilibrium, which is essential for effectively meeting the educational and societal demands.

Keywords: information system structure, multi-level mathematical model, discrete analysis, continuous analysis, optimization principles.

According to the Quasi-Physical Model of Knowledge and Economic Activity Actual Types of Thinking in Cognition

Igor Khanin¹, Maxim Polyakov², Nikolai Bormatenko³,
1-Noosphere Project Group, 2-independent researcher,
khanin.ig@gmail.com; maxvp77@gmail; nikhborm10@gmail.com

Abstract

Thinking is accessible to cognition through activity, in particular, through cognition itself. In it, thinking acts as the most important and integral part. At the same time, it is determined by rules, including logic, but not only by it. Rules are the ordered and systematized results of successful application of thinking. At the same time, the rules, based on the current needs of cognition, limit thinking. The formation of some knowledge takes hundreds and thousands of years, during which the world and knowledge change. Due to inertia caused by cognitive and socio-psychological reasons, a change in thinking may lag behind changes in the universe and cognition; therefore it is necessary to maintain consistency of the rules of thinking and cognition. At the same time, in order to establish relevant types of thinking, it is necessary to have at least knowledge about cognition. Cognition and thinking are special types of human activity, and knowledge, as their object, is a special essence. So far, they are difficult to organize and systematize. However, there is no transcendence in them. Knowledge is immanent in the universe, which itself is knowledge. As the experience of cognition accumulates, the

empirical and conceptual base is formed, which is necessary for the ordering and systematization of practical experience, the situation becomes clearer. As a result, one of the steps towards the creation of a theory of knowledge is a quasi-physical model of cognition and management. In this article, the current typology of thinking in cognition is considered on its basis.

Keywords: knowledge, thinking, cognition, ontology, genesis, typology.

1. Introduction

The aim of the paper is to identify the types of thinking that are relevant today. The relevance of the topic itself is driven by the accumulated problems in understanding informational phenomena, although it is not limited to them. These problems particularly concern the mutual adaptation of so-called information technologies (IT) and economic practices. In this regard, the ongoing crisis in programming awaits resolution, including the need to enhance programmers' productivity, as well as the paradox of IT productivity in the economy [Peter Broedner. 2020].

Thinking in cognition is primarily regulated by universal rules of logic, which mainly pertain to the linguistic aspect of knowledge. At the same time, potential subjects for regulation include questions regarding the structure and genesis of knowledge. The rules for working with these subjects depend on the practice and theory of cognition, that is, empirical and theoretical knowledge about knowledge itself and cognition. Moreover, studying thinking, which is immanent to consciousness, is as problematic as observing its own structure and functioning with one's own eyes. This should be approached through the lens of cognition, in which thinking manifests most vividly and completely because the combined results of thinking and cognition are represented as knowledge.

Rules, as an ordered and systematized experience of successful thinking application, should ensure future success. However, these rules also constrain thinking based on the current needs of cognition. The formation of knowledge, meanwhile, can take hundreds or even thousands of years, during which its form, connections, and structure evolve. An example of this is the phenomenon of signs, which has been significant since Ancient Egypt (e.g., Taisina) and has continued to attract attention through Antiquity and the Middle Ages into modern and contemporary times. Yet, many questions remain unanswered in this field of phenomena. To manage this diversity effectively, knowledge should be regularly simplified through ordering and systematization. The result should be a finite set of knowledge types and rules for their future generation. It is difficult to conceive that thinking, which operates with knowledge under such conditions, can remain unchanged. Cognition represents a unique object of both thinking and knowing. In this context, knowledge as an object of cognition is a sign-based essence, often referred to as meta-knowledge. This type of knowledge resists easy ordering and systematization. However, within knowledge itself, if we do not intrude into the realm of consciousness, there is no transcendence that explains the supposedly insurmountable complexity of understanding knowledge and cognition itself. Niels Bohr asserted that the task of science is to make the complex trivial. This is precisely the function of ordering and systematizing knowledge. Such cognition, rather than merely solving puzzles, should be termed "normal science".

Due to the integrity of the universe being studied, knowledge should also be a holistic construct. However, given the limited capabilities of the cognitive mind, it is built piece by piece, gradually approaching an ideal of rigor, simplicity, and aesthetics. Before the scientific revolution, the number of scientific disciplines grew at an alarming rate. However, the scientific revolution addressed this issue so effectively that "solving puzzles," or "normal science" [Thomas Kuhn, 2003], has become a widespread profession in the field of natural sciences.

Today, a similar situation is developing in the realm of informational phenomena. As experience in cognition accumulates and an empirical and conceptual base necessary for the ordering and systematization of practical experience is formed, the situation is changing. There is a lack of awareness regarding what is happening, specifically the need for a relevant theory that continuously evolves alongside cognition, which should be scientific rather than philosophical. One of the attempts to create such a theory is the Quasi-Physical Model of Cognition and Economic Activity [Polyakov M., Khanin I., Bormatenko N., 2019, 2020, 2021; Polyakov M., Khanin I., Bormatenko N., and Kosenchuk S. 2018; 2020]. The typology of thinking in cognition proposed in this research is based on this model.

2. Sources of the Quasi-Physical Model of Cognition and Economic Activity (QPMCEA)

Among the sources that have significantly influenced the formation of the Quasi-Physical Model of Cognition and Economic Activity (QPMCEA), the works of Merab Mamardashvili should be mentioned first. He introduced the concept of the "quasi-physical approach to non-physical phenomena" [Mamardashvili M.K.,

2011], which has been utilized in the QPMCEA. Through this concept, the understanding emerged that knowledge begins with phenomena. He also influenced the interpretation of Karl Marx's idea of transformed forms of cognition, which served as a foundation for the convergence of natural and humanitarian knowledge [Mamardashvili M.K., 1992]. His teachings on fundamental philosophical abstractions (the embodiment of the understood according to Plato, the principles of cogito according to Descartes, and practices according to Marx) have impacted the QPMCEA regarding the criteria for the truth of knowledge [Mamardashvili M.K., 1990]. Not all aspects of his legacy have been named or fully explored. Primarily, this concerns the concept of the "arrow" [Mamardashvili M.K., 1997] and the continuity provided only by a paradigmatic phase (the ordering of knowledge based on the theory of cognition).

It is evident that the knowledge on the bookshelf has a direct relation to signs. This statement is trivial. The problem lies in the ontology (essence) of the sign. The resolution of this issue in the QPMCEA has been significantly influenced by the philosophy of A.F. Losev, particularly his work "The Philosophy of Name" [Losev A.F., 1999], which has rightly been called the best ontology of the sign (Taisina). The variants of the ontology of the sign, stemming from F. de Saussure or C.S. Peirce, around which semiotics has revolved for over 100 years, were either unfamiliar to Losev or were ignored by him. He not only developed a detailed structure but also constructed a framework for the theory of names (signs). In fact, this is a theory of the cognizable world (universe) as knowledge, where the world has a sign-based nature, as C.S. Peirce noted: "The entire universe is permeated with signs, if not composed exclusively of signs" [Peirce C., 2000].

The next significant source of influence comes from the ideas of V.I. Vernadsky. His introduction of the concept of the noosphere was prompted by the realization that the notion of nature as a cognizable universe had reached its limits. This assertion diverges from speculations surrounding the meaning of this term, which often reduce it to an ecologically safe biosphere or a sort of intellectual interface between Earth civilization and higher forms of intelligence. In reality, Vernadsky described the noosphere in his letters as a reality requiring cognition, which emerged around one million years ago as a result of the formation of Homo sapiens, language, and social relations (Vernadsky V.I., Correspondence with B.L. Lichkov). In other sources, he claims that socio-historical cognition is a direct continuation of natural historical cognition, and that the noosphere is a continuation of the biosphere. In terms of the spherical approach (dividing the universe into spheres of phenomena), this means that the noosphere integrates the biosphere with the physiosphere, encompassing both nature and the infosphere. Vernadsky's persistent interest in the theory and history of cognition can be understood as an attempt to see through historical facts the principle behind such integration. At a philosophical level of abstraction, this principle can be found in the works of C.S. Peirce and A.F. Losev (as noted above).

The choice of the quasi-physical path of cognition was also influenced by the works of A.F. Losev "Music as an Object of Logic" [Losev A.F., 1990], and R. Ackoff and F. Emery's "On Purposeful Systems" [Ackoff R., Emery F., 1974]. Their approach may still be insufficiently quasi-physical, but it is no longer physicalism, which fails to recognize that even the cognition of the physiosphere, being an embodiment of forms of consciousness, is also quasi-physical in this sense. This hidden nature of the physiosphere is clearly manifested in the physics of subluminal speeds and the micro-world, where theories already introduce observers, demons, and cats. It is also important to highlight the research findings of Shiali Ramamrita Ranganathan [Ranganathan S., 1957], Randall Collins [Collins Randall, 2002], and Peter Broedner [Peter Broedner, 2005]. Despite significant differences among their approaches, they provide a useful framework for comparing the QPMCEA.

3. Key components of QPMCEA

The distinctive feature of the QPMCEA is that it adheres to the rules it establishes itself. Its quasi-physical nature aligns it more closely with scientific theories than with philosophical ones. Indeed, the culmination of its genesis is the ordering (divergence and differentiation) and systematization (convergence and integration) of empirical knowledge about cognition. This result was first achieved during the scientific revolution of the 17th century, which opened a new chapter in global knowledge termed "the science of rapid discoveries" [Collins Randall, 2002]. In the cyclical flow of scientific cognition, the phase of ordering and systematization is the most scientific, or theoretical, since the other two phases are either of purely practical—primarily economic—or mixed nature. The term "quasi-physical" in QPMCEA is primarily attributed due to the fact that it is derived from the systematization of practices (empirical knowledge) throughout the complete cycle of understanding nature (the physiosphere and biosphere), supplemented by practices from the initial phase of the cycle of cognizing informational phenomena.

In the QPMCEA, knowledge is assigned a sign-based, or in other words, informational ontology (essence). According to the quasi-physical approach, a sign represents a complex entity (one might also refer to it as a “body”) composed of the signified and the signifier, between which human consciousness establishes correspondence through thinking, thereby creating actual being. For each signifier, whether in the past, present, or future, there should exist a corresponding signified. A signifier without a signified, essentially in a simplified form, with no chance of encountering it, is referred to as a simulacrum. Conversely, the signified can represent itself while remaining an indeterminate sign without a “name,” perceived by the cognizing subject at the level of sensation. Such a sign-knowledge in QPMCEA is considered empirical. Thus, knowledge is typologically divided into empirical, theoretical, and complex forms.

Furthermore, knowledge is differentiated in relation to the universe, which is a unified whole but is divided into spheres of phenomena due to the limited capabilities of humans and according to the spherical approach: the physiosphere, biosphere, and infosphere. The biosphere includes everything found in the physiosphere, plus an organic sphere that cannot be reduced to the physical one. The infosphere consists of the signified, represented by the biosphere, and the signifier, which is the sphere of data or datasphere that connects being and consciousness. In this context, signifiers can only be artifacts, at least in functional terms.

The term “noosphere” in the QPMCEA refers to the integration, or as Merab Mamardashvili puts it, the continuum of being and consciousness. However, to approach their understanding and clarify their place in the theory of cognition, it is necessary to supplement the empirical and conceptual foundations of QPMCEA with experiences derived from the cognition of the infosphere. Thus, the cognition of the noosphere is a cyclically recurring movement that includes the creative transformation of the universe. A guiding reference for this can be found in Pierre Teilhard de Chardin's Omega Point or A.F. Losev's concept of absolute being. For both Vernadsky and Teilhard, the noosphere represents a singular entity that they examined from different perspectives based on their respective objectives: Vernadsky viewed it as a tool, while Teilhard regarded it as an object of cognition. Therefore, it serves as an ontological bridge connecting conscious cognitive activity with the developing and cognizable spherical object.

Thus, the primary model within the QPMCEA is the sign model of the infosphere. In the context of QPMCEA, it is referred to as the model of horizontal divergence/convergence and differentiation/integration of knowledge. In this case, the horizontal aspect symbolizes the spatial structure of knowledge, in contrast to the division based on levels of concretization/abstraction of knowledge, which is termed vertical. Each sphere undergoes cycles of cognition. Due to the causal dependence between the spheres, these cycles follow a specific order (first the physiosphere, then the biosphere, followed by the infosphere, and in perspective the noosphere) and can repeat with the emergence of new primary knowledge. This new knowledge appears in an incomplete sign form. These are prototypes of knowledge—proto-knowledge—that emerge in the pre-paradigmatic phase. To become fully-fledged signs and knowledge, they should be ordered and systematized. This process takes place in the paradigmatic phase.

After this phase, there comes a stage during which benefits are derived from the ordered and systematized knowledge, leading to their utilization and the transformation of proto-signifieds into new useful material forms. These processes are represented by a model within the QPMCEA, designated by the acronym PIDev – the model of Paradigmatic Innovative Development, or alternatively, the model of the phylogenesis of knowledge (analogous to evolutionary theories in biology). Thus, in the PIDev model, knowledge is viewed as a continuous environment with evolutionarily changing properties.

When applying this model to empirical material, it becomes clear that data processing technologies emerged in the mid-20th century during the paradigmatic phase of cognition of the physiosphere and found application in informational practices that were in the pre-paradigmatic phase. In this complex yet poorly coordinated form (due to the differences in types of cognition and thinking), they attained the status of information technologies. However, not relying on information theory due to its absence, they can only be referred to as proto-technologies that require ordering and systematization.

The third main structure of the QPMCEA is the model of vertical integration of knowledge (VIK), or the parabola of knowledge. It integrates knowledge related to spheres of different scales into holistic discrete autonomous blocks that maintain connections with blocks pertaining to a larger-scale sphere. Knowledge within the parabola varies by levels of concretization/abstraction. Empirical knowledge is characterized by the maximum level of concretization and the minimum level of abstraction. It is represented by objects that are directly perceived by the senses. The concept of an object, or body, in QPMCEA is expanded to include sets and processes. Its integrity is provided by its inclusion in a sign as the signified.

The philosophical level possesses the minimum level of concretization and the maximum level of abstraction. Between these extremes, there can be any number of levels depending on the nature of the cognitive tasks being addressed. For example, these levels may include constructions and technologies, applied theories, fundamental theory, mathematics, and methodological theory. Knowledge located in the left half-plane relative to the axis of the parabola of knowledge is classified as proto-knowledge (proto-practices, proto-technologies, proto-theories, etc.). This knowledge is unordered and pre-paradigmatic. On the right side, symmetrically opposite to them across the axis of the parabola, are ordered forms of knowledge that do not carry any prefix in their designation, simply referred to as "knowledge."

The ladder formed by levels of concretization/abstraction is associated with the method of ascending from the abstract to the concrete, a method attributed to Hegel and utilized by Marx in his work on "Capital." When comparing ascent with modeling using the parabola, ascent differs from modeling in that abstractions are applied to empirical knowledge not directly, but gradually, step by step. This approach significantly increases the likelihood of success, enhancing the efficiency coefficient in the process of solving puzzles. One could make a symmetrical assumption that the steps to the left of the vertical axis correspond to the method of descending from the concrete to the abstract. Considering that the term "parabola" in literary theory denotes a parable or fable, it is fittingly chosen, reflecting the cognitive situation that begins with primitive economic products and ultimately leads to more advanced constructions and technologies.

In contrast to the PIDev model, which defines the genesis of a continuous environment of knowledge (phylogenesis), the VIK model (parabola of knowledge) determines the genesis of discrete contextualized/decontextualized units of knowledge, that is, their ontogenesis. During the paradigmatic phase, based on the VIK model (parabola of knowledge), there occurs the convergence and integration of knowledge that has already been spontaneously divided, leading to their scientific (essential) ordering and systematization. The foundation of this convergence is the recognition of their sign ontology, according to which a sign, forming a complex of the signified and the signifier, continues to exist even when one of these parts is absent. This logic aligns with the definition of knowledge as a materialized form of consciousness. Thus, the core of the QPMCEA consists of three main models that define the homonymous types of thinking: horizontal integration of knowledge (structure of the infosphere); paradigmatic innovative development, or phylogenesis of knowledge; and vertical integration of knowledge the parabola of knowledge, or ontogenesis of knowledge.

4. Conclusion - Current Types of Thinking in Cognition

Thinking depends on multiple factors. Among them are the rules developed during intellectual activity, particularly in the process of cognition. The content of the subject of logic is only a part of these rules. Cognition is the process of acquiring knowledge about the universe and applying it for its constructive transformation. In the theoretical model of the QPMCEA, the universe is viewed as a continuum - a seamless whole composed of consciousness and being. Being includes biological phenomena, that is, the biosphere, which is permeated by physical phenomena (the physiosphere) and constitutes the signified part of the infosphere, representing a sign structure with the signifier in the form of a data sphere.

Cognition takes place across spheres of phenomena. Due to the integrity of the universe, the transition from one sphere to another should take into account the continuity of the development of these spheres. The process of cognition is cyclical, and cycles are divided into phases according to the fundamental differences in the objects and functions of cognition. Cognition, and consequently thinking, in each phase is regulated by sets of rules (logic in a broad sense) and values associated with the model of cognition.

The temporal scales of cognition are such that cycles and some phases can last for hundreds or thousands of years. During this time, the actual nature of cognition (its object and functions) changes. Therefore, especially in the absence of unified rules across the universe, existing rules and values of thinking may continue to operate out of inertia, even when they no longer correspond to real tasks. Under current conditions, subjects continue to act in familiar ways until a revolutionary situation arises in the intellectual and other spheres. A relevant model can help mitigate and prevent unnecessary upheavals.

According to the QPMCEA, the cycles of cognition in any sphere of phenomena in the universe consist of three major phases (which also determine the maturity level of knowledge about that sphere of phenomena):

pre-paradigmatic phase, empirical in nature, where primary empirical knowledge-objects and processes primarily emerges as by-products of practical activities and finds application in practice. In this phase, the cognizing subject is required to have thinking capable of seeing and forecasting their scientific potential. The rules governing such thinking can be shaped by cognitive psychology as well as the outcomes of knowledge aimed at studying activities. Today, this includes George Herbert Mead's symbolic interactionism, methodological approaches, and the concept of thought-activity by G.P. Shchedrovitsky, Pierre Bourdieu's

"theory of practice," Anthony Giddens' structuration theory, and the praxiology of E.E. Slutsky and Tadeusz Kotarbiński, among others. In the context of scientific cognition, the primary function of this phase is to establish its empirical foundation;

paradigmatic phase, where the organization/systematization of empirical knowledge takes place, meaning the theoreticalization of empirical knowledge. The presence of this phase and the orientation towards it make cognition scientific. In fact, these functions begin in the pre-paradigmatic phase with attempts to theorize empirical knowledge by forming elements of descriptive languages, identifying and formulating problems within the empirical base, and proposing hypotheses aimed at solving these problems. The rules of thinking in this phase are defined by numerous philosophical and scientific (comprehensive, including philosophy) variants of theories of knowledge and cognition, starting from Aristotle. The uniqueness of the QPMCEA in this context lies in its relevance, consisting of the transition to the cognition of the infosphere, as a logical development of spherical, essentially phenomenological thinking in light of and in perspective of a noospheric (sign-based) representation of the universe. Another important feature is the ordering and systematization of empirical knowledge about the infosphere. Already in the empirical phase, there begins movement from concrete to abstract; without this, the symmetric method of ascending from abstract to concrete, attributed to G.W.F. Hegel and K. Marx, loses its meaning. The marker for the completion of the paradigmatic phase is the division of knowledge and intellectual labor, carried out theoretically within the framework of the knowledge parabola and organizationally in the form of an intellectual network. The results of this division are intended for use in the next phase as well as in subsequent spheres of phenomena and cycles;

post-paradigmatic phase, during which benefits are extracted from the ordered and systematized knowledge. Thomas Kuhn referred to this phase as normal science or puzzle-solving. Science is considered one of the most intellectual forms of activity. In scientific cognition, which includes not only cognitive but also, in particular, economic practices, the paradigmatic phase is the highest and purely intellectual phase. This phase requires a maximally broad set of thinking tools, that is, intellect. In contrast, the distinctive feature of the post-paradigmatic phase of puzzle-solving is the ability to rely on the fundamental theory of the sphere of phenomena or its part created during the scientific phase, which allows for savings in the forms of thinking required by the paradigmatic phase. In the post-paradigmatic phase, benefits and knowledge are extracted through their materialization via invention, unification and standardization, technologization, and technology transfer. As can be seen, this phase encompasses a variety of functions ranging from the development of applied theories to the commercialization of technologies. Thinking and cognition in this phase are regulated by extensive literature, one example of which is the theory of inventive problem solving (TRIZ) by Genrich Altshuller.

Among the three types of thinking mentioned in the context of cognition, we believe that paradigmatic and pre-paradigmatic thinking are the most relevant for the infospherical cycle of cognition, which is currently in the empirical phase and on the verge of transitioning into the phase of ordering and systematizing knowledge. An argument for accelerating this transition could be the limitations of pre-paradigmatic thinking, which, even in its highest form - proto-modeling - cannot overcome the intellectual barrier of organizing and systematizing knowledge, regardless of whether the bearer or imitator of this thinking is a human or an artificial intelligence. Although choosing empirical modeling may yield certain short-term tactical advantages, it will inevitably result in stagnation and degradation at the strategic level of cognition. Furthermore, artificial intelligence poses a significant social risk, not merely as an empty threat to seize power over the world but through its potential to restrict the masses' access to participation in natural selection at the lower tiers of the intellectual hierarchy.

Empirical knowledge accumulated at the upper levels of the parabola of knowledge, without being balanced by fundamental abstractions of organization and systematization at the lower levels, makes the parabola of knowledge unstable and short-lived. At the same time, slowing down cognition is as dangerous as stopping a train on a shaky bridge. Merab Mamardashvili offers another metaphor - the upward movement on a slippery slope, where continuous movement is necessary just to stay in place. Considering the factor of diversity (typology) in cognition is essential to prevent this scenario, which affect not only cognition, including science, but also the economy and social relations.

References:

1. Brödner Peter. 2005. Software is orgware – a semiotic perspective on computer artifacts. Proceedings of the International Conference on User-driven IT Design and Quality Assurance. Stockholm, 2005. Pp. 1–8.
2. Brödner Peter. 2020. Das Produktivitätsparadoxon der Computertechnik, In: H.J. Bontrup & J. Daub (Hg.): Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus, Köln: PapyRossan, 2020. Pp. 114-144.
3. Peirce, C. 2000. Logical Foundations of the Theory of Signs. St. Petersburg, 2000.
Polyakov M., Khanin I., Bormatenko N. 2019. “From Modeling to Technologization of Conscious Phenomena Based on Understanding”. 9th International Conference on Information and Social Science (ICISS 2019). **Manila**, Philippines, July 12-14th, 2019. 32(1): pp. 468-478.
5. Polyakov M., Khanin I., Bormatenko N. 2020. Quasi-physical Model of Knowledge. In the search for a unified basis of integration of technology and society. Proceedings of The Fifteenth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology. Porto, Portugal, 2020. Pp. 13-23.
6. Polyakov Maxim, Igor Khanin, Nikolai Bormatenko. 2021. Knowledge-Machine Convergence Based on a Quasi-Physical Approach to Humanitarian Phenomena. The International Journal of Communication and Linguistic Studies 19 (1): 33-47. doi:10.18848/2327-7882/CGP/v19i01/33-47. Extent: 15 pages.
7. Polyakov Maxim, Igor Khanin, Nikolai Bormatenko, and Sergiy Kosenchuk. 2018. Ontology of Sign: A Key to Information and Technology Advancement of the Knowledge Society. International Journal of Technology, Knowledge, and Society 14 (3): 27–45. <https://doi.org/10.18848/1832-3669/CGP/v14i03/27-45>.
8. Polyakov M., Khanin I., Bormatenko N., and Kosenchuk S. 2020. Quasi-physical View on the Development of the Infosphere. The International Journal of Technology, Knowledge, and Society. 2020. Vol. 16. Iss 1. Pp. 35-48.
9. Ranganathan S. 1957. Library science and scientific method. Annals of Library Science. 1957. Vol. 4, № 3. Pp. 19-37.
10. Ackoff, R., & Emery, F. (1974). On Purposeful Systems. Moscow: Soviet Radio, 1974. 272 pages.
11. Vernadsky V.I. Correspondence with B.L. Lichkov. Collected Works. Vol. 15. <http://www.vernadsky-heritage.ru/SiteAssets/24tomnik/Tom%2015.pdf>
12. Randall Collins. 2002. Sociology of Philosophies: A Global Theory of Intellectual Change. Novosibirsk: Siberian Chronograph, 2002. 1,284 pages.
13. Thomas Kuhn. 2003. The Structure of Scientific Revolutions: Translated from English / T. Kuhn; Compiled by V. Yu. Kuznetsov. — Moscow: Publishing ACT, LLC, 2003. — 605 pages.
14. Losyev A.F. 1990. From Early Works / Music as an Object of Logic. Moscow: Pravda, 1990. 656 pages.
15. Losyev A.F. 1999. Philosophy of Name / The Most Self: Works. Moscow: EKSMO-Press, 1999. 1,024 pages. pp. 29-204.
16. Mamardashvili M.K. 1990. Consciousness as a Philosophical Problem. Moscow: Questions of Philosophy, 1990, No.10, pp. 3–18.
17. Mamardashvili M.K. 1992. Transformed Forms (On the Necessity of Irrational Expressions) // Mamardashvili M.K. How I Understand Philosophy. Moscow: Progress, 1992. 281 pages.
18. Mamardashvili M.K. 1997. The Arrow of Cognition. Moscow: Languages of Russian Culture, 1997.
19. Mamardashvili M.K. 2011. Vilnius Lectures on Social Philosophy (An Experience of Physical Metaphysics). Moscow: Azbuka Publishing, 2011. 320 ps.
20. Taisina E.A. Philosophical Questions of Semiotics. URL: <http://www.tajsina.dialog21.ru/semyotika.htm>

ON THE LIMIT THEOREMS FOR THE FAMILY FIRST PASSEGE TIME OF FIRST ORDER AUTOREGRESSIVE PROCESSES WITH RANDOM COEFFICIENT

S.A.Aliyev², F.H. Rahimov^{1,3}, I.A.Ibadova^{2,4}

1-Baku State University, Baku, Azerbaijan

2-Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan Institute of Mathematics and Mechanics Baku, Azerbaijan

3-Institute of Applied Mathematic, Baku State University Baku, Azerbaijan

4-Baku Business University

soltanaliyev@yahoo.com, ragimovf@rambler.ru, ibadovairade@yandex.ru

Abstract

In the paper are proved the law of large numbers and central limit theorem for a family of passage time of Markov random walks described by the sums of values of first-order autoregressive process with random coefficient.

Keywords: first-order autoregressive process with random coefficient, law of large numbers, central limit theorem, a family of first passage time

AMS Subject Classification: 60F05

1. Introduction

Let $\xi_n, n \geq 1$ be a sequence of independent identically distributed random variables determined on the probability space (Ω, \mathcal{F}, P) .

Let us consider the first order autoregressive process $AR(1)$ in the following form

$$X_n - m = \beta(X_{n-1} - m) + \xi_n, n \geq 1 \quad (1)$$

where the initial value X_0 of the process is independent of the innovation $\{\xi_n\}$, and $m, \beta \in R = (-\infty, \infty)$ some fixed numbers.

The scheme $AR(1)$ in the form (1) has been considered in the works [1-4, 6, 8-11].

For the case of $AR(1)$ sequence generated by the innovation with the normal distribution with parameters (θ, σ^2) , the problems of testing statistical hypotheses with respect to the parameters m, β, a and σ^2 have been studied in the paper [7].

To the specified work linear and nonlinear boundary problems for $AR(1)$ under different assumptions with respect to distribution of innovation have been studied for the case $m = 0$.

At present great attention is paid to the study of limit theorems for family of the passage time of first order autoregressive process ($RCAR(1)$) with the random coefficient β .

The $RCAR(1)$ processes are first introduced and studied in the work [5, 12, 13].

Random coefficient autoregression processes have application in time series theory [13].

In the present work we study linear boundary problems for the sum $L_n = \sum_{k=0}^n X_k$ in the case of $RCAR(1)$.

We will suppose that the random variable β is independent of random variables X_0 and in the independent of innovation ξ_n .

2. Formulation and proof of main results

Assume

$$L_n^* = \frac{L_n - nm}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^n (X_k - m).$$

Theorem 1. Let $E\xi_1 = 0, D\xi_1 = \sigma^2, E|X_0 - m| < \infty$ and for some $\varepsilon \in (0, 1) P(|\beta| < \varepsilon) = 1$.

Then

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P((1 - \beta)L_n^* \leq x) = \Phi\left(\frac{x}{\sigma}\right), \quad x \in R,$$

where $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-y^2/2} dy$.

By means of theorem 1, we can study asymptotic behavior of a family of the moments of the first intersection

$$\tau_a = \inf \{n \geq 0 : L_n \geq a\} \tag{2}$$

of the level $a \geq 0$ by the sum $L_n = \sum_{k=0}^n X_k, n \geq 1$.

Similar problems have been studied in [9-11] the case when the coefficient β in the model (1) is not a random value.

We have

Theorem 2. Let conditions of Theorem 1 be fulfilled, and suppose that $0 < m < \infty$ and as $n \rightarrow \infty$

$$\frac{1}{n} \sum_{k=0}^n X_k \xrightarrow{a.s.} m \tag{3}$$

Then

1) $P(\tau_a < \infty) = 1$ for all $a \geq 0$,

2) $\tau_a \xrightarrow{a.s.} \infty$, as $a \rightarrow \infty$,

3) $\frac{\tau_a}{a} \xrightarrow{a.s.} \frac{1}{m}$, as $n \rightarrow \infty$

Lemma . Let the sequence of random variables η_n almost surely converge to the random variable η and the family of integral-valued non-negative random variables $t_a, a \geq 0$ almost surely converge to infinity $t_a \xrightarrow{a.s.} \infty$ as $a \rightarrow \infty$. Then $\eta_{t_a} \xrightarrow{a.s.} \eta$ as $a \rightarrow \infty$.

Theorem 3. Let the conditions of Theorem 2 be fulfilled, and

$$\frac{X_n}{\sqrt{n}} \xrightarrow{a.s.} 0 \text{ as } n \rightarrow \infty. \tag{4}$$

Then

$$P((1 - \beta)\tau_a^* \leq x) = \Phi\left(\frac{x}{\sigma}\right),$$

where $\tau_a^* = \frac{\tau_a - \frac{a}{m}}{m^{-\frac{3}{2}}\sqrt{a}}$.

References:

1. Aliyev R.T., Rahimov F., Farhadova A. On the first passage time of the parabolic boundary by the Markov random walk. *Communications in Statistics - Theory and Method*. 2022, pp.1-10.
2. Aliyev S.A., Rahimov F.H., Ibadova I. A. Limit theorems for the Markov random walks describes by the generalization of autoregressive process of order one $AR(1)$. *Transaction of national academy of science of Azerbaijan*, . 2023, pp.34-40.
3. Melfi V. F. Nonlinear Markov renewal theory with statistical applications. *The Annals of Probability*. 1992, 20 (2), pp. 751-771.

4. Melfi V.F. Nonlinear renewal theory for Markov random walks. Stochastic processes and their applications. 1994, 54 pp. 71 -93.
5. Nicholsc D.F., Quinin B.C. Random coefficient autoregressive models, An Introduction Lectures notes in statistics, New York, Springer, 1982.
6. Novikov A. A. Ergashov B. A. Limit theorem for the first passage time of the level of autoregressive processes Tr. MIAN 202, 209-233. 1993.
7. Phatarfod R. M. Sequential tests for normal Markov Sequence. Journal of the Australian Mathematical Society. 2009, v.12, issue 4, pp. 433-440.
8. Pollard D. Convergence of stochastic processes. 1984, New York, Springer.
9. Rahimov, F.N., Ibadova, I.A., Farkhadova, A.D. Limit theorems for a family of the first passage times of a parabola by the sums of the squares autoregression process of order one $AR(1)$. 2019 Uzbek Math. J. (2), 81-88.
10. Rahimov, F.N., Ibadova, I.A., Farkhadova, A.D. Limit theorem for first passage times in the random walk described by the generalization of the autoregressive process. 2020. Uzbek Math. J. (4), 102-110. DOI:10.29229/uzmj.2020-4-11.
11. Rahimov F.H. Khalilov U.S., Hashimova T.E. On the generalization of the central limit theorem for the least-squares estimator of the unknown parameter in the autoregressive process of order one $AR(1)$. 2021. Uzbek Mathematical Journal , volume 6.5, issue 3 pp. 126-131. DOI:10.29229/uzmj 2021-3-12.
12. Vesna M.C. A random coefficient autorregressive model ($RCAR(1)$) - 2004. Universiti Belgrad publikacija Elektribenn fakulteta. Ser. matematika 15(15), pp. 45-50.
13. Zang. Y. Vang X. Limit theory for Random coefficient first-order autoregressive process.2010. Communications and statistics theory and Methods 39, pp. 1922-1931.

CI/CD-ის დახმარებით DevOps-ში პროგრამული უზრუნველყოფის მიწოდების ხარისხისა და სიჩქარის ოპტიმიზაცია

კუჩავა გიორგი, დვალისვილი გიორგი, ქართველიშვილი იოსებო

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

kuchavagiorgi08@gtu.ge, gdvalishvili01@gmail.com, s.kartvelishvili@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია თანამედროვე ტექნოლოგიურ სამყაროში პროგრამული უზრუნველყოფის მომხმარებელამდე მიწოდების სიჩქარის და ხარისხის უზრუნველყოფის შემაფერხებელი ფაქტორების, გადაწყვეტის მცდელობა. კვლევის მიზანი იყო გამოგვევლინა CI/CD (უწყვეტი ინტეგრაცია და უწყვეტი მიწოდება) ავტომატიზებული პროცესების როლი, დასახული მიზნის მიღწევაში. CI/CD ფაიფლაინები ავტომატიზებულს ხდიან კოდის შედგენას, ტესტირებას და განთავსებას, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ადამიანური შეცდომების რისკს და ზრდის შედეგის პროდუქტიულობას. პროცესი მოიცავს სტატიკური კოდის ანალიზს და უსაფრთხოების სკანირებას, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს კოდის ხარისხი და უსაფრთხოება. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ CI/CD-ის სარგებელი მრავალფეროვანია. კვლევის მეთოდებად გამოიყო შემდეგი ფაქტორები: ხარისხი, ადრეული ეტაპზე შეცდომების

იდენტიფიცირება და გამოსწორება უზრუნველყოფს პროდუქტის მაღალ ხარისხს. სიჩქარე, ავტომატიზაცია ამცირებს მიწოდების დროს და ზრდის გუნდის პროდუქტიულობას. უსაფრთხოება, უსაფრთხოების სკანირება ამცირებს უსაფრთხოების ხარვეზების რისკს. სტანდარტიზაცია, სტატიკური კოდის ანალიზი ხელს უწყობს კოდის ხარისხის უზრუნველყოფას. მთლიანობაში კვლევა აჩვენებს, რომ CI/CD არის გასაღები სწრაფი, ხარისხიანი და უსაფრთხო პროგრამული უზრუნველყოფის მისაღებად თანამედროვე ტექნოლოგიურ გარემოში, ასევე ასახავს DevOps-ის როლს რომელიც აერთიანებს პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა-განვითარებას (Development) და ოპერაციებს (Operations), რომლის მთავარი მიზანია გააუმჯობესოს დეველოპერებისა და ოპერაციების გუნდების თანამშრომლობა, რათა უზრუნველყოს სწრაფი, მოქნილი და საიმედო პროგრამული უზრუნველყოფის მიწოდება მომხმარებელამდე.

საკვანძო სიტყვები: დეველოპმენტი, ოპერაციები, DevOps

1. შესავალი

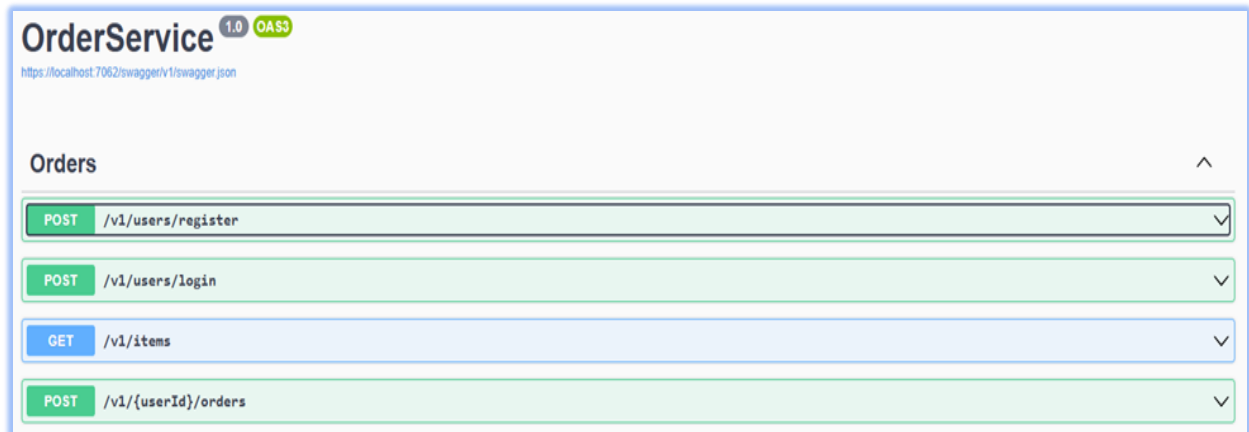
CI/CD (Continuous Integration and Continuous Delivery/Deployment) კი არის კონკრეტული პრაქტიკა, რომელიც ავტომატიზებას ახდენს პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების, ტესტირების და განთავსების პროცესების. ამის წყალობით, ცვლილებები კოდში სწრაფად ინტეგრირდება და მიეწოდება მომხმარებელს.

2. მეთოდოლოგია

კვლევისთვის შეიქმნა სერვერული ტიპის (backend) აპლიკაცია .NET ტექნოლოგიის დახმარებით. უნდა აღინიშნოს, რომ აპლიკაცია ემსახურება მხოლოდ და მხოლოდ კვლევით მიზნებს და არ წარმოადგენს რეალურად გამოყენებად პროგრამულ უზრუნველყოფას; ფუნქციონალი მაქსიმალურად მინიმალისტურია და საკმარისია მხოლოდ ანალიზის დროს განხილული თემების ილუსტრაციისთვის. აპლიკაციის OrderService დახმარებით შევძლებთ გამოვავლინოთ სისუსტეები, რომლებიც შეიძლება წარმოიშვას პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისას. ამ მოწყვლადობის გაანალიზებით კი შეგვიძლია განვსაზღვროთ, თუ როგორ შეუძლია კარგად სტრუქტურირებულ CI/CD pipeline-ს აღმოაჩინოს და შეამსუბუქოს ისინი განვითარების პროცესის დასაწყისში. OrderService აპლიკაციაზე გამოყენებული იქნა სხვადასხვა ტიპის ტესტები და ხარისხის შემოწმების საშუალებები, რაც ხაზს უსვამს ავტომატური ტესტირების, კოდის ანალიზისა და უსაფრთხოების სკანირების მნიშვნელობას CI/CD პროცესში. აღწერილი ანალიზის საშუალებით ჩვენი მიზანია ვაჩვენოთ, რომ CI/CD ფაიფლაინი არ არის მხოლოდ ავტომატიზაციის ინსტრუმენტი, არამედ ასევე არის ინტეგრალური კომპონენტი პროგრამული უზრუნველყოფის მაღალი ხარისხის შესანარჩუნებლად. პრობლემების ადრეული აღმოჩენითა და ადამიანური ჩარევის შემცირებით CI/CD ფაიფლაინი ხელს უწყობს პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების უფრო ეფექტურ, სწრაფ და საიმედო ციკლს. მიუხედავად იმისა, რომ აღწერილი კვლევა ფოკუსირებულია GitLab CI/CD და .NET აპლიკაციის გამოყენებაზე, როგორც ილუსტრაციულ მაგალითზე, მნიშვნელოვანია ხაზგასმით აღვნიშნოთ, რომ აქ განხილული პრინციპები, პრაქტიკა და მეთოდოლოგიები უნივერსალურად გამოიყენება CI/CD ინსტრუმენტებისა და ტექნოლოგიების ფართო სპექტრში.

OrderService აპლიკაციის აღწერა: აპლიკაცია მოიცავს აუცილებელ ფუნქციებს, რომლებიც საჭიროა მომხმარებლების მართვისა და ტრანზაქციის დასამუშავებლად ელექტრონული კომერციის სივრცეში. OrderService-ის ძირითადი მახასიათებლები მოიცავს მომხმარებლის რეგისტრაციას, მომხმარებლის შესვლას, ნივთების ჩამონათვალს და ნივთის შეძენას.

API მეთოდები: მომხმარებლის რეგისტრაცია: საშუალებას აძლევს ახალ მომხმარებლებს შექმნან ანგარიში საჭირო დეტალების მიწოდებით, როგორცაა მომხმარებლის სახელი, პაროლი და ელფოსტა. მომხმარებლის შესვლა: ახდენს მომხმარებლების აუთენტიფიკაციას, რაც საშუალებას აძლევს მათ შევიდნენ სისტემაში. ნივთების ნახვა: მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს დაათვალიერონ ხელმისაწვდომი ნივთების სია, რომელთა არჩევაც და შემდეგ შეძენაც შეუძლიათ. ნივთების შეძენა: მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს შეიძინონ არჩეული ნივთები. (ნახაზი 1) გვიჩვენებს ზემოხსენებული API მეთოდების OpenAPI-ის ილუსტრაციას SwaggerUI ინსტრუმენტის გამოყენებით.



ნახ. 1. SwaggerUI ინსტრუმენტის ინტერფეისი

CI/CD პროცესის გასამართად კი ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა ზემოთ განხილული უწყვეტი ინტეგრაციისა და უწყვეტი მიწოდების ხელსაწყოებიდან ერთ-ერთი: GitLab CI/CD (ლისტინგი_1), რომლის კონფიგურაციაც, საწყის ეტაპზე შემდეგნაირად გამოიყურება:

```
image: mcr.microsoft.com/dotnet/sdk:8.0

stages:
  - build
  - publish

variables:
  DOTNET_CLI_TELEMETRY_OPTOUT: 1

before_script:
  - dotnet restore

build:
  stage: build
  script:
    - dotnet build --configuration Release
  artifacts:
    paths:
      - src/OrdersService/bin/Release/net8.0/

publish:
  stage: publish
  script:
    - dotnet publish --configuration Release --output publish/
  artifacts:
    paths:
      - publish/
```

ლისტინგი-1. GitLab CI/CD - ს კონფიგურაცია

3. ძირითადი ნაწილი

ჩვენს მიერ შემუშავებულ CI/CD pipeline-ში, ტესტირების ეტაპის შექმნა, შემდეგი კონფიგურაციის ფრაგმენტითაა შესაძლებელი (ლისტინგი_2):

```

22 test:
23   stage: test
24   script:
25     - dotnet test --logger:trx
26   artifacts:
27     when: always
28     reports:
29       junit: TestResults/*.trx
30     paths:
31     - TestResults/
32

```

ლისტინგი_2. ტესტირების ეტაპის კონფიგურაცია CI/CD pipeline - ში

ხოლო ცვლილების 'change user validation logic' განხორციელების შემდეგ, ცხადად შეგვიძლია დავინახოთ, რომ ტესტირების პროცესში ხარვეზი წარმოიქმნა, რის შემდეგაც უზრუნველყოფილია, რომ კოდი, რომელშიც ლოგიკური შეცდომა დაფიქსირდა, მომხმარებლისთვის არ იყოს მიწოდებული.

კონკრეტული შეცდომის დეტალურად ნახვა კი (რაც პრობლემის მოკვლევასა და გამოსწორებას ამარტივებს) pipeline-ის log-ებშია შესაძლებელი.

➤ კოდის ხარისხი, სტანდარტებთან შეუსაბამობა

კოდის ხარისხი ტერმინია, რომელიც პროგრამული უზრუნველყოფის ტექნიკური სიჯანსაღის, სტანდარტებთან შესაბამისობის გამოსახატად გამოიყენება. კოდის მაღალი ხარისხი აუცილებელია იმის უზრუნველსაყოფად, რომ პროგრამული უზრუნველყოფა იყოს საიმედო, ადვილად გასაგები და ცვლილებებისადმი მოქნილი. იგი მოიცავს სხვადასხვა ასპექტს, მათ შორის კოდირების სტანდარტების დაცვას, ხარვეზებისა არარსებობას და რესურსების ეფექტურ გამოყენებას. კოდის ხარისხი პირდაპირ გავლენას ახდენს განვითარების პროცესების ეფექტურობაზე, ასევე პროგრამული პროექტების გრძელვადიან ფუნქციონირებაზე. კოდის ხარისხის შესაფასებლად და მასში შესული ცვლილებების ვალიდაციისათვის OrdersService აპლიკაციის CI/CD pipeline-ში ჩაშენდა სტატიკური კოდის ანალიზის ინსტრუმენტი Sonarqube, მისი ინტეგრირება მოხდა, შემდეგი კონფიგურაციით (ლისტინგი_3)

```

47 sonarqube-check:
48   image: maven:3-jdk-11
49   script:
50     - mvn sonar:sonar
51       -Dsonar.projectKey=sqp_f0482cf8dc9a888458aab44c0878626ba993ecb1
52       -Dsonar.host.url=http://sonarscanner:9000/
53       -Dsonar.login=orders-service
54

```

ლისტინგი-3. ინსტრუმენტი Sonarqube - ს ინტეგრირება CI/CD pipeline - ში

Sonarqube სკანერმა გამოავლინა კოდის მოქნილობასთან იგივე maintainability-თან და დუბლირებებთან დაკავშირებული ხარვეზები, რომელთა ნახვაც პორტალზეა შესაძლებელი.

პორტალზე ასევე საშუალება გვაქვს დეტალურად ვნახოთ თითოეული ხარვეზი, რაც ძალიან ამარტივებს მსგავსი პრობლემების მოგვარებას.

ამრიგად, სტატიკური კოდის ანალიზის ხელსაწყოების CI/CD pipeline-ში ინტეგრაცია მნიშვნელოვნად გვეხმარება პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის გაზრდაში, ცვლილებების ვალიდაციითა და შესაბამისი რეკომენდაციებით.

➤ სისუსტეები, უსაფრთხოების პრობლემები

OrderService აპლიკაციაში უსაფრთხოების პრობლემების გამოსავლენად გამოყენებულ იქნა ღია კოდის (open-source) ტიპის კოდის სკანირების ხელსაწყო trivy, რომელიც დეტალურად ამოწმებს პროგრამულ უზრუნველყოფას ზემოხსენებული სისუსტეების მიმართ. მიღებულია OrderService აპლიკაციის შედეგები:

აღსანიშნავია, რომ trivy პროგრამულ უზრუნველყოფას ამოწმებს დაბალი, საშუალო, მაღალი და კრიტიკული ტიპის სისუსტეებზე. აპლიკაციის საჭიროებებისგან გამომდინარე მისი კონფიგურაცია შესაძლებელია იმგვარად, რომ სკანირება წარუმატებლად ჩაითვალოს მხოლოდ კონკრეტული ტიპის სისუსტეების აღმოჩენის შემთხვევაში, მაგ: მაღალ ან/და კრიტიკულ მოწყვლადობებზე. OrderService აპლიკაციის CI/CD pipeline-ში trivy-ს ინტეგრირება შემდეგი კონფიგურაციის დამატებით მოხდა (ლისტინგი_4):

```

23   trivy_scan:
24     stage: scan
25     image: aquasec/trivy:latest
26     script:
27     | - trivy image --exit-code 1 --severity HIGH,CRITICAL orders-service
28

```

ლისტინგი_4. CI/CD pipeline - ში Trivy - ს ინტეგრირება

Pipeline-ში სკანირების კომპონენტი უზრუნველყოფს რომ მაღალი და კრიტიკული ტიპის სისუსტეების შემთხვევაში პროგრამული უზრუნველყოფის მიწოდება არ მოხდეს, რაც ცხადია საშუალებას გვაძლევს შევინარჩუნოთ უსაფრთხოება და მაღალი ხარისხი.

➤ არათავსებადი განახლებები

ჩვენს მიერ შემუშავებულ OrderService აპლიკაციაში ვერსიონირების მართვისა და უკუთავსებადობის ვალიდაციისათვის გამოყენებულ იქნა 'swagger-diff' ინსტრუმენტი. swagger-diff ადარებს OpenAPI დოკუმენტის სხვადასხვა ვერსიებს, ხაზს უსვამს ცვლილებებს API მეთოდებში, სქემებსა და პარამეტრებში. ხელსაწყო გვებმარება აღმოვაჩინოთ ნებისმიერი ცვლილება, რომელმაც შეიძლება გავლენა იქონიოს არსებულ ინტეგრაციებზე, როგორებიცაა: API მეთოდების მისამართების ცვლილება, Request/response ობიექტების ცვლილება, Response სტატუს კოდების ცვლილება, მოცემულია ინსტრუმენტის გასაშვები სკრიფტის დასახელებით swagger-diff.sh-ს კონფიგურაცია.

CI/CD pipeline-ში swagger-diff დამატებით, შესაძლებელია, ავტომატურად შემოწმდეს API ცვლილებები პროგრამული უზრუნველყოფის აგების დროს და დავრწმუნდეთ, რომ ნებისმიერი არათავსებადი ცვლილება გამოვლენილი იქნება განვითარების პროცესის დასაწყისში. ცხადია, მსგავსი ვალიდაცია გვებმარება შევინარჩუნოთ პროგრამული უზრუნველყოფის მდგრადობა.

4. დასკვნა

CI/CD გადამწყვეტ როლს თამაშობს პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის გაზრდაში მარტივი და ავტომატიზირებული პროცესებით, ხელს უწყობს კოდში ლოგიკური შეცდომების იდენტიფიცირებას და გამოსწორებას განვითარების პროცესის დასაწყისში. სხვადასხვა ტიპის ტესტირების ეტაპების ინტეგრირებით pipeline-ით შესაძლებელია კოდის ვალიდაცია მასში ნებისმიერი ცვლილების შეტანისთანავე, რაც უზრუნველყოფს, რომ განახლებები არ გამოიწვევს შეცდომებს ან რეგრესიებს.

კოდის ხარისხისა და სტანდარტებთან შესაბამისობის ვალიდაცია CI/CD pipeline-ში სტატიკური კოდის ანალიზის ხელსაწყოების, მაგ. Sonarqube დახმარებითაა შესაძლებელი. მსგავსი ხელსაწყოები ავტომატურად აფასებს კოდს წინასწარ განსაზღვრული წესებისა და სახელმძღვანელო პრინციპების შესაბამისად, შედეგების მიხედვით კი დეველოპერებს საჭირო რეკომენდაციებს და მითითებებსაც აძლევს. ეს უზრუნველყოფს, რომ პროგრამული უზრუნველყოფის კოდი დარჩეს რეკომენდირებულ სტანდარტებთან შესაბამისობაში.

უსაფრთხოების სისუსტეები მნიშვნელოვანი პრობლემაა პროგრამული აპლიკაციებისთვის. CI/CD კი აგვარებს ამას უსაფრთხოების სკანირების ინსტრუმენტების

ინტეგრირებით, როგორც Trivy, რომელიც აპლიკაციის მოწყვლადობას მრავალმხრივ ამოწმებს, დაწყებული ოპერაციული სისტემიდან, დამთავრებული აპლიკაციაში გამოყენებული საერთო კოდის კომპონენტებით (ბიბლიოთეკებით) მსგავსი ვალიდაციები გუნდებს საშუალებას აძლევს მისიერად მიაგნონ უსაფრთხოების პრობლემებს და მოკლე ვადაში გადაჭრან.

არათავსებადი ცვლილებები, როგორც OpenAPI კონტრაქტის ცვლილება, სერიოზულ საფრთხეს უქმნის პროგრამული უზრუნველყოფისა და მასზე დამოკიდებული სხვა აპლიკაციების მდგრადობას. მიუხედავად იმისა, რომ მსგავსი პრობლემებისგან თავს შესაძლოა API ვერსიების მართვით ვიზღვევდეთ, შეცდომის დაშვების ალბათობა და რისკი მაღალია. CI/CD ფაიფლაინი მასში ინტეგრირებული OpenAPI კონტრაქტის ვალიდაციის ხელსაწყოებით, როგორცაა მაგ. Swagger-diff, მნიშვნელოვნად ამარტივებს მდგომარეობას კოდში შეტანილი ნებისმიერი ცვლილების გადამოწმებით, სიმარტივე კი ცხადია დადებითად აისახება პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხსა და გუნდის ეფექტურობაზე. გარდა ხარისხის უზრუნველყოფისა, CI/CD პრაქტიკის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი გავლენა მანუალური პროცესების შემცირებაა, რაც საშუალებას აძლევს გუნდებს ფოკუსირება მოახდინონ უფრო ღირებულ ამოცანებზე. მექანიკური პროცესები, როგორცაა კოდის შედგენა, ტესტების გაშვება და სერვერებზე განთავსება, შრომატევადია და მიდრეკილია ადამიანური შეცდომებისკენ. CI/CD კი ავტომატურს ხდის ამ ამოცანებს, ათავისუფლებს დეველოპერებს და საშუალებას აძლევს კონცენტრირდნენ პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარებაზე. განმეორებადი ამოცანების ავტომატიზირებით, CI/CD გამორიცხავს ხელით ჩარევის აუცილებლობას, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს პროგრამული უზრუნველყოფის მიწოდების დროს. მაგალითად, ტესტების მანუალურად გაშვება შეიძლება იყოს შრომატევადი და ხანგრძლივი პროცესი, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც კოდის ბაზა დიდია. CI/CD-ით, ტესტები ავტომატიზირებულია და მუშაობს კოდის ყოველი ცვლილებისას, რაც უზრუნველყოფს პრობლემების ადრეულ დაფიქსირებას და სწრაფად მოგვარებას.

ლიტერატურა:

1. Jeffrey Palermo, .NET DevOps for Azure: A Developer's Guide to DevOps Architecture the Right Way, Apress, 2019, 289 p.
2. Forsgren, Nicole, Jez Humble, and Gene Kim., Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. Portland, OR: IT Revolution Press, 2018, 288 p.
3. Rafal Leszko, Continuous Delivery with Docker and Jenkins - Third Edition: Create secure applications by building complete CI/CD pipelines 3rd ed. Edition, Packt Publishing, 2022, 374 p.

Optimizing the quality and speed of software delivery in DevOps through CI/CD

Kuchava Giorgi, Dvalishvili Giorgi, Kartvelishvili Ioseb
Georgian Technical University

kuchavagiorgi08@gtu.ge, gdvalishvili01@gmail.com, s.kartvelishvili@gtu.ge

Abstract

This article explores the challenges associated with ensuring the speed and quality of software delivery in today's technological landscape and proposes a solution. The study aims to investigate the role of automated CI/CD (Continuous Integration and Continuous Delivery) pipelines in addressing these challenges. CI/CD automates the building, testing, and deployment of code, significantly reducing human error and increasing efficiency. The process involves static code analysis and security scanning to guarantee code quality and security. The research found that CI/CD offers numerous benefits. These include improved quality through early error detection and correction, increased speed due to automation, enhanced security through vulnerability scanning, and improved code standardization. Overall, the study demonstrates that CI/CD is a

key factor in delivering high-quality, secure, and timely software in today's fast-paced technological environment. Research also reflects the role of DevOps, which combines software development (and operations, Its main goal is to improve collaboration between developers and operations teams to ensure fast, flexible and reliable software delivery to customers.

Keywords: development, operations, DevOps

Using Artificial Intelligence Optimization Methods In Energy Management

Lily Petriashvili¹, Tamar Lominadze², Tamar tsereteli³

Georgian Technical University

l.petriashvili@gtu.ge, t.lominade@gtu.ge, t.tsereteli@gtu.ge

Abstract

Energy management has become critically important in the era of modern technological development, as it ensures clean energy, efficient resource allocation, and sustainable development. In response to growing energy demands and climate challenges, Artificial Intelligence (AI) plays a significant role by introducing innovative methods for process optimization.

AI methods such as genetic algorithms, particle swarm optimization, and deep learning enable accurate energy production forecasting, grid optimization, and effective management of renewable energy resources. These approaches minimize energy losses, improve grid resilience, and efficiently reduce CO2 emissions. The development and implementation of AI optimization methods in the energy sector create vast opportunities for more rational resource utilization, sustainable development, and ecological benefits.

Keywords: Artificial Intelligence, energy management, optimization methods, renewable energy

2. Introduction

Energy management is considered one of the most critical fields in the modern world. Its primary goal is to optimize the production, distribution, and consumption of energy to ensure efficient resource use, cost reduction, and environmental protection. Current climate changes, growing energy demands, and the limited availability of natural resources further emphasize the need for advancing energy management strategies.

Energy management encompasses various aspects, including:

- **Energy production processes:** Maximizing the efficiency of both traditional (oil, natural gas, coal) and renewable energy sources (solar, wind, hydro).
- **Energy distribution:** Maintaining grid stability, minimizing losses, and ensuring uninterrupted supply to consumers.
- **Improving energy efficiency:** Enhancing energy usage in residential, industrial, and commercial sectors.

Energy management plays a critical role in the sustainable utilization of energy resources. Without effective management, the risks of overuse and environmental damage increase, negatively impacting ecosystems, economies, and overall quality of life.

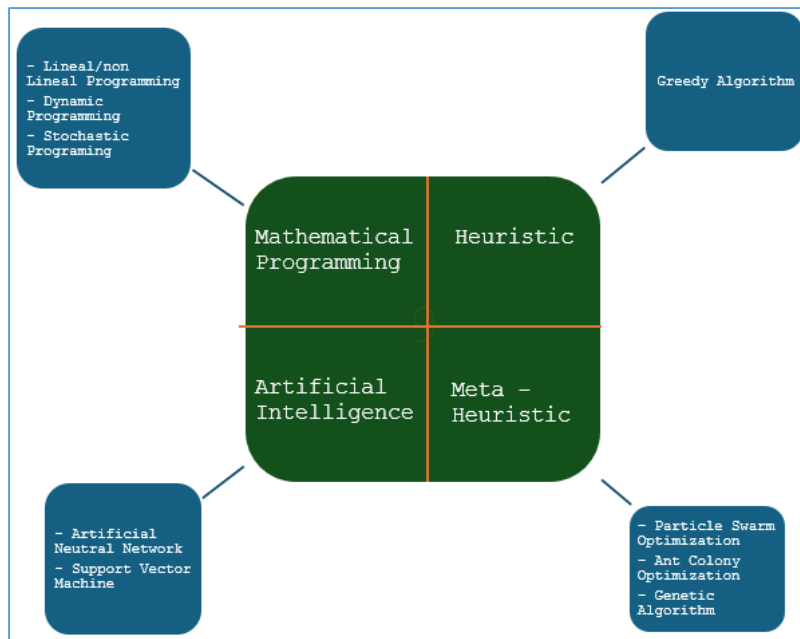
3. Application of Optimization Methods in Energy Management

Achieving efficiency in energy management heavily relies on optimization methods, which enable organizations and governments to refine energy systems and ensure optimal control.

One significant optimization method used in energy management is **forecasting energy demand and production**, which relies on advanced technologies such as neural networks and machine learning. Accurate forecasting directly impacts production efficiency, allowing energy producers to plan production volumes and allocate necessary resources in advance [1-2].

Other AI-driven optimization techniques, such as **genetic algorithms** and **particle swarm optimization**, contribute to enhancing grid management by identifying optimal energy distribution patterns. These methods help minimize energy losses, stabilize grids, and adapt to fluctuating energy demands more effectively.

Deep learning further facilitates the intelligent management of renewable energy sources, ensuring maximum utilization of solar, wind, and hydro energy. By analyzing historical and real-time data, AI algorithms help energy systems adapt to environmental changes and maintain consistent performance.



The integration of AI-driven optimization methods in energy management presents immense potential for addressing modern challenges. These advancements pave the way for the rational use of resources, support sustainable development, and enhance environmental benefits, ensuring a cleaner and more efficient energy future.

In complex energy networks, heuristic and optimization methods such as Genetic Algorithms (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO) are employed to ensure network stability and reduce losses. These methods enable energy providers to optimally manage grids, preventing overloads and system failures.

Renewable energy sources like wind and solar are known to be unstable, which necessitates optimizing storage solutions such as batteries and other energy storage methods to ensure supply stability. For instance, Artificial Intelligence (AI) is used to optimize the charging and discharging processes of batteries, enhancing overall energy system efficiency.

However, it should be noted that energy management faces numerous challenges. While technologies provide critical solutions for optimizing energy system management, the integration of AI and other technologies into traditional energy systems introduces both technical and financial complexities. Additionally, energy systems continuously generate vast amounts of data, which require modern technologies such as Big Data processing and AI for effective management and analysis. Moreover, ensuring the cybersecurity of energy infrastructure is a pressing challenge. Cyberattacks on energy networks can severely damage a country's economy and infrastructure [3-4].

4. The Role of AI Optimization Methods in Energy Management

AI optimization methods play a crucial role in energy management by enabling precise predictions for energy production and demand. Accurate demand forecasting facilitates the optimal allocation of resources, often utilizing AI algorithms such as neural networks that analyze large datasets. For managing complex energy grids, algorithms like Genetic Algorithms (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO) are employed. These methods help minimize energy losses and maintain grid stability. The variability of renewable energy sources, such as solar and wind, necessitates optimal storage solutions. AI enables the optimization of battery charging and discharging processes, significantly enhancing overall system efficiency [5-6].

Approaches in AI Optimization Methods

AI optimization methods encompass various techniques, including:

- **Genetic Algorithms (GA):** These algorithms identify optimal solutions in energy systems with multiple variables.
- **Particle Swarm Optimization (PSO):** PSO is applied in managing energy grids, particularly in complex and large-scale systems.
- **Deep Learning:** Deep neural networks process large volumes of data, improving energy forecasting and management.
- **Bayesian Networks:** These are used for fault analysis and risk management in energy systems.

5. Methodology and Practical Implementation

In the context of energy management, the implementation of AI optimization methods involved the use of Genetic Algorithms (GA) to minimize energy costs and optimize resource utilization. The research process included data collection (energy prices, solar generation, and energy demand), formulation of an objective function for cost reduction, definition of constraints (battery capacity, grid consumption), and execution of the GA optimization cycle. The GA was implemented on the Python platform, utilizing fitness functions, selection, crossover, and mutation operators. The results demonstrated a reduction in costs compared to traditional methods, highlighting the potential for sustainable energy solutions.

Practical Application of Genetic Algorithms. To achieve efficient energy system management, a Genetic Algorithm (GA) was applied to optimize the system based on price and consumption forecasts. The GA implementation consisted of multiple stages aimed at cost minimization and optimal use of sustainable resources. In the initial stage, data preparation was conducted, involving the preprocessing of relevant inputs.

- Energy price forecasting (C_t);
- Solar panel generation forecasting
- Determination of user energy consumption (D_t)
- Battery parameter definition (B_{max} initial and final energy levels)

We identified the following requirements:

- Reduction of total electricity costs (using the grid);
- Purchasing energy from the grid only when its price is lowest;
- Maximizing the efficient use of energy generated by solar panels;
- Using stored energy only when necessary.

We introduced the following constraints and defined the criteria:

Objective Function: To minimize energy costs, we utilized a "fitness" function:

$$\text{Objective} = \min \sum_{t=1}^T (C_t * E_t^{grid})$$

Where:

- C_t – The price of energy obtained from the grid at t time.
- E_t^{grid} – The volume of energy obtained from the grid at t time.

Constraints:

- The battery energy level must always satisfy $0 \leq B_t \leq B_{max}$
- The energy usage by the consumer must not exceed the demand D_t
- The energy generated by solar panels must be utilized efficiently.

In GA, the initialization phase involves creating an initial population of individual solutions. Each individual contains variable parameters such as:

- E_t^{grid} – The volume of energy obtained from the grid.

The GA is implemented through the following stages:

1. **Initialization** (creation of the initial population);
2. **Fitness function calculation;**
3. **Iterative application of operators** until the performance criteria are met (e.g., a fixed number of optimal results or maximum fitness optimization).

The algorithm was implemented in Python using appropriate libraries such as **DEAP** or **PyGAD**, enabling the straightforward development of a GA model.


```

5 prices = np.random.uniform(0.1, 0.5, size=24) # 24 საათის ფასი
6 demand = np.random.uniform(5, 15, size=24) # 24 საათის მოთხოვნა
7 solar = np.random.uniform(0, 10, size=24) # მზის გენერაცია
8 battery_capacity = 50
9
10 # გენეტიკური ალგორითმის პარამეტრები
11 creator.create("FitnessMin", base.Fitness, weights=(-1.0,))
12 creator.create("Individual", list, fitness=creator.FitnessMin)
13 toolbox = base.Toolbox()
14 toolbox.register("attr_float", np.random.uniform, 0, 15)
15 toolbox.register("individual", tools.initRepeat, creator.Individual, toolbox.attr_f
    =24)
16 toolbox.register("population", tools.initRepeat, list, toolbox.individual)
17
18 # ფიტნეს ფუნქცია
19 def evaluate(individual):
20     total_cost = 0
21     battery = 0
22     for t in range(24):
23         grid_energy = max(0, individual[t] - solar[t])
24         if grid_energy + battery > demand[t]:
25             grid_energy = demand[t] - battery
26             total_cost += grid_energy * prices[t]
27         battery = max(0, battery - grid_energy)
28     return total_cost
29
30 toolbox.register("mate", tools.cxBlend, alpha=0.5)
31 toolbox.register("mutate", tools.mutGaussian, mu=0, sigma=1, indpb=0.2)
32 toolbox.register("select", tools.selTournament, tournsize=3)
33
34
35 # GA გაშვება
36 population = toolbox.population(n=100)
37 result = algorithms.eaSimple(population, toolbox, cxpb=0.7, mutpb=0.2, ngen=50, verbose
    =False)
38
39 # საუკეთესო ინდივიდის მიღება
40 best = tools.selBest(population, k=1)[0]

```

As a result, we found that innovative approaches can reduce energy system costs and ensure the efficient use of sustainable energy resources. This approach is essential for managing both individual and segmental networks.

6. Conclusion

The integration of artificial intelligence (AI) optimization methods into energy management represents a critical step in shaping future energy systems. These technologies enable more efficient resource utilization, cost reduction, and the promotion of sustainable development. Despite existing challenges, modern innovative approaches provide the means to overcome them, paving the way for defining the future of the energy sector. The application of AI and its optimization methods fosters the creation of new opportunities and the resolution of longstanding issues. Its advantages—speed in data analysis, predictive capabilities, automation, and cost reduction—are already being actively employed across various fields. Moreover, research methods such as experiments, modeling, and data analysis help researchers continuously enhance and refine these technologies.

The rapid advancement of AI and its research allows us to be more efficient, innovative, and responsible toward both humanity and the environment. Notably, AI optimization methods, such as genetic algorithms, enable the development of effective management strategies in the energy sector. Such approaches enhance resource utilization and reduce costs, providing a sustainable pathway for the future of energy management.

Reference:

1. Petriashvili, Lily, Irina Khomeriki. "The Impact of Artificial Intelligence in the business process in the Phase of Data Analytics Georgian Technical University." *Georgian Scientists* 6, no. 1 (2024): 38-44.

- Ahmad, T., Chen, H., Zhang, D., & Wang, J. (2019). "Artificial intelligence optimization methods in building energy systems: Recent developments, current challenges, future prospects." *Sustainable Cities and Society*.
- Hameed, I. A., Bye, R. T., & Osen, O. L. (2016). "Using artificial intelligence to optimize energy consumption in buildings." *Energy and Buildings*.
- Zhou, Y., Chen, Y., & Zhang, G. (2018). "Applications of artificial intelligence in energy management systems: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Wang, Z., & Srinivasan, R. S. (2017). "A review of artificial intelligence based building energy use prediction." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Lee, D., & Cheng, C. C. (2016). "Energy savings by energy management systems: A review." *Energy Procedia*.

ხელოვნური ინტელექტის ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენება ენერგეტიკის მენეჯმენტში

ლილი პეტრიაშვილი, თამარ ლომინაძე, თამარ წერეთელი

აბსტრაქტი. ენერგეტიკის მენეჯმენტი თანამედროვე ტექნოლოგიურ ეპოქაში იძენს კრიტიკულ მნიშვნელობას, რადგან იგი ემსახურება სუფთა ენერჯის, რესურსების ეფექტური განაწილების და მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფას. მზარდი ენერგეტიკული საჭიროებებისა და კლიმატური გამოწვევების საპასუხოდ, ხელოვნური ინტელექტი (AI) მნიშვნელოვანი როლს ასრულებს, რაც უზრუნველყოფს პროცესების ოპტიმიზაციის ინოვაციური მეთოდების გამოყენებას.

AI მეთოდები, როგორებიცაა გენეტიკური ალგორითმები, ნაწილაკების ერთობლიობის ოპტიმიზაცია და ღრმა სწავლება, უზრუნველყოფს ენერჯის წარმოების პროგნოზირებას, ქსელის ოპტიმიზაციას და განახლებადი ენერჯის რესურსების ეფექტურ მართვას. ეს მიდგომები საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე დავიდეს ენერჯის დანაკარგი, გაუმჯობესდეს ქსელების მდგრადობა და ეფექტურად მოხდეს CO₂-ის ემისიების შემცირება.

AI-ის ოპტიმიზაციის მეთოდების განვითარება და დანერგვა ენერგეტიკის სფეროში უდიდეს შესაძლებლობებს აჩენს, რაც რესურსების უფრო რაციონალურ გამოყენებას, მდგრად განვითარებას და ეკოლოგიურ სარგებლიანობას უწყობს ხელს.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, ენერგეტიკის მენეჯმენტი, ოპტიმიზაციის მეთოდები, განახლებადი ენერჯია

The Type-Variety Principle as a Strategy For the Preservation of Bees in Conditions of Global Warming and Social Upheavals

Volodymyr Zaslavskiy¹, Ihor Volokhovych¹, Ibraim Didmanidze²

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv

²Batumi Shota Rustaveli state university

zaslavskiy.volodymyr@knu.ua, vol_igor@knu.ua, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge

Abstract

The paper focuses on the question regarding the connection between biodiversity and the sustainability of the bee populations against the backdrop of climate change and human-induced threats. The authors propose that a genetic variety of bee subspecies, each with specialized adaptation characteristics, may enable the pollinator populations to withstand the negative impact of climate change as well as habitat destruction and

social disturbances such as wars and pollution. There are also suggestions that drones, machine learning as well as computer vision could be utilized effectively for monitoring bee colonies. These tools can contribute to the real time gathering of information which will help in effective targeted conservation strategies of both wild and managed bees. The concept of diversity advocates for the presence of more bees with different species as well as more genetics in the hives since this increases the chances of ecological stability since it guarantees that certain species of bees within the stable environment can withstand diseases as well as environmental changes. By practicing this principle, it is possible for the beekeepers to reduce climatic fluctuations and changing conditions. The negative effects of pesticides and other pollutants on bee health and biodiversity, which threaten bee populations, are noted and the significance of agroecology and environmental policies is underlined.

Keywords. bees, type-variety principle, climate change, UAV, machine learning.

1. Introduction

Bees are important in relation to nature as they help in the enhancement of the world's food and in maintaining the ecosystem[1]. Bees and beekeeping are however prone to modern pressures, the importance of which requires scientifically informed and systematic approaches for resolution. Change in global climate calls for change in beekeepers' knowledge of beekeeping as well as change in the principles and practices of apiculture. According treating worldwide data on agriculture, there is an estimation that the pollination activity, in particular by bees, is economically worth about 9.5% of the total worth of agricultural outputs that are fit for human consumption [2]. The problem of climate change is recognized as a global problem that cannot be ignored, and resources like bees and other insect pollinators will surely be affected. Climate and temperature changes could potentially influence the activity, region of occurrence, flowering patterns, and stage length of bee colonies' development cycles. Over the course of the past century, the average temperature has increased by 0.6 degrees Celsius [3]. In the same way, 1.5 to 5.8 degrees are predicted and are expected by the end of the century [4]. One of the serious dangers is the widespread outbreak of parasitic mites, coupled with the necessity to test the efficacy of the acaricidal agents, which causes heavy losses to the bee colonies. In the sight of conflict, there is widespread devastation of the beekeeping farms which causes uncontrolled wandering of the bees and therefore, the spread of disease. This makes it important to establish such a system of monitoring the life history of the bee colonies with an emphasis on the consistency of the veterinary preparations and their behavioral aspects, which are significant with regards to the products quality, and the productivity of the apiary industry, in general, is affixed. Beekeeping is, by and large, a fitting embodiment of a circular economy as all bee products find applications in the pharmaceutical sector, electronics, and technical systems, to mention a few. Given their importance as pollinators of agricultural crops, honeybees are vital in the global food chain. Today, the use of unmanned aerial vehicles and other innovative monitoring technologies to observe colonies with some machine learning and computer vision elements comes in handy.

It is worth mentioning that special attention should be paid to the study of peculiarities of behavioral characteristics of the individuals within the studied breeds of honeybees. The division of the working attributes and preferences of the individual breeds creates a room for opportunities which relates to restructuring of the bee family formation for improved economic benefits minimizing the downsides of the bee communities' living conditions [5]. The principle of diversity is inspiring in terms of how beekeeping tips can be restructured. The objective of the research is to demonstrate the capability and possibilities of systematizing an approach in beekeeping with a focus on application of the principle of diversity as an organizational principle as a step to increasing the efficiency of bee farms and the quality of products. Their aim is to assess the viability of the use of diversity as a bees' conservation strategy in the context of global climate changes and social disturbances such – as globalization. We will synthesize current information about the effects of climate change on bees, give examples of social disruptions that have affected bees, and evaluate the possibilities and limitations of diversity-based approaches to conservation.

3. Methodology

The present review is focused on the analysis of documents and reports which are dealing with studies of the adaptation of bee communities to climate and anthropogenic changes. For this research, international scientific webs and field data were relied on. As part of this review, major scientific databases including Web of Science, Scopus and Google scholar were searched for relevant peer-reviewed journal articles, literature reviews and books. The search included the following phrases: “bees and climate change”, “global warming and the distribution of bee species”, “reasons for the declining numbers of pollinators”, “theories on prevention of further losses”, and so forth. Some of the articles included in this review also had their reference lists checked for similar studies of interest.

3. Main part

The type-variety principle is known as the deliberate synthesis of diverse elements. It includes systems, subsystems, components, technologies, materials of various types, models, algorithms, software components, etc., that can perform the same function but could have acted independently [6,7]. The interrelation and combination of these components prevents the probability of two failures due to a single cause and hence provides an efficient and qualitative way of solving the problems in design of reliable long-lasting systems, for example avoiding repetition of typical flaws, prognosis of defect, performance evaluation of the create products, the development of modern software and business processes etc.[6,7]. Most significantly, such a principle may be applied as a strategic plan in conserving the bee species as the world undergoes tremendous changes due to global warming and social unrest. One of the ways of dealing with rapid environmental alterations is to maintain the bee diversity together with its ecosystems as this creates the chances of the pollinators adjusting to the changing environments.

Climate change is likely the most pressing threat to the healthy state of bee populations around the globe leading to a slew of interrelated issues that, when combined, create a tenuous scenario. Scientific research reveals in recent times that the bees both wild and managed have come under extreme stress because of the changing climate[8]. Research highlights that, owing to anthropogenic actions, many insects, particularly bees, have their normal patterns of behavior, available habitats, and nutritional resources perturbed. In this respect, climate change acts as a stress multiplier, making the situation worse [8,9]. This threat is so severe that a recent study indicated bee populations in the U.S. are headed towards extinction by the year 2035 unless something is done to avert this [8]. Climate change has many effects on bees, including disruption of the synchrony of flowering plants with their pollinators, changes in temperature that affect winter dormancy and establishment of nests in spring or autumn, and changes in the climate which frustrate foraging and interactions among colonies[9]. Several factors are contributing to the visible impacts that climate change is having on bee populations including the relocation of colonies due to changing climates. Based on the SSP585 climate change scenario for the year 2070, nearly 65 percent of the 1365 bee’s species studied are anticipated to expand their ranges to areas of high climatic suitability. The number of these declines differ per continent [10]:

- Africa: 44 species will decline by an average of 51.4 percent [10].
- Asia: 27 species will decrease by 47 percent whereas 18 species will increase by 99 percent [10];
- Australia: 97 species will decrease by 28.4 percent, but 9 species will increase by 16.3 percent [10].
- Europe: 334 species will decrease by 56.7 percent; and 60 species will increase by 57.9 percent [10].
- North America: 331 species will decrease by 33 percent, while 366 species will increase by 48.2 percent [10].
- South America: 60 species will decline by 45 percent; 19 species will increase by 121.8 percent[10].

The anticipated reduction in climate suitability for most of the bee species seems to be in harmony with the previous estimations made on the effect of climate change on pollinators. Most of the bee hotspots are found in the arid, treeless zones which are indeed sensitive to nature in terms of climatic change. Although

loss of habitat remains the key factor in the reduction of pollinators, climate change is also an emerging threat as it shifts species distribution and disrupts plant-pollinator relations. Other noteworthy pollinators like butterflies, moths and murrets are also undergoing declines in number and they are pollinators too. In this case, the principle of diversity can be proposed as a strategy of conserving the bees in the occurrence of global warming. The strategies entail that keeping a variety of bee species, together with maintaining diversity of landscapes, enhances the resilience and adaptability of pollinators towards ecological changes. Promoting coexistence of different types of bee species with regards to temperature tolerance, foraging types, and nesting structures could be effective to conserve the ecosystems from climate change as well as habitat alterations [10]. If some species decrease in number, other species can take the same place in a community and do this biological job as well. By utilizing this principle, we can strengthen altering of several species of bees with diverse functions to promote transformation. Dispersed populations create a level of insurance against the unpredictability of warming and disruptive social changes as these can be made up for by the upsurge of some populations to lower levels of others.

Apart from the effects of climate change, which are hooked on many species including bees all over the world, they are facing albeit too serious odds from several social changes such as war, pollution and the use of pesticides. Such anthropogenic forces can result in very adverse impacts on bees and the environments that rely on them. Fighting forces, wars in general, and turmoil go along with the loss of flourishing ecosystems, alteration of pollinators and harmful effluents. The use of munitions and chemical agents, along with heavy machinery used for construction also have an immediate impact on bees and other pollinators whilst deleterious habitat change, and pollution has lasting impacts that affect the capacity of the bees and other pollinators to bounce back [11]. Industrialization and urban development, pollution caused by these facilities especially, are other threats to bees. Species of plants can be detrimental to the node if found in overpopulated ranges which are not beneficial to the ecosystem levels of reproduction and growth [12]. The nectar and pollen collected by bees can easily be contaminated by pathogens, pollutants and chemicals which can have consequences for the flowers they fertilize as well as the colony [1]. The usage of pesticides, in particular the extensive application of neonicotinoids and other systemic insecticides, has been named as one of the main contributors to the status of bees' populations across the globe [3]. These chemicals operate at both lethal and sub lethal thresholds; these thresholds extend the possibility of impaired navigation, learning and immune function, ultimately causing the bees to be more vulnerable to illnesses and parasites [13]. Alternatively, even low doses if taken on a long-term basis can cause other levels of population movement, including colony collapse disorder [14]. All these social disruptions, as well as climate change, habitat destruction, and other pressures, complicate and challenge bee conservation initiatives. Addressing these requires extensive strategies that include but are not limited to reduction of pollution and pesticides, conservation and restoration of already existing natural ecosystems and promoting agriculture that aids diversity and health of pollinators. By focusing on the possible impacts of war or climate change on bees, it is evident the threat goes beyond climate change hence it subsists in making conservation needs abound. To safeguard the survival of these crucial pollinators and the ecosystems they sustain; it is apparent that there is a need for a holistic plan of action of dealing with the various anthropogenic threats to bees.

New frontiers in IT applications such as machine learning, computer vision and drones hold some potential in monitoring and averting the impacts of climate change on the populations of bees. Such technologies can assist in data gathering, identifying conservation gaps and formulating specific and appropriate conservation policies. A great deal of bee population monitoring research such as surveillance on temperature, humidity, activity and weather conditions have been targeted using machine learning techniques to develop predictive capabilities regarding threats on bee colonies[15]. Techniques of ML such as support

vector machines (SVMs) and Neural networks (NN) have also achieved high (>95%) accuracy in usage of apiary-oriented data for early detection of problems[15]. With computer vision, monitoring bee hives' status and growth targeting decreases in bee productivity is made easier with deep learning models like convolutional neural networks (CNNs). Technologies like DeepBee can be used for comb evaluation, while DeepWings can quantify bee dimensions so that even without operating on hives, it is still possible to monitor the condition of the colonies and any deformities. UAVs or drones provided with cameras and sensors can cover extensive areas for the purposes of mapping and reconnaissance of bee habitats and the changes in flowering plants, as well as possible threats like pesticide application or habitat degradation. Drones may also be used to help aim pesticide treatments to manage invasive and agricultural pests that endanger bee populations. The use of machine learning algorithms together with input from aerospace drones and satellites can be useful to anticipate and visualize the effect of climate change on species' distribution and interaction of pollinators with plants. Such models, such as Geo-ViT-LSTM, incorporate vision transformers that extract useful features pertaining to the environment from multi-sensor images which enhances the accuracy of species distribution modelling. IT can as well promote sustainable farming that enhances the wellbeing of the bee through appropriate usage of water, fertilizers, and pesticides based on drone images and ML's prediction[16]. That reduces inefficiency, reduces the exposure of bees to harmful substances, and supports ecosystem integrity. Despite the potential these technological solutions have, it is equally important to be aware of their constraints and possible sources of bias. Maintaining the reliability and diversity of training sets, and of course the building of explainable and versatile ML models, is still a work in progress. Joint efforts of ecologists, computer scientists, and relevant stakeholders are crucial in creating sustainable, responsible, and efficient IT solutions related to bee protection activities.

4. Conclusion

According to the SSP585 climate scenario, it is expected that in 2070 the majority of bee species studied will decline in regions of optimal climatic conditions, with nearly 65% of the species studied projected to be declining. The extent of this effect, however, has a continental pattern, being most pronounced in Africa and in Europe. Since the challenges related to climate change and habitat destruction may have severe effects on these important pollinators, targeted protective measures that consider the likelihood of some specific species and regions are very important. To maintain the provision of crucial ecosystem services by these organisms, it is necessary to conserve both the diversity of bees and the synchrony between plants and pollinators. The destruction of bee habitats through military activities can be exacerbated using heavy vehicles, bombs and chemical weapons as well as environmental pollution that remains for years or even decades. Industrialization and urbanization have come with pollution which poses a number of toxic substances to the bees as well as contaminants that impair their health, their performance of tasks and their ability to reproduce. Pesticide usage is a cause for concern, notably neonicotinoids along with other systemic insecticides, which have also led to a steady decrease in the number of bees hence its insubordinate use effect yes and lead to population level effects such as colony collapse disorder. Addressing these threats requires an integrative and synergistic approach with systematic reduction of pollution and pesticide use, conservation and rehabilitation of critical ecosystems, and promotion of pollinator-friendly agriculture. Convergence theory will allow a better understanding of the interactions between social systems and environmental factors such as climate change leading to more effective conservation efforts for bees and the ecosystem services they ensure. Our hope to secure these key pollinators and the biodiversity they harbor rests solely on an integrated response to these multiple anthropogenic pressures. The principle of diversity provides an encouraging framework for bee conservation efforts in the times of oppositional global challenges. By addressing diversity from various levels such as genes, species and ecosystems, the resilience of pollinator communities can be enhanced and their important functions sustained.

Such a multi-faceted approach, together with strategies that deal with the causes of bee decline, is what is needed for the comprehensive protection of these important insects and their ecological associates. In conclusion, information technology has great potential when it comes to study, prognosis, and counteracting the consequences of climatic change impact on bees. With the assistance of ML, CV, UAVS, and remotely sensed data sets, it is possible to formulate focused conservation measures and promote better practices. Nonetheless, such technologies should be designed and used alongside field-based studies, indigenous knowledge, and strategies that deal with the determinants of the bee decline phenomena. Both technology and social action need to be harnessed in the fight to conserve these important pollinators in the context of climate crisis.

References:

1. *Why bees are essential to people and planet.* (2022, May 18). <https://www.unep.org/news-and-stories/story/why-bees-are-essential-people-and-planet>
2. Stringer, L. C., Fraser, E. D. G., Harris, D., Lyon, C., Pereira, L., Ward, C. F. M., & Simelton, E. (2020). Adaptation and development pathways for different types of farmers. *Environmental Science & Policy*, *104*, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.10.007>
3. World Bank. (2009). *The Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World* (R. Mearns & A. Norton, Eds.). The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7887-8>
4. International Conference Socioecos 2024. Climate change, sustainability and socio-ecological practices. (2024). *International Conference Socioecos 2024*. International Conference Socioecos 2024, Bilbao.
5. Sieck, M., Ibisch, P. L., Moloney, K. A., & Jeltsch, F. (2011). Current models broadly neglect specific needs of biodiversity conservation in protected areas under climate change. *BMC Ecology*, *11*(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-12>
6. Zaslavskiy, V. (2006). The type-principle in the study of complex systems with a high cost of failure. *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Military-Special Sciences*, *12–13*, 11–14.
7. Yailymova, H., Zaslavskiy, V., & Yang, H. (2017). Models and methods in creative computing: Diversity and type-variety principle in development of innovation solutions. *Proceedings - 14th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms and Networks, I-SPAN 2017, 11th International Conference on Frontier of Computer Science and Technology, FCST 2017 and 3rd International Symposium of Creative Computing, ISCC 2017, 2017-November*, 454–461.
8. Landaverde, R., Rodriguez, M. T., & Parrella, J. A. (2023). Honey Production and Climate Change: Beekeepers' Perceptions, Farm Adaptation Strategies, and Information Needs. *Insects*, *14*(6), 493. <https://doi.org/10.3390/insects14060493>
9. Cox-Foster, D., & DeGrandi-Hoffman, G. (n.d.). *Bolstering Bees in a Changing Climate*. <https://tellus.ars.usda.gov/stories/articles/bolstering-bees-changing-climate>
10. Rahimi, E., & Jung, C. (2024). Global Trends in Climate Suitability of Bees: Ups and Downs in a Warming World. *Insects*, *15*(2), 127. <https://doi.org/10.3390/insects15020127>
11. De Jong, D., & Lester, P. J. (2023). The global challenge of improving bee protection and health. *Frontiers in Bee Science*, *1*, 1118292. <https://doi.org/10.3389/frbee.2023.1118292>
12. Ullah, A., Tlak Gajger, I., Majoros, A., Dar, S. A., Khan, S., Kalimullah, Haleem Shah, A., Nasir Khabir, M., Hussain, R., Khan, H. U., Hameed, M., & Anjum, S. I. (2021). Viral impacts on honey bee populations: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(1), 523–530. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.037>
13. Albacete, S., Sancho, G., Azpiaz, C., Rodrigo, A., Molowny-Horas, R., Sgolastra, F., & Bosch, J. (2023). Bees exposed to climate change are more sensitive to pesticides. *Global Change Biology*, *29*(22), 6248–6260. <https://doi.org/10.1111/gcb.16928>
14. Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: Impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, *27*, 485–497, 499.
15. Astuti, P. K., Hegedüs, B., Oleksa, A., Bagi, Z., & Kusza, S. (2024). Buzzing with Intelligence: Current Issues in Apiculture and the Role of Artificial Intelligence (AI) to Tackle It. *Insects*, *15*(6), 418. <https://doi.org/10.3390/insects15060418>

16. O’Sullivan, B. (2021, November 2). *Drones as a Tool for Climate Change Mitigation and Adaptation*. https://ghe.uwo.ca/blog/posts/drones_as_a_tool_for_climate_change_mitigation_and_adaptation.html

მოდელებით მართვადი დეველოპმენტი და რევერსული პროგრამირება მართვის საინფორმაციო სისტემების ასაგებად

გია სურგულაძე, ბეჟან გელაძე, გულბაათ ნარეშელაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.surguladze@gtu.ge; bejangeladze67@gmail.com; g.nareshelashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მოდელებზე ბაზირებული და მოდელებით მართვადი დეველოპმენტის საკითხები, მათი ძირითადი დანიშნულებებისა და კონცეპტუალური განსხვავებების ჩათვლით. წარმოდგენილია ექსპერიმენტული შედეგები კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის საფუძველზე რევერსული პროგრამირების გამოყენებით. შემოთავაზებულია ორგანიზაციული მართვის საინფორმაციო სისტემის ავტომატიზებული დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის ამოცანა უნივერსიტეტის მაგალითზე, UML/Agile მეთოდოლოგიების კომპრომისული გამოყენების საფუძველზე. დიდი პროგრამული პროექტების აგების პროცესში ძალზე ეფექტურია CASE ტექნოლოგიების გამოყენება, განსაკუთრებით უნიფიცირებული პროცესების მოდელირებისას ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომის საფუძველზე. ექსტრემალური პროგრამირების ან Scrum მეთოდების გამოყენებისას დროის ფაქტორი მნიშვნელოვანია, ამიტომ აქ UML დიაგრამების სრული გამოყენება არ ხდება. მხოლოდ ბიზნესპროცესის (Activity-D) ან კლასების დიაგრამის გამოყენებაა რეკომენდებული (სემანტიკური მიზნებისთვის), რაც კომპრომისულ გადაწყვეტილებად ითვლება. წარმოდგენილია უნიფიცირებული პროცესის რევერსული ასახვის („მოდელი <--> კოდი“) რეალიზაცია მაიკროსოფტის Visual Studio.NET Framework 2022 პლატფორმაზე. მაიკროსოფტის კორპორაცია აქტიურად აფართოებს Visual Studio.NET Core პლატფორმის ფუნქციონალობას ამ მიმართულებით, რაც დესკტოპ- და ვებ-აპლიკაციების სწრაფ და ხარისხიან დეველოპმენტს უწყობს ხელს.

საკვანძო სიტყვები: პროგრამული აპლიკაცია. მოდელებით მართვადი დეველოპმენტი. UML. Agile. პროექტირების ავტომატიზაცია, პროგრამირების ავტომატიზაცია. რევერსული პროგრამირება.

1. შესავალი

მოდელებით მართვადი დეველოპმენტი (Model driven development) ახორციელებს საკვლევ სისტემის მოთხოვნების, სტრუქტურისა და ქცევის ვიზუალურ მოდელებში ასახვას. ისინი შემდეგ გარდაიქმნება შესრულებად კოდში. ასეთი ტრანსფორმაცია შეიძლება განხორციელდეს ხელით ან ავტომატურად (CASE ინსტრუმენტებით). ძირითადი ცნებები ტრიალებს მოდელების, მეტამოდელებისა და კოდის გენერირების გარშემო [1,2].

სისტემა, ზოგადად გამოისახება სტრუქტურით და ქცევით (იხ. სისტემების ზოგადი თეორია, ნაწილობრივ მოწესრიგებული სისტემები და სხვ.) [3]. სისტემები, მათი კლასიფიკაციის თვალსაზრისით, იყოფა მარტივ ან რთულ და მცირე ან დიდ სისტემებად.

ზოგადად, სისტემა აღიწერება მოდელით

$$S = \langle M, f \rangle,$$

სადაც M – მოდელის ინფორმაციული მატარებელია, ხოლო f – მოდელის ფუნქციონალური სიგნატურა.

ამგვარად, სისტემა ხასიათდება მისი სტრუქტურული მოდელით (S_m – Structural model) და ქცევითი მოდელით (B_m – Behavioral model) [4,5]. სისტემების ზოგადი თეორიის საფუძველზე, მოდელების სემანტიკის გათვალისწინებით, სისტემა აისახება შემდეგი სამეულით:

$$\langle B_m, S_m, P_0(B_m, S_m) \rangle$$

სადაც

$$P_0(B_m, S_m) = \begin{cases} 1, & \text{თუ არსებობს } B_m \rightarrow S_m \text{ გარდაქმნა} \\ & \text{მოდელების ინფორმაციების ელემენტებს} \\ & \text{შორის ცალსახა შესაბამისობის დროს;} \\ 0, & \text{წინააღმდეგ შემთხვევაში.} \end{cases}$$

და რომელშიც B_m და S_m მოდელების ინფორმაციებს და სიგნატურებს აქვს ორი განსხვავებული ფიზიკური ინტერპრეტაცია მაინც. ესაა კონცეფცია იზომორფიზმების კანონის შესახებ.

$P_0(B_m, S_m)$ პრედიკატი განსაზღვრავს სისტემის დანიშნულებას, მის ფუნქციონალურ მთლიანობას (ემერჯენტულობას). გამოსახულებას

$$Sem = \langle B_m, S_m, P_0(B_m, S_m) \rangle$$

უწოდებენ სემანტიკურ მოდელს.

სისტემა *რთულია* თუ მისი სემანტიკური მოდელი ისეთია, რომ არ არსებობს ცალსახა დამოკიდებულება B_m და S_m მოდელების ინფორმაციებს შორის, რომლის დროსაც $P_0(B_m, S_m)$ პრედიკატი იქნებოდა ჭეშმარიტი. $B_m \rightarrow S_m$ გარდაქმნას, რომლის დროსაც $P_0(B_m, S_m) = 1$, ეწოდება სისტემის გამარტივება. B_m ყოფაქცევის მოდელის *ინფორმაციების გაფართოების* მინიმალურ $|\Delta M_b|$ სიმძლავრეს ან მისი *სიგნატურის შეკუმშვის* მინიმალურ $|\Delta P_{b_i}|$ სიმძლავრეს, რომლის დროსაც წარმოებს $B \rightarrow \tilde{B}_m$ გარდაქმნა და $P_0(\tilde{B}_m, S_m) = 1$, უწოდებენ სისტემის სირთულეს.

სისტემა არის *დიდი*, თუ მისი გამარტივების შედეგად შეუძლებელია სისტემის რეალიზაცია მოცემული გამოთვლითი რესურსების საფუძველზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში სისტემა მცირეა.

ყოველივე ეს მიუთითებს იმაზე, რომ თუ ორი განსხვავებული ფიზიკური ინტერპრეტაციის მოდელი იზომორფულია, მაშინ, აბსტრაქტული თვალსაზრისით, საქმე გვაქვს ერთიდაიმავე სისტემასთან. ამასთანავე, ერთი სისტემისთვის შემუშავებული *პროგრამული უზრუნველყოფა* შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მეორესთვის (მცირე ადაპტაციით).

2. ძირითადი ნაწილი

სისტემების ზოგადი თეორიის საფუძველზე სისტემის დეკომპოზიციის (გამარტივების) განხილული საკითხი მისი სტრუქტურის და ქცევის მოდელების ბაზაზე აბსტრაქტულად (განზოგადებულად) აღწერს შესაბამის პროცესებს, რაც აისახება განსხვავებულ ობიექტებზე პროგრამული უზრუნველყოფის თავსებადობით იზომორფიზმის თვალსაზრისით.

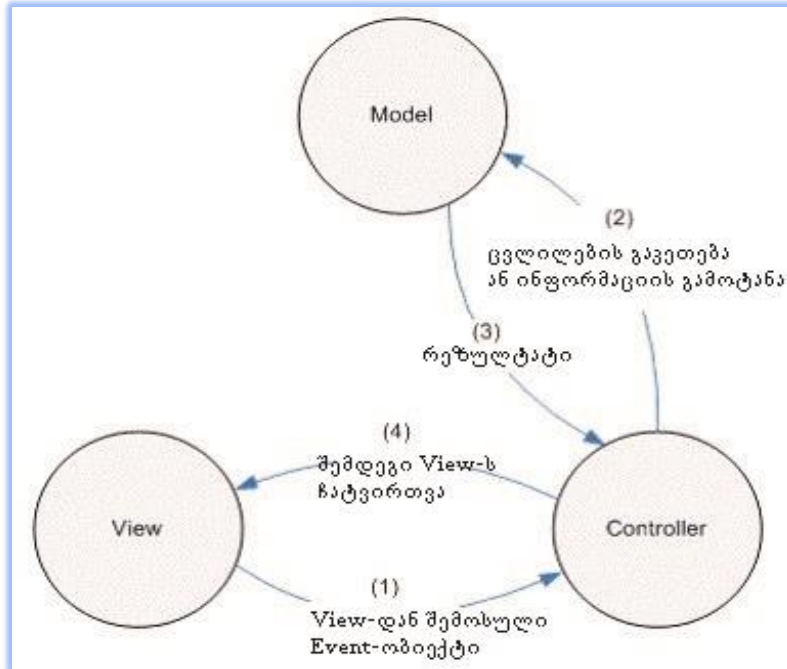
ამჯერად განვიხილავთ რევერსული პროგრამირების ანუ „მოდელი <--> კოდის“ მიმართების ამოცანას დაპროექტების და დაპროგრამების პროცესების ავტომატიზაციის მიზნით.

რევერსული ინჟინერია (Reverse engineering in Programming) არის სისტემის დიზაინის, სტრუქტურისა და ფუნქციონირების ანალიზის და შემცენების პროცესი (მისი საბოლოო ფორმისგან უკან ხედვის გზით). იგი გულისხმობს ობიექტის ან პროგრამული უზრუნველყოფის დაშლას, რათა აღმოაჩინოს მისი შიგა პროცესები, თუ როგორ შეიქმნა იგი.

21-ე საუკუნის პირველი ათწლეულის ბოლოს მაიკროსოფტის კორპორაციამ განაცხადა ASP.NET პლატფორმაზე დაშენებული ახალი პროგრამული პლატფორმის შექმნის შესახებ. ამ

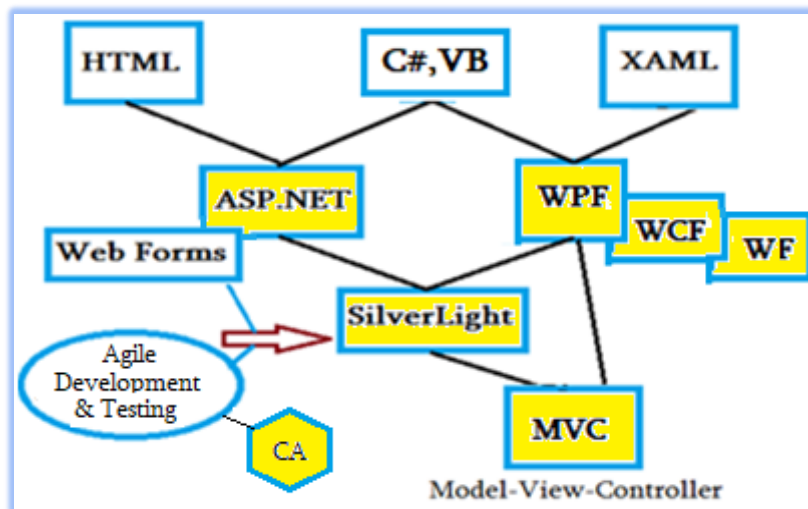
ტექნოლოგიაში გაერთიანებული იყო MVC (Model-View-Controller) არქიტექტურის ეფექტიანობა, Agile Development მიდგომის უახლესი იდეოლოგია, ASP.NET პლატფორმის საუკეთესო ნაწილები და სუფთა არქიტექტურის (CA) კონცეფცია (ნახ.1 და 2) [6].

მომხმარებელი ასრულებს მოქმედებას, საპასუხოდ აპლიკაცია ცვლის Data Model ობიექტს და მომხმარებელს უბრუნებს შეცვლილ View ობიექტს, შემდეგ ეს ციკლი ისევ მეორდება.



ნახ. 1. MVC

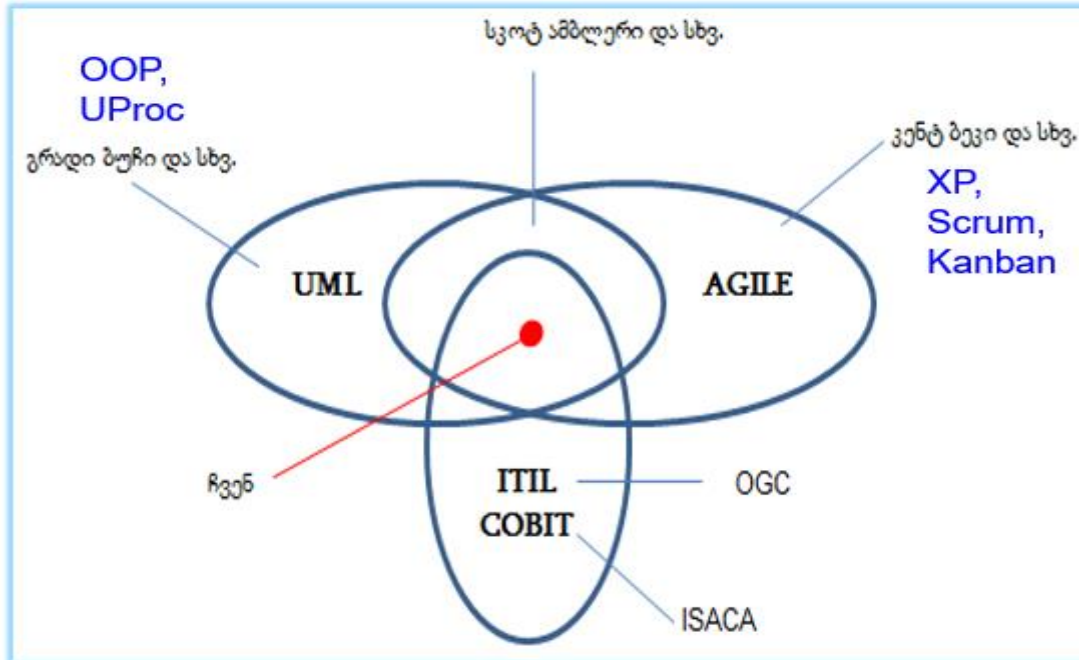
არქიტექტურა



ნახ. 2. დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები, სუფთა არქიტექტურა და MVC

მართვის საინფორმაციო სისტემების დასაპროექტებლად და ასაგებად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დღეს ისეთი ფრეიმვორკების და მეთოდოლოგიების ინტეგრირებული და კომპრომისული გამოყენება, როგორც ITIL (Information Technology Infrastructure Library), COBIT-სტანდარტები, UML და Agile (ნახ.3) [7].

ჩვენი ამოცანის გადაწყვეტის პროგრამული აპლიკაციის რეალიზაციის მიზნით გამოკვლეულ იქნა მაიკროსოფტის პლატფორმა Visual Studio.NET 2022-ის რესურსები და შესაძლებლობები, კერძოდ, რევერსული „მოდელი-პროგრამა“ ავტომატიზებული აგების პროცესის კონცეფციისათვის. ქვემოთ განხილული გვაქვს კონკრეტული საპრობლემო სფეროს (უნივერსიტეტის) ერთი საილუსტრაციო მაგალითი.



ნახ. 3. პროგრამული სისტემების და IT-სერვისების მენეჯმენტის მეთოდოლოგიათა კვეთა

- OGC (Office of Government Commerce) - სახელმწიფო სავაჭრო პალატა (დიდი ბრიტანეთი),
- ISACA (Information Systems Audit and Control Association) - საინფორმაციო სისტემების აუდიტის და კონტროლის ასოციაცია (აშშ)

➤ **ექსპერიმენტული მაგალითი**

საჭიროა შეიქმნას დესკტოპ-პროგრამული პროექტი კლასებით: Student, Lector, Group, Acad_course და ა.შ., Visual Studio .NET Framework პლატფორმაზე. გამოყენებულ იქნება კლასთა ურთიერთკავშირის არსებული ტიპები: Inheritance, Association, Agregation და ა.შ.

მარტივად და უფრო გასაგებად რომ ვთქვათ, ვაგებთ პროგრამული აპლიკაციის საილუსტრაციო ფრაგმენტს კლასების და შესაბამისი კოდების ავტომატიზებული გენერაციის პროცესის რევერსული (ორმხრივი მიმართულებით) გადაწყვეტით, ანუ „მოდელი – კოდი – მოდელი“. ძირითადი ბიჯები ასეთია:

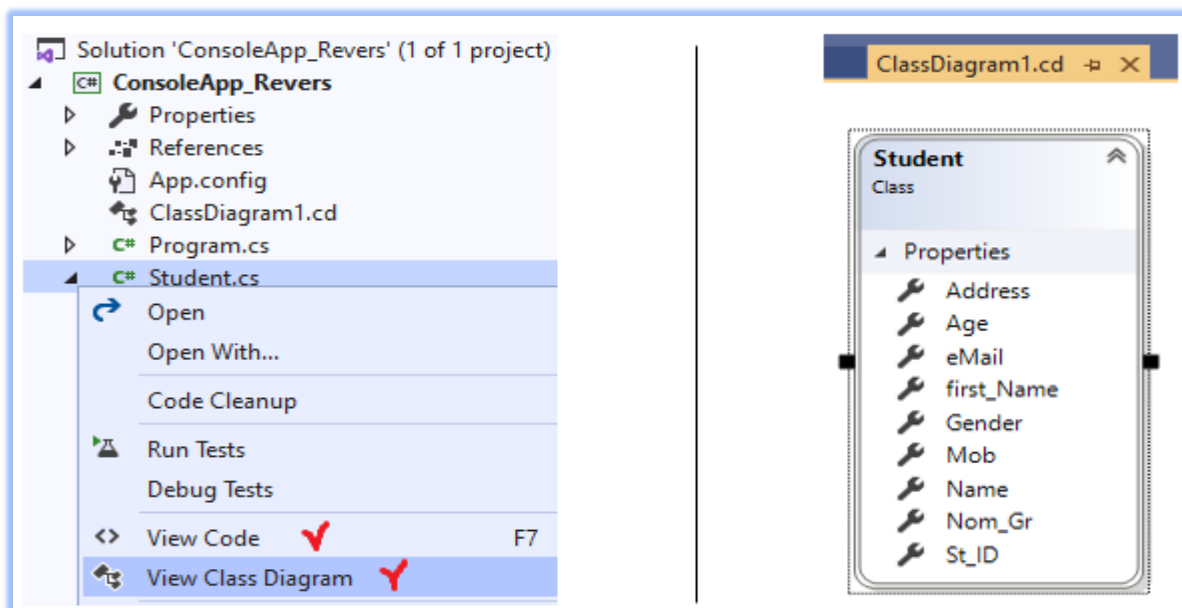
- 1) ახალი პროექტის შექმნის საწყის ეტაპზე საჭიროა < C# Windows Desktop Console > -სთვის შევიდეთ “Install more tools and features” – ლინკით და Individual component-ში ჩავრთოთ ჩეკბოქსი Class Designer;
- 2) პროექტს მივანიჭოთ სახელი (მაგ., ConsoleApp_Revers). იგი გამოჩნდება Solution Explorer-ში;
- 3) შევქმნათ ახალი კლასი (Add -> Class)-ით და მივანიჭოთ სახელი (მაგ., Student). C# პროგრამის ტექსტში შევიტანოთ სტუდენტის ატრიბუტები (ნახ.4);

```

7 namespace ConsoleApp_Revers
8 {
9     public class Student
10    {
11        public int St_ID { get; set; }
12        public string Name { get; set; }
13        public string first_Name { get; set; }
14        public string Gender { get; set; }
15        public int Age { get; set; }
16        public int Nom_Gr { get; set; }
17    }
18 }
    
```

ნახ. 4. C# კოდი Student კლასისთვის

4. Solution Explorer-ში Student-კლასის კონტექსტური მენიუდან კლასების დიაგრამის გამოსატანად ვირჩევთ View Class Diagram-ს (ნახ.5).



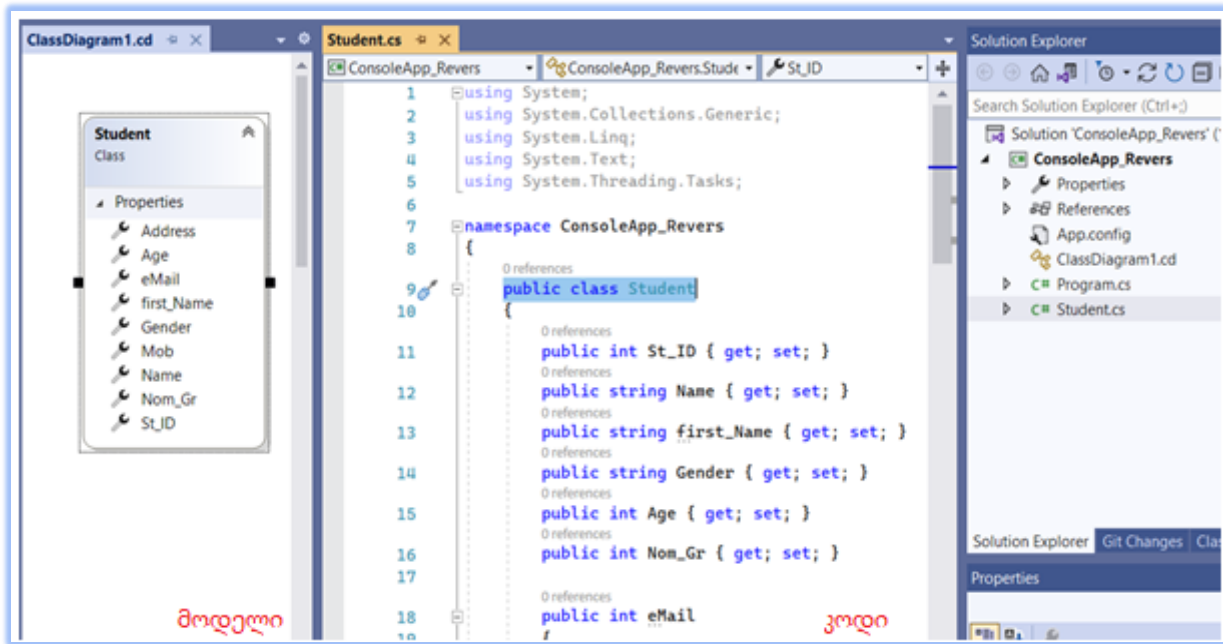
ნახ. 5. Student-ის C# კოდის შესაბამისი კლასის მოდელის გამოტანა ეკრანზე

Student-კლასის მოდელის (დიაგრამის) და მისი C# კოდის ერთდროულად ხილვადობისათვის ვიყენებთ კონტექსტ-მენიუს ჩანართს New Vertical Document Group (შედეგი - ნახ.6).

ახალი კლასის დამატება, ან კლასის თვისებების შეცვლა შესაძლებელია როგორც დიაგრამიდან (მოდელიდან), ასევე კოდიდან და კლასის დეტალების (Class Details) ფანჯრიდან.

3. დასკვნა

დიდი პროგრამული პროექტების აგების პროცესში ეფექტურია CASE ინსტრუმენტების გამოყენება, განსაკუთრებით UML/Agile მეთოდოლოგიების კომპრომისული გადაწყვეტით, ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირების საფუძველზე.



ნახ. 6. Student: კლასი (მოდელი) და პროგრამა (კოდი) VS.NET პლატფორმაზე

ექსტრემალური პროგრამირების ან Scrum მეთოდების გამოყენებისას დამკვეთის ცვლადი მოთხოვნების გათვალისწინება და დროის ფაქტორი მნიშვნელოვანია. შემუშავებულია უნიფიცირებული პროცესის რევერსული ასახვის („მოდელი <-> კოდი“) რეალიზაციის საილუსტრაციო აპლიკაცია Ms Visual Studio.NET Framework 2022 პლატფორმაზე.

ლიტერატურა – References:

1. სურგულაძე გ. კორპორაციის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილების ქსელის აგების ტექნოლოგია (პირველი ქართული ERP სისტემა). ISBN 978-9941-8-5109-4, მონოგრაფია. სტუ-ს „IT-კონსალტინგ სამეცნიერო ცენტრი“. თბ., 2023, - 331 გვ.
2. სურგულაძე გ., ბიტარაშვილი მ., გელაძე ბ., ნარემელაშვილი გ., შურღია ი. რევერსული პროგრამირების CASE მეთოდი საინფორმაციო სისტემების ო-დაპროექტების პროცესის სრულყოფისათვის. სტუ-ის შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, N1(37), 2024. გვ. 115-121. DOI.org/10.36073/1512-3979
3. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор. Исследования по общей теории систем: Сб. переводов / Общ. ред. и вст. ст. В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. С. 23–82. https://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html
4. Gorbатов V.A. Theory of partially ordered systems. Moscow. “SRadio”, 1976. -334 p.
5. ჩოგოვაძე გ., სურგულაძე გ., ქაჩიბაია ვ. შესავალი მონაცემთა ბაზების სისტემების თეორიაში. სპი, „საქ. პოლიტექნიკური ინსტიტუტი. თბ., 1985. 59 გვ.
6. სურგულაძე გ., ჟვანია თ., კვიციანი ნ., ქობულაშვილი ს. Web-აპლიკაციის აგების ტექნოლოგია მიკროსერვისული არქიტექტურით. ISBN 978-9941-8-6333-2, მონოგრაფია. სტუ-ს „IT-კონსალტინგ სამეცნიერო ცენტრი“. თბ., 2022, - 302 გვ.
7. სურგულაძე გ., ურუშაძე ბ. საინფორმაციო სისტემების მენეჯმენტის საერთაშორისო გამოცდილება (BSI, ITIL, COBIT). ISBN 978-9941-20-458-6. სტუ. „ტექნიკ.უნივერს.“, თბ., 2014 -345 გვ.

Model-driven Development and Reverse Programming for Perfecting the OO-Design Process of Management Information Systems

Gia Surguladze, Bezhan Geladze, Gulbaat Nareshelashvili

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge; bejangeladze67@gmail.com; g.nareshelashvili@gtu.ge

Abstract

Model-based and model-driven development issues are discussed, including their main purposes and conceptual differences. Experimental results based on the solution of specific problems using reverse programming are presented. The problem of computer-aided design and software implementation of an organizational management information system is proposed on the example of a university, based on the compromise use of UML/Agile methodologies. In the process of building large software projects, the use of CASE technologies is very effective, especially when modeling unified processes based on an object-oriented approach. When using extreme programming or Scrum methods, the time factor is important, so UML diagrams are not fully used here. Only using a business process (Activity-D) or class diagram is recommended (for semantic purposes), which is considered a compromise decision. An implementation of a unified reverse mapping process (“model <--> code”) on the Microsoft VisualStudio.NET 2022 platform is presented. Microsoft Corporation is actively expanding the functionality of the Visual Studio.NET Core platform in this direction, which promotes fast and high-quality development of desktop and web applications.

Keywords: software application. Model-driven development. UML. Agile. Design automation. Programming automation. Reverse programming.

ინტერაქტიური და მულტიმედიური საშუალებების გამოყენება სწავლებაში

ნინო ხუჯაძე¹, ზურაბ ზაქარაძე²

1-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

2-ბათუმის N 6 ფიზიკა-მათემატიკის საჯარო სკოლა

aninia82@mail.ru, kancelaria6@gmail.com

რეზიუმე

ჩვენი განხილვის საგანს წარმოადგენს სწავლებაში გამოყენებული ინტერაქტიური და მულტიმედიური საშუალებები. მულტიმედიური ინფორმაცია ახდენს ეფექტურ ზემოქმედებას იმ მსმენელზე, ვისთვისაც იგი არის განკუთვნილი და ჩვენ შემთხვევაში ეს მსმენელია მოსწავლე ან სტუდენტი. მულტიმედიური ინფორმაცია ერთდროულად მიეწოდება, მსმენელის, როგორც მხედველობით ასევე სმენით ორგანოებს და იწვევს მის ემოციოგენურ აღზნებას.

საკვანძო სიტყვები: ინტერაქტიური საშუალებები, მულტიმედიური საშუალებები, მულტიმედიური ინფორმაცია, სასწავლო ინფორმაცია, საგანმანათლებლო პროცესი.

1. შესავალი

მულტიმედიური ინფორმაცია ერთდროულად ახდენს ეფექტურ ზემოქმედებას სტუდენტის, მოსწავლის, როგორც სმენით ასევე მხედველობით შეგრძნებაზე; სასწავლო ინფორმაცია ეფექტურ ზემოქმედებას ახდენს სტუდენტის, მოსწავლის ემოციურ სფეროზე; სასწავლო ინფორმაცია ადვილად აღიქმება და დამახსოვრდება; სასწავლო ინფორმაცია ადვილად

და კომპაქტურად ინახება კომპიუტერის, როგორც გარე ასევე შიგა მეხსიერებაზე; სასწავლო ინფორმაციის განთავსება ნოუთბუკზე ან ინტერნეტში აღწევს მაქსიმალურ მობილურობას; სასწავლო ინფორმაციის აქტუალიზება (ცვლილებების შეტანა, განახლება) ხდება სწრაფად და უპრობლემოდ.

გამოკვლევებმა ცხადჰყო, რომ საგანმანათლებლო პროცესში მულტიმედიის გამოყენების პრაქტიკას აქვს მზარდი ტენდენცია. ახალი ტექნიკური საშუალებები, მაგალითად მულტიმედიური ინტერაქტიური დაფები, რომელსაც თავისი ფუნქციური შესაძლებლობებით „ჭკვიანი“ დაფებიც კი უწოდეს, უკვე სწავლის ეფექტურ და მძლავრ ინსტრუმენტულ საშუალებებად არის აღიარებული. აქვე უნდა ითქვას, რომ დიდი პრაქტიკის მქონე პედაგოგებმა ყურადღება გაამახვილეს ერთ მეტად მნიშვნელოვან ფაქტზე. კერძოდ, სასწავლო მასალის მულტიმედიური მიწოდების გადამეტებამ ანუ ზედმეტი დოზით მიწოდებამ გამოიწვია სტუდენტების, მოსწავლეების მიერ შესასწავლი მასალის არასიღრმისეული ანუ ზედაპირული შეთვისება [1].

2. ძირითადი ნაწილი

როცა ვამბობთ, რომ მულტიმედიური საშუალებების გამოყენების არასრულფასოვნებას ადგილი აქვს პედაგოგების მხრიდან, ვგულისხმობთ შემდეგს - პედაგოგთა ზოგი ნაწილი სასწავლო მასალას ამზადებს სლაიდ-ჩვენებების საშუალებით, სადაც შეაქვს მთლიანი ტექსტები და ლექციის დროს აკეთებს მის დემონსტრირებას კითხვის წესით, რაც არადასაშვებად მიგვაჩნია. ამ დროს მასალის მიწოდება ხდება დაბალი ხარისხით, პედაგოგები თავს არიდებენ ზედმეტ მუშაობას და არ ხდება მათი პედაგოგიკური პოტენციალის გამდიდრება. გარდა ამისა, სტუდენტები, მოსწავლეები სხედან უმოქმედოდ და კმაყოფილდებიან მასალის მოსმენით და ეკრანზე გამოტანილი ტექსტების, ნახაზების ან ფორმულების შეხედვით, რასაც სწორედ რომ ზედაპირული ცოდნის შეძენასთან მივყავართ. ამ დროს ხდება ინფორმაციის გადატანა სტუდენტის სენსორული მეხსიერებიდან მხოლოდ მოკლევადიან მეხსიერებაში (ზედაპირული დამახსოვრება) და შემდგომში მას აღარ ეძლევა გზა გძელვადიანი მეხსიერებისაკენ, რომელიც განაპირობებს შესასწავლი მასალის სიღრმისეულ დამახსოვრებას

სლაიდ-ჩვენებები პედაგოგმა უნდა გამოიყენოს მხოლოდ მასალის იმ ნაწილისათვის, რომელსაც იგი ადრე ასრულებდა დაფაზე ცარცის გამოყენებით, ან წინასწარ მომზადებული თვალსაჩინოებით - ე.წ. პლაკატებით. სლაიდ-ჩვენებები ძირითადად უნდა შეიცავდეს ლექციის მსვლელობის სტრუქტურის სქემატურ ნაწილს. სლაიდ-ჩვენება არ უნდა გავაიგივოთ ელექტრონულ სახელმძღვანელოებთან და საწვრთნელებთან (ტრენაჟორები), რომელსაც სულ სხვა დანიშნულება აქვს, ვიდრე სლაიდ-ჩვენებას. სლაიდ-ჩვენება პედაგოგმა უნდა მიმართოს იმ დროის დაზოგვისა და ეფექტურად გამოყენებისაკენ, რომელსაც იგი ჰკარგავდა ტრადიციული თვალსაჩინოების გამოყენების პროცესში.

ლექციის მულტიმედიური მსვლელობის დროს, თუ სტუდენტი არ ჩაიწერს ძირითად მომენტებს, არ გამოჰყოფს და არ დააფიქსირებს თავისი ხელით უმთავრეს ინფორმაციას, ის ადვილად დაივიწყებს მას. მულტიმედიური ლექციის დროს ყველაზე აუცილებელია, არა

მხოლოდ სლაიდ-ჩვენებების შეხედვა და მასზე თანდართული ტექსტების მოსმენა, არამედ ინტერაქტიური ურთიერთქმედების რეალიზება.

იმის მიხედვით თუ რა სახის სენსორული მოდალოება (ინფორმაციის აღქმის ძირითადი არხი) გააჩნია მსმენელს, შედეგად ზოგი მსმენელი უკეთესად ითვისებს ვიდეოინფორმაციას (ვიზუალური სენსორიკა), ზოგისთვის მნიშვნელოვანია ხმა (აუდიო სენსორიკა), ზოგიერთს კი ინფორმაციის უკეთესად ათვისებისათვის აუცილებლად სჭირდება კუნთების აქტიურობა (კინესტეტიკები). სასწავლო მულტიმედია კურსის (სმკ-ს) საფუძველს წარმოადგენს მისი ინტერაქტიური ნაწილი, რომლის განთავსება შესაძლებელია მხოლოდ კომპიუტერზე. ეს არის: ელექტრონული სახელმძღვანელო, ელექტრონული საძიებელი, ტრენაჟორის კომპლექსი (კომპიუტერული მოდელები, კონსტრუქტორები და ტრენაჟორები), ამოცანათა კრებული, ელექტრონული ლაბორატორიული პრაქტიკუმი, კომპიუტერული სატესტო სისტემა.

ინტერაქტიური მულტიმედია საშუალებების სალექციო მასალის პროექტირების პროცესში უდიდეს მნიშვნელობას ვანიჭებთ მის ინფორმაციულ უზრუნველყოფას. განათლების თანამედროვე სისტემის მნიშვნელოვანი ელემენტი იქნება უმაღლესი სასწავლებლების გადასვლა ელექტრონულ ბიბლიოთეკებზე, სადაც ძირითადი ვექტორი მიმართულია ახალი ინფორმაციული (კომპიუტერული) ტექნოლოგიების (აიტ) გამოყენებაზე. მომხმარებლის მომსახურებაში მთავარი იქნება საცნობარო-ბიბლიოგრაფიული სამუშაოს შესაძლებლობების გაფართოება. სხვადასხვა სასწავლო დაწესებულებების სამეცნიერო ბიბლიოთეკების აიტ-ის ერთერთი შემადგენელი ნაწილი გახდება ხარისხობრივად (თვისობრივად) ახალი ქვეგანყოფი - მედიათეკა, რაც ფაქტობრივად და შინაარსობრივად სხვა არაფერია, თუ არა ელექტრონული ბიბლიოთეკა.

საინფორმაციო მედიათეკა (Information Library - ელექტრონული ბიბლიოთეკა) არის გარემო, სადაც მომხმარებელს შეეძლება კომფორტულად და ეფექტურად გამოიყენოს სხვადასხვა საინფორმაციო რესურსები (ბეჭდური გამოცემები და ფურცლოვანი მასალები, აუდიო- და ვიდეო-მონაცემები, მანქანით /კომპიუტერით/ წაკითხვადი ინფორმაცია), რომლებიც იმყოფება, როგორც ამ ბიბლიოთეკაში ასევე მის ფარგლებს გარეთ [2]. საინფორმაციო მედიათეკის კონცეფცია გულისხმობს კომპლექსურ სტრუქტურას, რომელიც აერთიანებს მკითხველთა დარბაზის, არატრადიციული ინფორმაციის მატარებლების ფონდის და ნებისმიერი სახის ინფორმაციის მატარებლების საინფორმაციო ცენტრის ფუნქციას. საინფორმაციო მედიათეკის ყველა კომპიუტერი გაერთიანებულია ლოკალურ ქსელში, რომლის სერვერიც იმყოფება უშუალოდ მედიათეკაში. მედიათეკის სერვერი შეერთებულია ბიბლიოთეკის სერვერთან, რომელიც, თავის მხრივ, შეერთებულია უმაღლესი სასწავლებლის საერთო ქსელში. მას აქვს საკუთარი საიტი და, შესაბამისად, მაღალსიხშირიანი გასასვლელი ინტერნეტში. აქ ფორმირებული რესურსები კომპლექტურ ოპტიკურ დისკზე, აუდიო და ვიდეო-კასეტებზე მისაწვდომია მედიათეკის ყველა მომხმარებლისთვის. საინფორმაციო მედიათეკის თანამშრომლები იძლევიან საშუალებას, რომ მომხმარებლებმა დამოუკიდებლად მოიძიონ საჭირო საინფორმაციო რესურსი, აწვდიან სხვადასხვა გვარის საინფორმაციო მომსახურებას, უწევენ კონსულტირებას მედიათეკაში არსებული მრავალგვარი (მათ შორის ადგილობრივი გენერაციის) რესურსებთან მუშაობისას. მედიათეკაში შეკრებილია ტრადიციული საცნობარო და პერიოდული გამოცემის მასალები, მანქანით კითხვადი მასალების ფართო ასორტიმენტი, მონაცემთა ბაზები (მბ), მრავალფეროვანი აუდიო, ვიდეო და მულტიმედია მონაცემები,

რომელთან წვდომაც შესაძლებელია როგორც უშუალოდ მედიათეკაში, ასევე, დარბაზში დაყენებული კომპიუტერების მეშვეობით, ინტერნეტშიც.

სტუდენტების მხრიდან საინფორმაციო მასალების ეფექტური გამოყენება შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ სტუდენტები არა მხოლოდ კარგად ფლობენ კომპიუტერს და სათანადო პროგრამებს, არამედ იციან მუშაობა ბიბლიოთეკაში და ბიბლიოგრაფიული მონაცემების გამოყენება. ეს დაეხმარებათ მათ არა მხოლოდ დამოუკიდებლად გამოიყენონ ბიბლიოთეკის საცნობარო-სადიებო აპარატი, არამედ რეფერატების, საკურსო საკონტროლო ნაშრომების სადიპლომო შრომების შესრულებისას სწორად შეადგინონ გამოყენებული ლიტერატურის (წყაროების) სიები. შესაძლებელია შეიქმნას ისეთი ელექტრონული სახელმძღვანელო და, ამავდროულად, საცნობარო კრებული, რომელიც მისცემს მომხმარებლებს შესაძლებლობას დამოუკიდებლად ინტერაქტიურად შეისწავლონ მოცემული პრობლემები და მიიღონ პასუხები გაცილებით ხშირად წარმოქმნილ შეკითხვებზე. იშვიათად წარმოქმნილი შეკითხვებზე პასუხების ძებნის ორგანიზებას ოპერატიულად მოაგვარებენ ბიბლიოთეკის თანამშრომლები ყველასათვის ღია ელექტრონული კონფერენციის მეშვეობით, რომელიც განთავსებულია ბიბლიოთეკის საიტზე.

რაც შეეხება ინტერაქტიური ტექნოლოგიების გამოყენების არეალს იგი საგანმანათლებლო სისტემაში დღით-დღე სწრაფი ტემპით იზრდება და განიცდის მუდმივ სრულყოფას. ეს საფუძვლიანი პროცესია, რადგან ინტერაქტიური მოდელების უპირატესობა თვალნათელია, იგი იძლევა მოსწავლისა და მასწავლებლის აქტიური ურთიერთობის და კოლექტიური მუშაობის სტიმულს, მისი გამოყენება მარტივია, მასთან მუშაობა სახალისო და საინტერესოა; აქვს მულტიმედიური მოდელების, ტექსტების, გრაფიკების, აუდიო-ვიდეო მასალების, ცხრილების, ტექსტების და სხვ. ფაილების ერთ დანართად გამოყენების მაღალი შესაძლებლობა. გარდა ამისა, ინტერაქტიური მოდელების აპარატურის პროგრამული უზრუნველყოფა თავისი უნივერსალური ბუნების მეშვეობით თავსებადი და ადვილად გამოყენებადია ყველასათვის უკვე კარგად ცნობილ საოფისე და ოპერაციულ სისტემებთან.

ინტერაქტიური სწავლება, როგორც ინოვაციური შემოქმედება, უპირველეს ყოვლისა არის დიალოგი, რომელიც მიმდინარეობს მასწავლებელსა და მოსწავლეს (პროფესორსა და სტუდენტს) შორის აქტიური ურთიერთობის სქემით, სადაც გამორიცხულია რომელიმე მხარის დომინირება. ცხადია, ასეთი ფორმით ერთობლივ საქმიანობაში სტუდენტების (მოსწავლეების) ჩართვა ნაყოფიერად მოქმედებს მათ ინდივიდუალურ აქტივობაზე, რომელიც არის ლექციის (გაკვეთილის) მასალის ხარისხიანი გაგების და აღქმის პირველი და მნიშვნელოვანი ბიძგი.

3. დასკვნა

დავასკვნით, რომ სასწავლო მულტიმედიური ინფორმაციის მომზადება და მიწოდება მოითხოვს დიდაქტიკურ მიდგომას, რაც მხოლოდ მეცნიერული კვლევებისა და ანალიზის საშუალებით შეიძლება მოხერხდეს.

ლიტერატურა:

1. Коджаспирова Г.М., Петров К.В. Технические средства обучения и методика их использования: Уч. пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Изд. центр. "Академия", 2001.
2. ხუჯაძე ნ., იასინ ასლან. ინტერაქტიური ტექნოლოგიების გამოყენების არეალი საგანმანათლებლო სისტემაში. მოხსენებათა თეზისები. III საერთაშორისო-სამეცნიერო

კონფერენცია: კომპიუტინგი/ინფორმატიკა, განათლების მეცნიერებები, მასწავლებლის განათლება. ბათუმი, 2014.

Use of interactive and multimedia tools in teaching

Nino Khujadze¹, Zurab Zakaradze²

1-Batumi Shota Rustaveli State University

2-Batumi N 6 Public School of Physics and Mathematics

aninia82@mail.ru, kancelaria6@gmail.com

Abstract

The subject of our discussion is interactive and multimedia tools used in teaching. Multimedia information has an effective impact on the listener for whom it is intended, and in our case this listener is a pupil or student. Multimedia information is delivered simultaneously to the listener's visual and auditory organs and causes emotional arousal.

Key words: interactive means, multimedia means, multimedia information, educational information, educational process.

ავტომატიზაცია და მართვა ლოგისტიკაში, ციფრული ლოგისტიკა, ტენდენციები და შესაძლებლობები

ლიანა ყანჩაველი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

kanchaveliliana08@gtu.ge

რეზიუმე

დიგიტალიზაციამ მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა ლოგისტიკაზე და სხვა დაკავშირებულ ინდუსტრიებზე, როგორცაა საცალო და ონლაინ ვაჭრობა. Covid-19-ის გამო მიწოდების გლობალურმა გამოწვევებმა დააჩქარა ინოვაციების ტემპი და ხაზი გაუსვა ინდუსტრიის მომგებიანობის აღდგენის გადაუდებელ აუცილებლობას. ვინაიდან Covid-ის ჩაკეტვამ და სხვა გეოპოლიტიკურმა ფაქტორებმა გავლენა მოახდინა გლობალურ სისტემაზე და მრავალი საქონლის მიწოდების ჯაჭვზე, ლოგისტიკის მართვის პროგრამული უზრუნველყოფა სულ უფრო მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ინდუსტრიაში. ტექნოლოგია საშუალებას აძლევს ბიზნესს გაზარდონ ეფექტურობა, გაზარდონ შემოსავალი საოპერაციო საფრთხეების შემცირებით და მნიშვნელოვნად შეამცირონ ხარჯები. ისინი საშუალებას გაძლევენ მარტივად და ზუსტად მართოთ გადაზიდვები და თვალყური ადევნოთ გადაზიდვებს, რაც აუმჯობესებს მომხმარებლის გამოცდილებას და კმაყოფილებას.

ბევრი კომპანია უკვე იყენებს საწყობის მართვის სისტემებს ინვენტართან, რესურსებთან მუშაობის ავტომატიზაციისთვის, საქონლის მზარდი მოცულობის, შენახვის ოპტიმიზაციისა და შეკვეთების შესრულების დასაჩქარებლად. თუმცა, არასტაბილური პერიოდის განმავლობაში, ცალკეული, ავტონომიური პროცესები ვერ უზრუნველყოფენ მიწოდების ჯაჭვების სტაბილურობას, თუნდაც ავტომატიზებული. კომპანიებს სჭირდებათ გამჭვირვალობა-ხილვადობა მათი მიწოდების მთელი ჯაჭვის პროცესში, რათა სწრაფად იპოვონ და მოაგვარონ პრობლემები.

ავტომატიზაციის მთავარი ამოცანაა ინფორმაციის, ენერჯისა და მასალის მიღების, სარგებლობის, გადაცემის, გარდაქმნის პროცესში მონაწილეობისგან ადამიანის მთლიანად ან ნაწილობრივ გასათავისუფლებლად, ტექნიკური საშუალებების, ეკონომიკურ-მათემატიკური

მეთოდებისა და მართვის სისტემების, თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატიზაცია, მართვის სისტემები, ინტეგრატორები, ციფრული ლოგისტიკა

1. შესავალი

ციფრული ლოგისტიკა ეს არის ადამიანური, მატერიალური, საინფორმაციო და ფინანსური ნაკადების მართვა მათი ოპტიმიზაციის საფუძველზე, დანახარჯების მინიმიზაციის, პრობლემის გადაჭრა თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ქვეყნების ტერიტორიების დაკავშირება და საერთაშორისო სატრანსპორტო სისტემებში ინტეგრაცია ციფრული ეკონომიკის მთავარი ფაქტორია.

მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტი წარმოების რესტრუქტურის მთავარი ფაქტორია ციფრული ეკონომიკის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად.

2007 წელს მსოფლიო ბანკის საერთაშორისო ვაჭრობის განყოფილებამ, ფინეთის ქალაქ ტურკუს უნივერსიტეტთან ერთად, პირველად შეიმუშავა ლოგისტიკის ეფექტიანობის ინდექსი (Logistics Performance Index - LPI) სხვადასხვა ქვეყნებში ლოგისტიკური სისტემის განვითარების დონის შეფასებისათვის.

ლოგისტიკის ეფექტიანობის შეფასების ძირითადი კრიტერიუმებია:

- საბაჟო და სასაზღვრო გაფორმების ეფექტიანობა (customs); შეფასება: „ძალიან დაბალი“ (1) - „ძალიან მაღალი“ (5);
- სავაჭრო და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ხარისხი (infrastructure); შეფასება: „ძალიან დაბალი“ (1) - „ძალიან მაღალი“ (5);
- კონკურენტუნარიან ფასებში საერთაშორისო გადაზიდვების წარმოების სიმარტივე (international shipments); შეფასება: „ძალიან რთული“ (1) - „ძალიან მარტივი“ (5);
- ლოგისტიკური მომსახურების კომპეტენტურობა და ხარისხი (logistics competence and quality); შეფასება: „ძალიან დაბალი“ (1) - „ძალიან მაღალი“ (5);
- გზაწილებზე თვალყურის დევნებისა და კვალდაკვალ მიყლის შესაძლებლობა (tracking & tracing); შეფასება „ძალიან დაბალი“ (1) - „ძალიან მაღალი“ (5);
- მიწოდების დაგეგმვით ან მოსალოდნელ ვადებში მიმღებამდე გზაწილების მიტანის სიხშირე (timeliness); შეფასება: „ძალიან იშვიათად“ (1) - „ითიქმის ყოველთვის“ (5).
- ფაქტიურად ეს გახლავთ ქვეყნის სავიზიტო ბარათი, თუ როგორი დინამიურია და ეფექტური ქვეყნის სტრატეგიული ინფრასტრუქტურა და ლოგისტიკის ინდუსტრია.
- ტრანსპორტი და ლოგისტიკური სისტემები (მაკრო, მიკრო და მეტა ლს) ქვეყნის ეკონომიკური კონკურენტუნარიანობის ძირითადი ფაქტორებია

დინამიური ღია ბიზნეს სისტემა, რომელიც დაფუძნებულია ლეგალურად დამოუკიდებელი საწარმოების მიერ ერთიანი საინფორმაციო სივრცის ფორმირებაზე, მათი ტექნოლოგიური რესურსების გაზიარების მიზნით, პროექტის განხორციელებაზე მუშაობის ყველა ეტაპის განსახორციელებლად (მომხმარებლის შეკვეთა) პირველადი ნედლეულის წყაროებიდან. პროდუქციის საბოლოო მომხმარებლისთვის გადაცემამდე. ეს უზრუნველყოფს ქვეყნის ერთიანი ციფრული სატრანსპორტო სივრცის ჩამოყალიბებას, ქვეყნის სატრანსპორტო კომპლექსის კონკურენტუნარიანობის გაზრდას გლობალურ ბაზარზე, გლობალურ სატრანსპორტო სივრცეში ინტეგრაციის უზრუნველყოფას ქვეყნის სატრანსპორტო პოტენციალის რეალიზებით, მათ შორის მულტიმოდალური ტრანსპორტით, ტრანსპორტისა და

ლოჯისტიკური სერვისების გეოგრაფიული და ფასის ხელმისაწვდომობის გაზრდას, სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ეფექტურობას, ტრანსპორტის ჰუმანიტარული ხასიათს და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სოციალურ როლს.

1. ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია

რა არის ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია, რატომ არის მნიშვნელოვანი ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია? როგორია ინდუსტრიის ტენდენციები. ლოჯისტიკის ავტომატიზაციის ძირითადი მნიშვნელობა და სარგებელი ბიზნესისთვის, ბარიერები ეფექტური ცვლილებებისთვის, ხუთი საუკეთესო ლოჯისტიკური ავტომატიზაციის სისტემა, რომელიც დღეს შეიძლება განხორციელდეს, სად დავიწყეთ ბიზნესის ავტომატიზაცია?

როგორ მოვახდინოთ ლოჯისტიკური პროცესების ავტომატიზაცია Jmix-ის გამოყენებით?

ეს ხშირად დასმული კითხვებია ლოჯისტიკის ავტომატიზაციის შესახებ.

რა არის ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია?

ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია საშუალებას გაძლევთ უარი თქვათ განმეორებადი ამოცანების ხელით დამუშავებაზე და ეფექტურად მართოთ პროცესები, შეამციროთ ადამიანური ფაქტორის უარყოფითი გავლენა.

წარმოების თვალსაზრისით, ლოჯისტიკური ავტომატიზაცია მოიცავს პროცესების ოპტიმიზაციას, გამჭვირვალობის, სიზუსტისა და ეფექტურობის გაზრდას ხარისხის მენეჯმენტის გაერთიანებისა და მომსახურების დონის გასაუმჯობესებლად. ავტომატიზაცია შეიძლება მოიცავდეს ტექნოლოგიის ბევრ სფეროს, როგორცაა ავტონომიური მანქანები და ჰიბრიდიანი სატრანსპორტო ცენტრები (პორტების და საწყობების ჩათვლით).

კომპანიებს, რომლებსაც აქვთ სტრატეგიული მიდგომა ლოჯისტიკური ავტომატიზაციის მიმართ, შეუძლიათ წარმატებით გააერთიანონ ლოჯისტიკური პროგრამული უზრუნველყოფა თავიანთ ციფრულ ეკოსისტემაში; სწორედ ამ ტიპის ციფრულ ტექნოლოგიაზე ორიენტირებული ბიზნესია, რომელსაც შეუძლია არა მხოლოდ პროცესების ავტომატიზაცია, არამედ მისი ახალ დონეზე გადაყვანა.

რატომ არის მნიშვნელოვანი ლოჯისტიკის ავტომატიზაცია? როგორია ინდუსტრიის ტენდენციები?

Accenture-ის თანახმად, (Accenture არის საერთაშორისო კომპანია, რომელიც გთავაზობთ უამრავ მომსახურებას სტრატეგიისა და კონსულტაციის, ინტერაქტიული სერვისების, ტექნოლოგიებისა და ოპერაციების სფეროში, რომელიც მიმართულია ბიზნესის დიגיტალიზაციაზე. კომპანიის 624000-ზე მეტი თანამშრომელი მუშაობს 120 ქვეყანაში.)

Fortune 1000 კომპანიების 75%-მა (Fortune 1000 არის უმსხვილესი ამერიკული კომპანიების სია ამერიკული ჟურნალის Fortune-ის მიხედვით. სიაში შედის 1000 უმსხვილესი კომპანია აშშ-ში, შემოსავლების მიხედვით. სია აჩვენებს უმსხვილეს მოთამაშეებს და საშუალებას გაძლევთ შეაფასოთ ბაზრის ტენდენციები.) განიცადა მიწოდების ჯაჭვის შეფერხება Covid-19-ის გამო. ლოჯისტიკასა და ტრანსპორტზე უარყოფითად იმოქმედა საკონტეინერო გადაზიდვის ტარიფებმა, რომლებიც საშუალოდ ოთხიდან ხუთჯერ გაიზარდა 2019 წელთან შედარებით, ხოლო ზოგიერთ ბაზარზე, ფასის ზრდა კიდევ უფრო მაღალი იყო.

ძირითადი აქციონერები და უფროსი აღმასრულებლები სულ უფრო მეტად არიან ზეწოლის ქვეშ, რომ გააკონტროლონ მზარდი ხარჯები და შეინარჩუნონ ინვესტიციის მოკლევადიანი ამოგება-ანაზღაურება. ამავდროულად, ბევრი ცდილობს გაზარდოს თავისი ბიზნესის მოქნილობა და სტაბილურობა ზედმეტი რისკების გარეშე. მიწოდების ჯაჭვი შეიცვალა: მიწოდების ჯაჭვების 48% გასული წლის განმავლობაში უფრო რთული გახდა მთელი რიგი ფაქტორების გამო:

გეოგრაფიული გაფართოება და მომხმარებელთა ბაზის ზრდა:

ონლაინ ვაჭრობის წყალობით კომპანიებს შეუძლიათ ოპერირება მთელ მსოფლიოში, მაგრამ ეს ართულებს მიწოდების პროცესს. ბიზნესებმა უნდა განიხილონ ახალი ტერიტორიები და მოძებნონ გზები ახალ ბაზრებზე შეკვეთების შესასრულებლად.

მარაგების გაფართოება და ახალი წყაროს სტრატეგიები:

ბევრი კომპანია გადადის ხაზოვანი ჯაჭვიდან მიწოდების ინტეგრირებულ ქსელებზე, რათა თავიდან აიცილოს ინდივიდუალური მომწოდებლების წყარო. კომპანიები ცდილობენ გაზარდონ თავიანთი მიწოდების ჯაჭვების ეფექტურობა ალტერნატიული სავაჭრო პარტნიორობის გზით, რათა მთლიანად აღმოფხვრას წარუმატებლობის წერტილები. ეს ასევე ართულებს მიწოდებას მრავალი ურთიერთდაკავშირებული პარტნიორის გამო, რომლებიც ქმნიან ქსელს, რომელიც მოიცავს მიწოდების კომპანიებს და სხვა სერვისების პოტენციურ პროვაიდერებს.

მიწოდების მოლოდინში:

ახალი მომხმარებლის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად კომპანიებმა უნდა მიაწოდონ შეკვეთის სტატუსი და მიწოდების ინფორმაცია რეალურ დროში. როგორც DHL ხაზს უსვამს, ლოჯისტიკა სულ უფრო დივერსიფიცირებული ხდება. მოქნილი ბიზნესი, რომელსაც შეუძლია სწრაფად გადატრიალდეს, არის მიწოდების სტაბილურობის გასაღები, მაგრამ ეს არც მიწოდების მართვას აადვილებს. ლოგისტიკური პროგრამული უზრუნველყოფა უნდა გაუმკლავდეს ამ გამოწვევას და გაუმკლავდეს მზარდ სირთულეს შრომატევადი და არასანდო მექანიკური პროცესების და პერსონალის გაზრდილი ხარჯების გარეშე.

ლოგისტიკური ავტომატიზაციის სრული სარგებელის მისაღებად, კომპანიებმა უნდა გაუმკლავდნენ მთავარ გამოწვევას: აღკვეთონ მიწოდების ჯაჭვების ფუნქციონირება სილოსებში. მიწოდების ჯაჭვი დამოკიდებულია გარე ფაქტორებზე და უნდა ფუნქციონირებდეს, როგორც უფრო ფართო ციფრული ეკოსისტემის ნაწილი, რათა სისტემის ოპტიმიზაცია და მოდერნიზება შესაძლებელი იყოს საგანგებო სიტუაციებზე, ბაზრის პირობებზე და ცვალებად სტრატეგიებზე დაყრდნობით.

2. ინტეგრირებული ლოგისტიკური მენეჯმენტი

ინტეგრირებული ლოგისტიკური მენეჯმენტი და პროცესის ავტომატიზაცია სულ უფრო პოპულარული ხდება როგორც დიდ კორპორაციებში, ასევე მცირე და საშუალო კომპანიებში, რომლებიც ცდილობენ შეამცირონ ხარჯები და გაზარდონ ეფექტურობა. API (API არის მექანიზმები, რომლებიც საშუალებას აძლევს ორ პროგრამულ კომპონენტს დაუკავშირდეს ერთმანეთს განმარტებებისა და პროტოკოლების გამოყენებით. მაგალითად, ამინდის სერვისის პროგრამული სისტემა შეიცავს ამინდის ყოველდღიურ მონაცემებს.) ტექნოლოგიის გამოყენებით კომპანიებს შეუძლიათ დააკავშირონ მრავალი სისტემა უფრო რთული ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაციისთვის.

ბარიერები ეფექტური ცვლილებებისთვის

McKinsey-ის კვლევის მიხედვით, (McKinsey & Company არის საერთაშორისო საკონსულტაციო კომპანია, რომელიც სპეციალიზირებულია სტრატეგიულ მენეჯმენტთან დაკავშირებული პრობლემების გადაჭრაში.) რესპონდენტთა 85% იყენებს არაეფექტურ ციფრულ ტექნოლოგიებს მიწოდების ჯაჭვებში და გამოკითხულთა მხოლოდ 14%-მა მიაღწია მდგრადი ეფექტურობის ხარისხს. ლოჯისტიკის ავტომატიზაციის მრავალი სარგებლის მიუხედავად, ზოგიერთ კომპანიას ექმნება ბარიერები პოზიტიური ცვლილებებისთვის, როგორცაა:

➤ ციფრული სტრატეგიის ნაკლებობა

ნამდვილი ციფრული ტრანსფორმაცია უფრო მეტია, ვიდრე მხოლოდ რამდენიმე ბიზნეს პროცესის ავტომატიზაცია. წარმატებული დიגיზალიზაცია მოიცავს მრავალ დეპარტამენტს და ითვალისწინებს მთელ რიგ ფაქტორებს, მათ შორის ბიზნეს პროცესების ოპტიმიზაციას და სოციოკულტურულ ცვლილებებზე რეაგირებას. ციფრული სტრატეგია უნდა იყოს ბიზნეს

სტრატეგიის ბირთვი, რომელიც მოითხოვს კოორდინაციას კომპანიის მასშტაბით. ერთ ასპექტზე ფოკუსირება და სხვების იგნორირება იწვევს დროის, ფულის და შესაძლებლობების დაკარგვას ნამდვილად სასარგებლო ცვლილებებისთვის.

➤ მიწოდების ჯაჭვის სირთულე

მიწოდების ჯაჭვის სირთულე რჩება მთავარ გამოწვევად მიწოდების ჯაჭვის ლიდერებისთვის მთელს მსოფლიოში, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საქმე ავტომატიზაციას ეხება. მიწოდების ჯაჭვის ლიდერების 46% ამბობს, რომ მათ უჭირთ ახალი შესაძლებლობების ინტეგრირება მთელი მიწოდების ჯაჭვში, წარმოებიდან მომხმარებლებზე მიწოდებამდე. ერთის მხრივ, ავტომატიზაცია არის ყველაზე ეფექტური გზა კომპლექსური მიწოდების ჯაჭვის მართვისთვის, მაგრამ ამავდროულად, ახალი ტექნოლოგიის დანერგვამ, თუნდაც ის ეფექტური და სწორი იყოს, შეიძლება გამოიწვიოს კიდევ უფრო დიდი სირთულეები და სტრესი. მაგალითად, სამუშაო პროცესები შეიძლება დაიშალოს, როდესაც კომპანია გადადის ახალ ტექნოლოგიებზე, რადგან ყველაფრის ერთბაშად შეცვლა არ შეიძლება: ბიზნესი მუდმივად უნდა მუშაობდეს.

➤ ინვესტიციის გრძელვადიანი დაბრუნება (ROI)

ROI ინდიკატორი ("ინვესტიციის დაბრუნება", ინვესტიციის დაბრუნება ასახავს თუ არა ბიზნესის ინვესტიციები, მაგალითად, რეკლამაში ან ზოგადად მარკეტინგში. გაანგარიშების ფორმულა: (შემოსავლები ინვესტიციებიდან - ინვესტიციების ზომა) ÷ ინვესტიციების ზომა × 100%. თითოეულ ბიზნეს სფეროს ექნება კარგი ROI-ის საკუთარი მნიშვნელობა.

PwC-ის (PricewaterhouseCoopers (PwC) არის აუდიტორული კომპანია, რომელიც არის მსოფლიოში უმსხვილესი აუდიტორული ფირმა „დიდი ოთხეულიდან“. შტაბ-ბინა ლონდონშია. PwC შერწყმის შედეგად შეიქმნა. Pricewaterhouse დააარსა სამუელ ლოუ პრაისმა 1848 წელს ლონდონში, Coopers Brothers-მა უილიამ კუპერმა 1854 წელს.) შეფასებით, მოგება ლოჯისტიკაში შედარებით დაბალია, გადასახადამდე მიღებული შემოსავალი, როგორც წესი, მერყეობს 1%-დან 8%-მდე. მოწინავე ლოჯისტიკა და სატრანსპორტო ავტომატიზაცია ხშირად მოითხოვს დიდ ბიუჯეტებს, რომლებიც ზოგჯერ ათასობით დოლარს შეადგენს წლიური მხარდაჭერის, ტექნიკური მომსახურებისა და განახლების საფასურში. ახალი გადაწყვეტის დანერგვის შემდეგ, დრო დასჭირდება ინვესტიციის ამოგებას-ანაზღაურებას. ჭეშმარიტად მომგებიანი კომპანიები იწყებენ ძალიან მკაფიო, კონკრეტული ROI მიზნებით, აფასებენ მათ შესრულებას და მუდმივად მუშაობენ ამ მიზნების მისაღწევად. ეს აუმჯობესებს დანაზოგს, ეფექტურობას, მომხმარებელთა მომსახურებას და პროდუქტიულობას.

ფულის დაზოგვა, შემცირებული არაეფექტურობა, მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესება, პროდუქტიულობა, ტექნოლოგიის არასწორი არჩევანი-არსებულ პროგრამულ უზრუნველყოფასა და ახალ ტექნოლოგიებს შორის შეუთავსებლობამ ასევე შეიძლება გამოიწვიოს პრობლემები და შეამციროს ავტომატიზაციის ეფექტურობა. კომპანიებს შეიძლება შეექმნათ უარყოფითი შედეგები ტექნოლოგიურ ლანდშაფტში ახალი ტექნოლოგიების დანერგვით, თუ ისინი არ ითვალისწინებენ ტექნოლოგიური პლატფორმის თავსებადობას და არსებულ გარემოს და არ ითვალისწინებენ განხორციელების გრძელვადიან სტრატეგიულ მიზნებს. ლოჯისტიკური და სატრანსპორტო აპლიკაციის შექმნის საბოლოო მიზანი უნდა იყოს ბიზნესის მთლიანი პროდუქტიულობისა და მომგებიანობის გაუმჯობესება.

სანამ რაიმე ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის გადაწყვეტილებას მივიღებთ, ის უნდა შეფასდეს რამდენიმე მნიშვნელოვანი კრიტერიუმის მიხედვით-როლი ბიზნესის მთლიანი პროდუქტიულობისა და მომგებიანობის გაუმჯობესებაში-მარტივი ინტეგრაცია არსებულ IT ლანდშაფტში-ტექნოლოგიების გამყიდველის დამოუკიდებლობა -ტექნოლოგიის მასშტაბურობა და კონფიგურირება.

3. მეთოდოლოგია

კვლევის მეთოდოლოგია მოიცავს სხვადასხვა წყაროებიდან ინფორმაციის საფუძველზე ანალიზის სინთეზს.

ტრანსპორტის მართვის სისტემები (TMS) (Transportation Management System, TMS) არის ლოგისტიკური ავტომატიზაციის საფუძველი. ტრანსპორტის მართვის სისტემა (TMS) არის ლოგისტიკური პლატფორმა, რომელიც იყენებს ტექნოლოგიას, რათა დაეხმაროს ბიზნესს დაგეგმონ, შეასრულონ და გააუმჯობესონ საქონლის ფიზიკური მოძრაობა, როგორც შემომავალი, ისე გამავალი, და უზრუნველყოს შესაბამისი მიწოდება ... Gartner-ის (Gartner არის ამერიკული კვლევითი და საკონსულტაციო კომპანია, რომელიც სპეციალიზირებულია საინფორმაციო ტექნოლოგიების ბაზრებზე. ის ყველაზე ცნობილია ERP-ის (ERP (Enterprise Resource Planning) ნიშნავს საწარმოს რესურსების დაგეგმვას. ეს არის პროგრამული პაკეტი, რომელიც მოიცავს ყველა იმ ინსტრუმენტს და პროცესს, რომელიც საჭიროა კომპანიის წარმატებით მართვისთვის, მათ შორის ადამიანური რესურსები, წარმოება, მიწოდების ჯაჭვი, ფინანსები, ბუღალტერია და მრავალი სხვა. კონცეფციისა და რეგულარული კვლევის ანგარიშების შემოღებით "ჯადოსნური კვადრატის" და "ჰიპ ციკლის" ფორმატებში). თანახმად, TMS ახორციელებს ისეთ პროცესებს, როგორცაა ტვირთის დაგეგმვა, ფასების და ტვირთის შესყიდვა ტრანსპორტის ყველა რეჟიმში; შესაფერისი მარშრუტისა და გადამზიდველის არჩევა; ტრანსპორტირების ინვოისების და გადახდების მართვა.

YMS (Yard Management System) არის საწყობის მართვის სისტემა, რომლის ძირითადი ფუნქციაა საწარმოს ტერიტორიაზე ტრანსპორტის მართვის ავტომატიზაცია.

ამ პროცესებიდან ბევრი შეიძლება ნაწილობრივ დაფარული იყოს ზოგადი ERP სისტემებით ან უფრო დიდი მიწოდების ჯაჭვის მართვის (SCM) სისტემებით, მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტი (SCM Supply Chain Management, SCM) SCM (Supply Chain Management) - მიწოდების ჯაჭვის მართვა. SCM სისტემები შექმნილია საწარმოს მიწოდების ყველა ეტაპის ავტომატიზაციისა და მართვისთვის და საწარმოში საქონლის მთელი ნაკადის გასაკონტროლებლად. SCM სისტემა საშუალებას გაძლევთ მნიშვნელოვნად უკეთ დააკმაყოფილოთ მოთხოვნა კომპანიის პროდუქტებზე და მნიშვნელოვნად შეამციროთ ლოგისტიკისა და შესყიდვის ხარჯები. SCM მოიცავს ნედლეულის შესყიდვის, საქონლის წარმოებისა და დისტრიბუციის მთელ ციკლს. მკვლევარები ზოგადად იდენტიფიცირებენ ექვს ძირითად სფეროს, რომლებზეც მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტი ფოკუსირებულია: წარმოება, მიწოდება, მდებარეობა, ინვენტარი, ტრანსპორტი და ინფორმაცია. მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტის 3 დონეს განიხილავენ

სტრატეგიული (სტრატეგიული მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტი, Strategic Supply Chain Management, SSCM) SSCM მიწოდების ჯაჭვის განვითარების სტრატეგიის შექმნა, მათი ძირითადი რგოლების და კონფიგურაციის განსაზღვრა. 2. ტაქტიკური (მომარაგების ჯაჭვის დაგეგმვა, Supply Chain Planning, SCP) SCP. 3. ოპერაციული (Supply Chain Execution, SCE) დაგეგმილი ოპერაციების რეალურ დროში განხორციელება.

თავად მიწოდების ჯაჭვის ფორმირება: განისაზღვრება რგოლების ნაკრები და თანმიმდევრობა, ყალიბდება შემომავალი და გამავალი ნაკადები და დაგეგმილია ბიუჯეტი. ტაქტიკურ დონეზე მუშაობა მიმდინარეობს არსებული რესურსებით. მაგრამ ეს სისტემები რთულია და ვერ უმკლავდება ლოგისტიკის მუდმივად მზარდ მოთხოვნებს. მათ არ აქვთ მოქნილობა უფრო დიდ სამუშაო სისტემებში ინტეგრირებისთვის და საკმარისად სწრაფად ადაპტაციისთვის. შედეგად, ინდუსტრიის კვლევის მიხედვით, გადამზიდველი კომპანიების 38%-მა და 3PL-ის 67%-მა (მესამე მხარის ლოგისტიკის ან ლოგისტიკური მომსახურების კომპანიები) განაცხადა, რომ ინვესტირებას ახორციელებს ტრანსპორტის მართვის სისტემაში.

ტრანსპორტის მართვის სისტემები აადვილებს დაგეგმვას საქონლის გაგზავნის ავტომატიზაციით. სატვირთო ტვირთზე ნაკლები (LTL) მიწოდება იზრდება (LTL ტრანსპორტირება (ინგლისურიდან Less than Truckload, სატვირთოს ნაწილობრივი დატვირთვა))

არის „კონსოლიდირებული ტვირთის“ ტრანსპორტირება, რომლის დროსაც ტვირთი რამდენიმე გამგზავნიდან მიეწოდება რამდენიმე მიმღებს ერთ მანქანაში. LTL ტრანსპორტირების შეკვეთა სასარგებლოა საქონლის მცირე რაოდენობით. ამიტომ მნიშვნელოვანია, რომ შეძლოთ ტარიფების შედარება იმავე სისტემის გადამზიდავებს შორის. ეს ხელს უწყობს გადაზიდვის ხარჯების შემცირებას წონის ან მანძილის მიხედვით. მულტიმოდალურ ტრანსპორტში TMS ავტომატიზირებს პროცესებს ტვირთის მიწოდების მონაწილეებს შორის, ისევე როგორც ყველა დაკავშირებულ ადმინისტრაციულ პროცესს. კიდევ ერთი მნიშვნელოვანია, რომელსაც ბიზნესი დაუყოვნებლივ იძენს TMS-ისგან, არის დახმარება მარეგულირებელ შესაბამისობაში. ამრიგად, ბიზნესს არ ეშურება იურიდიული პასუხისმგებლობისა და ჯარიმების ქვეშ მოქცევა. საოფისე პროცესების ავტომატიზირება დაგეხმარებათ იმის უზრუნველსაყოფად, რომ თითოეული გადაზიდვა სათანადოდ არის დოკუმენტირებული და აკმაყოფილებს ინდუსტრიის მოთხოვნებს. უფრო ფართო მიწოდების ჯაჭვის კონტექსტში, TMS უზრუნველყოფს გამჭვირვალებას-ხილვადობას მასალების გადაადგილებაზე, რომელიც საჭიროა წარმოების გრაფიკის შესანარჩუნებლად, აუმჯობესებს მომხმარებელთა მომსახურებას და უზრუნველყოფს პროდუქტის გადაადგილების მეტ ხილვადობას.

ლოგისტიკური ავტომატიზაციის ექვსი სარგებელი თქვენი ბიზნესისთვის

მიუხედავად იმისა, რომ რესურსების ოპტიმიზაცია და შემოსავლების გაზრდა ხშირად ლოგისტიკური ავტომატიზაციის სისტემის დანერგვის მთავარი მიზანია, არსებობს მრავალი სხვა სარგებელი.

- ლოგისტიკური ავტომატიზაცია ეხმარება ხარჯების შემცირებაში
 - ლოგისტიკური ავტომატიზაცია საშუალებას გაძლევთ შეამციროთ საოპერაციო ხარჯები პროცესის ყველა ეტაპზე გადაწყვეტილების ოპტიმიზაციის გზით - კურიერების ეფექტური მარშრუტიდან დაწყებული ყველაზე ეკონომიური გადაზიდვების არჩევამდე.
 - მნიშვნელოვანი დანახოვის მიღწევა შესაძლებელია ტვირთის/დაზღვევის ხარჯების ავტომატური კონტროლისა და პროდუქტის დატვირთვის ოპტიმიზაციის გზით. ინვენტარის ავტომატური მართვა ასევე ხელს უწყობს მარაგის ხარჯების შემცირებას და მოთხოვნის პიკს, რათა უზრუნველყოფს საკმარისი მარაგი შეკვეთების შესავსებად.
- გაზრდილი პროდუქტიულობა და შესრულება
 - ლოგისტიკური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით რუტინული პროცესების ავტომატიზაცია კომპანიებს საშუალებას აძლევს მაქსიმალურად გაზარდონ თანამშრომლების პროდუქტიულობა და გამოათავისუფლონ დრო უფრო რთული და მნიშვნელოვანი ამოცანებისთვის.
- რაოდენობის შემცირება
 - ადამიანური შეცდომები
 - ლოგისტიკის ავტომატიზაცია ამცირებს ადამიანის შეცდომებს, რომლებიც წარმოიქმნება განმეორებითი და დროზე დამოკიდებულ ამოცანების დროს.
- ხარისხის გაუმჯობესება
 - მომხმარებელთა მომსახურება
 - მიწოდების ავტომატიზაცია უზრუნველყოფს შეკვეთის შესრულების უდიდეს გამჭვირვალებას, რაც აუმჯობესებს მომსახურების ხარისხს.
- მკაფიო, ცენტრალიზებული მონაცემთა ნაკადი და ანალიზი
 - როდესაც ბაზრის პირობები არასტაბილურია, კომპანიებს სჭირდებათ სწრაფი წვდომა მონაცემებზე კონკურენტუნარიანობის შესანარჩუნებლად.
 - რეალურ დროში მონაცემებზე წვდომა საშუალებას გაძლევთ გააუმჯობესოთ დაგეგმვა და სწრაფად უპასუხოთ შეფერხებებს, გაზარდოთ მდგრადობა მოულოდნელი მოვლენების მიმართ.

- მასშტაბურობა და სიჩქარე
 - ონლაინ კომერციამ მოახდინა რევოლუცია ლოჯისტიკასა და ტრანსპორტირებაში, რამაც იმდენად დააჩქარა საქონლის გადაადგილება, რომ შესაძლებელია იმავე დღეს მიწოდება. როდესაც მომხმარებელთა მოლოდინები გაიზარდა, კომპანიებმა უნდა განახორციელონ ლოგისტიკური პროცესის ავტომატიზაცია, რათა თავიდან აიცილონ ხელით პროცესები, რომლებიც ყოველთვის სავსეა შეცდომებით და შეფერხებებით.

4. დასკვნა

დასასრულს, აღსანიშნავია, რომ ლოჯისტიკა არის საქმიანობის რთული და მრავალმხრივი სფერო, რომელიც მოითხოვს მუდმივ ყურადღებას და ძალისხმევას. თუმცა, სწორი მიდგომითა და სწორი დაგეგმვით, შეგვიძლია შევქმნათ ეფექტური სისტემა, რომელსაც შეუძლია იმუშაოს ბიზნესის განვითარებისა და მისი კონკურენტუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Melovic, B., Mitrovic, S., Djokaja, A., & Vatinc, N. (2015). Logistics in the Function of Customer Service –Relevance for the Engineering Management, *International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, Procedia Engineering 117*
2. Acimovic, S., Servis, Potrosaca, (2003). Ekonomski Fakultet Beograd, Beograd p. 156.
3. Rebetak, M., & Farkasova V. (2013) Performance management as a tool of competitiveness, In: Factors prosperity of enterprises in the local and global environment through the lens of 2013: *Proceedings of the 7th International Scientific Conference*, 2013, 494– 502 Štarchoň, P., Weberová, D. (2014). Gender and Attitudes of Slovak Consumers towards the Brand. *Marketing Science and inspirations*, Bratislava: Comenius University in Bratislava, 9(4), 36– 42
4. Saif, U.M., (2012). Customer Satisfaction, Perceived Service Quality and Mediating Role of Perceived Value *International Journal of Marketing Studies*, 4(1)
5. Smolková, E., & Štarchoň, P. (2013). Imported brands in consumer preferences Slovaks, In: *Marketing Management, business and social aspects of business*. Kosice Faculty of Business Economics in Kosice, 615
6. Nadanyiová, M. (2015). The quality mark SK and its impact on the shopping behaviour of Slovak consumers, In: *Procedia - Economics and finance*, 23, 1509–1514.
7. Kampf, R., Ližbetinová, L., & Tišlerová, K. (2017). Management of Customer Service in Terms of Logistics Information Systems, *Open Eng*, 7:26–30
8. Lambert, D., & Stocs, J. (1993), *Strategic Logistics Management*, Mc Graw Hill Co. New York, 111.
9. Berman, B. & Evans, J. (1995). *Principles of marketing Practice*, Hall, Eaglewood Cliff, 14.
10. <https://idfi.ge/ge/efficiency-of-logistics-system-georgia>

Automation and management in logistics, digital logistics, trends and opportunities

Liana Kanchaveli,
Georgian Technical University
kanchaveliliana08@gtu.ge

Resume

Digitization has had a significant impact on logistics and other related industries such as retail and online commerce. Global supply challenges due to Covid-19 have accelerated the pace of innovation and highlighted the urgent need to restore industry profitability. As the Covid lockdown and other geopolitical factors have affected the global system and the supply chain of many commodities, logistics management

software is playing an increasingly important role in the industry. Technology allows businesses to increase efficiency, increase revenue by reducing operational risks, and significantly reduce costs. They allow you to easily and accurately manage shipments and track shipments, improving the customer experience.

Many companies already use warehouse management systems to automate work with inventory, increasing volume of goods, optimizing storage and speeding up order fulfillment. However, during volatile periods, separate, autonomous processes cannot ensure the stability of supply chains, even if automated. Companies need visibility into their entire supply chain to quickly find and fix problems.

The main task of automation is to use technical means, economic-mathematical methods and management systems, modern technologies and artificial intelligence to completely or partially free humans from participating in the process of receiving, using, transmitting and transforming information, energy and materials.

Key words: automation, management systems, integrators, digital logistics

STEM Education Challenges In Georgia

Ibraim Didmanidze, Ia Khasaia, Didar Didmanidze

Batumi Shota Rustaveli State University

ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge, ia.khasaia@bsu.edu.ge, ddidari1966@gmail.com

Abstract

STEM education in Georgia is critical for fostering innovation and economic growth. Despite its importance, significant challenges such as disparities in access, outdated curricula, appropriate technologies and insufficient teacher training hinder the effectiveness of STEM education. The paper explores these challenges and identifies opportunities for improvement. Through a comprehensive literature review, case studies, and qualitative analysis of interviews with students and educators, the paper highlights the impact of innovative teaching methods, professional development opportunities, access to technological and educational resources. The findings reveal that integrating interdisciplinary and project-based learning approaches into the curriculum, increasing investment in teacher training, and fostering collaborations with local and international partners and higher education institutions can significantly enhance STEM education in Georgia. The paper concludes with specific recommendations for policymakers and educators, to advance STEM education and ensure that all students have the opportunity to succeed in these fields, ultimately driving progress and innovation in Georgia's technology-driven future.

Key words: STEM education, science, innovation, technology integration, project-based learning

1. INTRODUCTION

STEM education, covering the disciplines of Science, Technology, Engineering, and Mathematics [14], is essential for fostering innovation and driving economic growth in Georgia [4]. Advancing STEM is also important for nurturing future scientists who can contribute to progress in these fields. In Georgia, the significance of STEM education is increasingly acknowledged [1, 6, 13, 16] however, numerous challenges impede its full realization. This paper explores the primary obstacles the Georgian education system faces in providing effective STEM education, including limited professional development opportunities, curriculum design, and technology-based practical applications. Additionally, it examines opportunities that could help address these challenges, paving the way for a stronger STEM education framework.

The relevance of this topic arises from persistent challenges within STEM education in Georgia, particularly in teacher training and professional development. Many educators lack the necessary content knowledge and pedagogical skills to deliver effective STEM instruction, making this a significant obstacle. Although the education system offers some professional development opportunities and there are ongoing training programs, these efforts remain insufficient. One notable initiative, The Millennium Challenge Program (MCC) in Georgia [6], has made a substantial contribution by laying a foundation for improving STEM education and aligning educational outcomes with the needs of a technology-driven economy. Nevertheless, challenges persist, particularly in fully integrating practical learning into STEM subjects. This

gap in teacher preparation adversely affects the quality of STEM education, limiting students' ability to reach their full potential.

Another urgent issue facing the Georgian education system is the reliance on traditional teaching methods. STEM subjects—such as mathematics, physics, chemistry, biology, information technology, and astronomy [2]—are often taught without sufficient integration or practical application, limiting students' ability to develop the critical thinking and problem-solving skills essential for real-world challenges. The lack of modernized approaches makes the learning process less engaging and hinders students' preparation for the demands of a rapidly evolving technological landscape. This is reflected in assessments like PISA and other international evaluations, which demonstrate the low performance and achievement levels of Georgian students [10].

2. Discussion

Impact of Practical Application in STEM Education

Emphasizing the practical application of STEM concepts is essential for creating a more engaging and relevant learning experience. Applying theoretical knowledge to real-world problems allows students to deepen their understanding while developing a wide range of essential skills. When students see how STEM concepts address real-life challenges, their motivation and interest in studies increase. Hands-on activities and project-based learning play a vital role in this process [7, 11], as active participation in practical tasks fosters critical thinking, problem-solving, and creativity. These skills are crucial for navigating and overcoming challenges, enabling students to experiment with new ideas and explore innovative solutions. Practical application also prepares students for future careers in STEM fields by equipping them with technical skills and hands-on experience [15]. Additionally, applying theoretical concepts in real-life contexts reinforces students' comprehension, making abstract ideas more tangible and easier to retain.

Additionally, group work, often incorporated into practical projects, strengthens students' teamwork, communication, and social skills. Collaboration allows students to share perspectives, learn from one another, and develop abilities essential for both academic and professional environments. This active engagement fosters deeper understanding and confidence, motivating further learning and positively impacting their academic outcomes [12].

Finally, practical experiences nurture adaptability and curiosity. Students learn to tackle unexpected challenges and adapt to new situations, equipping them for the rapidly changing demands of the modern world. By integrating innovative teaching methods that emphasize the practical application of STEM concepts, Georgia can enhance the quality of its education system and better prepare students for success in the 21st century.

Innovative, technology-driven, and project-based teaching methods play a vital role in advancing STEM education by making learning more engaging, relevant, and effective [3]. Integrating digital tools and technologies—such as virtual labs and simulations—enables students to visualize complex concepts, experiment in a risk-free environment, and apply theoretical knowledge in practical, real-world contexts. Project-based learning further enhances understanding by encouraging students to collaborate, think critically, and solve problems creatively through hands-on experiences [5]. These methods inspire greater interest in STEM fields and better prepare students for the technological and scientific demands of the modern workforce.

However, many schools in Georgia face significant technological and resource limitations. Insufficient access to modern laboratories, computers, and educational materials restricts students' opportunities to engage in hands-on learning and practical experiments.

3. Methodology

The research methodology included a literature review, case studies, and interviews with educators and students. Data were gathered from surveys conducted among first-year students at Batumi Shota Rustaveli State University, as well as observations at schools such as the Georgian-American International School

"Progress." A survey was conducted among 200 first-year students at Batumi Shota Rustaveli State University to assess their experience with STEM education, with 192 students reporting unfamiliarity with the concept.

To gain further insight, we examined 20 public and private schools in Batumi to understand their approach to STEM education. Observations of lessons at Georgian-American International School "Progress" were complemented by interviews with teachers about their implementation of STEM education, working conditions, student involvement, attitudes, skill development, and class objectives. Educators at this school use personalized teaching methods that emphasize connections between science and technology.

4. Results

The study revealed that while some schools in Batumi have integrated STEM elements into their curricula, Georgian-American International School "Progress" is the only institution implementing a comprehensive STEM program. Teachers at this school adapt the curriculum annually, incorporating student feedback to enhance development. Head teacher Uta Kilasonia highlighted that teachers' attitudes, values, knowledge, skills, and motivation significantly impact student achievement. Students often bring innovative ideas, enhancing existing approaches.

The school provides an environment conducive to successful STEM education, supported by a virtual laboratory developed by Professor David Songulashvili, an expert in applied physics and engineering. This virtual lab allows students to perform simulated experiments through specialized software, enabling experimentation without direct interaction with physical equipment. According to U.Kilasonia, these facilities are essential, as they transform theoretical ideas into practical experiences. The combination of modern teaching methods, visual materials, and laboratory resources offers students an engaging and dynamic learning experience.

Observations indicated that the STEM model provides highly engaging and motivating lessons, with students actively participating in a variety of hands-on activities. These activities encourage students to construct, explore, investigate, inquire, and collaborate, fostering essential programming and problem-solving skills. Students are involved in designing and testing their structures, gathering and evaluating data, focusing on precision, and planning and executing investigations that integrate mathematical, scientific, and engineering practices.

Among the practical projects are constructing digital voltmeters and ammeters, designing Georgian fonts for LCD displays, creating smart cards, building bells, developing irrigation systems, fuel level controllers, analog-to-digital converters, voice-guided robots, and line-following robots. These projects enable students to apply theoretical knowledge in practical, real-world contexts, enhancing their technical skills and understanding.

Students from Georgian-American International School "Progress" achieve remarkable success each year, consistently winning prestigious competitions such as the Millennium Innovation Competition. Their award-winning project earned them an opportunity to visit NASA, where they engaged in diverse scientific activities, gaining invaluable insights into real-world scientific applications [9]. Schools like Georgian-American International School "Progress" serve as exemplary models of effective STEM education that can be replicated across Georgia, fostering a broad range of skills and nurturing the next generation of innovators and scientists.

5. Research issues and recommendations

What steps can be taken to support the development of STEM teachers? How can we enhance their subject expertise and ensure that Georgian schools have access to qualified STEM professionals?

Promoting STEM teaching and strengthening subject expertise in Georgian schools requires a comprehensive approach involving targeted recruitment, specialized training, ongoing professional development, and sustained support. This paper offers specific recommendations to achieve these goals.

➤ Recruitment, Collaboration, and Mentorship

Establish mentorship programs in which experienced STEM teachers guide and support newer teachers, sharing best practices and insights. Additionally, create professional learning communities (PLCs) to enable STEM teachers to collaborate, share resources, and participate in ongoing discussions, fostering a culture of continuous improvement and innovation. Launch recruitment campaigns to attract talented individuals and offer incentives, such as scholarships and funding, to draw high-quality candidates into the profession.

Initial Teacher Training: Develop comprehensive training programs that emphasize both content knowledge and pedagogical skills, with a particular focus on STEM subjects and innovative teaching methods.

Continuous Professional Development: Offer ongoing professional development opportunities to keep teachers informed about the latest advancements in STEM education and teaching strategies. Provide access to workshops, conferences, online courses, and seminars, as well as specialized training in areas such as inquiry-based learning, project-based learning, and technology integration.

Access to Resources and Technology: Equip schools with modern STEM resources, including physical and virtual laboratories, computers, and educational software, which are essential for effective teaching and learning. Additionally, create resource libraries that provide teachers with access to teaching materials, lesson plans, and professional literature on STEM education.

Recognition and Career Advancement: Supporting STEM educators requires implementing recognition programs that reward outstanding teachers with awards, certificates, and public acknowledgment, motivating them and highlighting their contributions. Additionally, offering clear career advancement opportunities within the teaching profession—such as roles like lead teacher, department head, instructional coach, or educational consultant—can promote long-term professional growth and development.

Partnerships and Collaboration: Building partnerships with local businesses, industries, and higher education institutions is essential for providing teachers with professional development, insights into industry practices, and additional classroom resources. Collaborating with universities also helps align teacher training programs with current educational standards and offers advanced training and research opportunities to further enhance teachers' skills.

A successful strategy for promoting STEM teachers in Georgia requires a comprehensive approach that addresses recruitment, training, professional development, and ongoing support. By attracting talented individuals to the teaching profession, implementing robust training programs, and providing continuous professional development, this approach can help ensure that schools in Georgia are staffed with well-prepared, motivated STEM educators. Collaborative efforts with industry and higher education institutions, coupled with a supportive work environment, will further elevate the quality of STEM education nationwide. This holistic approach will establish a strong foundation for STEM education, benefiting students and driving Georgia's technological and economic growth.

➤ **Curriculum and Pedagogy Challenges in STEM Education**

Enhancing STEM education in Georgia requires addressing curriculum and pedagogy challenges to make learning more integrated, engaging, and effective. A reformed approach should focus on helping students see the connections between science, technology, engineering, and mathematics and apply these concepts to solve real-world problems. Key strategies to achieve this include curriculum reform, interactive and project-based learning, and fostering essential skills like critical thinking and problem-solving. Leveraging technology and providing meaningful assessment and feedback are also crucial components in creating a dynamic STEM learning environment.

Curriculum Reform

Integrated STEM Curriculum: Develop a curriculum that integrates science, technology, engineering, and mathematics, helping students recognize the connections between these fields and understand how they can work together to solve real-world problems.

Hands-on and Project-Based Learning: Integrate hands-on activities and project-based learning (PBL) into the curriculum. PBL engages students in real-world projects, making learning more relevant and engaging.

By tackling real-world problems, students bridge the gap between theoretical knowledge and practical application.

Emphasizing Critical Thinking and Problem-Solving

Inquiry-Based Learning: Introduce inquiry-based learning strategies that encourage students to ask questions, conduct experiments, and explore concepts in depth. This approach fosters curiosity and promotes a deeper understanding of STEM subjects.

Problem-Solving Activities: Develop activities and assignments that require students to apply critical thinking and problem-solving skills. Present real-world challenges and guide students through the process of devising effective solutions.

Use of Technology and Digital Tools

Interactive Learning Tools: Leverage digital resources like educational software, simulations, and virtual labs to enrich the learning experience. These tools help make abstract concepts more tangible and engaging for students.

Online Platforms: Incorporate online learning platforms that offer interactive lessons, tutorials, and practice exercises. These platforms can provide additional support and resources for both teachers and students.

Assessment and Feedback

Formative Assessment: Implement formative assessments to track student progress and provide timely feedback. These assessments help identify areas where students may need additional support, allowing teachers to adjust their strategies as needed.

Performance-Based Assessment: Implement performance-based assessments that require students to demonstrate their understanding through projects, presentations, and experiments. This approach evaluates their ability to apply knowledge, moving beyond mere memorization of facts.

Collaboration with Higher Education Institutions

Higher Education Partnerships: Partner with universities and colleges to align the school curriculum with higher education standards. Such collaboration helps ensure that students are well-prepared for advanced studies in STEM fields.

By implementing these strategies, Georgia can create a STEM education system that is more cohesive, engaging, and effective. A reformed curriculum that prioritizes hands-on learning, critical thinking, and real-world applications—supported by skilled teachers and modern technology—will foster an inspiring environment for students. This approach will not only deepen students' understanding and interest in STEM subjects but also prepare them for future challenges and opportunities in an increasingly technological world.

Technology and Resource Challenges

Overcoming technological and resource limitations in Georgian schools requires a multifaceted approach involving government support, community involvement, partnerships, and innovative solutions. The paper presents several strategies to address these challenges effectively.

Addressing Technological and Resource Limitations

Increased Funding: The government should allocate additional funding specifically for STEM education resources, including modern laboratories, computers, and educational materials. This funding could come through broader educational budget reforms or targeted grants.

Infrastructure Development: Invest in building and upgrading school infrastructure to provide the necessary facilities for effective STEM education, including modern physical spaces and reliable internet access.

Technology Integration and Digital Solutions

E-Learning Platforms: Incorporate online learning platforms and digital resources to complement physical materials. Schools can leverage free or low-cost educational software, virtual labs, and online platforms to enhance STEM education and provide greater accessibility to quality resources.

Grants and Scholarships

Educational Grants: Pursue national and international grants dedicated to enhancing STEM education infrastructure. Many international organizations and educational foundations provide funding opportunities specifically for educational improvements.

Collaboration with Higher Education Institutions

University Partnerships: Develop partnerships with universities to grant schools access to their labs, equipment, and expertise. University students and faculty can also serve as mentors for school students and teachers, enriching the learning experience.

Shared Resources: Implement programs that allow higher education institutions to share their resources with nearby schools, offering students the opportunity to experience advanced STEM facilities.

Monitoring and Evaluation

Regular Assessments: Perform regular assessments of resource needs and utilization in schools to identify gaps and ensure effective use of available resources.

Feedback Mechanisms: Establish feedback systems that allow teachers and students to report on the effectiveness of provided resources and suggest improvements.

Addressing technological and resource limitations in Georgian schools requires a collaborative effort involving government policy, community engagement, and innovative solutions. By increasing funding, integrating digital tools, providing comprehensive training, and fostering partnerships, Georgia can build a more equitable and effective STEM education system. This approach will ensure that all students, regardless of location, have access to the quality education needed to succeed in the 21st century.

6. Conclusion

STEM education holds substantial potential to drive innovation and economic progress in Georgia, yet significant challenges hinder the realization of this potential. Key issues include insufficient teacher training, outdated curricula and teaching methods, and limited technological resources. However, integrating hands-on learning, project-based approaches, and the practical application of theoretical concepts can significantly enhance student engagement, skill development, and curiosity in STEM fields. By sparking students' interest and nurturing their potential, STEM education can inspire a new generation of scientists and innovators who are passionate about advancing knowledge and addressing real-world challenges. Addressing these obstacles through strategic investments in teacher development, curriculum reform, and technological infrastructure is essential for building a stronger STEM education system. Collaborative efforts among educational institutions, industry, and the government are also crucial to overcoming these barriers. Through such initiatives, Georgia can cultivate future STEM professionals and scientists who are equipped to tackle the challenges of tomorrow and drive the country's technological and economic advancement.

References:

1. Abramishvili, M. (2023). Factors influencing career choice and a STEM industry representative's perspective on STEM occupations. *STEM Your Future Profession*, 1(4). ISSN 2720-859.
2. Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM narrative: 15 years in the making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7). <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n7.8>
3. Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
4. Croak, M. (2018). The effects of STEM education on economic growth.
5. Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Enhancing students' creativity through STEM project-based learning. *Journal of Science Learning*, 2(2), 50-57.
6. Khasaia, I., Tavdgiridze, L., & Abuselidze, G. (2019). STEM model development necessity in Georgian schools. In *INTED2019 Proceedings* (pp. 2792-2799).
7. Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267-277.

8. MacDonald, A., Huser, C., Sikder, S., & Danaia, L. (2020). Effective early childhood STEM education: Findings from the Little Scientists evaluation. *Early Childhood Education Journal*, 48(3), 353-363.
9. Millennium Foundation. (2024). Millennium Innovation Awards finalists team for 2022. <https://millennium.org.ge/eng/news/Millennium-Innovation-Awards-Finalists-Teams-for-2022/33>
10. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023, December 5). PISA 2022 results (Volume I and II) - Country notes: Georgia. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/georgia_09138858-en.html
11. Scarbrough, H., Bresnen, M., Edelman, L. F., Laurent, S., Newell, S., & Swan, J. (2004). The processes of project-based learning: An exploratory study. *Management Learning*, 35(4), 491-506.
12. Su, K. D., & Chen, H. Y. (2023, August). Exploring the learning efficacy of students' STEM education from the process of hands-on practical experience. In *International Conference on Innovative Technologies and Learning* (pp. 421-429). Cham: Springer Nature Switzerland.
13. Thedoradze, R. (2022). What is STEM education and why is it important for children? *STEM Education*, 2. National Center for Teacher Professional Development, Ministry of Education and Science of Georgia. ISSN 2720-8591.
14. Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 1-13. Retrieved from <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1036&context=jpeer>
15. Wiebe, E., Unfried, A., & Faber, M. (2018). The relationship of STEM attitudes and career interest. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10).
16. Zghenti, K. (2023). STEM professions and our school: How to help students in their professional choice? *STEM Your Future Profession*, 1(4). ISSN 2720-859.
17. Zibzibadze, M. (2022). STEM – Yesterday, today, tomorrow. *STEM Education*, (2). National Center for Teacher Professional Development, Ministry of Educ.& Science of Georgia. ISSN 2720-8591.

E-government development trends in the republic of Armenia

Aram Karapetyan
Yerevan State University
akarapetyan@ysu.am

Abstract

This research aims to analyze the current state of E-services in Armenia, estimate necessary measurements (investments and legal) on increasing E-Governance in Armenia, and conduct a cost-benefit analysis. All these aim to secure better ICT systems and E-Government service quality.

Kew words: development trends, fill the various forms, access to electronic public services, current Government program.

1. Introduction

In the ICT Strategy of "E-Government" creation the following stages are allocated:

(1) Stage 1 (Information) – creating the state Internet portal to publish offered general services and Information, for example, business hours, lists of contact civil servants, and telephone numbers.

(2) Stage 2 (Interaction) – organizing of interaction with citizens and the private sector. The state and municipal bodies begin to give the information having opportunity of search in databases and reply to messages via e-mail, introduce various interactive services allowing the citizens to come to state Internet-portal and fill the various forms.

(3) Stage 3 (Transaction) - the state and municipal bodies realize transaction processing and there is an opportunity to grant financial and legal services. According to these purposes such technologies, as electronic signatures and smart cards are widely used. At this stage, the introduction of electronic state purchases begins.

Stage 4 (Transformation) – assumes transition to new technologies and applications supporting possibilities of use of the information and new types of services. Creation portals will allow the citizens to pass

from one service to another without certifying again their personality. Due to database interaction, they can become interactive and to exchange the data with each other. The information and services will be thematically grouped according to the vital situations, on concrete areas and there are submitted to the citizens in this kind. This phase characterizes the transition from traditional government to "electronic".

2. Main part

In the Republic of Armenia (RoA), www.e-gov.am is the official e-government portal. It links citizens to existing e-services provided by state authorities. Further, it includes information about legal acts adopted by the executive. www.gov.am is another official website that serves as an informative platform to communicate about the operation of the government [1].

This platform systemizes all e-services and offline services and presents them in a more user-friendly way. Special attention has been paid to secure the simplicity of the design, the clarity of content, search engine optimization strategies, and the agility of functionality. In general, the platform will be a “one-stop-shop” for the citizens and will operate according to the following principles: Accessibility: access to electronic public services; Inclusiveness: information on non-digitized services; Transparency and Accountability: information on government functions and performance. Further, under public administration reforms Government has initiated to create of a catalog of all state and municipal services, to conduct business process re-engineering (mapping the AS-IS and TOBE processes), which will establish a solid ground for identifying services that should be digitized.

www.e-citizen.am is a portal through which citizens, who possess electronic ID cards, have access to their data stored in state databases and connected to the Government Interoperability Platform. Citizens can track the logs of their data usage by different state entities. It is also an official communication tool with the government, as the citizens can receive government notifications through this portal. The government adopted a regulation defining the procedure of obtaining an official email. Also, the “Law on public and personal notification by Internet” and “Law on personal data protection” were amended to fully implement the www.e-citizen.am portal. Thus, e-citizen is an important tool that contributes to the accountability and effectiveness of public administration and enhanced collaboration between the state and the citizens. www.datalex.am is a public informative portal where comprehensive, detailed, real-time information related to all court case proceedings, and verdicts is populated. It also has an operating search engine. www.e-register.am is an online database of all registered entities in Armenia, including creation date, owners, official charters, information about legal entities being in the dissolution process or terminated, etc. www.elections.am has disclosed information on voters’ registry, which has the aim to improve transparency in the government processes [2].

The current Government program defines the digital transformation of state and local government as a priority. This has significantly affected the implementation of GovTech and based on that, specific commitments were made on the development of platforms for the delivery of digital services, interoperability of information systems, and introduction of new tools for efficient public administration. The Government actions plan for 2019-2023 which defines actions towards the creation and development of electronic systems, and digitization of government functions (e-justice, e-health, e-social protection, e-notification), is in line with Sustainable Development Goals. The strategy outlines 5 pillars for digitalization: cybersecurity, data policy, infrastructure: broadband internet and government cloud services, education: digital skills, and legislation. Sectoral strategies and action plans address digital transformation issues and identify the vision of transformation in specific fields, such as the Judicial and Legal Reform Strategy, which identified the establishment of an e-justice system, digital archives, and modernization of existing electronic systems as the main strategic directions [3]. It should be stated that there are no special e-government strategies formulated for sub-national level digitization yet, however, the development of GovTech solutions for self-government bodies is emphasized in the Digitization Strategy for 2021-2025. The new e-justice holistic concept covers the sub-national level as well. (from RoA sources).

The suggestion is to implement also the below listed Generic Models:

- Broadcasting / Wider-Dissemination Model / The model is based on broadcasting or dissemination of useful governance information that already exists in the public domain into the wider public domain through the use of ICT and convergent media.

- Critical Flow Model / The model is based on broadcasting or disseminating information of 'critical' value (which by its very nature will not be disclosed by those involved with bad governance practices) to a targeted audience using ICT and convergent media. . The targeted audience may include, the media, opposition parties, the judicial bench, independent investigators, or the wider public domain itself.

- Comparative Analysis Model / The model is one of the least-used but a highly significant model for developing countries which is now gradually gaining acceptance. The model can be used to empower people by matching cases of bad governance with those of good governance and then analyzing the different aspects of bad governance and its impact on the people.

- E-Advocacy/ Lobbying and Pressure Group Model / The model is one of the most frequently used Digital Governance models and has often come to the aid of the global civil society to impact global decision-making processes. The model is based on setting up a planned, directed flow of information to build strong virtual allies to complement actions in the real world. Virtual communities are formed that share similar values and concerns, and these communities in turn link up with or support real-life groups/ activities for concerted action. The model builds the momentum of real-world processes by adding the opinions and concerns expressed by virtual communities.

- Interactive-Service Model / The model is a consolidation of the earlier presented digital governance models and opens up avenues for direct participation of individuals in the governance processes. Fundamentally, ICT has the potential to bring every individual into a digital network and enable the interactive (two-way) flow of information among them. The potential of ICT for the governance is fully leveraged in this model and leads and can bring lead to greater objectivity and transparency in decision-making processes. Under this model, the various services offered by the Government become directly available to its citizens in an interactive manner. It does so by opening up an interactive Government to Consumer to Government (G2C2G) channel in various aspects of governance, such as election of government officials (e-ballots); online grievance-redressal; sharing of concerns and providing expertise; opinion polls on public issues, etc.

3. Conclusion

This paper describes the suggestions on how to improve the current E-Government services in the Republic of Armenia.

References:

1. E-business Strategies for Government by Douglas Holmes, 2001.
2. “Comparative Analysis of E-Governance Models”, by Vani Jain, Devesh Bandil, Sachin Jain, International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering ISSN: 2454-4248 Volume: 5 Issue: 5, pp. 101-108.
3. E-Government: From Vision to Implementation--A Practical Guide with Case Studies by Subhash Bhatnagar, 2005

გადაცემის სტრატეგიები ტურბო-კოდირებული კოპერაციისთვის

სერგო შავგულიძე, მარინა ქურდაძე, მამუკა ჩხაიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.shavgulidze@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

რეზიუმე

შესწავლილია კოდური კოპერაცია, რომელშიც კოპერაციული კომუნიკაცია ინტეგრირებულია ხელშეშლამდგრად კოდირებასთან. აქ თითოეული მომხმარებელი ცდილობს გადასცეს დამატებითი სიჭარბე თავის პარტნიორს, ხოლო როდესაც ეს შეუძლებელია, მომხმარებლები ავტომატურად უბრუნდებიან არა-კოპერაციულ რეჟიმს. განიხილება გადაცემა აპლიკაში, სადაც ორ მომხმარებელი თანამშრომლობს და დაკავშირებულია ერთ საბაზო სადგურთან. ამ მომხმარებლებს აქვთ ორთოგონალური არხები. ვვარაუდობთ, რომ თითოეული მომხმარებლის არხი იყოფა ორ დროით სლოტად და კოპერაციის სქემისთვის მომხმარებლები ყოველთვის იყენებენ პირველ სლოტს საკუთარი კოდური სიტყვის ნაწილის გადასაცემად. მეორე სლოტისთვის არსებობს ორი შესაძლებლობა: ან გადაიცემა პარტნიორის შეტყობინების ნაწილი, თუ მომხმარებელმა შეძლო მისი პირველი ნაწილის დეკოდირება, ან სხვაგვარად ის აგზავნის საკუთარი კოდური სიტყვის სხვა ნაწილს. კომპიუტერული სიმულაციებისთვის ვიყენებთ ტურბო კოდს, რომელიც დაფუძნებულია ორ ხვევად კოდზე. განხილულია ორი ვარიანტი: პირველ სქემაში, რომელსაც აღვნიშნავთ cc-ით, ჩვენ ვიყენებთ პირველი ხვევადი კოდის საინფორმაციო ბიტების ნაწილს და სიჭარბის შემცველი ბიტების ნაწილს, როგორც პირველ ნაწილს, ხოლო მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბეს, როგორც მეორე ნაწილს. მეორე სქემისთვის, სახელწოდებით punct, პირველი შეტყობინების ნაწილი არის პერფორირებული კოდის სიტყვა, ხოლო მეორე ნაწილი შედგება პერფორირებული (ამოგდებული) სიმბოლოებისგან. კომპიუტერული სიმულაციით გამოკვლეულია ბიტზე შეცდომის ალბათობას სხვადასხვა სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობისათვის. ნაშრომის ბოლოს წარმოდგენილია განხილული კოდური კოპერაციის გამოყენების ერთ-ერთი პრაქტიკული შემთხვევა.

საკვანძო სიტყვები: კოდური კოპერაცია, საკომუნიკაციო სიტემები, ტურბო კოდები, კომპიუტერული სიმულაცია.

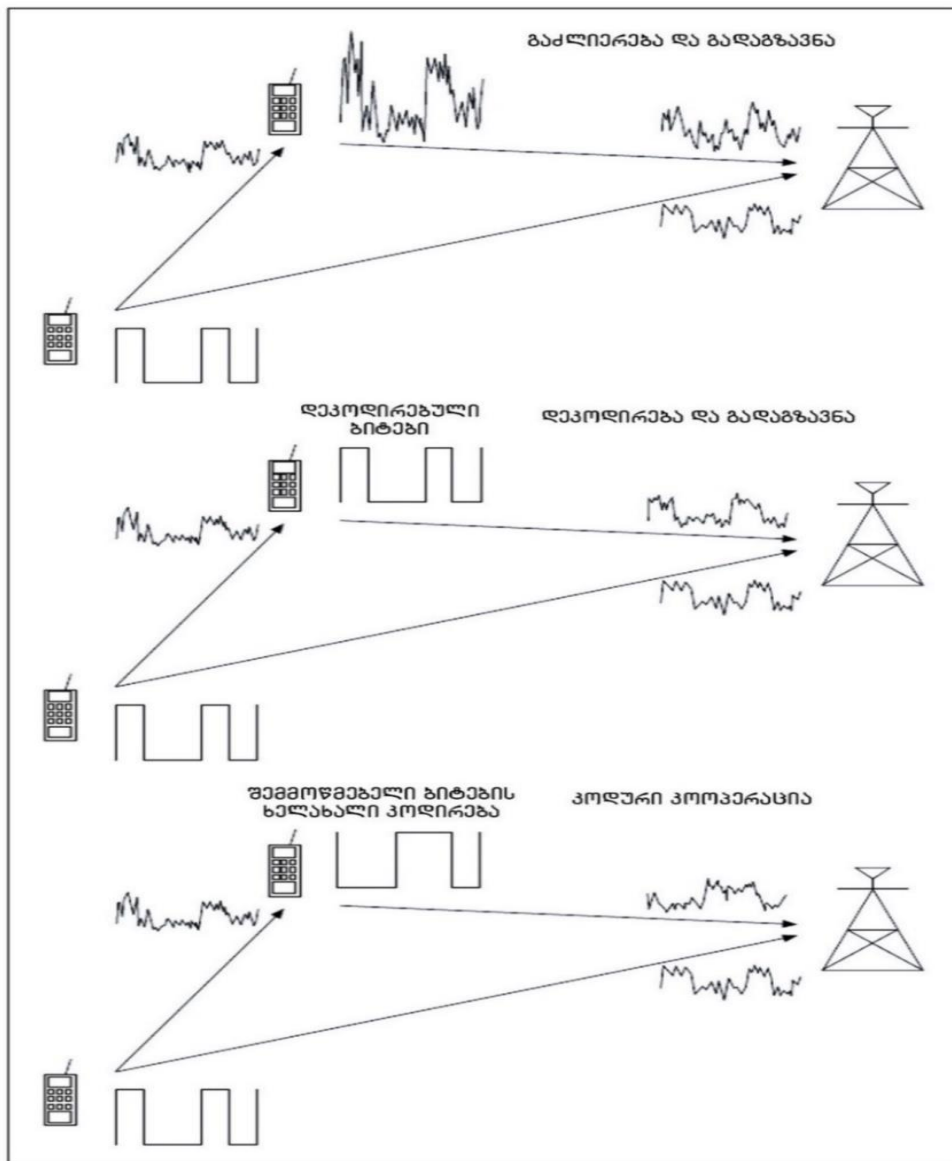
1. შესავალი

კოპერაციულ უსადენო კომუნიკაციაში, ჩვენ განვიხილავთ უსადენო ქსელს, ფიქტური ან სპეციალური ტიპის, სადაც უსადენო აგენტებს, რომლებსაც ჩვენ მომხმარებლებს ვუწოდებთ, თანამშრომლობით შეუძლიათ გააუმჯობესონ მომსახურების ხარისხი (გაზომილი ფიზიკურ ფენაში ბიტზე შეცდომის ალბათობით, ბლოკზე შეცდომის ალბათობით, ან მტყუნების ალბათობით). კოპერაციულ საკომუნიკაციო სისტემაში, ივარაუდება, რომ ყოველი უსადენო მომხმარებელი გადასცემს მონაცემებს და ასევე მოქმედებს როგორც კოპერაციული აგენტი სხვა მომხმარებლისთვის. თანამშრომლობა იწვევს საინტერესო კომპრომისებს კოდურ სიჩქარესა და გადამცემ სიმძლავრეს შორის. სიმძლავრის შემთხვევაში, ერთი მხრივ, შეიძლება ჩანდეს, რომ მეტი სიმძლავრეა საჭირო, რადგან კოპერაციულ რეჟიმში მყოფი თითოეული მომხმარებელი გადასცემს ორივე მომხმარებლისთვის. მაგრამ, მეორე მხრივ, საბაზისო გადაცემის სიმძლავრე ორივე მომხმარებლისთვის შემცირდება განცალკევების (diversity) ეფექტის გამო. ამ ურთიერთკომპრომისის პირობებში, შეიძლება იმედი გვქონდეს, რომ ადგილი ექნება გადამცემი სიმძლავრის შემცირებას, იმის გათვალისწინებით, რომ ყველა სხვა პარამეტრი მუდმივია. მსგავსი კითხვები ჩნდება სისტემის გადაცემის სიჩქარესთან დაკავშირებითაც. კოპერაციულ კომუნიკაციაში თითოეული მომხმარებელი გადასცემს როგორც საკუთარ ბიტებს, ასევე გარკვეულ ინფორმაციას თავისი პარტნიორისთვის; შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ეს სისტემაში სიჩქარის დანაკარგებს გამოიწვევს. თუმცა, თითოეული მომხმარებლის სპექტრული ეფექტიანობა უმჯობესდება, რადგან თანამშრომლობასთან დაკავშირებული განცალკევების გამო შეიძლება გაიზარდოს არხში გამოყენებული ხელშეშლამდგრადი კოდის სიჩქარე [1-4].

გამლიერება და გადაგზავნა (Amplify-and-Forward) არის კონცეპტუალურად ყველაზე მარტივი სქემა კოოპერაციული კომუნიკაციის მეთოდებს შორის. ამ მეთოდის გამოყენებისას თითოეული მომხმარებელი იღებს პარტნიორის მიერ გადაცემული სიგნალის ხმაურიან ვერსიას. როგორც სახელი გულისხმობს, მომხმარებელი აძლიერებს და გადააგზავნის ამ ხმაურიან სიგნალს (ნახ. 1), ხოლო დანიშნულების პუნქტი გააერთიანებს მომხმარებლისა და პარტნიორის მიერ გამოგზავნილ ინფორმაციას და მიიღებს საბოლოო გადაწყვეტილებას გადაცემულ სიმბოლოზე. მიუხედავად იმისა, რომ პარტნიორის ხმაური გამლიერებულია ამ სქემაში, დანიშნულების პუნქტი მაინც იღებს სიგნალის ორ დამოუკიდებელ ფედინგის შემცველ ვერსიას და ამგვარად შეუძლია უკეთესი გადაწყვეტილებების მიღება გადაცემული სიმბოლოებისთვის. ამ სქემის პოტენციური გამოწვევა ისაა, რომ ანალოგური მნიშვნელობების დისკრეტიზაცია, გამლიერება და გადაგზავნა შეიძლება იყოს ტექნოლოგიურად არატრივიალური. მიუხედავად ამისა, გამლიერება და გადაგზავნა არის მარტივი მეთოდი, რომელიც ექვემდებარება ანალიზს და, შესაბამისად, ძალიან სასარგებლო იყო კოოპერაციული საკომუნიკაციო სისტემების გაგების შემდგომი შემდგომი განვითარებისთვის.

დეტექტირება (დეკოდირება) და გადაგზავნა (detect (decode) and forward) არის მეორე მეთოდი, რომელიც ალბათ ყველაზე ახლოსაა ტრადიციული სარელეო გადაცემის იდეასთან. ამ მეთოდით მომხმარებელი ცდილობს მოახდინოს პარტნიორის ბიტების დეტექტირება და შემდეგ გადასცემს დეტექტირებულ ბიტებს (ნახ.1). პარტნიორები შეიძლება განისაზღვროს ორმხრივად საბაზო სადგურის მიერ, ან სხვა ტექნიკით. სიმარტივისთვის ჩვენ განვიხილავთ ორ მომხმარებელს, რომლებიც პარტნიორობენ ერთმანეთთან, მაგრამ სინამდვილეში ერთადერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ის, რომ თითოეულ მომხმარებელს ჰყავს პარტნიორი, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის მეორე (განცალკევებულ) გზას. ამის ვიზუალიზაციის უმარტივესი გზაა წყვილების საშუალებით, მაგრამ ასევე შესაძლებელია იგივე ეფექტის მიღწევა სხვა პარტნიორული ტოპოლოგიების საშუალებით, რომლებიც ხსნიან დაწყვილების მკაცრ შეზღუდვას.

მესამე მეთოდი, რომელიც დღეს ყველაზე უფრო ფართოდ გამოიყენება ეს არის კოდური კოოპერაცია (coded cooperation), რომელშიც კოოპერაციული კომუნიკაცია ინტეგრირებულია ხელშეშლამდგრად კოდირებასთან (ნახ.1). კოდირებული კოოპერაციის ძირითადი იდეა არის ის, რომ თითოეული მომხმარებელი ცდილობს გადასცეს დამატებითი სიჭარბე (სიჭარბის შემცველი ბიტები) თავისი პარტნიორისთვის. როდესაც ეს შეუძლებელია, მომხმარებლები ავტომატურად უბრუნდებიან არა-კოოპერაციულ რეჟიმს. კოდური კოოპერაციის ეფექტიანობის გასაღები არის ის, რომ ეს ყველაფერი ავტომატურად იმართება კოდის დიზაინის საშუალებით და არ არის საჭირო უკუკავშირი მომხმარებლებს შორის. ამ მეთოდს აქვს ორი ძირითადი მახასიათებელი. უპირველეს ყოვლისა, თანამშრომლობა ხდება მომხმარებლის კოდური სიტყვის დაყოფით ისე, რომ კოდური სიტყვის ნაწილი გადაიცემა თავად მომხმარებლის მიერ, ხოლო დანარჩენი ნაწილი კი პარტნიორის მიერ ნაწილობრივ ან სრული დეკოდირების გზით. წინა მეთოდებში თანამშრომლობა ხორციელდებოდა გამეორების გზით, რაც შეიძლება არ იყოს საუკეთესო გზა გამტარუნარიანობის სრული გამოყენებისთვის. მეორეც, ჩვენ ვიყენებთ შეცდომების გამჟღავნებას პარტნიორში, რათა თავიდან ავიცილოთ შეცდომების გავრცელება.



ნახ.1.

კოოპერაციული კომუნიკაციის სხვადასხვა მეთოდის შედარება. სიმარტივისთვის მხოლოდ ერთი მომხმარებლის თანამშრომლობაა ნაჩვენებია საბაზისო სიხშირული ზოლის ეკვივალენტური სიგნალების საშუალებით

2. ძირითადი ნაწილი

➤ სისტემის მოდელი, კოდური კოოპერაციის სქემა და სიმულაციის შედეგები

ჩვენ წარმოვადგენთ კოდური კოოპერაციის ახალ სქემას და შემდეგ განვიხილავთ მისი პრაქტიკული გამოყენების პერსპექტივებს. განვიხილება გადაცემა აპლინკში, სადაც ორ მომხმარებელი დაკავშირებულია ერთ საბაზო სადგურთან. ორ მომხმარებელს აქვს ორთოგონალური არხები ნებისმიერი მრავალჯერადი წვდომის სქემის გამოყენებით, როგორცაა მაგალითად მრავალჯერადი წვდომა დროითი დაყოფით (TDMA) ან მრავალჯერადი წვდომა კოდური დაყოფით (CDMA).

ჩვენ აღნიშნავთ კოდირებულ და ორობითი ფაზური წანაცვლებით (BPSK) მოდულირებულ შეტყობინებას i მომხმარებლიდან დროის n მომენტში $s_i(n)$ -ით. შესაბამისად, j მომხმარებლის მიერ მიღებული შეტყობინება მოცემულია გამოსახულებით

$$r_{i,j}(n) = \alpha_{i,j}(n) s_i(n) + z_i(n),$$

სადაც $j = 0$ აღნიშნავს საბაზო სადგურს, ხოლო $j = 1$ და $j = 2$ აღნიშნავს შესაბამისად პირველ და მეორე მომხმარებელს. ადიტიური თეთრი გაუსის ხმაური კონკრეტული მომხმარებლის არხში აღნიშნულია $z_i(n)$ -ით, ხოლო $\alpha_{i,j}(n)$ წარმოადგენს ფედინგის (მიყუჩების) კოეფიციენტს არხისათვის i -დან j -მდე. ჩვენი სისტემის მოდელის არხები განიცდიან ბრტყელ ფედინგს, რომლის დროსაც სიგნალის ყველა სიხშირული კომპონენტი განიცდის ფედინგის ერთსა და იმავე დონეს და სადაც კოეფიციენტები განიხილება დამოუკიდებელ რელეის ფედინგის მნიშვნელობებად. გარდა ამისა, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ფედინგის კოეფიციენტები მუდმივია კოდის ბლოკზე და ზუსტად ცნობილია j მიმღებში.

სისტემის მუშაობის გაუმჯობესების მიზნით, ორი მომხმარებელი თანამშრომლობს. ჩვენ განვიხილავთ კოოპერაციულ სისტემას, რომელიც აღწერილია [1]-ში. ამრიგად, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ თითოეული მომხმარებლის არხი იყოფა ორ დროით სლოტად. ჩვენი თანამშრომლობის სქემისთვის მომხმარებლები ყოველთვის იყენებენ პირველ სლოტს საკუთარი კოდური სიტყვის ნაწილის გადასაცემად. მეორე სლოტისთვის არსებობს ორი შესაძლებლობა. ან გადაიცემა პარტნიორის შეტყობინების ნაწილი, თუ მომხმარებელმა შეძლო მისი პირველი ნაწილის დეკოდირება, ან, სხვაგვარად, ის აგზავნის საკუთარი კოდური სიტყვის სხვა ნაწილს. ამრიგად, თუ თანამშრომლობა გამოიყენება, ჩვენ ვიყენებთ დეკოდირების და გადაგზავნის სქემას. კოდური სიტყვა სიგრძეს აღნიშნავთ n -ით, პირველი ნაწილის სიგრძეს n_1 -ით და მეორე ნაწილის სიგრძეს n_2 -ით, ამასთან $n_1 + n_2 = n$. წილადი n_2/n განსაზღვრავს თანამშრომლობის დონეს.

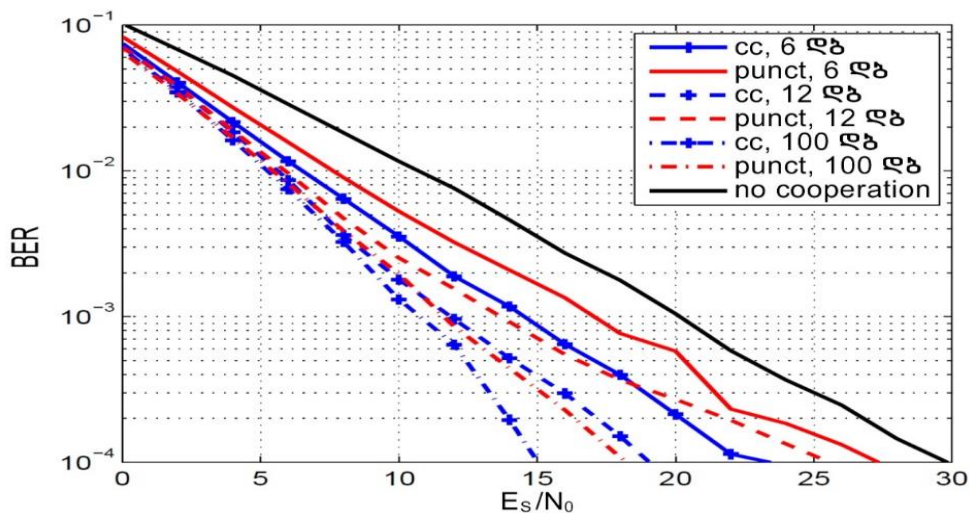
აღწერილ თანამშრომლობის სქემაში შესაძლებელია რამდენიმე ვარიანტი კოდური სიტყვის მეორე ნაწილისთვის. პირველი, თუ ორივე მომხმარებელს შეუძლია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირება, ორი კოდური სიტყვის ნაწილები მიიღება სხვადასხვა არხების საშუალებით საბაზო სადგურზე. ასე ხორციელდება თანამშრომლობის იდეა სივრცითი განცალკევების გამოყენებით. მეორე ვარიანტში, ორივე მომხმარებელი ვერ ახერხებს პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირებას და ამგვარად გადასცემს საკუთარი კოდური სიტყვის მეორე ნაწილს მეორე სლოტში. ამ შემთხვევაში, ორი შეტყობინება აღდება საბაზო სადგურზე, როგორც არაკოოპერაციულ რეჟიმში. ბოლო შესაძლო ვარიანტს აქვს ადგილი, თუ მხოლოდ ერთ მომხმარებელს შეუძლია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირება. ამრიგად, მომხმარებლის შეტყობინების მეორე ნაწილი საერთოდ არ არის გადაცემული, ხოლო პარტნიორის კოდური სიტყვის მეორე ნაწილი გადაიცემა ორჯერ, ანუ თითოეული თითოეული მომხმარებლის არხით. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ საბაზო სადგური ამუშავებს მხოლოდ ერთ-ერთ საუკეთესო არხს და უგულებელყოფს სხვა სიმბოლოებს. აქ გაუმჯობესება შესაძლებელია, მაქსიმალური თანაფარდობის გაერთიანების (MRC) ალგორითმის გამოყენებით, მაგრამ მიმღების უფრო მაღალი სირთულის ხარჯზე.

აღწერილი კოდური კოოპერაციის სქემის გამოსაყენებლად, თითოეული შეტყობინება უნდა დაიყოს ორ ნაწილად. თანამშრომლობის შესაძლებლობის დასადგენად, პირველი ნაწილი უნდა შეიცავდეს შეტყობინების დეკოდირებულ ნაწილს, ხოლო მეორე ნაწილი არის დამატებითი სიჭარბე. ტურბო-კოდირებული სქემისთვის ჩვენ ვიკვლევთ მთლიანი კოდური სიტყვის ორ

ნაწილად გაყოფის ორ შესაძლებლობას. ერთ სქემაში, რომელსაც ჩვენ აღვნიშნავთ cc-ით, ანუ ხვევადი კოდით (convolutional code), ჩვენ ვიყენებთ პირველი ხვევადი კოდის საინფორმაციო ბიტების ნაწილს და სიჭარბის შემცველი ბიტების ნაწილს, როგორც პირველ ნაწილს, ხოლო მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბეს, როგორც მეორე ნაწილს. სხვა სქემისთვის, სახელწოდებით punct, ანუ პერფორირებული (punctured) კოდით, პირველი შეტყობინების ნაწილი არის პერფორირებული კოდის სიტყვა, ხოლო მეორე ნაწილი შედგება პერფორირებული (ამოგდებული) სიმბოლოებისგან. ამრიგად, პირველი სქემისთვის, cc დეკოდირების ერთი ნაბიჯი BJCR-დეკოდერით საკმარისია პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირებისთვის, ხოლო ტურბო დეკოდერი საჭიროა მეორე, punct სქემის თითოეულ მომხმარებელისთვის.

კომპიუტერული სიმულაციებისთვის ვიყენებთ ტურბო კოდს, რომელიც დაფუძნებულია ორ ხვევად კოდზე გენერატორის პოლინომებით $G(1, 33/31)$. ამრიგად, cc სქემისთვის ვიღებთ კოოპერაციის დონეს $n_2/n = 1/3$. პერფორირებული (punct) კოოპერაციის სქემისთვის ჩვენ ვანაწილებთ კოდურ სიტყვას ისე, რომ კოოპერაციის დონე კვლავ იყოს $n_2/n = 1/3$. შედარებისთვის სიმულირებული იყო ასევე სქემა კოოპერაციის გარეშე. აქ თითოეული მომხმარებელი იყენებს თავის არხს n სიგრძის კოდური სიტყვის გადასაცემად. სიმულაციით ჩვენ ვიკვლევთ ბიტზე შეცდომის ალბათობას (BER) მოცემული E_s/N_0 -სთვის, სადაც E_s არის მოდულაციის შემდეგ სიგნალის ენერჯია და N_0 არის ადიტიური თეთრი გაუსის ხმაურის სიმძლავრე.

მე-2 ნახაზზე გამოსახულია BER-ები მომხმარებელთაშორის არხის სხვადასხვა ხარისხისთვის, კერძოდ, სიგნალი-ხმაურის საშუალო თანაფარდობაა 6 დბ, 12 დბ და განიხილება ასევე თითქმის სრულყოფილი ლინკი 100 დბ-ით.

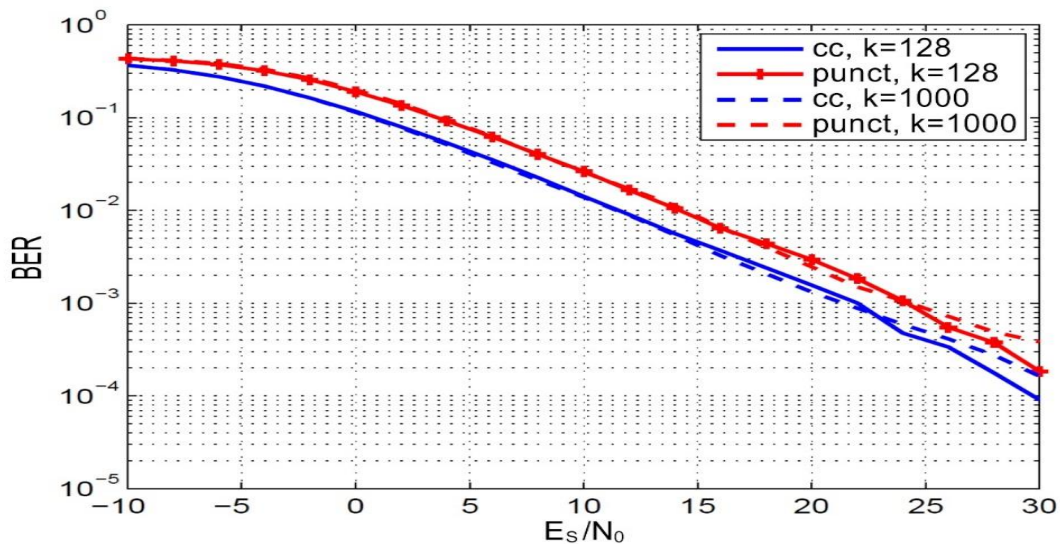


ნახ.2. ტურბო-კოდირებული კოოპერაცია: cc და punct სქემების შედარება

საინფორმაციო სიტყვის სიგრძეს ვირჩევთ $k = 128$ ბიტის ტოლს. არა-კოოპერაციულ (no cooperation) სქემასთან შედარებით, ჩანს, რომ ყველა გამოკვლეული თანამშრომლობის სტრატეგია და მომხმარებელთა შორის არხი უკეთეს მახასიათებლებს იძლევა. კოოპერაციაზე დაფუძნებული ორი სქემის შედარებისას, cc სქემა დეკოდირების უფრო დაბალი სირთულით აღემატება punct-ს ყველა განხილული სცენარისთვის.

ჩვენ შევადარებთ შედეგებს პარტნიორის შეტყობინების დეკოდირების კუთხით. cc სქემისთვის, ეს შეესაბამება ძირითადი ხვევადი კოდის კოდური სიტყვის დეკოდირებას, მაშინ როდესაც მომხმარებელმა უნდა მოახდინოს პერფორირებული ტურბო კოდის სიტყვის

დეკოდირება punct სქემაში. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ტურბო კოდებს კარგ არხებში აქვთ ძალიან კარგი მახასიათებლები, მაგრამ ჩვენს შემთხვევაში ისინი გაუმჯობესებული იქნებიან ჩვეულებრივი ხვევადი კოდებით თუ გადაცემა განიცდის ხმაურის მაღალ მნიშვნელობებს. გარდა ამისა, განხილული ბლოკური ფედინგის შემცველი არხის გამო, ხვევადი კოდი უფრო უკეთესია $E_s/N_0=30$ დბ-სთვისაც კი, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე. ეს კანონზომიერება არ იცვლება, თუ საინფორმაციო სიტყვის სიგრძე გაიზრდება $k = 1000$ -მდე, როგორც ეს ასევე ჩანს ამ გრაფიკებზე.



ნახ.3. მახასიათებელი პარტიორთან: cc და punct სქემების შედარება

კომპიუტერული სიმულაციის შედეგებიდან შეგვიძლია დავინახოთ, რომ შეტყობინებების დაყოფა ერთ ხვევად კოდურ სიტყვად და მეორე ხვევადი კოდის სიჭარბის ნაწილად (cc სქემა) სასურველია punct სქემასთან შედარებით, არა მხოლოდ მომხმარებლებში დეკოდირების უფრო დაბალი სირთულის გამო, არამედ უკეთესი მახასიათებლების გამო.

3. პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობები და დასკვნა

ჩვენ წარმოვადგენთ განხილული კოდური კოპერაციის გამოყენების ერთ-ერთ პრაქტიკულ შემთხვევას. რიგების თეორიაში, რომელიც წარმოადგენს ალბათობის მათემატიკური თეორიის დისციპლინას, $M/G/1$ რიგი არის რიგის მოდელი, სადაც ჩამოსვლა (arrival) არის მარკოვის პროცესი, მომსახურების დრო აქვს ზოგადი განაწილება და გვაქვს 1 სერვერი.

ასეთი ტიპის მოდელები სასარგებლოა სისტემების ანალიზისთვის, სადაც მომსახურების დრო შეიძლება განსხვავდებოდეს, როგორცაა კომპიუტერული ქსელები ან ტელეკომუნიკაციები. ხელშეშლამდგრადი კოდირება, მეორეს მხრივ, მოიცავს ტექნიკას, რომელიც გამოიყენება ხმაურიან არხში გადასაცემი მონაცემების კოდირებისთვის, შეცდომების გამოვლენისა და გასწორების უზრუნველსაყოფად. როდესაც კომბინირებულია $M/G/1$ რიგებთან, ხელშეშლამდგრადი კოდირება გვეხმარება გააუმჯობესოს მონაცემთა გადაცემის საიმედოობა და ეფექტიანობა საკომუნიკაციო სისტემებში. მაგალითისათვის, [5] და [6] განიხილავს $M/G/1/1$ და $M/G/1$ რიგის საკომუნიკაციო სისტემებს, რომლებიც დაფუძნებულია ხელშეშლამდგრად კოდებზე და, შესაბამისად, ჰიბრიდული განმეორებითი მოთხოვნის პროტოკოლზე (HARQ) და ავტომატური გამეორების მოთხოვნის პროტოკოლზე (ARQ). ცნობილია, რომ HARQ და ARQ პროტოკოლები ზრდიან შეცდომის ალბათობას და სისტემის შეყოვნებას, ვინაიდან შეცდომის

მაღალი კოეფიციენტის მქონე არხმა შეიძლება გამოიწვიოს ინფორმაციის პაკეტების ზედმეტად გადაცემა. ისინი ასევე ართულებენ მთლიანი სისტემის ფუნქციონირებას, ვინაიდან ამატებენ სირთულეს როგორც გამგზავნის, ისე მიმღების მხარეს, საჭიროებენ დამატებით ლოგიკას და მექანიზმებს ინდივიდუალური დადასტურების და ხელახალი გადაცემის სამართავად. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული კოდური კოოპერაციის სისტემა არ საჭიროებს HARQ/ARQ სქემას და ეფექტიანობა მიიღწევა თანამშრომლობის საფუძველზე, რაც ასეთ ტექნოლოგიას ძალიან პერსპექტიულს ხდის ალწერილ და სხვა სახის სისტემებში გამოსაყენებლად.

ლიტერატურა:

1. Janani M., Hedayat A., Hunter T., Nosratinia A. Coded cooperation in wireless communications: space-time transmission and iterative decoding. IEEE Trans. Signal Proces., vol. 52, #2, pp. 362–371, Feb. 2004.
2. Laneman J., Tse D., Wornell G.W. Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior. IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 50, #12, pp. 3062–3080, Dec. 2004.
3. Hunterand N., Nosratinia A. Diversity through coded cooperation. IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 5, #2, pp. 283–289, Feb. 2006.
4. Kim S. Cooperative Concatenated Coding in Multi-Hop Multiple Access Relay Networks. IEEE Trans. Commun., vol. 58, no. 11, pp. 3305–3316, Nov. 2010.
5. Najm E., Yates R., Emina Soljanin. Status updates through M/G/1/1 queues with HARQ. In Proc. 2017. IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), Aachen, Germany, 25-30 June 2017, pp. 131-135.
6. Sac H. et al. Age-Optimal Channel Coding Blocklength for an M/G/1 Queue with HARQ. In Proc. 2018. IEEE 19th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), Kalamata, Greece, 25-28 June 2018, 5 pages.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი STEM-22-340].

Transmission Strategies for Turbo-Coded Cooperation

Sergo Shavgulidze, Marina Kurdadze, Mamuka Ckhaidze

Georgian Technical University

s.shavgulidze@gtu.ge, m.kurdadze@gtu.ge, chkhaidzemamuka08@gtu.ge

Abstract

Coded cooperation is studied, in which cooperative communication is integrated with channel coding. Here, each user tries to transfer additional redundancy to its partner, and when this is not possible, the users automatically revert to the non-cooperative mode. Transmission in an uplink where two users are cooperating and connected to a single base station is considered. These users have orthogonal channels. We assume that each user's channel is divided into two time slots, and for the cooperation scheme, users always use the first slot to transmit part of their own codeword. For the second slot, there are two possibilities: either a part of the partner's message is transmitted if the user was able to decode its first part, or else it sends another part of its own codeword. For computer simulations, we use a turbo code based on two convolutional codes. Two options are considered: in the first scheme, denoted by cc, we use part of the information bits and part of the redundancy bits of the first convolutional code as the first part, and the redundancy of the second convolutional code as the second part. For the second scheme, called punct, the first part of the message is a punctured codeword, and the second part consists of punctured (discarded) symbols. The bit error probability for different signal-to-noise ratios is investigated by computer simulation. At the end of the paper, one of the practical cases of using the discussed code cooperation is presented.

Keywords: Coded Cooperation, Communication Systems, Turbo Codes, Computer Simulation

ახალი მიდგომა ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ეფექტურობის შეფასებისთვის

ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი, თეა თოდუა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, tea_todua@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში შემოთავაზებულია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობის შეფასების ახალი მოდელი, რომელიც უფრო სრულად ასახავს დასწრებული და დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დადებით და უარყოფით მხარეებს. შეფასების მოდელი ეყრდნობა შეწონილი მატრიცის მეთოდს და იყენებს ექსპერტულ შეფასებებს. შეფასების კრიტერიუმების სახით გამოყენებულია ლაბორატორიული სამუშაოებისადმი ABET აკრედიტაციის მიერ განსაზღვრული 13 მიზანი, რომელიც ამომწურავად ასახავს იმ უნარ-ჩვევებს, რომელიც სჭირდება ინჟინერს პრაქტიკულ საქმიანობაში. ნაშრომის ავტორების მიერ 13 კრიტერიუმს დამატებული აქვს კიდევ ოთხი კრიტერიუმი, რომლებიც ასახავს დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ღირსებებს. დამუშავებულ მოდელზე დაყრდნობით შეფასებულია დასწრებული და ორი დისტანციური ლაბორატორიული ტექნოლოგიის ეფექტურობები. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიის სახით აღებულია მიმართულება, როცა არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდები აღჭურვილია სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ჩაატაროს ლაბორატორიაში მყოფი ინსტრუქტორის დახმარებით. ამ მიმართულებაზე ყურადღების გამახვილება გამოწვეულია ლაბორატორიული სტენდების უნივერსალურობით - როცა სტენდები უკვე არსებობს უნივერსიტეტის აღჭურვილობაში და იმავდროულად შესაძლებელია გამოყენებული იქნას როგორც დასწრებული, ასევე დისტანციური სწავლებისთვის. შემუშავებული მოდელით შეფასების შედეგად აღინიშნა დისტანციური ტექნოლოგიების ეფექტურობის მცირედით ჩამორჩენა დასწრებულ სწავლებასთან შედარებით. შემოთავაზებულია ჩამორჩენის აღმოფხვრის მექანიზმები, რაც გულისხმობს სასწავლო ან საწარმოო პრაქტიკის სასწავლო კურსში პრაქტიკის იმ კომპონენტების გაძლიერებას, რომლებიც სტუდენტისგან ითხოვს „ფსიქომოტორიკის“ და „სენსორული აღქმის“ კრიტერიუმების მაქსიმალურ დაკმაყოფილებას. ეს შეიძლება განხორციელდეს სასწავლო პროცესში დასწრებული სასწავლო კომპონენტის განხორციელებით ან სტუდენტს საკუთარ სარგებლობაში შეიძლება ქონდეს ამ უნარების განმავითარებელი სპეციალური სამარჯვები და მოწყობილობები.

საკვანძო სიტყვები: დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობა, შეწონილი მატრიცის მეთოდი.

1. შესავალი

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სასწავლო პროცესში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება. მაგალითისთვის მოვიტანთ ამერიკის შეერთებული შტატების განათლების სტატისტიკის ეროვნული ცენტრის ერთ დოკუმენტს, რომელიც ადასტურებს დისტანციური სწავლების მასშტაბებს 2022 წლისთვის [1].

აქედან გამომდინარე, ცხადია, გვაინტერესებს სწავლების ასეთი ფორმის ეფექტურობა.

სამუშაოში [2] წარმოდგენილია ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობის შეფასების ერთი მოდელი. მოდელი იხილავს დისტანციური ექსპერიმენტის სამ მიმართულებას:

- როცა ხდება ლაბორატორიული დანადგარის აღჭურვა სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, ან სპეციალურად ხდება ამ ტექნოლოგიით აღჭურვილი ლაბორატორიული დანადგარის დაპროექტება, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა დისტანციურად მართოს ფიზიკურ ექსპერიმენტზე მოქმედი ფაქტორები, მათ შორის ლაბორატორიული სქემის აწყობა–გადაწყობის პროცესი [3];

- როცა ცდილობენ გამოყენებული იქნას არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდები და ისინი აღჭურვონ სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ჩაატაროს წინასწარ აწყობილი საექსპერიმენტო სქემის ფარგლებში [4];

- როცა ცდილობენ გამოყენებული იქნას არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდები და ისინი აღჭურვონ სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ჩაატაროს ლაბორატორიაში მყოფი ინსტრუქტორის დახმარებით [5,6].

ეფექტურობის შეფასების მოდელი ეყრდნობა ნაშრომის [2] ავტორების მიერ შემუშავებულ კრიტერიუმებს. დასწრებული სწავლების და დისტანციური ექსპერიმენტის სამი მიმართულების შეფასება შეწონილი მატრიცების მეთოდით [7] იძლევა 1-ელ ცხრილში წარმოდგენილ შედეგებს.

შეწონილი შეფასებების შედეგები ცხრ.1

„დასწრებული“ ექსპერიმენტი	დისტანციური ექსპერიმენტი		
	პირველი მიმართულება	მეორე მიმართულება	მესამე მიმართულება
8.25	7.95	6.5	6.9

როგორც ცხრილიდან ჩანს, დასწრებულ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს უპირატესობა აქვს დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის სამივე მიმართულებასთან შედარებით.

მიუხედავად ამისა, არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ დისტანციურ სწავლებასაც აქვს თავისი ხიბლი, რაც განაპირობებს მის ფართოდ გავრცელებას.

მოცემულ სამუშაოში ჩვენს ამოცანაა წარმოვადგინოთ ჩვენს მიერ შემუშავებული დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შეფასების ახალი მოდელი და შეფასების შედეგები, რომელსაც ეს მოდელი იძლევა.

2. შეფასების მოდელის შემუშავება

შეფასების შემოთავაზებული მოდელი ასევე ეყრდნობა შეწონილი მატრიცების მეთოდს [7]. განსხვავება [2]–გან გამოიხატება შეფასების კრიტერიუმების ახალი სისტემის ჩამოყალიბებაში, რომელიც უფრო წარმოაჩენს როგორც „დასწრებული“, ასევე დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ღირსებებს.

შეფასებისთვის ავიღეთ მესამე მიმართულების დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგია. ამ მიმართულების არჩევა განპირობებულია მისი პერსპექტიულობით. საქმე ისაა, რომ პირველი მიმართულება ძალიან ძვირია, ამასთან, არ არის უზრუნველყოფილი გამოყენების უნივერსალურობა, როგორც დასწრებული, ასევე დისტანციური ექსპერიმენტებისთვის. მეორე და მესამე მიმართულება უზრუნველყოფს გამოყენების უნივერსალურობას, მაგრამ მეორე მიმართულება ვერ უზრუნველყოფს ლაბორატორიული სამუშაოების ლაბორატორიული სწავლების მაღალ ხარისხს და სწავლების შედეგების სისრულეს.

როგორც სამეცნიერო წყაროების ანალიზი გვიჩვენებს, ნაშრომში [8] მესამე მიმართულების ტექნოლოგია წარმოდგენილია მოდიფიცირებული სახით. მოდიფიცირების არსი მდგომარეობს დისტანციური სტუდენტების დისტანციურ საგანმანათლებლო დაწესებულებაში განთავსებაში ზედამხედველის მეთვალყურეობის ქვეშ, რაც დისტანციურ სწავლებასთან დაკავშირებულ ზოგიერთ პრობლემას ხსნის.

ამდენად, შეფასებისთვის ვიხილავთ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის სამ სახეს:

- „დასწრებული“ ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ტრადიციული გაგებით (მოდელი 1);
- მესამე მიმართულების დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი [5,6] (მოდელი 2);
- მესამე მიმართულების მოდიფიცირებული დისტანციური ექსპერიმენტი [8] (მოდელი 3).

მოდელების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმების ჩამოყალიბებისთვის გამოვიყენეთ ლაბორატორიული სამუშაოებისადმი ABET აკრედიტაციის მიერ განსაზღვრული 13 მიზანი [9], რომელიც, ჩვენს აზრით, ამომწურავად ასახავს იმ უნარ-ჩვევებს, რომელიც სჭირდება ინჟინერს პრაქტიკულ საქმიანობაში. ლაბორატორიული სწავლების ეფექტურობის შეფასების განხორციელებისთვის ეს 13 მიზანი შეიძლება ტრანსფორმირდეს 13 კრიტერიუმად. კრიტერიუმები გამოიყენება იმ შესაძლებლობების შეფასებისთვის, რა ცოდნასაც და უნარებსაც აძლევს სტუდენტს ესა თუ ის მოდელი. ეს გასაგებია, რამდენადაც ჩვენ ვაფასებთ მოდელების შესაძლებლობებს.

ამ 13 კრიტერიუმის გარდა, ლაბორატორიული სწავლების მოდელების სრულყოფილი შეფასებისთვის, ჩვენს მიერ შემოტანილი იქნა კიდევ ოთხი დამატებითი კრიტერიუმი. ამდენად, ჩვენს მიერ შერჩეული კრიტერიუმების სრული კრებულისაა:

1) **ინსტრუმენტები.** ფიზიკური სიდიდეების გაზომვის მიზნით შესაძლებელი უნდა იყოს შესაბამისი გადამწოდების, ხელსაწყოების და/ან პროგრამული საშუალებების შერჩევა - გამოყენება. საუბარია რეალური ხელსაწყოების გამოყენებაზე.

2) **მოდელები.** რეალურ სამყაროში ორიენტირების მიზნით შესაძლებელი უნდა იყოს თეორიული მოდელების ძლიერი და სუსტი მხარეების განსაზღვრა. ეს შეიძლება მოიცავდეს შეფასებასაც, თუ რამდენად ადეკვატურად აღწერს თეორია ფიზიკურ მოვლენას, ასევე ადგენდეს/ასაბუთებდეს კავშირს გაზომილ მონაცემებსა და მოვლენის ფიზიკურ პრინციპებს შორის.

3) **ექსპერიმენტირება.** იმისათვის, რომ დახასიათებული იქნას საინჟინრო მასალა, კომპონენტი ან სისტემა, შესაძლებელი უნდა იყოს: ექსპერიმენტული მიდგომის დამუშავება, შესაბამისი აღჭურვილობისა და პროცედურების შერჩევა, ამ პროცედურების რეალიზება და მიღებული მონაცემების ინტერპრეტირება.

4) **მონაცემთა ანალიზი.** შესაძლებელი უნდა იყოს მონაცემთა შეგროვების, ანალიზის და ინტერპრეტირების უნარების დემონსტრირება, დასკვნების ფორმირება და გამტკიცება, სიდიდეთა ზომის, გაზომვის სისტემის და მათი გარდაქმნების შესახებ მსჯელობა.

5) **პროექტირება.** შესაძლებელი უნდა იყოს დეტალის, ნამზადის ან სისტემის პროექტირება, დამზადება, მათ შორის, სპეციალური მეთოდოლოგიების, აღჭურვილობის ან მასალების გამოყენებით. შესაძლებელი უნდა იყოს მომხმარებელთა მოთხოვნების გათვალისწინება და დაკმაყოფილება. შესაძლებელი უნდა იყოს შესაბამისი ინსტრუმენტების გამოყენებით პროტოტიპის, სისტემის ან პროცესის ტესტირება და გამართვა.

6) **შეცდომებზე სწავლა.** შესაძლებელი უნდა იყოს გაუმართავი აღჭურვილობის, დეტალების, პროგრამული კოდის, კონსტრუქციის, პროცესის ან პროექტის გამო წარუმატებელი შედეგების აღიარება და შემდგომი ეფექტური რეინჟინერინგი.

7) **კრეატიულობა.** შესაძლებელი უნდა იყოს დამოუკიდებელი აზროვნების, კრეატიულობის და რეალური პრობლემების გადაჭრის შესაბამისი დონის დემონსტრირება.

8) **ფსიქომოტორიკა.** შესაძლებელი უნდა იყოს საჭირო საინჟინრო ინსტრუმენტების და რესურსების ამორჩევის, მოდიფიცირების, გამოყენების და ექსპლუატაციის კომპეტენტურობის დემონსტრირება.

9) **უსაფრთხოება.** აღიარებული იქნას ტექნოლოგიურ პროცესებთან და ადამიანის მოღვაწეობასთან დაკავშირებული შრომის უსაფრთხოების, ტექნიკური უსაფრთხოების და გარემო პირობების პრობლემები, გამოხატული იქნას მათთან შესაბამისი დამოკიდებულება.

10) **კომუნიკაცია.** გარკვეულ აუდიტორიასთან ეფექტური ურთიერთობა ლაბორატორიული სამუშაოს შედეგებთან დაკავშირებით როგორც ზეპირი, ასევე წერილი კომუნიკაციით, როგორც მცირე რეზიუმეს, ასევე სრული ტექნიკური ანგარიშის სახით.

11) **გუნდში მუშაობა.** შესაძლებელი უნდა იყოს გუნდში ეფექტურად მუშაობა ინდივიდუალური და გუნდური ურთიერთანგარიშგების სტრუქტურირების ჩათვლით. როლების, ვალდებულებების და ამოცანების განაწილებით, გუნდური მოღვაწეობის მონიტორინგი. შესაძლებელი უნდა იყოს ინდივიდუალური წვლილის საბოლოო შედეგში ინტეგრირება.

12) **ეთიკა.** უზრუნველყოფილი უნდა იყოს საინჟინრო მოღვაწეობის ეთიკის სტანდარტების დაცვა, მათ შორის ინფორმაციის და მონაცემების ობიექტური წარმოდგენა, კოლეგებთან კეთილსინდისიერი დამოკიდებულება.

13) **სენსორული აღქმა.** შესაძლებელი უნდა იყოს ადამიანური გრძნობის ორგანოების გამოყენება ინფორმაციის შეგროვებისთვის, დასკვნების დასაბუთებისთვის, რეალური პრობლემების ფორმულირებისთვის.

14) **კომფორტულობა.** შესაძლებელი უნდა იყოს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ნებისმიერ დროს ნებისმიერი ადგილიდან ჩატარება.

15) **შრომატევადობა.** გულისხმობს სტუდენტის დროითი და მატერიალური რესურსების დანახარჯებს (არ იგულისხმება სწავლის გადასახადი).

16) **იდენტიფიცირება.** შესაძლებელი უნდა იყოს ლაბორატორიულ სივრცეში სტუდენტის მარტივად იდენტიფიცირება.

17) **არჩევადობა.** უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სტუდენტის მიერ სწავლების ფორმის არჩევის შესაძლებლობა.

3. შეფასების განხორციელება

მიუხედავად იმისა, რომ ჩამოყალიბებული კრიტერიუმები ერთნაირი წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული სწავლების სამივე საფეხურისთვის, ჩვენ შეფასება განვახორციელებთ მხოლოდ სწავლების ბაკალავრიატის საფეხურისთვის. ეს განპირობებული იყო, პირველ რიგში იმით, რომ სწავლების ამ საფეხურზე მეტია ლაბორატორიული სწავლების კომპონენტის მოცულობა. შესაბამისად, შეფასებაში მონაწილე ჩვენს პროფესორებსაც ბაკალავრიატის საფეხურზე ლაბორატორიული სწავლების უფრო მეტი გამოცდილება აქვთ.

შეწონილი მატრიცის მეთოდი [7] გულისხმობს შეფასების კრიტერიუმების წონის ექსპერტულად განსაზღვრას. პრაქტიკაში ეს საკითხი 17 კრიტერიუმისთვის სრულიადაც არ აღმოჩნდა მარტივი. მიუხედავად იმისა, რომ ექსპერტულ ჯგუფში ჩართულ პროფესორს კარგად ესმის სწავლების ბაკალავრიატის საფეხურის ამოცანები, ისინი მაინც უპირატესობას ანიჭებენ იმ უნარ-ჩვევებს, რომლებიც დაკავშირებულია სისტემის პროექტირებასთან. აქედან გამომდინარე, კრიტერიუმს „პროექტირება“ ყველაზე მაღალი წონა აქვს (0,14). ამ მოსაზრებით არის ასევე

განპირობებული კრიტერიუმების „ინსტრუმენტები“, „ექსპერიმენტირება“, „მონაცემთა ანალიზი“ და „კრეატიულობა“ მაღალი წონები (0,09, 0,08).

თითოეული მოდელის შეფასება ხდებოდა 10–ბალიანი სისტემით.

ექსპერტული შეფასების შედეგები მოტანილია ცხრილში 2. ცხრილი 2 საშუალებას იძლევა ერთმანეთთან იქნას შედარებული ლაბორატორიული სწავლების მოდელები როგორც ცალკეული კრიტერიუმების, ასევე ჯამური მაჩვენებლების მიხედვით.

ექსპერტული შეფასების შედეგები

ცხრ.2

	შეფასების კრიტერიუმი	წონა	დასწრებული ლაბორატორია (მოდელი 1)		დისტანციური ლაბორატორია (მოდელი 2)		დისტანციური ლაბორატორია (მოდელი 3)	
			ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება	ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება	ექსპერტული შეფასება	ექსპერტული შეფასება
1	ინსტრუმენტები	0,09	10	0,9	8	0,72	8	0,72
2	მოდელები	0,05	10	0,5	10	0,5	10	0,5
3	ექსპერიმენტირება	0,09	10	0,9	10	0,9	10	0,9
4	მონაცემთა ანალიზი	0,08	8	0,64	10	0,8	10	0,8
5	პროექტირება	0,14	10	1,4	9	1,26	8	1,12
6	ისწავლეთ შეცდომებზე	0,05	9	0,45	10	0,5	8	0,4
7	კრეატიულობა	0,09	10	0,9	10	0,9	10	0,9
8	ფსიქომოტორიკა	0,05	10	0,5	6	0,3	6	0,3
9	უსაფრთხოება	0,05	8	0,4	10	0,5	10	0,5
10	კომუნიკაცია	0,04	10	0,4	10	0,4	10	0,4
11	გუნდში მუშაობა	0,05	10	0,5	7	0,35	10	0,5
12	ეთიკა	0,04	10	0,4	8	0,32	10	0,4
13	სენსორული აღქმა	0,05	10	0,5	5	0,25	5	0,25
14	კომფორტულობა	0,05	7	0,35	9	0,45	6	0,3
15	დანახარჯები	0,05	8	0,4	9	0,45	7	0,35
16	იდენტიფიცირება	0,02	10	0,2	5	0,1	10	0,2
17	არჩევადობა	0,01	5	0,05	10	0,1	8	0,08
	ჯამი:	1		9,39		8,8		8,62

ჯამური შეფასებით დასწრებული სწავლების მოდელი უმჯობესია (მოდელი 1 – 9,39 ქულა), ვიდრე დისტანციური სწავლების ორი მოდელი (მოდელი 2 – 8,8 ქულა, მოდელი 3 – 8,62 ქულა).

როგორც ცხრილი 2 – დან ირკვევა დისტანციური სწავლების მოდელების (მოდელი 2, მოდელი 3) შეფასებაში ჩამორჩენა დასწრებული სწავლების მოდელისგან (მოდელი 1) ძირითადად განპირობებულია „ფსიქომოტორიკის“ და „სენსორული აღქმის“ კრიტერიუმებში დაბალი შეფასებით. ეს გასაგებიცაა, რამდენადაც ეს კრიტერიუმები მოითხოვენ ფიზიკურ ობიექტებთან უშუალოდ მომხმარებლის ფიზიკურ შეხებას. „ფსიქომოტორიკის“ კრიტერიუმის

შემთხვევაში უდავო უპირატესო აქვს დასწრებულ ტექნოლოგიას, რამდენადაც სტუდენტს აქვს შესაძლებლობა მიიღოს გადაწყვეტილება და ფიზიკურად შეასრულოს. დისტანციური ტექნოლოგიების დროს სტუდენტს აქვს შესაძლებლობა მიიღოს გადაწყვეტილება, მაგრამ ფიზიკურად შესრულების შესაძლებლობა არ აქვს.

4. დისტანციური ლაბორატორიული სწავლების ხარისხის

ამაღლების მექანიზმები

ზემოთ მოტანილი ჩამორჩენის აღმოფხვრის მექანიზმად მიგვაჩნია სამი ღონისძიების გატარება:

- სასწავლო ან საწარმოო პრაქტიკის სასწავლო კურსში პრაქტიკის იმ კომპონენტების გაძლიერება, რომლებიც სტუდენტისგან ითხოვს „ფსიქომოტორიკის“ და „სენსორული აღქმის“ კრიტერიუმების მაქსიმალურ დაკმაყოფილებას.

- დისტანციურ ლაბორატორიულ კომპონენტს დაემატოს დასწრებული სპეციფიკური პრაქტიკული კომპონენტი, რომელიც მიმართული იქნება „ფსიქომოტორიკის“ და „სენსორული აღქმის“ კრიტერიუმების მაქსიმალურ დაკმაყოფილებაზე.

- დისტანციურ ლაბორატორიულ კომპონენტს დაემატოს სპეციფიკური პრაქტიკული კომპონენტი, რომელიც დისტანციურ პირობებში განახორციელებს სავარჯიშოებს „ფსიქომოტორიკის“ და „სენსორული აღქმის“ კრიტერიუმების დაკმაყოფილების მიზნით. ამ შემთხვევაში სტუდენტს უნდა ქონდეს საკუთარ სარგებლობაში მარტივი ლაბორატორიული სამარჯვები, კონსტრუქტორები და ა.შ..

5. დასკვნა

- შეფასების კრიტერიუმების მრავალფეროვნებიდან გამომდინარე, შემოთავაზებული მოდელი უფრო სრულყოფილად ახდენს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების ტექნოლოგიის ეფექტურობის შეფასებას.

- შეფასების შემოთავაზებულმა მოდელმა აჩვენა დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ზოგიერთი კრიტერიუმის მიმართულებით სუსტი მხარეები.

- მიზანშეწონილია „სუსტი“ კრიტერიუმების მიმართულებით ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ალტერნატიული დასწრებული აქტივობებით ჩანაცვლება.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. https://nces.ed.gov/programs/digest/d23/tables/dt23_311.15.asp
2. ფრანგიშვილი ა. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ეფექტურობის შეფასება. სტუ-ის 100 და იმს ფაკ- 65 წლისთავის მიძ.საერთაშ. სამეც.-პრაქტ. კონფ.- „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები 2022“ შრ.კრ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2023, გვ. 117–122. ISBN ISBN 978-9941-28-944-6
3. US6813473B1, Remote laboratory, G09B7/02
4. CN111325362A, Remote laboratory system for electrical, electronic and control circuit learning and method for implementing same, G06Q10/02.
5. ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ზედგინიძე გ. დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა. პატენტი გამოგონებაზე # U 2022 2123 Y, 2022 წ.
6. 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.

7. Weighted Decision Matrix. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/essentialsofprojectmanagement/chapter/4-3-weighted-decision-matrix/>

8. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ჭოველიძე ა. საინჟინრო პროფილის საგანმანათლებლო დაწესებულებების მიერ ლაბორატორიული რესურსების ურთიერთგამოყენების ერთი ტექნოლოგიის შესახებ. საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკულ კონფერენცია თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში - 12 ოქტომბერი, 2023, თბილისი.

9. Feisel L.D. et al., Learning objectives for engineering education laboratories, in: Presented at the Frontiers in Education (FIE) 32nd Annual Conference, 2002

A new approach to evaluating the effectiveness of conducting a laboratory experiment remotely

Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili, Tea Todua
Georgian Technical University

l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, tea_todua@gtu.ge

Abstract

The paper proposes a new model for evaluating the effectiveness of remote laboratory experiments, which more fully reflects the positive and negative aspects of in-person and remote laboratory experiments. The evaluation model is based on the weighted matrix method and uses expert assessments. The evaluation criteria are based on 13 objectives defined by ABET accreditation for laboratory work, which comprehensively reflect the skills that an engineer needs in practical activities. The authors of the paper have added four more criteria, that reflect the merits of remote laboratory experiment. Based on the developed model, the efficiencies of in-person and two remote laboratory technologies has been evaluated. The remote laboratory experiment technology considers the approach where existing computerized laboratory stands are equipped with special hardware/software tools that allow students to conduct laboratory experiments with the help of an instructor in the laboratory. The focus on this approach is due to the versatility of laboratory stands - when the stands already exist in the university's equipment and can be used for both in-person and remote learning. The evaluation using the developed model showed that remote technologies are slightly less effective compared to in-person learning. Mechanisms to eliminate the lag are proposed, which means strengthening the components of internship course, that require students to maximize satisfaction of the "Psychomotor Skills" and "Sensory Perception" criteria. This can be implemented by incorporating in-person learning components into the educational process or students should have for their personal use special tools and devices that develop these skills.

Keywords: Remote laboratory experiment, efficiency of remote laboratory experiment, weighted matrix method.

საკომუნიკაციო მოწყობილობების გავლენა კომპიუტერულ ქსელში მონაცემთა ნაკადის გამტარუნარიანობაზე

მიხეილ დონაძე, იბრაიმ დიდმანიძე, ბესიკ ბერიძე

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

mikheil.donadze@bsu.edu.ge, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge, b.beridze@bsu.edu.ge

რეზიუმე

ქსელის კვანძებს შორის კავშირების ტოპოლოგიის ცვლილება იძლევა უამრავ შესაძლებლობას გაზარდოს, როგორც მთლიანი ქსელის, ისე მისი ცალკეული სეგმენტის გამტარუნარიანობა, საკომუნიკაციო არხების ფიქსირებული გამტარუნარიანობის შემთხვევაშიც კი. მაგალითად, ნებისმიერ კვანძს შორის ორი ალტერნატიული გადაცემის არხის არსებობა აორმაგებს ქსელის გამტარუნარიანობას, როდესაც ეს კვანძები ურთიერთქმედებენ. ნაშრომი წარმოდგენს ბიზნეს საწარმოს კორპორაციული ქსელის დაგეგმვისა და შემუშავების მეთოდების აღწერას, მათი პრაქტიკაში რეალიზაციის შესაძლებლობას. ნაშრომში განხილულია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების დაგეგმვის კონცეფცია, დასაბუთებულია საპილოტე ქსელების მნიშვნელობა კორპორაციული ქსელების დაპროექტების პროცესში. ნაშრომში ასევე განხილულია ლოკალური ქსელების ანალიზისა და ოპტიმიზაციის ინსტრუმენტები, შესწავლილია საწარმოს საინფორმაციო რესურსების ინფრასტრუქტურის დიზაინი და რეინჟინერინგის შესაძლებლობები. შესწავლილია კომუნიკაციების ტოპოლოგიისა და საკომუნიკაციო მოწყობილობების მუშაობის გავლენა ქსელის გამტარუნარიანობაზე.

საკვანძო სიტყვები: კომპიუტერული ქსელი, გამტარუნარიანობა, ქსელური მოწყობილობები, ხიდი, კომუტატორი, მარშრუტიზატორი.

1. შესავალი

თანამედროვე პირობებში ადგილობრივი, ლოკალური ქსელები, რომლებიც იყენებენ მხოლოდ კომუტატორებს, უნდა აიგოს ნაცნობ, განსაზღვრულ ტოპოლოგიაზე - საერთო სალტეზე, რგოლზე ან ვარსკვლავზე, რომელიც განისაზღვრება ქსელში გამოყენებული ძირითადი ტექნოლოგიით (Ethernet, TokenRing და ა. შ.).

თუმცა, ხიდების, კომუტატორების ან მარშრუტიზატორების გამოყენებისას შესაძლებელი ხდება უფრო რთული ტოპოლოგიების შედგენა, რომლებიც განსხვავდება სტანდარტულისგან. ქსელის შესაბამისი ტოპოლოგიის არჩევამ შეიძლება გადაჭრას მრავალი შეფერხება (გამტარუნარიანობის თვალსაზრისით) ქსელში. ეს გამოწვეულია არა მხოლოდ დამატებითი საკომუნიკაციო არხების არსებობით, არამედ იმიტაც, რომ ამ შემთხვევაში ქსელი აყალიბებს სხვადასხვა საერთო მედიას, რომელიც გაზიარებულია მხოლოდ იმ კვანძებს შორის რომელთა გამტარუნარიანობა მოცემული ქსელის სეგმენტისათვისაა განსაზღვრული [1].

რა თქმა უნდა, ისეთი საკომუნიკაციო მოწყობილობების მუშაობა, როგორცაა ხიდები, კომუტატორები და მარშრუტიზატორები დიდ გავლენას ახდენს ქსელის გამტარუნარიანობაზე. ეს გადაწყვეტილება საკმარისი უნდა იყოს სეგმენტთაშორისი ან ქსელთაშორისი ტრაფიკის გადასატანად ქსელის ნაწილებს შორის, რომლებიც წარმოიქმნება ქსელში ამ ტიპის მოწყობილობების დაყენების შედეგად. ფრეიმების ან პაკეტის დაკარგვამ ხიდებზე, კომუტატორებზე ან მარშრუტიზატორებზე შეიძლება გამოიწვიოს ქსელის გამტარუნარიანობის მნიშვნელოვანი შემცირება, განსაკუთრებით, მაშინ, როდესაც პაკეტის აღდგენა ხორციელდება პროტოკოლებით, მხოლოდ ლოდინის პერიოდის ვადის ამოწურვის შემდეგ [1,2].

2. ქსელის გამტარუნარიანობის გაუმჯობესება სეგმენტაციის გზით

LAN ტექნოლოგიების შეზღუდვების დასაძლევად დიდი ხანია გამოიყენება ადგილობრივი ხიდები, რომლებიც კონცენტრატორების ფუნქციური წინამორბედეა. მიუხედავად იმისა, რომ კომპუტატორებმა თითქმის შეცვალეს LAN ხიდები თანამედროვე ქსელებში, მუშაობის პრინციპები და მათი გამოყენების მოსაზრებები თითქმის იგივეა.

ხიდი არის მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს ორი (იშვიათად რამდენიმე) ლოკალური ქსელის ურთიერთდაკავშირებას ერთი ქსელიდან მეორეზე ფრეიმების გადაცემის გზით მათი შუალედური ბუფერის გამოყენებით. ხიდი, გამმეორებლისგან განსხვავებით, არ ცდილობს შეინარჩუნოს ბიტის სინქრონიზაცია გაერთიანებულ ქსელში. ამის ნაცვლად, ის თითოეულ ქსელთან მიმართებაში მოქმედებს, როგორც ტერმინალური კვანძი, იღებს ფრეიმს, ანალიზებს მის დანიშნულების მისამართს და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სამისამართო კვანძი ნამდვილად ეკუთვნის სხვა ქსელს, გადასცემს მას იქით. ხიდს, ფრეიმის სხვა ქსელში გადასატანად, უნდა ჰქონდეს წვდომა საზიარო მედიაში იმავე წესების შესაბამისად, როგორც გააჩნია ჩვეულებრივ კვანძს.

ამრიგად, ხიდი იზოლირებას უკეთებს არჩეულ სეგმენტზე შემოსულ ტრაფიკს, კერძოდ, ფილტრავს სხვა სეგმენტის შემოსული ტრაფიკის ჩარჩოების ვინაიდან შედარებით მცირე რაოდენობის კვანძებიდან ტრაფიკი მიმართულია თითოეულ სეგმენტზე, სეგმენტების დატვირთვის ფაქტორი მცირდება. შედეგად იზრდება, თითოეული სეგმენტის გამტარუნარიანობა, რაც იმას ნიშნავს, რომ იზრდება ქსელის მთლიანი გამტარუნარიანობაც.

თითოეული ქსელის სეგმენტი რჩება შეჯახების დომენად, ანუ ქსელის განყოფილებად, რომელშიც ყველა კვანძი ერთდროულად აფიქსირებს და ამუშავებს შეჯახებას, არ აქვს მნიშვნელობა, თუ სად ხდება ეს. თუმცა, ერთ სეგმენტში შეჯახება არ იწვევს სხვა სეგმენტში შეჯახებას, რადგან ხიდი მათ სეგმენტებს შორის არ გადასცემს [6],[7].

ჯერჯერობით, არსებობს ვარაუდი, რომ ხიდის გამოყენება ორი სეგმენტის დასაკავშირებლად გამმეორებლის ნაცვლად ყოველთვის გააუმჯობესებს მთლიანი ქსელის მუშაობას, რადგან თითოეულ სეგმენტში კვანძების რაოდენობა მცირდება, შესაბამისად მცირდება სეგმენტის დატვირთვა. ეს მართალია იმ პირობით, რომ ხიდი სეგმენტთაშორის ტრაფიკს გადასცემს, მნიშვნელოვანი შეფერხებებისა და ფრეიმების დანაკარგების გარეშე. თუმცა, განხილული ხიდის ალგორითმის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხიდს შეუძლია შეაფერხოს ფრეიმები და ხშირ შემთხვევაში დაკარგოს ისინი. ხიდის მიერ შექმნილი დაყოვნება გადასაცემი ფრეიმების საერთო ბუფერულ დროს უდრის. როგორც წესი, ფრეიმის გამზადების შემდეგ გარკვეული დრო სჭირდება მისამართების სიის დამუშავებას, განსაკუთრებით, იმ შემთხვევაში თუ მისამართების ცხრილის ზომა დიდია. ამიტომ, დაყოვნება იზრდება ჩარჩოს დამუშავების პერიოდში.

ფრეიმის დამუშავების დრო გავლენას ახდენს არა მხოლოდ კადრის დაგვიანებაზე, არამედ მისი დაკარგვის ალბათობაზეც. თუ კადრების დამუშავების დრო ნაკლებია, ვიდრე მომდევნო ფრეიმის მოსვლის ინტერვალი, მაშინ შემდეგი ფრეიმი განთავსდება ბუფერში და დაელოდება იქ, სანამ ხიდის პროცესორი გათავისუფლდება და დაიწყებს შემომავალი ფრეიმის დამუშავებას. თუ კადრების საშუალო სიხშირე დიდი ხნის განმავლობაში აჭარბებს ხიდის გამტარუნარიანობას, ანუ ჩარჩოს დამუშავების საშუალო დროს, მაშინ ხიდზე არსებული ბუფერული მეხსიერება მოსამზადებელი ჩარჩოების შესანახად შეიძლება გაიზარდოს. ასეთ ვითარებაში ხიდი ვერ მოახერხებს შემომავალი ფრეიმების ჩანაწერის შექმნას და დაიწყებს მათ დაკარგვას, ანუ უბრალოდ გადააგდებს მათ.

კადრების დაკარგვა ძალიან არასასურველი მომენტია, რადგან მისი შედეგები ვერ აღმოიფხვრება საქსელო დონის პროტოკოლებით. ჩარჩოს დაკარგვის გამოსწორება ხდება მხოლოდ სატრანსპორტო ან აპლიკაციის დონის პროტოკოლებით, რომლებიც შეამჩნევენ ქსელში ზოგიერთი მონაცემების დაკარგვას და ორგანიზებას უკეთებენ მათ ხელახლა გადაცემას. თუმცა, ქსელურ დონეზე ჩარჩოების რეგულარულმა დაკარგვამ შესაძლებელია ქსელის წარმადობა რამდენჯერმე შეამციროს, რადგან ზედა დონის პროტოკოლებში გამოყენებული დროითი ინტერვალის ამოწურვა მნიშვნელოვნად აღემატება საქსელო დონეზე ჩარჩოს გადაცემის დროს, ხოლო ჩარჩოს ხელახალ გადაცემას შეიძლება დასჭირდეს რამდენიმე ათეული წამი.

კადრების დაკარგვის თავიდან ასაცილებლად, ხიდს უნდა გააჩნდეს უკეთესი ფუნქციონალი, ვიდრე სეგმენტშორის გადასაცემ საშუალო ტრაფიკს, აგრეთვე დიდი ზომის ბუფერული მეხსიერება, რათა შეინახოს ჩარჩოები, რომლებიც გადაცემული იყო ან იქნება პიკური ტრაფიკის პერიოდში [6].

იმისათვის, რომ ხიდმა გაზარდოს ქსელის გამტარუნარიანობა, აუცილებელია შესრულდეს პირობები:

- სიჩქარე, რომლითაც ხიდი ასრულებს ჩარჩოს გადაცემის ოპერაციას მის ნებისმიერ ორ პორტს შორის (ამ ოპერაციას ეწოდება გადამისამართება) ყოველთვის უნდა იყოს უფრო მაღალი ვიდრე ამ პორტებით დაკავშირებულ ქსელის სეგმენტებს შორის არსებული ტრაფიკის საშუალო ინტენსივობა.

- ლოკალურ ქსელებში ხშირად მოქმედებს ემპირიული წესი 80/20, რომელიც გვიჩვენებს, რომ თუ ქსელი სწორ სეგმენტებად არის დაყოფილი, ტრაფიკის 80% რჩება სეგმენტის შიდა ტრაფიკად და მხოლოდ 20% გადის სეგმენტს გარეთ. თუ ვივარაუდებთ, რომ ეს წესი ეხება კონკრეტულ ქსელს, მაშინ ხიდს უნდა შეეძლოს Ethernet სეგმენტის მაქსიმალური გამტარუნარიანობის 20%-ის გადამისამართება, ანუ მისი წარმადობა იქნება $0.2 \times 14880 = 3000$ კადრი წამში. როგორც წესი, ლოკალურ ხიდებს ახასიათებთ 3000 კადრი წამში ან მეტი წარმადობა.

თუმცა ხიდი, გამმეორებლისგან განსხვავებით, არ იძლევა ჩარჩოების მიწოდების გარანტიას ნებისმიერ სიტუაციაში. ეს მისი ფუნდამენტური ნაკლია, რომელთანაც შეგუება გვიწევს.

ქსელში ლოკალური ხიდების წარმატებით გამოყენების შესაძლებლობა რომ გავარკვიოთ, ჯერ პროტოკოლის ანალიზატორის ან ქსელის მართვის სისტემის გამოყენებით უნდა გავზომოთ ტრაფიკის მატრიცა ქსელის კვანძებს შორის. ეს ინფორმაცია საშუალებას მოგვცემს გაიგოთ სეგმენტთაშორისი ტრაფიკის დონე ქსელის სეგმენტებად დაყოფისას და შევადაროთ იგი ხიდის წარმადობის მაჩვენებელს.

ქსელის კომპუტატორების საერთო გამტარუნარიანობის შეფასება. Ethernet ქსელებში სეგმენტების კომპუტაციის ტექნოლოგია, ლოკალურ ქსელებში მაღალი გამტარუნარიანობის მზარდი მოთხოვნის საპასუხოდ, შემოიტანა ფირმა Kalpana-მ 1990 წელს. ეს ტექნოლოგია დაფუძნებულია ქსელის სეგმენტებსა და კვანძებს შორის საერთო საკომუნიკაციო ხაზების გამოყენების უარყოფაზე და ქსელში კომპუტატორების გამოყენებაზე, რომლიც საშუალებას იძლევა ყველა წყვილ პორტს შორის ერთდროულად გადაიცეს პაკეტები.

ფუნქციურად, მრავალპორტიანი კომპუტატორი მუშაობს, როგორც მრავალპორტიანი ხიდი, ანუ მუშაობს საარხო დონეზე, ანალიზებს ჩარჩოს სათაურებს, ავტომატურად აგებს მისამართების ცხრილს და ამ ცხრილის საფუძველზე, გადამისამართებს ფრეიმებს ერთ-ერთ გამომავალ პორტზე ან ფილტრავს მას და შლის მეხსიერების ბუფერიდან. ინოვაციას წარმოადგენს

შემომავალი ფრეიმების პარალელური დამუშავება, როდესაც ხიდი მათ რიგრიგობით, მიყოლებით ამუშავებს. მეორეს მხრივ კომპუტატორს, როგორც წესი შემომავალი კადრების დასამუშავებლად, აქვს ბევრი შიდა პროცესორი, რომელთაგან თითოეულს შეუძლია შეასრულოს ხიდის ალგორითმის ფუნქცია. ამრიგად, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ კომპუტატორი არის მულტიპროცესორული ხიდი, რომელსაც აქვს მაღალი წარმადობა შიდა პარალელურობის გამო.

კომპუტაციის ტექნოლოგია დაფუძნებულია გამჭვირვალე ხიდის ალგორითმზე, გადართვის პრინციპი არ არის დამოკიდებული წვდომის მეთოდზე, პაკეტის ფორმატზე და თითოეული ტექნოლოგიის სხვა დეტალებზე. კომპუტატორში გამავალი ტრაფიკის საფუძველზე, სვიჩი სწავლობს ქსელის ბოლო კვანძების მისამართებს, აშენებს ქსელის მისამართების ცხრილს და შემდეგ, მის საფუძველზე, ახორციელებს რგოლთაშორის გადაცემებს TokenRing ან FDDI ქსელებში. ნებისმიერი ტექნოლოგიის ქსელებში გადამრთველის მუშაობის პრინციპი უცვლელი დარჩა, რაც უზრუნველყოფს ფრეიმების ერთდროულ გადაგზავნას კომპუტატორის პორტებს შორის [2].

იდეალურ შემთხვევაში, ქსელში დაყენებული კომპუტატორი პორტებთან დაკავშირებულ კვანძებს შორის გადასცემს პაკეტებს იმ სიჩქარით, რა სიჩქარითაც წარმოქმნიან კვანძები ამ ჩარჩოებს, დამატებითი შეფერხებებისა და ფრეიმების დაკარგვის გარეშე. რეალურად პრაქტიკაში, კომპუტატორი ყოველთვის აწესებს გარკვეულ შეფერხებებს ფრეიმების გადაცემაში, ასევე შეიძლება დაკარგოს ზოგიერთი ფრეიმი, ანუ ვერ მიაწოდოს დანიშნულების ადგილამდე. შესაბამისად სხვადასხვა მოდელების შიდა ორგანიზების განსხვავებების გამო, ძნელია იმის პროგნოზირება, თუ როგორ გადასცემს კონკრეტული კომპუტატორი კონკრეტული ნიმუშის ფრეიმს. საუკეთესო კრიტერიუმად მაინც შეიძლება ჩაითვალოს პრაქტიკა, როდესაც კომპუტატორი მოთავსებულია რეალურ ქსელში და იზომება მის მიერ გაგზავნილი შეფერხებები და დაკარგული ფრეიმების რაოდენობა. თუმცა, არსებობს მარტივი გამოთვლები, რომლებიც მოგცემთ წარმოდგენას იმის შესახებ, თუ როგორ მოიქცევა კომპუტატორი რეალურ სიტუაციაში.

იმისათვის, რომ კომპუტატორმა შეძლოს საჭირო ტრაფიკის მხარდაჭერა, უნდა დაკმაყოფილდეს რამდენიმე პირობა:

1. კომპუტატორის საერთო მოქმედება უნდა იყოს მეტი ან ტოლი გადაცემული ტრაფიკის მთლიან ინტენსივობაზე:

$$B \geq \sum_{ij} P_{ij} \quad (1)$$

სადაც B არის კომპუტატორის საერთო წარმადობა, P_{ij} არის გადაცემის საშუალო ინტენსივობა i პორტიდან j -მდე. ჯამი აღებულია კომპუტატორის ყველა პორტზე, მაგ. 1-დან 8-მდე. თუ ეს უტოლობა არ დაკმაყოფილდა, მაშინ კომპუტატორი აშკარად ვერ გაუმკლავდება მასში შემავალი ფრეიმების ნაკადს და ისინი დაიკარგება მეხსიერების შიდა ბუფერების გადაჭარბების გამო. ვინაიდან ფორმულაში ფიგურირებს ტრაფიკის ინტენსივობის საშუალო მნიშვნელობა, ვერცერთი ბუფერის ჯამი, თუნდაც საერთო კომპუტაციის, ვერ მოახდენს იმ დროის კომპენსირებას, რომელიც სჭირდება ძალიან ნელი ფრეიმის დამუშავებას.

კომპუტატორის საერთო ფუნქციონირება განისაზღვრება მისი ცალკეული ელემენტის საკმარისად მაღალი წარმადობით - პორტის პროცესორი, გადართვის მატრიცა, საერთო სალტის დამაკავშირებელი მოდულები და ა. შ. კომპუტატორის შიდა ორგანიზების და მისი მოსალოდნელი ოპერაციების კონვეირიზაციის მიუხედავად, ადვილი დასადგენია მისი ელემენტების წარმადობის მოთხოვნები, რომლებიც აუცილებელია მოცემული ტრაფიკის მატრიცის მხარდასაჭერად.

2. კომპუტატორის თითოეული პორტის პროტოკოლის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა უნდა იყოს მეტი ან ტოლი პორტში გამავალი მთლიანი ტრაფიკის საშუალო ინტენსივობაზე:

$$C_k \geq \sum_j P_{kj} + \sum_i P_{ik} \quad (2)$$

სადაც C_k არის k -ე პორტის პროტოკოლის ნომინალური მაქსიმალური გამტარუნარიანობა (მაგალითად, თუ k -ე პორტი მუშაობს Ethernet ქსელში, მაშინ C_k უდრის 100 მბ/წმ-ს), პირველი ჯამი არის გადაგაზვნილი ტრაფიკის ინტენსივობა, ხოლო მეორე ჯამი არის შემომავალი ტრაფიკის ინტენსივობა. (2) ფორმულის მიხედვით, კომუტაციის პორტი მუშაობს სტანდარტულ ნახევრად დუპლექს რეჟიმში, სრული დუპლექსის რეჟიმში, C_k -ის მნიშვნელობა გაორმაგდება.

3. თითოეული პორტის პროცესორის მუშაობა უნდა იყოს მინიმუმ პორტში გამავალი მთლიანი ტრაფიკის საშუალო ინტენსივობის ტოლი. მდგომარეობა წინას მსგავსია, მაგრამ მხარდაჭერილი პროტოკოლის ნომინალური გამტარუნარიანობის ნაცვლად, მან უნდა გამოიყენოს პორტის პროცესორის გამტარუნარიანობა.

4. კომუტატორის შიდა სალტის წარმადობა არ უნდა იყოს კომუტატორზე არსებულ პორტებს შორის გადაცემული მთლიანი ტრაფიკის საშუალო ინტენსივობაზე ნაკლები:

$$B_{bus} \geq \sum_{ij} P_{ij} \quad (3)$$

სადაც B_{bus} არის კომუტატორის საერთო სალტის წარმადობა, ხოლო $\sum_{ij} P_{ij}$ აღებულია მხოლოდ იმ i და j -ზე, რომლებიც ეკუთვნის განსხვავებულ მოდულებს.

შემოწმება, ცხადია, უნდა განხორციელდეს მხოლოდ იმ კომუტატორებისათვის რომელთაც გააჩნიათ, შიდა მოდულური ტიპის არქიტექტურა და იყენებს საერთო სალტს მოდულთა-შორისი კომუნიკაციისთვის. სხვა შიდა არქიტექტურის მქონე კომუტატორებისათვის, მაგალითად, განაწილებული მეხსიერებით, მარტივია მსგავსი ტიპის ფორმულებით მათი შიდა ელემენტების საკმარისი წარმადობის შემოწმება.

ზემოთ ჩამოთვლილი პირობები აუცილებელია იმისათვის, რომ კომუტატორმა საშუალოდ გაართვას თავი დავალებას და მუდმივად არ დაკარგოს ფერიმები. თუ ზემოთ ჩამოთვლილი პირობებიდან ერთი მაინც არ არის დაკმაყოფილებული, მაშინ ფრეიმის დაკარგვა ხდება არა, როგორც ეპიზოდური მოვლენა პიკური ტრაფიკის მნიშვნელობებზე, არამედ მუდმივი მოვლენა, რადგან საშუალო ტრაფიკის მნიშვნელობებიც კი აღემატება კომუტატორის შესაძლებლობებს.

1 და 2 პირობა ვრცელდება ნებისმიერი ორგანიზაციის შიდა კომუტატორებზე, ხოლო 3 და 4 პირობები მოცემულია, როგორც ინდივიდუალური მუშაობის გათვალისწინების აუცილებლობის მაგალითი.

იმის გამო, რომ კომუტატორის მწარმოებლები ცდილობენ თავიანთი მოწყობილობები გახადონ რაც შეიძლება სწრაფი, კომუტატორების მთლიანი შიდა გამტარუნარიანობა ხშირად აჭარბებს ნებისმიერი ტრაფიკის საშუალო მნიშვნელობას, რომელიც შეიძლება გადავიდეს კომუტაციის პორტებში. ასეთ კომუტატორებს უწოდებენ „დაბრკოლების გარეშე“, რაც ხაზს უსვამს იმ ფაქტს, რომ ნებისმიერი სახის ტრაფიკი გადადის ინტენსივობის შემცირების გარეშე.

კომუტატორების წარმადობის სრული ნომინალური მნიშვნელობის მიუხედავად ყოველთვის არის შესაძლებელი პორტებს შორის ტრაფიკის ისეთი განაწილება, რომელსაც კომუტატორი ვერ უმკლავდება და აუცილებლად დაიწყებს „ფრეიმების“ დაკარგვას. მაგალითად, საკმარისია კომუტატორის მეშვეობით გადაცემული მთლიანი ტრაფიკი მისი ზოგიერთი გამომავალი პორტისთვის აღემატებოდეს ამ პორტის მაქსიმალურ გამტარუნარიანობას.

კომუტატორმა ასევე შეიძლება დაკარგოს „ფრეიმების“ დიდი პროცენტი იმ შემთხვევებშიც კი, როდესაც ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი პირობა დაკმაყოფილებულია, რადგან ეს პირობები აუცილებელია, მაგრამ არა საკმარისი თანამედროვე პირობებში კომუტატორის პორტებში მიღებული და გადაცემული „ფრეიმების“ სამართავად. ეს პირობები მნიშვნელოვნად ამარტივებს კომუტატორში „ფრეიმების“ გაცვლის პროცესს. მხოლოდ ნაკადის სიჩქარის საშუალო

მნიშვნელობებზე ორიენტაცია არ ითვალისწინებს კოლიზიებს, რომლებიც ხდება პორტის გადამცემებსა და კომპიუტერის ქსელურ ადაპტერს შორის, დანაკარგებს რომლებიც ჩნდება გარემოზე წვდომის ლოდინის დროს და სხვა ფენომენებს, რომლებიც გამოწვეულია კადრების შემთხვევითი გენერირებით, ასევე გასათვალისწინებელია კადრების შემთხვევითი ზომები და სხვა შემთხვევითი ფაქტორები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ამცირებს კომუტატორების რეალურ წარმადობას. მიუხედავად ამისა, ზემოაღნიშნული შეფასებების გამოყენება სასარგებლოა, რადგან ის საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ იმ შემთხვევების იდენტიფიცირება, როდესაც კონკრეტული ქსელისთვის კომუტატორების კონკრეტული მოდელის გამოყენება აშკარად მიუღებელია.

რადგან ყოველთვის არ არის შესაძლებელი ქსელის კვანძებს შორის ფრეიმების ნაკადების ინტენსივობის შეფასება, ჩვენ შევეცადეთ მოგვეძებნა ისეთი დამოკიდებულება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ვთქვათ, რომ კომუტატორს აქვს საკმარისი წარმადობა რათა გაუმკლავდეს იმ ფრეიმების ნაკადს რომელიც იმოდრავებს კომუტატორის ყველა პორტში მაქსიმალური ინტენსივობით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჩვენ ვვლავლობთ პირობას, რომლის მიხედვითაც კომუტატორი მოცემული პორტებზე არ იქნება დაბლოკილი მოცემული ნაკრებისთვის.

ცხადია, კომუტატორი არ იქნება დაბლოკილი, თუ მისი საერთო შიდა გამტარუნარიანობა B -ს ტოლი იქნება მისი ყველა C_k პორტის მაქსიმალური გამტარუნარიანობის ჯამის:

$$B = \sum_k C_k \quad (4)$$

ანუ, თუ კომუტატორს აქვს, მაგალითად, 12 FastEthernet და 2 GbtEthernet პორტი, მაშინ შიდა წარმადობა - 3200 მბტ/წმ საკმარისი იქნება ნებისმიერი ტრაფიკის განაწილებისთვის, რომელიც შედის კომუტატორში მისი პორტების მეშვეობით. თუმცა, ასეთი შეხედულება შიდა გამტარუნარიანობაზე (წარმადობა) გადაჭარბებულია, რადგან კომუტატორი შექმნილია არა მხოლოდ „ფრეიმების“ მისაღებად, არამედ მათ დანიშნულების პორტში გადასაგზავნადაც. ამრიგად, კომუტატორის ყველა პორტი მუდმივად ვერ მიიღებს გარედან ინფორმაციას მაქსიმალური სიჩქარით, რადგან გადამრთველის ყველა პორტიდან გასული ინფორმაციის საშუალო ინტენსივობა უნდა იყოს მიღებული ინფორმაციის საშუალო ინტენსივობის ტოლი. ამრიგად, კომუტატორის საშუალებით სტაბილურ რეჟიმში გადაცემული ინფორმაციის მაქსიმალური სიჩქარე უდრის ყველა პორტის მთლიანი გამტარუნარიანობის ნახევარს - თითოეული მიღებული „ფრეიმი“ ზოგიერთი პორტისთვის ყოველთვის გვევლინება, როგორც გამომავალი „ფრეიმი“. ამ მტკიცებულების თანახმად, კომუტატორმა გამართულად, რომ იმუშაოს საკმარისია მისი შიდა მთლიანი წარმადობა უდრიდეს მისი ყველა პორტის პროტოკოლის მაქსიმალური გამტარუნარიანობის ჯამის ნახევარს:

$$B = (\sum_k C_k) / 2 \quad (5)$$

მაშასადამე, კომუტატორისთვის 12 FastEthernet და 2 GbtEthernet პორტით საკმარისია, რომ საშუალო ჯამური გამტარუნარიანობა იყოს 1600 მბტ/წმ, ნორმალური მუშაობისთვის ტრაფიკის განაწილების ნებისმიერი ვარიანტის გადაცემაზე, რომელიც შეიძლება გადაიცეს მისი პორტებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.

კიდევ ერთხელ ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ეს პირობა მხოლოდ იმის გარანტიას იძლევა, რომ კომუტატორის შიდა ელემენტები - პორტის პროცესორები, ინტერმოდულური სალტე, ცენტრალური პროცესორი და ა. შ. - გაუმკლავდება შემომავალი ტრაფიკის დამუშავებას.

ტრაფიკის განაწილების ასიმეტრიამ გამავალ პორტებში, პორტის პროტოკოლების შეზღუდვების გამო ყოველთვის შეიძლება გამოიწვიოს ქსელში მოძრავი ტრაფიკის გადაცემის შენელება. ფრეიმის დაკარგვის თავიდან ასაცილებლად, კომუტატორების მრავალი

მწარმოებელი იყენებს საკუთარ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც საშუალებას აძლევს „შეანელონ“ გადამრთველთან დაკავშირებული კვანძების გადამცემები, ანუ ისინი შემოაქვთ ნაკადის კონტროლის ელემენტებს ბოლო კვანძის პორტის პროტოკოლების შეცვლის გარეშე [8].

მარშრუტიზატორების გავლენა ქსელის მუშაობაზე. მარშრუტიზატორები, ისევე როგორც ხიდები და კომუტატორები, ახდენენ ქსელის ერთი ნაწილის ტრაფიკს იზოლირებას მეორისგან და ამით ზრდიან ქსელის გამტარუნარიანობას მთლიანობაში. ამავდროულად, ქსელის იზოლაციის ხარისხი უფრო მაღალია, ვიდრე ხიდების და კომუტატორების გამოყენების დროს, რადგან მარშრუტიზატორები არ გადასცემენ სამაუწყებლო ტრაფიკს და ჩარჩოებს უცნობი დანიშნულების მისამართებით ქსელებს შორის. მარშრუტიზატორების გამოყენებამ შეიძლება შეამციროს გამტარუნარიანობა. ეს შეიძლება მოხდეს იმ შემთხვევაში თუ როუტერის წარმადობა ნაკლებია ინტერნეტის სამუშაო ტრაფიკის საშუალო ინტენსივობაზე. როგორც წესი, როუტერის წარმადობა მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე კომუტატორის. საშუალო როუტერი ერთი პაკეტის დამუშავებაზე ხარჯავს 5-დან 10-ჯერ მეტ დროს, ვიდრე საშუალო წარმადობის კომუტატორი. ამიტომ, ჩვეულებრივ, მარშრუტიზატორები გამოიყენება ქსელების ისეთი ფრაგმენტების დასაკავშირებლად, რომლებიც საკმაოდ იზოლირებულია და წარმოქმნის არც თუ ისე ინტენსიურ ინტერნეტ ტრაფიკს.

ყველა ზემოთ განხილული დამოკიდებულება, რომელიც მიღებული იქნა კომუტატორების წარმადობის მოთხოვნების განხილვისას, ასევე მოქმედებს მარშრუტიზატორებზეც [8]. იმისათვის, რომ სწორად მოვახდინოთ კვლევის შედეგების ინტერპრეტაცია და მივიღოთ საფუძვლიანი გადაწყვეტილება, იმის შესახებ, თუ რომელი კომუტატორი შეიძლება იქნეს გამოყენებული კონკრეტულ ქსელში, ჯერ უნდა გავარკვიოთ რა პირობებში მოხდა წარმოდგენილი შედეგების მიიღება და როგორ შეესაბამება ეს იმ პირობებს, რომლებიც შეიძლება შეგხვდეს ჩვენ ქსელში. ცხადია, ამ შედეგების საფუძველზე, კომუტატორები შეიძლება შეირჩეს იმ რეალური ქსელებისთვის, რომლებშიც დატვირთვის განაწილება გადამრთველ პორტებს შორის ერთგვაროვანია. ასეთი შემთხვევები იშვიათი არ არის ერთრანგიანი ქსელებისთვის, სადაც კომუტატორები მუშაობენ იერარქიის ზედა დონეებზე და აერთიანებს დიდი სეგმენტების ტრაფიკს. თუმცა, თუ კომუტატორი გამოიყენება ქსელში გამოყოფილი სერვერით, სადაც მკაფიოდ გამოხატულია ტრაფიკის გადახრა იმ პორტისკენ, სადაც გათვალისწინებული იქნება შესაბამის პირობებში, ტრაფიკის ასიმეტრიული განაწილება [7].

3. დასკვნა

სტატიაში განხილული, გაანალიზებული და შემუშავებული მეთოდების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები.

მიზანშეწონილია მოხდეს კორპორაციის კომპიუტერული ქსელის სეგმენტებად დაყოფა და სეგმენტებსა და ქსელის კვანძებს შორის სასურველია გამოყენებული იქნეს როგორც ინდივიდუალური, ასევე საერთო, განაწილებული (shared) კავშირის არხები, რაც შესაბამისად ამალღებს ქსელის წარმადობას. ნაშრომში წარმოდგენილი გადაწყვეტილებების საფუძველზე, რომელებიც ინფორმაციული სისტემების შრომისუნარიანობის ამალღებას ითვალისწინებს, დამუშავებულია კომპიუტერული ქსელების ეფექტური მუშაობის მახასიათებლები და ქსელის მოცემული სეგმენტის გამტარუნარიანობის გაუმჯობესების კრიტერიუმები.

ჩამოყალიბებულია მოთხოვნები (პირობები) თუ როგორ შეძლოს კომუტატორმა საჭირო ტრაფიკის მხარდაჭერა, მოძიებულია დამოკიდებულება ქსელის კვანძებს შორის ფრეიმების ნაკადების ინტენსივობის შეფასების გარეშე, თუ როგორ შეუქმნათ კომუტატორს საკმარისი წარმადობა და გაუმკლავდეს იმ ფრეიმების ნაკადს რომელიც იმოდრავებს მის ყველა პორტში მაქსიმალური ინტენსივობით.

ლიტერატურა:

1. Krntach C. Mansfield Jr., James L. Antonakos. Computer Networking from LANs to WANs: Hardware, Software, and Security, 2010.
2. P. Gburzyński, Modeling Communication Networks and Protocols, Springer Cham, 2019.
3. K. Wehrle, Mesut Güneş, James Gross, Modeling and Tools for Network Simulation, Springer Berlin, Heidelberg, 2010.
4. James McCabe, Network Analysis, Architecture, and Design, 3rd Edition, Elsevier Inc, 2007.
5. D. Serpanos, T. Wolf, Architecture of Network Systems, Morgan Kaufmann Publishers. 2011.
6. J. Kurose, K. Ross, Computer Networking Approach 7th_Edition, Pearson Education, Inc, 2017.
7. B. Beridze, M. Donadze, Network Anomaly Detection Utilizing Machine Learning Methods, IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS) Proceedings, 2023., Publisher: IEEE

The impact of communication devices on data flow bandwidth in a computer network

Mikheil Donadze, Ibraim Didmanidze, Besik Beridze
Batumi Shota Rustaveli State University

mikheil.donadze@bsu.edu.ge, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge, b.beridze@bsu.edu.ge

Abstract

Changing the topology of connections between network nodes provides many opportunities to increase the bandwidth of the entire network, as well as its individual segment, even in the case of fixed bandwidth of communication channels. For example, having two alternate transmission channels between any node doubles the network bandwidth when these nodes interact. The work presents a description of the methods of planning and development of the corporate network of a business enterprise, the possibility of their implementation in practice. The paper discusses the concept of planning corporate computer networks, the importance of pilot networks in the process of designing corporate networks is substantiated. The paper also discusses the tools for analysis and optimization of local networks, the design and reengineering possibilities of the enterprise's information resources infrastructure are studied. The influence of the communication topology and the operation of the communication devices on the network bandwidth is studied.

Keywords: computer network, bandwidth, network devices, router, switch, bridge

უსადენო კავშირის მეშვიდე თაობის ტექნოლოგია Wi-Fi 7

სალომე მახარაძე, ია ცქვიტინიძე, ელვირა ბჟინავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.makharadze@gtu.ge, ia.tskvitinidze@gtu.ge, e.bzhinava@gtu.ge

რეზიუმე

გასულ ათწლეულებში Wi-Fi (Wireless Fidelity) უსადენო კავშირის ტექნოლოგია ფართოდ გამოყენებადი გახდა და მისი პირველი თაობები აკმაყოფილებდნენ კიდევ მომხმარებელთა ყველა მოთხოვნას, მაგრამ მარშუტიზატორების გავრცელებისა და გამტარუნარიანობის სტანდარტების მნიშვნელოვანმა ცვლილებამ, Wi-Fi-ის ახალ თაობებში წარმოშვა წინა თაობებში შექმნილი პრობლემების მოგვარების საჭიროება. მომხმარებელთა მუდმივად მზარდი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად შესაბამისად, საჭიროა დღევანდელ ტექნოლოგიებში ცვლილებების განხორციელება, მახასიათებლების გაუმჯობესება: გადაცემის სიჩქარის გაზრდის, დაყოვნების შემცირების, გადაცემის ხარისხის, ქსელის გამტარუნარიანობისა და საიმედოობის გაზრდის თვალსაზრისით. თავდაპირველად უსადენო კავშირის ტექნოლოგიების შემქმნელი კომპანები მხოლოდ უსადენოდ დაფარვის ზონის გაფართოებაზე იყვნენ ორიენტირებული, დამატებითი სიხშირეების გამოყენებამ კი მოაგვარა არხის გადატვირთულობის პრობლემა. ახალი თაობის ტექნოლოგიას წარმოადგენს Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be), ის არის Wi-Fi Alliance-ის

შემდგომი თაობის სტანდარტი - EHT (Extremely High Throughput) განსაკუთრებით მაღალი გამტარუნარიანობის ტექნოლოგია, რომელიც გვთავაზობს ახალ შესაძლებლობებს. Wi-Fi 7 ტექნოლოგია დაფუძნებულია Wi-Fi 6E-ზე, იყენებს სამივე სიხშირულ დიაპაზონს 2.4 გჰც, 5 გჰც, 6 გჰც-ს და მასში გაზრდილია მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე, სიჩქარემ თეორიულად შესაძლოა მიაღწიოს 46 გბიტ/წმ, რაც განპირობებულია Wi-Fi 7-ში გამოყენებული ტექნოლოგიების ერთობლიობით: 320 მგჰც-იანი სიგანის არხის გამოყენებით, არხების სიგანით 16 სივრცული ნაკადით (MU-MIMO), ასევე 4096-QAM - 4096 კვადრატულ ამპლიტუდური მოდულაციით, Multi-RU - მრავალრესურსული ერთეულის გამოყენებით, Multi-Link Operation (MLO) - მრავალარხიანი კავშირით და მრავალჯერადი შეღწევის წერტილების კოორდინაციის გაუმჯობესებით, რისი წყალობითაც სიჩქარე იქნება 4.8-ჯერ უფრო სწრაფი ვიდრე Wi-Fi 6-ის და 13-ჯერ უფრო სწრაფი ვიდრე Wi-Fi 5-ის. ახალი სტანდარტის ახალი შესაძლებლობებით სარგებლობისთვის საჭირო იქნება ახალი მოწყობილობები, რომლებიც ამ სტანდარტს უჭერენ მხარს.

საკვანძო სიტყვები: უსადენო კავშირი, IEEE 802.11be, Wi-Fi 7, MU-MIMO, MLO.

1. შესავალი

უსადენოდ ინტერნეტ ქსელთან წვდომის ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს Wi-Fi (Wireless Fidelity) ტექნოლოგია. ასეთი ტექნოლოგიით აგებული ქსელით სარგებლობა შესაძლებელია ყველგან: სახლში, დაწესებულებებში, საჯარო სივრცეებში. მონაცემთა გადასაცემად Wi-Fi ტექნოლოგია ხშირად გამოიყენება როგორც ძირითადი ქსელი. კვლევების თანახმად, 2018 წლის მონაცემით მსოფლიოში ქსელში ჩართული 9 მილიარდზე მეტი Wi-Fi მოწყობილობა მუშაობდა. უფრო პოპულარული ხდება ახალი ტექნოლოგიები, მკაცრი მოთხოვნებით: ულტრამაღალი გამტარუნარიანობით, ულტრამცირე დაყოვნებით, რომლებიც საშუალებას იძლევა განვითარდეს თანამედროვე სერვისები: ვირტუალური და დამატებითი რეალობა, ონლაინ თამაშები, დისტანციური მუშაობა, ონლაინვიდეოკონფერენცია, ღრუბლოვანი გამოთვლები. Wi-Fi მოწყობილობების დიდი სიმკვრივით განთავსების პირობებში ქსელის პარამეტრებს: გამტარუნარიანობის გაზრდასა და დაყოვნების შემცირებას დიდი ყურადღება ეთმობა. ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით 2019 წლის მაისში IEEE 802.11be (TGbe) სამუშაო ჯგუფმა მუშაობა დაიწყო IEEE 802.11be EHT (Extremely High Throughput – განსაკუთრებით მაღალი გამტარუნარიანობა) - Wi-Fi უსადენო კავშირის ტექნოლოგიის მეშვიდე თაობაზე - ე.წ. Wi-Fi 7-ზე. მე-7 თაობის Wi-Fi ლოკალური მოწყობილობების უსადენოდ დაკავშირების ყველაზე გავრცელებული საშუალება იქნება. Wi-Fi 7-ის მომხმარებელს შეეძლება დაუკავშირდეს ძველი სტანდარტის ჰოსტს. Wi-Fi 7 იქნება უკუთავსებადი ანუ მოქმედი სტანდარტის არსებულ მოწყობილობებს შეეძლება დაუკავშირდნენ Wi-Fi 7 მოწყობილობებს (მარშრუტიზატორს, შეღწევის წერტილს), Wi-Fi 7-ის სრული შესაძლებლობებით სარგებლობისთვის საჭირო იქნება კავშირის ორივე ბოლოში ახალი მოწყობილობების გამოყენება, ზოგიერთ კომპიუტერზე დამატებითი ადაპტერის დაყენება. აღნიშნული სტანდარტის ექსპლუატაციაში გაშვება მოსალოდნელია 2024 წლის ბოლოს. 2022 წლის თებერვლის ბოლოს Qualcomm-მა გამოაცხადა პირველი ჩიპის გამოსვლის შესახებ, რომელიც მხარს უჭერდა Wi-Fi-ის მე-7 თაობის FastConnect 7800. იმავე წლის სექტემბერში Intel-მა Broadcom-თან ერთად დემოსტრირება მოახდინა ახალი ქსელის ფუნქციონირების, ხოლო 2022 წლის ნოემბერში ჩინურმა კომპანიამ TP-Link-მა წარმოადგინა მარშრუტიზატორები, რომლებიც მხარს უჭერდნენ ახალ სტანდარტს. მიუხედავად იმისა, რომ წინა თაობები Wi-Fi 6 და Wi-Fi 6E გამოვიდა არც ისე დიდი ხნის წინ (2019 წ., 2021 წ.) (ცხრილი 1), Wi-Fi 7-ს აქვს სერიოზული ტექნიკური უპირატესობები. ოღონდ Wi-Fi-ის ახალი სტანდარტი არ არის დანიშნული იმისთვის, რომ ჩაანაცვლოს „Ethernet“-ი. მართალია, რომ გლობალურ პრობლემებს მეშვიდე თაობა არ წყვეტს, მაგრამ მიზნად ისახავს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის მიზანმიმართულ ზრდას განსაკუთრებით მომთხოვნი მომხმარებლებისთვის.

Wi-Fi-ის თაობების ევოლუცია

ცხრ.1

Wi-Fi თაობა	IEEE სტანდარტი	გამოშვების წელი	2.4 გჰც	5 გჰც	6 გჰც	გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე
Wi-Fi	802.11	1997	+	-	-	2 მგბიტი/წმ
Wi-Fi 1	802.11 b	1999	+	-	-	11 მგბიტი/წმ
Wi-Fi 2	802.11 a	1999	-	+	-	54 მგბიტი/წმ
Wi-Fi 3	802.11 g	2003	+	-	-	54 მგბიტი/წმ
Wi-Fi 4	802.11 n	2009	+	+	-	600 მგბიტი/წმ
Wi-Fi 5	802.11 ac	2013	-	+	-	6.93 გბიტი/წმ
Wi-Fi 6	802.11ax	2019	+	+	-	9.6 გბიტი/წმ
Wi-Fi 6E		2021	+	+	+	
Wi-Fi 7	802.11be	2024	+	+	+	46 გბიტი/წმ
Wi-Fi 8	802.11bn	2028	+	+	+	100 გბიტი/წმ

2. ძირითადი ნაწილი

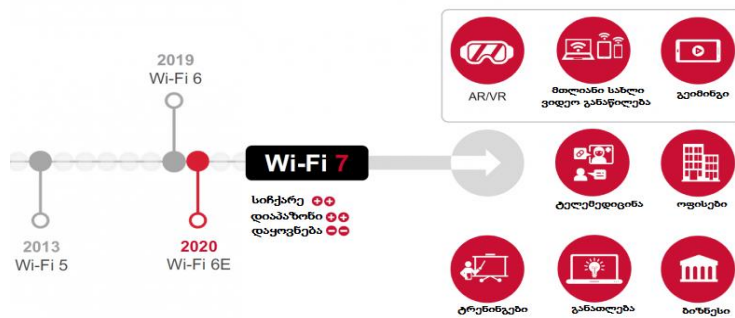
Wi-Fi 7 უსადენო ტექნოლოგიის გამოყენება გააუმჯობესებს შემდეგი სფეროების მუშაობის ხარისხს (ნახ.1):

- ბიზნესი. Wi-Fi 7 გამოასწორებს ნელი ავტორიზაციის პროცესს, ვირტუალური შეხვედრებისას შეამცირებს დაყოვნებას, მოავარებს გადატვირთული ქსელის პრობლემას.

- გართობა. ონლაინ-თამაშებით თამაში, ვირტუალური და აუგმენტირებული რეალობით სარგებლობა, ნაკადური ვიდეოს 4K/8K ყურება ბუფერიზაციისა და დაყოვნების გარეშე იქნება შესაძლებელი. განვითარდება ახალი დამატებები: ვიდეო ნაკადი, ვიდეო/ხმოვანი კონფერენცია, ონლაინ თამაშები, რეალურ დროში თანამშრომლობა, ღრუბლოვანი/სასაზღვრო გამოთვლები, საგნების ინდუსტრიული ინტერნეტი, იმერსიული AR/VR, ინტერაქტიული ტელემედიცინა.

- „ჭკვიანი“ სახლი. Wi-Fi 7 დააკმაყოფილებს ჭკვიანი სახლის ყველა მოთხოვნას, აღარ იქნება არანაირი დაყოვნება ხმოვანი მართვისას, ყველაფერი შესრულდება მომენტალურად.

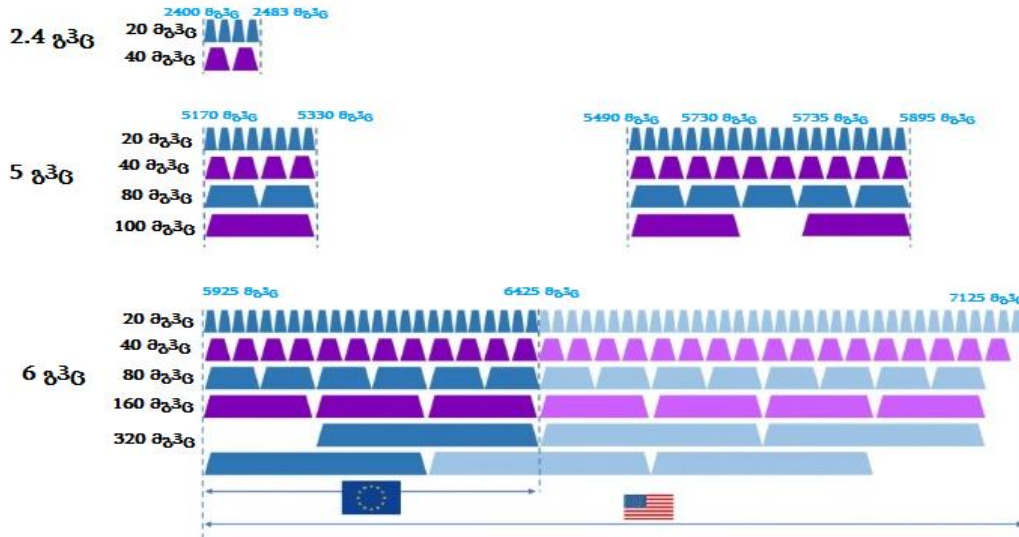
Wi-Fi 7-ის შესაძლებლობებით ისარგებლებენ: ახალი ტექნოლოგიის მოყვარულნი, მეწარმეები, ჭკვიანი სახლის მეპატრონენი, ინჟინრები, IT-სპეციალისტები, გეიმერები.



ნახ. 1. Wi-Fi 7-ის გამოყენების სფეროები

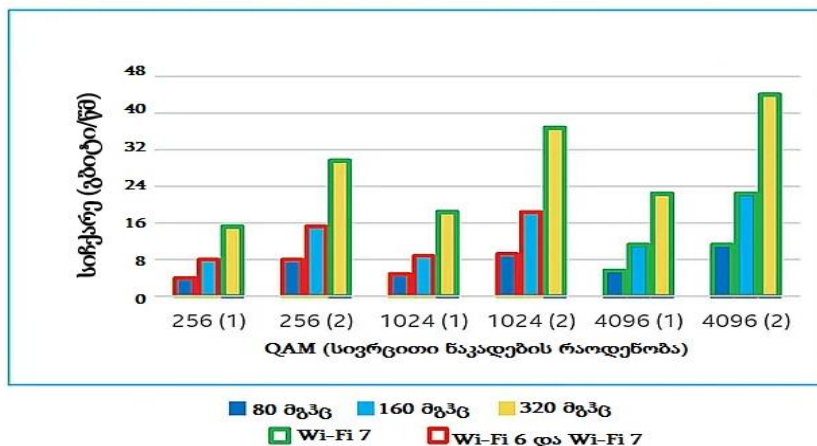
Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be) არის დამუშავების პროცესში მყოფი Wi-Fi სტანდარტი. რომელიც გამოიყენებს სამ დიაპაზონს - 2.4 გჰც, 5 გჰც, 6 გჰც (ნახ.2). მიუხედავად იმისა, რომ Wi-Fi 6 შეიქმნა ძირითადად მობილური მოწყობილობების მზარდი რაოდენობის საპასუხოდ, Wi-Fi 7 მიზნად ისახავს გასაოცარ კავშირს წარმოუდგენელი სიჩქარით. Wi-Fi 7 საუკეთესო გამოსავალი იქნება

ყველასთვის, ვისაც აქვს პრობლემები მუდმივი ბუფერიზაციის, დაყოვნებებისა და ქსელის გადატვირთულობის მხრივ. მრავალბინიან კორპუსში სხვადასხვა სიხშირეზე მომუშავე მარშრუტიზატორები ერთმანეთის მუშაობას ხელს არ შეუძლია. არხების რაოდენობა თითოეულ დიაპაზონში იგივეა რაც 6E-ში: 13 არხი 2.4 გჰც, 33 არხი 5 გჰც, 59 არხი 6 გჰც. მნიშვნელოვანი განსხვავებებია არხის სიგანეში, Wi-Fi 6E სტანდარტისთვის მაქსიმალური სიგანე იყო 160 მგჰც, მე-7 თაობაში იქნება 320 მგჰც, ანუ მარშრუტიზატორი ერთდროულად დაიკავებს 1-დან 32 არხამდე. რაც ზრდის ქსელის გამტარუნარიანობას და სტაბილურობას.



ნახ. 2. Wi-Fi 7-ში სიხშირული დიაპაზონის, სპექტრის და არხების აღწერილობა

მიუხედავად იმისა, რომ Wi-Fi 6-ის მაქსიმალური ნომინალური სიჩქარე 37%-ით მაღალია, ვიდრე Wi-Fi 5-ის, გასათვალისწინებელია, რომ Wi-Fi 6-მდე მიზანი იყო არა იმდენად სიჩქარის გაზრდა, რამდენადაც ეფექტურობის, ანუ ქსელის სტაბილური მუშაობა მომხმარებლების მოწყობილობების მაღალი სიმკვრივის პირობებში. Wi-Fi 7-ში აქცენტი გაკეთებულია სიჩქარეზე, ამიტომ მისი მაქსიმალური სიჩქარე იქნება უფრო სწრაფი ვიდრე წინა თაობების. Wi-Fi 7-ის მაქსიმალური თეორიული სიჩქარეა 46 გბიტ/წმ-ია. Intel-მა და Broadcom-მა ტექნოლოგიის დემონსტრირებისას 5 გბიტ/წმ სიჩქარეს მიაღწია მაღალი ტრაფიკის მქონე საზოგადოებრივ ადგილებში და ოფისებში (ნახ.3).



ნახ. 3. Wi-Fi 6-ის და Wi-Fi-ის სიჩქარეების შედარება

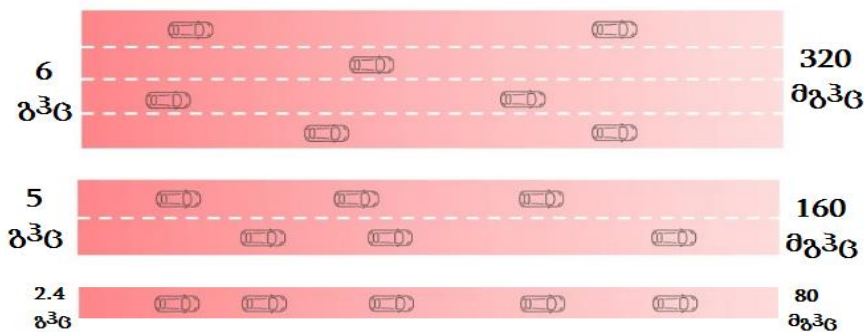
Wi-Fi 7-ი Wi-Fi 6-ისგან გამოირჩევა შემდეგი უპირატესობით:

- მეშვიდე თაობის Wi-Fi საშუალებას მოგვცემს ისეთი ინტერნეტით სარგებლობისას, როგორც არასდროს, აქამდე არ იყო შესაძლებელი. 4.8-ჯერ უფრო სწრაფი ვიდრე Wi-Fi 6, სიჩქარე 46 გბიტი/წმ;

- 4-ჯერ მცირე დაყოვნება ვიდრე Wi-Fi 6/6E, ულტრა გლუვი Wi-Fi 7, მარშრუტიზატორები საშუალებას აძლევს განვითარებულ აპლიკაციებს ყოველთვის იმუშაონ უმაღლესი წარმადობით;

- 5-ჯერ მეტი მოწყობილობის ჩართვის შესაძლებლობა. 320 მგჰც სიგანის არხებით (სურათი 4) და მრავალარხიანი კავშირით Wi-Fi დააკავშირებს ხუთჯერ მეტ მოწყობილობას ქსელში, ვიდრე Wi-Fi 6.

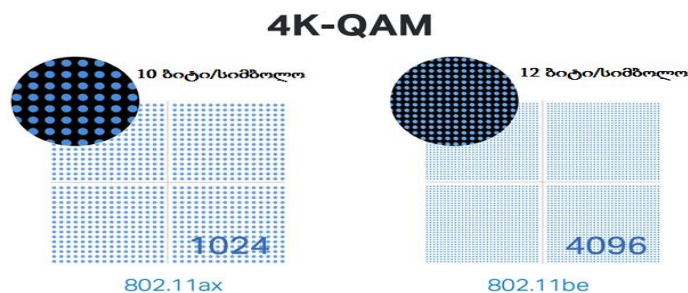
- 2-ჯერ უფრო ფართო და 2-ჯერ უფრო სწრაფი, Wi-Fi 7 6 გჰც დიაპაზონის მთელ პოტენციალს გამოიყენებს და უზრუნველყოფს მაღალ სიჩქარეს 320 მგჰც არხის სიგანის ხარჯზე, რომელიც 2-ჯერ უფრო ფართოა Wi-Fi 6-ის არხებზე.



ნახ. 4. Wi-Fi 7-ის არხების სიგანე 6 გჰც დიაპაზონში

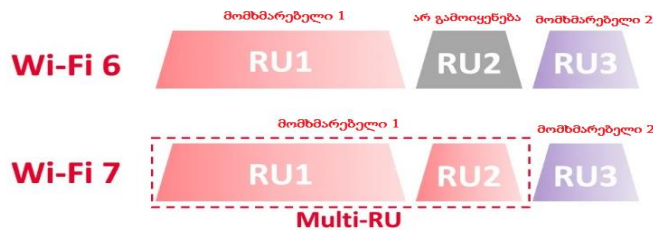
- ნაკადების რაოდენობა. 2-ჯერ უფრო მეტი ნაკადები, 2-ჯერ უფრო მეტი ქსელში ჩართვის შესაძლებლობა. Wi-Fi 7 იყენებს MU-MIMO 16X16 სტანდარტს, 16 სივრცულ ნაკადს - 16x16 MU-MIMO (Multi-User Multiple-Input and Multiple-Output (MU-MIMO)), განსხვავებით Wi-Fi 6E 8 ნაკადისაგან. ქსელში ჩართული დიდი რაოდენობით მოწყობილობებისთვის სტაბილურობისა და კავშირის სიჩქარის შესანარჩუნებლად საჭიროა ეს - 1 ნაკადი 1 გაჯეტზე. კომერციული და კორპორატიული გამოყენებისათვის ეს საკმაოდ სასარგებლო პარამეტრია. ქსელში რაც მეტი მომხმარებლის Wi-Fi მოწყობილობაა ჩართული, მით მეტი მულტიპლექსირება მოითხოვება (კავშირის არხების გამკვრივება). Wi-Fi 6 მხარს უჭერს 8 სივრცით ნაკადს, რომლებიც ერთდროულად მუშაობენ, Wi-Fi 7-ში ასეთი ნაკადები იქნება 16.

- 20%-ით მეტი მონაცემები დროის ერთეულში - 4K-QAM (ნახ.5). Wi-Fi 7-ში მაქსიმალური სიჩქარის გასაზრდელად გამოიყენება კვადრატული მაღალი რიგის მოდულაციის სქემა - 4096 QAM (4KQAM), რისი წყალობითაც თითოეული სიმბოლო მოთავსდება 12 ბიტში, 10-ის ნაცვლად, რაც ნიშნავს 20% თეორიულ ზრდას Wi-Fi 6-თან შედარებით და 1024-QAM მოდულაციის სქემასთან შედარებით. რაც მეტია QAM მით მეტია მწარმოებლურობა იმავე არხის სიგანეზე და მონაცემთა გადაცემის უფრო მაღალი პიკური სიჩქარის რეალიზება იქნება შესაძლებელი.



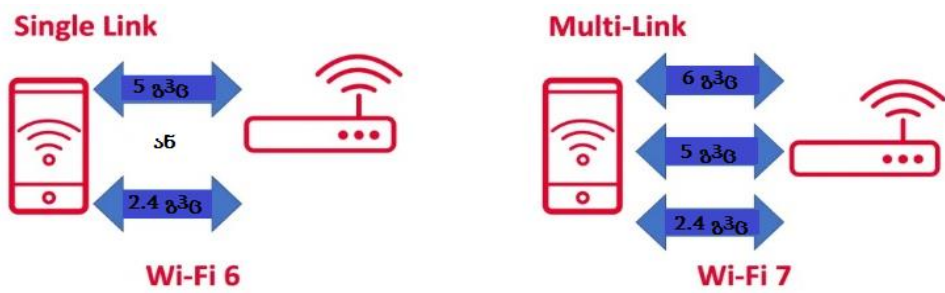
ნახ. 5. 4K-QAM-ს გამოყენებით ქსელის მწარმოებლობის გაზრდა

- Multi-RU (Multi Resource Unit (RU) - მრავალი რესურსის ერთეული (ნახ.6). Wi-Fi 6 ქსელებში ყოველი მომხმარებელი აგზავნის და იღებს კადრებს მხოლოდ მიკუთვნილებული რესურსების ერთეულით, რაც არსებითად ზღუდავს სპექტრული რესურსების განაწილების მოქნილობას. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად და სპექტრული ეფექტურობის უფრო მეტად გასაზრდელად Wi-Fi 7-ში რესურსების ერთეულის კომბინირება მოხდება, ერთ მომხმარებელს მიეკუთვნება რამდენიმე რესურსის ერთეული, რაც ზრდის მონაცემთა გადაცემის ეფექტურობას.



ნახ. 6. Multi-RU

- ტექნოლოგია Multi-link operation (MLO) (ნახ.7). MLO უზრუნველყოფს სხვადასხვა სიხშირული დიაპაზონის არხების გაერთიანებას და მათ შორის გადართვის შესაძლებლობას ქსელის მუშაობისას (დიაპაზონების აგრეგაცია, MLO საშუალებას იძლევა გააერთიანოს 2 Wi-Fi დიაპაზონი, მაგ. 2.4 გჰც და 5 გჰც ან 5 გჰც და 6 გჰც, Wi-Fi ერთიან შეერთების ქსელში). დიაპაზონის აგრეგაცია ხელმისაწვდომია ორ რეჟიმში: დატვირთვის ბალანსირებისას და უარის დამუშავებისას. დატვირთვის ბალანსირებისას საშუალებას იძლევა გაერთიანდეს გატარების ზოლები ორივე დიაპაზონის ერთ არხში, მათთვის ვისაც უსადენო კავშირის მაქსიმალური სიჩქარე სჭირდება. მეორე რეჟიმში შეუძლია იმუშაოს მხოლოდ მაუწყებლის შიგნით. სიგნალის დაკარგვა ან მოკლევადიანი გადადება გამორიცხულია უარისადმი მდგრადი MLO-ს გამო. Wi-Fi 6E-მდე Wi-Fi შეერთება ორ პირდაპირ მოწყობილობას შორის ხდებოდა ერთ დიაპაზონში ფიქსირებული არხის გამოყენებით. მრავალარხიანი კავშირი საშუალებას იძლევა მოწყობილობებმა ერთდროულად გააგზავნონ და მიიღონ მონაცემები სხვადასხვა სიხშირულ დიაპაზონში და არხებში. ეს საშუალებას იძლევა გაიზარდოს გამტარუნარიანობა, შემცირდეს დაყოვნება და ჩართვის სტაბილურობა ამაღლდეს ისეთი ამოცანების შესასრულებლად როგორცაა VR/AR, ონლაინ თამაშები, დისტანციური მუშაობა, ღრუბლოვანი გამოთვლები. ამჟამად Wi-Fi მოწყობილობები იყენებენ ერთ არხს მონაცემთა გადასაცემად სადგურსა და შეღწევის წერტილს შორის. მრავალარხიანი კავშირი Wi-Fi 7-ში საშუალებას იძლევა რამდენიმე არხის მონაცემები გადაიცეს სადგურსა და შეღწევის წერტილს შორის, რაც დააბალანსებს ტრაფიკს და იქნება უფრო ოპტიმალური მარშრუტის აგების შესაძლებლობა.



ნახ. 7. Wi-Fi 6 ერთი ბმულით, Wi-Fi 7 მრავალ ბმულიანი მუშაობა

Wi-Fi 7-ს წინა თაობებიდან გამოარჩევს შემდეგი მახასიათებლები (ცხრილი 2):

სხვადასხვა თაობის Wi-Fi-ის მახასიათებლები ცხრ.2

მახასიათებლები	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
გამოშვების წელი	2013	2019	2021	2024 სავარაუდო
IEEE სტანდარტი	802.11 ac	802.11 ax	802.11 ax	802.11 be
მონაცემთა გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე	6.9 გბიტი/წმ	9.6 გბიტი/წმ	9.6 გბიტი/წმ	46 გბიტი/წმ
სიხშირული დიაპაზონი	5 გჰც	2.4, 5 გჰც	2.4, 5, 6 გჰც	2.4, 5, 6 გჰც
არხის სიგანე	20, 40, 80, 80+80, 160 მგჰც	20, 40, 80, 80+80, 160 მგჰც	20, 40, 80, 80+80, 160 მგჰც	320 მგჰც
მოდულაცია	256-QAM OFDM	1024-QAM OFDMA	124-QAM SOFDMA	496-QAM OFDMA
დაფარვის მანძილი	25-35 მეტრი	30 მეტრი შიგნით, 120 მეტრი გარეთ		30 მეტრი შიგნით, 120 მეტრი გარეთ
დაყოვნება	30 მწმ	20 მწმ	10 მწმ	ნაკლები 1 მწმ-ზე
უსაფრთხოება	WPA, WPA2	WPA3		WPA3
MU-MIMO	4x4 MIMO DL MIMO	8x8 UL/DL MU- MIMO	8x8 UL/DL MU- MIMO	16x16 UL/DL MU- MIMO
RU	-	RU	RU	Multi-RU

- არანაირი დანაკარგები. ქვეარხების გატარების მექანიზმი - Wi-Fi 6-ში და წინა თაობებში თუ ერთ არხზე იყო ხელშეშლები, მაშინ ყველა არხი რომელიც ამ არხთან მდებარეობდა იყო მიუღწევადი. Wi-Fi 7-ში ქვეარხების გატარების მექანიზმი საშუალებას იძლევა დაიბლოკოს არხი ხელშეშლებით, რომ მის ახლოს მდებარე ყველა დანარჩენმა არხმა შეძლოს შეუფერხებლად გააგრძელონ მუშაობა.

- სიხშირეების ავტომატური კოორდინაცია AFC (Automated Frequency Coordination) - გამოიყენება 6 გჰც დიაპაზონისას. რაც ნიშნავს იმას, რომ Wi-Fi 7 მაუწყებელს ექნება თავისი თავისუფალი საჰაერო სივრცე მუშაობისათვის, მომწოდებლებს შეეძლებათ გამოიყენონ უფრო მძლავრი და უფრო მოქნილი ანტენის კონსტრუქცია.

- მულტიგიგაბიტური პორტები გახდება Wi-Fi 7-ისთვის ნორმა. Wi-Fi 7 აძლიერებს სადენიანი სტანდარტის Multi-Gig გამოყენებას, Wi-Fi 7 როუტერებს აქვს მინიმუმ ორი პორტი Multi-Gig სიჩქარით 10 გბიტი/წმ, Multi-Gig სადენიანი ქსელი გახდება ჩვეულებრივი მოვლენა Wi-Fi 7 როუტერებში და შედგენის წერტილებში.

- უფრო ძლიერი უსაფრთხოება. ახალი სტანდარტი მხარს უჭერს Wi-Fi Protected Access 3 (WPA3) უსაფრთხოების პროტოკოლს. 192 ბიტის ძლიერი დაშიფვრის გარდა WPA3-ს აქვს ავტორიზაციის ძლიერი მექანიზმი და შეჭრის აღმოჩენის შესაძლებლობა. ასევე გააჩნია ფუნქცია მოწყობილობების თვალყურის დევნების, მდებარეობის მხარდაჭერის, რაც ხელს შეუწყობს მოწყობილობების და მონაცემების მითვისებისა და ბოროტად გამოყენებისგან დაცვას.

- ტექნოლოგია „Spectrum puncturing” - დიდი სიგანის სიხშირულ არხებში ინტერნეფენციის თავიდან აცილების მიზნით.

Wi-Fi 7-სთან თავსებადი ჩიპები, მარშრუტიზატორები, გამმეორებლები, წვდომის წერტილები უკვე გამოდის ბაზარზე (ნახ. 8).



ნახ. 8. ბაზარზე არსებული Wi-Fi 7-სთან თავსებადი მოწყობილობები

3. დასკვნა

Wi-Fi 7 აერთიანებს Wi-Fi 6 და 6E ფრაგმენტაციას, რათა შექმნას ერთიანი უსადენო მიდგომა უფრო მაღალი სიჩქარისა და საიმედო კავშირის უზრუნველსაყოფად. ახალი სტანდარტი გვპირდება Wi-Fi-ის ყველა ასპექტის გაუმჯობესებას: გამტარუნარიანობის, შეერთების ხარისხისა და მოქმედების დიაპაზონის ჩათვლით. შესაძლებელია გვექნოდეს Wi-Fi შეერთება, რომელსაც შეუძლია უზრუნველყოს მრავალგაბიტიანი სიჩქარე-10 გბიტი/წმ. წლები იქნება საჭირო ბაზრიდან Wi-Fi 6/6E კლიენტების გამოსასვლელად. უსადენო კავშირის ტექნოლოგიები განაგრძობენ განვითარებას, Wi-Fi 7 იქნება დამატებითი ვარიანტი, სამომავლოდ კი გამოჩნდება Wi-Fi 8.

Wi-Fi 7-ის შესაძლებლობების რეალიზების საშუალებას იძლევა: გატარების ზოლი 320 მგჰც, 4096 კვადრატულ ამპლიტუდური მოდულაცია QAM, მრავალრესურსული ერთეული Multi-Resource Unit-Multi RU, რამდენიმე არხთან მუშაობა Multi-Link Operation-MLO, მრავალმომხმარებლიანი - Multiple-Input Multiple-Output-MU-MIMO და მრავალჯერადი შეღწევის Access Point-AP- კოორდინაციის გაუმჯობესება.

Wi-Fi 7 არის მომავლის გასაღები, დიდი წინსვლაა უსადენო ტექნოლოგიებში. გვპირდება მნიშვნელოვნად გაზრდილ სიჩქარეს, საიმედოობას, მაგრამ ყველა უპირატესობით სარგებლობისათვის საჭირო იქნება კავშირი პროვაიდერთან, თავსებადი ახალი აღჭურვილობით (მარშრუტიზატორი, ქსელთან დამაკავშირებელი მოწყობილობები და სხვა). Wi-Fi 7 ეფექტურობა ვლინდება კავშირის სტაბილურობაში, დიდი რაოდენობით სერვისული მოწყობილობების ჩართვის შესაძლებლობაში, ადგილობრივი ქსელის გამტარუნარიანობის გაზრდაში, დაყოვნების შემცირებაში.

ლიტერატურა:

1. Xia Zhou, Wi-Fi 7, eBook, Huawei Technologies, 2024, p. 61, link- <https://shorturl.at/CNsDW>.
2. Monica Paolini, Wi-Fi7: The next generation in the evolution of Wi-Fi, Senza Fili, 2022. P 1-9.
3. David Lopez-Pérez, Adrian Garcia-Rodriguez, Lorenzo Galati-Giordano, Mika Kasslin, Klaus Doppler. IEEE 802.11be Extremely High Throughput: The Next Generation of Wi-Fi Technology Beyond 802.11ax//IEEE Communications Magazine. 2019. v57, no 9.
4. <https://www.edn.com/exploring-the-superior-capabilities-of-wi-fi-7-over-wi-fi-6/>
<https://www.ruijienetworks.com/support/tech-gallery/wifi7vswifi6-part1>

<https://www.lancom-systems.com/technology/wifi-7> (23.10.2024)

The seventh generation of wireless connection technology Wi-Fi 7

Salome Makharadze, Ia Tskvitinidze, Elvira Bzhinava

Georgian Technical University

s.makharadze@gtu.ge, ia.tskvitinidze@gtu.ge, e.bzhinava@gtu.ge

Abstract

In the past decades, Wi-Fi (Wireless Fidelity) wireless connection technology has become widely used, and its first generations met all the demanding requirements of users, but a significant change in the spreading of routers and bandwidth standards has created a need in the new generations of Wi-Fi to solve the problems which created in the previous generations. Accordingly, in order to meet the constantly growing demands of customers, it's necessary to make changes in today's technologies, to improve the characteristics: in terms of increasing transmission speed, reducing latency, increasing transmission quality, network bandwidth and reliability. Initially, the companies developing of the wireless connection technologies were focused only on expanding the wireless coverage area. Using additional frequencies solved the problem of channel overcrowding. The new generation technology is Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be), it's the next generation standard of the Wi-Fi Alliance – EHT – Extremely High Throughput technology, which offers new possibilities. Wi-Fi 7 technology is based on Wi-Fi 6E, uses all three frequency bands 2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz and has increased data transfer speed, the speed can theoretically reach 46 Gbps, which is due to Wi-Fi 7- with the combination of technologies used in: using a 320 MHz wide channel, with a channel width of 16 spatial streams (MU-MIMO), as well as 4096-QAM - 4096 square amplitude modulation, Multi-RU - using multi-resource unit, Multi-Link Operation (MLO) - with multi-channel connection and improving the coordination of multiple access points, respectively the speed will be 4.8 times faster than Wi-Fi 6 and 13 times faster than Wi-Fi 5. In order to take advantage of the new capabilities of the new standard, will be required a new devices that support this standard.

Key words: Wireless connection, IEEE 802.11be, Wi-Fi 7, MU-MIMO, MLO.

მობილური აპლიკაციის სერვისები Databricks Lakehouse

ტექნოლოგიის გამოყენებით

ინგა აბულაძე, ნანა მაღლაკელიძე, მარინა კაშიბაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i_abuladze@gtu.ge; n.maglakelidze@gtu.ge; m.kashibadze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომის კვლევის მიზანია მობილურ აპლიკაციაში ჩაშენებული ციფრული ბიბლიოთეკის მოდელის შემუშავება **AI Databricks** და **Lakehouse** ტექნოლოგიების გამოყენებით. შემოთავაზებულია Databricks პლატფორმის გამოყენება თანამედროვე ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენებით მონაცემთა მოძიების, დამუშავების, ანალიზისა და მათი შემდგომი გაზიარებისათვის. შესაბამის მონაცემებზე დაფუძნებული AI და ML მოდელების აგება ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: AI Databricks, Lakehouse, მობილური აპლიკაცია, ციფრული ბიბლიოთეკა, ჰიბრიდი ტექნოლოგია.

1. შესავალი

სამეცნიერო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს მგზავრობისას დროის გამოყენების უფრო კომფორტული და რაციონალური მეთოდის შემუშავება.

ჩვენი ამოცანის მიზანია ადამიანებს გავუადვილოთ მათთვის სასურველი წიგნის მოძიების პროცესი ელექტრონულად, „ჭკვიანი ტექნოლოგიის“ - მობილური აპლიკაციის საშუალებით. მონაცემთა ბაზაში შესაძლებელია როგორც ქართული, ასევე უცხოელი ავტორების წიგნების მოძიება. ამ პროცესში გვეხმარება ხელოვნური ინტელექტის AI Databricks ტექნოლოგია, რომელიც დაფუძნებულია Lakehouse პლატფორმაზე [1].

2. ძირითადი ნაწილი

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად დავამუშავეთ Databricks ტექნოლოგიის სიმბიოზი ღრუბლოვანი სერვისებთან. Databricks Lakehouse ინოვაციური მიდგომის საფუძველზე როგორ გავხადოთ მობილური აპლიკაციის გამოყენება უფრო ეფექტური, როგორ მოხდეს დიდი ზომის ინფორმაციის შენახვა, ანალიზი და მათი გამოყენება.

Databricks არის ერთიანი, ღია ანალიტიკური პლატფორმა დიდი ზომის მონაცემების ანალიტიკისთვის, რომლის საფუძველზე AI იღებს გადაწყვეტილებას. DataBricks Lakehouse საშუალებას იძლევა გადაწყვეტილების გაზიარებისა ღრუბლოვანი ტექნოლოგიის გამოყენებით, რაც მისი უსაფრთხო მახასიათებელია.

Databricks სამუშაო სივრცე უზრუნველყოფს ერთიან ინტერფეისს და ინსტრუმენტებს მონაცემთა დამუშავებისთვის განკუთვნილი ამოცანების გადასაწყვეტად, მათ შორის:

- ❖ მონაცემთა ვიზუალიზაციის გენერირება;
- ❖ მონაცემთა მართვის უსაფრთხოება, მაღალი ხელმისაწვდომობა და კატასტროფის შემთხვევაში მონაცემთა აღდგენის მაღალი ხარისხი;
- ❖ მანქანური დასწავლის (ML) მეთოდების მოდელირება, თვალთვალი და მოდელის მომსახურება;
- ❖ AI გადაწყვეტილებების გენერაცია.

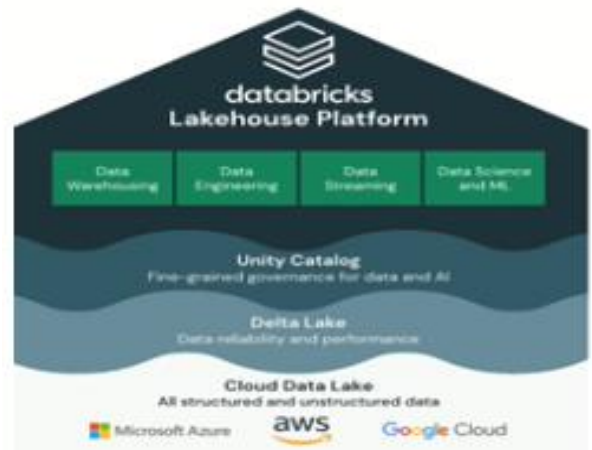
1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილია ავტორების მიერ შემუშავებული მოდელი მობილურ აპლიკაციაში ჩაშენებული ბიბლიოთეკის შესახებ ინფორმაციის დამუშავების მოდელი Databricks ტექნოლოგიის გამოყენებით.



ნახ.1. მობილური აპლიკაციის ინოვაციური მოდელი Databricks ტექნოლოგიით

მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია Databricks და Lakehouse პლატფორმის სიმბიოზში და საერთო სახელწოდებით Databricks Lakehouse. Databricks მონაცემთა შეგროვების, ანალიზისა და დამუშავების მეთოდი Lakehouse პლატფორმასთან სიმბიოზში იძლევა მონაცემებზე მარტივ წვდომას [2]. ეს მონაცემები გადაეცემა AI-ს, რომელიც გამოიყენება მანქანური დასწავლის (ML) მეთოდის საშუალებით მისი შემდგომი გამოყენების თვალსაზრისით. შესაბამისი მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია ჩვენს მობილურ ტელეფონში ჩავაშენოთ ციფრული ბიბლიოთეკა. ამასთან ერთად, მოხდება სხვადასხვა ჟანრის წიგნების განთავსება სხვადასხვა ცხრილებში. ასეთი მიდგომა გაუდვილებს მგზავრობის პროცესში მყოფ ადამიანებს წიგნის მოძიებას.

მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილია Lakehouse პლატფორმის არქიტექტურა. ერთ არქიტექტურაში ინტეგრირებულია მონაცემთა შენახვა, დამუშავება, მართვა, გაზიარება და ანალიტიკა, რომელიც შემდგომში გადაეცემა AI-ს და ML-ს. ასეთი მიდგომა რაციონალურია როდესაც ვმუშაობთ როგორც სტრუქტურირებულ, ასევე არასტრუქტურირებულ მონაცემებთან. ამ არქიტექტურის შიგნით მიმდინარეობს პროცესი დაწყებული მონაცემთა შეგროვებიდან მათ გაზიარებამდე. ამ მონაცემების გამოყენება შესაძლებელია როგორც Python-სა და SQL-ში, ასევე Notebooks-სა და SmartPhones-ში. მონაცემებთან კავშირი ხორციელდება სპეციალური დრუბლის საშუალებით [2].



ნახ.2. Databricks Lakehouse პლატფორმა

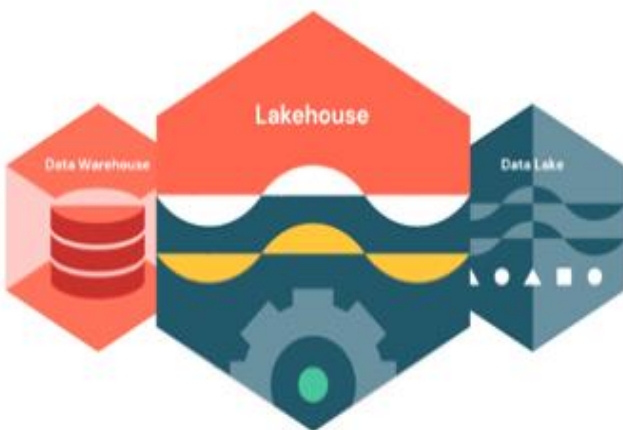
Lakehouse არქიტექტურა აერთიანებს: Data Engineering, Data Analysts და Machine Learning. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

Data Engineering — Data Engineers, Delta Live Tables, Delta Lake, Unity Catalog.

Data Analysts — Databricks SQL, Visualizations.

Machine Learning — ML Flow, Feature Store.

საბოლოოდ, Lakehouse პლატფორმა საშუალებას იძლევა გავაერთიანოთ მონაცემთა ინჟინერია, მონაცემთა მეცნიერება და ანალიტიკა.



ნახ.3. Lakehouse პლატფორმის არქიტექტურა

Databricks Mosaic AI მეთოდი უზრუნველყოფს ერთიან ინსტრუმენტებს AI და ML გადაწყვეტილებების შესაქმნელად, მათი განლაგების, შეფასებისა და მართვისთვის, რათა შემდგომში გაგვიადვილდეს GenAI apps — აპლიკაციის შექმნა AI-ის გამოყენებით, რომელიც აგებული იქნება Databricks Data Intelligence-ის პლატფორმაზე.

Databricks Mosaic AI საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს უსაფრთხოდ და ეკონომიურად შექმნან თავიანთი

წარმოებისთვის მაღალი ხარისხის AI აპლიკაციები, რომლებიც ინტეგრირებული იქნება მათი საწარმოების მონაცემებთან.

Databricks Lakehouse მუშაობს ყველა მთავარ საჯარო ღრუბელზე, მჭიდროდ ინტეგრირებული უსაფრთხოებით, გამოთვლებით, საცავით, ანალიტიკით და AI სერვისებით, რომლებიც ბუნებრივად შემოთავაზებულია ღრუბლოვანი პროვაიდერების მიერ. სიმბიოზში ეს უზრუნველყოფს მუშაობის/მომხმარებლის სისწრაფეს და მისი გამოყენების საშუალებას გვამძლევს ღრუბლოვანი პროვაიდერი, როდესაც და როგორც გვინდა [1].

Databricks ტექნოლოგია გამოიყენება 3 მიმართულებით. ესენია: Microsoft Azure; AWS და Google Cloud (ნახ. 4).

ნახ.4. Databricks ტექნოლოგიის გამოყენების სფეროები

განვიხილოთ თითოეული მათგანი:

➤ Azure Databricks

მონაცემები და AI სერვისი Databricks-ში ხელმისაწვდომია Microsoft Azure-ის საშუალებით. მონაცემების შესანახად გამოიყენება Lakehouse, რათა შემდეგ განხორციელდეს მათი ანალიზი და AI-ს მიეწოდოს სამუშაო დატვირთვა.



➤ Databricks on AWS (Amazon Web Services)

დიდი რაოდენობის მონაცემების მოდერნიზაცია და ანალიზი შესაძლებელია Databricks AWS პლატფორმის საშუალებით. Databricks AWS-ის ჩაშენებულ პლატფორმაზე შესაძლებელია დიდი ზომის მონაცემების მარტივად შენახვა. ეს პლატფორმა აერთიანებს მონაცემთა საუკეთესო მონაცემთა საწყობებს, რათა საჭიროების შემთხვევაში უკეთესად გამოვიყენოთ AI ნებისმიერი ამოცანის გადასაჭრელად [1]. Databricks AWS გამოიყენება მონაცემთა ინჟინერიასა (Data Engineering) და მანქანურ სწავლებაში (Machine Learning).

➤ Databricks on Google Cloud

Databricks Google Cloud-ზე არის ერთობლივად შემუშავებული სერვისი Lakehouse პლატფორმა, რომელიც საშუალებას გვამძლევს შევინახოთ ყველა მონაცემი მარტივად data warehouse-ის და data lakes-ის გაერთიანებით შემდომი ანალიტიკისა და AI სამუშაო დატვირთვისათვის.

3. დასკვნა

ნამშრომში ავტორების მიერ შემუშავებულია ინოვაციური იდეა, როგორ გავხადოთ სმარტფონი „უფრო ჭკვიანი“ ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებულია Databricks Lakehouse სიმბიოზური პლატფორმა და შემუშავებულია შესაბამისი მოდელი. ამასთან ერთად, Databricks-ის გამოყენება თანამედროვე ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებით.

ლიტერატურა:

1. <https://www.databricks.com/product/machine-learning>
2. <https://www.databricks.com/product/data-lakehouse>

Mobile Application Services Using Databricks Lakehouse Technology

Inga Abuladze, Nana Maglakelidze, Marina Kashibadze
Georgian Technical University
i_abuladze@gtu.ge; n.maglakelidze@gtu.ge; m.kashibadze@gtu.ge

Abstract

The research goal of the paper is to develop a digital library model embedded in a mobile application using AI Databricks and Lakehouse technologies. It is proposed to use the Databricks platform using modern cloud technologies for data retrieval, processing, analysis and their further sharing. Building AI and ML models based on relevant data using cloud technologies.

Key words: AI Databricks, Lakehouse, Mobile application, Digital library, Smart technology.

YouTube-ის გამოცდილების ხარისხის (QoE) გაზომვა λ - ლამბდა საზომი ერთეულით

ომარ შამანაძე, ომარ ტყემელაშვილი, თემურ ბერიანიძე,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.shamanadze@gtu.ge; o.tkeshelashvili@gmail.com; berianidzetemuri08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია თანამედროვე მობილურ ქსელებში მომხმარებლების მიერ გამოყენებული ინტერნეტ ტრაფიკის სტრუქტურა, გადასაცემი და მიღებული ვიდეო მასალის დამუშავებისას კომპენსირების და კოდირების ახალი მეთოდების გამოყენება თანამედროვე (4G, 5G) და შემდგომი თაობის მობილური ტექნოლოგიების ექსპლოატაციის დროს. ფართოზოლოვანი რადიო არხების გამოყენებისას ძირითადად გამოიყენება სუბიექტური გამოკითხვის მეთოდი, რომელიც ძვირი და შრომატევადია, ამიტომ სტატიაში შეფასების კრიტერიუმის განსაზღვრის პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებულია PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასება) ალგორითმი λ - ლამბდა საზომი ერთეულით. გამოკვლეულია Youtube აპლიკაციის ხარისხის გაზომვის მარტივი მიდგომა და გაკეთებულია შედარება PEVQ ალგორითმთან. მონაცემები შეგროვებულია არსებული მობილური ოპერატორის 5G/4G მობილურ ქსელში რამოდენიმე სხვადასხვა ტევადობის ქალაქში ერთი თვის განმავლობაში ჯამურად 122 ათასი მონაცემის ანალიზის შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები: λ მაჩვენებელი. ინტერნეტ ტრაფიკი. YouTube აპლიკაცია, Netflix, Disney + 4G, 5G, ITU-T SG12. კომპრესირება. კოდირება, აპლიკაცია. მომსახურების ხარისხი (QoS, LTE, NR), ულტრა მაღალი გარჩევადობის ტელევიზია (UH-DTV). ვიდეოს კოდირების სიჩქარე (Encoding Rate), PEVQ (ვიდეო ხარისხის აღქმის შეფასება). სერვისის შეფასები (MOS) შკალა. ვიდეოს შეფერხება (Stalling).

1. შესავალი

ციფრულ ვიდეოზე მოთხოვნა 2017-2024 წლებში გაიზარდა 4.4-ჯერ, რაც ძირითადად გამოწვეული იყო შემდგომი აპლიკაციების პოპულარობის ზრდით: YouTube, Netflix, Disney + და ვიდეო კონფერენციების სერვისებით Zoom, Teams, Skype [1]. მობილურ ქსელებში გადაცემის დროს, ვიდეოს ხარისხი განიცდის ხარვეზებს, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ქსელური (QoS) ხარისხის პარამეტრებით (მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე, ჯიტერი, დაყოვნება, პაკეტების კარგვა) ან მედია/აპლიკაციის დონის პარამეტრებით (სერვისის/აპლიკაციის შეღწევადობის დრო, შეყოვნება, ვიდეოს დაკვრის შეჩერება, ვიდეოს დაკვრის დრო, ვიდეო ხარვეზები და

რეზოლუცია) [3]. ვიდეოს ხარისხის გაზომვის ძველებური მიდგომა ორიენტირებული იყო მარტო ქსელურ (QoS) ხარისხის პარამეტრებზე, ხოლო თანამედროვე სერვისებისათვის ეს მიდგომა არ მოგვცემდა სწორ შედეგებს, რადგანაც ის არ მოიცავს მომხმარებლის მიერ გამოცდილ სერვისის ხარისხს (QoE). ITU-T SG12-ი აღწერს QoE-ს, როგორც "აპლიკაციის ან სერვისის საერთო მისაღებლობას, როგორც სუბიექტურად აღიქმება საბოლოო მომხმარებლის მიერ". [4]

გამოცდილების ხარისხის (QoE) გასაზომად, უნაკლო საშუალება არის სუბიექტური გამოკითხვის მეთოდი, რაც მოიცავს ლაბორატორიულ პირობებში მომხმარებლების გამოკითხვას და სერვისის შეფასებას (MOS) შკალაზე. ესეთი გაზომვის ხერხი საკმაოდ შრომატევადი, ხარჯიანი და არაპრაქტიკულია და მის გადასაჭრელად შეიქმნა PEVQ (Perceptual Evaluation of Video Quality) ალგორითმი, რაც ეგრეთ წოდებული „Full Reference” (სრულიად მითითებულ) მოდელზეა დაყრდნობილი და არის შეტანილი ITU-T რეკომენდაცია J.247-ში [5]. PEVQ ზომავს ვიდეოს დეგრადაციას, რომელიც წარმოიქმნება ვიდეო გადაცემისას და მიღებულ ვიდეოს შედარებას აკეთებს ნაცნობ უხარვეზო ვიდეოსთან მიმართებაში. იგი ზომავს შედეგებს MOS (1=ცუდიდან 5=შესანიშნავად) შკალაზე.

ნაშრომის მიზანია ავტორის მიერ წარმოდგენილი YouTube აპლიკაციის ხარისხის გაზომვის გამარტივებული მეთოდის შესწავლა და მისი შედარება PEVQ ალგორითმთან რათა დასკვნა მოვახდინოთ რამდენად ახლოს ასახავს ეს მაჩვენებლები მომხმარებლის მიერ გამოცდილ ხარისხს (QoE) [6].

ნაშრომში გამოყენებული მონაცემები მოგროვებულია არსებულ 5G/4G მობილურ ქსელში, რამოდენიმე ქალაქის მაშტაბით, ერთი თვის განმავლობაში, ჯამრად 122 ათასი მონაცემი იქნა მოგროვილი.

2. ძირითადი ნაწილი

სამეცნიერო ლიტერატურაში მოიძებნება მრავალი მოდელი, რომელიც ცდილობს დაამტკიცოს კავშირი ქსელურ, აპლიკაციის დონის (QoS) პარამეტრებსა და მომხმარებლის მიერ გამოცდილების ხარისხს (QoE) შორის. ესეთი მოდელირების მიზანია: 1. (QoE) გაზომვების გამარტივება, 2. გაზომვითი პროცესის ავტომატიზაცია და 3. ხარჯების შემცირება.

[6] ნაშრომში წამოაყენეს ახალი მაჩვენებელი λ - **ლამბდა** რომელის მიზანია გაზომოს YouTube-ის აპლიკაციის გამოცდილების ხარისხი (QoE), მედია/აპლიკაციის დონის პარამეტრებზე დაყრდნობით. ამ მაჩვენებლის დათვლის ფორმულა, წარმოადგენს ფარდობას ვიდეოს შეყოვნების დროსა, დაკრულ ვიდეოს დროსთან მიმართებაში.

$$\lambda = \frac{\text{შეყოვნება}}{\text{ჯამურად ვიდეოს დაკვრის დრო}}$$

რაც უფრო დაბალია λ - **ლამბდა** მაჩვენებელი მით უფრო კარგი ხარისხის ვიდეოს უნდა ელოდოს მომხმარებელი. 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).

გაზომვის მეთოდი: სანამ სტატიის ცდების დეტალებზე გადავალთ, ჯერ საჭიროა განვიხილოთ YouTube ვიდეოს საზომი ერთეულების დეტალები.

- **ვიდეოს შეფერხება (Stalling)** - ITU-ს BT.500 მიერ განსაზღვრულია როგორც მომენტი როდესაც ვიდეო ნაკადი დროებით წყდება ქსელის გადატვირთულობის ან სხვა ტექნიკური პრობლემების გამო [7].

• 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 მაყურებელი ვიდეოს. დასკვნამდე მისასვლელად, ალგორითმი ეყრდნობა მათემატიკური ფორმულების ნარევს და დიდ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მოიცავს ინდივიდების ინდივიდუალურ შეფასებებს ვიდეოს საერთო ხარისხის შესახებ [8].

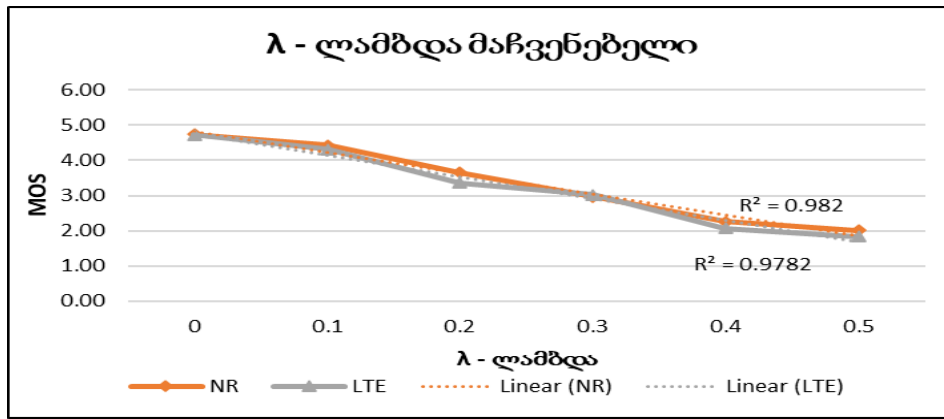
მონაცემთა შესაგროვებლად გამოყენებულ იქნა კომპანია InfoVista TEMS Paragon 5.1 სატესტო ხელსაწყო, უახლესი თაობის მობილური Samsung S21 ტელეფონით და ვიდეო ხარისხის გაზომვის PEVQ ალგორითმი. შედეგების ანალიზისთვის გამოვიყენეთ InfoVista TEMS Discovery. ტესტირება ტარდებოდა მეხუთე თაობის -NR და LTE ქსელზე. მე-5 თაობა იყო NSA (Non-Standalone) კონფიგურაციის. ჯამურად, მოგროვებული იყო ერთი თვის მონაცემები - 29 ათასი ვიდეო ტესტი.

გაზომვის ჩატარებისას გამოვიყენეთ მაღალი ხარისხის 4K ვიდეო, რომელიც მრავლად შეიცავს მოძრავ ელემენტებს. ტესტირება ტარდებოდა მოძრაობაში, რამაც საშუალება მოგვცა, რომ ანალიზი გაგვეკეთებინა ექნება თუ არა სიგნალის დონეს გავლენა ჩვენს ნახსენებ კორელაციაში. ამისათვის ტესტირების რეზულტატებს დავყობთ დონეებად: შესანიშნავ (- 85 დეციბელზე უკეთესი), საშუალო (- 85 დან -110 მდე) და სუსტი (- 110 დეციბელზე ნაკლები).

შედეგები:

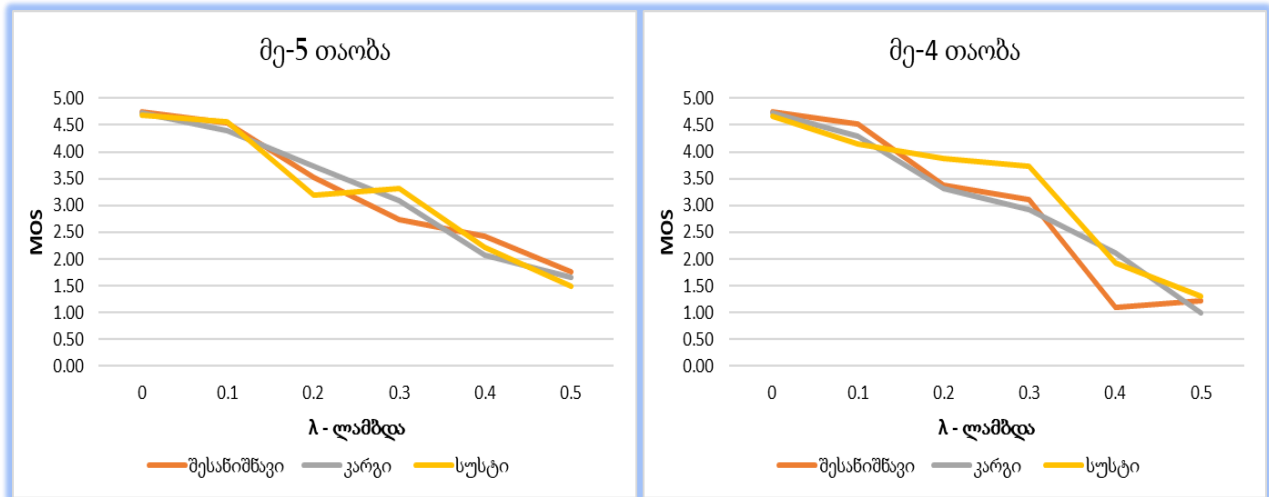
NR			
λ - ლამბდა	# მონაცემების რაოდენობა	PEVQს აჩვენებული MOS შკალაზე	სტანდარტული დევიაცია
0	13,993	4.74	0.15
0.1	305	4.43	0.75
0.2	89	3.66	1.35
0.3	53	2.96	1.60
0.4	28	2.26	1.57
0.5	16	2.01	1.55

LTE			
λ - ლამბდა	# მონაცემების რაოდენობა	PEVQს აჩვენებული MOS შკალაზე	სტანდარტული დევიაცია
0	12,326	4.73	0.19
0.1	438	4.31	0.84
0.2	185	3.36	1.42
0.3	78	3.02	1.48
0.4	40	2.06	1.36
0.5	17	1.84	1.66



ნახ. 1. ვიდეოს ხარისხის აღქმის კოეფიციენტის ცვლილება MOS შკალაზე, λ - ლამბდა პარამეტრის თანაფარდობასთან მიმართებაში

შედეგებით დასტურდება, რომ λ - ლამბდა პარამეტრი რაც უფრო დაბალია და ნულს უახლოვდება ვიდეოს ხარისხიც საგრძნობლად უმჯობესდება. აგრეთვე R² პარამეტრი ორივეს NR-სა და LTE-სთვის არის საკმაოდ მაღალი განსაზღვრის კოეფიციენტი. იდენტური შედეგები გვიჩვენა ამ კორელაციამ სხვადასხვა სიგნალის დონეებისთვისაც.



ნახ. 2

3. დასკვნა

იმისათვის, რომ შეგვეთავაზებინა QoE-ს გაზომვის ბევრად გამარტივებული მოდელი ჩვენ ანალიზი გავუკეთეთ, უკვე არსებულ მოლედს და დამატებით გავუკეთეთ კორელაცია PEVQ ალგორითმთან რადგანაც დასკვნა გაგვეკეთებინა წარმოდგენდა იგი თუ არა მომხმარებლის მიერ მიღებულ ხარისხს. ჩვენი დასკვნით λ - ლამბდა საზომი მაჩვენებელი, შეიძლება გამოყენებული იყოს (QoE) ხარისხის გასაზომად.

ლიტერატურა:

1. https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global_Device_Growth_Traffic_Profiles.pdf
2. <https://www.fiercevideo.com/video/youtube-accounts-for-35-worldwide-mobile-internet-traffic-sandvine-says>
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 the λ - lambda metric

Omar Shamanadze, Omar Tkeshelashvili, Temur Berianidze

Georgian Technical University

o.shamanadze@gtu.ge; o.tkeshelashvili@gmail.com; berianidzetemuri08@gtu.ge

Abstract

The article discusses the structure of Internet traffic used by users in modern mobile networks, the use of new methods of compensation and coding in the processing of transmitted and received video material during the operation of modern (4G, 5G) and next-generation mobile technologies. When using broadband radio channels, the subjective survey method is mainly used, which is expensive and time-consuming, so the PEVQ (perception of video quality evaluation) algorithm with λ - lambda measurement unit is used to solve the problem of determining the evaluation criteria in the article. A simple approach to measure the quality of the Youtube application is investigated and compared with the PEVQ algorithm. The data is collected in the 5G/4G mobile network of the existing mobile operator in several cities of different capacities during one month in the case of analysis of a total of 122 thousand data.

Keywords: new indicator λ - lambda Internet traffic. YouTube app, Netflix, Disney + 4G, 5G, ITU-T SG12, 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 (Video Quality Perception Evaluation), Service Rating (MOS) scale, video stalling.

პარალელიზმი თანამედროვე პროცესორებში

ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია, ნინო წიკლაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

a.benashvili@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge, n.tsiklauri@gtu.ge

რეზიუმე

ტრანზისტორების მუშაობის სიხშირის ზრდასთან ერთად იზრდება მათი სითბოგამოყოფა, ხოლო მიკროსქემების ინტეგრაციის ხარისხის გასაზრდელად და მოხმარებული ენერჯის შესამცირებლად საჭიროა ტრანზისტორების ზომების შემცირება. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო ათწლეულში ძალიან გართულდა პროცესორების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის გაუმჯობესება. ამრიგად, პროცესორების წარმადობის შემდგომი მნიშვნელოვანი ზრდა ამჟამად არსებული ტექნოლოგიური პრობლემების პირობებში მხოლოდ პარალელური არქიტექტურული გადაწყვეტებითაა შესაძლებელი. პარალელური არქიტექტურა გულისხმობს საჭიროების შემთხვევაში ბრძანებების უფრო მარტივ ქვებრძანებებად დაშლას და მათ პარალელურ შესრულებას. გაანალიზებულია მე-11 თაობის Rocket Lake მიკროარქიტექტურის სერვერული Intel Xeon E-2324G, Intel Xeon E-2374G და Intel Xeon E-2356G პროცესორების მახასიათებლები.

წარმოდგენილია შესაბამისი ბენჩმარკები და გაკეთებულია მათი წარმადობების შედარებითი ანალიზი. გაანალიზებულია პარალელური არქიტექტურების გავლენა პროცესორების წარმადობაზე ერთნაკადიან ამოცანებში და პროცესორის მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში. გამოკვეთილია პროცესორების პარალელური არქიტექტურების უპირატესობები და მათ გამოყენებასთან დაკავშირებული პრობლემები.

საკვანძო სიტყვები: პროცესორი, პროცესორის წარმადობა, პროცესორების პარალელური არქიტექტურები, Rocket Lake მიკროარქიტექტურა.

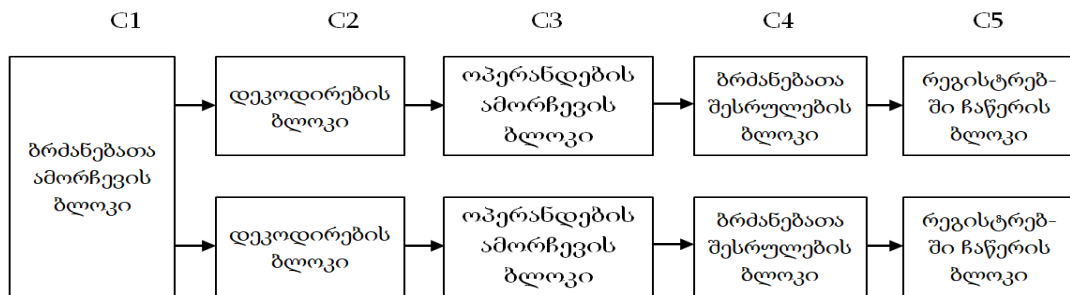
1. შესავალი

მართალია კომპიუტერის წარმადობა განუწყვეტლივ იზრდება, თუმცა ამასთან ერთად თვალსაჩინოა ახალი პროგრამული მოთხოვნებიც. რაოდენ მძლავრიც არ უნდა იყოს კომპიუტერი, მისი შესაძლებლობები მაინც არ არის საკმარისი რთული სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანების გადასაჭრელად. წლების განმავლობაში განუწყვეტლივ იზრდებოდა პროცესორების სამუშაო სიხშირე და ინტეგრაციის ხარისხი, რაც მიკროსქემების სწრაფქმედების ზრდის და მათში ტრანზისტორების სულ უფრო მეტი რაოდენობის განთავსების შესაძლებლობას იძლეოდა. თუმცა ამ მონაცემების უსაზღვროდ ზრდა შეუძლებელია. Intel-ის 14 ნმ-იანი Broadwell მიკროარქიტექტურის პროცესორის გამოშვება 2015 წელს, პროგნოზირებულთან შედარებით 6-9 თვის დაგვიანებით მოხდა [1]. მცირენაომეტრიანი ტექნოლოგიური პროცესის რეალიზაცია საკმაოდ ძვირადღირებულია. დღესდღეობით უკვე თვალსაჩინოა ისეთი პრობლემები, როგორებიცაა ენერჯის გაზრდა, დენის გაჟონვა და სხვ.

2. ძირითადი ნაწილი

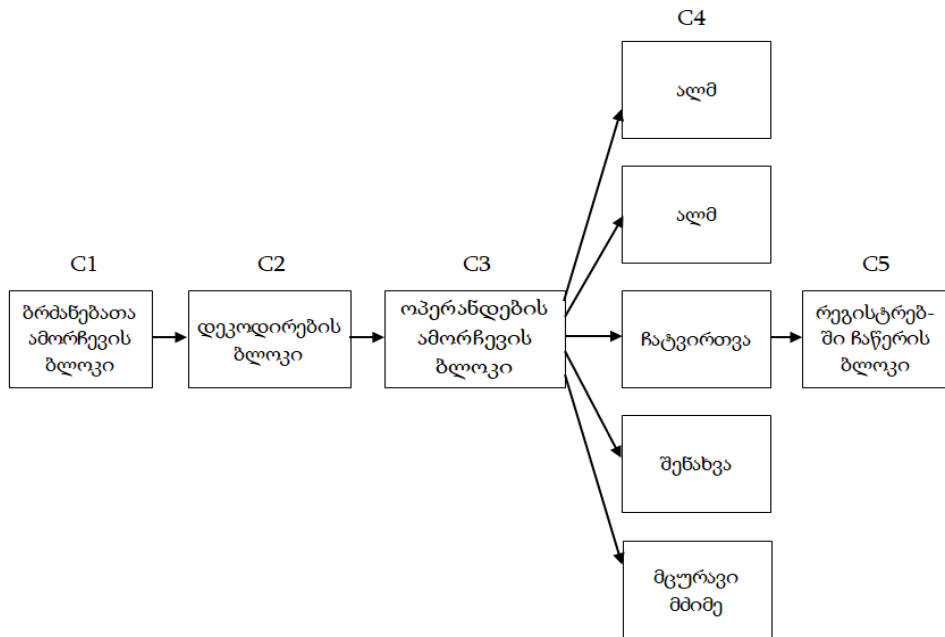
პარალელიზმის რეალიზაცია შესაძლებელია სხვადასხვა დონეებზე. ტრადიციულად ყველაზე დაბალ დონეზე იგი შეიძლება რეალიზებული იყოს პროცესორის ბირთვში კონვეირიზაციის და სუპერსკალარული არქიტექტურის ხარჯზე. ამ შემთხვევაში პროცესორის ბირთვს გააჩნია რამდენიმე ფუნქციონალური ბლოკი და ბრძანებების პარალელური შესრულება ხდება რამდენიმე ნაკადის პარალელური დამუშავების საფუძველზე.

32-ბიტის პროცესორებში 64-ბიტის გარე თანრიგისაგან გამომდინარეობდა ორი ხუთსაფეხურიანი კონვეირი (ნახ. 1). ბრძანებათა ამორჩევის ბლოკი მესხიერებიდან იმახებდა ერთდროულად ორ ბრძანებას და თითოეულ მათგანს ერთ-ერთ კონვეირში ათავსებდა. თითოეული კონვეირი შეიცავდა არითმეტიკულ-ლოგიკურ მოწყობილობას (აღმ) პარალელური ოპერაციებისათვის [2].



ნახ. 1. ორმაგი ხუთსაფეხურიანი კონვეირი ბრძანებათა ამორჩევის საერთო ბლოკით

64-ბიტის პროცესორებში კონვეირის არქიტექტურა შეიცვალა. ნაცვლად ორი ხუთსაფეხურიანი კონვეირისა გამოიყენება ერთი კონვეირი რამდენიმე ფუნქციონალური ბლოკით (ნახ. 2) [2].



ნახ. 2. სუპერსკალარული პროცესორი ხუთი ფუნქციონალური ბლოკით

კლასიკური ტერმინოლოგიური გაგებით თანამედროვე კომპიუტერის არქიტექტურა ტექნიკური თვალსაზრისით არ არის სუპერსკალარული - ერთი სატაქტო ციკლის განმავლობაში მხოლოდ ერთი ბრძანების გაშვება ხდება, თუმცა მიღწეული შედეგი ანალოგიურია კლასიკური სუპერსკალარული არქიტექტურისა - რამდენიმე ფუნქციონალური ბლოკის არსებობა განაპირობებს შესაბამისი რაოდენობის ბრძანების პარალელურ შესრულებას.

კონვეიერში ხუთი პარალელური ბლოკის არსებობა თეორიულად 5-ჯერ უნდა ზრდიდეს პროცესორის წარმადობას, თუმცა ეს ასე არ ხდება. ბრძანებების პარალელური შესრულებისთვის უნდა სრულდებოდეს ორი პირობა:

- ბრძანებებს შორის ადგილი არ უნდა ჰქონდეს კონფლიქტს რესურსების (მაგალითად რეგისტრების, შემსრულებელი ბლოკების, ოპერატიული მეხსიერების უჯრედების) გამოყენების თვალსაზრისით;
- შესაძლებელი უნდა იყოს ბრძანებების ერთდროული შესრულება - ისინი არ უნდა იყვნენ დამოკიდებულნი ერთმანეთის შესრულების შედეგებზე.

ბუნებრივია, სუპერსკალარული პროცესორების განვითარების შემდეგ ეტაპს წარმოადგენდა კონვეიერში პარალელური ბლოკების რაოდენობის გაზრდა, რომელმაც Pentium 4 არქიტექტურაში 31-ს მიაღწია, თუმცა ამ სიახლემ არ გაამართლა, რადგან მნიშვნელოვნად გაიზარდა რესურსების გამოყენებისა და ბრძანებების ურთიერთდამოკიდებულებიდან გამომდინარე კონფლიქტების რაოდენობა. შემდგომში კონვეიერში პარალელური ბლოკების რაოდენობა 20-მდე შემცირდა.

პროცესორის გამომთვლელი ბლოკების მუშაობის ეფექტურობის გაზრდისთვის აგრეთვე გამოიყენება Hyper-threading ტექნოლოგია, რომლის მიხედვითაც ერთი პროცესორი ორ ვირტუალურ პროცესორად წარმოდგინდება. თუმცა „მეორე პროცესორი“, მიუხედავად იმისა, რომ „პირველი პროცესორის“ მიერ გამოყენებულ რესურსებს იყენებს, პროცესების გადანაწილებისას ზოგჯერ მაინც აფერხებს პროცესორის მუშაობას. ამ დროს მცირდება პროცესორის წარმადობა [3].

მთლიანობაში ერთბირთვიანი პროცესორების წარმადობის ზრდა სუპერსკალარული არქიტექტურის და Hyper-threading ტექნოლოგიის საფუძველზე მხოლოდ გარკვეულ დონემდეა შესაძლებელი, ხოლო პარალელიზმის შემდეგი დონე რეალიზებულია მრავალბირთვიანი არქიტექტურის საფუძველზე. ამ შემთხვევაში ერთ კრისტალში, ინტეგრირებულია რამდენიმე პროცესორული ბირთვი, რომლებიც პარალელურად ასრულებენ ოპერაციებს. ამჟამად კომპიუტერებისთვის იწარმოება ორ, ოთხ, ექვს, რვა, თექვსმეტ და მეტბირთვიანი პროცესორები. ბირთვების დიდ რაოდენობის რეალიზაცია მაშინ არის ეფექტური, როდესაც პარალელურად სრულდება რთული ამოცანები.

მთლიანობაში პროცესორის წარმადობაზე ძირითად გავლენას ახდენენ ისეთი ფაქტორები, როგორებიცაა: ბირთვების რაოდენობა, Hyper-threading ტექნოლოგია, სამუშაო სიხშირე და Cache-მეხსიერების მოცულობა.

პროცესორის წარმადობაზე პარალელური არქიტექტურების გავლენის ანალიზისთვის შერჩეულია Intel Xeon E-2324G, Intel Xeon E-2374G და Intel Xeon E-2356G პროცესორები, რომლებიც მრავალბირთვიანი პროცესორების მეთერთმეტე თაობას - Intel Rocket Lake-ს მიეკუთვნებიან.

Rocket Lake ეფუძნება Cypress Cove მიკროარქიტექტურას, რომელიც წარმოადგენს ერთ-ერთი ყველაზე მასშტაბირებად და მრავალ სიახლის მომცველ Ice Lake მობილურ პროცესორებში გამოყენებულ Sunny Cove მიკროარქიტექტურის პორტირებას 14 ნმ-იან ტექნოლოგიურ პროცესზე [4].

Rocket Lake მიკროარქიტექტურის ბაზაზე გამოშვებულია Intel Xeon და Intel Core i9/7/5 მოდელის პროცესორები. ყურადღებას იპყრობს, რომ პროცესორების სპექტრი მოიცავს 35-125 ვატი სიმძლავრის მძლავრ სასერვერო და სამაგიდო, თუმცა არა მობილურ პროცესორებს.

1-ელ ცხრილი წარმოდგენილია ტესტირებისთვის შერჩეული პროცესორების მახასიათებლები.

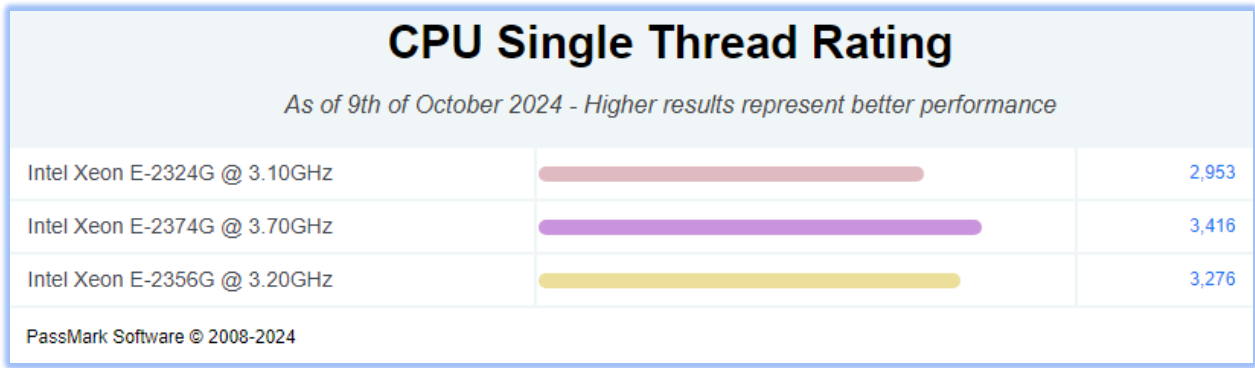
Intel Xeon E-2324G, Intel Xeon E-2374G და Intel Xeon E-2356 G

პროცესორების მახასიათებლები

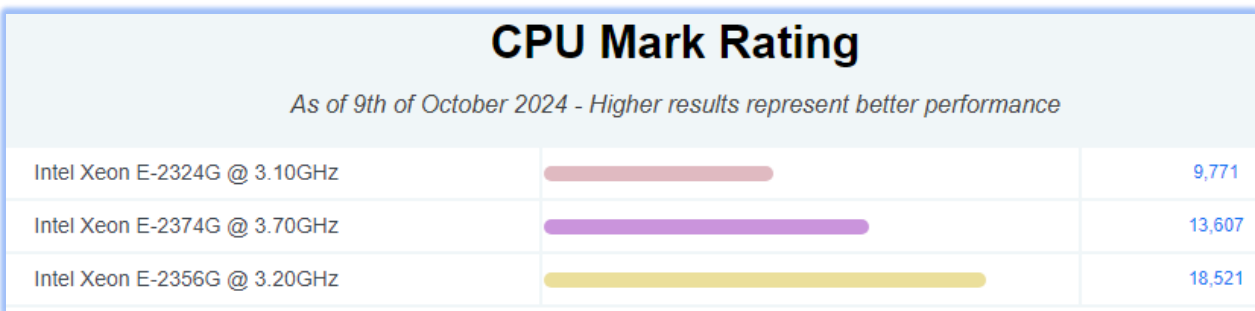
ცხრ. 1

	Intel Xeon E-2324 G @ 3.1 GHz	Intel Xeon E-2374 G @ 3.7 GHz	Intel Xeon E-2356 G @ 3.2 GHz
სოკეტი	FCLGA 1200	FCLGA 1200	FCLGA 1200
პროცესორის კლასი	სერვერი	სერვერი	სერვერი
საბაზისო სიხშირე	3.1 გჰც	3.7 გჰც	3.2 გჰც
Turbo სიხშირე	4.6 გჰც-ზე მეტი	5.0 გჰც-ზე მეტი	5.0 გჰც-ზე მეტი
ბირთვების (პროცესორის) რაოდენობა	4 (4)	4 (8)	6 (12)
L3 Cache მეხსიერება	8 მბ	8 მბ	16 მბ
TDP	65 ვტ	80 ვტ	80 ვტ

ტესტირება შესრულებულია Passmark software პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით [5]. მე-3 და მე-4 სურათებზე წარმოდგენილია პროცესორების ტესტირების შედეგები შესაბამისად ერთნაკადიან ამოცანებში და პროცესორების სრული დატვირთვის პირობებში.



ნახ. 3. პროცესორების ტესტირების შედეგები ერთნაკადიან ამოცანებში



ნახ. 4. პროცესორების ტესტირების შედეგები პროცესორის სრული დატვირთვის პირობებში

ტესტირების შედეგები შემდეგი დასკვნების გაკეთების საშუალებას იძლევა:

ერთნაკადიან ამოცანებში მაქსიმალურ შედეგს Intel Xeon E-2374G პროცესორი იძლევა. მისი წარმადობის მაჩვენებელი Intel Xeon E-2324G და Intel Xeon E-2356G პროცესორების მაჩვენებლებს შესაბამისად 13.6 და 4.1%-ით აღემატება. ცხადია, რომ Intel Xeon E-2374G პროცესორის უპირატესობა მისი უფრო მაღალი სატაქტო სიხშირითაა განპირობებული. საინტერესოა, რომ წარმადობაზე ფაქტიურად გავლენას არ ახდენს L3 Cache მეხსიერების მოცულობა რომელიც Intel Xeon E-2356G პროცესორს ორჯერ უფრო დიდი მოცულობის გააჩნია Intel Xeon E-2324G და Intel Xeon E-2374G პროცესორებთან შედარებით და ბირთვების რაოდენობა.

თუმცა სურათი იცვლება პროცესორების სრული დატვირთვის პირობებში. 6-ბირთვიანი Intel Xeon E-2374G პროცესორის წარმადობა 47.2%-ით აღემატება Intel Xeon E-2324G და 26.5%-ით - Intel Xeon E-2374G პროცესორს. ასეთ მაჩვენებლებს განაპირობებს როგორც ბირთვების უფრო დიდი რაოდენობა, ასევე L3 Cache მეხსიერების უფრო დიდი მოცულობა.

თუმცა ბირთვების რაოდენობის ზრდა არ განაპირობებს პროცესორის წარმადობის პირდაპირპროპორციულ ზრდას, რადგან მრავალბირთვიანი არქიტექტურაც გარკვეული პრობლემებით ხასიათდება:

- პროცესების თანმიმდევრული შესრულების შემთხვევაში მრავალბირთვიანი არქიტექტურა ერთბირთვიან შედარებით უპირატესობას არ იძლევა;
- ამდლის კანონის მიხედვით პარალელური სისტემის სიჩქარე მისი ყველაზე წელი კომპონენტით განისაზღვრება [6]. შესაბამისად, ბირთვების რაოდენობის გაზრდა აუცილებლად არ განაპირობებს პროგრამის შესრულების სიჩქარის იმდენჯერვე ზრდას;
- ბირთვების რაოდენობის ზრდასთან ერთად რთულდება მათი შეთანხმებული მუშაობა და მეხსიერებასთან კავშირი.

3. დასკვნა

ნაშრომში გაანალიზებულია პარალელური არქიტექტურების გავლენა პროცესორის წარმადობაზე. ტესტირების შედეგები აჩვენებს, რომ ერთნაკადიან ამოცანებში როგორც Hyper-threading და მრავალბირთვიანი არქიტექტურების, ასევე L3 Cache მეხსიერების მოცულობა პროცესორის წარმადობაზე ფაქტიურად არ ახდენს გავლენას. ამრიგად შესაძლებელია ყოველგვარი დანაკარგების გარეშე შედარებით დაბალწარმადული პროცესორების გამოყენება. თუმცა პროცესორის სრული დატვირთვის პირობებში პარალელური არქიტექტურები მნიშვნელოვან, თუმცა არა პირდაპირპორციულ გავლენას ახდენენ პროცესორის წარმადობაზე.

ლიტერატურა:

1. ბენაშვილი ა., ბენაშვილი გ. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. მე-3 გამოცემა. I ნაწილი. თბ. „საქართველოს უნივერსიტეტი“. 2017.
2. Andrew S. Tanenbaum. Structured computer organization. Sixth Edition, Pearson Education, 2013.
3. Upgrading and Repairing PCs 22th Edition Scott Mueller. 2015.
4. <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/11th-gen-processor-rocket-lake-s-architecture.html#gs.gksj6m>
5. <https://www.cpubenchmark.net/>
6. <https://www.geeksforgeeks.org/computer-organization-amdahls-law-and-its-proof/>

Parallelism in Modern Processors

Alexander Benashvili, Eka Gvaramia, Nino Tsiklauri
Georgian Technical University
a.benashvili@gtu.ge, e.gvaramia@gtu.ge, n.tsiklauri@gtu.ge

Abstract

As the operating frequency of transistors increases, so does their heat generation. To increase the level of integration and reduce the energy consumption of microcircuits, it is necessary to reduce the size of the transistors. However, it should be noted that over the past decade, improving the technological process of processor production has become increasingly difficult.

Thus, a further significant increase in processor performance, given the current technological challenges, is possible only through the use of parallel architectural solutions. Parallel architecture implies, when necessary, dividing commands into simpler subcommands and executing them in parallel.

The article analyzes the characteristics of the 11th generation Rocket Lake server microarchitecture processors: Intel Xeon E-2324G, Intel Xeon E-2374G, and Intel Xeon E-2356G. The corresponding benchmarks are presented, and a comparative analysis of their performance is conducted. The impact of parallel architectures on processor performance in single-threaded tasks and under the maximum load of the processor is analyzed. The advantages of parallel processor architectures, as well as the challenges associated with their use, are highlighted.

Keywords: Processor, Processor Performance, Parallel Processor Architectures, Rocket Lake Microarchitecture.

ინტერნეტი და ციფრული მარკეტინგი

ია მოწყობილი¹, ირმა ტაკიძე², ინგა სურმანიძე²

1-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

2-ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

ia.motskobili@bsu.edu.ge, i.takidze@bsma.edu.ge, i.surmanidze@bsma.edu.ge

რეზიუმე

ინტერნეტი და ციფრული მარკეტინგი ჩვენი დროის ერთ-ერთი ყველაზე დინამიურად განვითარებადი სფეროებია, რომლებიც მნიშვნელოვნად ცვლიან ბიზნესის და მომხმარებელთა ურთიერთობის მოდელს. ინტერნეტმა რევოლუცია გამოიწვია კომუნიკაციაში, ინფორმაციის გავრცელებაში, პროდუქტებისა და მომსახურებების გაყიდვაში. ციფრული მარკეტინგი, კი, ამავე რევოლუციის ნაყოფია, რომელიც დღეს ნებისმიერი ბიზნესის განუყოფელი ნაწილია. სწორედ, ინტერნეტისა და ციფრული მარკეტინგის მეშვეობით შეუძლიათ კომპანიებს უფრო ეფექტურად და სწრაფად დაუკავშირდნენ მომხმარებლებს, გააუმჯობესონ ბრენდის ცნობადობა და გაზარდონ გაყიდვები. ინტერნეტმა შექმნა ახალი შესაძლებლობები ბიზნესისათვის, რითაც შესაძლებელი გახდა გლობალურ ბაზარზე მუშაობა, ახალი სეგმენტების ათვისება და ინოვაციური პროდუქტების და მომსახურებების განვითარება. ციფრული მარკეტინგი, საკუთარი საქმიანობის სპეციფიკით წარმოადგენს ინტერნეტის გამოყენებას მარკეტინგულ აქტივობებში, რომლებიც მოიცავს სხვადასხვა სტრატეგიასა და ინსტრუმენტს, როგორცაა საძიებო სისტემების ოპტიმიზაცია (SEO), საძიებო სისტემის მარკეტინგი (SEM), სოციალური მედიის მარკეტინგი (SMM), კონტენტ მარკეტინგი და ელ.ფოსტის მარკეტინგი. ეს სტრატეგიები მიმართულია მომხმარებელთა ყურადღების მოზიდვაზე, მათი ჩართულობის გაზრდაზე და გაყიდვების გაზრდაზე. ინტერნეტი და ციფრული მარკეტინგი ურთიერთქმედებენ და ერთობლივად ქმნიან ახალ შესაძლებლობებს ბიზნესებისთვის. ინტერნეტი უზრუნველყოფს პლატფორმას, ხოლო ციფრული მარკეტინგი იყენებს ამ პლატფორმას მომხმარებლის მოზიდვისა და კომუნიკაციისთვის. ეს ურთიერთგავლენა საშუალებას აძლევს კომპანიებს, შექმნან ინოვაციური და პერსონალიზებული მარკეტინგული კამპანიები. ნაშრომის მიზანია, დეტალურად განიხილოს ინტერნეტის და ციფრული მარკეტინგის როლი თანამედროვე ბიზნესში, წარმოგვიდგინოს სხვადასხვა სტრატეგიები და ინსტრუმენტები და განიხილოს წარმატებული მაგალითები. ასევე, წარმოადგინოს ციფრული მარკეტინგის გამოწვევები და სამომავლო ტენდენციების ანალიზი, რაც დაგვეხმარება უკეთ გავიგოთ ამ სფეროს დინამიკა და განვითარების პოტენციალი.

საკვანძო სიტყვები: ინტერნეტი, ციფრული მარკეტინგი, ბიზნესი, ანალიზი

1. შესავალი

ინტერნეტის როლი ციფრულ მარკეტინგში - ინტერნეტის განვითარება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური წინსვლა იყო. ინტერნეტმა პირველად 1960-იან წლებში დაიწყო განვითარება, თუმცა მისი მასშტაბური გავრცელება და კომერციალიზაცია 1990-იან წლებში მოხდა. ინტერნეტის ადრეული ეტაპები მოიცავდა მონაცემთა გადაცემას და საკომუნიკაციო ქსელების შექმნას, მაგრამ მისი განვითარებისთანავე, ინტერნეტი მარკეტინგისათვის მძლავრი ინსტრუმენტი გახდა.

ინტერნეტის გაჩენამ და განვითარებამ მთლიანად შეცვალა მარკეტინგის მიდგომები. ტრადიციული მეთოდებმა, როგორცაა ტელევიზია, რადიო და ბეჭდური მედია, დაკარგა აქტუალობა ინტერნეტის გაჩენით. ახალი ციფრული არხებით, როგორცაა სოციალური მედია,

საძიებო სისტემები, ელ.ფოსტა და სხვა პლატფორმები, უფრო ეფექტური და ნაკლებ ხარჯიანი გახდა მომხმარებელთან კომუნიკაცია. რამაც ბიზნესს გაუხსნა გზა უფრო მიზანმიმართული და პერსონალიზებული მომსახურების გაწევისთვის.

ძირითადი ციფრული პლატფორმები-ციფრული მარკეტინგი მოიცავს სხვადასხვა პლატფორმებსა და არხებს, რომლებიც კომპანიებს საშუალებას აძლევს, გააცნონ თავიანთი პროდუქტები და მომსახურებები უფრო ფართო აუდიტორიას. ძირითადი პლატფორმები და არხები მოიცავს:

სოციალური მედია-Facebook: ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული სოციალური მედია პლატფორმა, რომელიც ბიზნესებს საშუალებას აძლევს, შექმნან გვერდები, განათავსონ რეკლამები და მოახდინონ პირდაპირი კომუნიკაცია მომხმარებლებთან. **Instagram:** ფოტოების და ვიდეოების გაზიარების პლატფორმა, რომელიც განსაკუთრებით პოპულარულია ახალგაზრდებში და გამოიყენება ვიზუალური მარკეტინგისთვის. **Twitter:** მოკლე შეტყობინებების პლატფორმა, რომელიც ეფექტიანია სწრაფი კომუნიკაციისთვის და ბრენდის ცნობადობის გაზრდისთვის. **LinkedIn:** პროფესიული ქსელების პლატფორმა, რომელიც გამოიყენება B2B მარკეტინგისთვის და პროფესიული ქსელების შექმნისთვის.

საძიებო სისტემები-Google: მსოფლიოში ყველაზე პოპულარული საძიებო სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ბიზნესებისთვის SEO და SEM შესაძლებლობებს. **Bing:** Microsoft-ის საძიებო სისტემა, რომელიც ასევე გთავაზობთ რეკლამის განთავსების შესაძლებლობებს. **ელ.ფოსტა:** ელ.ფოსტის მარკეტინგი საშუალებას აძლევს ბიზნესებს, პირდაპირი კომუნიკაცია ჰქონდეთ თავიანთი აუდიტორიასთან პერსონალიზებული შეტყობინებების საშუალებით. დღეს ამ პლატფორმამ დაკარგა აქტუალობა და შესაბამისად ნაკლები ეფექტურობით გამოირჩევა. თავის მხრივ ნებისმიერი სხვა პლატფორმა სწორედ მასზეა მიბმული.

ვიდეო პლატფორმები-YouTube: მსოფლიოში ყველაზე დიდი ვიდეო გაზიარების პლატფორმა, რომელიც ბიზნესს აძლევს ვიდეო კონტენტის განთავსებისა და რეკლამირების შესაძლებლობას. **TikTok:** სწრაფად მზარდი პლატფორმა, რომელიც პოპულარულია ახალგაზრდებში და განკუთვნილია მოკლე ვიდეო კონტენტის გაზიარებისთვის. კარგად გათვლილი “სწრაფი ენდორფინის” მიღების მეთოდით, ეს პლატფორმა, მომხმარებელთა რიცხვით მოწინავე ადგილს იკავებს.

ციფრული მარკეტინგის სტრატეგიები - საძიებო სისტემების ოპტიმიზაცია (SEO) წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად და ყველაზე ეფექტურ სტრატეგიას ციფრულ მარკეტინგში. SEO-ის მიზანია ვებგვერდის პოზიციის გაუმჯობესება საძიებო სისტემების (როგორცაა Google, Bing) შედეგებში, რაც ზრდის ვებგვერდის ხილვადობას და, შესაბამისად, მის ტრაფიკს.

SEO-ს ძირითადი პრინციპებია: საკვანძო სიტყვების კვლევა-განსაზღვრავს იმ საკვანძო სიტყვებსა და ფრაზებს, რომლებსაც მომხმარებლები ეძებენ. ამ სიტყვების სწორად გამოყენება ვებგვერდის კონტენტში ზრდის მისი ხილვადობის შანსებს; ონ-პეიჯ SEO: მოიცავს ვებგვერდის შიდა ოპტიმიზაციას, მათ შორის, სათაურების, მეტა აღწერების, URL-ების და კონტენტის ოპტიმიზაციას; ოფ-პეიჯ SEO: მოიცავს გარე ოპტიმიზაციას, როგორცაა ლინკბილდინგი (სხვა ვებგვერდებიდან ბმულების მოპოვება) და სოციალური სიგნალები. ტექნიკური SEO: მოიცავს ვებგვერდის ტექნიკურ ასპექტებს, როგორცაა საიტის სიჩქარე, მობილური მოწყობილობებისთვის ოპტიმიზაცია და საიტის სტრუქტურა.

საძიებო სისტემის მარკეტინგი (Search Engine Marketing)- საძიებო სისტემის მარკეტინგი (SEM) მოიცავს გადახდილ რეკლამებს საძიებო სისტემებში, რომელიც საშუალებას აძლევს ბიზნესს სწრაფად და ეფექტურად მიაწვდინონ თავიანთი პროდუქტი ან მომსახურება მომხმარებლებს.

Pay-Per-Click (PPC) რეკლამები-PPC რეკლამები საშუალებას აძლევს ბიზნესებს გადაიხადონ მხოლოდ მაშინ, როდესაც მომხმარებელი კლიკავს მათ რეკლამაზე. ეს სტრატეგია ხშირად გამოიყენება Google Ads და Bing Ads პლატფორმებზე. Google Ads: ყველაზე პოპულარული PPC პლატფორმაა, რომელიც გთავაზობთ სხვადასხვა ტიპის რეკლამებს, მათ შორის საძიებო რეკლამები, დისპლეი რეკლამები, ვიდეო რეკლამები და ა.შ.

კონტენტ მარკეტინგი-კონტენტ მარკეტინგი არის სტრატეგია, რომელიც კონცენტრირდება მომხმარებლისთვის ღირებული, შესაბამისი და მუდმივად განახლებადი კონტენტის შექმნასა და განაწილებაზე. ამ ფუნქციას ითავსებს საინფორმაციო მასალები, როგორცაა ბლოგები და სტატიები. მათი მეშვეობით კომპანიები უზიარებენ მომხმარებლებს სასარგებლო და ინფორმაციულ კონტენტს, რაც ზრდის ბრენდის ცნობადობას და ნდობას. კონკტენტ მარკეტინგისთვის ასევე მნიშვნელოვანია ვირუსული კონტენტი, რომელიც სწრაფად ვრცელდება და დიდი აუდიტორიის ყურადღებას იპყრობს.

სოციალური მედიის მარკეტინგი (Social Media Marketing)-სოციალური მედიის მარკეტინგი გამოიყენებს სოციალური მედიის პლატფორმებს, მთავარი სამარკეტინგო მიზნებისათვის: ბრენდის პოპულარიზაციისა და მომხმარებელთან კომუნიკაციისთვის. სოციალური მედიის კამპანიების დაგეგმვა და მართვა SMM-ის ძირითად ასპექტს წარმოადგენს. სოციალური მედიის კამპანიები მოიცავს სხვადასხვა აქტივობებს, რომლებიც მიმართულია მომხმარებელთა ჩართულობის გაზრდისაკენ. მარკეტერები ქმნიან და აზიარებენ შინაარსს, რომელიც მოიცავს ტექსტურ პოსტებს, სურათებს, ვიდეოებს და სხვა მულტიმედიურ მასალას, რათა მიაღწიონ და ჩართონ მიზნობრივი აუდიტორია. ეს ხელს უწყობს ბრენდის ცნობადობის ამაღლებას და მომხმარებელთა ინტერესის შენარჩუნებას. სოციალური მედიის მარკეტინგის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია მომხმარებელთა ჩართულობის ზრდა და მათი უკუკავშირის შეგროვება. მარკეტერები იყენებენ ანალიტიკურ ინსტრუმენტებს, რათა გაანალიზონ პოსტების ეფექტურობა და შეიმუშაონ მონაცემებზე დაფუძნებული სტრატეგიები. ეს ეხმარება ბიზნესებს უფრო ეფექტური და მორგებული კამპანიების დაგეგმვაში, რაც თავის მხრივ აუმჯობესებს მომხმარებელთა კმაყოფილებას და ლოიალობას.

აღსანიშნავია ასევე ინფლუენს(influence) მარკეტინგი, რომელიც წარმოადგენს სტრატეგიულ მიდგომას, რომელიც გულისხმობს გავლენიან ადამიანებთან თანამშრომლობას ბრენდების და პროდუქტების პოპულარიზაციის მიზნით. ინფლუენსერები არიან ადამიანები, რომლებსაც აქვთ დიდი და ერთგული მიმდევრების ბაზა სოციალურ ქსელებში, როგორცაა Instagram, YouTube, TikTok და სხვა. მათ შეუძლიათ პირდაპირი და ავთენტური კომუნიკაცია თავიანთ აუდიტორიასთან, რაც საშუალებას აძლევს ბრენდებს უფრო ეფექტურად მიაწოდონ თავიანთი მესიჯები.

ციფრული მარკეტინგის ინსტრუმენტები და ანალიზი-ანალიტიკური ინსტრუმენტები

ციფრული მარკეტინგის წარმატება დიდწილად დამოკიდებულია მონაცემთა ანალიზზე, რაც ხელს უწყობს კამპანიების ეფექტურობის შეფასებას და სტრატეგიების გაუმჯობესებას. ძირითადი ანალიტიკური ინსტრუმენტები მოიცავს:

Google Analytics რომლის ფუნქციებშიც შედის, მომხმარებლის ქცევის ანალიზი, ტრაფიკის წყაროების განსაზღვრა, კონვერსიის თვალყურის დევნება, და სხვა მნიშვნელოვანი მეტრიკების გაზომვა. ხოლო მონაცემთა შეგროვება შემდეგი მაჩვენებლების მიხედვით ხდება: ვიზიტორების რაოდენობა, სესიის ხანგრძლივობა, გვერდების ნახვები და სხვა. ამ პლატფორმაზე შესაძლებელია პერსონალიზებული ანგარიშების შექმნა და ვიზუალურ დაფებზე განთავსება, რაც ამარტივებს მონაცემთა ინტერპრეტაციას.

ასევე ამავე ტიპის პლატფორმებიდან გამოიყოფა: Adobe Analytics პლატფორმა გთავაზობთ სხვადასხვა ანგარიშების და ანალიზის ინსტრუმენტებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ დეტალურ მონაცემებს მომხმარებლის ქცევის, ვებგვერდის ტრეფიკის და მარკეტინგული კამპანიების შედეგების შესახებ. მომხმარებლებს შეუძლიათ შექმნან პერსონალიზებული ანგარიშები და დემოგრაფიები, რაც ეხმარება სწრაფად მიიღონ საჭირო ინფორმაცია; Mixpanel- ასევე მომხმარებლის ქცევის დეტალური ანალიზი, რომელიც გამოიყენება აპლიკაციების და ვებგვერდების გამოკვლევისთვის. Hotjar-მომხმარებლის ქცევის ვიზუალიზაცია (heatmaps, recordings) და უკუკავშირის შეგროვება.

ციფრული მარკეტინგის ავტომატიზაცია-ციფრული მარკეტინგის ავტომატიზაცია წარმოადგენს ინსტრუმენტებისა და ტექნოლოგიების ნაკრებს, რომელიც საშუალებას აძლევს მარკეტერებს, ავტომატურად შეასრულონ განმეორებადი დავალებები და პროცესები. ეს მოიცავს ელ. ფოსტის კამპანიების, სოციალური მედიის პოსტების, რეკლამების განთავსების, და მომხმარებელთა ქცევის ანალიზს. ავტომატიზაცია ამარტივებს და აჩქარებს მარკეტინგულ აქტივობებს, რაც საშუალებას აძლევს ბიზნესს ფოკუსირება გააკეთოს უფრო სტრატეგიულ და კრეატიულ ამოცანებზე. მაგალითად, ავტომატიზაციის ინსტრუმენტები, როგორცაა HubSpot, Marketo და Mailchimp, უზრუნველყოფს პერსონალიზებულ კომუნიკაციებს, რასაც შედეგად მოჰყვება მომხმარებელთა მაღალი ჩართულობა და ლოიალობა. ავტომატიზაციის მთავარი უპირატესობა არის მონაცემების შეგროვება და ანალიზი, რაც საშუალებას აძლევს ბიზნესს მიიღოს ინფორმირებული გადაწყვეტილებები. მარკეტინგული ავტომატიზაციის სისტემები აგროვებენ მომხმარებელთა ქცევის მონაცემებს, რაც იძლევა ღრმა ანალიტიკას და პროგნოზირების შესაძლებლობას. შედეგად, მარკეტერები უკეთ ესმით მომხმარებელთა საჭიროებებს და ქმნიან უფრო მიზნობრივ კამპანიებს. ავტომატიზაცია ასევე ამცირებს ადამიანურ შეცდომებს და ამაღლებს ოპერაციულ ეფექტურობას, რაც საბოლოოდ ზრდის ROI-ს (ინვესტიციის ანაზღაურებას). ამ გზით, ციფრული მარკეტინგის ავტომატიზაცია საშუალებას აძლევს ბიზნესს მაქსიმალურად გამოიყენოს თავიანთი რესურსები და მიაღწიოს უკეთეს შედეგებს.

რეკლამის მართვის ინსტრუმენტები-რეკლამის მართვის ინსტრუმენტები ეხმარება ბიზნესებს რეკლამის კამპანიების ეფექტურად მართვას და ოპტიმიზაციას. სოციალური მედიის რეკლამა თანამედროვე სამყაროში ციფრული მარკეტინგის უმნიშვნელოვანეს ნაწილია. გამოვყოფთ შემდეგ ტიპებს:

- **სურათის რეკლამები (Image Ads):** ეს არის ყველაზე გავრცელებული ტიპი, რომელიც გამოიყენება ბრენდის ცნობადობის და ვიზუალური წარდგენის გასაზრდელად. სურათის რეკლამები მარტივად მისაღებია და შესაფერისია სწრაფი, ვიზუალური შეტყობინების გადასაცემად.

- **ვიდეო რეკლამები (Video Ads):** ვიდეო რეკლამები უფრო ეფექტურად გადმოსცემენ ბრენდის მესიჯს და მომხმარებლის ჩართულობის მაქსიმალიზაციას ახდენენ. ვიდეოს საშუალებით შესაძლებელია პროდუქტის ფუნქციების დემონსტრირება, მომხმარებლის ემოციების მართვა და ბრენდის ისტორიის მოყოლა.

- **კარუსელი რეკლამები (Carousel Ads):** ეს რეკლამები საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს, ნახონ რამდენიმე სურათი ან ვიდეო ერთ რეკლამაში. კარუსელი რეკლამები განსაკუთრებით ეფექტურია პროდუქციის ასორტიმენტის წარმოსაჩენად ან პროდუქტის სხვადასხვა მახასიათებლების გასაცნობად.

- **სლაიდშოუ რეკლამები (Slideshow Ads):** სლაიდშოუ რეკლამები შედგება რამდენიმე სურათისგან, რომლებიც შექმნილია ვიდეოს მსგავსი ეფექტის მისაღწევად. ეს რეკლამები შესაფერისია, როდესაც ვიდეო რეკლამის რესურსები შეზღუდულია.

- **სტორის რეკლამები (Story Ads):** ეს რეკლამები განთავსებულია სოციალურ მედიის პლატფორმების "სტორის" სექციაში, რაც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს იხილოს რეკლამა სწრაფად და მარტივად. სტორის რეკლამები განსაკუთრებით ეფექტურია მოკლევადიანი აქციებისა და შემოთავაზებების გასავრცელებლად.

ასეთი ტიპის რეკლამებს, თავის მხრივ გააჩნიათ მართვის ინსტრუმენტები, მაგალითად: Facebook Ads Manager-რეკლამის დაგეგმვის, მართვის და ანალიზის ინსტრუმენტი, რომელიც მოიცავს აუდიტორიის სეგმენტაციას და შედეგების ანალიზს; Twitter Ads-რეკლამის მართვის პლატფორმა, რომელიც გთავაზობს საკვანძო სიტყვების სეგმენტაციას და შედეგების გაზომვას. Google Display Network-დისპლეი რეკლამების განთავსების და მართვის პლატფორმა, რომელიც მოიცავს მილიონობით ვებგვერდს და აპლიკაციას. Programmatic Advertising Platforms-ავტომატიზირებული პლატფორმები (მაგ., The Trade Desk, MediaMath), რომლებიც უზრუნველყოფენ რეკლამის ავტომატურ განთავსებას და მართვას.

გამოწვევები და ტენდენციები- საყოველთაო გამოწვევები ციფრულ მარკეტინგში

ციფრული მარკეტინგის სფეროში წარმატების მისაღწევად, კომპანიებს უწევთ სხვადასხვა გამოწვევების დაძლევა. ეს გამოწვევები მოიცავს როგორც ტექნიკურ, ასევე სტრატეგიულ და ეთიკურ საკითხებს. ამათ შორის დღევანდელ ყველაზე დიდ გამოწვევად გამოვყოფთ - მონაცემთა დაცვა და კონფიდენციალურობას. ციფრული მარკეტინგისათვის, კომპანიებს სჭირდებათ მომხმარებელთა პირადი მონაცემების შეგროვება და გამოყენება. მონაცემთა უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად საჭიროა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება და უსაფრთხოების სტანდარტების დაცვა. ასეთი ტიპის სტანდარტია **General Data Protection Regulation (GDPR)** არის ევროკავშირის რეგულაცია, რომელიც განისაზღვრავს და მართავს პერსონალური მონაცემების დაცვას. GDPR ამოქმედდა 2018 წლის 25 მაისს და მისი მიზანია მომხმარებლის პერსონალური მონაცემების დაცვის გაძლიერება და ერთიანი სტანდარტების შექმნა ევროკავშირის ქვეყნებში. ეს რეგულაცია გავლენას ახდენს ყველა კომპანიაზე, რომლებიც მონაცემებს ამუშავებენ ევროკავშირის მოქალაქეების შესახებ, მიუხედავად მათი გეოგრაფიული მდებარეობისა.

ციფრული მარკეტინგის სფერო ძალიან კონკურენტულია. კომპანიებს უწევთ მუდმივად განახლონ და გააუმჯობესონ თავიანთი სტრატეგიები, რათა დარჩნენ კონკურენტუნარიანები. აღსანიშნავია, ასევე ციფრული მარკეტინგის ტექნოლოგიები მუდმივი განვითარების ტენდენცია, კომპანიებს უწევთ ახალი ინსტრუმენტების და პლატფორმების სწრაფი ათვისება და მათი ინტეგრაცია საქმიანობაში. მნიშვნელოვან გამოწვევად ასევე რჩება მომხმარებელთა ინტერესების გათვალისწინება და მისი ჩართულობის შენარჩუნება. მომხმარებლის ინტერესები და ქცევა ხშირად იცვლება. მარკეტინგის სტრატეგიების მუდმივი განახლება და ადაპტაცია აუცილებელია მომხმარებლის ჩართულობის შესანარჩუნებლად და ასევე ვთქვამთ “ტრენდებიდან არ ჩამოსარჩენად”. მომხმარებლები ძირითადად ირჩევენ მაღალხარისხიან და შესაბამის კონტენტს. კომპანიებმა უნდა უზრუნველყონ, რომ მათი კონტენტი იყოს მიმზიდველი, ინტერაქტიული და ინფორმაციული.

ციფრული მარკეტინგის მომავალი ტენდენციები-ციფრული მარკეტინგის სფეროში განვითარებადი ტენდენციები განსაზღვრავს ამ სფეროს მომავალს და ახალი შესაძლებლობების გაჩენას. ციფრული მარკეტინგის მომავალი განსაზღვრულია ინოვაციური ტექნოლოგიებით და ახალი შესაძლებლობებით. ხელოვნური ინტელექტი (AI) და მანქანური სწავლება (ML) საშუალებას აძლევს ბიზნესებს პერსონალიზებული მარკეტინგული კამპანიების შექმნას,

მომხმარებლის ქცევის ანალიზს და მარკეტინგული პროცესების ავტომატიზაციას. ვირტუალური და გაფართოებული რეალობა (VR და AR) მომხმარებლებს ინტეგრალურ და ინტერაქტიულ ბრენდის გამოცდილებას სთავაზობს, რაც პროდუქტის ვიზუალიზაციისა და დემონსტრაციის ახალ გზებს ხსნის. ინფლუენსერ მარკეტინგი ვითარდება მიკრო და ნანო ინფლუენსერების გამოყენებით, რომლებიც მაღალი ჩართულობის მაჩვენებელს გვთავაზობენ და მათთან უფრო მჭიდრო ურთიერთობა აქვთ. ხმოვანი ძიების და ხმოვანი ასისტენტების, როგორცაა Amazon Alexa და Google Assistant, პოპულარობა ზრდის და კომპანიებს ახალი არხების გამოყენების საშუალებას აძლევს. გარდა ამისა, ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები და დიდი მონაცემების ანალიზი ეხმარება კომპანიებს უფრო სწრაფად და სიღრმისეულად გაანალიზონ მომხმარებლის ქცევა, რაც მარკეტინგულ სტრატეგიებს აძლიერებს და მომხმარებლის გამოცდილებას აუმჯობესებს. კომპანიის წარმატებისთვის მნიშვნელოვანია, გამოიყენოს ეს ტენდენციები და ტექნოლოგიები, რათა მარკეტინგული სტრატეგიები მაქსიმალურად ეფექტური და მიზნობრივი გახადოს.

წარმატებული ციფრული მარკეტინგის შემთხვევები-წარმატებული კამპანიების მაგალითები:

ციფრული მარკეტინგის განხილვისას მნიშვნელოვანია მსოფლიო პრაქტიკის განხილვა. ამ თავში განვიხილავთ რამდენიმე მნიშვნელოვან შემთხვევას, რომლებიც გვიჩვენებენ, თუ როგორ შეიძლება ციფრული მარკეტინგის ინსტრუმენტებისა და სტრატეგიების წარმატებით გამოყენება.

1) Nike: "Just Do It" კამპანია-სტრატეგია: Nike-მა გამოიყენა სოციალური მედია პლატფორმები, როგორცაა Instagram და YouTube, რათა შეექმნა ინსპირაციული კონტენტი, რომელიც ასახავდა სპორტსმენების ისტორიებს და წარმატებებს.

2) შედეგი: კამპანიამ მიაღწია მილიონობით ადამიანს მთელ მსოფლიოში, გააუმჯობესა ბრენდის ცნობადობა და გაზარდა გაყიდვები.

3) Coca-Cola: "Share a Coke" კამპანია-სტრატეგია: Coca-Cola-მ განაახლა თავისი ბოთლის ეტიკეტი, და მასზე ცნობილი სახელები დაბეჭდა. ამ კამპანიამ მომხმარებლებს მისცა შესაძლებლობა, ეჩუქებინათ სასმელი თავიანთი მეგობრებისთვის.

4) შედეგი: კომპანიამ გამოიწვია მომხმარებლების მაღალი ჩართულობა სოციალურ მედიაში და გაზარდა გაყიდვები მრავალ ქვეყანაში.

5) Old Spice: "The Man Your Man Could Smell Like"-სტრატეგია: Old Spice-მა გამოიყენა იუმორისტული და შთამბეჭდავი ვიდეო რეკლამები, რომლებიც განთავსდა YouTube-ზე და სხვა სოციალურ მედია პლატფორმებზე.

შედეგი: ვიდეოები ვირუსული გახდა, რაც გამოიწვია ბრენდის ცნობადობის და გაყიდვების მკვეთრი ზრდა.

5.2 მცირე და საშუალო ბიზნესების წარმატების მაგალითები

ციფრული მარკეტინგის სტრატეგიები არ არის მხოლოდ დიდი კომპანიებისთვის. მცირე და საშუალო ბიზნესებიც ხშირად აღწევენ წარმატებას ციფრული მარკეტინგის მეშვეობით. ასეთებია:

1) Dollar Shave Club-სტრატეგია: Dollar Shave Club-მა შექმნა ვირუსული ვიდეო, რომელიც მოიცავდა იუმორისტულ და დამაინტრიგებელ შეტყობინებას. ვიდეო გავრცელდა სოციალურ მედიაში და YouTube-ზე.

2) შედეგი: კომპანიამ მოიზიდა მილიონობით მომხმარებელი და მნიშვნელოვნად გაზარდა კომპანიის მომხმარებელთა ბაზა.

3) Glossier სტრატეგია: Glossier-მ გამოიყენა სოციალური მედია პლატფორმები, განსაკუთრებით Instagram, რათა შეექმნა მომხმარებელთა საზოგადოების გრძნობა და გაზიარების კულტურა.

შედეგი: მომხმარებელთა ჩართულობამ და ბრენდის ცნობადობამ მნიშვნელოვნად გაზარდა კომპანიის გაყიდვები და მომხმარებელთა ლოიალობა.

ციფრული მარკეტინგის წარმატების მაგალითები გვიჩვენებს, რომ ციფრული სტრატეგიები ეფექტურია როგორც დიდი, ისე მცირე ბიზნესებისთვის. სოციალური მედიის პლატფორმები, ვირუსული კონტენტი და მომხმარებელთა ჩართულობის გაზრდა ხელს უწყობს ბრენდის ცნობადობისა და გაყიდვების ზრდას. მცირე ბიზნესებიც წარმატებით იყენებენ ამ სტრატეგიებს მომხმარებელთა ბაზის გასაზრდელად და ლოიალობის გასამდიდრებლად. საბოლოოდ, ციფრული მარკეტინგი უზრუნველყოფს მოქნილ და ეფექტურ გზას ბიზნესებისათვის, რათა მიაღწიონ თავიანთ მიზნებს.

3. დასკვნა

ინტერნეტი და ციფრული მარკეტინგი თანამედროვე ბიზნესის შეუცვლელი ინსტრუმენტები არიან. ისინი უზრუნველყოფენ მომხმარებელთან უფრო სწრაფ და ეფექტურ კომუნიკაციას, ბრენდის ცნობადობის ზრდას და გაყიდვების ზრდას. ციფრული მარკეტინგი აერთიანებს მრავალფეროვან სტრატეგიებსა და ინსტრუმენტებს, როგორცაა საძიებო სისტემების ოპტიმიზაცია (SEO), საძიებო სისტემის მარკეტინგი (SEM), სოციალური მედიის მარკეტინგი (SMM), კონტენტ მარკეტინგი და ელ.ფოსტის მარკეტინგი, რომლებიც ერთობლივად ქმნიან ინტეგრირებულ მარკეტინგულ მიდგომას. წარმატებული კამპანიების მაგალითები, როგორცაა Nike-ის "Just Do It", Coca-Cola-ს "Share a Coke" და Old Spice-ის "The Man Your Man Could Smell Like", აჩვენებს კრეატიულობის, მონაცემთა ანალიზის და მომხმარებელთან ურთიერთობის მნიშვნელობას. მცირე და საშუალო ბიზნესების მაგალითები, როგორცაა Dollar Shave Club და Glossier, ადასტურებენ, რომ სწორი სტრატეგიების შერჩევისას და მათი ეფექტურად გამოყენებისას წარმატების მწვერვალი არც ისე შორსაა.

ციფრული მარკეტინგის სფერო მუდმივად იცვლება და ვითარდება, რაც მოითხოვს მუდმივ ადაპტაციას და ინოვაციას. გამოწვევები, როგორცაა მონაცემთა დაცვა და მომხმარებლის ჩართულობის შენარჩუნება, ასევე მომავალი ტენდენციები, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი, ვირტუალური რეალობა, ციფრული მარკეტინგის სფეროს მუდმივი განვითარების და გაუმჯობესების საჭიროებას მოითხოვს. საერთო ჯამში, ციფრული მარკეტინგი და ინტერნეტი წარმოადგენენ ბიზნესის განვითარების და წარმატების უმთავრეს ფაქტორებს, რომლებიც თანამედროვე სამყაროში კონკურენტულ უპირატესობას უზრუნველყოფენ.

ლიტერატურა:

1. <https://www.investopedia.com/terms/d/digital-marketing.asp>
2. <https://www.wisestamp.com/blog/difference-between-seo-sem-smm-and-smo/>
3. <https://www.oracle.com/cis/cx/marketing/digital-marketing/>
4. <https://gusarov-group.by/digital-marketing-uzhe-ne-tot-razbiraemsya-pochemu/>
5. <https://business.adobe.com/blog/basics/digital-marketing-campaign-examples>
6. <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-digital-marketing/>

Internet and Digital Marketing

Ia Motskobili¹, Irma Takidze², Inga Surmanidze²

1-Batumi Shota Rustaveli State University,

2-Batumi state maritime academy

ia.motskobili@bsu.edu.ge, i.takidze@bsma.edu.ge, i.surmanidze@bsma.edu.ge

Abstract

Internet and digital marketing are one of the most dynamically evolving areas of our time, which significantly alter the business and customer relationship model. The Internet has revolutionized communication, dissemination of information, the sale of products and services. Digital marketing is, on the other hand, the fruit of the same revolution that is an integral part of any business today. By means of the Internet and digital marketing, companies can communicate more efficiently and quickly with customers, improve brand awareness and increase sales. The Internet has created new opportunities for businesses, making it possible to work in the global market, assimilate new segments and develop innovative products and services. Digital marketing, with the specifics of its own activities, represents the use of the Internet in marketing activities that include various strategies and tools such as Search Engine Optimization (SEO), Search Engine Marketing (SEM), Social Media Marketing (SMM), Content Marketing, and E.Mail marketing. These strategies are focused on attracting the attention of customers, increasing their engagement and increasing sales. The Internet and digital marketing interact and jointly create new opportunities for businesses. The Internet provides a platform, and digital marketing uses this platform to attract and communicate customers. This interplay allows companies to create innovative and personalized marketing campaigns. The aim of the paper is to discuss in detail the role of internet and digital marketing in modern business, present various strategies and tools, and consider successful examples. Also present digital marketing challenges and analysis of future trends that will help us better understand the dynamics and development potential of this field.

Keywords: Internet, Digital Marketing, Business, Analysis

3D გეომეტრიული აღწერების გამარტივების მეთოდების დამუშავება ვიზუალიზაციის აპლიკაციებისთვის

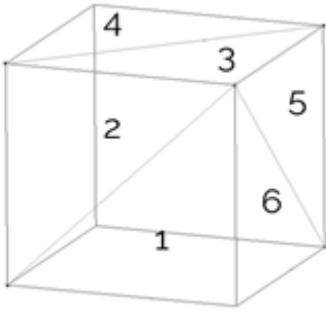
ბესიკ კეკელია, ალექსანდრე ალიხანოვი

სტუ-ს ბირთვული ინჟინერიის ცენტრი

bkekeli@cern.ch; aleksandr.alikhanov@cern.ch

რეზიუმე

განხილულია 3D გრაფიკის კომპლექსური და მრავალმხრივ გამოყენების საკითხები, რომელიც გულისხმობს სამგანზომილებიანი ობიექტების შექმნასა და გამოსახვას ვირტუალურ სივრცეში, მათემატიკის, გეომეტრიისა და კომპიუტერული გრაფიკის ტექნოლოგიების გამოყენებით. დღეს 3D გრაფიკა ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფად მზარდი სფეროა და ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ინდუსტრიებში, მათ შორის: ფილმები და ანიმაცია, ვიდეო თამაშები, ინჟინერია და არქიტექტურა, რეკლამა და სპეცეფექტები. 3D მოდელირება საჭიროებს სპეციალურ პროგრამულ უზრუნველყოფას, როგორცაა Blender, Catia, SolidWorks, ArchiCAD, Autodesk Maya, 3ds Max და Cinema 4D. ამ ინსტრუმენტებით შესაძლებელია 3D მოდელების შექმნა, ანიმაცია, ტექსტურირება და რენდერინგი. ამ სფეროს პროფესიონალებს აქვთ როგორც ტექნიკური, ისე კრეატიული უნარები, რაც საშუალებას აძლევთ შექმნან შთამბეჭდავი და ფუნქციური 3D გამოსახულებები. ტრადიციული გამოყენების გარდა, 3D მოდელირება ფართოდ გამოიყენება ვირტუალური რეალობის (VR) და აუგმენტურებული რეალობის (AR) ტექნოლოგიებში, ასევე 3D ვიზუალიზაციის ვებ აპლიკაციებში. ვებ აპლიკაციები დიდ როლს ასრულებენ 3D გრაფიკის მასობრივად ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფაში. 3D



გეომეტრიული აღწერების გამარტივება ვებ აპლიკაციებისთვის უზრუნველყოფს მოდელების სწრაფ ჩატვირთვას და გამართულ მუშაობას, რაც ხელს უწყობს VR და AR ტექნოლოგიების ოპტიმიზაციას და ხელმისაწვდომს ხდის 3D მოდელების გამოყენებას სხვა ვიზუალიზაციის ვებ აპლიკაციებში.

საკვანძო სიტყვები: 3D მოდელირება, ვირტუალური რეალობა (VR), 3D ვებ-ვიზუალიზაცია, აუგმენტირებული რეალობა (AR).

1. შესავალი

3D მოდელირება ფართოდ გამოიყენება ვირტუალური (VR), აუგმენტირებული რეალობის (AR) ტექნოლოგიებში და ასევე 3D ვიზუალიზაციის ვებ აპლიკაციებში [1]. ვებ აპლიკაციები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ 3D გრაფიკის ტექნოლოგიების მასობრივ გავრცელებაში და ხელმისაწვდომობაში. მას რამდენიმე მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვთ, რაც ხელს უწყობს ამ ტექნოლოგიების პოპულარიზაციას:

1) ხელმისაწვდომობა და პლატფორმის დამოუკიდებლობა – რაც გამოიხატება იმაში რომ, ვებ აპლიკაციები ხელმისაწვდომია ყველა მოწყობილობიდან, რომელსაც აქვს ინტერნეტ ბრაუზერი, რაც იმას ნიშნავს, რომ მომხმარებლებს არ სჭირდებათ სპეციალური პროგრამების დაინსტალირება. ეს მნიშვნელოვნად ამარტივებს 3D გრაფიკის ტექნოლოგიების გამოყენებას;

2) ღირებულება – მრავალი ვებ აპლიკაცია გვთავაზობს უფასო ან დაბალი ღირებულების მოდელებს. ამის გამო, მომხმარებლებს არ უწევთ ძვირადღირებული პროგრამული უზრუნველყოფის შეძენა;

3) მარტივი განახლება და ტექნიკური მხარდაჭერა – ვებ აპლიკაციების განახლება მარტივად და ავტომატურად ხდება სერვერზე, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლებს ახალი ფუნქციებით. ეს ხელს უწყობს პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების გამარტივებას და განახლებული ფუნქციონალით უზრუნველყოფას.

4) გამოყენების სიმარტივე – ვებ აპლიკაციები ხშირად უფრო ინტუიციური და მომხმარებლისთვის მარტივი გამოსაყენებელია, რაც ზრდის მომხმარებლების რაოდენობას [2, 3].

2. 3D გეომეტრიული აღწერების გამარტივება ვიზუალიზაციის აპლიკაციებისთვის

3D ვებ-აპლიკაციების შექმნა გარკვეულ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. განსაკუთრებით VR, AR და ვიზუალიზაციის სხვა აპლიკაციებისთვის, რომლებიც მუშაობენ შედარებით დაბალ ფასიან აპარატურაზე. ეს პროცესი კიდევ უფრო რთულდება, თუ საჭირო ხდება მასიური ხელმისაწვდომობა ვებ-პლატფორმაზე. სირთულეები გამოიხატება შემდეგში:

1) ტექნიკური შეზღუდვები - ვებ-ბრაუზერები, მიუხედავად პროგრესისა, მაინც ჩამორჩებიან კომპიუტერულ და მობილურ აპლიკაციებს გრაფიკული წარმადობის მხრივ. VR და AR აპლიკაციები მოითხოვენ მაღალი ხარისხის 3D გრაფიკას და რეალურ დროში დამუშავებას;

2) პლატფორმის შეზღუდვები - აპლიკაცია უნდა მუშაობდეს ყველა ძირითად ბრაუზერზე და მოწყობილობაზე. ეს მოითხოვს სხვადასხვა პლატფორმების თავისებურებების გათვალისწინებას და შესაბამისი და ტექნოლოგიების გამოყენებას [4, 5].

კვლევის საგანია ვიზუალიზაციის აპლიკაციების 3 განზომილებიანი მოდელების გამარტივების მეთოდები. ვებ ბრაუზერს 3D მოდელების ჩატვირთვის გარკვეული ლიმიტები გააჩნია. 3D მოდელის აგება ხდება პოლიგონების - სამკუთხედების საშუალებით (ნახ. 1). სწორედ მათი რაოდენობა ახდენს პირდაპირ გავლენას აპლიკაციის წარმადობაზე. ამიტომ უნდა განხორციელდეს 3D მოდელების გამარტივება და პოლიგონების რაოდენობის შემცირება ისე, რომ მოდელის გარეგნული იერსახე არ დაირღვეს, ამისათვის საჭიროა გამარტივების ეფექტური

მეთოდები. შესაბამისად გამარტივების მეთოდების დამუშავება წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას. ეს საშუალებას მოგვცემს განხორციელდეს 3D მოდელების სწორად გამარტივება, რაც უზრუნველყოფს ვიზუალიზაციის 3D აპლიკაციების გამართულ მუშაობას ვებ-ბრაუზერებში [6].

ნახ. 1 პრიზმის აგება პოლიგონების საშუალებით

ვინაიდან პროექტი სრულდება CERN-ისთვის (ბირთვული კვლევების ევროპული ორგანიზაცია) გამოიყენება გეომეტრიული აღწერები, რომლებიც განთავსებულია CERN-ის საიჟინრო მონაცემთა ბაზებში. მათი პირდაპირი გამოყენება ვიზუალიზაციის აპლიკაციებში შეუძლებელია, ვინაიდან აქ შენახული ატლასის დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები ძალიან დეტალურია და ამ დროს ხდება

მოწყობილობის დატვირთვა და ბრაუზერის ავარიული გათიშვა.

იმისათვის, რომ თავიდან იქნას აცილებული ზემოაღნიშნული პრობლემა საჭიროა განხორციელდეს გეომეტრიული აღწერების გამარტივება რისთვისაც დამუშავებულ იქნა 2 მეთოდი:

- 1) ნაკლებად ხილული ობიექტების წაშლა
 - 1.1. წასაშლელი ობიექტების იდენტიფიკაცია
 - 1.2. ანაწყობში დეტალების რაოდენობის შემცირება
- 2) პოლიგონების შემცირება
 - 2.1. ტესტის პარამეტრის განსაზღვრა
 - 2.2. 3D ობიექტის პოლიგონური ბადის ოპტიმიზაცია
 - 2.3. წრიული ობიექტების პოლიგონების ოპტიმიზაცია
 - 2.4. 3D ობიექტის ნორმალების პარამეტრების დადგენა

პირველი მეთოდის მიხედვით თავდაპირველად ხორციელდება დეტალური გეომერიის ანალიზი. რის შედეგადაც დგინდება ანაწყობში კომპონენტების რაოდენობა. კომპონენტების რაოდენობა პირდაპირ გავლენას ახდენს 3D ვიზუალიზაციის აპლიკაციის გამართულ მუშაობაზე. რაც უფრო მეტია მათი რაოდენობა, აპლიკაციის ჩატვირთვის დრო იზრდება. ამიტომ საჭიროა მათი რაოდენობის შემცირება. ობიექტების შემცირება ხდება 2 კრიტერიუმის მიხედვით:

- 1) ნაკლებად ხილული კომპონენტების წაშლა და
- 2) 3D ობიექტების გაერთიანება.

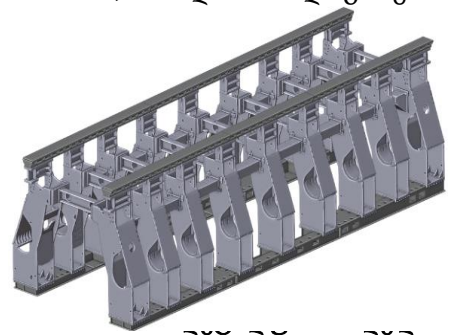
პირველი კრიტერიუმი გულისხმობს შემდეგს: უნდა განხორციელდეს იმ კომპონენტების იდენტიფიცირება, რომლებიც ნაკლებად ხილულია. (მაგ., ობიექტი შეიძლება იყოს დაფარული სხვა დეტალით, ან ზომი იყოს ძალიან პატარა და ა.შ.) შემდეგ ხდება მათი წაშლა ანაწყობიდან. მეორე კრიტერიუმის მიხედვით კი ხდება დარჩენილი ობიექტების გაერთიანება.

მე-2 ნახაზზე მოცემულია დეტექტორის ერთ-ერთი კომპონენტის “feet”-ის დეტალური მოდელი.

დეტალურ მოდელში ობიექტების რაოდენობა არის 5`629, ხოლო პოლიგონების რაოდენობა კი 3`588`892. რაც შეეხება პირველი კრიტერიუმით გამარტივებულ 3D მოდელს (ნახ.3) მისი ობიექტების რაოდენობა არის 1, ხოლო პოლიგონების რაოდენობა - 1`507`712.

პირველი კრიტერიუმის მიხედვით განხორციელდა feet-ის გეომეტრიული აღწერის გამარტივება ისე, რომ მისი გარეგნული იერსახე არ დამახინჯებულა.

რაც შეეხება პირველი კრიტერიუმით გამარტივებულ 3D მოდელს (ნახ.3), მისი ობიექტების რაოდენობა არის 1, ხოლო პოლიგონების რაოდენობა - 1`507`712.





ნახ. 3. პირველი კრიტერიუმით გამარტივებული feet

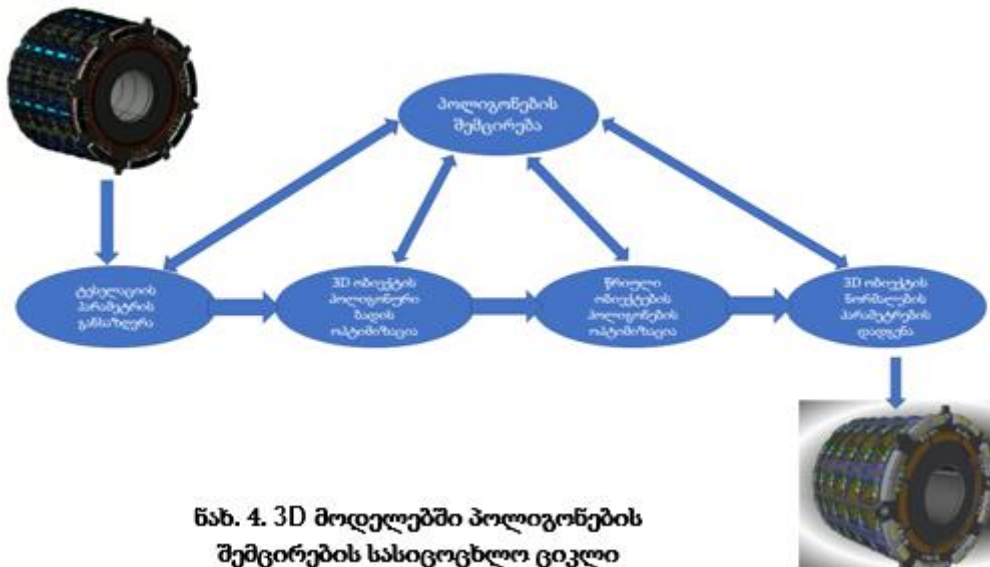
რაც შეეხება პირველი კრიტერიუმით გამარტივებულ 3D მოდელს (ნახ.3) მისი ობიექტების რაოდენობა არის 1, ხოლო პოლიგონების რაოდენობა - 1`507`712.

მე-2 მეთოდით გეომეტრიული აღწერების გამარტივება გულისხმობს პოლიგონების შემცირებას. აღნიშნული მეთოდისთვის განისაზღვრა 4 კრიტერიუმი:

- 1) ტესელაციის პარამეტრის განსაზღვრა;
- 2) 3D ობიექტის პოლიგონური ბადის ოპტიმიზაცია;
- 3) წრიული ობიექტების პოლიგონების ოპტიმიზაცია;
- 4) 3D ობიექტის ნორმალების პარამეტრების დადგენა (ნახ.4).

1-ლი კრიტერიუმში ტესელაციის პარამეტრად განისაზღვრა 0.01. ტესელაცია არის პროცესი, რომლის დროსაც დიდი გეომეტრიული ფიგურა იყოფა უფრო მცირე, რეგულარულ ფორმებად (როგორცაა სამკუთხედები, კვადრატები, ან სხვა მრავალკუთხედები) ისე, რომ ეს ფორმები არ ტოვებენ ცარიელ ადგილს და არ ფარავენ ერთმანეთს ზედმეტად. ამ ტექნიკას ფართოდ იყენებენ კომპიუტერულ გრაფიკაში და 3D მოდელირებაში ობიექტების ზედაპირის გამოსახვისა და წარმოჩენისას [7].

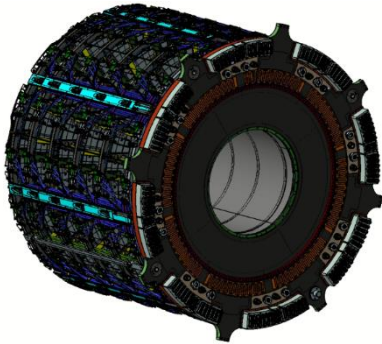
მე-2 კრიტერიუმი - 3D ობიექტის პოლიგონური ბადის ოპტიმიზაცია არის პროცესი, რომლის მიზანია ობიექტის გეომეტრიული აღწერის გამარტივება, ისე რომ მისი ვიზუალური ხარისხი დიდად არ დაზიანდეს. ეს ოპტიმიზაცია განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია



ნახ. 4. 3D მოდელებში პოლიგონების შემცირების სასიცოცხლო ციკლი

კომპიუტერული გრაფიკის, თამაშების, ანიმაციის, და რეალურ დროში მუშაობის აპლიკაციებისთვის, სადაც გრაფიკული რესურსების მაქსიმალური ეფექტურობაა საჭირო. ამ პროცესის მიმდინარეობისას ხორციელდება ზედმეტი წერტილების და ხაზების იდენტიფიცირება და წაშლა.

მე-3 კრიტერიუმი - წრიული ობიექტების პოლიგონების ოპტიმიზაცია, 3D მოდელირებაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია, რადგან მაღალი პოლიგონების რიცხვი ზრდის გრაფიკული სისტემის დატვირთვას, შესაბამისად ამ დროს ხდება წრიულ ზედაპირზე წერტილების შემცირება, რაც პოლიგონების შემცირებას იწვევს.

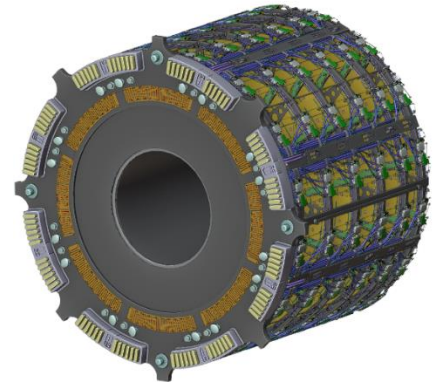


ნახ. 5. Strip EndCap დეტექტორი

ნახ. 5-ზე წამოდგენილია ITK დეტექტორის ქვე-დეტექტორი Strip EndCap-ის დეტალური მოდელი. რომლის პოლიგონების რაოდენობა არის - 24`226`740, ხოლო ობიექტების რაოდენობა კი 270`714. განხორციელდა მისი გამარტივება ჩვენს მიერ დამუშავებული მეთოდის გამოყენებით, შედეგად გამარტივებული მოდელი შედგება 1`339`894 პოლიგონისგან და 1 ობიექტისგან (ნახ.6), რაც იმას ნიშნავს, რომ მისი პოლიგონების რაოდენობა შემცირდა დაახლოებით -94,5%-ით.

მე-4 კრიტერიუმი - 3D ობიექტის ნორმალების პარამეტრების დადგენა, ითვალისწინებს პოლიგონებს შორის დახრის კუთხის 30° დან 45° მდე გაზრდას, რაც იწვევს 3D მოდელის ვიზუალური მხარის გაუმჯობესებას.

მეთოდის აპრობაცია განხორციელდა ატლასის დეტექტორის სხვადასხვა სტრუქტურებზე, მათ შორის ITK დეტექტორზე. ნახ. 5-ზე წამოდგენილია ITK დეტექტორის ქვე-დეტექტორი Strip EndCap-ის დეტალური მოდელი. რომლის პოლიგონების რაოდენობა



ნახ.6 Strip EndCap გამარტივებული დეტექტორი

ზემოაღნიშნული მეთოდით დამუშავდა ატლასის დეტექტორის ყველა სტრუქტურა: მაგნიტური სისტემა; ITK დეტექტორი; კალორიმეტრემის სისტემა; მიონური სისტემა; შილდინგების სისტემა; სერვისები; პლატფორმები; კავერნა.

გამარტივების პარამეტრები

ცხრ. 1

	დეტალური		გამარტივებული		სხვაობა/%
	ობიექ. რაოდ.	პოლიგ. რაოდ.	ობიექ. რაოდ.	პოლიგ. რაოდ.	
Strip EndCap PP1	271`916	9`161`656	1	28`824	97.04
Outer Cylinder	16	56`544	1	11`264	80.08
Pixel PP1	563	828`346	1	62`417	92.46
Strip EndCap	270`714	24`226`740	1	1`339`894	94.46

ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი მათგანის გამარტივების პარამეტრები, საიდანაც დგინდება, რომ პოლიგონების საშუალო პროცენტული სხვაობა დეტალურ და გამარტივებულ გეომეტრიულ აღწერებს შორის შეადგენს 90.01%, რაც განაპირობებს იმას, რომ ვიზუალიზაციის აპლიკაციები რომლებიც იყენებენ ზემოთ განხილული მეთოდით გამარტივებულ 3D გეომეტრიულ აღწერებს, მუშაობენ შეფერხების გარეშე. ქვემოთ მოცემულ ლინკებზე შეგიძლიათ იხილოთ 3D ვებ აპლიკაციები რომლებიც სტატიაში განხილული გამარტივების მეთოდების მიხედვით დამუშავებულ 3D მოდელებს იყენებენ:

- Tracer Core - <https://tracer-core.web.cern.ch/>
- Tracer ARB - <https://tracer-arb.web.cern.ch/>
- Tracer VR - <https://tracer-vr.web.cern.ch/>
- ITK Viewer - <https://itk-viewer.web.cern.ch/>
- Atlas Viewer - <https://atlas-viewer.web.cern.ch/>

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Laurie Annis. Blender 3D for Jobseekcers. 2023
2. Jerald, Jason. The VR Book: Human-Centred Design for Virtual Reality. 2016
3. Peddie, Jon. Augmented Reality: Where We Will All Live. Springer, 2017

4. <https://humbingo.com/humbingo/artificial-intelligence/what-are-the-current-limitations-and-challenges-of-vr-technology/> - უკანასკნელად გადამოწმებულ იქნა 18.10.2024
5. Augmented Reality: Principles and Practice. Dieter Schmalstieg, Tobias Hollerer. 2016
6. Loeb, Arthur L. Polyhedra: Surfaces or solids. 2013
7. Computer Graphics: Principles and Practice" (3rd Edition) by John F. Hughes, Andries van Dam, Morgan McGuire, et al

Development of methods for simplifying 3D geometric descriptions for visualization applications

Besik Kekelia, Aleksandr Alikhanov

Nuclear Engineering Centre of GTU

bkekelia@cern.ch; aleksandr.alikhanov@cern.ch

Abstract

3D graphics is a complex and versatile field that involves creating and rendering three-dimensional objects in virtual space, utilizing mathematics, geometry, and computer graphics technologies. It is one of the fastest-growing sectors today and finds applications across various industries, including film and animation, video games, engineering and architecture, advertising, and special effects. 3D modeling requires specialized software such as Blender, Catia, SolidWorks, ArchiCAD, Autodesk Maya, 3ds Max, and Cinema 4D. These tools allow the creation of 3D models, animation, texturing, and rendering. Professionals in this field possess both technical skills and creative thinking, enabling them to produce impressive and functional 3D visuals. Apart from traditional uses, 3D modeling is extensively applied in Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies and 3D visualization web applications. Web applications play a significant role in making 3D graphics technology accessible to the masses. The simplification of 3D geometric descriptions for visualization applications ensures that models load and function efficiently on web platforms, overcoming technical limitations and optimizing performance for VR and AR environments.

Keywords: 3D modeling, virtual reality (VR), 3D web visualization, augmented reality (AR).

ბინარულ მიმართებათა სრული ნახევარჯგუფების იდემპოტენტური ელემენტები

ომარ გივრადე, ალექსანდრე ბაკურიძე, თენგიზ დიდმანიძე

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

Omar.givradze@bsu.edu.ge, a.bakuridze@bsu.edu.ge, didmanidzetengiz@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია $\Sigma_1(X, 4)$ და $\Sigma_2(X, 4)$ კლასების ნახევარმესერებით განსაზღვრული გაერთიანებათა სრული $B_X(D)$ ნახევარჯგუფების იდემპოტენტური ელემენტები: მოცემულია მათი აღწერა; სასრული ნახევარჯგუფების შემთხვევაში მიღებულია იდემპოტენტურ ელემენტთა რაოდენობის გამოსათვლელი ფორმულები.

საკვანძო სიტყვები: ნახევარჯგუფი, ნახევარმესერი, იდემპოტენტური ელემენტი.

1. შესავალი

როგორც ცნობილია, ბინარული მიმართებები დიდ გამოყენებას პოულობენ როგორც მათემატიკურ, ასევე სხვა მეცნიერებებში, როგორებიცაა მათემატიკური ლინგვისტიკა, კომპიუტერული მეცნიერებები, ბიოლოგია, ავტომატთა თეორია, გრაფთა თეორია, კვანძთა თეორია და სხვა. ბინარულ მიმართებათა ალგებრა და მესერთა თეორია მჭიდროდ არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან, რის გამოც მათი პრობლემები შეიძლება გადაჭრილი იქნას ამ კავშირის

გათვალისწინებით. ცნობილია, რომ ნებისმიერი ნახევარჯგუფი იზომორფულად ჩაიდგმება რაიმე სიმრავლეზე ბინარულ მიმართებათა ნახევარჯგუფში, ამიტომ გამართლებულია ბინარულ მიმართებათა ნახევარჯგუფების ქვენახევარჯგუფთა შესწავლა. ნახევარჯგუფთა შესწავლა უფრო საინტერესო ხდება, როცა შეისწავლება არა ცალკეული ნახევარჯგუფები, არამედ ბინარულ მიმართებათა ნახევარჯგუფების კლასები. ამ კლასთა აბსტრაქტული მახასიათებლის პოვნა განსაზღვრავს ალგებრულ ოპერაციათა თეორიის რომელიღაც მიმართულებას. მიყვებით რა ამ გზას, ჩვენ შევისწავლით ბინარულ მიმართებათა ნახევარჯგუფების ისეთ კლასებს, რომელთა ელემენტები განისაზღვრებიან $\Sigma_1(X, 4)$ და $\Sigma_2(X, 4)$ კლასების ნახევარმესერებით. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ გაერთიანების სრული X -ნახევარმესერები მნიშვნელოვან ინფორმაციას ატარებენ მათ მიერ განსაზღვრული ნახევარჯგუფების შესახებ.

მეთოდოლოგია: ნაშრომში გამოიყენება ნახევარჯგუფთა თეორიის, მესერთა თეორიის, სიმრავლეთა თეორიისა და კომბინატორიკის მეთოდები.

2. ნაშრომის ძირითადი ნაწილი

ვთქვათ X ნებისმიერი არაცარიელი სიმრავლეა და D არის X სიმრავლის ქვენსიმრავლეთა რაღაც სიმრავლე, რომელიც ჩაკეტილია D სიმრავლის ელემენტთა თეორიულ-სიმრავლური გაერთიანების ოპერაციის მიმართ. ასეთ D სიმრავლეს ვუწოდებთ გაერთიანების სრულ X -ნახევარმესერს.

X სიმრავლის D სიმრავლეში ყოველ f ასახვას შევუსაბამოთ α_f ბინარული მიმართება, განსაზღვრული შემდეგი პირობით: $\alpha_f = \bigcup_{x \in X} (\{x\} \times f(x))$. ყველა ასეთ α_f ბინარული მიმართება

$B_X(D)$ სიმრავლე ქმნის ნახევარჯგუფს ბინარულ მიმართებათა გამრავლების ოპერაციის მიმართ, რომელსაც ეწოდება გაერთიანების სრული X -ნახევარმესერით განსაზღვრულ ბინარულ მიმართებათა სრული ნახევარჯგუფი (მოკლედ $B_X(D)$ ნახევარჯგუფი).

მტკიცდება, რომ ნებისმიერი ნახევარჯგუფი შეიძლება იზომორფულად ჩაიდგას რაიმე X სიმრავლეზე ბინარულ მიმართებათა სრულ $B_X(D)$ ნახევარჯგუფში. ამრიგად, $B_X(D)$ ნახევარჯგუფების შესწავლით ფაქტობრივად შეისწავლება ყველა ნახევარჯგუფი.

ვთქვათ, X ნებისმიერი არაცარიელი სიმრავლეა, ხოლო $D = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$, სადაც $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 \subseteq X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Z_1 \subset Z_3, Z_2 \subset Z_3, Z_1 \cup Z_2 = Z_3$ და $Z_3 \subset Z_4$ ($Z \subset Z'$ ჩანაწერის ქვეშ ვგულისხმობთ, რომ $Z \subseteq Z'$ და $Z \neq Z'$). ცხადია, D არის გაერთიანების სრული X -ნახევარმესერი. ამ ნახევარმესერის Z_1 და Z_2 ელემენტებისათვის გვექნება ორი შემთხვევა: $Z_1 \cap Z_2 \neq \emptyset$ და $Z_1 \cap Z_2 = \emptyset$. პირველ შემთხვევაში ვიტყვით, რომ D ნახევარმესერი ეკუთვნის $\Sigma_1(X, 4)$ კლასს, მეორე შემთხვევაში კი $\Sigma_2(X, 4)$ კლასს.

შევნიშნოთ რომ $\Sigma_1(X, 4)$ და $\Sigma_2(X, 4)$ კლასის ნახევარმესერებით განსაზღვრული $B_X(D)$ ნახევარჯგუფის ყოველი α ელემენტი ცალსახად შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\alpha = (Y_1 \times Z_1) \cup (Y_2 \times Z_2) \cup (Y_3 \times Z_3) \cup (Y_4 \times Z_4),$$

სადაც $Y_i \subseteq X$, $Y_j \cap Y_k = \emptyset$, როცა $j \neq k$ ($i, j, k \in \{1, 2, 3\}$). $j \neq k$ α ელემენტის ასეთ ჩაწერას ვუწოდებთ α -ს ნორმალურ წარმოდგენას.

სამართლიანია შემდეგი შედეგები:

თეორემა 1. ვთქვათ, $D = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ არის $\Sigma_1(X, 4)$ კლასის ნახევარმესერი. $B_X(D)$ ნახევარჯგუფის α ელემენტი არის ამ ნახევარჯგუფის იდემპოტენტური ელემენტი მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა ის აკმაყოფილებს შემდეგი სამი პირობიდან ერთ-ერთს:

- 1) $\alpha = X \times Z_i$, სადაც $i \in \{1, 2, 3, 4\}$;
- 2) $\alpha = (Y \times Z_i) \cup ((X \setminus Y) \times Z_j)$, სადაც $i \in \{1, 2, 3\}$, $j \in \{3, 4\}$, $i < j$, $Y \subset X$ და აკმაყოფილებს პირობებს: $Y \supseteq Z_i$ და $Z_i \setminus Y \neq \emptyset$;
- 3) $\alpha = (Y_1 \times Z_i) \cup (Y_2 \times Z_3) \cup (X \setminus (Y_1 \cup Y_2) \times Z_4)$, სადაც $i \in \{1, 2\}$, $Y_1, Y_2 \subset X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$, $Y_1 \supseteq Z_i$, $Y_1 \cup Y_2 \supseteq Z_3$, $Y_2 \cap Z_3 \neq \emptyset$ და $Z_4 \setminus (Y_1 \cup Y_2) \neq \emptyset$.

შედეგი 1. $\Sigma_1(X, 4)$ კლასის $D = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ ნახევარმესერით განსაზღვრული სასრული $B_X(D)$ ნახევარჯგუფის ყველა იდემპოტენტური ელემენტების რაოდენობა I გამოითვლება ფორმულით:

$$I = 4 + 2^{|X \setminus Z_1|+1} + 2^{|X \setminus Z_2|+1} - 2^{|X \setminus Z_3|} - 3 \cdot 2^{|X \setminus Z_4|} + 3^{|X \setminus Z_4|} \cdot (3^{|Z_4 \setminus Z_3|} - 2^{|Z_4 \setminus Z_3|}) \cdot (2^{|Z_3 \setminus Z_1|} + 2^{|Z_3 \setminus Z_2|} - 2).$$

თეორემა 2. ვთქვათ, $D = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ არის $\Sigma_2(X, 4)$ კლასის ნახევარმესერი. $B_X(D)$ ნახევარჯგუფის α ელემენტი არის ამ ნახევარჯგუფის იდემპოტენტური ელემენტი მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა ის აკმაყოფილებს შემდეგი პირობებიდან ერთ-ერთს:

- 1) $\alpha = X \times Z_i$, სადაც $i \in \{1, 2, 3, 4\}$;
- 2) $\alpha = (Y \times Z_i) \cup ((X \setminus Y) \times Z_j)$, სადაც $i \in \{1, 2, 3\}$, $j \in \{3, 4\}$, $i < j$, $Y \subset X$ და აკმაყოფილებს პირობებს: $Y \supseteq Z_i$ და $Z_i \setminus Y \neq \emptyset$;
- 3) $\alpha = (Y_1 \times Z_i) \cup (Y_2 \times Z_3) \cup (X \setminus (Y_1 \cup Y_2) \times Z_4)$, სადაც $i \in \{1, 2\}$, $Y_1, Y_2 \subset X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$, $Y_1 \supseteq Z_i$, $Y_1 \cup Y_2 \supseteq Z_3$, $Y_2 \cap Z_3 \neq \emptyset$ და $Z_4 \setminus (Y_1 \cup Y_2) \neq \emptyset$;
- 4) $\alpha = (Y \times Z_1) \cup ((X \setminus Y) \times Z_2)$, სადაც $Y \subset X$ და აკმაყოფილებს პირობებს: $Z_1 \subseteq Y \subseteq X \setminus Z_2$;
- 5) $\alpha = (Y_1 \times Z_1) \cup (Y_2 \times Z_2) \cup (X \setminus (Y_1 \cup Y_2) \times Z_3)$, სადაც $Y_1, Y_2 \subset X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$, $Z_1 \subseteq Y_1 \subseteq X \setminus Z_2$, $Z_2 \subseteq Y_2 \subseteq X \setminus Z_1$ და $Y_1 \cup Y_2 \neq X$;
- 6) $\alpha = (Y_1 \times Z_1) \cup (Y_2 \times Z_2) \cup (X \setminus (Y_1 \cup Y_2) \times Z_4)$, სადაც $Y_1, Y_2 \subset X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$, $Z_1 \subseteq Y_1 \subseteq X \setminus Z_2$, $Z_2 \subseteq Y_2 \subseteq X \setminus Z_1$ და $Z_4 \setminus (Y_1 \cup Y_2) \neq \emptyset$;
- 7) $\alpha = (Y_1 \times Z_1) \cup (Y_2 \times Z_2) \cup (Y_3 \times Z_3) \cup (X \setminus (Y_1 \cup Y_2 \cup Y_3) \times Z_4)$, სადაც $Y_1, Y_2, Y_3 \subset X$ და აკმაყოფილებენ პირობებს: $Y_i \cap Y_j = \emptyset$, როცა $i \neq j$ ($i, j \in \{1, 2, 3\}$); $Y_3 \neq \{\emptyset, X\}$, $Z_1 \subseteq Y_1 \subseteq X \setminus Z_2$, $Z_2 \subseteq Y_2 \subseteq X \setminus Z_1$ და $Z_4 \setminus (Y_1 \cup Y_2 \cup Y_3) \neq \emptyset$.

შედეგი 1. $\Sigma_2(X, 4)$ კლასის $D = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ ნახევარმესერით განსაზღვრული სასრული $B_X(D)$ ნახევარჯგუფის ყველა იდემპოტენტური ელემენტების რაოდენობა I გამოითვლება ფორმულით:

$$I = 4 + 2^{|X \setminus Z_1|+1} + 2^{|X \setminus Z_2|+1} - 2^{|X \setminus Z_3|} - 3 \cdot 2^{|X \setminus Z_4|} + \\ + 3^{|X \setminus Z_4|} \cdot (3^{|Z_4 \setminus Z_3|} - 2^{|Z_4 \setminus Z_3|}) \cdot (2^{|Z_3 \setminus Z_1|} + 2^{|Z_3 \setminus Z_2|} - 2) + \\ + 4^{|X \setminus Z_4|} \cdot (4^{|Z_4 \setminus Z_3|} - 3^{|Z_4 \setminus Z_3|}).$$

3. დასკვნა

ნაშრომში განვიხილეთ $\Sigma_1(X, 4)$ და $\Sigma_2(X, 4)$ კლასების ნახევარმესერებით განსაზღვრული გაერთიანებათა სრული ნახევარჯგუფების იდემპოტენტური ელემენტების აღწერა და მათი რაოდენობის გამოსათვლელი ფორმულები. მიღებულ შედეგებს გამოყენება აქვს როგორც ბინარულ მიმართებათა ნახევარჯგუფებში, ასევე მეცნიერებათა იმ დარგებში, რომელთაც კავშირი აქვთ ნახევარჯგუფთა თეორიასთან.

ლიტერატურა:

- Diasamidze Y., Makharadze Sh. Complete semigroups of binary relations. Turkey, Kriter, 2013.
 Givradze O. Some Properties of Semigroup $B_X(D)$, Defined by Semilattice of Class $\Sigma_1(X, 4)$. Proc. A. Razmadze Inst. 131. 2003.
 Givradze O. The Number of Equivalences on a Finite Set. Proc. A. Razmadze Inst. 131, 2003.

Idempotent Elements of Complete Semigroup of Binary Relations

Omar Givradze, Aleksandre Bakuridze, Tengiz Didmanidze

Batumi Shota Rustaveli State University

Omar.givradze@bsu.edu.ge, a.bakuridze@bsu.edu.ge, didmanidzetengiz@gmail.com

Abstract

The idempotent elements of the semigroups $B_X(D)$ defined by semilattices of the class $\Sigma_1(X, 4)$ and $\Sigma_2(X, 4)$ are discussed in the paper: Their description is given; In the case of finite semigroups, the formulas for calculating the number of idempotent elements are obtained.

Key Words: Semigroup, Semilattice, Idempotent Element.

მარკეტინგის სამსახურის მენეჯერების გამოკითხვის შედეგების დამუშავება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით

ანა გერგაული, მედეა თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

gergauli.ana@gtu.ge, medeat@gtu.ge, saltkhutsishvilimaia08@gtu.ge

რეზიუმე

ადამიანური რესურსების მართვის დეპარტამენტი ორგანიზაციის ფუნქციონირების უმნიშვნელოვანესი ნაწილია, ვინაიდან ის უზრუნველყოფს ორგანიზაციაში კადრების შერჩევას, შეფასებას, ტრენინგსა და განვითარებას. სწორად შერჩეული თანამშრომელი კი მთლიანი ორგანიზაციის განვითარების და მის წინაშე დასახული მიზნების მიღწევის საწინდარია. ხელოვნური ინტელექტი, მათ შორის ხელოვნური ნეირონული ქსელების მოდელები, აქტიურად

გამოიყენება პერსონალის შერჩევისა და შეფასების პროცესში, რაც გაცილებით ამარტივებს და გარკვეულწილად აუმჯობესებს გადაწყვეტილების მიღების პროცესს. წინამდებარე სტატიაში განხილული კვლევა მიზნად ისახავდა ხელოვნური ნეირონული ქსელის მოდელის შემავალი პარამეტრების, კერძოდ მარკეტინგის მენეჯერებისთვის საჭირო უნარებისა და პიროვნული მახასიათებლების, განსაზღვრას. ამისათვის გამოყენებული იყო ფოკუს-ჯგუფის მეთოდი, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს მარკეტინგის მენეჯერებმა. მიღებული პარამეტრების საფუძველზე, შემდგომ ჩატარდა სხვადასხვა ორგანიზაციაში მომუშავე მარკეტინგის სპეციალისტებისა და მენეჯერების გამოკითხვა, რომლის ფარგლებშიც გაიზომა ის, თუ რამდენად ახასიათებთ ფოკუს ჯგუფის მიერ ჩამოყალიბებული პარამეტრები მენეჯერებს და აღნიშნული პარამეტრების კავშირი შრომით კმაყოფილებასთან. რაოდენობრივი კვლევის შედეგები დამუშავდა სტატისტიკური პროგრამა SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.23 გამოყენებით, სიხშირული, კორელაციური და რეგრესიული ანალიზის მეთოდებით. გამოვლინდა კორელაციები კვლევაში გამოყენებულ სკალებს შორის და მათი სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი გავლენა შრომით კმაყოფილებაზე, მოცემულია შესაბამისი დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება, მარკეტინგის მენეჯერების გამოკითხვა.

1. შესავალი

ორგანიზაციებში პერსონალის შერჩევის პროცესი დიდ გამოწვევებთან არის დაკავშირებული იმ მხრივ, რომ უნდა შეირჩეს სამუშაოს მოთხოვნებთან შესაბამისი უნარებისა და გამოცდილების მქონე პერსონალი (Masum, Beh, Azad, & Hoque, 2018; Zdravković, Panetto, & Weichhart, 2021). აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად ჩატარდა კვლევა, რომელიც მოიცავდა ფოკუს-ჯგუფის ჩატარებას მარკეტინგის დეპარტამენტის მენეჯერების მონაწილეობით. მარკეტინგის დეპარტამენტი შევარჩიეთ, ვინაიდან ის არის ორგანიზაციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ერთეული. კვლევის მიზანს წამოადგენდა შესწავლილიყო მარკეტინგის მენეჯერის პოზიციისთვის სამუშაოს მაღალპროფესიონალურ დონეზე შესასრულებლად მნიშვნელოვანი ტექნიკური უნარები, პიროვნული მახასიათებლები და სხვა რბილი უნარები, რის საფუძველზეც შეიქმნებოდა შესაბამისი კითხვარი და შემდგომ გაიგზავნებოდა მარკეტინგის სპეციალისტებთან იმის დასადგენად, თუ რამდენად აკმაყოფილებენ ისინი ფოკუს-ჯგუფის მიერ ჩამოყალიბებულ პარამეტრებს და რამდენად რეალურია მიღებული პარამეტრები მარკეტინგის მენეჯერების და მათ მიერ შესრულებული სამუშაოს შესაფასებლად. კერძოდ, ფოკუს-ჯგუფის რესპოდენტებს შორის იყვნენ სხვადასხვა ორგანიზაციაში დასაქმებული 26-დან 35 წლამდე ასაკის, ციფრული, პროდუქტის და პროექტის მარკეტინგის მენეჯერები.

2. მეთოდოლოგია

აღნიშნული კვლევის განხორციელების მიზნით გამოყენებული იყო თვისებრივი და რაოდენობრივი მეთოდები. თვისებრივი მეთოდებიდან - ფოკუს ჯგუფის მეთოდი, ხოლო რაოდენობრივი მეთოდებიდან - წინასწარ სტრუქტურირებული კითხვარი ღია და დახურული კითხვებით. ფოკუს ჯგუფის მონაწილეთა პასუხები დამუშავდა კონტენტ ანალიზის მეთოდით. კითხვარი ონლაინ გაიგზავნა Google Forms-ის ფორმით მარკეტინგის მენეჯერებთან და სპეციალისტებთან, ხოლო მიღებული შედეგები დამუშავდა სტატისტიკური პროგრამა SPSS v.23 -ის გამოყენებით.

3. ძირითადი ნაწილი

სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული კვლევების თანახმად, დღესდღეობით მარკეტინგის მენეჯერებისთვის სამუშაოს კარგად შესასრულებლად, მნიშვნელოვანია გააჩნდეთ ისეთი უნარები, როგორცაა კრიტიკული აზროვნება, კრეატიულობა, ემოციური ინტელექტი, გადაწყვეტილების მიღება და მოლაპარაკების ეფექტიანად წარმართვა, შედეგზე ორიენტაცია, მოტივაცია, ეთიკა, ასერტიულობა, გუნდური მუშაობა, ცვლილებებისადმი ღიაობა და სხვა (Santos, და სხვ., 2021; WEF, 2018). თუმცა საინტერესო იყო თუ რა მოთხოვნები იყო ამ მხრივ საქართველოში. ამ მიზნით ჩატარებული ფოკუს ჯგუფის მიერ განსაზღვრული უნარები, მახასიათებლები გაერთიანდა შემდეგ ჯგუფებად: ტექნიკური უნარები, პიროვნული მახასიათებლები, რბილი უნარები.

აღნიშნული ჯგუფები, თავის მხრივ, დაიყო ქვეკატეგორიებად, როგორცაა მაგალითად, საოფისე ინსტრუმენტების ცოდნა, ციფრული მარკეტინგი და ანალიტიკა, სოც. ქსელის მენეჯმენტი, პროექტების მენეჯმენტი, ინტერპერსონალური უნარები, ლიდერული უნარები, გადაწყვეტილების მიღება, სამუშაო ჩვევები და პრაქტიკა და სხვა. ის პიროვნული მახასიათებლები, რომლებიც ჩამოთვალეს ფოკუს ჯგუფის მონაწილეებმა, საბოლოო ჯამში, დაჯგუფდა დიდი ხუთეულის ფაქტორებად: ემოციური სტაბილურობა, ექსტრავერსია, გამოცდილებისადმი ღიაობა, თანხმობისადმი მზაობა და კეთილსინდისიერება.

პიროვნული მახასიათებლების გასაზომად შერჩეულ იქნა კოსტა და მაკკრეის მიერ შემუშავებული დიდი ხუთეულის საზომი კითხვარი NEO-FFI (Costa & McCrae, 1992), ტექნიკური უნარების გასაზომად სპეციალურად აღნიშნული კვლევისთვის თავად ჩამოვყალიბეთ შესაბამისი კითხვარი.

გამოკითხვაში მონაწილეთაგან 64% იყო მდებრობითი, ხოლო 36% მამრობითი სქესის. გამოკითხვის შედეგად მიღებული მონაცემები დამუშავდა სტატისტიკური პროგრამა SPSS v23. - ის გამოყენებით. გამოკითხულთა უმეტესობა დასაქმებული იყო კერძო ორგანიზაციაში (88%) საშუალო რგოლის (56%), ზედა რგოლის (26%) ან ქვედა რგოლის (18%) მენეჯერად. გაიზომა სკალებს შორის კორელაციის კოეფიციენტები.

კერძოდ, საშუალო სიძლიერის კორელაცია გამოვლინდა ექსტრავერსიასა და გამოცდილებისადმი ღიაობას ($r = .406, p < .01$), თანხმობისადმი მზაობასა ($r = .301, p < .01$) და კეთილსინდისიერების სკალებს ($r = .357, p < .01$) შორის. ასევე საშუალო სიძლიერის კორელაცია თანხმობისადმი მზაობასა და კეთილსინდისიერებას შორის ($r = .434, p < .01$). სუსტი უარყოფითი კორელაცია ნეიროტიციზმსა და ერთი მხრივ, თანხმობისადმი მზაობასა ($r = -.191, p < .05$) და მეორე მხრივ, კეთილსინდისიერების ($r = -.277, p < .01$) სკალებს შორის (იხ.ცხრილი N1).

კორელაციების კოეფიციენტები სკალებს შორის				ცხრ.1	
		ნეიროტიციზმის სკალა	ექსტრავერსიის სკალა	გამოცდილებისადმი ღიაობის სკალა	თანხმობისადმი მზაობის სკალა
ნეიროტიციზმის სკალა	Pearson Correlation				
	Sig. (2-tailed)				
ექსტრავერსიის სკალა	Pearson Correlation	0.145			
	Sig. (2-tailed)	0.077			

გამოცდილების ადმი ღიაობის სკალა	Pearson Correlation	-0.049	.406**		
	Sig. (2-tailed)	0.549	0		
თანხმობისადმი მზაობის სკალა	Pearson Correlation	-.191*	.301**	0.155	
	Sig. (2-tailed)	0.019	0	0.059	
პატოსნების/კეთილსინდისიერების სკალა	Pearson Correlation	-.277**	.357**	.174*	.434**
	Sig. (2-tailed)	0.001	0	0.034	0

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

სქესთა შორის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავება დაფიქსირდა ნეიროტიციზმის, თანხმობისადმი მზაობასა და კეთილსინდისიერების სკალებზე (იხ. ცხრილი N2).

ცხრილი 1. კვლევაში გამოყენებულ სკალების სქესთა შორის განსხვავება

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ნეიროტიციზმის სკალა	Equal variances assumed	1.304	.255	2.893	148	.004	4.156	1.436	1.318	6.995
	Equal variances not assumed			2.769	96.397	.007	4.156	1.501	1.177	7.136
ექსტრავერსიის სკალა	Equal variances assumed	5.872	.017	2.552	148	.012	2.25000	.88161	.50782	3.99218
	Equal variances not assumed			2.785	138.484	.006	2.25000	.80779	.65280	3.84720
გამოცდილებისადმი ღიაობის სკალა	Equal variances assumed	.481	.489	1.891	148	.061	1.74884	.92471	-.07850	3.57619
	Equal variances not assumed			1.921	115.151	.057	1.74884	.91044	-.05454	3.55223
თანხმობისადმი მზაობის სკალა	Equal variances assumed	1.548	.215	3.848	148	.000	3.68981	.95886	1.79500	5.58463
	Equal variances not assumed			3.582	88.904	.001	3.68981	1.02999	1.64321	5.73642
კეთილსინდისიერების სკალა	Equal variances assumed	4.441	.037	2.841	148	.005	2.62847	.92506	.80044	4.45650
	Equal variances not assumed			2.639	88.279	.010	2.62847	.99612	.64898	4.60796

რეგრესიული ანალიზის გზით, კერძოდ ordinal regression მეთოდით, შემოწმდა პიროვნული მახასიათებლებისა და განათლების დონის დამოკიდებულება მენეჯერების სამუშაო პოზიციაზე

(ქვედა, საშუალო და ზედა რგოლი). შედეგებმა ცხადყო, რომ აღნიშნული მოდელი სტატისტიკურად სანდოა ($\chi^2 = 58.42$, $df = 9$, $p < .01$). შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ მენეჯერის სამუშაო პოზიციაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მისი განათლების დონე და ფოკუს ჯგუფის მიერ ჩამოყალიბებული პიროვნული მახასიათებლები.

4. დასკვნა

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ფოკუს ჯგუფის ჩატარების შედეგად ჩამოყალიბდა მარკეტინგის მენეჯერისათვის მნიშვნელოვანი ტექნიკური უნარებისა და პიროვნული მახასიათებლების მთელი რიგი ჩამონათვალი, რომელიც შემდგომ დაჯგუფდა და ჩატარდა გამოკითხვა. სტატისტიკურად სანდო სუსტი და საშუალო სიძლიერის კორელაცია აღმოჩნდა კვლევაში გამოყენებულ ზოგიერთ სკალას შორის. ასევე გამოვლინდა სქესთა შორის განსხვავება ნეიროტიციზმი – ემოციური სტაბილურობა, თანხმობისადმი მზაობისა და კეთილსინდისიერების სკალებზე. რეგრესიული ანალიზით დადგინდა, რომ განათლების დონისა და პიროვნული მახასიათებლები დადებით გავლენას ახდენს მარკეტინგის მენეჯერის მიერ დაკავებულ სამუშაო პოზიციაზე.

ლიტერატურა:

1. Costa, P., & McCrae, R. (1992). Neo PI-R professional manual. Psychological Assessment Resources, 396.
2. Masum, A.-K., Beh, L.-S., Azad, A.-K., & Hoque, K. (2018). Intelligent Human Resource Information System (i-HRIS): A Holistic Decision Support Framework for HR Excellence. The International Arab Journal of Information Technology, 15(1), 121-130.
3. Santos, G., Sá, J., Félix, M., Barreto, L., Carvalho, F., Doiro, M., et al. (2021). New Needed Quality Management Skills for Quality Managers 4.0. Sustainability, 13(11).
4. WEF. (2018). (World Economic Forum) The Future of Jobs survey.
5. Zdravković, M., Panetto, H., & Weichhart, G. (2021). AI-enabled Enterprise Information Systems for Manufacturing. Enterprise Information Systems, 1-53.

Processing the results of a survey of marketing managers using mathematical statistics methods

Ana Gergauli, Medea Tevdoradze, Maia Saltkhutsishvili
Georgian Technical University

gergauli.ana@gtu.ge, medeat@gtu.ge, saltkhutsishvilimaia08@gtu.ge

Abstract

The human resource management department is one of important part of the organization's functioning, since it ensures the selection, evaluation, training and development of personnel in the organization. A properly selected employee is a prerequisite for the development of the entire organization and the achievement of its goals. Artificial intelligence, including models of artificial neural networks, is actively used in the process of personnel selection and evaluation, which greatly simplifies and somewhat improves the decision-making process. The research discussed in this article aimed to determine the input parameters of the artificial neural network model, namely the skills and personal characteristics required for marketing managers. For this, the focus group method was used, in which marketing managers participated. Based on the received parameters, a survey of marketing specialists and managers working in different organizations was then conducted, within the framework of which it was measured to what extent the parameters established by the focus group characterize the managers and the relationship of the mentioned parameters with job satisfaction. Quantitative research results were processed using the statistical program SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.23, using frequency, correlation and regression analysis methods. Correlations between the scales used in the study and their statistically significant impact on job satisfaction were revealed, corresponding conclusions are given.

Keywords: Statistical processing of data, survey of marketing managers

ბითკოინი - ციფრული დეცენტრალიზებული ვალუტა

თინათინ კაიშაური, ია ირემადე, ანა ბუზალაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.kaishauri@gtu.ge, i.iremadze@gtu.ge, a.buzaladze@gtu.ge

რეზიუმე

ბითკოინი არის კრიპტოვალუტა და ციფრული საგადასახადო სისტემა, რომელიც შექმნა თუ შექმნეს ერთმა ან რამდენიმე პროგრამისტთა ჯგუფმა სახელწოდებით „სატოში ნაკამოტო“ (Satoshi Nakamoto). ეს სისტემა გაშვებული იყო ქსელში 2009 წელს, როგორც პროგრამული უზრუნველყოფა - ღია საწყისი კოდით. სისტემა ერთრანგიანი, რაც ნიშნავს, რომ ტრანზაქციები წარმოებს მომხმარებელთან შუამავლის გარეშე. ეს ტრანზაქციები მონიტორინგს გადიან ქსელურ კვანძებში და ჩაიწერება ყველასთვის ხელმისაწვდომ წიგნ-დავთარის საჯარო რეესტრში - ბლოკ-ჯაჭვებში. რადგან სისტემა მუშაობს ცენტრალური საცავის გარეშე ან ერთი ადმინისტრატორით, ბითკოინს უწოდეს პირველი დეცენტრალიზებული ციფრული ვალუტა. მოპოვებული ბითკოინებისთვის ჯილდოს მიღების მიღმა, იგი შეიძლება გაიცვალოს სხვა არსებულ მატერიალურ ვალუტაზე, პროდუქტებზე, სხვადასხვა სახის მომსახურებისათვის, მაგალითად: იურიდიული, ან და (სამწუხაროდ) შავ ბაზარზე. 2015 წლის თებერვლის მდგომარეობით, 100 ათასზე მეტმა გამყიდველმა საფასური ბითკოინებით მიიღო. 2017 წლის კემბრიჯის უნივერსიტეტის კვლევების თანახმად, არსებობს 2,9-5,8 მილიონი უნიკალური მომხმარებელი, რომელიც იყენებს კრიპტოვალუტის საფულეს, რომელთა შორის უმრავლესობა იყენებს ბითკოინებს.

საკვანძო სიტყვები: ბითკოინი, კრიპტოვალუტა, მაინინგი, ფორკები, პული, ტრანზაქციები

1. შესავალი

რას წარმოადგენს ბითკოინი (bitcoin, btc)? ეს არის დეცენტრალიზებული ციფრული ვალუტის ახალი თაობა, რომელიც შეიქმნა და მუშაობს მხოლოდ ინტერნეტ ქსელში. არავინ აკონტროლებს ამგვარ ვალუტას, ვალუტის ემისია ხდება მსოფლიო მასშტაბით მილიონობით კომპიუტერის მუშაობის შედეგად, რომლებიც იყენებენ მათემატიკური ალგორითმების გამომთვლელ პროგრამას. ამაში მდომარეობს ბითკოინების არსი.

ისმის ლოგიკური კითხვა: რა არის ბითკოინი და რა განასხვავებს მას ტრადიციული ელექტრონული ფულისგან, როგორც არის მაგალითად: webmoney, qiwi და ა.შ.?

ბითკოინებით შესაძლებელია ინტერნეტში შეიძინო ყველაფერი, რაც კი მოგესურვებათ, ისევე როგორც დოლარისა და ევროს მყარ ვალუტაში. როგორც ყველა ვალუტაზე ბითკოინებზეც მიმდინარეობს საბირჟო ვაჭრობები. თუმცა ბითკოინები, სხვა დანარჩენი არსებული ფულადი ფორმებისგან განსხვავებით ხასიათდება - დეცენტრალიზაციით. მსოფლიოს ვერც ერთი დაწესებულება ვერ აკონტროლებს ბითკოინს. ზოგიერთებს ბითკოინების ამგვარი „ქცევა“ აქცევს ჩიხში, რადგან ეს ნიშნავს, რომ - ვერც ერთი ბანკი ვერ გააკონტროლებს თქვენს ფულს.

როგორ შეიძლება შევქმნათ ბითკოინი?

პროგრამის შემქმელი მსოფლიოს წარუდგა როგორც Satoshi Nakamoto, მან შესთავაზა მსოფლიოს ელექტრონული გადახდის სისტემა, რომელსაც საფუძვლად მათემატიკური გამოთვლები უძევს. იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ - განხორციელდეს მონეტების გაცვლა ნებისმიერი ცენტრალური მონეტარული ძალაუფლების გარეშე, ელექტრონული სახით, მყისიერად, მინიმალური საპროცენტო დანახარჯებით.

მაგრამ, ვინ ზეჰდავს/აწარმოებს ბითკოინებს? არავინ!

ეს ვალუტა არ იბეჰდება ცენტრალური თუ ფედერალური ბანკების მიერ და არ მუშაობს მათი წესების შესაბამისად. ბანკს შეუძლია დაბეჰდოს იმდენი ფული, რამდენიც მოესურვება, იმისათვის რომ დაფაროს სახელმწიფო ვალი, რის შედეგადაც აუფასურებს საკუთარ ფულად ერთეულს. საპირისპირო აქტივობა შეინიშნება ბითკოინების შემთხვევაში. ბითკოინების ემისია შესაძლებელია მხოლოდ ციფრული სახით და ნებიმიერ მსურველს შეუძლია დაიწყოს მათი მოპოვება ან როგორც იტყვიან აწარმოოს ბითკოინების მაინინგი.

ბითკოინების მაინინგი ხდება განაწილებულ ქსელში, კომპიუტერული გამოთვლის სიმძლავრეების გამოყენებს საშუალებით. ბითკოინების გადარიცხვისას, ტრანზაქციები მუშავდება იგივე ქსელით, რომელიც ბითკოინს გადააქცევს დამოუკიდებელ ციფრულ გადახდისუნარიან სისტემადა.

ყველა ვინც იწყებს ბითკოინების თემის გაცნობას, უჩნდება სურვილი რომ მოიპოვოს იგი საკუთარი კომპიუტერით, და არ იყიდოს კრიპტოვალუტის ბირჟაზე და ა.შ. აქვე გაგიცრუებთ იმედის: 2-3 წლის წინ ეს შესაძლებელი იყო, მაგრამ დღესდღეობით ეს უკვე არარეალურია. მსხვილმა ინვესტორებმა დაინახეს რა ბითკოინების მაინინგისგან მოგების მიღების დიდი შესაძლებლობები, განახორციელეს დიდი ინვესტიციები სპეციალიზებული ჩიპების შექმნისა და წარებისათვის. ამან გამოიწვია ის, რომ შეიქმნა სპეციალიზებული დანადგარები, რომლებიც იწოდებიან - ASIC-ად (Application-Specific Integrated Circuit, „სპეციალური დანიშნულების ინტეგრალური სქემა“), რომელიც უშუალოდ არის განკუთვნილი კრიპტოვალუტის მაინინგისათვის. თუ კი მას შევადარებთ ჩვეულებრივ ოჯახის პერსონალურ კომპიუტერს, ბითკოინების მაინინგის სიჩქარე ASIC-ს მეშვეობით გაიზარდა ასჯერ, ბითკოინ ქსელის სიმძლავრის გამო, გაიზარდა კრიპტოვალუტის მოპოვების სირთულის დონე, რის გამოც უკვე ბითკოინების მოპოვება სტაციონარულ კომპიუტერებზე გახდა შეუძლებელი.



სურ. 1. ბითკოინების მაინინგის (მოპოვების) ქარხანა

ამის გამო, არაა საჭირო გაიფუჰოთ ხასიათი! ბითკოინს გააჩნია ღია საწყისი კოდი (სურათი. 2) ბითკოინების დამოუკიდებელმა შემქმნელებმა, დაიწყეს სხვადასხვაგვარი მიზნობრივი დანიშნულებისათვის, მრავალგვარი ალტენატიული კრიპტოვალუტის შექმნა/შემუშავება. ამგვარმა კრიპტოვალუტებმა დაიმკვიდრეს სახელი „ფორკები“ (Fork) ან „ალტკოინები“ (Altcoin).

კრიპტოვალუტის შემქმნელებს, საკუთარი მიზანი აქვს. ეს შეიძლება იყოს, მაგალითად: შესაძლებელი მონეტების დიდი რაოდენობა, გზავნილების სისწრაფე. ყველა ფორკს საკუთარი განმასხვავებელი ნიშანთვისება აქვს. მაგალითად, პოპულარობით მეორე ადგილზე მყოფი კრიპტოვალუტა - ეს ლაიტკოინია (LTC) ([litecoin](#)), ისიც ბითკოინის ერთ-ერთი პოპულარული ფორკია.

და რა აზრია ამაში ჩადებული? ყველაფერი უფრო მარტივად - იმის გამო, რომ ASIC-ჩიპები გამოიშვება მხოლოდ კრიპტოვალუტის მაინინგის დაშიფვრის სპეციალიზებული ალგორითმით, ისეთები როგორცაა SHA-256 (ბითკონი) და SCRYPT (ლაითკონი), ზოგიერთმა დამოუკიდებელმა კრიპტოვალუტის შემქმნელმა გამოუშვეს სხვა ალგორითმზე შექმნილი საკუთარი კრიპტოვალუტა, რომლისათვისაც საბაზო ASIC-მოწყობილობა არ არსებობს. ის იყო იმისათვის გაკეთებული, რომ ქსელის სიმძლავრე, და აქედან გამომდინარე ახალი ფორკის მოპოვების სირთულე არ გაზრდილიყო უზარმაზარ მნიშვნელამდე, ე.ი. შესაძლებელი კრიპტოვალუტის მაინინგის განხორციელება ჩვეულებრივ კომპიუტერებზე, ხოლო როგორ გავაკეთოთ და რამდენი მონეტა შეიძლება მოვიპოვოთ განვიხილოთ ქვემოთ.

ბითკონების მაინინგი საჩვენო არ არის (არ ყოფილა), მაგრამ არსებობენ სხვა კრიპტოვალუტები!

■ .github	Mention reporting security issues responsibly
■ .tx	qt: Set transifex slug to 0.14
■ build-aux/m4	Avoid printing generic and duplicated "checking for QT" during ./conf...
■ contrib	Merge #10626: doc: Remove outdated minrelatxfee comment
■ depends	[depends] expat 2.2.1
■ doc	Merge #9544: [trivial] Add end of namespace comments. Improve consist...
■ share	Slightly overhaul NSI pixmaps
■ src	Remove no longer used mempool.exists(outpoint)
■ test	Merge #10659: [qa] blockchain: Pass on closed connection during gener...
📄 .gitattributes	Separate protocol versioning from clientversion
📄 .gitignore	Use shared config file for functional and util tests
📄 .travis.yml	Merge #10509: Remove xvfb configuration from travis
📄 CONTRIBUTING.md	[doc] Add blob about finding reviewers.
📄 COPYING	[Trivial] Update license year range to 2017
📄 INSTALL.md	Update INSTALL landing redirection notice for build instructions.
📄 Makefile.am	Filter subtrees and benchmarks from coverage report
📄 README.md	Rename test/pull-tester/rpc-tests.py to test/functional/test_runner.py
📄 autogen.sh	Add MIT license to autogen.sh and share/genbuild.sh
📄 configure.ac	Merge #10565: [coverage] Remove subtrees and benchmarks from coverage...
📄 libbitcoinconsensus.pc.in	Unify package name to as few places as possible without major changes

სურ. 2 საწყისი კოდი

ამგვარად, რა არის საჭირო კრიპტოვალუტის მაინინგის განხორციელებლად, და საერთოდ - რის მოპოვებას დავიწყებთ? წარმოვადგინოთ ინსტრუქცია რამდენიმე ეტაპად:

1. მაინინგისათვის კრიპტოვალუტის შერჩევა;
2. მაინინგისათვის პულის (pool) შერჩევა;
3. მაინინგისათვის პროგრამის შერჩევა;
4. მაინინგისათვის გავმართოთ და გავუშვათ პროგრამა;
5. მოპოვებული მონეტების ბირჟის ან საკუთარ საფულეში გამოტანა.

განვიხილოთ ცალ-ცალკე თითოეული პუნქტი:

1. მაინინგისათვის კრიპტოვალუტის შერჩევა;

ნებისმიერი კრიპტოვალუტის მაინინგის სიჩქარე, მათ შორის თვით ბითკონისაც იზომება ჰეშებში და წამებში „kh/s“ (კილოჰაშ/წამში). საინტერესოა, ჩვენი კომპიუტერის წარმადობა kh/s-ში.

მაინინგის სიჩქარე დამოკიდებულია ვიდეოკარტის მახაიათებლებზე, მაგალითისთვის განვიხილოთ NVIDIA GTX 580, მაინინგის საშუალო სიჩქარეა 220 kh/s.

როგორ გავიგოთ, რომელი კრიპტოვალუტით შეიძლება დღეს მაინირება? ამაში დაგვეხმარება ორი პოპულარული (სურ. 3) საიტი: [coinwarz](#) და [whattomine](#), სადაც ჩამოთვლილია დღეისთვის არესებული ყველა კრიპტოვალუტების თავისუფალი ცხრილები, რომლის მოპოვებაც შესაძლებელია. აგრეთვე, აქვე მოცემულია მაინინგის ალგორითმები. მნიშვნელოვანია “Revenue /Profit (per day)” მაჩვენებლები/პარამეტრები, რაც ნიშნავს „ანაზღაურება/მოგება (დღეში)” და სვეტი - “Exchange Volume” - მონეტების მოცულობა, რომელიც შეიძლება გაიყიდოს ბირჟზე „რაც“ ფასად, რომ მივიღოთ ზუსტად ის მოგება, რომელსაც ვხედავთ სვეტში “Revenue /Profit (per day)”. სასურველია დღეში ერთხელ მაინც მოპოვებული მონეტები გადაიცვალოს ბითკოინებზე, რომ არ დაიკარგოს მოგება, იმ შემთხვევაში თუ კი კრიპტოვალუტის ფასი დაიწვეს - ამგვარი რამ კი ხშირად ხდება.

Cryptocurrency	Current Difficulty	Est. Coins	Exchange Rate BTC	Exchange Volume	Revenue / Profit (per day)	Earn 1 BTC	Profit Ratio vs. BTC
UFOcoin (UFO) Network Hashrate: 3.85 MH/s Block Reward: 2,500.00 Blocks: 431,813 Block Time: 1.50 minute(s)	0.0813 -63.45 %	142,293,2269 / 52,006,2108	0.00000002 (Bitrex) 0.00 %	0.02 BTC 1,005,706.33 UFO	\$0.69 / (\$0.27) \$0.98 for electricity	351.39 0.00284586 BTC / day	-8.86 % -27.73 %
Feathercoin (FTC) Network Hashrate: 290.05 MH/s Block Reward: 50.00 Blocks: 492,940 Block Time: 1.00 minute(s)	3.9777 -4.73 %	93,0554 / 88,6556	0.00001163 (Cryptsy) -0.77 %	4.21 BTC 359,200.26 FTC	\$0.26 / (\$0.70) \$0.98 for electricity	924.01 0.00108223 BTC / day	-22.78 % -24.14 %

სურ. 3. მაინინგისათვის კრიპტოვალუტის შერჩევა

პირველ რიგში ხდება ერთი, ყველაზე სარფიანი კრიპტოვალუტის შერჩევა. ამ მომენტისათვის არის -Feathercoin (FTC) მოპოვების ალგორითმით NeoScript. ცხრილში ვუთითებთ საკუთარი მაინინგის სიჩქარეს. შეგვიძლია მოვიპოვოთ კრიპტოვალუტა 96 ცენტად დღეში ან \$28 თვეში (ელექტროენერჯის დანახარჯების გაუთვალისწინებლად)

1. მაინინგისათვის პულის (pool) შერჩევა;

მაინინგისათვის პულის (pool) შერჩევისათვის საჭიროა მოიძებნოს ისეთი პული, რომელშიც დაიწყება მისი მოპოვება. რასაკვირველია მაინირება საჭიროა „სოლო“ რეჟიმში, ე.ი. ინდივიდუალურად, მაგრამ უფრო ეფექტურია სხვა მაინერებთან გაერთიანება.

პული - ეს საიტია, რომელზედაც ერთიანდება მრავალი წვრილი მაინერი და საერთო ძალებით მოიპოვებენ კრიპტოვალუტას. რაც მეტი სიმძლავრე აქვს პულს, მით მეტი შანსია მოინახოს „სწორი“ ბლოკი მონეტების მოსაპოვებლად. პულების საიტი, როგორც ყოველთვის მიეთითება კრიპტოვალუტის ოფიციალურ საიტზე Pool განყოფილებაში ან თემატურ ინტერნეტ ფორუმებზე, როგორცაა მაგალითად Bitcoin Talk. პულის არჩევის ძირითადი კრიტერიუმებია - მომხმარებლის კრიპტოვალუტის მოპოვების სიმძლავრე და კომისია.

2. მაინინგისათვის პროგრამის შერჩევა;

დღეისათვის მაინინგისათვის ყველაზე აქტუალური პროგრამა არის sgminer, ccMiner და სხვა.

3. მაინინგისათვის პროგრამის გაშვება!

მაინინგისათვის პროგრამის გამართვა და გაშვება ვრცელი თემაა, რომელიც განზოგადებული კონტენტის კონკრეტობაცაის, უფრო ვრცელ და დეტალიზებულ აღწერას მოითხოვს.

4. მოპოვებული მონეტების ბირჟის ან საკუთარ საფულეში გამოტანა.

დარჩა განსახილველი უკანასკნელი ბიჯი - „მოპოვებული მონეტების ბირჟის ან საკუთარ საფულეში გადმოტანა“. საჭიროა შეიქმნას საფულე, რომელშიც მოხდება მოპოვებული მონეტების გადარიცხვა. ოფიციალური საფულე შესაძლებელია ჩამოიტვირთოს კრიპტოვალუტის ოფიციალური საიტიდან, მაგრამ არსებობენ უფრო მარტივი სხვა საიტებიც. ვთქვათ, მოიძებნა საკუთარი კრიპტოვალუტა საიტზე [coinmarketcap](#), უნდა მიექცეს ყრადღება, თუ რომელ ბირჟზე აწარმოებს მაინერი ვაჭრობას. ამოირჩევა ის მაჩვენებელი, სადაც მეტია „Volume“-ანუ ვაჭრობის მოცულობა. ამ ბირჟაზე რეგისტრაციის გავლის შემდეგ იხსნება „პერსონალური კაბინეტი“, საკუთარი კრიპტოვალუტის მოძიების შემდეგ, მაუსის ერთი „წკაპით“ „Deposit“-ზე ხდება „ფულადი“ შენატანის განხორციელება და საკუთარი მონეტების მისამართის დაფიქსირება. პულში პირველი გამომუშავებული მონეტების მაინირების შემდეგ, უკვე მარტივად არის შესაძლებელი ბირჟაზე არსებულ საკუთარ საფულეში გადაგზავნა. ახლა კი არჩევანის ჯერი მომხმარებელზეა: ან დაუყოვნებლივ გადაცვალოს უფრო მყარ კრიპტოვალუტაზე - ბიტკოინებზე, ან იტოვებს იგივე სახით - იმ იმედით, რომ მათი ფასი გაიზრდება! აქვე მნიშვნელოვანია მხედველობიდან არ გამოვრჩეთ - **კომისიების** - ანგარიშის საკონტროლებლად და ეკრანზე გამოსატანად. ყოველ ჯერზე, რაც უფრო ხშირად ხდება კრიპტოვალუტის პულის ბალანსიდან გამოყოფა, მით უფრო ხშირია კომისიის გადასახად.

ბიტკოინების გადარიცხვისას, ტრანზაქციები მუშავდება იგივე ქსელის მეშვეობით, რომელიც გადააქცევს მათ დამოუკიდებელ გადახდისუნარიან ციფრულ სისტემად.

შესაძლებელია თუ არა მილიარდი ბიტკოინის მოპოვება?

შეუძლებელია!

ბიტკოინის კოდში არის შეზღუდვა, შესაძლებელია მხოლოდ 21 მილიონი ბიტკოინის „მოპოვება“. ამისდა მიუხედავად, ბიტკოინები შეიძლება დაიყოს უსასრულოდამდე ძალიან მცირე ნაწილებად - ეს ხომ ციფრული ვალუტაა! 1 სატოში უდრის 0.00000001 btc (სატოში შემქნელის საპატივცემულოდ ეწოდა)

რითია უზრუნველყოფილი ბიტკოინი?

ნაციონალური ფული, როგორც ყველ ვალუტა, გამყარებულია ოქროთი ან ვერცხლით. თეორიულად შესაძლებელია ეწვიო ნებისმიერი ქვეყნის ნებისმიერ ბანკს და გაცვალო ქალაქის ფული ოქროს ექვივალენტზე ან პირიქით. ბიტკოინი არაფრით არის უზრუნველყოფილი - ეს წმინდა მათემატიკაა.

ნებისმიერ ადამიანს, საკუთარ კომპიუტერზე, მსოფლიოს ნებისმიერ კუთხეში ბიტკოინების მოსაპოვებლად, შეუძლია გაუშვას სკრიპტი და „შეიგრძნოს“ მინი-ცენტრობანკის მდგომარეობაში ყოფნა. სკრიპტის საწყისი კოდი გამოქვეყნებულია ღია სახით. ყველას შეუძლია იგი დაათვალიეროს და შეაფასოს როგორ მუშაობს.

რაშა განსხვავება?

ბიტკოინებს გააჩნია რამდენიმე პრინციპული განსხვავება:

დეცენტრალიზაცია

ქსელში, კონტროლის ცენტრალური ორგანო **არ არსებობს!** ქსელი განაწილებულია ყველა მონაწილეზე, თითოეულ კომპიუტერზე - ბიტკოინების მომპოვებელი არის ამ სისისტემის მონაწილე. ეს ნიშნავს, რომ არც ერთ ცენტრალურ ორგანოს არა აქვს უფლებამოსილება უკარნახოს წესები ბიტკოინების მფლობელებს, **როგორ?** თუ კი ქსელის რომელიღაც ნაწილი მოხვდება ოფლაინში, საგადასახადო სისისტემა მაინც იმუშავებს სტაბილურად.

გამოყენების სიმარტივე

დიდი დრო და ძალისხმევა საჭირო, რომ ტრადიციულ ბანკებში გაიხსნას, მაგალითად - ფირმისათვის ანგარიში. შესაძლებელია ახსნა-განმარტებების გარეშე უარყოფითი პასუხითაც გამოგისტუმრონ. ბიტკოინებისათვის ეს პრობლემა არ არის, საჭიროა მხოლოდ 5 წუთი იმისთვის რომ შეიქმნას ბიტკოინ-საფულე და მაშინვე დაიწყოს მომხმარებელმა მისი გამოყენება - არავინ გეკითხებათ არას! არ იხდით საკომისიოს!

ანონიმურობა

დიახ, იგი სრულიად ანონიმურია და ამავდროულად სრულიად გამჭვირვალე. შესაძლებელია სხვა ინფორმაციის მიუხედავად უსასრულო რაოდენობის ბიტკოინ-მისამართების შექმნა. მაგრამ...

გამჭვირვალეობა

ბიტკოინი ინახავს ტრანზაქციების სრულ ისტორიას, რომელიც კი ოდესმე განხორციელებულა, რომელსაც ეწოდება ბლოკების ჯაჭვის მიმდევრობა ანუ ბლოკჩეინები. ბლოკების ჯაჭვმა „იცის“ ყველაფერი. ამიტომ თუ კი მომხმარებელს აქვს საჯაროდ გამოყენებული ბიტკოინების მისამართი, მაშინ ნებისმიერ მსურველს აქვს საშუალება დაათვალიეროს რამდენი ბიტკოინი გაქვთ ანგარიშზე, თუ კი მისამართი გასაიდუმლებულია, მაშინ არავის ეცოდინება ის, რომ ეს მისამართი ეკუთვნის ამა თუ იმ მომხმარებელს. სრული ანონიმურობისათვის, ერთჯერადი ტრანზაქციისათვის იყენებენ მხოლოდ ერთ ბიტკოინ-მისამართს.

კომისია ძალიან, ძალიან უმნიშვნელო!

თქვენს ბანკს შეუძლია უკანმოუხედავად ჩამოგაჭრათ საკომისიო სარგებელი \$50 ოდენობით მხოლოდ საერთაშორისო გზავნილის ტრანზაქციისას.

ბიტკოინს კი - არა!

გადარიცხვების სისწრაფე!

მომხმარებელს შეუძლია განახორციელოს გზავნილი დედამიწის ნებისმიერ წერტილში, ჩარიცხვა მოხდება წამებში, მას შემდეგ რაც ბიტკოინ-ქსელი დაამუშავებს ტრანზაქციას.

უპასუხო ტრანზაქციები

ბიტკოინ ადრესატამდე „ფულადი“ გზავნილის შემდეგ, მათი დაბრუნება შეუძლებელია, თუ კი მიმღები თვითონ არ მოისურვებს უკან დააბრუნოს.

გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები:

1. http://ru.bitcoinwiki.org/%D0%9C%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C#.D0.A5.D0.B0.D1.80.D0.B0.D0.BA.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B8.D1.81.D1.82.D0.B8.D0.BA.D0.B8_%D0.B2.D0.B8.D0.B4.D0.B5.D0.BE.D0.BA.D0.B0.D1.80.D1.82_NVIDIA
2. <https://coinspot.io/beginners/kak-dobyvayutsya-bitkojny/>
3. <https://github.com/bitcoin/bitcoin>
4. <https://coinspot.io/beginners/novichkam-kak-kupit-bitkojny/>
5. <http://cryptoage.com/ru/%D1%8D%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F/105-%D1%87%D1%82%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5-%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B8%D0%BD-altcoin.html>

Bitcoin - The Digital Decentralized Currency

T. Kaishauri, I. Iremadze, A. Buzaladze

Georgian Technical University

t.kaishauri@gtu.ge, i.iremadze@gtu.ge, a.buzaladze@gtu.ge

Abstract

Bitcoin is a cryptocurrency and a digital payment system: invented by an unknown programmer, or a group of programmers, under the name Satoshi Nakamoto. It was released as open-source software in 2009. The system is peer-to-peer, and transactions take place between users directly, without an intermediary. These transactions are verified by network nodes and recorded in a public distributed ledger called a blockchain. Since the system works without a central repository or single administrator, bitcoin is called the first decentralized digital currency. Besides being created as a reward for mining, bitcoin can be exchanged for other currencies, products, and services in legal or black markets. As of February 2015, over 100,000 merchants and vendors accepted bitcoin as payment.[20] According to research produced by Cambridge University in 2017, there are 2.9 to 5.8 million unique users using a cryptocurrency wallet, most of them using bitcoin.

Key words: Bitcoin, Cryptocurrency, Mining, Fork, Pool, Transactions

მონაცემთა განაწილებული ბაზების აგების საფუძვლები

გიორგი იმნაიშვილი, მარინა დიდმანიძე, დიდარ დიდმანიძე
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

Giorgi.imnaishvili@bsu.edu.ge, mari.didmanidze@gmail.com, ddidari1966@gmail.com

რეზიუმე

მონაცემთა ბაზების გამოყენების უპირველეს მოტივაციაა მონაცემთა წვდომის სიჩქარე (სისწრაფე). თუ მონაცემთა ბაზის სქემა სწორად არის შერჩეული, მაშინ, მიუხედავად მონაცემთა ბაზის ზომებისა და მასში არსებული ჩანაწერების რაოდენობისა, მონაცემთა წვდომა თითქმის მყისიერია. მილიონობით ჩანაწერთა შორის ჩვენთვის საინტერესო ჩანაწერის ზუსტი და მყისიერი მოძებნა გამაოგნებელ შთაბეჭდილებას ახდენს. კონკრეტულ მონაცემთა წვდომის დრო საკმაოდ მცირე (თითქმის ნულოვანი) და ფაქტობრივად, მუდმივი სიდიდის ტოლია, თანაც არ არის დამოკიდებული მონაცემთა ბაზაში არსებულ ჩანაწერთა რაოდენობაზე. ასეთი სწრაფი მოქმედება შესაძლებელია იმის გამო, რომ მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა ინახავს როგორც თვითონ მონაცემებს ასევე მეტამონაცემებს - მონაცემებს მონაცემების შესახებ (metadata - მეტამონაცემები).

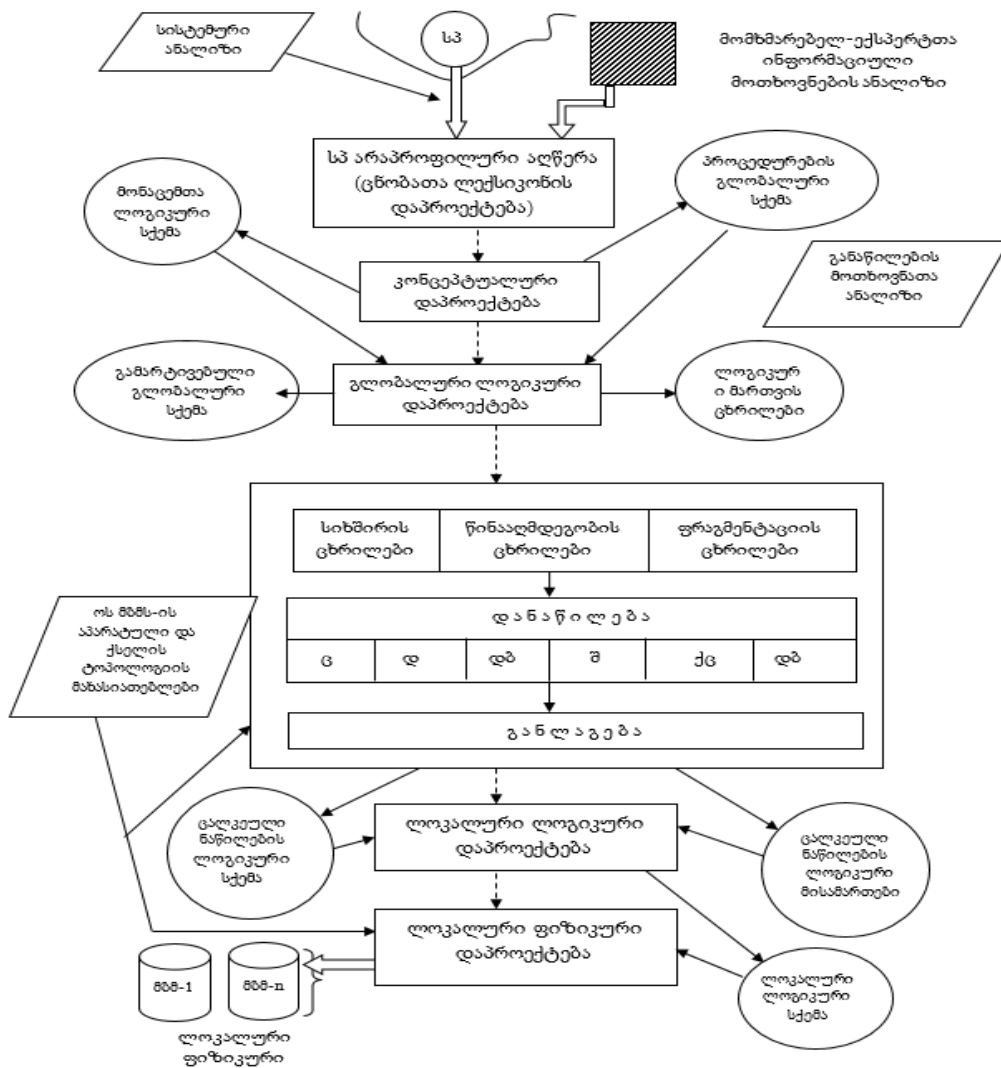
საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა განაწილებული ბაზები, მონაცემთა წვდომის სიჩქარე.

1. შესავალი

მეტამონაცემების საშუალებით ბაზაში შენახული პირველადი მონაცემების თვითაღწერა ხორციელდება. ეს ნიშნავს, რომ იმ პროგრამებს, რომლებიც ახორციელებენ მონაცემთა წვდომას, არ ესაჭიროებათ მრავალი დეტალის ცოდნა იმის შესახებ თუ როგორ ინახება მონაცემები ბაზაში. თუ პროგრამა კითხულობს მონაცემებს ფაილიდან, მაშინ ამ პროგრამამ უნდა იცოდეს შესაბამისი მონაცემთა ტიპები, ფორმატები და ველების თანმიმდევრობა. მაგრამ როდესაც პროგრამა

მიმართავს მონაცემთა ბაზას მას უმეტეს შემთხვევაში ესაჭიროება მხოლოდ მოსაძებნი მონაცემების ზოგადი დახასიათება (ყოველგვარი დეტალების გარეშე).

მონაცემთა ბაზა ასევე უნდა უზრუნველყოფდეს მონაცემთა ფიზიკური მატარებლის ეფექტურ გამოყენებას. თუ მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა (მისი შინაგანი სქემა) ადეკვატური სახით არის შერჩეული მაშინ ბაზაში არ უნდა ხდებოდეს ერთი და იგივე მონაცემების განმეორება. იმ დროისათვის, როდესაც მონაცემთა დამაგროვებლის ფასი საკამოდ მაღალი იყო ამ უპირატესობას დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდა. მაგრამ, ბაზაში მონაცემთა სიჭარბის აცილება დღესაც მნიშვნელოვანია ისეთი საკითხებისათვის როგორც მონაცემთა ბაზის მუშაობის ეფექტურობის გაზრდა, სხვადასხვა სახის შეცდომებისა და ანომალიების (ახალი მონაცემების შეტანის ან ძველი მონაცემების განახლების პროცესში და სხვა) აცილება და მონაცემთა



მთლიანობის უზრუნველყოფა.

2. ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა განაწილებული ბაზების დაპროექტება და რეალიზაცია ექვს ეტაპს მოიცავს (ნახ.1) [1]. ნახ. 1. განაწილებული ბაზების აგების ეტაპები [1, გვ 342, 1996]

1-ელ ეტაპზე ფორმირდება საპრობლემო სფეროს ძირითადი ცნებათა ლექსიკონი.

მე-2 ეტაპზე პროექტდება საგნობრივი არის კონცეპტუალური (სემანტიკური) მოდელი. შედეგად ფორმირდება მონაცემებისა და პროცედურების გლობალური სქემა (ცოდნის ბაზა).

მე-3 ეტაპზე წყდება გლობალური ლოგიკური მოდელის დაპროექტების საკითხი. ამ მოდელის რეალიზება შეიძლება მონაცემთა ერთ-ერთი კლასიკური მოდელის (რელაციური, ქსელური ან იერარქიული) გამოყენებით.

ამ ეტაპზე ფორმირდება გარკვეული გლობალური სქემა და ლოგიკური მიმართვის ცხრილები, რომლებიც ეთანადება შესაბამისად მონაცემთა აბსტრაქტულ მოდელს (სემანტიკას) და მათი წვდომის გზებს (ურთიერთკავშირებს).

მე-4 ეტაპი დამახასიათებელია მხოლოდ განაწილებული ბაზებისათვის, და ის შედგება სამი ძირითადი ქვეეტაპებისაგან. ანაწილებს დაპროექტების ეტაპზე გაითვალისწინება როგორც აპარატურის, ოპერაციული სისტემის (ოს), მონაცემთა განაწილებული ბაზების მართვის სისტემის (მგმს) და ქსელის ტოპოლოგიის მახასიათებლები, ასევე ბაზის განაწილების მოთხოვნების ანალიზის შედეგები. ჩვენი მიზანია გლობალური ლოგიკური სქემის „დახლეჩა“ ცალკეულ ლოგიკურ ქვე სქემებად (ფრაგმენტაცია), რათა ისინი ლოკალური ქსელის კვანძებში განაწილდნენ [1,2].

პირველ ეტაპზე ფორმირდება განაწილებული ბაზის ცალკეული ნაწილის გამოყენების სიხშირეთა ცხრილი, წინააღმდეგობისა და ფრაგმენტაციის ცხრილები.

წინააღმდეგობის ცხრილებში აისახება მოთხოვნების დამუშავების ლოკალიზაციაზე ბაზების განაწილების გავლენის რაოდენობრივი შეფასება, დაყოფის ცხრილებში კი - გლობალური სქემის თითოეული ობიექტის განაწილების კრიტერიუმები.

მე-2 ქვეეტაპზე უნდა გადაწყდეს ბაზის ლოგიკურ ფრაგმენტებად დანაწევრების ამოცანა. ამ დროს მნიშვნელოვანია ბაზების განაწილების სტრატეგიის განსაზღვრა.

არსებობს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ფრაგმენტაცია. ჰორიზონტალურის დროს ბაზა (ფაილები) „იხლიჩება“ სტრიქონებად გარკვეული პრედიკატის მიხედვით. ფრაგმენტი შეიძლება იყოს მინიმუმ ფაილის ერთი სტრიქონი (კორტეჟი) ან მაქსიმუმ მთლიანი ფაილი (რელაცია). ვერტიკალური ფრაგმენტაციის დროს ბაზა იყოფა ლოგიკური ქსელის ატრიბუტების მიხედვით. ამ დროს შესაძლებელია ნორმალურ ფორმათა თეორიის გამოყენება, რომელიც ადგენს ბაზის ფაილების ოპტიმალურ ლოგიკურ სტრუქტურებს. ოპტიმალურობის კრიტერიუმია მოთხოვნების სწრაფი დამუშავება, რაც შესაძლებელია ატრიბუტების ერთობლიობის (დამოკიდებულების) სწორად დაკომპლექტების შემთხვევაში.

ბაზის განაწილების შესაფასებლად განიხილება შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: ექსპლუატაციის სიმარტივე (ან სირთულე), საიმედოობა, მონაცემთა ამორჩევის ეფექტურობა, გადაგზავნის ლოკალიზაციის ხარისხი, განახლების სირთულე, ბაზის მთლიანობის დაცვა, მოქნილობა, პარალელური დამუშავების შესაძლებლობა, მონაცემთა სიჭარბე, ქსელის და კომპიუტერის მეხსიერების მოცულობა, კავშირების რეალიზაციის ღირებულება, ქსელის თანაბარი დატვირთვა გადაცემის დროს და ა.შ.

ბაზის ცენტრალიზაციის სიკეთეა ქსელში მისი ექსპლუატაციის სიმარტივე. მაგრამ შეზღუდულია ერთი კომპიუტერის მეხსიერების მოცულობით და ნაკლებად საიმედოა (თუ კომპიუტერი გამოვიდა მწყობრიდან, მაშინ ქსელის არც ერთი სხვა კვანძი ვერ იღებს მონაცემებს მოთხოვნების დასამუშავებლად).

დუბლირების სტრატეგია ხასიათდება მაქსიმალური საიმედოობით, მონაცემთა ამორჩევის ეფექტურობით და ბაზის ამორჩევის სიმარტივით. მისი ნაკლია მონაცემთა დიდი სიჭარბე (N - დუბლის არსებობა), რაც განაპირობებს დანახარჯების ზრდას მეორეულ მეხსიერებასა და ბაზის განახლების პროცესების სინქრონიზაციაზე.

დანაწევრების სტრატეგიის დროს მეხსიერების მოცულობა მონაცემთა ბაზისათვის შემოიფარგლება არა ერთი კომპიუტერით, არამედ ქსელის ყველა კვანძის მეხსიერებათა ჯამით. ცენტრალიზებულთან შედარებით გაზრდილია, საიმედოობა და მონაცემებთან მიმართვის ლოკალიზაციის ხარისხი. მაგალითად, თუ ერთი კომპიუტერი გამოვიდა მწყობრიდან, დანარჩენს მაინც შეუძლია ისეთი მოთხოვნების დამუშავება, რომლებიც არ საჭიროებს მონაცემებს დაზიანებული კომპიუტერიდან.

შერეული სტრატეგია აერთიანებს დანაწევრებული და დუბლირებული სტრატეგიების დადებით მხარეებს. მაღლდება სისტემის მოქნილობა, იზრდება მიმართვის ლოკალიზაციის ხარისხი (დუბლირების გამო), შესაძლებელია მონაცემთა პარალელური დამუშავების რეალიზაცია და საიმედოობის რეგულირება. ამ სტრატეგიის უარყოფითი მხარეა მაღალი დანახარჯები განაწილებული ბაზების ფრაგმენტთა პირების საცნობარო ცხრილების არსებობასა და ამ ფრაგმენტების სინქრონიზაციაზე (შეთანხმებაზე). მოთხოვნების დამუშავება და მათი ოპტიმიზაცია საკმაოდ პრობლემატურია, ამიტომ შერეული სტრატეგია ბაზების განაწილების დროს გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, როცა დანარჩენი სტრატეგიები არაეფექტურია.

მე-2 ქვეეტაპზე დაპროექტდება აგრეთვე განაწილებული ბაზის ქსელური ცნობარი (ქც). ამ ცნობარში შეინახება ინფორმაცია ბაზის ფრაგმენტების პირების ქსელის კომპიუტერში განაწილების შესახებ. ყველა მოთხოვნა იყენებს ქსელურ ცნობარს, რათა „მიაგნოს” საჭირო მონაცემების ადგილმდებარეობას. ხშირ შემთხვევაში ასეთი ცნობარები საკმაოდ მოცულობისაა და ქსელის კვანძებში მათი მოთავსება მოითხოვს განსაკუთრებულ ყურადღებას. აღნიშნული საკითხის გადაჭრა შესაძლებელია ზემოთ განხილული განაწილების სტრატეგიების გამოყენებით. ამგვარად, ქსელური ცნობარი შეიძლება იყოს ცენტრალიზებული ერთ კომპიუტერში, დუბლირებული ყველა კომპიუტერში ან განაწილებული კვანძებში მოთხოვნათა ლოკალიზაციის წინასწარი ანალიზის საფუძველზე.

მოცემულ ქვეეტაპზე ერთერთი მნიშვნელოვანი საკითხია განაწილებული ბაზების განახლების პროცესების დაპროექტება. ეს ამოცანა დაკავშირებულია ბაზის მთლიანობისა და ექსპლუატაციის სიმარტივის ფაქტორებთან და წყდება ე. წ. „დიფერენციალური ფაილების” (დფ) გამოყენებით. დიფერენციალური ფაილი არის ცალკე ფაილი (თავიდან ცარიელი), რომელშიც გროვდება ბაზის ფაილების შეცვლილი მონაცემების მნიშვნელობები. პერიოდულად მოხდება ამ ფაილის შერწყმა ძირითად ბაზასთან და იგი კვლავ გასუფთავდება. დიფერენციალური ფაილის გამოყენების განაწილებული ბაზის განახლების პროცედურების ჩატარების ხარჯების შემცირებაშია. განახლების ხარჯები მაღალია, როცა ცვლილებები ბაზებში ხორციელდება სისტემატურად, უშუალოდ განახლების ტრანზაქციის შესრულების დროს.

მე-3 ქვეეტაპები ეხება ბაზის დანაწილებული ლოგიკური ფრაგმენტების ქსელის კვანძებში განლაგების რაციონალური (ან ოპტიმალური) ვარიანტის შერჩევას. ცენტრალიზებული ან დუბლირებული სტრატეგიების გამოყენების დროს შედარებით ტრივიალურია განლაგების ამოცანის გადაწყვეტა. საჭიროა მხოლოდ განისაზღვროს, თუ ქსელის რომელ კომპიუტერში მოთავსდეს ცენტრალიზებული ბაზა ან რომელ კვანძში განლაგდეს ბაზის პირები.

დანაწევრებული ან შერეული სტრატეგიების გამოყენებისას რთულდება განლაგების ამოცანის გადაჭრა. აქ საჭიროა დადგინდეს, თუ რომელი ლოგიკური ფრაგმენტი რომელ კვანძებში განლაგდეს, რამდენი იყოს მათი პირების რაოდენობა და ა. შ. ამას ემატება ქსელის ცნობარების საკითხიც, რომლის ეფექტურ გადაწყვეტეზეც დამოკიდებულია სისტემის მწარმოებლობა. შესაძლოა მრავალი ვარიანტის განხილვა ან წრფივი დაპროგრამების აპარატის გამოყენება. შედეგების შესაფასებლად საჭიროა დამუშავდეს სპეციალური პროგრამები.

მე-5 ეტაპზე ბაზის ცალკეული ლოგიკური ფრაგმენტებისა და მათთან მიმართვის ცხრილების საფუძველზე ხდება ლოგიკური დაპროექტება.

მე-6 ეტაპზე ხდება ლოკალური ლოგიკური სქემის ფიზიკური დაპროექტება, რაც გულისხმობს მონაცემთა ფაილების ორგანიზაციის აღწერას კომპიუტერების პირდაპირი მიმართვის მეხსიერებაში და მათთვის მიმართვის მეთოდებით.

3. დასკვნა

თითქმის ყველა თანამედროვე მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემაში არსებობს მონაცემთა ბაზების სარეზერვო ასლების შექმნისა და მათი აღდგენის ინტეგრირებული იარაღები, თანაც სარეზერვო ასლების შექმნა მონაცემთა სარეზერვო ფიზიკურ მატარებლებზე მაშინაც კი არის შესაძლებელი, როდესაც მართვის სისტემა ერთდროულად მრავალ მომხმარებელს ემსახურება.

მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები ასევე უზრუნველყოფენ ტრანზაქციის კონცეფციას (concept of a transaction). ტრანზაქცია წარმოადგენს მონაცემთა ბაზაში ცვლილებების განხორციელების ოპერაციათა ჯგუფს. ეს ოპერაციები ერთმანეთთან იმყოფებიან მჭიდრო კავშირში, თანაც ან ყველა ოპერაცია უნდა შესრულდეს, ან არცერთი მათგანი.

მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები იძლევიან მონაცემებზე მოქმედების ოპერაციათა ტრანზაქციების სახით დაჯგუფების საშუალებას. იმ შემთხვევაში, როდესაც ტრანზაქციაში შემავალი ყველა ოპერაცია წარმატებულად შესრულდა, ამბობენ რომ ტრანზაქცია დაფიქსირდა, ხოლო თუ რომელიმე ოპერაცია არ შესრულდა მაშინ ტრანზაქცია მთლიანად უქმდება (ბრუნდება უკან).

ლიტერატურა:

1. ჩოგოვაძე გ., სურგულაძე გ., შონია ო. მონაცემთა და ცოდნის ბაზების აგების საფუძვლები. სახელმძღვანელო. გამომც. „განათლება“. თბ., 1996. -375 გვ.
2. David M.Kroenke. DataBase Processing (Eighth Edition). 2003
3. Иванов С.Ю., Котельников Е.В. Базы данных на основе Microsoft SQL Server 2008. 2009.

Fundamentals of construction distributed databases

Giorgi Imnaishvili, Marina Didmanidze, Didar Didmanidze

Batumi Shota Rustaveli State University

Giorgi.imnaishvili@bsu.edu.ge, mari.didmanidze@gmail.com, ddidari1966@gmail.com

Abstract

The primary motivation for using databases is speed of data access. If the database scheme is selected correctly, then regardless of the size of the database and the number of records in it, data access is almost instantaneous. Accurate and immediate search of the record of interest to us among millions of records makes an amazing impression. The time of access to specific data is quite small (almost zero) and practically constant, and does not depend on the number of records in the database. Such quick action is possible because the database management system stores both the data itself and metadata - data about the data (metadata - metadata).

Keywords: distributed databases, data access speed.

უნივერსიტეტის გალერეის საიტის შექმნა:

საგანმანათლებლო თანამშრომლობის პროექტი

ლაშა იაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l.iashvili@gtu.ge

რეზიუმე

GTU Gallery ვებგვერდი შეიქმნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფარგლებში, რომელიც მიზნად ისახავს სასწავლო პროცესის დინამიური, ტექნოლოგიურად მდიდარი გარემოს შექმნას და უნივერსიტეტის ღონისძიებების, პროექტების და ხელოვნების ნიმუშების დისტანციურად გავრცელებას. ვებ-გვერდების პროექტი განხორციელდა Angular-ის გამოყენებით, რომელიც თანამედროვე, კომპონენტზე დაფუძნებული ფრეიმვორქია.

სტატია მიმოიხილავს GTU Gallery-ს არქიტექტურას, გამოყენებულ ტექნოლოგიებს, განვითარების პროცესს და უშუალო შედეგებს.

საკვანძო სიტყვები: Angular framework, უნივერსიტეტის გალერია, ციფრული გავრცელება, საგანმანათლებლო ტექნოლოგია.

1. შესავალი

დღესდღეობით, უნივერსიტეტები და კოლეჯები სწრაფად ნერგავენ ციფრულ ტექნოლოგიებს, რათა გააუმჯობესონ სასწავლო და ინფორმაციული სერვისები. ამ მიდგომის ფარგლებში, ვებგვერდები მნიშვნელოვანი როლს ასრულებენ, როგორც ადმინისტრაციულ, ასევე სასწავლო პროცესებში. <https://gtugallery.ge/> არის ამგვარი ინიციატივის გამოხატულება, რომელიც სტუდენტებისათვის ახალი ცოდნის მისაწოდებლად და ვიზუალური ნამუშევრების გამოსახატავად შეიქმნა.

GTU Gallery მიზნად ისახავს უნივერსიტეტის გალერიის შექმნის შესაძლებლობას, ამით უნივერსიტეტს ეძლევა საშუალება, უკეთესად გამოხატოს თავისი აქტივობები და ინოვაციები.

პროექტისთვის შეირჩა Angular ფრეიმვორქი, რომლის გამოყენებაც განაპირობა რამდენიმე ფაქტორმა:

- **კომპონენტზე დაფუძნებული სტრუქტურა** – ამ სტრუქტურას აქვს ძლიერი მოდულურობა, რაც განვითარების პროცესს ამარტივებს;
- **სწრაფი რეაგირების უნარი** – Angular-ის მაღალეფექტური მონაცემთა დამუშავების სისტემა და იგი უზრუნველყოფს გვერდის სწრაფად ჩატვირთვას;
- **დახმარება სტუდენტებისთვის** – Angular-თან მუშაობის პროცესი სტუდენტებისთვის სასწავლო შესაძლებლობებსაც ქმნის, რადგან ის ხშირად გამოიყენება თანამედროვე ვებ განვითარებაში.

საიტის დიდი მოცულობის სურათების ჩასატვირთად გამოყენებული იქნა WebP ფორმატი, რამაც საიტი უფრო სწრაფად ჩამტვირთავი გახადა. გარდა ამისა, ამაზე არ იმოქმედა საიტის ფოტო მასალის ხარისხის დაკარგვაზე.

2. ძირითადი ნაწილი

პროექტის სტრუქტურა ეფუძნება MVC (Model-View-Controller) არქიტექტურას, სადაც მონაცემთა და მომხმარებლის ინტერფეისი მკაფიოდ გამოყოფილია. ძირითადი კომპონენტები მოიცავს:

- **მთავარი გვერდი** – საიტის ძირითადი ნავიგაცია და გალერიის დაჯგუფება.
- **ფოტო გალერეა** – სხვადასხვა კორპუსების მიხედვით
- **დეტალური გვერდები** – თითოეული ფოტოს სიღრმისეული აღწერა და მისი წყაროების ჩვენება.

პროექტი დაიყო შემდეგ ეტაპებად:

- **შესწავლის ეტაპი** – საჭიროებების შეფასება და ტექნოლოგიების ანალიზი.
- **დიზაინის ფაზა** – საიტის დიზაინი და მომხმარებლის ინტერფეისის შექმნა.
- **დეველოპმენტი** – კოდის წერას და Angular-ის კომპონენტების შექმნას მოიცავდა.
- **ტესტირება და ოპტიმიზაცია** – საიტის მორგება სხვადასხვა ეკრანის ზომებზე და მობილურ მოწყობილობებზე.



Angular-ის კომპონენტების კოდი გამოიყურება შემდეგნაირად:

```
import { Component, OnInit } from '@angular/core';
@Component({
  selector: 'app-gallery',
  templateUrl: './gallery.component.html',
  styleUrls: ['./gallery.component.css']
})
export class GalleryComponent implements OnInit {
  photos = []; // ფოტოების სია
  constructor() {}
  ngOnInit(): void {
    // ფოტოების ჩატვირთვა სერვერიდან
  }
}
```

- ფოტოების ჩამოტვირთვის სერვისი
პირველ რიგში, ვქმნით სერვისს, რომელიც API-დან ფოტოების მონაცემებს ჩამოტვირთავს:

```
import { Injectable } from '@angular/core';
import { HttpClient } from '@angular/common/http';
import { Observable } from 'rxjs';
@Injectable({
  providedIn: 'root'
})
export class PhotoService {
  private apiUrl = 'https://gtugallery.ge/api/photos'; // API-ს მისამართი
  constructor(private http: HttpClient) {}
  getPhotos(): Observable<any[]> {
    return this.http.get<any[]>(this.apiUrl);
  }
}
```

➤ გალერეის კომპონენტი ფოტოების ჩვენებისთვის:

შემდეგი კოდი წარმოადგენს გალერეის კომპონენტს, რომელიც სერვისიდან იღებს ფოტოების მონაცემებს და აჩვენებს მომხმარებელს:

```
import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import { PhotoService } from '../photo.service';
@Component({
  selector: 'app-gallery',
  templateUrl: './gallery.component.html',
  styleUrls: ['./gallery.component.css']
})
export class GalleryComponent implements OnInit {
  photos = [];
  constructor(private photoService: PhotoService) {}
  ngOnInit(): void {
    this.photoService.getPhotos().subscribe((data) => {
      this.photos = data;
    });
  }
}
```

➤ HTML განლაგება ფოტოების ჩვენებისთვის

ფაილში ვთავსებთ HTML კოდს, რომელიც ფოტოებს ჩამონათვალის gallery.component.html სახით წარმოგვიდგენს. ამ შემთხვევაში *ngFor დირექტივას ვიყენებთ ფოტოების ჩამოსათვლელად.

```
<div class="gallery">
  <div *ngFor="let photo of photos" class="gallery-item">
    <img [src]="photo.url" [alt]="photo.title" />
    <p>{{ photo.title }}</p>
  </div>
</div>
```

დეტალური გვერდი თითოეული ფოტოსთვის

➤ Route-ს კონფიგურაცია

Angular-ის როუტინგის გამოყენებით შესაძლებელია სხვადასხვა კომპონენტზე მარტივად გადასვლა. მოდიფიცირებული როუტინგის მოდული:

```
import { NgModule } from '@angular/core';
import { RouterModule, Routes } from '@angular/router';
import { GalleryComponent } from './gallery/gallery.component';
import { PhotoDetailComponent } from './photo-detail/photo-detail.component';
const routes: Routes = [
  { path: '', component: GalleryComponent },
  { path: 'photo/:id', component: PhotoDetailComponent }
];
@NgModule({
  imports: [RouterModule.forRoot(routes)],
  exports: [RouterModule]
})
export class AppRoutingModule {}
```

➤ დეტალური გვერდის HTML განლაგება

photo-detail.component.html ფაილში თითოეული ფოტოს დეტალური აღწერის ჩვენებას ვახდენთ.

```
<div *ngIf="photo" class="photo-detail">
  <img [src]="photo.url" [alt]="photo.title" />
  <h2>{{ photo.title }}</h2>
  <p>{{ photo.description }}</p>
</div>
```

3. დასკვნა

პროექტი gtugallery.ge წარმოადგენს უნივერსიტეტის ინოვაციურ ნაბიჯს ციფრული ხილვადობის გასაზრდელად. საიტის ინტერაქტიული გალერეა საშუალებას აძლევს საზოგადოებას, მარტივად და სწრაფად წვდომა ქონდეს უნივერსიტეტთან, დაათვალიერონ, აუდიტორიები, ლაბორატორიები, რაც ხელს უწყობს უნივერსიტეტის მიმართ ინტერესის ზრდას და მის უკეთ წარმოჩენას ფართო აუდიტორიისთვის. პლატფორმის ტექნიკური სისწრაფე და ვიზუალური მიმზიდველობა ამარტივებს მომხმარებელთა ჩართულობას და დამთვალიერებლებს საშუალებას აძლევს, უფრო ახლოს იგრძნონ უნივერსიტეტის ცხოვრება.

ეს პროექტი არამხოლოდ ინფორმაციის გაზიარების ფუნქციას ასრულებს, არამედ ქმნის უნიკალურ კავშირს უნივერსიტეტსა და საზოგადოებას შორის, რაც ცხადყოფს უნივერსიტეტის გახსნილობას და აქტიურობას თანამედროვე ტექნოლოგიურ და საგანმანათლებლო გარემოში.

ლიტერატურა:

1. Effective Angular: Develop applications of any size by effectively using Angular with Nx, RxJS, NgRx, and Cypress Roberto, ავტორი Roberto Heckers გამოცემის თარიღი 2 აგვისტო , 2024 წელი ISBN-10 1805125532

2. Angular Cookbook - Second Edition: Over 80 actionable recipes every Angular developer should know 2nd ed. Edition ავტორი Muhammad Ahsan Ayaz გამოცემის თარიღი 29 დეკემბერი 2023 წელი.

3. Angular-ის ოფიციალური დოკუმენტაცია. <https://angular.dev/>
4. Angular-ის სახელმძღვანელო დეველოპერებისთვის. <https://v17.angular.io/guide/developer-guide-overview>
5. Angular API რეფერენცია. <https://v17.angular.io/guide/developer-guide-overview>

Creation of the University Gallery Website: An Educational Collaboration Project

Lasha Iashvili
Georgian Technical University
l.iashvili@gtu.ge

Abstract

The GTU Gallery website was developed within the framework of Georgian Technical University to create a dynamic, technologically enriched educational environment. It aims to facilitate the remote dissemination of the university's events, projects, and artwork. Built using Angular, a modern, component-based framework, the project demonstrates a structured and efficient approach to delivering digital content and enhancing visibility. This article reviews the architecture, technology stack, development process, and direct outcomes of GTU Gallery.

Keywords: Angular framework, university gallery, digital dissemination, educational technology

Using Artificial Intelligence to Teach Visually Impaired Students in Higher Education Institutions (HEIs)

Mariam Chkhaidze, Miranda Ghvaladze, Ekaterine Papava
Georgian Technical University
m.chkhaidze@gtu.ge, Ghvaladze.m@gtu.ge, Papava.e@gtu.ge

Abstract

The integration of Artificial Intelligence (AI) in teaching visually impaired students within Higher Education Institutions (HEIs) presents a transformative approach to enhancing accessibility and academic success. This paper examines the application of AI technologies—including virtual assistants, intelligent applications, and adaptive learning platforms—to deliver customized educational experiences tailored for visually impaired students. These AI-driven tools facilitate navigation, offer alternative formats, and promote collaborative learning, ultimately fostering an inclusive educational environment. Additionally, this research addresses the challenges of AI implementation, including the need for educator training, ethical considerations, and overcoming algorithmic biases. Experimental results highlight the effectiveness of AI in personalizing assessments, providing feedback, and enabling predictive analytics to identify student needs. By leveraging AI, HEIs can create more equitable learning opportunities, ensuring that visually impaired students receive both academic and social support critical for their success.

Key Words: AI, visually impaired students, higher education, accessibility, AI-driven assessment, inclusivity, predictive analytics.

1. Introduction

The integration of diverse support mechanisms within Higher Education Institutions (HEIs) is vital to ensuring equal academic opportunities for visually impaired students. Many jurisdictions have established

legal frameworks that mandate accessibility in educational settings. Higher education institutions bear both legal and ethical responsibilities to provide necessary accommodations for visually impaired students. Ensuring equitable access to education is a fundamental principle of higher education. Implementing comprehensive support services guarantees that visually impaired students have equitable opportunities to engage with academic content, thus promoting fairness in educational outcomes. The provision of support for visually impaired students cultivates an inclusive educational culture that values diversity. This inclusivity not only enhances the learning experience for visually impaired individuals but also enriches the educational environment for all students by incorporating a wide range of perspectives. Tailored resources and accommodations—such as assistive technologies, accessible learning materials, and specialized training—can significantly improve the academic performance and retention rates of visually impaired students, facilitating their overall success in higher education. Support services play a critical role in fostering social connections and facilitating participation in campus life for visually impaired students. Such integration is vital for developing interpersonal relationships and professional networks, which are essential for holistic personal and career development. Equipping visually impaired students with the necessary skills for the workforce encompasses not only academic competencies but also the development of confidence and networking abilities. Support services are instrumental in nurturing these vital soft skills. The implementation of support systems for visually impaired students raises awareness about disability issues within the academic community. This advocacy challenges prevailing stereotypes and fosters a deeper understanding of diverse needs among all students. As technological advancements continue to evolve, the opportunities for visually impaired students likewise expand. Ensuring that these students have access to the latest assistive tools and resources is critical for fostering an equitable educational landscape. The integration of comprehensive support systems for visually impaired students not only enhances their individual educational experiences but also contributes to a richer and more inclusive academic environment for all stakeholders involved.

Consequently, the integration of Artificial Intelligence (AI) in education has emerged as a transformative force, particularly in the context of teaching visually impaired students in higher education institutions (HEIs). The challenges faced by visually impaired learners are multifaceted, encompassing both academic and social dimensions. Research indicates that students with visual impairments often perceive a lack of academic and social support in higher education, which can deter them from pursuing or completing their studies. However, the advent of AI technologies presents a promising avenue for enhancing educational experiences and outcomes for these students. AI technologies can significantly improve accessibility and learning efficiency for visually impaired students. For instance, AI-powered tools such as virtual assistants and smart personal AI applications can facilitate navigation and provide tailored educational resources. These tools not only assist in overcoming physical barriers but also promote a more inclusive learning environment by personalizing the educational experience based on individual needs and preferences. The ability of AI to adapt to the unique learning styles of visually impaired students can lead to improved academic performance and greater engagement in the learning process. Moreover, the application of AI in teaching methodologies can enhance the curriculum for visually impaired learners. For example, the use of AI-generated content and interactive platforms can provide visually impaired students with alternative means of accessing information, thereby enriching their learning experience. The incorporation of AI tools in the curriculum can also foster collaborative learning environments, where students can engage with peers and educators in real-time, thus mitigating feelings of isolation that often accompany visual impairments. This collaborative approach is crucial in higher education, where social interaction plays a significant role in the overall educational experience. Despite the potential benefits, the implementation of AI in education for visually impaired students is not without challenges. Educators must be adequately trained to utilize these technologies effectively. Research highlights a significant gap in the preparedness of teachers regarding assistive technology, with many lacking confidences in their ability to teach visually impaired students using AI tools. This underscores the necessity for comprehensive professional development programs that equip educators with the skills and knowledge required to integrate AI into their teaching practices effectively. Furthermore, the ethical implications of using AI in education must be carefully considered. While AI has the potential to enhance learning experiences, it is essential to address concerns related to data privacy, algorithmic bias, and the digital divide. Ensuring that AI tools are designed and implemented in a manner that is equitable and inclusive is paramount to fostering a supportive educational environment for visually impaired students. Institutions must establish clear policies and guidelines to govern the use of AI in educational settings, ensuring that all students benefit from these advancements. The role of AI in supporting the development of essential skills among visually impaired students is another critical aspect to consider. AI technologies can facilitate the acquisition of skills necessary

for academic success, such as braille literacy and digital literacy. For instance, AI tutors specifically designed for teaching braille have shown promising results in improving students' proficiency and confidence in using this essential skill. By providing personalized feedback and adaptive learning pathways, AI can help visually impaired students achieve their academic goals more effectively. In addition to academic support, AI can also play a vital role in enhancing the social experiences of visually impaired students in HEIs. AI-driven platforms can facilitate social interactions and networking opportunities, allowing students to connect with peers and mentors who share similar experiences and challenges. This social dimension is crucial for fostering a sense of belonging and community among visually impaired learners, which can significantly impact their overall educational experience and success. The integration of AI in higher education for visually impaired students also necessitates collaboration among various stakeholders, including educators, technologists, and policymakers. By working together, these groups can develop innovative solutions that address the unique needs of visually impaired learners and ensure that AI tools are effectively integrated into educational practices. This collaborative approach can lead to the creation of a more inclusive and supportive educational landscape for all students. As the landscape of higher education continues to evolve, it is imperative that institutions remain responsive to the needs of visually impaired students. The integration of AI technologies offers a pathway to enhance accessibility, engagement, and academic success for these learners. However, this requires a commitment to ongoing research, professional development, and ethical considerations to ensure that AI is used responsibly and effectively in educational settings. Based on all of the above, the use of Artificial Intelligence in teaching visually impaired students in higher education institutions holds significant promise for transforming educational experiences and outcomes. By leveraging AI technologies, educators can create more inclusive, personalized, and engaging learning environments that cater to the unique needs of visually impaired learners. However, this potential can only be realized through comprehensive training for educators, ethical considerations in technology implementation, and collaborative efforts among stakeholders. As we move forward, it is crucial to prioritize the voices and experiences of visually impaired students in shaping the future of AI in education.

2. Methodology

As an example, let's discuss the problem of using AI for assessment process of visually impaired students on the Moodle platform in HEIs. Integrating AI into the assessment process for visually impaired students on Moodle in higher education institutions (HEIs) offers several promising benefits to make evaluations more accessible, equitable, and personalized. This study presents a comprehensive analysis of AI-driven applications and considerations that enhance accessibility in educational assessments for visually impaired students.

- **Automated Feedback and Adaptive Assessment**

Personalized Feedback: AI tools can analyze student performance and provide tailored feedback that accounts for individual progress and areas for improvement. This feedback can be delivered in accessible formats, such as text-to-speech or Braille-ready files.

AI enables adaptive testing by dynamically modifying question difficulty or format in response to student performance, providing a more personalized experience that can help visually impaired students engage more comfortably and effectively.

- **Voice-Assisted and Screen Reader Compatibility**

Natural Language Processing (NLP): By incorporating NLP, AI can enable voice-assisted navigation within Moodle. This can help students access instructions, questions, and prompts audibly, supporting those who rely on auditory learning.

Enhanced Screen Reader Support: AI-powered plugins can improve screen reader compatibility, optimizing content to be more accessible and easier to navigate for visually impaired students. It can adjust layouts, reorder content, or provide additional descriptions automatically.

Text-to-Speech and Speech-to-Text Integration

Speech-to-Text for Assessments: AI can help visually impaired students complete assessments by allowing them to dictate answers. Speech-to-text technology converts spoken responses into text, which can then be automatically analyzed and assessed within Moodle.

Text-to-Speech for Instructions and Content: AI-driven text-to-speech can convert assessment instructions and questions into audio, reducing the need for manual conversion and making it easier for students to focus on the assessment itself.

- **Content Accessibility and Alternative Formats**

Automatic Alternative Content Creation: AI tools can help transform visual content (e.g., diagrams, images) into text descriptions or audio narrations, making assessments more inclusive. Moodle plugins powered by AI can offer options to deliver content in different formats, like Braille, enlarged text, or high-contrast modes.

Real-time Accessibility Checks: AI can evaluate assessment content for accessibility barriers in real time, flagging issues and suggesting alternatives or modifications.

Proctoring and Academic Integrity for Accessibility

Accessible Proctoring Tools: AI-driven proctoring systems can be optimized to respect accessibility needs. This includes flexible proctoring modes that don't rely heavily on visual cues and support for alternative verification methods that align with accessibility standards.

Behavior Analysis without Bias: AI can ensure that proctoring doesn't penalize visually impaired students for atypical behavior patterns (e.g., head movements due to reading devices). The AI can be trained to distinguish between accessibility tools and suspicious behavior.

- **Data-Driven Insights for Instructors**

Performance Analysis: AI can analyze assessment data to identify trends, strengths, and areas for improvement, specifically tailored to the needs of visually impaired students. This insight can help instructors better understand accessibility issues and adapt their teaching strategies.

Progress Monitoring: AI can track individual progress over time, providing insights that help identify where additional support or resources might be needed, ensuring that visually impaired students receive timely intervention.

Inclusive and Accessible Design with AI Assistance

Content Formatting Assistance: AI can help instructors structure assessments with accessibility in mind. For example, it can prompt instructors to add alt text, ensure proper heading structures, or avoid certain question formats that are challenging for visually impaired students.

Simulated Student View: AI can simulate a visually impaired student's experience on Moodle, allowing educators to preview assessments through accessibility tools to spot potential issues before deployment.

- **Ethical Considerations and Data Privacy**

Transparency and Privacy: It's essential to ensure that AI systems used for assessments are transparent and that students are aware of how their data is used. Safeguarding data privacy, particularly in the context of assistive technology usage, is essential to ensure ethical and fair AI deployment.

Bias and Fairness: AI must be carefully monitored for biases that may disadvantage visually impaired students. Regular evaluation and feedback loops involving students and experts can help refine AI models for fairer assessments.

- **Implementation Challenges and Future Steps**

While AI offers numerous benefits, some challenges include ensuring that AI models are trained on diverse datasets to avoid bias, aligning with accessibility standards (like WCAG), and continuous refinement based on feedback from visually impaired students and educators.

Using AI on Moodle for assessing visually impaired students in HEIs can make the process more equitable, personalized, and accessible. Implementing these technologies thoughtfully can empower visually impaired students to participate fully and fairly in their academic assessments, fostering an inclusive educational environment.

3. Experimental Research:

To demonstrate how AI can analyze assessment data to identify trends, strengths, and areas for improvement, let's work through a Python example. In this case, we'll use an assessment dataset for visually

impaired students and use data analysis techniques to identify patterns and insights. We have an assessment dataset for visually impaired students, including scores across various subjects. The dataset includes:

- Student ID: Unique identifier for each student;
- Subject: The subject of the assessment (e.g., Math, Science, English);
- Score: The assessment score (0-100);
- Time Spent (minutes): The time taken to complete the assessment;
- Accessibility Needs: Descriptions of specific assistive technologies or accommodations used;

We took the next steps;

- Data Setup: the dataset was loaded and examined;
- Performance Analysis: We calculated average scores by subject, identified strengths and areas needing improvement based on average scores. Then analyzed if there's a relationship between time spent and scores to see if additional time affects performance. The results for better insight were visualized.

Let's explain each Step:

Data Setup: We created a small dataset to represent visually impaired students' assessment scores across different subjects and their accessibility needs.

Average Scores by Subject: This gives us an overview of how students perform on average in each subject.

Strengths and Areas for Improvement:

Using thresholds (e.g., average score > 80 indicates strength; < 75 indicates need for improvement), we categorized the subjects accordingly.

Time vs. Score Correlation: Calculating the correlation between time spent and score helps us understand if giving more time positively impacts scores. A high positive correlation might indicate that visually impaired students benefit from extended time.

Visualization:

- Bar Plot: Shows average scores by subject;
- Scatter Plot: Displays individual scores versus time spent, with different markers for each accessibility need. This visualization helps identify if certain assistive technologies correlate with better performance.

Sample Output

1. Average Scores by Subject: Shows the average scores for Math, Science, and English.
2. Strengths and Improvements: Based on predefined thresholds, identifies which subjects are strengths and which need improvement.
3. Correlation: The correlation value between time spent and score provides insight into whether extended time benefits students.

This analysis helps educators identify:

- Which subjects are strengths and which need additional focus.
- Whether specific accessibility tools impact performance.
- If adjustments, like extended time, can help improve outcomes for visually impaired students.

To extend our analysis with predictive modeling, we created a model to predict a student's score based on features such as the subject, time spent, and accessibility needs. This approach could help instructors identify students who might need additional support before the assessment is even completed.

The steps taken:

Prepare the Data: We converted categorical data into numerical format and split the dataset into training and testing sets.

Build the Model: We used a regression model to predict scores.

Train the Model: the model on our training set was trained.

Evaluate the Model: Assessed the model's performance using metrics Mean Absolute Error (MAE) to see how accurately it predicts scores.

Make Predictions: the model was used to predict scores and identify students who might need extra support.

Let's explain each Step:

Data Preparation:

Label Encoding: We converted categorical variables, Subject and Accessibility Needs, into numerical values for use in the model. Feature Selection: Subject, Time Spent, and Accessibility Needs were used as predictors, while Score is our target variable.

Train-Test Split: We split the dataset into training and testing sets to assess the model's performance on unseen data.

Model Selection: We used a Random Forest Regressor due to its robustness and ability to capture non-linear relationships. For simplicity, $n_estimators=100$ is set, meaning the model will use 100 decision trees.

Model Training: The model is trained on the training data.

Model Evaluation: We evaluated the model using Mean Absolute Error (MAE). This tells us the average absolute difference between predicted and actual scores.

Make Predictions: We predicted a new student's score by providing subject information, time spent, and the assistive tool they're using. This helps educators foresee possible performance outcomes based on current conditions.

Output Interpretation

Mean Absolute Error (MAE): This metric indicates how accurate our predictions are; lower values mean better predictive accuracy.

Predicted Score: The predicted score for a hypothetical new student is based on the features provided. This prediction helps in early intervention for students who might be struggling.

This model could be expanded with additional features and fine-tuned for better performance. With more data, complex models like gradient boosting or neural networks could also be explored for improved accuracy. The predicted score for a new student is based on the features provided. This prediction helps in early intervention for students who might be struggling.

4. Conclusion

The integration of AI technologies within higher education offers substantial potential to reshape educational experiences and outcomes for visually impaired students, fostering inclusivity and personalized learning. By leveraging AI technologies, educators can create more inclusive, personalized, and engaging learning environments that cater to the unique needs of visually impaired learners. However, this potential can only be realized through comprehensive training for educators, ethical considerations in technology implementation, and collaborative efforts among stakeholders. As institutions continue to evolve, prioritizing the voices and experiences of visually impaired students is crucial in shaping the future of AI in education.

References:

1. Felix, S., Kumar, S., & Veeramuthu, A. Artificial intelligence tools and higher education student's engagement. *Edukasiana Jurnal Inovasi Pendidikan*, 3(3), 300-312. 2018;
2. He, C. A smart personal AI assistant for visually impaired people. 2023;
3. López-Chila, R. Methods and applications of artificial intelligence in education. *Applied and Computational Engineering*, 16(1), 210-214. 2023;
4. McCarthy, T., Rosenblum, L., Johnson, B., Dittel, J., & Kearns, D. Artificial intelligence in higher education: an analysis of existing bibliometrics. *Education Sciences*, 14(1), 47. 2016;
5. Mina, P., Solon, I., Sanchez, F., Delante, T., Villegas, J., Basay, F., ... & Mutya, R. An artificial intelligence tutor: a supplementary tool for teaching and practicing braille. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 110(5), 309-322, 2023;
6. Ng, D., Leung, J., Su, J., Ng, R., & Chu, S. Leveraging education through Artificial Intelligence virtual assistance: a case study of visually impaired learners. *Pedagogical Research*, 8(1), em0150. 2023;

7. Reed, M. and Curtis, K. Teachers' ai digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. Educational Technology Research and Development, 71(1), 137-161. 2012;
8. Sanasintani, S. Experiences of students with visual impairments in canadian higher education. Journal of Visual Impairment & Blindness, 106(7), 414-425. 2023;.
9. Sidiqua, N. Revitalizing the higher education curriculum through an artificial intelligence approach: an overview. J. Social Science Utilizing Tech, 1(4), 239-248. 2022;
10. Vallis, C., Wilson, S., Gozman, D., & Buchanan, J. An experimental study to identify the effect of assistive technology on academic achievement of visually impaired students. Pakistan Social Sciences Review, 6(II). 2023;
11. Zhou, L., Smith, D., Parker, A., & Griffin-Shirley, N. Assistive technology for students with visual impairments: challenges and needs in teachers' preparation programs and practice. Journal of Visual Impairment & Blindness, 105(4), 197-210. 2011.

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება მხედველობადაქვეითებული სტუდენტების სწავლებისთვის უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში

მარიამ ჩხაიძე, მირანდა ღვალაძე, ეკატერინე პაპავა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
m.chkhaidze@gtu.ge, Ghvaladze.m@gtu.ge, Papava.e@gtu.ge

რეზიუმე

ხელოვნური ინტელექტის (AI) ინტეგრაცია მხედველობადაქვეითებული სტუდენტების სწავლებაში უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში წარმოადგენს ტრანსფორმაციულ მიდგომას ხელმისაწვდომობისა და აკადემიური წარმატების გასაუმჯობესებლად. ეს ნაშრომი იკვლევს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამოყენებას - მათ შორის ვირტუალური ასისტენტების, ინტელექტუალური აპლიკაციებისა და ადაპტური სასწავლო პლატფორმების - მხედველობადაქვეითებული სტუდენტებისთვის მორგებული საგანმანათლებლო გამოცდილების მისაწოდებლად. ეს AI-ზე დაფუძნებული ინსტრუმენტები აადვილებს ნავიგაციას, გვთავაზობს ალტერნატიულ ფორმატებს და ხელს უწყობს კოლაბორაციულ სწავლებას, საბოლოოდ კი ქმნის ინკლუზიურ საგანმანათლებლო გარემოს. გარდა ამისა, ეს კვლევა ეხება AI-ის დანერგვის გამოწვევებს, მათ შორის პედაგოგთა გადამზადების საჭიროებას, ეთიკურ საკითხებს და ალგორითმული მიკერძოებების დაძლევას. ექსპერიმენტული შედეგები ხაზს უსვამს AI-ის ეფექტურობას შეფასებების პერსონალიზაციაში, უკუკავშირის მიწოდებასა და პროგნოზირებადი ანალიტიკის გამოყენებაში სტუდენტთა საჭიროებების იდენტიფიცირებისთვის. AI-ის გამოყენებით, უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს შეუძლიათ შექმნან უფრო თანასწორი სასწავლო შესაძლებლობები, უზრუნველყოფენ რა მხედველობადაქვეითებული სტუდენტებისთვის მათი წარმატებისთვის აუცილებელ როგორც აკადემიურ, ისე სოციალურ მხარდაჭერას.

საკვანძო სიტყვები: AI, მხედველობადაქვეითებული სტუდენტები, უმაღლესი განათლება, ხელმისაწვდომობა, AI-ზე დაფუძნებული შეფასება, ინკლუზიურობა, პროგნოზირებადი ანალიტიკა.

ფაზი ლოგიკის გამოყენება ნეირონულ ქსელებში

დალი მაგრაქველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

d.magrakvelidze@gtu.ge

რეზიუმე

ფაზი ლოგიკა ესაა გამოთვლებისადმი მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია "ჭეშმარიტების ხარისხებზე" და არა ჩვეულებრივ "ჭეშმარიტი ან მცდარი" (1 ან 0) ლოგიკის საფუძველზე, რომელიც გამოიყენება თანამედროვე კომპიუტერში. ფაზი ლოგიკის ფუნდამენტური კონცეფცია არის მიკუთვნების ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრავს შეყვანის მნიშვნელობის მიკუთვნების ხარისხს გარკვეულ კომპლექტში ან კატეგორიაში. ფაზი ნეირონული ქსელი აერთიანებს ორივეს ნეირონულ ქსელს და ფაზი ლოგიკას, რითაც ქმნის ძლიერ ჰიბრიდულ ინსტრუმენტს. ისინი იძლევა სისტემაში საექსპერტო ცოდნის ინტეგრაციის საშუალებას და არსებითად უფრო გასაგებად ითვლება ადამიანის მსგავსი არამკაფიო დასკვნის გამოყენების გამო. ფაზი ნეირონული ქსელი შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც სამ ფენიანი მიწოდების ქსელი, არამკაფიო შეყვანის ფენით (ფაზიფიკაცია), ფარული ფენით, რომელიც შეიცავს არამკაფიო წესებს და საბოლოო არამკაფიო გამომავალი ფენით (დეფაზიფიკაცია). ამასთან, არსებობს საპირისპირო კავშირი ნეირონულ ქსელსა და არამკაფიო ლოგიკას შორის, ანუ ადგილი აქვს შემთხვევას, როდესაც ნეირონული ქსელი ატრენინგებს არამკაფიო ლოგიკას.

საკვანძო სიტყვები: ფაზი, ფაზი ლოგიკა, ფაზი ნეირონული ქსელი.

1. შესავალი

მარტივი მათემატიკური მოდელის არ არსებობისას რთული პროცესებისთვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ფაზი ლოგიკის მქონე სისტემები, იმ შემთხვევაში თუ ობიექტის ან პროცესის შესახებ საექსპერტო ცოდნა შეიძლება ჩამოყალიბდეს მხოლოდ ენობრივი ფორმით. მაგრამ მიზანშეწონილია ამ სისტემების გამოყენება, როდესაც საჭირო შედეგის მიღება შესაძლებელია სხვა (სტანდარტული) გზით, ან როდესაც უკვე ნაპოვნია ადეკვატური ან ადვილად შესწავლილი მათემატიკური მოდელი ობიექტისთვის ან პროცესისთვის.

დღეისათვის სულ უფრო მეტად განიხილება ახალი მეთოდებისა და მოდელების გამოყენება ნეირონულ ქსელებში. ამჟამად, სამეცნიერო კვლევის ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული სფერო არის ფაზი ლოგიკა და ფაზი სიმრავლეების თეორიის მათემატიკური აპარატი.

ტერმინი არამკაფიო (ფაზი) ეხება საგნებს, რომლებიც არ არის ნათელი ან არამკაფიო. რეალურ სამყაროში ბევრჯერ ვაწყდებით სიტუაციას, როდესაც ვერ განვსაზღვრავთ მდგომარეობა ჭეშმარიტია თუ მცდარი, არამკაფიო (ფაზი) ლოგიკა იძლევა მსჯელობის ძალიან ღირებულ მოქნილობას. ამ გზით ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ ნებისმიერი სიტუაციის უზუსტობა და განუსაზღვრელობა.

ხელოვნური ინტელექტის (AI) სისტემებში ფაზი ლოგიკა გამოიყენება ადამიანის მსჯელობისა და შემეცნების იმიტირებისთვის. ჭეშმარიტების მკაცრად ორობითი შემთხვევების ნაცვლად, ფაზი ლოგიკა მოიცავს 0 და 1-ს, როგორც ჭეშმარიტების უკიდურეს შემთხვევებს, მაგრამ ჭეშმარიტების სხვადასხვა შუალედური ხარისხით.

ფაზი ლოგიკა კარგად მუშაობს შემდეგ სფეროებში: გადაწყვეტილებების ინჟინერია მკაფიო დარწმუნებისა და განუსაზღვრობის გარეშე, ან არაზუსტი მონაცემებით, როგორცაა ბუნებრივი ენის დამუშავების ტექნოლოგიები და მანქანების გამოსავლების რეგულირება და კონტროლი, მრავალი შეყვანის/შეყვანის ცვლადის მიხედვით, როგორცაა ტემპერატურის კონტროლის სისტემები.

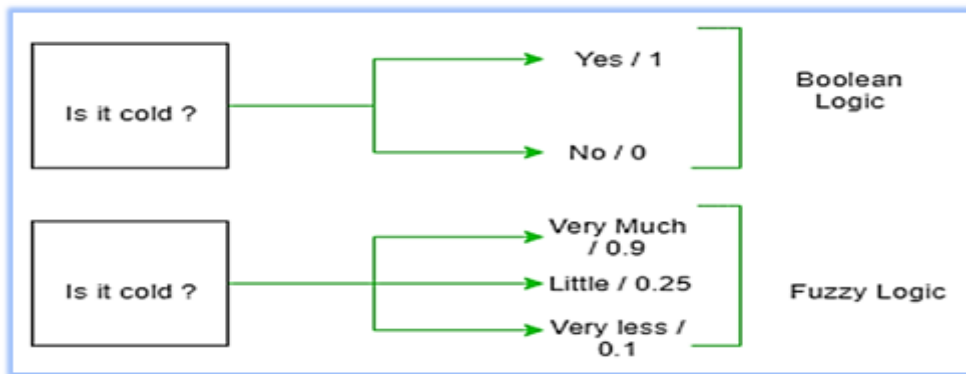
ფაზი ლოგიკა ესაა გამოთვლებისადმი მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია "ჭეშმარიტების ხარისხებზე" და არა ჩვეულებრივ "ჭეშმარიტი ან მცდარი" (1 ან 0) ლოგიკის საფუძველზე, რომელიც გამოიყენება თანამედროვე კომპიუტერში. იგი არის მრავალმნიშვნელოვანი ლოგიკის

ფორმა, რომელშიც ცვლადების ჭეშმარიტების მნიშვნელობები შეიძლება იყოს ნებისმიერი რეალური რიცხვი 0-დან 1-მდე, ნაცვლად მხოლოდ ჭეშმარიტი ან მცდარი მნიშვნელობებისა. იგი გამოიყენება არაზუსტი ან განუსაზღვრელი ინფორმაციის მოსაგვარებლად და არის მათემატიკური მეთოდი გადაწყვეტილების მიღებისას არამკაფიოებისა და განუსაზღვრელობის წარმოსადგენად.

ფაზი ლოგიკა ემყარება იმ აზრს, რომ ხშირ შემთხვევაში ჭეშმარიტი ან მცდარი ცნება ძალიან შემზღვეველია და მათ შორის ნაცრისფერი ელფერი ბევრია. იგი იძლევა ნაწილობრივი ჭეშმარიტების საშუალებას, სადაც მტკიცება შეიძლება იყოს ნაწილობრივ ჭეშმარიტი ან მცდარი, ვიდრე სრულად ჭეშმარიტი ან მცდარი.

ფაზი ლოგიკის ფუნდამენტური კონცეფცია არის მიკუთვნების ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრავს შეყვანის მნიშვნელობის მიკუთვნების ხარისხს გარკვეულ კომპლექტში ან კატეგორიაში. მიკუთვნების ფუნქცია არის შეყვანის მნიშვნელობიდან მიკუთვნების ხარისხს 0-დან 1-მდე, სადაც 0 მიუკუთვნილება და 1 - კი სრული მიკუთვნება.

ფაზი ლოგიკის იდეა პირველად განავითარა ლოფტი ზადემ 1960-იან წლებში. ზადემ მუშობდა კომპიუტერის მიერ ბუნებრივი ენის გაგების პრობლემაზე. ბუნებრივი ენა - ისევე როგორც მრავალი ცხოვრებისეული მოქმედება - არ არის ადვილად გადასატანი 0 და 1 აბსოლუტურ მნიშვნელობებში (ნახ.1). საბოლოო ჯამში შესაძლებელია თუ არა ყველაფრის ორობითი ტერმინებით აღწერა - ეს ფილოსოფიური საკითხია. პრაქტიკაში ბევრი მოწინააღმდეგეა, რომლის მიწოდებაც გვსურს კომპიუტერისათვის, გარკვეულ შუალედურ მდგომარეობაშია და ასეთად ხშირად გვევლინება გამოთვლის შედეგები. შეიძლება სასარგებლო იყოს ფაზი ლოგიკა განვიხილოთ, როგორც მეთოდი რომლითაც რეალურად მუშაობს მსჯელობა და ორობითი, ან ბულის ლოგიკა უბრალოდ მისი განსაკუთრებული შემთხვევაა.



ნახ.1.

ფაზი ნეირონული ქსელი აერთიანებს ორივეს ნეირონულ ქსელს და ფაზი ლოგიკას, რითაც ქმნის ძლიერ ჰიბრიდულ ინსტრუმენტს. ისინი იძლევიან სისტემაში საექსპერტო ცოდნის ინტეგრაციის საშუალებას და არსებითად უფრო გასაგებად ითვლება ადამიანის მსგავსი არამკაფიო დასკვნის გამოყენების გამო.

2. ძირითადი ნაწილი

ფაზი ნეირონული ქსელები არის ჰიბრიდული მიდგომის მაგალითი, რომელიც აერთიანებს ნეირონული ქსელის სწავლის უნარს ფაზი ლოგიკის ხმაურის მართვის შესაძლებლობებთან (Buckley and Hayashi, 1995; Nauck and Kruse, 1996). მათი უმარტივესი ფორმით, ფაზი ნეირონული ქსელი შეიძლება განვიხილოდეს, როგორც სამ ფენიანი მიწოდების ქსელი, არამკაფიო შეყვანის ფენით (ფაზიფიკაცია), ფარული ფენით, რომელიც შეიცავს არამკაფიო წესებს და საბოლოო

არამკაფიო გამომავალი ფენით (დეფაზიფიკაცია). ფაზი სიმრავლეები შეიცავს ფენებს შორის (ფაზურ) კავშირებს, თუმცა ხანდახან შეიძლება მოიძებნოს ხუთ ფენიანი ქსელი მეორე და მეოთხე ფენებში შემავალი ნაკრებებით.

შეყვანის ფენა არის შეყვანის მიკუთვნების ფუნქციები ფაზი წესებისთვის, საკმარისი შეყვანით, რაც იწვევს ფარული ფენის წესის გააქტიურებას. ფენებს შორის წონა კი ფაზი სიმრავლეა. თითოეულ კომპლექტში მიკუთვნება განისაზღვრება ფარდობითი წონებით - ეს შეიძლება შეიცვალოს სპეციალური სასწავლო ალგორითმების გამოყენებით ჩვეულებრივი ნეირონული სისტემის მიხედვით. გადაცემის ფუნქციები, როგორც წესი, უწყვეტია და გადასცემენ რეალურ მნიშვნელობებს ქსელის მეშვეობით გამომავალ ფენაში, რათა განიმარტოს, როგორც ფაზი სიმრავლეების მიკუთვნების ხარისხი, რომელიც დაფუძნებულია ფარულ შრეში ფაზი წესების გაშვებაზე.

ხელოვნური ნეირონული ქსელის ყველა ნეირონი დაკავშირებულია სხვა ნეირონთან კავშირის ბმულით და ეს ბმული ასოცირდება წონასთან, რომელსაც აქვს ინფორმაცია შეყვანის სიგნალის შესახებ. აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ წონას აქვს სასარგებლო ინფორმაცია შეყვანის შესახებ პრობლემების გადასაჭრელად.

ნეირონულ ქსელებში არამკაფიო ლოგიკის გამოყენების რამდენიმე მიზეზია:

- არამკაფიო ლოგიკა ძირითადად გამოიყენება ნეირონულ ქსელებში არამკაფიო სიმრავლეებიდან წონების დასადგენად.
- როდესაც მკაფიო მნიშვნელობების გამოყენება შეუძლებელია, მაშინ გამოიყენება არამკაფიო მნიშვნელობები.
- ტრენინგი და სწავლა ეხმარება ნეირონულ ქსელებს უკეთესად იმუშაონ მოულოდნელ სიტუაციებში. იმ დროს არამკაფიო მნიშვნელობები უფრო გამოსაყენებელი იქნებოდა ვიდრე მკაფიო მნიშვნელობები.
- როდესაც ჩვენ ვიყენებთ არამკაფიო ლოგიკას ნეირონულ ქსელებში, მაშინ მნიშვნელობები არ უნდა იყოს მკაფიო და დამუშავება შეიძლება მოხდეს პარალელურად.

ფაზი კონგნიტური რუკა არის არამკაფიო ფორმა ნეირონულ ქსელებში. ძირითადად FCM ჰგავს დინამიური მდგომარეობის მანქანას ფაზი მდგომარეობებით (არა მხოლოდ 1 ან 0).

მიუხედავად მრავალი უპირატესობისა, ნეირონულ ქსელებში არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებისას გარკვეული სირთულეც არსებობს. სირთულე დაკავშირებულია მიკუთვნების წესებთან, რომელიც აუცილებელია არამკაფიო სისტემის აგებისათვის, რადგან ზოგჯერ რთულია მისი გამოყვანა მოცემული რთული მონაცემებით.

საპირისპირო კავშირი ნეირონულ ქსელსა და არამკაფიო ლოგიკას შორის, ანუ შემთხვევა როდესაც ნეირონული ქსელი ასწავლის არამკაფიო ლოგიკას ასევე შესწავლის კარგი სფეროა. არის შემდეგი ორი მთავარი მიზეზი ნეიროდატრენინგებული არამკაფიო ლოგიკის ასაგებად:

- მონაცემების ახალი შაბლონების სწავლა მარტივად შეიძლება ნეირონული ქსელების დახმარებით, შესაბამისად, ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას მონაცემების წინასწარი დამუშავებისთვის არამკაფიო სისტემებში.
- ნეირონული ქსელი, ახალი შეყვანის მონაცემებით ახალი ურთიერთობის სწავლის შესაძლებლობის გამო, შეიძლება გამოყენებულ იქნას არამკაფიო წესების დასახვეწად, არამკაფიო ადაპტაციური სისტემის შესაქმნელად.

ნეიროდატრენინგებული არამკაფიო სისტემები გამოიყენება ბევრ კომერციულ აპლიკაციებში. განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი:

- საერთაშორისო არამკაფიო საინჟინრო კვლევით ლაბორატორიას (LIFE) იოკოჰამაში, იაპონია აქვს უკუგავრცელების ნეირონული ქსელი, რომელიც გამოიმუშავებს არამკაფიო წესებს. ეს სისტემა წარმატებით იქნა გამოყენებული სავალუტო ვაჭრობის სისტემაში დაახლოებით 5000 არამკაფიო წესით.

- Ford Motor Company-მ შეიმუშავა სასწავლო არამკაფიო სისტემები ავტომობილების უქმის სვლის კონტროლისთვის.

- NeuFuz, ეროვნული ნახევარგამტარული კორპორაციის პროგრამული პროდუქტი, მხარს უჭერს არამკაფიო წესების გენერირებას ნეირონული ქსელით კონტროლის აპლიკაციებისთვის.

- გერმანიის კორპორაცია AEG იყენებს ნეიროდატრენინგებულ არამკაფიო მართვის სისტემას თავისი წყლისა და ენერჯის დამზოგავი მანქანისთვის. მას აქვს სულ 157 არამკაფიო წესი.

3. დასკვნა

დასკვნის სახით მოკლედ ჩამოვთვალოთ არამკაფიო (ფაზი) ლოგიკის უპირატესობები სხვებთან შედარებით. შეყვანის ფაზი მონაცემებით მუშაობის უნარი: მაგალითად, მნიშვნელობები, რომლებიც მუდმივად იცვლება დროთა განმავლობაში (დინამიური ამოცანები), მნიშვნელობები, რომლებიც არ შეიძლება ცალსახად იყოს მითითებული (სტატისტიკური გამოკითხვების შედეგები, სარეკლამო კამპანიები და ა.შ.); შეფასების და შედარების კრიტერიუმების ფაზი ფორმალიზების შესაძლებლობა: კრიტერიუმებით მოქმედება „ყველაზე“, „შესაძლოა“, უპირატესად“ და ა.შ.; როგორც შეყვანის, ისე გამომავალი შედეგების ხარისხობრივი შეფასების ჩატარების უნარი: თქვენ მოქმედებთ არა მხოლოდ მონაცემთა მნიშვნელობებით, არამედ მათი სანდოობის ხარისხით (არ აგვერიოს ალბათობასთან!) და განაწილებით; რთული დინამიური სისტემების სწრაფი სიმულაციის შესაძლებლობა და მათი შედარებითი ანალიზი სიზუსტის მოცემული ხარისხით: სისტემის ქცევის პრინციპების გამოყენებით, რომლებიც აღწერილია ფაზი მეთოდებით, პირველ რიგში, დიდ დრო არ იხარჯება ცვლადების და აღწერის განტოლებების შედგენისას ზუსტი მნიშვნელობების გარკვევაში. და მეორეც, შესაძლებელია გამომავალი მნიშვნელობების სხვადასხვა ვარიანტის შეაფასება.

ლიტერატურა:

1. Ouenes A. Practical application of fuzzy logic and neural networks to fractured reservoir characterization, Computers & Geosciences, Vol 26-8, 2000, Pages 953-962
2. Keller J.M., Yager R.R., Tahani H. Neural network implementation of fuzzy logic, Fuzzy Sets and Systems, Vol 45-1, 1992, Pages 1-12
3. Murmu S., Biswas S. Application of Fuzzy Logic and Neural Network in Crop Classification: A Review, Aquatic Procedia, Vol 4, 2015, Pages 1203-1210

Application of fuzzy logic in neural networks

Dali Magrakvelidze

Georgian Technical University

d.magrakvelidze@gtu.ge

Abstract

Fuzzy logic is an approach to computing based on "degrees of truth" rather than the usual "true or false" (1 or 0) logic used in modern computing. A fundamental concept of fuzzy logic is the membership function, which determines the degree of memberships of an input value to a certain set or category. Fuzzy Neural Network combines both neural network and fuzzy logic to create a powerful hybrid tool. They allow the

integration of expert knowledge into the system and are considered inherently more comprehensible due to the use of human-like fuzzy inference. A fuzzy neural network can be thought of as a three-layer feedforward network, with a fuzzy input layer (fuzzification), a hidden layer containing fuzzy rules, and a final fuzzy output layer (defuzzification). However, there is an inverse relationship between the neural network and fuzzy logic, that is, there is a case when the neural network trains fuzzy logic.

Keywords: fuzzy, fuzzy logic, fuzzy neural network.

An entropy-based approach to supervision and regulation Of financial market

Badri Meparishvili¹, Gulnara Janelidze¹ and Ketevan Meparishvili²
 1-Georgian Technical University, 2-The University of Georgia
 meparishvilibadri08@gtu.ge, janelidzegulnara08@gtu.ge
 qetevan.meparishvili@gmail.com

Abstract

The theory of modern economic development considers the importance of the role of the capital market as a necessary tool for stimulating economic activity. Manipulation of the capital market has always been a serious challenge for market participants, as the number, types and complexity of its manipulation methods increase with the expansion of markets. There is always a group of traders who aim to manipulate market prices to negatively affect stock values in their favor. This illegal trading is prohibited under all country stock market rules and regulations. Thus, the role of regulators is to detect and prevent cases of manipulation. That is why many researchers around the world have developed intelligent systems to automatically detect various types of manipulation cases and improve financial market management. For this purpose, the financial market is considered as a single system, the universal criterion of violation of its integrity is entropy, on the basis of which a new paradigm of financial market regulation was developed. In conclusion, the present work offers a new approach of automatic formation of sanctions based on the values of anomalies from the point of view of regulation.

Key words: financial market manipulation; entropy; artificial intelligence; machine learning; deep learning; financial time series.

1.Introduction. Object of research – brief overview

A market that serves as for communication between the savers and borrowers, by transferring the capital or money, that creates and exchanges financial assets is known as Financial Market. The Financial Market is divided into two broad categories: **Capital Market** and **Money Market**.



Fig. 1

Capital markets are mainly divided given types: Stock Market, Bond Market, Currency and Foreign Exchange Markets. For capital markets function fairly and orderly it is nessecary that regulators and exchanges oversee and ensure to maintaining market integrity, and promoting transparency, for which

they create and enforce rules and regulations. From viewpoint of the stability, all available information in asset prices must be accurately reflected by capital markets. There are many factors to an efficient capital market. Among them main is the *integrity* of this market. When we speak about integrity of capital market we simply mean the promotion of a “fair, orderly and transparent market” [1]. Different countries spare no efforts in protecting the integrity of market against any possible threats. If we look at this legal protection provided by the law of finance, we will see that it is mostly: criminal protection and, regulatory protection [2].

In general, a market anomaly is a pattern or behavior of asset prices that appears to be contrary to market efficiency. As a result of these anomalies, investors can potentially earn abnormal returns using these patterns, which is why markets are not always perfectly efficient. Investors can exploit market inefficiencies by using behavioral biases to create market anomalies and misprice assets. Market manipulation is illegal actions aimed at distorting the natural supply and demand of the market. Market manipulation can have a detrimental effect on market integrity and investor confidence.

To protect market integrity, regulatory authorities actively enforce laws against insider trading and market manipulation. These illegal actions can harm investors. Effective regulation and investor protection are essential to maintain confidence and trust in the capital markets. Market activity is monitored, fair and transparent operations are ensured and investors' interests are protected.

Regulators and exchanges use surveillance systems to detect insider trading patterns and investigate violations, and offenders can be fined, jailed, and civilly prosecuted. The detection of manipulation and other illegal actions on exchanges and markets, which lead to the violation of market integrity by excessive speculation, is indicated by a number of legal acts [3]. We discuss future trends and innovations in capital markets, including artificial intelligence, which is transforming various aspects of capital markets, including trading strategies, risk management and customer service.

Market management consists of two main tasks: detection of anomalies or detection of manipulations; market regulation. The article focuses on detecting financial market anomalies and revealing manipulations. However, we touch on the methods of regulation and legal mechanisms.

2. Multi-agent Modeling of Markets

Financial markets can be considered as Multi-Agent Systems (MAS). A multi-agent system contains a set of agents that interact with communication protocols. Different agents have different spheres of influence, where each agent or "player" creates their own "game". The collective behavior of agents can change one of the main criteria of the state of the capital market, namely the integrity and stability of the market. Autonomous action that violates the integrity of the market is anomalous or entropic. The market, as a unified system, fights against such manipulative anomalies, tries to restore its stability, which, first of all, lies in the detection of anomalies and, subsequently, in the elimination of its consequences. The integrity of the capital market system is a necessary prerequisite for the creation and sustainability of this efficient capital market [4]. Therefore, a multi-agent approach is particularly attractive for developing software that runs in distributed and open environments. They can handle the challenges facing our financial market today.

Concepts such as market equilibrium and efficiency can be thought of as non-equilibrium states of minimum entropy. If we consider the financial market as a thermodynamic system, we will see a certain correspondence between thermodynamic variables and economic quantities. Financial risk caused by model uncertainty is considered as a result of the interaction of financial markets and external information sources, helping financial risk managers to assess risks using both equilibrium and non-equilibrium thermodynamics. It follows that the entropic measure of financial risk can have a clear thermodynamic interpretation, and the nominal model can be considered a stable thermodynamic system. From an information-theoretic point of view, market participants create an inflow of information into the market, thus reducing the entropy of the thermodynamic system.

3. The entropy - brief overview

Although the concept of entropy is originated from thermodynamics, its concepts and relevant principles have been extensively applied in the field of finance. Entropy is a mathematically-defined quantity that is generally used to measure the disorder and uncertainty present in a dynamic system. According to Clausius, entropy tends to increase within a closed system (i.e. the entropy of the universe tends to a maximum), forming the basis to the principle the generalized second law of thermodynamics. Boltzmann and Gibbs extended the notion of entropy into statistical mechanics with a microscopic approach, linking it to molecular disorder and chaos [5,6]. In this case entropy measures the degree of probability that a system spans over different microstates. Entropy has an important application in information theory as well. Shannon generalized the concept of entropy as the average amount of information encoded in a message [7]. The more unpredictable (uncertain) the message provided by the system, the greater the expected value of the information contained in the message.

Entropy also serves as a measure of chaos in systems, but when dealing with a multifractal system, a single indicator cannot fully describe its dynamics, which requires a continuous spectrum of indicators, known as the singularity spectrum. From an investor's point of view, an increase in entropy is a signal of abnormal and possibly negative profits. In this study, we evaluate their identified market conditions (bear/bull markets) using entropy, which is an effective method for identifying volatile fractal markets.

In the financial industry, there have been similarities between finance and other natural systems or other academic studies in economics. As for the concept of entropy in thermodynamics, it can be used to understand market efficiency in financial markets. High entropy states in markets mean high randomness, inefficient markets. Conversely, states of low entropy indicate more orderly market behaviors, representing efficient markets. With the entropy of financial markets, traders/investors can analyze market performance and make adequate decisions. The thermoeconomic concept of energy can be used to estimate the true value and worth of financial assets. Consequently, energy dynamics determine market behavior.

To explain self-organizing criticality (SOC) in a financial system, we need to consider entropy maximization versus profit maximization. Investors spontaneously connect with each other, thanks to narratives, leading the system to critical states, and such behavior can be seen as a form of collective intelligence that justifies the idea of adaptive markets.

Entropy A new measure of stock market volatility. Stock market volatility is one of the most important concepts in the whole finance theory. Volatility is often used to describe dispersion from an expected value, price or model. In this paper we specifically address the concept of entropy, because there is already some research on the domain of Econophysics, which points out that as a measure of disorder, distance from equilibrium or even ignorance, entropy might present some advantages. However since there are several measures of entropy, as a starting point we discuss the potentialities of Shannon entropy and Tsallis entropy.

Following the work of Shannon, the entropy is defined as the level of irregularities occur, or in another word a measure of disorder in a system under consideration [7].

$$H(\mathcal{P}) = \sum_{k=1}^n p_k \log_2 \frac{1}{p_k}$$

Tsallis entropy is applied to measure uncertainty in global financial markets. For any non-negative real number q and considering the probability distribution Tsallis entropy is defined as:

$$S_q = \frac{1 - \sum_{i=1}^W p_i^q}{q - 1}$$

where p_i is the probability of finding the system in the i -th state, q is a parameter that determines the degree of non-extensivity of the entropy, and W is the number of states in the system [8].

Analysis of Multi-Agent Systems (MAS) based Regulation. As mentioned above, a multi-agent system contains a set of agents that interact with each other. Different agents have different spheres of influence

that may overlap, leading to reporting dependencies between agents [9]. Because agent behavior is an important dimension of diversity, it defines social entropy. If we consider the multiplicity of agents in a social aspect, we see that it is almost impossible, for example, to correlate heterogeneity without a quantitative metric of diversity. The metric allows us to study the effect of variety on performance and, conversely, the effect of other task factors on variety. In this context, social entropy is considered as an appropriate measure of the diversity of multiagent systems. The information theory of multiagent systems provides a mathematical basis for calculating simple social entropy in multiagent systems, which is preceded by a clustering process [10].

Clustering. The methodology is based on a clustering approach. Clustering groups data into clusters based on a similarity measure or distance calculation. Clustering has the ability to detect anomalies without the need for clear explanations of classes or anomaly types. K-means clustering is one of the basic algorithms in machine learning where there are a number of K-categories or clusters. It belongs to the "unlearned" type of machine learning. The K-means clustering algorithm places data points into clusters based on the average distance between those points. Since the k categories are already defined, this approach makes further selection in time for more accurate classification. In the process of iteration, the generation of average distances, or the convergence criterion, will continue until the center values no longer change. Centroids are calculated based on the mean values between data points in a cluster using the Euclidean distance:

$$d(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = d(\mathbf{q}, \mathbf{p}) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2}$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}.$$

A shortcoming of a diversity metric is the loss of information. This approach suggests only the presence of an anomalous agent only useful for homogeneous agent systems.

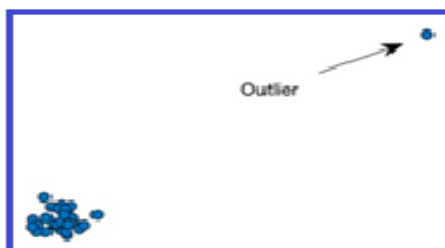


Fig. 2

The taxonomic distance indicates an anomaly, but it is not the only measure of diversity. The taxonomic difference captures the largest differences between agents cluster, but ignores the distribution of agents in space. Fig. 3. shows how the system is grouped in a taxonomic tree, or dendrogram, at several levels, where h represents the taxonomic level. Strong similarity between agents is indicated by clustering near the bottom of the dendrogram; Weak similarities between groups are reflected in branches at higher levels [10].

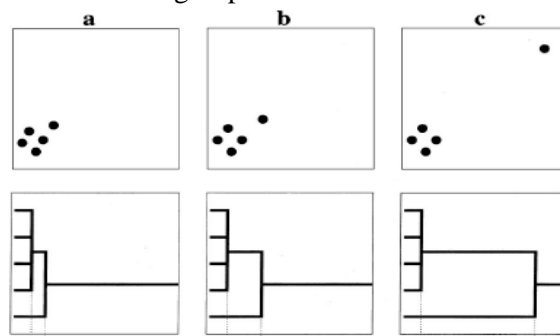


Fig. 3

Taxonomic trees are more useful for diversity analysis because dendrograms provide an ordered hierarchical view of classification. They are useful visualization tools whose structure provides some clues to

assess the overall diversity of multi-agent systems. Hierarchical clustering algorithms describe how the number and size of clusters depend on h . Since the partitioning of a multi-agent system depends on h , the entropy depends on it as well.

$$H(R, h) = H(R) \text{ for the clustering of } R \text{ at taxonomic level } h.$$

Diversity assessment should consider clustering at all taxonomic levels. Diversity is measured by the area under the broken entropy curve (Fig. 4.).

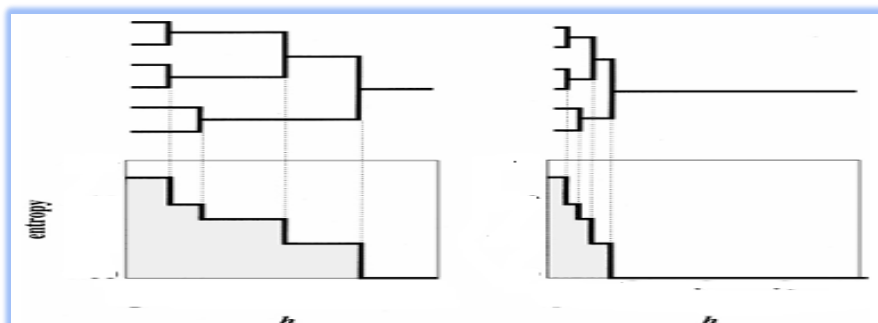


Fig. 4

Self-organised criticality (SOC). The contradiction paradox of the second law of thermodynamics is explained in terms of the union of two opposite cases: chaos or self-organizing criticality, where random processes greatly increase entropy, and cosmos or creation, when self-organizing against entropy. In other words, entropy is decreasing.. One well-known example of chaotic contingency or self-organized criticality is the sandbox experience [11]. "Disorder" and thus entropy is associated with the number of system states as degrees of freedom. 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, synergy theory, and complexity theory. If we consider the relationship between instability and entropy, self-organized criticality (SOC) is a property of non-uniform, chaotic or entropic systems, when after reaching a certain critical point, avalanche changes begin in the system, the intensity of which is distributed according to the power law. An unbalanced, chaotic system shows a tendency to generate maximum instantaneous entropy, which means that such a system will naturally evolve in an instantaneous jump towards states of higher entropy, which will lead to the collapse of the system. Capital markets can be considered as self-organized and unstable systems that evolve towards criticality. Indeed, there is a strong relationship between SOC and entropy maximization [12].

Financial markets can be seen as decentralized networks of investors that are affected by forces that cause "chaos". SOC results are important for researchers, market professionals and even regulators because it has key statistical properties such as non-linearity and non-stationarity, which create theoretical catastrophe risks in financial markets. Therefore, it is very important to study the extreme dynamics of the asset prices of the financial industry and to constantly control the entropy, determine the trend and predict the risks, especially in order to enable timely regulation and change of current trends.

Indeed, the results of simulations of entropic forces on the evolution of the causal macro-state of a variety of systems show that there is a strong connection between SOC and entropy maximisation. Self-organizing criticality is determined from the critical point when the anomalous or entropic coefficient exceeds the normal one [13].

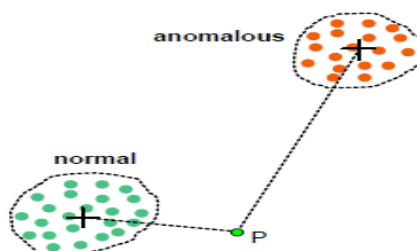


Fig. 5

The main idea of this paper is that entropy can be used as a measure of volatility, namely using statistical entropy as a model-independent measure to solve research questions related to the dynamics of various *financial time series*. The decisive advantage of this approach lies in its ability to detect market disturbances in time, especially for SOC prevention, without any restrictions on the probability distribution function. We also modeled the instability and found that the model was highly dependent on entropy. Although we did not discuss the mathematics involved in thermodynamics in this article, it can provide new ways of modeling financial phenomena.

4. Modern approaches to financial market regulation

The stock market handles millions of transactions, making it challenging for regulatory bodies to identify fraudulent activities manually. However, unsupervised deep learning techniques provide a promising solution for detecting market manipulation. Changing stock prices to gain an advantage is a form of market manipulation. The nature of stock market dynamics has always been ambiguous for investors because of various influential factors [14].

Some machine learning models (Decision Tree, Random Forest, Adaptive Boosting (Adaboost), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Classifier (SVC), Naïve Bayes, K-Nearest Neighbors (KNN), Logistic Regression and Artificial Neural Network (ANN)) and two powerful deep learning methods (Recurrent Neural Network (RNN) and Long short-term memory (LSTM)) are examined in financial markets management. The efficacy of an approach utilizing AI models is particularly noteworthy in financial domain, for quickly identifying irregularities in the data for anomaly detection and recognition of market manipulation.

We propose to examine how stock market manipulation can be detected using market entropy analysis. This approach could aid both investors and regulatory bodies in effectively understanding and managing the risks associated with stock market manipulation.

5. Conclusion

The main factor enhancing the positive influence of state regulation on the financial services market development implies further improvement of the regulatory and methodological framework for the creation, registration, licensing, provision of services, compilation and reporting, transparency of the financial institutions' activities and their interaction with consumers of financial services. In order to eliminate the negative impact of the low effectiveness of state regulation on the development of the internal market of financial services, as well as possible corruption (since the subjective factor plays an essential role), we consider it appropriate to automate the determination of the quality of regulations. This means that depending on the compliance of the country's legal system, the market integrity violation or entropy factor should be the functional determinant of the regulatory sanction.

Finally, the symbiosis of three classical sciences (economics, data science and jurisprudence) is outlined. So, it is obvious that each constituent considers the problems of the financial market only in its own aspect, but not completely, i.e. holistically. The general reason for this is subjective interpretation. There are already new requirements for the economist as well as for the lawyer, in particular, the need for systematic thinking. Thus, in this article, a paradigm shift is actually taking place and may be the modern agenda.

Reference:

1. Russell Keat, 'Consumer Sovereignty and the Integrity of Practices.' In: Cultural Goods and the Limits of the Market. (Palgrave Macmillan, London 1991)
2. AFMA, 'Markets Disciplinary Panel Articulates the Definition of 'Market Integrity' to Curb Market Misconduct' (Member News, November 2015)
3. Mosheer Q. Abdu-ALgafoor and Pramod J. Herode, Legal Protection of Financial Markets: A Review, Current Journal of Applied Science and Technology Volume 42, Issue 17, Page 31-39, 2023; Article no. CJAST.101270 ISSN: 2457-1024
4. Siering M., Clapham B., Engel O., Gomber P. A taxonomy of financial market manipulations, Jour. of Information Technology (2017) 32, 251–269. doi:10.1057/s41265-016-0029-z; online 2017

5. Boltzmann, L. Weitere studien über das wärme Gleichgewicht unter gasmolekülen. In: *Kinetische Theorie II*. [S.l.]: Vieweg Teubner Verlag, 1970, (WTB Wissenschaftl. Taschenbücher, v. 67). p. 115–225.
6. Gibbs, J. Elementary principles in statistical mechanics: developed with especial reference to the rational foundation of thermodynamics. [S.l.]: Yale Univ. Press, 1914. (Yale bicentennial publications).
7. Shannon, C.E. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 1948, 27, 379–423.
8. Tsallis, C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. *J. Stat. Phys.* 1988, 52, 479–487.
9. Wooldridge, M. (2002). *An Introduction to Multi-Agent Systems*. Wiley & Sons.
10. Tucker Balch. Hierarchic Social Entropy: An Information Theoretic Measure of Robot Group Diversity, *Kluwer Acad. Publishers. Manufactured, Netherland, Autonomous Robots* 8, 209–237, 2000.
11. P. Bak, 1996, *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*, New York: Copernicus. ISBN 0-387-94791-4
12. Jean-Philippe Bouchaud, *The Self-Organized Criticality Paradigm in Economics & Finance*. arXiv:2407.10284v1 [q-fin.GN] 14 Jul 2024
13. Wissner-Gross, A. D., & Freer, C. E. (2013). Causal entropic forces. *Physical Review Letters*, 110(16), 168702.
14. Zeeman, E. C. (1974). On the unstable behaviour of stock exchanges. *Journal of Mathematical Economics*, 1(1), 39–49

ფინანსური ბაზრის ზედამხედველობისა და რეგულირების ენტროპიაზე დაფუძნებული მიდგომა

ბადრი მეფარიშვილი¹, გულნარა ჯანელიძე¹, ქეთევან მეფარიშვილი²

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2-საქართველოს უნივერსიტეტი

meparishvilibadri08@gtu.ge, janelidzegulnara08@gtu.ge, qetevan.meparishvili@gmail.com

რეზიუმე

თანამედროვე ეკონომიკური განვითარების თეორია განიხილავს ფინანსური ბაზრის როლის მნიშვნელობას, როგორც ეკონომიკური საქმიანობის სტიმულირების აუცილებელ ინსტრუმენტს. ფინანსური ბაზრის მანიპულირება ყოველთვის სერიოზული გამოწვევა იყო ბაზრის მონაწილეებისთვის, რადგან ბაზრების გაფართოებასთან ერთად იზრდება მისი მანიპულირების მეთოდების რაოდენობა, ტიპები და სირთულე. ყოველთვის არის ტრეიდერების ჯგუფი, რომელიც მიზნად ისახავს საბაზრო ფასების მანიპულირებას, რათა უარყოფითად იმოქმედოს აქციების ღირებულებებზე მათ სასარგებლოდ. ეს უკანონო ვაჭრობა აკრძალულია ყველა ქვეყნის საფონდო ბაზრის წესებისა და რეგულაციების შესაბამისად. ამდენად, მარეგულირებლების როლია გამოავლინონ და თავიდან აიცილონ მანიპულირების შემთხვევები. სწორედ ამიტომ, მთელ მსოფლიოში ბევრმა მკვლევარმა შეიმუშავა ინტელექტუალური სისტემები, რათა ავტომატურად აღმოაჩინოს სხვადასხვა სახის მანიპულირების შემთხვევები და გააუმჯობესოს საფინანსო ბაზრის მართვა. აღნიშნული მიზნით, ფინანსური ბაზარი განიხილება როგორც ერთიანი სისტემა, რომლის მთლიანობის დარღვევის უნივერსალურ კრიტერიუმს წარმოადგენს ენტროპია, რომლის საფუძველზე შეიმუშავდა ფინანსური ბაზრის რეგულირების ახალი პარადიგმა. დასასრულს, წინამდებარე ნაშრომი რეგულირების თვალსაზრისით გთავაზობთ სანქციების ავტომატური ფორმირების ახალ მიდგომას ანომალიების მნიშვნელობების მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები: ფინანსური ბაზრის მანიპულირება. ენტროპია. ხელოვნური ინტელექტი. მანქანური სწავლება. ღრმა სწავლება. საფინანსო დროითი მწკრივები.

შავი ზღვის საქართველოს აკვადორიის სენსიტიური რეგიონების ეკომონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგება ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით

თალიკო ჟვანია, ნინო თოფურია, ნანა ნოზაძე
talizhvania@gtu.ge, nino.topuria@gtu.ge, n.nozadze@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია შავი ზღვის საქართველოს აკვადორიაში მდინარეებისა და ტბების ჰიდრორესურსების აღრიცხვის, სტატისტიკური დამუშავებისა და მონიტორინგის საინფორმაციო კომპიუტერული სისტემის ანალიზის, მოდელირების, დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის კონცეფცია ახალი ციფრული ტექნოლოგიების საფუძველზე. წარმოდგენილია შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების, პორტების, ნავთობტერმინალების და მიმდებარე ტბების ეკოლოგიური მონიტორინგის მონაცემთა ანალიზისა და შედეგების პროგნოზირების ავტომატიზებული სისტემის პროტოტიპი. პროექტის ფარგლებში შეირჩა ფოთის სანაპირო რაიონი, როგორც კვლევისთვის მრავალფეროვანი ტიპის ობიექტი: მდინარის ესტუარები (რიონი, კაპარჭინა, სუფსა...), პალიასტომის ტბა, ფოთის საზღვაო პორტი, ნავთობტერმინალი. სუფსის პორტი. შეიქმნა პროტოტიპი, შესაბამისად, ერთი კონკრეტული რეგიონისთვის. ახალი ცოდნა წარმატებით მოერგება შავი ზღვის სხვა დაუცველ ზონებს. ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით შეიქმნება მათი კვლევის ობიექტზე და პროცესზე ორიენტირებული მოდელები, საწყის მონაცემთა შეგროვების ავტომატიზებული მოწყობილობებით (IoT-სენსორებით), მათი დამუშავების მეთოდები, რომელიც დაფუძნებულია მანქანური სწავლების შესაბამის ალგორითმებსა და პროგრამებზე. შემუშავდება სერვისზე ორიენტირებული ვებპორტალის შექმნის მეთოდოლოგია. ნაშრომი სრულდება NATO პროექტის ჩარჩოში - „შავი ზღვის უსაფრთხოებისა და დაბინძურების რისკების კონტროლი რიცხვითი მოდელების გამოყენებით“ (SPS G6028, NATO, აშშ, საქართველო, უკრაინა, რუმინეთი, ბულგარეთი, თურქეთი [2023-2025]).

საკვანძო სიტყვები: შავი ზღვა. ესტუარი. ეკოლოგიური მონიტორინგი. საინფორმაციო სისტემა. მონაცემთა ბაზა. IoT. Azure SQL

1. შესავალი

საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის აკვადორიის არსებობა მისი გეოგრაფიული მდებარეობის მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რომელიც განსაზღვრავს ქვეყნის პოლიტიკურ, სოციალურ და ეკონომიკურ პოტენციალს, განსაკუთრებით საგარეო კავშირთა ურთიერთობების, საზღვაო მრეწველობისა და ტურიზმის განვითარების თვალსაზრისით. ფოთის შესასვლელთან, რიონი იყოფა 2 ტოტად, რომელთა შორის ექცევა ქალაქის ნაწილი და ქმნის კუნძულს. ქალაქში არსებული ტბების რაოდენობა შეადგენს 14, მათ შორის, აღსანიშნავია: პალიასტომის ტბა, ოქროს ტბა, მარტოწყალას ტბა.

შავ ზღვაში კვლევისა და ინოვაციების ლურჯი ზრდის ინიციატივა მიზნად ისახავს 2030 წლისთვის პროდუქტიული, ჯანსაღი, გამძლე, მდგრადი და უკეთესად დაფასებული შავი ზღვის საერთო ხედვის წინსვლას. ინიციატივა ხელს შეუწყობს შავი ზღვის საზოგადოებების უფრო ღრმა დაკავშირებას ხიდის მეშვეობით ახალი ცოდნის, ტექნოლოგიებისა და სერვისების შესახებ. ინიციატივა მიზნად ისახავს ხელი შეუწყოს ადამიანთა და ინფრასტრუქტურის შესაძლებლობების განვითარებას სანაპირო, საზღვაო და საზღვაო სექტორებში, შავ ზღვაში

მდგრადი და ეკოლოგიურად სუფთა ლურჯი ეკონომიკის უნიკალური შესაძლებლობების გახსნის მიზნით.

მნიშვნელოვანი საკითხია გამოსაკვლევია შავი ზღვისა და პალიასტომის ტბის ესტუარის საზღვრებში წყლის ეკოლოგიური პარამეტრების დადგენა და სისტემატური კონტროლი. ამ მიზნით განხორციელდება სტატისტიკური მონაცემების მოგროვება და სისტემის სერვერ-ბაზაში შენახვა. პროცესი ჩატარდება პერიოდულად (ყოველთვიურად) და განსაკუთრებით, 4-5 ბალიანი და მეტი სიმძლავრის შტორმების შემდეგ, ვინაიდან ამ დროს მნიშვნელოვნად იცვლება ზღვის ესტუარის, თვით ტბის წყლის ეკოლოგიური ბალანსი [1].

შავი ზღვის საკონტროლო წერტილებში, წყლის სინჯების ანალიზს, ტრადიციულად ასრულებენ ეკოლოგიური სამსახურის ექსპერტები და შედეგებს აგზავნიან მონიტორინგის ცენტრის სერვერზე [2]. ჩვენი ეკომონიტორინგის სისტემაში კი ამ ფუნქციის შესრულება განხორციელდება IoT სენსორების დახმარებით [3]. სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორის, აკად. გ. გავარდამვილის ინიციატივით ფოთის რეგიონში დაფუძნდა შავი ზღვის ობსერვატორია [4]. ეკომონიტორინგის ინფორმაციული ბაზა და ანალიტიკის სისტემა აქტიურად იქნება გამოყენებული ამ ობსერვატორიაში.

2. მეთოდოლოგია

კვლევის პროექტში გამოყენებული მეთოდოლოგია ეყრდნობა შავი ზღვის სენსიტიური რეგიონის (ფოთის მაგალითზე) სისტემურ ანალიზს და მისი ეკომონიტორინგის აპლიკაციის პრობლემების და ფუნქციური ამოცანების გამოვლენას და გადაწყვეტას. კვლევა ტარდება საქართველოს რეგიონში, სადაც იდენტიფიცირებულია წყლის ხარისხის პრობლემები, ფოკუსირებულია რეალურ დროში მონაცემთა შეგროვებასა და ანალიზზე IoT სენსორების გამოყენებით. მეთოდოლოგია მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- IoT სენსორების დაყენება: ეს სენსორები დამონტაჟებულია წყლის ობიექტებში სპეციფიკურ სიღრმეზე ისეთი პარამეტრების გასაზომად, როგორცაა გამტარობა, ტემპერატურა და გახსნილი ჟანგბადი. სენსორები უსადენოდ გადასცემენ მონაცემებს ღრუბელზე დაფუძნებულ პლატფორმაზე ანალიზისთვის.

- მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი: იგულისხმება სენსორების მიერ შეგროვებული მონაცემების დამუშავება Azure IoT Central-ის გამოყენებით, სადაც AI ალგორითმები ანალიზებენ ინფორმაციას ანომალიების გამოსავლენად და წყლის ხარისხის სამომავლო ტენდენციების პროგნოზირებისთვის. გაფრთხილებები დაიგზავნება, თუ რომელიმე პარამეტრი აჭარბებს კრიტიკულ ზღვრებს.

- პროგნოზირებადი მოდელირება: ხელოვნური ინტელექტის მოდელები სწავლობენ ისტორიულ მონაცემებს წყლის დეფიციტის, პოტენციური დაბინძურების და სხვა გარემოსდაცვითი რისკების პროგნოზირებისთვის. ეს მოდელები ეხმარება პოლიტიკის შემქმნელებს და წყლის მენეჯერებს პრევენციული ქმედებების განხორციელებაში წყლის რესურსების პოტენციური საფრთხეების შესამცირებლად.

3. ძირითადი ნაწილი

პროექტის ფარგლებში შეიქმნება შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ რეგიონში (ფოთის ზღვისპირა რეგიონის მაგალითზე), საზღვაო პორტების, ნავთობტერმინალების და მდინარის შესართავების (ესტუარების) ეკოლოგიური მონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის დაპროექტების და განვითარების მეთოდოლოგია უახლესი ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით. ნავთობპროდუქტების მულტიმოდალურ გადაზიდვებს (რკინიგზის,

საავტომობილო, საზღვაო და მილსადენების), რომლებიც საქართველოს გავლით, ევროპას აკავშირებს აღმოსავლეთის ქვეყნებთან, ხშირად თან ახლავს საშიში ნარჩენების წარმოშობა, რაც შესაბამისად იწვევს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ქიმიური და ბიოლოგიური ელემენტების ცვლილებას. ეს უკანასკნელი უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობასა და მთლიანად ეკოლოგიაზე. პერიოდული ინფორმაციის მიღება ხდება შავი ზღვის სანაპიროს მდგომარეობის შესახებ სტაციონარული და არასტაციონარული მოწყობილობებიდან. აღნიშნული ინფორმაცია რეალურ დროში მიეწოდება მონაცემთა დამუშავების ცენტრებს და შესაბამის სერვერებს, რაც ანალიტიკური სამუშაოების, პრევენციული ღონისძიებების და აქტიური სალიკვიდაციო სამუშაოების განხორციელების შესაძლებლობას იძლევა.

საკვლევი წერტილებიდან წყლის პარამეტრების მონიტორინგისთვის აუცილებელია შემდეგი პარამეტრების გაზომვა:

- წყლის მარილიანობა;
- წყლის მჟავიანობა;
- წყალში გახსნილი ჟანგბადი;
- წყლის დაბინძურება მძიმე მეტალებით;
- შავი ზღვის წყლის დაბინძურება ჩამდინარე წყლებით;
- წყლის ხარისხი პორტების აკვატორიაში;
- წყლის ხარისხი ნავთობტერმინალებში;
- ტემპერატურული რეჟიმები;
- შავი ზღვისა და სანაპირო ზოლის ფლორა და ფაუნა.

წყლის სხვადასხვა პარამეტრის გასაზომად, დღეს ყველაზე თანამედროვე მიდგომა IoT სენსორების გამოყენებაა. Microsoft Azure IoT Central წარმოადგენს IoT SaaS გადაწყვეტილებას, რომელიც აადვილებს IoT სენსორების მასშტაბურ დაკავშირებას, მონიტორინგს და მართვას. არის დაცული, გთავაზობს ცენტრალიზებულ მენეჯმენტს ხელახლა კონფიგურაციისა და განახლებისთვის.

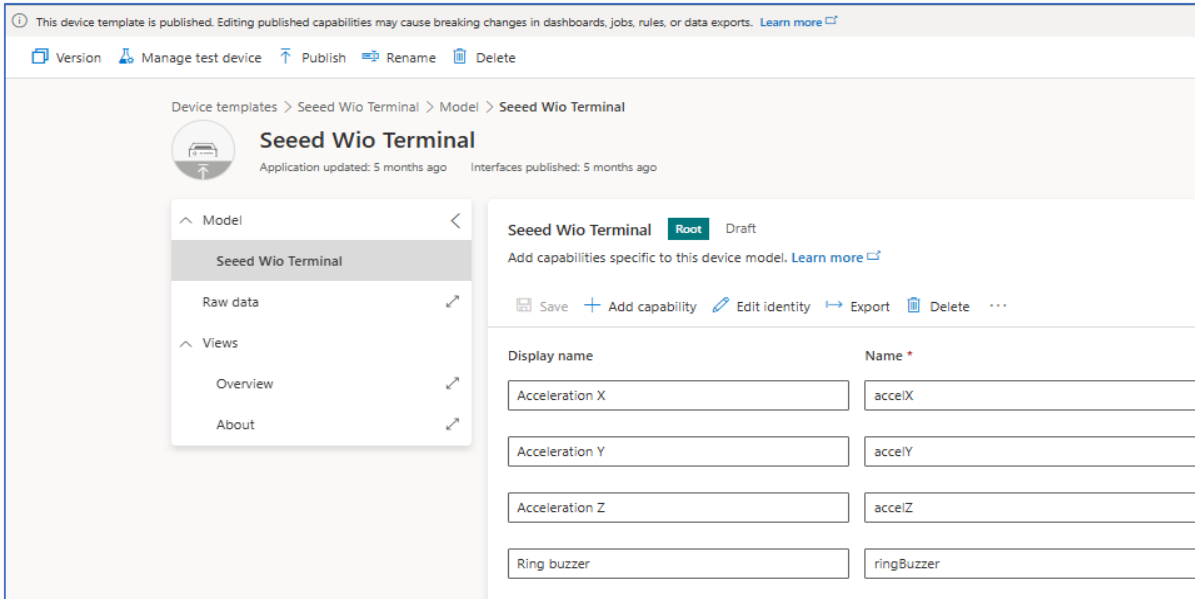
Microsoft Azure IoT Central შესაძლებელი იქნება წყლის სხვადასხვა სენსორის წარმატებით დაკავშირება რომელიმე IoT მოწყობილობასთან (მაგალითად, Wio ტერმინალთან) [7]. აღნიშნულ მოწყობილობას შესაძლებელია მიუერთდეს სხვადასხვა სენსორები წყლის ძირითადი პარამეტრების კონტროლისთვის (როგორცაა pH, ტემპერატურა და სიმღვრივე და ა.შ), რაც სასარგებლოა ფართო სპექტრისთვის, მათ შორის გარემოს მონიტორინგის, აკვაპონიკასა და წყლის ხარისხის შეფასებისთვის. მონაცემების შეგროვების შემდეგ, შესაძლებელია მოხდეს ინტეგრაცია ღრუბლოვან სერვისებთან, როგორცაა Azure IoT Central რეალურ დროში მონიტორინგისა და ანალიზისთვის.

1-ელ ნახაზებზე ნაჩვენებია Wio Terminal და ელექტრული გამტარობის სენსორი (EC სენსორი) ზომავს ელექტროგამტარობას ხსნარში, რომელიც ჩვეულებრივ გამოიყენება აკვაკულტურისა და წყლის ხარისხის შესამოწმებლად.



ნახ. 1 Wio Terminal და EC სენსორი

მე-2-ე ნახაზებზე ნახვენია Wio Terminal-ის, როგორც კლიენტის მიერთება Microsoft Azure IoT Central-თან. Wio Terminal არის IoT Plug and Play სერტიფიცირებული მოწყობილობა, მის მისაერთებლად გამოყენებულია QR კოდი.



ნახ. 2 Microsoft Azure IoT Central-თან მიერთებული Seed Wio Terminal-ი

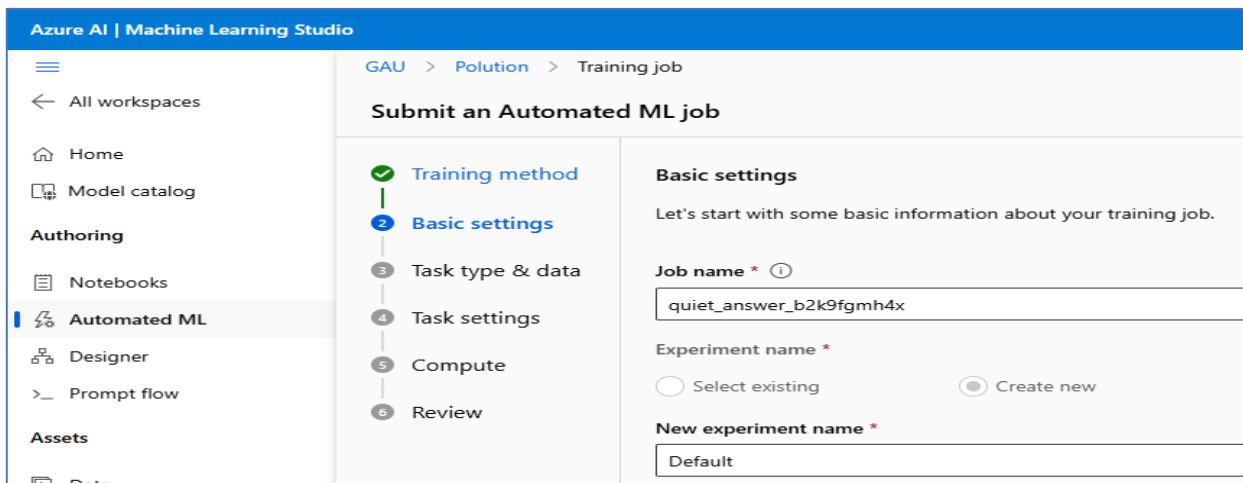
Microsoft Azure IoT Central-ის Rules, საშუალებას გვაძლევს გავწეროთ ყველა წესი, რომლის აფიქსირებს წყლის პარამეტრების ნორმიდან გადახრას, ხოლო Power Automates-ის ნაკადი ახდენს თითოეული ნორმიდან გადახრის დაფიქსირებას Azure SQL -ში დაპროექტებულ ბაზის Rules ცხრილში.

მონაცემთა დამუშავებისა და პროგნოზირებისთვის გამოყენებულია Azure Machine Learning Studio, კერძოდ, Forecasting, Classification და Regression მეთოდები.

პროგნოზირება - გამოიყენებია, მომავალში კონკრეტული დროისთვის დაბინძურების დონის პროგნოზირებისთვის (მაგ., საათობრივი/დღიური პროგნოზები).

კლასიფიკაცია - გამოიყენებულა, დაბინძურების დონის კლასიფიკაციისთვის რისკის კატეგორიებად (მაგ., უსაფრთხო/არაუსაფრთხო).

რეგრესია - გამოიყენებულა დაბინძურების დონის ზუსტი რიცხვითი პროგნოზებისა და შესაბამისი მეტრიკებისთვის.



ნახ.3. Automated Machine Learning job-ის შექმნის პროცესი

4. დასკვნა

შავი ზღვის ეკომონიტორინგის პროგრამული სისტემის შექმნა თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით მოიცავს კომპლექსურ ამოცანებს, რომლებიც დაკავშირებულია ფუნქციური პროცესების მოდელირებასთან, დიზაინთან და პროგრამული რეალიზაციასთან. განსაკუთრებული აქცენტი კეთდება ინოვაციური ტექნოლოგიების, მათ შორის ინტერნეტ ნივთების (IoT) სენსორების გამოყენებაზე, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა რეალურ დროში მოპოვებას. წყლის სხვადასხვა პარამეტრების, როგორცაა pH, ტემპერატურა და სიმღვრივე, გაზომვის მიზნით სენსორები Wio-ტერმინალთან არის დაკავშირებული. აღნიშნული ინფორმაცია მნიშვნელოვანია გარემოს მონიტორინგისთვის, აკვაპონიკის სისტემებისთვის და წყლის ხარისხის შესაფასებლად. მონაცემების მიღების შემდეგ, Wio Terminal-ის ღრუბლოვანი პლატფორმებთან, მაგალითად Azure IoT Central-თან, ინტეგრაცია შესაძლებელს ხდის წყლის რეალურ დროში მონიტორინგსა და ანალიზს. საბოლოოდ, მანქანური სწავლების ალგორითმების გამოყენებით, შესაძლებელია წყლის ხარისხის პროგნოზირება და დროული, ინფორმირებული გადაწყვეტილებების მიღება. მონაცემთა დამუშავებისა და დაბინძურების პროგნოზირებისთვის გამოყენებულია **Azure Machine Learning Studio**, სადაც გამოყენებულია **Forecasting, Classification** და **Regression** მეთოდები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ., თოფურია ნ. შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების და ტბების ეკომონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგების კონცეფცია ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით, Transactions. Georgian Technical University. AUTOMATED CONTROL SYSTEMS. No1(37), 2024.
2. Gavardashvil G., Surguladze G., Petriashvil L., Topuria N. Designing Eco-Monitoring Information System for the Black Sea Coastline Based on Modern Digital Technologies. Bulletin "Moambe", vol. 16, N 2. Georg. National Academy of Sciences. 2022, pp. 29-34
3. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G. Hybrid Software Technologies and Data Engineering for Management Information Systems. Monograph, ISBN 978-9941-20-790-7. GTU, „Techn.Univ.“, Tb., 2017. -1001 p.
4. Surguladze G., Topuria N., Gavardashvili A., Namchevadze Ts. Automation of Web-portal and Database Construction Processes for the Black Sea Ecosystem Monitoring. International Journal of Environmental and Ecological Engineering. World Academy of Scientific (WASET), v.12, N1. ISSN 1307-6892, Amsterdam, 2018, pp. 47-52
5. Surguladze G., Motsanelidze N., Phiphia T. Computer system of hydroresources monitoring of Georgia. Collection of GTU works, N3(465), Tbilisi, pub.House „Technical University“, 2007, pp. 41-48
6. Biofloc Monitoring System powered by Wio Terminal. 2020. <https://www.seedstudio.com/blog/2020/09/29/biofloc-monitoring-system-powered-by-wio-terminal-m/>

Construction of Eco-monitoring Information System for Black Sea Sensitive Regions of Georgian Aquatoria with new Digital Technologies

Zhvania Taliko, Nozadze Nana, Topuria Nino

Georgian Technical University

talizhvania@gtu.ge, n.nozadze@gtu.ge, nino.topuria@gtu.ge

Abstract

The concept of object-oriented analysis, modeling, design and software implementation of the information-computer system of accounting, statistical processing and monitoring of hydro resources of rivers and lakes of the Black Sea region of Georgia based on the latest digital technologies is discussed. A prototype of an automated system for data analysis and prediction of ecological monitoring of Black Sea river estuaries, ports, oil terminals and nearby lakes is presented. Within the framework of the project, the coastal area of Poti was selected as a diverse type of object for research: river estuaries (Rioni, Kaparchina, Supsa...), Paliastom lake, Poti seaport, oil terminal. Supsa port. A prototype was created, accordingly, of one specific region. The new knowledge will be successfully adapted to other vulnerable areas of the Black Sea. New digital technologies will create object- and process-oriented models of their research, with automated initial data collection devices (IoT-sensors), their processing methods based on appropriate machine learning algorithms and programs. A methodology for creating a service-oriented web portal will be developed. The work is carried out as part of the NATO project - "Control of risks of safety and pollution of the Black Sea using numerical models" (SPS G6028, NATO, USA, Georgia, Ukraine, Romania, Bulgaria, Turkey [2023-2025]).

Keywords: Black Sea Estuary. Ecological Monitoring. Information System. Database. Iot. Azure SQL

ნეირონული ქსელების გამოყენება რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევისთვის

მზია კიკნაძე, ეკატერინე ბოჭორიძე, ნატალია გაბაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

m.kiknadze@gtu.ge, e.rochkashvili@gtu.ge, n.gabashvili@gtu.ge

რეზიუმე

21-ე საუკუნეში ხელოვნური ინტელექტის სწრაფმა განვითარებამ მრავალ სფეროში გამოიწვია ახალი პერსპექტივები, მათ შორის, რეგიონული განვითარების კვლევებში. ნეირონული ქსელები, სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება მონაცემთა ანალიზსა და პროგნოზირებაში. სტატიაში განვიხილავთ, თუ როგორ შეიძლება ნეირონული ქსელების გამოყენება რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევისთვის და რა სარგებელი მოაქვს მას.

დღეისათვის, მდგრადი განვითარება მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე აქტუალურ თემას წარმოადგენს, რომელსაც არაერთი ქვეყანა და რეგიონი ცდილობს გაუმკლავდეს. მდგრადი განვითარების მიზნები მოიცავს არა მხოლოდ გარემოს დაცვას და ბუნებრივი რესურსების ეფექტიან გამოყენებას, არამედ სოციალურ და ეკონომიკურ პარამეტრებში გრძელვადიანი პროგრესის მიღწევას. ამ პროცესში, ციფრული ტექნოლოგიები და მათ შორის ნეირონული ქსელების გამოყენება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, რადგან ისინი საშუალებას იძლევა

ეფექტურად გაანალიზდეს და პროგნოზირება მოხდეს იმ კომპლექსური მონაცემების, რომლებიც დაკავშირებულია რეგიონული მდგრადი განვითარების სხვადასხვა ასპექტთან.

საკვანძო სიტყვები: რეგიონის მდგრადი განვითარება, ნეირონული ქსელი

1. შესავალი

მდგრადი განვითარება ნიშნავს განვითარების იმ ტიპს, რომელიც აკმაყოფილებს დღევანდელი თაობის საჭიროებებს ისე, რომ არ ზღუდავს მომავალ თაობებს მათი საჭიროებების დაკმაყოფილების შესაძლებლობაში. ეს კონცეფცია მოიცავს სამი ძირითადი კომპონენტის თანაბარ განვითარებას: ეკონომიკურ ზრდას, სოციალურ თანასწორობას და გარემოს დაცვას.

ნეირონული ქსელები ძლიერ ინსტრუმენტს წარმოადგენს რეგიონის განვითარებაში მდგრადი გადაწყვეტილებების მიღებაში. სტატიაში განხილულია ნეირონული ქსელების როლის შესახებ მდგრადი განვითარებაში, მათ გამოყენება, გამოწვევებისა და მომავალ პერსპექტივებს.

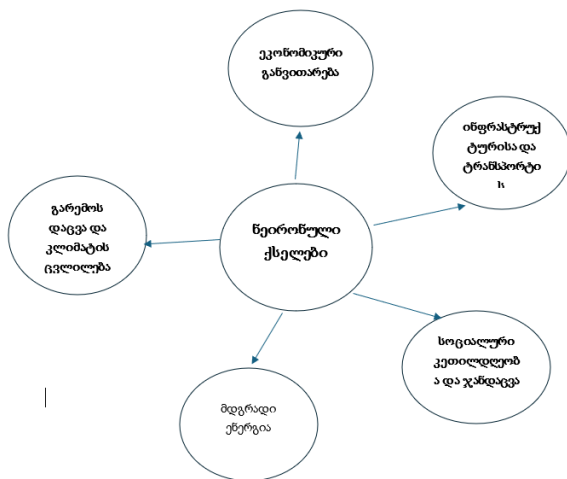
ნეირონული ქსელები, როგორც კომპიუტერული სისტემები, ფუნქციონირებენ ადამიანის ტვინში მიმდინარე პროცესების მსგავსად სხვადასხვა სფეროში. მათში ცნობიერება და სწავლის უნარი გაერთიანებულია, ამიტომ ამ ტექნოლოგიით შესაძლებელია გადაიჭრას ისეთი პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია დიდ მონაცემთა ნაკადებთან და მათ შესწავლასთან.

ნეირონული ქსელების ძირითადი უპირატესობებია:

- **მონაცემთა დიდი მოცულობების დამუშავების უნარი** - ნეირონული ქსელები შეუძლიათ ერთდროულად დაამუშაონ დიდი მოცულობის მონაცემები, მათ შორის, სტრუქტურირებულიც და არასტრუქტურირებულიც.
- **რთული დამოკიდებულებების ამოცნობა** - ნეირონული ქსელები შეუძლიათ აღმოაჩინონ რთული დამოკიდებულებები მონაცემებში, რომლებიც ადამიანისთვის შეუძნეველია.
- **პროგნოზირების მაღალი სიზუსტე** - ნეირონული ქსელები შეუძლიათ ზუსტად პროგნოზირება მოახდინონ მომავალი მოვლენებისა და ტენდენციების.

2. ძირითადი ნაწილი

ნეირონული ქსელები შეიძლება გამოყენებულ იქნას რეგიონის მდგრადი განვითარების სხვადასხვა ასპექტის შესასწავლად, გარემოს დაცვა, ეკონომიკური განვითარება, სოციალური განვითარება, მაგალითად კლიმატური ცვლილებების პროგნოზირება, ენერგოეფექტურობის გაზრდა, ურბანული დაგეგმარება ნეირონული ქსელები რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევაში შეიძლება წარმოვადგინოთ სურ.1-ზე წარმოდგენილი სახით.



სურ.1. ნეირონული ქსელები რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევაში

სადაც,

- **გარემოს დაცვა და კლიმატის ცვლილებაში იგულისხმება** კლიმატის პროგნოზირება ჰაერის ხარისხის მონიტორინგი

- გარემოს რისკების პროგნოზირება
- **ინფრასტრუქტურისა და ტრანსპორტის ოპტიმიზაციაში იგულისხმება**
 - ტრაფიკის ნაკადების ოპტიმიზაცია
 - ენერგოეფექტური ტრანსპორტი
 - ინფრასტრუქტურის დაგეგმვა
- **ეკონომიკური განვითარებაში იგულისხმება**
 - მარკეტინგი
 - სამუშაო ადგილების ზრდის პროგნოზირება
 - ინვესტიციების სტრატეგია
- **სოციალური კეთილდღეობა და ჯანდაცვა**
 - ჯანდაცვის განაწილება
 - სოციალური კეთილდღეობის მონიტორინგი
 - განათლების ოპტიმიზაცია
- **მდგრადი ენერჯია**
 - ენერჯის მოხმარების ოპტიმიზაცია
 - მწვანე ენერჯის გადაწყვეტილებები
 - რესურსების მართვა

3. ნეირონული ქსელების გამოყენების ალგორითმი

ნეირონული ქსელების გამოყენების ალგორითმი რეგიონის მდგრადი განვითარების კვლევით მოცემული სურ.2-ზე.

კვლევები აჩვენებს, რომ ნეირონული ქსელების გამოყენება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს:

გარემოს მონიტორინგს, სენსორებიდან, სატელიტებიდან და სხვა წყაროებიდან მიღებული მონაცემების ანალიზით შესაძლებელია დადგინდეს მაგალითად, ტყის გაჩეხის და დაბინძურების დონეები. კონვოლუციური ნეირონული ქსელები (CNN) შეუძლიათ გაანალიზონ სატელიტური ფოტოები და განსაზღვრონ მიწის საფარის ტიპები.

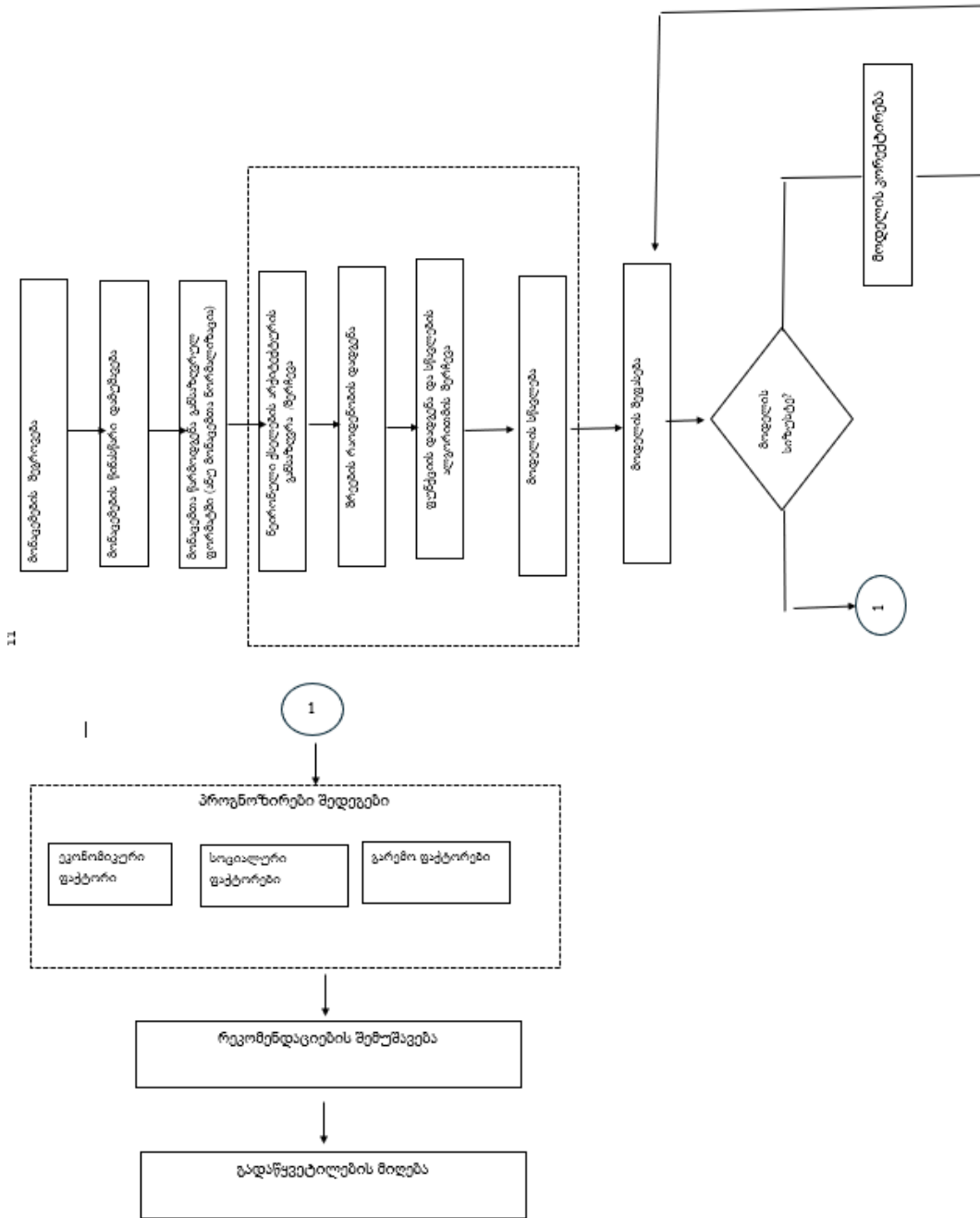
რესურსების მართვას, ნეირონული ქსელები შეუძლიათ ოპტიმიზირდნენ წყლის, ენერჯის და ნედლეულის გამოყენებაში. მაგალითად, რეკურენტული ნეირონული ქსელებს (RNN) შეუძლიათ წყლის მოთხოვნის პროგნოზირება, ამინდის ცვლილებების და მოსახლეობის ზრდის და სხვა პარამეტრების მიხედვით.

ჰკვიანი სოფლის მეურნეობის განვითარებას, ნეირონული ქსელები შეიძლება დაეხმარონ სოფლის მეურნეობის კვლევაში, რაც მაქსიმალურად გაზრდის მოსავლის დონეს და მინიმუმამდე დაიყვანს რესურსების გამოყენებას.

განახლებადი ენერჯის ოპტიმიზაციას, ნეირონულმა ქსელებმა შეუძლია მნიშვნელოვანი როლი ითამაშონ განახლებადი ენერჯის სისტემების ოპტიმიზაციაში. მაგალითად, მათი საშუალებით შესაძლებელია მზის პანელებიდან ან ქარის გენერატორებიდან ენერჯის წარმოების პროგნოზირება.

ურბანული დაგეგმვა. ნეირონული ქსელები ხელს უწყობენ ჰკვიანი ქალაქების შექმნას. მაგალითად, მათი საშუალებით შესაძლებელია ეფექტური საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტების დაგეგმვა, რაც ხელს შეუწყობს საცობების და ემისიების შემცირებას.

სოციალური გავლენის ანალიზს, ნეირონული ქსელები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სოციალური გარემოს შეფასებისათვის და განვითარების ხელშეწყობისათვის. დემოგრაფიული მონაცემების, ეკონომიკური ინდიკატორების და სოციალური მედიის განწყობის ანალიზისთვის



სურ 2. ნეირონული ქსელები სწავლების ალგორითმი

მიუხედავად ნეირონული ქსელების მდგრად განვითარებაში კვლევებში გამოყენების უდიდესი შესაძლებლობისა, მათი გამოყენება რამდენიმე გამოწვევას ქმნის:

- მონაცემების ხარისხი და ხელმისაწვდომობა;
- კომპლექსურობა და ინტერპრეტირებადობა;
- ინფრასტრუქტურა და ინვესტიცია;
- ეთიკური საკითხები.

4. დასკვნა

ნეირონული ქსელები ძლიერ ინსტრუმენტს წარმოადგენს მდგრადი განვითარების კვლევაში. მათი შესაძლებლობების გამოყენებით, დაინტერესებული მხარეებს შეუძლიათ გააუმჯობესონ გარემოს მონიტორინგი, რესურსების მართვა და ხელი შეუწყონ ეკონომიკის

ზრდას. თუმცა, ამ შესაძლებლობების რეალიზება მოითხოვს ყურადღების გამახვილებას მონაცემების ხარისხზე, ინტერპრეტირებადობაზე და ეთიკურ საკითხებზე.

ლიტერატურა

1. Archil Prangishvili, Oleg Namicheishvili, Zhuzhuna Gogiashvili, Mzia Kiknadze „ღრმა სწავლება წახალისებით შეზღუდვათა პირობებში“, Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences „MOAMBE”, Vol.17, n.3, 2023
2. Namicheishvili O., Gogiashvili J., Kiknadze M., Gvaramia E. Machine intelligence in the service of human intelligence” XIII Annual International Conference of the Union of Mechanics of Georgia, Batumi, August 24-26, 2022 ,
3. Chen, L., et al. (2020). "Traffic management using neural networks." Journal of Urban Planning, 45(3), 201-215.
4. Moreno Pires, S., & Fidélis, T. (2020). "Urban Sustainability Challenges and Opportunities: A Complex Systems Approach Using Neural Networks". Sustainability.
5. Zhang, Y., et al. (2019). "Neural Network Modeling for Regional Sustainable Development Prediction". Journal of Cleaner Production.
6. Jiang, X., et al. (2022). "Predictive models for renewable energy generation using neural networks." Renewable Energy Reviews, 34(2), 120-130.
7. Kumar, A., et al. (2021). "Precision agriculture practices enhanced by neural networks." Agricultural Systems, 185, 102-112.
8. Ma, X., et al. (2019). "Water demand forecasting using recurrent neural networks." Water Resources Management, 33(11), 3993-4004.
9. Niemeyer, J., et al. (2020). "Challenges in data availability for AI applications in sustainable development." Environmental Science & Policy, 112, 34-45.
10. Santos, J., et al. (2021). "Assessing social equity with neural networks." Social Indicators Research, 155(4), 1303-1320.

Using Neural Networks for Research on Regional Sustainable Development

Mzia Kiknadze, Ekaterine Bochoridze, Natalia Gabashvili

m.kiknadze@gtu.ge, e.bochoridze@gtu.ge, n.gabashvili@gtu.ge

Abstract

The 21st century's explosive growth in artificial intelligence has brought about new viewpoints in several disciplines, including regional development studies. Neural networks are being used more and more in forecasting and data analysis. This article explores the advantages of using neural networks to study regional sustainable development. Many nations and areas are working to address sustainable development, which is currently one of the most important global concerns. In addition to protecting the environment and using natural resources effectively, sustainable development aims to achieve long-term advancements in social and economic spheres. Neural networks and other digital technologies are crucial to this process because they enable the efficient study and prediction of

Key words: Sustainable regional development, neural network

პროექტების დამუშავების სწავლების აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება

ლოლიტა ბეჟანიშვილი, მზიანა ნაჭყებია, ლილი ლობჯანიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
lolita.bejanishvili@gtu.ge, mzianachkebia@yahoo.com, lobzhanidzeli08@gtu.ge

რეზიუმე

პროგრამული უზრუნველყოფის დაპროექტების და დამუშავების სწორი მართვა იძლევა დაპროექტებისას დაუგეგმავი შეცდომების და ვადების ჩავარდნის თავიდან აცილების საშუალებას და ამის გარდა პროგრამული პროდუქტების ხარისხისა და საიმედოობის გაუმჯობესების გარანტიას. პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესში სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება როგორც მიმდინარე პროექტზე ადაპტირებული წარმატებული პროექტებიდან მიღებული გამოცდილების გამოყენება, ასევე მიმდინარე პროექტში ჩართული გამოცდილი პერსონალის გამოცდილება და ცოდნა. სწავლება ნებისმიერი ინტელექტუალური სისტემის განუყოფელი ნაწილია, როგორც ბუნებრივი, ასევე ხელოვნური, რომელიც მოიცავს გამოცდილებას – წინა პრობლემების გადაჭრაზე დაფუძნებული ცოდნის დაგროვებას, მათ განზოგადებას და გამოყენებას ახალ, ადრე გაუთვალისწინებელ პრობლემებზე. სწავლების ფორმალური მოდელის შექმნისას იყო გამოყენებული აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება. მოდელირების სერვისების ბაზარზე მზარდი კონკურენცია იწვევს ინსტრუმენტებსა და გადაწყვეტილებების მოთხოვნილებას მისი ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად. პროდუქტის დამუშავებაში მონაწილეობენ როგორც გამოცდილი დეველოპერები, ასევე სტაჟიორები. ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ აგენტების ამ ორი ჯგუფის ქცევა და შრომის პროდუქტიულობა განსხვავებულია. მოდელის ყველა აგენტი უნიკალურია, რადგან ისინი შეიცავენ ბევრ ცვლადს, რომელზედაც დამოკიდებულია მათი მდგომარეობაც. აქ აგენტზე დაფუძნებული მიდგომის უპირატესობა არის სიზუსტე, რადგან აგენტის თითოეულ ტიპს შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი მდგომარეობის დიაგრამა და ქცევა. აგენტზე დაფუძნებული მიდგომის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა, მდგომარეობების დიაგრამების გამოყენებით, პირდაპირ დავაყენოთ განსხვავებული ქცევა თითოეული ჯგუფისთვის. აგენტზე დაფუძნებული მიდგომით მოწოდებული მოდელების მოქნილობა შესაძლებელს ხდის თანაბარი სიზუსტით მოვახდინოთ როგორც მცირე, ისე დიდი პროექტების დამუშავების სიმულაცია. აგენტზე დაფუძნებული მიდგომა უზრუნველყოფს უფრო მეტ სიზუსტეს, მოქნილობას და მასშტაბურობას.

საკვანძო სიტყვები: პროექტის დამუშავება, აგენტი, აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება, ადაპტური სისტემა

1. შესავალი

პროგრამული უზრუნველყოფის და პროექტების მეთოდების და მასთან დაკავშირებულ დაპროექტების პროცესების გაუმჯობესება იწვევს დამუშავების ფასის შემცირებას და პროგრამების გამოჩენას, რომელთა ტექნიკური მხარდაჭერის ხარჯები დაბალია. პროგრამული უზრუნველყოფის დაპროექტების და დამუშავების სწორი მართვა იძლევა დაპროექტებისას დაუგეგმავი შეცდომების და ვადების ჩავარდნის თავიდან აცილების საშუალებას და გარდა ამისა პროგრამული პროდუქტების ხარისხისა და საიმედოობის გაუმჯობესების გარანტიას.

გლობალიზაცია, კლიენტთან ინდივიდუალური ადაპტაცია და ხარისხის გაუმჯობესების უწყვეტი პროცესი არის რამდენიმე მამოძრავებელი ძალა, რომელიც ხელს უწყობს მენეჯერებს გააუმჯობესონ ანალიზის არსებული მეთოდები და საშუალებები. ტექნოლოგიებსა და კომუნიკაციებში დღეს მიმდინარე რევოლუციური ცვლილებების გათვალისწინებით, ისევე

როგორც ცოდნის მზარდი როლის გაზრდა, ინტერაქტიული მოდელირება და რთული, ღია პრობლემების ვიზუალიზაცია ინოვაციურ გადაწყვეტას მოითხოვს.

პროგრამული პროექტების დამუშავების პროცესში სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება როგორც მიმდინარე პროექტზე ადაპტირებული წარმატებული პროექტებიდან მიღებული გამოცდილების გამოყენება, ასევე მიმდინარე პროექტში ჩართული გამოცდილი პერსონალის გამოცდილება და ცოდნა.

სწავლება ნებისმიერი ინტელექტუალური სისტემის განუყოფელი ნაწილია, როგორც ბუნებრივი, ასევე ხელოვნური, რომელიც მოიცავს გამოცდილებას - წინა პრობლემების გადაჭრაზე დაფუძნებული ცოდნის დაგროვებას, მათ განზოგადებას და გამოყენებას ახალ, ადრე გაუთვალისწინებელ პრობლემებზე.

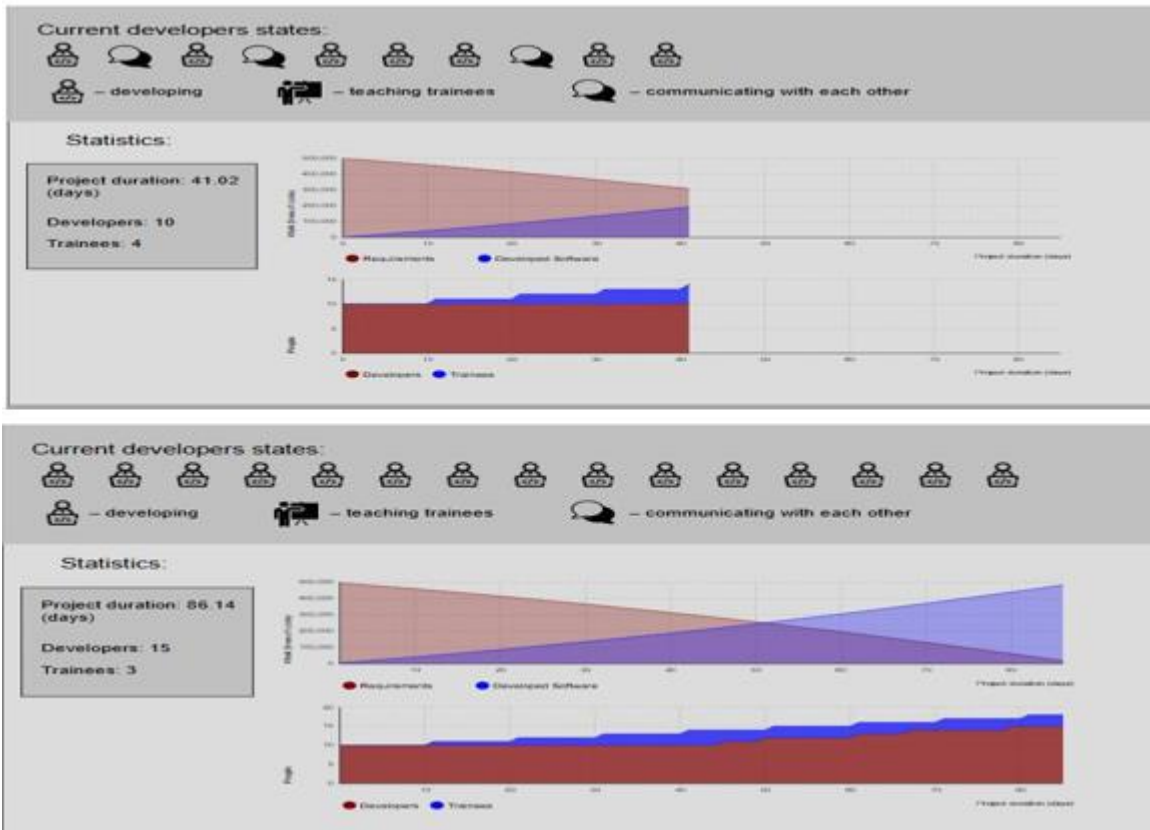
აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება (agent-based model - ABM) არის რთული, ინტეგრირებული და დინამიური სისტემების კვლევის ერთ-ერთი ახალი მეთოდი, რომელიც აქტიურად ვითარდება ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში. [1] აგენტზე დაფუძნებული მოდელირებისადმი ინტერესის მაღალი დონის მიზეზი არის ის, რომ მეთოდს შეუძლია ქცევისა და ურთიერთობების სიმულაცია რთულ სოციალურ გარემოში, სადაც ტრადიციული ანალიტიკური ინსტრუმენტები ხშირად ვერ ახერხებენ.

აგენტზე დაფუძნებული მიდგომა უზრუნველყოფს უფრო მეტ სიზუსტეს, მოქნილობას და მასშტაბურობას. აგენტზე დაფუძნებული მიდგომით შემუშავებული მოდელების მოქნილობა შესაძლებელს ხდის თანაბარი სიზუსტით მოხდეს როგორც მცირე, ისე დიდი პროექტების დამუშავების სიმულაცია.

2. მეთოდოლოგია

სწავლების ფორმალური მოდელის აგებისას გამოვიყენეთ აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება. აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება მოდელების დამუშავების უფრო თანამედროვე მეთოდია. პროექტის დამუშავებაში მონაწილეობენ როგორც გამოცდილი დეველოპერები, ასევე სტაჟიორები. ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ აგენტების ამ ორი ჯგუფის („პოპულაციების“) ქცევა და შრომის პროდუქტიულობა განსხვავებულია. მოდელის ყველა აგენტი უნიკალურია, რადგან ისინი შეიცავენ ბევრ ცვლადს, რომელზედაც დამოკიდებულია მათი მდგომარეობაც. აქ აგენტზე დაფუძნებული მიდგომის უპირატესობა არის სიზუსტე, რადგან აგენტის თითოეულ ტიპს შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი მდგომარეობის დიაგრამა და ქცევა. ABM მეთოდმა შესაძლებელი გახადა სხვა მიდგომებთან შედარებით უფრო დიდი რეალიზმის და შესაბამისად, მოდელირების უფრო ზუსტი შედეგების მიღწევა.

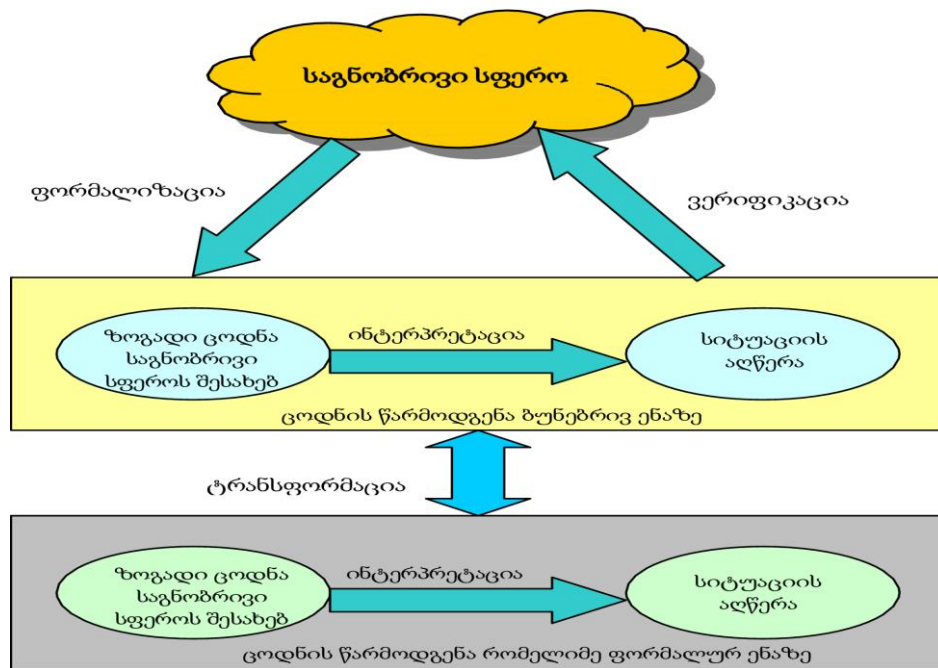
როგორც ინსტრუმენტალური ხერხი გამოყენებულია Java Agent Development Framework (JADE) – პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების გარემო მრავალაგენტური სისტემებისთვის და აპლიკაციებისთვის, რომელიც მხარს უჭერს FIPA სტანდარტებს ინტელექტუალური აგენტებისთვის. შედეგები ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ. 1. მოდელის პროგრამული უზრუნველყოფის დაპროექტების პროცესის დინამიკა

3. ძირითადი ნაწილი

სწავლების პროცესი ეხება რეალური სამყაროს რაღაც ნაწილს, რომელსაც ეწოდება საგნობრივი სფერო და რომლის აღწერა უნდა გაკეთდეს რომელიმე ენაზე, მაგალითად, ბუნებრივ ენაზე, ან რომელიმე ფორმალურ ენაზე. ყველა შემთხვევაში ცოდნის ძირითადი ერთეულებია ცნებები და მათ შორის ურთიერთობები (ან აბსტრაქტული ცოდნა) და მტკიცებულებათა ფაქტები წინადადებების სახით, რომლებიც აღწერს საგნობრივი სფეროს თვისებებს, მდგომარეობებს და საგნობრივი სფეროს დამოკიდებულებებს [2]. გარდა ამისა, საგნობრივი სფეროს აღწერა ნებისმიერ ფორმალურ ენაზე ყოველთვის გულისხმობს მის შესაბამისობას ბუნებრივ ენაზე აღწერილობასთან. შესაბამისად, ფორმალური აღწერის შემოღებით ჩვენ მივყვებით ერთი აღწერიდან მეორეში ცალსახა გადაცემის აუცილებლობას.



ნახ.2. ცოდნის წარმოდგენის ფორმალური მოდელი სწავლების სისტემაში

განვიხილოთ სწავლების ფორმალური მოდელი, რომელშიც სწავლების პროცესი განიხილება, როგორც შესაძლო ალტერნატივების ძიება ლოკალურ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით. შემოვიტანოთ შემდეგი აღნიშვნები:

A – საგნობრივი სფეროს აღწერის აბსტრაქტული ცოდნის კომპონენტთა სიმრავლე;

P – მტკიცებულებათა სიმრავლე საგნობრივი სფეროს მდგომარეობის აღსაწერად;

L – ფორმალური ენების სიმრავლე;

C – კონტექსტების სიმრავლე (პრაგმატიკების, მიზნების, შეზღუდვების);

U = A x P – დეკარტული ნამრავლია;

$\dot{U} = \{U_1, U_2, U_3, U_n\}$ სასწავლო ნაკრები, სადაც $U_i \in \Xi(U)$ – არის U-ს ყველა ქვესიმრავლის ერთობლიობა;

$X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_m\}$ – მდგომარეობების სასრული ნაკრები;

$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_k\}$ – გამომავალი რაოდენობების ნაკრები; განვსაზღვროთ $\rho: \Xi(U) \rightarrow Y$, კლასიფიკაციის ასახვა, რომელიც ცნობილია მხოლოდ მასწავლებლისთვის;

ვთქვათ, მოცემულია $F = \{f_i, i=1, l \ \& \ f_i: \Xi(U) \rightarrow Y\}$ აღწერების სიმრავლე, რომელიც იქნება აგებული სასწავლო პროცესში; ჩვენ ასევე განვსაზღვრავთ სასწავლო ნაკრების არჩევანს

$$\varphi: U \times L \times C \rightarrow \Xi(U), \varphi \in \Phi;$$

და წარმოდგენების ტრანსფორმაციის ოპერატორები

$$\psi: U \times L \rightarrow U \times L, \psi \in \Psi;$$

გარდა ამისა, ვთქვათ, მოცემულია სწავლების კრიტერიუმი $\Lambda(\rho, f, \varphi, \psi)$, რაც დამოკიდებულია სწავლების შედეგად მიღებული კლასიფიკაციის სიახლოვეზე f მასწავლებლის ნამდვილ კლასიფიკაციასთან - ρ.

შესაბამისად, ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ სწავლების მოდელი შემდეგნაირად:

$$M = \langle \dot{U}, X, Y, \rho, F, \Phi, \Psi, \Lambda \rangle$$

ზოგადად, სწავლების ამოცანაა ისეთი მნიშვნელობების პოვნა f, φ, ψ, რომლებშიც მოიძებნება სამიზნე ფუნქციის ექსტრემუმი.

საგნობრივი სფეროს შესახებ ცოდნის პრაქტიკული წარმოდგენისთვის აუცილებელია აირჩიოს საბაზისო წარმოდგენა, რომელსაც აქვს დიდი გამომსახველობითი შესაძლებლობები და რომელთანაც მუშაობა ადვილი იქნება ცოდნის შეგროვების თვალსაზრისით.

როგორც საბაზისო ცოდნის წარმოდგენების ენა, შეიძლება არჩეული იყოს ობიექტზე ორიენტირებული უნივერსალური მოდელირების ენა UML, რომელიც განკუთვნილია ანალიზისა და დიპროექტებისთვის, და მისი გაფართოება - OCL შეზღუდვების ენა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც დეკლარატიული - ობიექტების სახით. ასევე ცოდნის პროცედურული წარმოდგენისთვის.

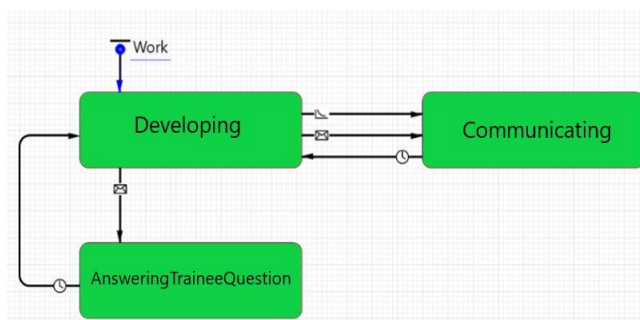
შიდა წარმოდგენა განხორციელებულია XML ენის გამოყენებით.

ცოდნის მზარდი როლის გაზრდა, ინტერაქტიული მოდელირება და რთული, ღია პრობლემების ვიზუალიზაცია ინოვაციურ გადაწყვეტას მოითხოვს. სწავლების ფორმალური მოდელის აგებისას გამოვიყენეთ აგენტზე დაფუძნებულ მოდელირებას. აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება (agent-based model - ABM) არის რთული, ინტეგრირებული და დინამიური სისტემების კვლევის ერთ-ერთი ახალი მეთოდი, რომელიც აქტიურად ვითარდება ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში.

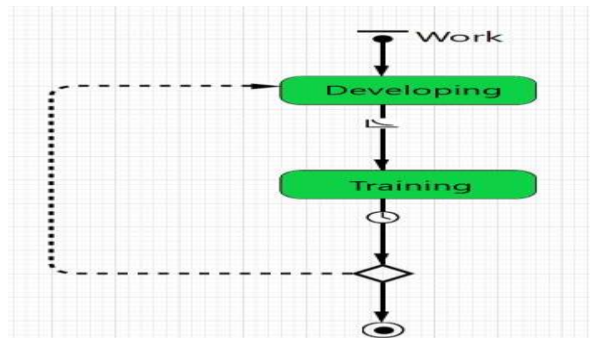
აგენტზე დაფუძნებული მოდელირების მიდგომის ძირითადი უპირატესობების საილუსტრაციოდ, განვიხილოთ მარტივ აგენტზე დაფუძნებული მოდელი დისკრეტული მოვლენის მოდელირებაზე და სისტემის დინამიკაზე დაფუძნებულ მოდელთან შედარებით.

სიმულაციური მოდელის აგენტები არის ერთეულები, რომლებსაც შეუძლიათ ჰქონდეთ ქცევა, მეხსიერება და საჭირო მახასიათებლების საკუთარი ნაკრები. რამდენად სასარგებლოა ეს თვისებები სიმულაციური მოდელის შემუშავებისას? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად, განვიხილოთ პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების მოდელი [3].

პროდუქტის დამუშავებაში მონაწილეობენ როგორც გამოცდილი დეველოპერები, ასევე მსმენელები. ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ აგენტების ამ ორი ჯგუფის („პოპულაციების“) ქცევა და შრომის პროდუქტიულობა განსხვავებულია. აქ აგენტზე დაფუძნებული მიდგომის უპირატესობა არის სიზუსტე, რადგან აგენტის თითოეულ ტიპს შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი მდგომარეობის დიაგრამა და ქცევა (ნახ.3,4).



ნახ. 3. დეველოპერის მდგომარეობების დიაგრამა



ნახ. 4. სტაჟიორის მდგომარეობების დიაგრამა

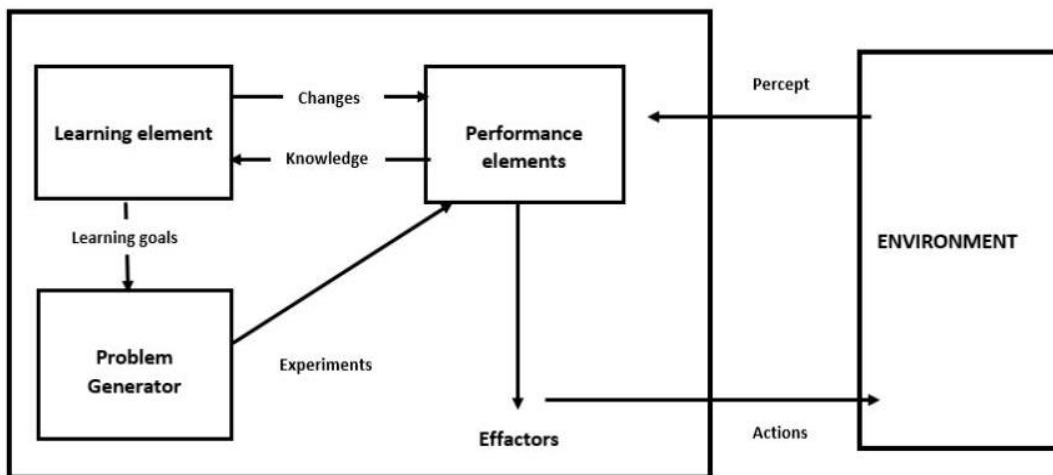
ამ ნახაზების მდგომარეობის დიაგრამებში დეველოპერებს აქვთ სამი მდგომარეობა: *Developing* (როდესაც ისინი წერენ კოდს), *AnsweringTraineeQuestions* (როდესაც ისინი მონაწილეობენ ნაკლებად გამოცდილი კოლეგების სასწავლო პროცესში) და *Communicating* (ერთგვარი უმოქმედობის მდგომარეობა, როდესაც დეველოპერები არ წერენ კოდს, მაგრამ მონაწილეობენ კოლეგებთან დისკუსიაში). აგენტები გადაადგილდებიან ამ მდგომარეობებში

გადასვლებში აღწერილი წესების მოცემული ნაკრების მიხედვით, მაგალითად: ერთ დეველოპერს შეუძლია შემთხვევით გაუზავნოს მესიჯი მეორეს დაპროექტების ამჟამინდელი მდგომარეობის განსახილველად. განხილვის შემდეგ ისინი უნდა გააგრძელონ სამუშაო.

თითოეული აგენტი შეიცავს ლოგიკას და ცვლადებს. აგენტის ქცევის დასაზუსტებლად რთული მათემატიკური ფორმულები არ არის საჭირო. ყველა პარამეტრი პირდაპირ მოდელშია მითითებული: ვინ არის მენტორი, რამდენად გამოცდილია მსმენელი, რამდენად ხშირად უჩნდება კითხვები მსმენელს.

გარდა უფრო აშკარა ფაქტორისა – თანამშრომლების გამოცდილებისა - აგენტზე დაფუძნებული მიდგომა საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ სხვა მახასიათებლები. მაგალითად, თითოეულ სტაჟიორს შეიძლება დაენიშნოს მენტორი, რომელიც მზად არის სასწრაფოდ გაუწიოს დახმარების ხელი, რაც შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს. აგენტებს შეუძლიათ კომუნიკაცია შეტყობინებების სისტემის გამმასწავლი აგენტიქტების შეჩერება, რათა მონაწილეობა მიიღოს სასწავლო პროცესში (ნახ.5).

რაღაც მომენტში, კომპანიას შეიძლება შეხვდეს ახალი დაქირავებულების დიდი რაოდენობა. ამ შემთხვევაში ჯგუფური სწავლება რაციონალური გამოსავალი იქნება [4]. აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება საშუალებას აძლევს ცალკეულ აგენტებს ურთიერთ-იმოქმედონ სხვა აგენტების ჯგუფებთან, რაც დადებითად მოქმედებს მიდგომის მასშტაბურობაზე.



ნახ. 5. სწავლების აგენტი

4. დასკვნა

აგენტზე დაფუძნებული მიდგომა უზრუნველყოფს დიდ სიზუსტეს, მოქნილობას და მასშტაბურობას. აგენტზე დაფუძნებული მოდელირება არის ყველაზე დეტალური მიდგომა, რომელიც საშუალებას გაძლევთ თავიდან აიცილოთ აბსტრაქცია აგენტის ქცევის ლოგიკის „დაპროგრამებით“. ამ მიდგომის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა, მდგომარეობების დიაგრამების გამოყენებით, პირდაპირ დავაყენოთ განსხვავებული ქცევა თითოეული ჯგუფისთვის: დეველოპერებისთვის და სტაჟიორებისთვის.

მოდელის ყველა აგენტი უნიკალურია, რადგან ისინი შეიცავს ბევრ ცვლადს, რომელზედაც დამოკიდებულია მათი მდგომარეობაც. აქ აგენტზე დაფუძნებული მიდგომის უპირატესობა არის სიზუსტე, რადგან აგენტის თითოეულ ტიპს შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი მდგომარეობის დიაგრამა და ქცევა. ამ თვისებებით სარგებლობით, ჩვენ შევძელით თითოეულ სტაჟიორს

მენტორი მივანიჭოთ. ამის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა, სხვა მიდგომებთან შედარებით, რეალურად უფრო მეტი ზუსტი შედეგების მიღწევა.

აგენტზე დაფუძნებული მიდგომით მოწოდებული მოდელების მოქნილობა შესაძლებელს ხდის თანაბარი სიზუსტით მოახდინონ როგორც მცირე, ისე დიდი პროექტების დამუშავების სიმულაცია. რაც უფრო დიდია პროექტი, მით მეტი შრომაა საჭირო. აგენტ - "პოპულაციის" ურთიერთობების გამოყენებით, ჩვენ შეგვიძლია მივაღწიოთ მოდელის კარგ მასშტაბურობას.

ლიტერატურა – References:

1. Shunkevich D.V. Agent-oriented models, method and tools of compatible problem solvers development for intelligent systems. Proc. OSTIS-2018, Minsk, 2018, pp. 119–132
2. Castillo O., Melin P., Kacprzyk J. Recent Advances on Hybrid Intelligent Systems. Springer, 2014, 572 p. DOI: 10.1007/978-3-319-05170-3_1.
3. Florian R.V. Autonomous Artificial Intelligent Agents. 2003, 50 p
4. Nikolenko S.I., Tulupev A.L. Self Learning Systems. Moscow, 2009, 288 p. (in Russ.).

Agent-based simulation of software development training

Lolita Bejanishvili, Mziana Nachkebia, Lili Lobzhanidze

Georgian Technical University

lolita.bejanishvili@gtu.ge, mzianachkebia@yahoo.com, lobzhanidzelili08@gtu.ge

Abstract

Proper control of software design and development helps to avoid unplanned design errors and missed deadlines, as well as to guarantee increased quality and reliability of software products. In the process of developing software projects, it is becoming increasingly important to use the experience gained from successful projects adapted to the current project, as well as the experience and knowledge of experienced personnel involved in the current project. Learning is an integral part of any intelligent system, both natural and artificial, which includes experience - the accumulation of knowledge based on solving previous problems, their generalization and application to new, previously unforeseen problems. Agent-based modeling was used in developing the formal learning model. Growing competition in the modeling services market leads to the need for tools and solutions to improve its efficiency. Both experienced developers and interns participate in product development. It is logical to assume that the behavior and productivity of these two groups of agents are different. All agents in the model are unique since they contain many variables on which their state also depends. The advantage of the agent-based approach here is accuracy, since each type of agent can have its own state diagram and behavior. Using the agent-based approach allowed us to directly specify different behavior for each group using state diagrams. The flexibility of models provided by the agent-based approach allows us to model the processing of both small and large projects with equal accuracy. The agent-based approach provides greater accuracy, flexibility, and scalability.

Keywords: project management, agent, agent-based modeling, adaptive system

ჭკვიანი იარაღი: ხელოვნური ინტელექტის მომავალი სამხედრო საქმეებში

ქეთევან კვესელავა, ირაკლი ბოჭორიშვილი, ლიანა თედემილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
q.kveselava@gtu.ge, Irakli.bochorishvili@gtu.ge, liana99@list.ru

რეზიუმე

განხილულია ხელოვნური ინტელექტის განვითარების გზები და მეთოდები. მოცემულია ავტომატიზაციისა და ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამორჩეული მახასიათებლები და გამოვლენილია სამხედრო საქმეებში მისი გამოყენების სფეროები, მიმართულებები და რისკები. როგორც უახლესი ტექნოლოგია, ხელოვნური ინტელექტი ასრულებს მთავარ როლს ადამიანთა საზოგადოების კეთილდღეობისა და ცხოვრების პირობების გაუმჯობესებაში. სულ უფრო ხშირად განიხილება საკითხები ხელოვნური ინტელექტის კაცობრიობაზე ზეგავლენის შესახებ - როგორც ძალაუფლების ბალანსის ახალი განმსაზღვრელი მდგენელი - როგორც ცალკეულ რეგიონებში, ისე მთელ მსოფლიოში მშვიდობის მიღწევისა და შენარჩუნების პირობით. დღეს სამხედრო საქმეებში განსაკუთრებით აქტუალურია AI-ისა და „ჭკვიანი იარაღის“ განვითარება. ის ახალ შესაძლებლობებსა და გამოწვევებს აჩენს. ამიტომ, AI-ს სამხედრო მიზნებისთვის (კერძოდ, სამხედრო მართვისა და კონტროლის სისტემაში) გამოყენების მიმდინარე ტენდენციების შესწავლას, ასევე შესაძლებლობების შესახებ კითხვების განხილვას, მისი სამომავლო გამოყენების თავისებურებებსა და პრობლემებს დიდი მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე პირობებში სახელმწიფოს სამხედრო პოტენციალის შენარჩუნებისა და განვითარების ძირითადი სახელმძღვანელო პრინციპების კონკრეტიზაციის თვალსაზრისით. ნაშრომის მიზანია განიხილოს ხელოვნური ტექნოლოგიების გამოყენება სამხედრო მენეჯმენტში შესაძლო უპირატესობები და სამხედრო სფეროში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებასთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი რისკები, რომლებიც უნივერსალური ადამიანის ეგზისტენციალური ხასიათისა და შეიძლება ჰქონდეს პირდაპირი გავლენა ადამიანური საზოგადოების გრძელვადიან მომავალზე - მსოფლიო ომი დიდ ძალებს შორის, ბირთვული კონფლიქტის შესაძლებლობა და ხელოვნური ინტელექტის კონტროლიდან გასვლის შესაძლებლობა.

საკვანძო სიტყვები: სამხედრო საქმეები, ხელოვნური ინტელექტი, დიდი მონაცემები, იარაღის პროგრამები, იარაღისა და სამხედრო აღჭურვილობის ნიმუშები.

1. შესავალი

თანამედროვე სამყარო მთლიანად მოცულია ხელოვნური ინტელექტის კონცეფციით, გამოიყენება ყოველდღიურ ლექსიკაში, მედიაში, ეკონომიკაში, ინდუსტრიაში და მეცნიერებაში. ამ უკანასკნელთან მიმართებაში მნიშვნელოვანი გაურკვევლობა წარმოიქმნება სისტემური ანალიზის, ოპერაციების კვლევის, გადაწყვეტილების მიღების, კომპიუტერული მოდელირების, ექსპერტული სისტემების, ბუნდოვანი ლოგიკის, ავტომატიზაციის, შემეცნებითი ტექნოლოგიების, ინფორმაციის თეორიების, მენეჯმენტის, და მრავალი სხვა სფეროს განმარტებების ერთმანეთში აღრევის გამო.

ამ ტენდენციამ არც სამხედრო საქმეებს აუარა გვერდი - მისაღები გახდა ტერმინები „ინტელექტუალური საბრძოლო მასალა“, „რობოტული სამხედრო სისტემა ხელოვნური ინტელექტის ელემენტებით“ და ა.შ. ამ მხრივ, სრულიად გასაგებია ხელოვნური ინტელექტის კონცეფციის არსის გაგების სურვილი. კერძოდ გამოვყოთ ეს კონცეპტუალური სფერო სხვა მსგავსი სფეროებისგან და ამის საფუძველზე შევეცადოთ გამოვავლინოთ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების პერსპექტიული სფეროები ქვეყნის თავდაცვის სისტემაში.

2. ძირითადი ნაწილი

ამისათვის პირველ რიგში აუცილებელია თუნდაც ზოგადი თვალსაზრისით გადავხედოთ ხელოვნური ინტელექტის ისტორიას - საგნის არეალის ფორმირებას და განვითარებას, გამოყენებულ მეთოდებს და პრაქტიკული გამოყენების სფეროებს.

„ხელოვნური ინტელექტის გაჩენის წინაპირობების“ საწყისი პერიოდი (1943-1955), დიდწილად განისაზღვრა ნაშრომით, რომელშიც წარმოდგენილი იყო ხელოვნური ნეირონების მოდელი [1]. ასევე ა. ტიურინგის ნაშრომმა, რომელიც გამოქვეყნებული იყო ჟურნალში „Computing Machinery and Intelligence“. აქ აღწერილია ტიურინგის ტესტი, მანქანური დასწავლის პრინციპები, გენეტიკური ალგორითმები და განმტკიცების სასწავლო პროცესები. „ადრეული ენთუზიაზმის“ პერიოდი (1956-1966) ხასიათდება იმით, რომ ტერმინი „ხელოვნური ინტელექტი“ იქნა პირველად გამოყენებული [1].

ხელოვნური ინტელექტის სფერო შემოიფარგლება კრეატიულობის მოდელირებით, თვითგანვითარებით, ბუნებრივი ენის გამოყენებით და, რაც მთავარია, კომპიუტერული სისტემების შექმნით, რომლებიც ავტონომიურად მუშაობს რთულ, ცვალებად გარემოში.

შეიქმნა პროგრამები, რომლებიც ახდენდნს ადამიანის ამოცანების გადაჭრის პროცედურების სიმულაციას - ლოგიკური მსჯელობა (Logic Theorist), „ზოგადი ამოცანების ამომხსნელი“ (General Problem Solver), „გეომეტრიული თეორემების ავტომატური მტკიცება“ (Geometry Theorem Prover), ქვების თამაშები, ჭადრაკი და ა.შ.

გარდა ამისა აღწერილია Advice Taker კომპიუტერული სისტემა, რომელშიც შემოთავაზებული იყო „ზოგადი ცოდნა სამყაროს შესახებ“ (ცოდნის ბაზა). შემუშავდა ევრისტიკული პროგრამირების საფუძვლები და ნეირონულმა ქსელებმა შემდგომი განვითარება „პერცეპტრონების“ კონცეფციაზე დაფუძნებით განიცადეს.

საინტერესოა, რომ ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამო, უახლოეს მომავალში შესაძლებელია ველოდოთ ეფექტიანობის ზრდას სამხედრო საქმეების ისეთ სფეროებში, როგორცაა:

- საბრძოლო მოქმედებების წარმართვის მოდელირება და შემადგენელი ძალებისა და საშუალებების გამართლება;
- დაზვერვისა და კონტროლის ინტეგრირებული სისტემების ფუნქციონირება, დისტანციური მართვის სადაზვერვო და დარტყმითი საბრძოლო სისტემები, რობოტული სისტემები სამხედრო მიზნებისთვის და ა.შ.;
- მობილურად განაწილებული საბრძოლო უსაფრთხოების სისტემების კონტროლი მითითებული საზღვრებისთვის და ობიექტებისთვის;
- ტრენაჟორების და სასწავლო სისტემების გამოყენება

ამავდროულად ყველაზე მიღწევადი ჩანს, სამხედრო რობოტებით სიტუაციური მართვის ინტელექტუალური ტექნოლოგიები, თავდასხმისა და სადაზვერვო უპილოტო საფრენი აპარატები, ინტელექტუალური ძიებისა და ინფორმაციის ანალიზის მათემატიკური მეთოდების შემუშავება, მათ შორის სადაზვერვო ხასიათის თეორიის განვითარება და გადაწყვეტილების მიღების მეთოდები რეალურ დროში რთულ დინამიურ სიტუაციებში.

გრძელვადიან პერსპექტივაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნანო-, ბიო-, საინფორმაციო და შემეცნებითი ტექნოლოგიების გაერთიანებას NBIC (Nanotechno-

logy, Biotechnology, Information technology and Cognitive science) – კონვერგენტულ ტექნოლოგიებში. ამ ნაკრებით ნანოტექნოლოგია შესაძლებელს გახდის მასალების შექმნას „შეკვეთით“ ატომურ-მოლეკულური კონსტრუირების საშუალებით, ბიოტექნოლოგია - ბიოლოგიური მასალის შეყვანა არაორგანული მასალების კონსტრუქციებში და ამით ჰიბრიდული მასალების მიიღება (ნანობიოსენსორები). ინფორმაციული ტექნოლოგია საშუალებას მოგვცემთ „დანერგოთ“ ინტეგრირებული წრე ასეთ ჰიბრიდულ მასალაში ან სისტემაში და საბოლოოდ მიიღოთ ფუნდამენტურად ახალი ინტელექტუალური სისტემა. ინფორმაციული ტექნოლოგიები იძლევა ასეთ ჰიბრიდულ მასალაში ან სისტემაში „დაინერგოს“ ინტეგრირებული სქემა და საბოლოოდ მივიღოთ ფუნდამენტურად ახალი ინტელექტუალური სისტემა. აღსაღნიშნავია, რომ შემეცნებითი ტექნოლოგიები ფუნდებოდა ტვინის ფუნქციების, ცნობიერების მექანიზმებისა და ცოცხალი არსებების ქცევის შესწავლაზე, ხდებოდა ალგორითმების შემუშავება, რომლებიც რეალურად „აცოცხლებენ“ შექმნილ სისტემებს და ანიჭებენ მათ გონებრივი ფუნქციებს გარკვეული (და დროთა განმავლობაში, სულ უფრო ღრმა) მსგავსებით. სავარაუდოა, რომ უახლოეს მომავალში ეს მოგვცემს საშუალებას შევქმნათ:

- მაღალსიჩქარიანი პირდაპირი ინტერფეისები ადამიანის ტვინსა და მანქანებს შორის;
- მოსახერხებელი ტარებადი სენსორები და კომპიუტერები, რომლებიც აუმჯობესებენ თითოეული სამხედრო მოსამსახურის ცნობიერებას ჯანმრთელობის მდგომარეობის, გარემოს და პოტენციური საფრთხეების შესახებ;
- ეკოლოგიურად სუფთა, ენერგოეფექტური მასალებისგან ობიექტების აგების სისტემები ზუსტად განსაზღვრული თვისებებით, მათ შორის ცვალებად პირობებთან ადაპტაციის შესაძლებლობით;
- „ჭკვიანი“ საბრძოლო და სატრანსპორტო მანქანები, ადაპტირებადი ინტელექტუალური მატერიალები, დაუცველი საინფორმაციო ქსელები, ახალი თაობის დაზვერვის სისტემები, ეფექტური ზომები ბიოლოგიური, ქიმიური, რადიაციული შეტევების წინააღმდეგ და ა.შ.

ეჭვგარეშეა, რომ ასეთ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული ხელოვნური ინტელექტის სისტემები მომავალში გამოყენებული იქნება არა მხოლოდ "ტექნიკური ხედვის" და ჯგუფური მართვის მოდელებზე დაფუძნებული სამხედრო აღჭურვილობის ცალკეული მოდელების გადაადგილების გასაკონტროლებლად, არამედ გამოყენებული იქნება შემდეგი სფეროებში:

- სამხედრო მშენებლობა;
- ჯარების ყოველდღიური საქმიანობა;
- საბრძოლო მზადყოფნის შენარჩუნება, ქვეყნის შეიარაღების სისტემის განვითარება;
- მოქმედებები შეიარაღებულ კონფლიქტებში;
- სამხედრო იარაღის, და სპეციალური ტექნიკის ფუნქციონირება
- ლოჯისტიკა და სხვა სახის მხარდაჭერა.

თანამედროვე ტექნოლოგიების ერთ-ერთი მთავარი მიღწევა - დრონები, რომლებიც უკვე ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე სამხედრო ოპერაციებში. დრონების მართვა და მათი საბრძოლო მოქმედებებში ჩართვა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა AI-ის გამოყენების საშუალებით, რაც უფრო ზუსტ და ეფექტურ იარაღს წარმოაჩენს თანამედროვე შეიარაღებაში. მნიშვნელოვანია ის, რომ ამ ტექნოლოგიამ თავდაცვითი სტრატეგიების მნიშვნელოვანი შეცვლა გამოიწვიოს, ვინაიდან AI-ის გამოყენება საშუალებას იძლევა, ავტომატურად გაანალიზდეს ინფორმაცია და მიღებულ იქნას ოპტიმალური სამხედრო გადაწყვეტილებები

სამხედრო საქმეებში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების სპეციფიკურ სფეროებზე საუბრისას, შეიძლება აღინიშნოს, რომ ამჟამად არის მნიშვნელოვანი პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია ინფორმაციის მოცულობის ექსპონენციურ ზრდასთან, მის გაურკვევლობასა და ცუდ სტრუქტურასთან. ადამიანის შესაძლებლობების ფსიქოფიზიოლოგიური, გონებრივი და სხვა შეზღუდვების გათვალისწინებით (პირი, რომელიც არის გადაწყვეტილების მიმღები) და ავტომატიზაციის მოკრძალებული როლით გადაწყვეტილების მიღებისას (მხოლოდ ალგორითმიზებულ, ფორმალიზებულ სიტუაციებში) საჭიროა ინტელექტუალური სისტემების გამოყენება ყოველდღიური და საბრძოლო მოქმედებების დაგეგმვისა და მართვისთვის რეალურ დროში, არასტრუქტურირებული მონაცემების ცოდნად გარდაქმნის უნარით, რომელიც მზადაა დაუყოვნებელი გამოყენებისათვის. ასეთი სისტემის პროტოტიპი შეიძლება იყოს დინამიური ანალიზისა და ხელახალი დაგეგმვის სისტემა (DART-Dynamic Analysis and Replanning), რომელიც განვითარდა შეერთებული შტატების მიერ სპარსეთის ყურის კრიზისის დროს 1991 წელს და განკუთვნილი იყო მიწოდების ტრანსპორტირების დაგეგმვისთვის. ამ სისტემის ფუნქციონირება ერთდროულად მოიცავდა 50 ათასამდე მანქანას, ტვირთის ერთეულს და მომსახურე პერსონალს, აგრეთვე ითვალისწინებდა გამგზავრებისა და დანიშნულების ყველა შესაძლო წერტილს, ამავე დროს აღმოფხვრიდა წინააღმდეგობებს და „გადაკვებებს“ ასეთ ლოგისტიკურ შემთხვევაში. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული დაგეგმვის მეთოდებმა შესაძლებელი გახადა გეგმების შემუშავება, რომლებიც მდგრადია საწყისი და შუალედური მონაცემების სხვადასხვა ვარიაციების მიმართ. უფრო მეტიც, ასეთი გეგმების შედგენას მხოლოდ რამდენიმე საათი დასჭირდა, ვიდრე კვირები ტრადიციული მეთოდების გამოყენებით.

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების კიდევ ერთი სფერო სამხედრო საქმეებში, რომელიც ეხება სამხედრო აღჭურვილობის განვითარების სისტემებს, როგორცაა:

➤ თვითნასწავლი კომპიუტერული სისტემები თანამედროვე და მოწინავე მასალებზე დაფუძნებული, ელექტრონულ კომპონენტურ ბაზაში არასტრუქტურირებული ინფორმაციის დასამუშავებლად; სამრეწველო ტექნოლოგიები; ცალკეული ნაწილები; კომპონენტები და ასამბლეები,

➤ მაღალი ხარისხის გამოთვლითი ინტელექტუალური სისტემები იარაღის და სამხედრო აღჭურვილობის დაჩქარებული განვითარებისათვის, საფრთხის პერიოდში მტრის თავდასხმის ახალი, მანამდე უცნობი საშუალებების შესაძლო გამოყენების ინფორმაციის გათვალისწინებით;

➤ ინტელექტუალური პროგრამული და აპარატური სისტემები დამცავი აღჭურვილობის შესაქმნელად, რომელთაც შეუძლიათ ადაპტირდნენ სიტუაციის ამჟამინდელ პირობებთან და თვისებების შეცვლა თანამედროვე იარაღის დამაზიანებელი ფაქტორების გავლენის ქვეშ და ა.შ.

ამავდროულად, განვითარებული იარაღისა და სამხედრო აღჭურვილობის მოდელების, მათი კომპლექსებისა და სისტემების საბრძოლო ეფექტურობის შეფასება და მთლიანობაში ძალებისა და აქტივების დაჯგუფება შეიძლება განხორციელდეს ინტელექტუალური მრავალაგენტური მოდელირების გზით.

რა თქმა უნდა, გადაადგილების მართვით, ცეცხლის გამოყენებით, საფარით, თავდაცვის სამხედრო იარაღით და აღჭურვილობით, რომელიც ამჟამად ვითარდება „ტექნიკური ხედვის“ გამოყენებით, მომავალში კიდევ უფრო განვითარება და გამოიწვევს ავტონომიურ ფუნქციონირებას არა მხოლოდ ინდივიდუალური მოდელების და სამხედრო აღჭურვილობის კომპლექსების, როგორცაა:

- მონიტორინგის, დაზვერვისა და კონტროლის ინტეგრირებული სისტემები;

- სადაზვერვო და დარტყმის კომპლექსები;
- საბორტო სისტემები მოძრავი ობიექტების მართვისთვის, ზუსტი იარაღის ჩათვლით;
- რობოტული სისტემები სამხედრო მიზნებისთვის, მათ შორის უპილოტო საჰაერო ხომალდების მოწყობილობები;
- მობილური განაწილებული საბრძოლო უსაფრთხოების სისტემები მითითებული საზღვრებისთვის და ობიექტებისთვის;
- საჰაერო და სარაკეტო თავდაცვის სისტემები;
- ასევე შეიარაღების სისტემები და მთლიანად შეიარაღებული ძალები.

უახლოეს მომავალში, გაგრძელდება გამოსახულების ანალიზის ინტელექტუალური ტექნოლოგიების გაუმჯობესება, ტექნიკური ხედვის განვითარება, მეთოდების განვითარების და ალგორითმების მახასიათებლების შეფასების ხარჯზე და მაკორექტირებელი ფილტრების სწრაფი ფორმირება სურათებში „ნაცნობი ობიექტების“ მცირე ფრაგმენტებზე და ა.შ.

მომავალში გამოჩნდება არა მხოლოდ ტრადიციული ტექნოლოგიები მანიპულირების მოქმედებებით, არამედ პერსპექტიული იარაღის ტიპებიც, როგორცაა საფრენი სასროლი პლატფორმები, შემტევი სადაზვერვო ნანორობოტები, მობილური ნანოსენსორები დაზვერვისთვის, წერტილოვანი, ფართობის და სიტუაციის მოცულობითი შეფასება, ბიომექანიკური მიკროორგანიზმების ღრუბლები და ა.შ. არანაკლებ მნიშვნელოვანია უახლოეს მომავალში რადარის სათვალთვალო ტექნოლოგიები, რომლებიც აგებულია დაბალი სიხშირის რადარებიდან ინფორმაციის დამუშავების ინტელექტუალურ მეთოდებზე (მეტრი და დეციმეტრის დიაპაზონი), რაც შესაძლებელს გახდის ასახული რადარის სიგნალებში სამიზნების არსებობის ოდნავი ნიშნების იდენტიფიცირებას.

როგორც ჩანს, სამხედრო საქმეებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ექნება გადაწყვეტილების მიღების სისტემებს, მტრის თავდასხმის მოგერიებისთვის - თვითსწავლების სისტემები მტრის თავდასხმის ფაქტისა და მეთოდის გასაანალიზებლად, გამოყენებული იარაღის შემადგენლობისა და მახასიათებლების შესაფასება, დამარცხებული კერებუს პარამეტრები, დაზიანებები, ძალების და საშუალებების დანაკარგები და ეფექტური წინააღმდეგობის მეთოდის განსაზღვრა, ძალებისა და საშუალებების დაკარგვა, ეფექტური წინააღმდეგობის მეთოდის განსაზღვრა.

მიუხედავად ამისა, AI-ის ინტეგრაციასთან დაკავშირებულია რიგი სერიოზული გამოწვევები. პირველ რიგში მნიშვნელოვანია ეთიკური საკითხები, რადგან არასრულყოფილმა ალგორითმებმა შესაძლოა „განზრახ“ ან „არაგანზრახ“ შეცდომები გამოიწვიოს საბრძოლო მოქმედების დროს. არსებობს გარკვეული საფრთხე ადამიანის მიერ სრულად ან ნაწილობრივ კონტროლის დაკარგვისა სამხედრო ტექნოლოგიებზე, რაც შეიძლება მასობრივი ზიანით დასრულდეს. AI-ის გამოყენებისას უსაფრთხოება სამხედრო კონტექსტში საჭიროებს განახლებას, რომელიც უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ახალი საერთაშორისო სტანდარტებითა და რეგულაციებით.

დღეს უკვე აქტიურად ვითარდება ისეთი სფერო, როგორცაა ქვედა სამხედრო ნაწილების მოქმედებების ინტელექტუალური მხარდაჭერა.¹ სამომავლოდ კი თითოეულ სამხედრო

¹ Айдаркин Е.К., Пахомов Н.В., Шаклеин А.Ф. Некоторые вопросы использования методов

მოსამსახურეს მიეწოდება ინტელექტუალური საინფორმაციო სერვისები, რათა უზრუნველყოს სადაზვერვო ინფორმაცია, შეაფასოს სიტუაცია, დაგეგმოს და გააკონტროლოს საბრძოლო მოქმედებები, უზრუნველყოს ურთიერთქმედება, კოორდინაცია და დაქვემდებარება.

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების უზარმაზარი შესაძლებლობები დაკავშირებულია სამედიცინო დახმარებასთან სამხედრო საქმიანობის სფეროში. ამ მიმართულებით უნდა აღინიშნოს ანდროიდის რობოტების გამოყენება სამედიცინო ევაკუაციისთვის მტრის ზემოქმედების პირობებში, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები დიაგნოსტიკისთვის, რობოტი ექიმები დამავებული სამხედრო მოსამსახურეების რეანიმაციის, კონსერვატიული და ქირურგიული მკურნალობისთვის. არანაკლებ მნიშვნელოვანი იქნება ინტელექტუალური ტექნოლოგიები თერმული, წნევის, ბიოქიმიური და სხვა ხასიათის დამაზიანებელი ფაქტორების სწრაფი ანალიზისთვის, მედიკამენტების დაჩქარებული წარმოება, დაზიანების ბუნებისა და დაზარალებულის მდგომარეობის გათვალისწინებით, ანტიდოტებისა და ცილების შექმნა, რომლებიც ანეიტრალენ ტოქსიკური ნივთიერებებითა და ახალი პათოგენური მიკროორგანიზმებით გამოწვეულ დაზიანებებს. დაჭრილების რეაბილიტაციის დაჩქარება მიიღწევა დაზარალებული შინაგანი ორგანოების ინტელექტუალური კონტროლის სისტემებით, პროთეზების კონტროლის ნერვული სისტემებით და ა.შ.

კვლევა ასევე გაგრძელდება ოპერატორების, მძღოლების და პილოტების მომზადების ინტელექტუალური ტრენაჟორების შექმნის სფეროში, რთულ სიტუაციებში სამხედრო აღჭურვილობის მართვის საფუძვლებში, საბრძოლო მოქმედებების სიმულაციაში, მსმენელთა ფსიქოფიზიოლოგიური მდგომარეობის შეფასება, მათი შესაძლებლობები საგანგებო და სხვა სიტუაციებში.

უახლოეს მომავალში განსაკუთრებულ როლს ითამაშებს ინტელექტუალური სადაზვერვო ტექნოლოგიები, რომლებიც დაფუძნებულია "ჭკვიანი" დაკავშირების, კონკრეტული სადაზვერვო მასალების გამიფვრის მეთოდებზე, სადაზვერვო საშუალებებიდან მიღებული ინფორმაციის ინტელექტუალურ დამუშავებაზე, მათ შორის კიბერ დაზვერვაზე, რეკომენდაციების მომზადებაზე, სადაზვერვო და საინფორმაციო მხარდაჭერა იარაღის გამოყენებისთვის. ეს ყველაფერი, როგორც ჩანს, იქნება საინფორმაციო ომების საწყისი ეტაპი, რომელშიც აქტიურად იქნება გამოყენებული სადაზვერვო ინფორმაციის შეგროვებისა და ანალიზის მეთოდები, საინფორმაციო გავლენის მომზადება, ყალბი ამბები, კიბერშეტევები და ა.შ.

ზოგადად ხელოვნური ინტელექტის შესახებ საუბრისას, უნდა აღინიშნოს, რომ რისკების შესაძლო მიზეზები იქნება შემდეგი:

- ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების უარყოფითი მხარეები და შეზღუდვები, რომლებიც დაკავშირებულია, მაგალითად, ეთიკური სტანდარტების არასრულყოფილ გათვალისწინებასთან;
- არაწარმომადგენლობითი სწავლების სავარჯიშოები, არასწორი საწყისი მონაცემები თვითსწავლებისთვის, არაერგოდიკული ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისთვის;
- ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების უკანონოდ გამოყენება ფართოდ სხვადასხვა სფეროში (მაგალითად, უმაღლესი საჯარო მმართველობის სფეროში);
- თვითორგანიზებული სამხედრო ინტელექტუალური სისტემების განვითარების ტრაექტორიის „ცნობიერი“ (ინტელექტუალური) გადახრა მოსალოდნელი ტრაექტორიიდან;

- კაცობრიობისთვის უცხო სამხედრო ინტელექტუალური სისტემების საკუთარი „ღირებულებების“ შემუშავება და „საკუთარი“ მიზნებისთვის შეგნებული წინააღმდეგობა („მანქანების აჯანყება“).

ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია შემდეგი სარისკო შედეგები:

- მტრისთვის მოსალოდნელი ზიანის შემცირება ან არ მიყენება;
- ხელოვნური ინტელექტის მქონე საჰაერო და სამხედრო ტექნიკის ნიმუშების, კომპლექსებისა და სისტემების გაუმართაობა;
- საკუთარი ძალებით და საშუალებებით, ობიექტებზე და ინფრასტრუქტურაზე მცირე ზიანის მიყენება;
- საკუთარი ძალებით და საშუალებებით, ობიექტებზე და ინფრასტრუქტურაზე კატასტროფული ზიანის მიყენება;

აღნიშნული რისკები და მათი შედეგები განსაკუთრებით კატასტროფულია სამხედრო ხელოვნური ინტელექტის სისტემის დამოუკიდებელი უარყოფითი მიზნების დასახვის შემთხვევაში. ამჟამად, მიზნების დასახვა არის წმინდა ადამიანური პრეროგატივა (როგორც, პრინციპში, ყველაზე მეტად რასაც ეს სისტემა მომავალში გადაწყვეტს).

3. დასკვნა

დასასრულს, მინდა აღვნიშნო, რომ უკვე დღეს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები შესაძლებელს ხდის სამხედრო აღჭურვილობის საბრძოლო ეფექტურობის გაზრდას, მათი მოქმედების ხარჯების შემცირებას და დაზიანებისა და სიცოცხლის დაკარგვის რისკს. ხოლო სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პროგრესის განვითარება ხელს შეუწყობს ხელოვნური ინტელექტის მზარდ გამოყენებას სამხედრო საქმეებში. თუ ახლა ძირითადად „ტექნიკური ხედვა“ და ჯგუფის მართვაა, შემდეგ უახლოეს მომავალში "ჭკვიანი" მანქანები განავითარებენ საკუთარ ტიპს, გააკონტროლებენ მათ ქცევას ბრძოლაში და ააშენებენ ქვეყნის თავდაცვისა და უსაფრთხოების სისტემას.

მომავლისათვის, მნიშვნელოვანია ალგორითმების სრულყოფა, დახვეწა ე.წ. „ჭკვიანი“ სისტემების გაუმჯობესება, რაც საშუალებას მისცემს ამ ტექნოლოგიებს უფრო მაღალი სიზუსტისა და მეტი ეფექტური გამოყენების იყოს. ამავდროულად, უმნიშვნელოვანესია ეფექტური რეგულაციების შემუშავება, რათა AI-ის გამოყენება სამხედრო საქმეში იყოს ეთიკურად და სამართლებრივად მართვადი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Berryhill J., Heang K.K., Clogher R., McBride K. «Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector» // OECD Working Papers on Public Governance. N 36.
2. Corrigan J. «Three-Star General Wants AI in Every New Weapon System». November 2017 [Electronic source]. URL: <https://www.defenseone.com/technology/2017/11/three-star-generalwants-artificial-intelligence-every-new-weapon-system/142239/> (accessed: 25.02.2023).
3. Daniel Araya and Meg King. The Impact of Artificial Intelligence on Military Defence and Security // CIGI Papers. N 263. March 2022.
4. Defense Science Board // Summer Study on Autonomy. June 9, 2016. P. 12.

5. Hacker Ph., Petkova B. Reining in the Big Promise of Big Data: Transparency, Inequality, and New Regulatory Frontiers //15 NW. J. TECH. & INTELL. PROP.1. 2017.

Smart Weapons: The Future of Artificial Intelligence in Military Affairs

Ketevan Kveselava, Irakli Bochorishvili, Liana Tedeshvili
Georgian Technical University
q.kveselava@gtu.ge, irakli.bochorishvili@gtu.ge, liana99@list.ru

Abstract

In the work, the author has presented the historical ways of artificial intelligence and the current state of its methods. Distinctive features of automation and artificial intelligence methods are also given, and the areas, directions and risks of using artificial intelligence in military affairs are identified. As a cutting-edge technology, artificial intelligence plays a key role in improving the welfare and living conditions of human society, as well as in the sustainable development of the global economy, increasing productivity and effectively solving universal human problems. Questions about the impact of artificial intelligence - as a new determinant of the balance of power - on the conditions for achieving and maintaining peace in individual regions and around the world are increasingly being discussed. Therefore, studying the current trends in the use of artificial intelligence for military purposes, as well as discussing questions about opportunities, the peculiarities and problems of its future use are of great importance in terms of specifying the main guiding principles of maintaining and developing the state's military potential in modern conditions. The purpose of the article is to discuss the potential benefits of using artificial intelligence in military management and the significant risks associated with the use of artificial intelligence in the military, which are of a universal human existential nature and may have a direct impact on the long-term future of human society. A world war between major powers, the possibility of nuclear conflict, and the possibility of artificial intelligence getting out of control. In the work, the author discusses programs that implement artificial intelligence technologies in prospective models of weapons and military equipment, using the example of the armed forces of leading foreign countries, as well as developing and developing weapons and military equipment that have artificial intelligence.

Keywords: Military affairs, Artificial intelligence, Big data, Weapons programs, Samples of weapons and military equipment.

ხელოვნური ინტელექტის გამოწვევები და პერსპექტივები სახელმწიფო მმართველობის სისტემებში

ზურაბ ტუსკია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

zurabtuskia@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია სახელმწიფო მმართველობის სტრუქტურების მხრიდან ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამოყენების აქტუალური საკითხები. სხვადასხვა ქვეყნების სამთავრობო სისტემებში ინერგება AI -ზე დაფუძნებული ინოვაციური ტიპის პროექტები, რომლებიც ზრდის სერვისების ხარისხს, სისწრაფეს და ეფექტიანობას.

მიუხედავად ამისა, აუცილებლად გასათვალისწინებელია ის მნიშვნელოვანი გამოწვევები, რომლებიც თან ახლავს ხელოვნური ინტელექტის სამთავრობო მართვის სისტემებში ინტეგრაციის პროცესს. სტატიაში, მაგალითების დონეზე, წარმოდგენილია ის გამოწვევები და პერსპექტივები, რაც ახასიათებს ხელოვნური ინტელექტის ფართომასშტაბიან ინტეგრაციას საჯარო მმართველობის სისტემებში.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი, ხელოვნური, ინოვაციები, AI ტექნოლოგიები.

1. შესავალი

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიის სწრაფი განვითარების და ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქაში, სულ უფრო თვალსაჩინო ხდება ინოვაციური ტექნოლოგიების ზეგავლენის გაძლიერება ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროზე. ბოლო 5 წლის განმავლობაში განსაკუთრებულად სწრაფი წინსვლა დაფიქსირდა შემდეგი მიმართულებებით:

- 1) ტრანსპორტი და ლოჯისტიკა - ავტონომიური მანქანები - Tesla და Uber
- 2) ინფრასტრუქტურა - ჰიპერსივლიანი ქსელები - სინგაპური
- 3) ფინანსური ტექნოლოგიები - თაღლითობის საწინააღმდეგო სისტემები - HSBC ბანკი
- 4) მედიცინა - ვაკცინის შემუშავება, ეპიდემიის მონიტორინგი - Moderna და Pfizer
- 5) განათლება - პერსონალიზებული სწავლა - Coursera და Udemy
- 6) მარკეტინგი - შემოთავაზების პერსონალიზაცია - Amazon და Netflix
- 7) კომპიუტერული ტექნოლოგიები - ხელოვნური ინტელექტის ჩატ-ბოტი - Chat GPT

სულ უფრო მიმზიდველი ხდება ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიის გამოყენება სახელმწიფო მმართველობის სფეროში. მთავრობები მთელს მსოფლიოში დგანან იმ შესაძლებლობების აღიარების წინაშე, რომლებსაც ხელოვნური ინტელექტი იძლევა საჯარო რესურსების მართვის, გადაწყვეტილებების მიღების, უსაფრთხოების და სოციალური სტაბილურობის უზრუნველყოფის სფეროში. დღევანდელ მსოფლიოში, ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები აქტიურად გამოიყენება ჩვენი ცხოვრების მრავალ სფეროში, როგორცაა მაგალითად: ეკონომიკა, ჯანდაცვა, განათლება, ტრანსპორტი და სხვა.

ბოლო წლების განმავლობაში ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობების ზრდის პარალელურად იზრდება მისი სამთავრობო მმართველობის სისტემებში გამოყენების ინტერესიც. არსებობს მოლოდინი, რომ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული უსწრაფესად განვითარებადი ტექნოლოგიები, გაზრდის სტრუქტურების რეაგირების სიჩქარეს, გააუმჯობესებს სერვისების შესაბამისობას, ხარისხს და გადაწყვეტილების მიღების პროცესს ახალ ინტელექტუალურ დონეზე აიყვანს. სხვადასხვა ქვეყნის მთავრობები ინტენსიურად ახორციელებენ ინვესტიციებს ამ სფეროში, ნერგავენ სხვადასხვა სატესტო პროგრამებს, რომლების დაფუძნებულია ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიაზე.

მიუხედავად ამისა, აუცილებლად გასათვალისწინებელია ის მნიშვნელოვანი გამოწვევები, რომლებიც თან ახლავს ხელოვნური ინტელექტის სამთავრობო მართვის სისტემებში ინტეგრაციის პროცესს. არსებობს სხვადასხვა მოსაზრებები და პრაქტიკული გამოცდილება, რომლებიც განსაკუთრებულ ყურადღებას და სკურპულოზურ მიდგომას იმსახურებს.

2. ხელოვნური ინტელექტის გამოწვევები სახელმწიფო მმართველობის სისტემებში

1) სამართლებრივი და ეთიკური ასპექტები:

ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების სამთავრობო სისტემებში ინტეგრაციის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი დაბრკოლება არის სამართლებრივი და ეთიკური ნორმების

იდენტიფიცირება და იმ საზღვრების, წითელი ხაზების დადგენა, რომლებიც მომავალში უზრუნველყოფს პროცესების კანონიერებას და უსაფრთხოებას, ადამიანის უფლებებისა და თავისუფლებების პრინციპების დაცვას.

Google-ის აღმასრულებელი დირექტორი სუნდარ პიჩაი ამბობს: "ხელოვნური ინტელექტი კაცობრიობის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი აღმოჩენაა. დიდი მონაცემების ანალიზის, ტენდენციების პროგნოზირებისა და რთული ამოცანების ავტომატიზაციის უნარი ცვლის ჩვენს ცხოვრებას. მაგრამ ის ასევე მოითხოვს პასუხისმგებლობას, გამჭვირვალობას და ეთიკურ მართვას."

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამოყენების დროს უმნიშვნელოვანესია საზოგადოების უფლებების, პერსონალურ მონაცემების დაცვის მაღალი სტანდარტის დანერგვა, ისეთი სამართლებრივი ნორმების შემუშავება, რომელიც გამორიცხავს დისკრიმინაციას და მონაცემების არასწორად გამოყენების შესაძლებლობას.

მაგალითად: ნიდერლანდებში 2019 - 2020 წელს, ხელისუფლება ცდილობდა გამოეყენებინა ხელოვნური ინტელექტის თვითგანვითარებადი ალგორითმი პოტენციური სოციალური საგადასახადო თაღლითობის აღმოსაჩენად. სამწუხაროდ, ამ ალგორითმზე დაყრდნობით, ბევრი ოჯახმა სოციალური დახმარების მოთხოვნაზე უარი მიიღო. მოგვიანებით გაირკვა, რომ პროცესში გამოყენებული ხელოვნური ინტელექტის სისტემა მიკერძოებულ შეხედულებებს იყენებდა - ამან გამოიწვია საზოგადოების აღშფოთება და ნიდერლანდების მინისტრთა კაბინეტის გადადგომა.

2) გამჭვირვალობა და ნდობა:

ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებისადმი ადამიანების ნდობის პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ დგას დღევანდელ საზოგადოებაში, მნიშვნელოვანია ნდობის მაღალი ხარისხის არსებობა სამთავრობო სერვისების მიმართ, რომლებშიც ხელოვნური ინტელექტია გამოყენებული. უმეტეს შემთხვევებში ხელოვნური ინტელექტი მუშაობს „შავი ყუთის“ ლოგიკით - რაც ნიშნავს, იმას, რომ უმრავლესობას ადამიანებისა, ვისაც შეხება აქვს AI -ზე დაფუძნებულ სისტემებთან, არ ესმის გზა, რომელადაც იყენებს ხელოვნური ინტელექტი კონკრეტული გადაწყვეტილებების მისაღებათ, რაც აღრმავებს საზოგადოების პრეტენზიებს სისტემების მიუკერძოებლობის და გამჭვირვალების მიმართულებით.

მაგალითად: 2020 წელს, დიდ ბრიტანეთში სკოლის დამამთავრებელი კლასის შეფასებაში ალგორითმების გამოყენების გადაწყვეტილებამ დიდი აჟიოტაჟი გამოიწვია. ალგორითმი ითვალისწინებდა სასწავლო დაწესებულებების ძველ რეზულტატებს, რამაც გამოიწვია უსამართლო შეფასება მათთვის, ვინც ნაკლებად პრესტიჟული სკოლიდან მოდიოდა. ამ ინციდენტმა გამოიწვია ადამიანების ნდობის მნიშვნელოვანი ვარდნა ხელოვნური ინტელექტის მიმართ საზოგადოების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს სფეროებში.

3) კიბერუსაფრთხოება:

ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ალგორითმების უსაფრთხოება ერთ-ერთი პრიორიტეტული საკითხია პროგრამული დეველოპერების ქეისში. ხელოვნური ინტელექტზე დაფუძნებული სამთავრობო მმართველობის სერვისები შეიძლება ჰაკერების შემოტევის მსხვერპლი გახდეს. ვინაიდან მთავრობა ფლობს მნიშვნელოვან და განსაკუთრებულ შემთხვევებში საიდუმლო ინფორმაციას, დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ინფორმაციის უსაფრთხოების მაღალკვალიფიციური და ეფექტური სისტემის აწყობას.

მაგალითად: 2017 წელს, ბევრი ქვეყნის, მათ შორის დიდი ბრიტანეთის სამთავრობო სისტემა მოექცა გაუთვალისწინებელი კიბერშეტევის (ვირუსი Ransomware – WannaCry) ქვეშ. ამ შემთხვევამ დაადასტურა ის ფაქტი, რომ ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების სუსტმა წერტილებმა, შეიძლება კატასტროფული შედეგები გამოიწვიონ სამთავრობო მმართველობის სისტემებში.

4) კადრების განათლება და ტრენინგი:

სახელმწიფო მოხელეებს ყოველთვის არ აქვთ საკმარისი უნარები ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებთან მუშაობისთვის. იმისთვის, რომ საზოგადოებამ არჩევანი გააკეთოს ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ მმართველობის სისტემებზე, მას უნდა ჰქონდეს ამ ტექნოლოგიის შესახებ ცოდნის მიღების შესაძლებლობა. ეს მოითხოვს ტრენინგების და განვითარების ინიციატივების შემუშავებას და განხორციელებას, რომ თანამშრომლებმა შეძლონ ახალი ინსტრუმენტების ოპტიმალურად გამოიყენება.

მაგალითი: სინგაპურში მთავრობა აქტიურად ახორციელებს სასწავლო პროგრამებს საჯარო მოხელეებისთვის, მათი ხელოვნური ინტელექტისა და ციფრული ტექნოლოგიების გამოსაყენების უნარ-ჩვევების ამაღლების მიზნით. ეროვნული SkillsFuture პროგრამა მთავრობის თანამშრომლებს სთავაზობს ხელოვნური ინტელექტისა და ციფრული განათლების კურსებს, სპეციალიზირებულ პროგრამებს და ტრენინგებს.

5) ეკონომიკური ხელმისაწვდომობა:

ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების დანერგვა მოითხოვს მნიშვნელოვან ინვესტიციებს, რაც შეიძლება იყოს გამოწვევა ნაკლებად განვითარებული ან ღარიბი რეგიონებისთვის. ეკონომისტები გვიჩვენებენ ამ ფაქტორის გათვალისწინებას სამთავრობო უწყებებში ხელოვნური ინტელექტის განვითარების გრძელვადიანი გეგმების შემუშავებისას.

ცნობილია ხელოვნური ინტელექტის ექსპერტმა და წიგნის "AI Superpowers" ავტორმა კაი-ფუ ლიმ თქვა: „ჩვენ იმ ეპოქის მწვერვალზე ვართ, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი ძირეულად შეცვლის მუშაობის სტრუქტურას, ეკონომიკასა და მმართველობას, მაგრამ ჩვენ უნდა ვისწავლოთ ამ ცვლილებების მართვა ისე, რომ არ გაიზარდოს სოციალური უთანასწორობა და არ შეირყეს ნდობა საჯარო ინსტიტუტების მიმართ.“

მაგალითი: ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება საჯარო სერვისების მიწოდებაში ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა უგანდა ან ნეპალი, დაკავშირებულია გარკვეულ სირთულეებთან, რადგან მათი ეკონომიკებიდან გამომდინარე შეზღუდულია ფინანსური და ტექნოლოგიური რესურსების და ინვესტიციების მოცულობა. ასეთ ქვეყნებს უჭირთ სახსრების მოზიდვა და ხელოვნური ინტელექტის ინსტალაციისთვის აუცილებელი პირობების უზრუნველყოფა, რაც აფერხებს საჯარო ადმინისტრაციის დიגיტალიზაციის პროგრესს.

3. ხელოვნური ინტელექტის პერსპექტივები სახელმწიფო მმართველობის სისტემებში

1) სამთავრობო და ადმინისტრაციული მომსახურების ეფექტურობისა და ხარისხის ამაღლება:

სახელმწიფო სერვისებში მრავალი პროცესი შეიძლება განხორციელდეს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული სისტემების საშუალებით, რაც ხელს შეუწყობს დამუშავების დროის შემცირებას, პროცესების ეფექტურობასა და მომსახურების სტანდარტების

გაუმჯობესებას. მაგალითად, შესაძლებლობა მოქალაქეებისთვის, მიიღონ ინფორმაცია მათთვის კომფორტულად და ხელსაყრელ დროს ჩათბობებისა და მეტყველების ამომცნობი სისტემების დახმარებით.

მაგალითი: ესტონეთმა დაიწყო „e-Estonia“ პროექტი, რომლის მიზანია მრავალი სამთავრობო სერვისი, როგორცაა ბიზნესისა და საგადასახადო რეგისტრაცია, სამედიცინო მომსახურება და ა.შ. ხელმისაწვდომი გახადოს მოქალაქეებისთვის ონლაინ, სახელმწიფო უწყებებში ვიზიტის გარეშე.

2) მონაცემების საფუძველზე პროგნოზირება და რისკების მართვა:

დიდი მონაცემების (Big Data) დამუშავების ტექნოლოგიები სისტემატურად იყენებენ მრავალი ტერაბაიტის მოცულობის ინფორმაციას, რომ ხელი შეუწყონ სახელმწიფო მმართველობის ორგანოებს ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღებაში. დიდი მონაცემების ორგანიზებისა და გაანალიზების შემდეგ შესაძლებელი ხდება მოვლენების საპროგნოზო მოდელების აგება ისეთ სექტორებში, როგორცაა ეკონომიკა, ჯანდაცვა და ურბანული დაგეგმარება.

მაგალითად: აშშ-ს ოკაიო შტატი იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს ჯანდაცვის სისტემაში მონაცემების დასამუშავებლად. ალგორითმები ხელს უწყობს დაავადების გავრცელების პროგნოზირებას და სამედიცინო რესურსების საუკეთესო განაწილებას, რითაც აუმჯობესებს ჯანდაცვის ხარისხს რეგიონში.

AI-ს ტექნოლოგიას შეუძლია რეალურ დროში მონაცემების შერწყმისა და კონსოლიდაციის საფუძველზე ისეთი ტიპის კრიზისების პროგნოზირება, როგორც არის ბუნებრივი კატასტროფები, ეპიდემიები და ეკონომიკური შოკები.

მაგალითად: იაპონიაში მეცნიერები ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიებს იყენებენ მოსალოდნელი მიწისძვრებისა და ცუნამების პროგნოზირებისთვის. სისტემები აკონტროლებენ სეისმოლოგიური სენსორების მონაცემებს და აფრთხილებენ მოსახლეობას, როდესაც კატასტროფის ალბათობა მაღალია, შესაბამისად, წინასწარი გაფრთხილების სისტემების ხარჯზე მიმდინარეობს ადამიანების დიდი რაოდენობის ევაკუაცია, რაც შესაბამისად ამცირებს ზიანის ალბათობას.

3) მეტი გამჭვირვალობა და კორუფციის წინააღმდეგ ბრძოლა:

ხელოვნურ ინტელექტზე (AI) დაფუძნებულ სისტემებს შეუძლიათ თვალყური ადევნონ ტრანზაქციებს და გამოიკვლიონ საეჭვო აქტივობები, რაც ზრდის სამთავრობო ორგანოების საქმიანობის გამჭვირვალობას და დაბლა წევს კორუფციის ალბათობის დონეს.

მაგალითად: ინდოეთში სახელმწიფო შესყიდვების სამსახურები იყენებენ AI-ს ტექნოლოგიაზე დაფუძნებულ სისტემებს თაღლითური ტრანზაქციების გამოსავლენად. თაღლითურ კომპანიებთან კონტრაქტებსა და ტრანზაქციებში მონაწილე პირების იდენტიფიცირება ხდება იერარქიული კლასიფიკატორების გამოყენებით. სისტემა ხელს უწყობს სახელმწიფო დაწესებულებებში ადამიანების კრიმინალური ქმედებების იდენტიფიცირებას და აღმოფხვრას.

4) პერსონალიზირებული სერვისები მოსახლეობისთვის:

ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ პროგრამებს შეუძლია ჩაატარონ კვლევა თითოეული მოქალაქის საჭიროებებზე და უზრუნველყონ მათზე მორგებული შესაბამისი

სერვისები. ეს ცვლის სამთავრობო უწყებებსა და საზოგადოებას შორის ურთიერთქმედებას უკეთესობისკენ, ზდის მოქალაქეების ლოიალობას სახელმწიფო სერვისების მიმართ.

მაგალითად: სამხრეთ კორეამ შეიმუშავა ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგია, რომელიც უზურნველყოფს ხელისუფლების მხრიდან ყოვლისმომცველი პერსონალიზებული სოციალური სერვისების პროფილებს შექმნას AI გამოყენებით, რომელიც ეხმარება სოციალურად დაუცველ მოხუცებს, ეძებს სამუშაო ადგილებს უმუშევრებისათვის და ზრუნავს ავადმყოფების ჰანმრთელობის პრობლემებზე, რაც აუმჯობესებს მოქალაქეების სამთავრობო სამსახურებთან ურთიერთობის ხარისხს.

4. დასკვნა

ხელოვნური ინტელექტის ფართომასშტაბიანი ინტეგრაცია საჯარო მმართველობის სისტემებში ხელს შეუწყობს ახალი მექანიზმების გაჩენას სამთავრობო უწყებების ეფექტური ფუნქციონირებისთვის და უფრო მჭიდრო კომუნიკაციისთვის მოქალაქეებთან, ამისთვის კი ტექნოლოგიურ მზაობასთან ერთად, კრიტიკულად მნიშვნელოვანია, რომ მთავრობები გაუმკლავდნენ იმ გამოწვევებს, რომლებიც წარმოიქმნება AI-ის ინტეგრაციასთან დაკავშირებულ სამართლებრივ, ეთიკურ და ტექნიკურ საკითხებში.

ილონ მასკმა, Tesla-სა და SpaceX-ის ხელმძღვანელმა, MIT AeroAstro Centennial Symposium-ზე განაცხადა: "ვფიქრობ, ხელოვნური ინტელექტი ყველაზე დიდი რისკია ცივილიზაციისთვის. ის უნდა განვითარდეს მკაცრი რეგულირების პირობებში. მთავრობებს უნდა ჰქონდეთ დიალოგი ამ ტექნოლოგიის მართვაზე, სანამ ის უკონტროლო გახდება."

„სწორად გამოყენების შემთხვევაში, ხელოვნური ინტელექტი შესაძლოა გადაჭრას ისეთი პრობლემები, როგორცაა კლიმატის ცვლილება, სიღარიბე და დაავადებები. ხელოვნური ინტელექტი აქვს რთული სამთავრობო სისტემების ოპტიმიზაციისა და მილიონობით ადამიანის ცხოვრების გაუმჯობესების პოტენციალი“ - სტივენ ჰოკინგმა ეს განცხადება ჯერ კიდევ 2016 წელს გააკეთა Google UK მიერ ორგანიზებულ ტექნოლოგიური ინოვაციების კონფერენციის გახსნაზე. 2024 წლის ივნისში ხელოვნური ინტელექტის მმართველობის გლობალურმა ცენტრმა (Global Center on AI Governance) პასუხისმგებლიანი ხელოვნური ინტელექტის (GIRAI) გლობალური ინდექსი გამოაქვეყნა. ამ კვლევაში საქართველომ 100 ქულიდან 17.83 აიღო და რეიტინგში მე-60 ადგილი დაიკავა, მათ შორის ყველაზე დაბალი შეფასება პასუხისმგებლიანი ხელოვნური ინტელექტის მმართველობაში მიიღო 11.03 100-ქულიდან (იხ. კვლევის სრული ვერსია GIRAI).

კვლევები ცხადყოფს, რომ შემდგომ წლებში, საქართველოს მთავრობამ უნდა გადადგას ქმედითი ნაბიჯები და აქტიურად იზრუნოს მმართველობის სტრუქტურებსა და საჯარო სერვისებში თანამედროვე ტექნოლოგიების ინკლუზიურობის პროცესზე, მათ შორის, ინვესტირების კუთხით ხელოვნური ინტელექტის განვითარების ისეთ მიმართულებებზე, როგორც არის AI-ის კვლევითი ცენტრი, სტარტაპ პროექტები, საგანმანათლებლო და სამეცნიერო პროგრამები, რომ ქვეყანამ, ეფექტიანად და დროულად მიიღოს ყველა ის ბენეფიტი, რომელიც აუცილებლად მოყვება ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების პროგრესს.

ლიტერატურა:

1. Sundar Pichai, The Future of AI with GOOGLE CEO, 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=h3M4bm2EveM>
2. The Guardian "Dutch government resigns over child benefits scandal".2021 <https://www.theguardian.com/world/2021/jan/15/dutch-government-resigns-over-child-benefits-scandal>
3. BBC News, A-Level Results: U-Turn as Government Scraps Algorithm for England's Exams. 2020. <https://www.bbc.com/news/uk-53810655>
4. Kai Fu Lee, AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order https://books.google.ge/books/about/AI_Superpowers.html?id=g7JvtAEACAAJ&redir_esc=y
5. BBC News , "Massive ransomware infection hits computers in 99 countries" 2017. <https://www.bbc.com/news/technology-39901382>

6. Skills Future, Lifelong Learning Programme, Government of Singapore, 2023. <https://www.skillsfuture.gov.sg>
7. Moti Melkamu, "Artificial intelligence implementation challenges in industries: developing countries prospective", 2025. <https://www.aspur.rs/jai/archive/v2/n1/4.pdf>
8. Elon Musk, Interview at MIT AeroAstro Centennial Symposium. <https://www.youtube.com/watch?v=0ZLBhpWZP4o>
9. 2024 results, Global Index on Responsible AI. <https://www.global-index.ai/Results>

Problems and Perspective of Artificial Intelligence in Government Administration Systems

Zurab Tuskia

Georgian Technical University

zurabtuskia@gmail.com

Abstract

In recent years, there has been a growing interest in artificial intelligence technologies from government structures. Innovative AI-based projects are being implemented in public systems in different countries, which improve the quality, speed and efficiency of services. However, it is necessary to take a look to the significant problems inherent in the process of integrating artificial intelligence into public administration systems. This article discusses the problems and perspectives for large-scale integration of artificial intelligence into public administration systems using examples.

Keywords: artificial intelligence, innovations, AI technologies

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება სწავლა-სწავლების პროცესებში

ეკატერინე როჭიკაშვილი, მზია კიკნაძე, ნატალია გაბაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

e.rochikashvili@gtu.ge; m.kiknadze@gtu.ge; n.gabashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების აქტუალური საკითხები სწავლა/სწავლების პროცესებში. მისი ძირითადი მიმართულებაა ადაპტური სწავლების პლატფორმების გამოყენება სტუდენტებისათვის, მათზე პერსონალურად მორგებული სასწავლო გეგმების შემუშავებისათვის, რაც შესაძლებელია მიღწეული შედეგების, სწავლის ტემპის ანალიზის, ცოდნის ხარვეზების იდენტიფიცირების საფუძველზე. სხვა მიმართულებებია სწავლის პროგრესის მონიტორინგი და ანალიზი, თანამშრომლობის და სოციალური ინტელექტის განვითარება, სწავლების რესურსების ავტომატური გენერაცია, ტესტებისა და შეფასების სისტემების ავტომატიზაცია, რაც საგრძნობლად ზოგავს მასწავლებლის დროს. მნიშვნელოვანი მიმართულებაა ვირტუალური ასისტენტები, კომუნიკაცია და მხარდაჭერა სადაც ეფექტურად მუშაობს ჩატბოტების სისტემა. წარმოდგენილია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი მიმართულებები და მათი რეალური გავლენა სწავლების პროცესსა და მიღწეულ შედეგებზე.

საკვანძო სიტყვები: პერსონალიზებული სწავლება, ადაპტური სწავლის პლატფორმები, სწავლის პროგრესის მონიტორინგი, სწავლების პლატფორმები, ადაპტირებული შეფასების სისტემა, სწავლების რესურსების ავტომატური გენერაცია, ჩატბოტები.

1. შესავალი

ხელოვნური ინტელექტი (AI) ფართოდ გამოიყენება სწავლა-სწავლების პროცესებში. ის მზარდი პოპულარობით სარგებლობს და საგანმანათლებლო სფეროში მათი გამოყენება მომავალში კიდევ უფრო გაიზრდება. ასეთ მიდგომებს შეუძლია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს საგანმანათლებლო პროცესი – AI-ის სპეციალური ფორმების გამოყენება ხელს უწყობს სწავლა-სწავლების პროცესის გამარტივებას, ეფექტურობას და უკეთესი შედეგების მიღებას. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება სწავლების პროცესში მრავალფეროვანი და საინტერესო შესაძლებლობებითაა სავსე. განვიხილოთ ამ ფორმების გამოყენების ძირითადი მიმართულებები.

2. ძირითადი ნაწილი

პერსონალიზებული სწავლება: AI-ის შეუძლია დაეხმაროს თითოეულ სტუდენტს ისწავლოს საკუთარი ტემპით, შესაძლებლობებისა და ინტერესების მიხედვით. სასწავლო პლატფორმები იყენებს AI-ს, რათა სტუდენტებს მისცეს პერსონალიზებული რეკომენდაციები. ასეთი მიდგომით ხელოვნური ინტელექტი განათლების სისტემას საშუალებას აძლევს, რომ სწავლება გარდაქმნას სტუდენტების საჭიროებებზე მეტად მორგებულ, მოქნილ და ეფექტურ პროცესად. ხელოვნური ინტელექტი ხელს უწყობს პერსონალიზებულ სწავლებას შემდეგი მიმართულებებით:

ადაპტური სწავლის პლატფორმები იყენებენ ანალიტიკურ ხერხებს, რათა შეაფასონ სტუდენტის ცოდნის დონე, სუსტი და ძლიერი მხარეები, ხდება ცოდნის ხარვეზების იდენტიფიცირება. შედეგად, სისტემა ავტომატურად აწვდის სტუდენტს პერსონალურად მორგებულ მასალას, კონკრეტული სფეროდან, ხარვეზების აღმოფხვრის მიზნით. ეს მოიცავს როგორც, ფუნდამენტური ცოდნის განმტკიცებას, ისე, ასევე ახალი მასალის სწავლის პროცესის დამხმარე ელემენტებით გამდიდრებას. სტუდენტის ცოდნის დონესა და მიზნებზე დაყრდნობით შესაძლებელია შემუშავდეს ინდივიდუალური სასწავლო გეგმა. ეს სწავლის პროცესს აუმჯობესებს რადგან თითოეული ინდივიდი სწავლობს საკუთარი ტემპით და პირად საჭიროებებზე მორგებული მეთოდებით.

სწავლის პროგრესის მონიტორინგისა და ანალიზის მიმართულებით ხდება სტუდენტის პროგრესის და სწავლის ტემპის შესწავლა. ამაზე დაყრდნობით AI აფასებს პროგრესს და გამოაქვს დასკვნები ხარვეზების შესახებ. ეს ლექტორებს ეხმარება გადაწყვეტილებების მიღებასა და სწავლების პროცესის გაუმჯობესებაში. **ჭკვიანი სტუდენტის მხარდაჭერის (Smart Tutoring) მიმართულებით** AI-ის დახმარებით შესაძლებელია სტუდენტებისთვის "ვირტუალური რეპეტიტორის" შექმნა, რომელიც რეალურ დროში პასუხობს კითხვებს, აძლევს განმარტებებს და სთავაზობს სავარჯიშოებს. ამ ტიპის მხარდაჭერა სტუდენტს ეხმარება კონკრეტული ამოცანის/პრობლემის სწრაფად გადაჭრაში, ან სწავლის პროცესის ნებისმიერი სირთულის დაძლევაში. **სწავლის პროცესის პროგნოზირების მიმართულებით** სისტემებს შეუძლიათ სტუდენტის სწავლების პროცესის და მათი წარმატების შანსების პროგნოზირება. ეს მენტორებს ეხმარება სწავლების სტრატეგიების დროულად გაუმჯობესებასა და ადაპტირებაში. **თანამშრომლობის და სოციალური ინტელექტის განვითარების** მიმართულებით პერსონალიზებული სწავლების პროცესში ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით შესაძლებელია ჯგუფური სწავლების და თანამშრომლობის ორგანიზება, სადაც სისტემა აკონტროლებს ჯგუფების ფორმირებას, ადაპტაციას და ხელს უწყობს ეფექტურ კომუნიკაციას.

სწავლა/სწავლების პროცესისადმი პერსონალიზებული მიდგომა განათლებას აქცევს მეტად მოქნილ და შედეგზე ორიენტირებულ სისტემად, რომელიც მორგებულია თითოეული სტუდენტის უნიკალურ საჭიროებებზე. მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ Khan Academy, რომელიც გამოიყენება უმაღლეს სასწავლებლებში როგორც დამატებითი რესურსი რაც აუმჯობესებს საკითხის გაგებას და დიდი რესურსია მაგალითებისა და სავარჯიშოებისათვის.

ანალიტიკა და პროგნოზირება: AI-ის მონაცემთა ანალიტიკური და პროგნოზირების ფუნქციები სწავლების პროცესში ძალზე ღირებულია. ის ეხმარება მასწავლებლებსა და მენეჯერებს წინასწარ განსაზღვრონ, რომელი სტუდენტების აკადემიური პროგრესი შეიძლება

აღმოჩნდეს საფრთხის ქვეშ და საჭიროების შემთხვევაში დროულად ჩაერიონ პროცესებში. პირველ რიგში, საჭიროა ისეთი მონაცემების შეგროვება, რომელიც დაახასიათებს სტუდენტის პროგრესს. მონაცემები შეიძლება მოიცავდეს:

- ტესტის ქულებსა და დავალებების შესრულებას;
- დასწრებასა და აქტივობას;
- ქცევით მახასიათებლებს (როგორცაა ყურადღების გაფანტვა, დავალებების დაგვიანება და ა.შ.)

- დასმულ კითხვებსა და სხვა მნიშვნელოვან ქცევებს ონლაინ სასწავლო პლატფორმებზე.

ამ მონაცემების დამუშავების შემდეგ, AI-ს შეუძლია შეისწავლოს, თუ რომელმა ფაქტორებმა შეიძლება მოახდინოს გავლენა სწავლა/სწავლების პროცესზე და გააკეთოს პროგნოზები. AI ტექნოლოგიებს შეუძლია სხვადასხვა მონაცემთა ანალიზი იმ შაბლონების (პატერნები) გამოსავლენად, რომლებიც შეიძლება მიუთითებდეს სტუდენტის პოტენციურ პრობლემებზე. მაგალითად:

- ქულების მკვეთრი კლება შეიძლება მიუთითებდეს, რომ სტუდენტს სირთულეები აქვს მასალების გაგებაში.

- სისტემატური დაგვიანება ან ჩავარდნა დავალებების შესრულებაში შეიძლება ნიშნავდეს მოტივაციის ნაკლებობას ან დროის მართვის პრობლემებს.

ანალიზის შემდეგ, AI-ს შეუძლია სტუდენტები დააჯგუფოს რისკის სხვადასხვა ზონებში, რათა მასწავლებლებმა უკეთესად განსაზღვრონ, სად და როგორ არის საჭირო დახმარება. მაგალითად:

- მაღალი რისკის სტუდენტები-ვისაც სერიოზული პრობლემები აქვთ აკადემიურ სფეროში.
- საშუალო რისკის სტუდენტები-ვისაც პერიოდული დახმარება სჭირდებათ.
- დაბალი რისკის სტუდენტები-ვინც სწავლაში წარმატებულია, მაგრამ საჭიროებენ მცირე წახალისებას ან მიმართულების მიცემას.

მონაცემების ანალიზის საფუძველზე სტუდენტებს მიეწოდებათ პერსონალიზებული რეკომენდაციები. მაგალითად, თუ სტუდენტი იშვიათად ასრულებს დავალებებს, სისტემამ შეიძლება შეთავაზოს მასწავლებელს, დამატებითი სასწავლო რესურსების მიწოდება ან მენტორინგის ჩატარება. სისტემა ავტომატურად აგზავნის შეტყობინებებს სტუდენტებთან თუ სტუდენტის შედეგები გარკვეულ ზღვარს ქვემოთ ჩამოვა. ეს შეიძლება იყოს **გაფრთხილებები** სტუდენტის არასაკმარისი დასწრების ან დაბალი ქულების შესახებ. შესაძლებელია კომუნიკაცია სხვა შემთხვევებშიც: **წახალისება** სტუდენტებისთვის, რომლებიც კარგ შედეგებს აჩვენებენ ან **სასარგებლო რესურსების რეკომენდაცია**, მაგალითად, სამოტივაციო მასალები ან განმეორებითი დამატებითი სავარჯიშოები. **მაგალითად: Civitas Learning:** ეს არის პლატფორმა, რომელიც უნივერსიტეტებსა და სკოლებში AI-ს გამოყენებით აგროვებს და აანალიზებს მონაცემებს, რათა მოახდინოს აკადემიური რისკების პროგნოზირება. ეს ეხმარება ადმინისტრაციას კონცენტრირდნენ სტუდენტების დახმარებაზე იმ მომენტში, როცა მათ ეს ყველაზე მეტად სჭირდებათ.

სწავლების პლატფორმები: AI-ს ჩართულობა ინტერნეტ სასწავლო პლატფორმებში სტუდენტებს სთავაზობს მოქნილ სასწავლო პროცესს, რომელიც მათ საცხოვრებელ ადგილსა და ინდივიდუალურ საჭიროებებს ერგება. AI ამ პლატფორმებზე აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა მიზნით. **პერსონალიზებული სწავლება:** მაგალითისთვის **Coursera** იყენებს AI-ს, რათა სტუდენტებს რეკომენდაციები გაუწიოს შესაბამისი კურსების შესახებ, თუ სტუდენტს სირთულეები აქვს გარკვეულ მოდულში, ავტომატურად სთავაზობს დამატებით რესურსებს თემის გარშემო.

ადაპტირებული შეფასების სისტემა: AI-ს შეუძლია შექმნას ინტერაქტიული და ადაპტირებული ტესტები, რომელთა სირთულე სტუდენტის ცოდნის დონესთან შესაბამისობაშია. ასე, სტუდენტებს აქვთ შესაძლებლობა განვითარდნენ და იყვნენ მეტად მოტივირებულნი. **მაგალითად: Coursera-ის** კურსებში AI ავტომატურად აფასებს სტუდენტების

მიერ შესრულებულ ტესტებს და დავალებებს და ქმნის პერსონალიზებულ რეკომენდაციებს. ეს არა მხოლოდ საშუალებას აძლევს სტუდენტებს გააცნობიერონ თავიანთი წარმატებები ან ჩავარდნები, არამედ ეხმარება მათ მომზადებაში და შემდგომ კურსებში ან თემებში წარმატების მიღწევაში.

სწავლების რესურსების ავტომატური გენერაცია: AI-ს შეუძლია ავტომატურად შეიმუშაოს სასწავლო მასალები, ტესტები და ქვიზები კონკრეტული კურსისთვის. ასეთი სახით მორგებული რესურსები სტუდენტს ეხმარება სასწავლო პროცესში მაქსიმალური შედეგების მიღწევაში. **მაგალითად:** edX იყენებს AI-ს, რომ შეიმუშაოს ისეთი ინტერაქტიული მასალები, როგორცაა ვიდეოების ავტომატური ტრანსკრიპტები და ვირტუალური ლაბორატორიული სავარჯიშოები.

ვირტუალური ასისტენტები, კომუნიკაცია და მხარდაჭერა: ჩატბოტები და ვირტუალური ასისტენტები საშუალებას აძლევს სტუდენტებს, რომ ნებისმიერ დროს მიიღონ პასუხები მათ კითხვებზე, რაც ამარტივებს სასწავლო პროცესს და აღმოფხვრის ნებისმიერი ტიპის დაბრკოლებას, რომელიც შესაძლოა წარმოიშვას დროის და სივრცის გამო. **მაგალითად:** edX იყენებს ჩატბოტებს, რომლებიც ეხმარება სტუდენტებს მიიღონ პასუხები მათ შეკითხვებზე და სთავაზობენ სასწავლო მასალებს დამატებითი მხარდაჭერისთვის. ჩატბოტების გამოყენება კომუნიკაციაში და სასწავლო პროცესის მხარდაჭერაში სტუდენტებს სწრაფი და უწყვეტი დახმარების მიღების საშუალებას აძლევს. ეს ეხება როგორც კითხვებს სასწავლო თემებთან დაკავშირებით და სასწავლო მასალებს, აგრეთვე კურსების განრიგებს და სხვა ინფორმაციებს.

ჩატბოტების მუშაობის ძირითადი პრინციპები:

სწრაფი და უწყვეტი დახმარებით ჩატბოტები სტუდენტებს საშუალებას აძლევს, მიიღონ მხარდაჭერა მაშინაც კი, როცა მასწავლებლები და ადმინისტრაცია (სასწავლო გეგმები და განრიგები) მიუწვდომელია. **მაგალითად IBM Watson.** მოთხოვნების და შეკითხვების კლასიფიკაცია და შესაბამისი პასუხის გაცემა-ჩატბოტები იყენებენ ბუნებრივი ენის დამუშავების (NLP) ტექნოლოგიებს სტუდენტების მიერ დასმული კითხვების კლასიფიკაციისთვის სირთულის მიხედვით, ასევე დახმარებას უწევენ მათ შესაბამისი რესურსების მოძიებაში ან საჭიროების შემთხვევაში სპეციალისტთან დაკავშირებაში. **მაგალითად Coursera-ს** ჩატბოტი სტუდენტს სთავაზობს დახმარებას ტექნიკური პრობლემების მოგვარებაში, მაგალითად თუ ვიდეოს ხმა არ ისმის, დეტალურ ინსტრუქციებისა და დამატებით რესურსების მიწოდების გზით ეხმარება პრობლემის მოსაგვარებაში.

მოტივაცია და პროგრესის კონტროლი ჩატბოტები შეიძლება სტუდენტებს რეგულარულად მოუწოდებდნენ, გააკეთონ დავალებები ან გაიმეორონ გავლილი მასალა, რითაც ხელს უწყობენ მათ მოტივაციას. **მაგალითად Replika,** ჩატბოტს, რომელიც შეიქმნა ფსიქოლოგიური და ემოციური მხარდაჭერისთვის, შეუძლია სტუდენტები მოამზადოს სწავლისთვის, უზრუნველყოს მათთვის დამატებითი მოტივაცია და დაეხმაროს სწავლის მიზნების მიღწევაში.

სტუდენტების ქცევების ანალიზი და ადრეული დახმარება ჩატბოტებს შეუძლიათ გააანალიზონ სტუდენტის ქცევა და დაეხმარონ პროცესის ადრეულ ეტაპზე, სანამ პრობლემა გართულდება. **მაგალითად Hubert.ai** – ეს არის ჩატბოტი, რომელიც მუდმივად აანალიზებს კურსზე სტუდენტების მიერ შევსებულ ფორმებს და გასცემს შესაბამის რეკომენდაციებს. თუ სტუდენტი გამოხატავს უკმაყოფილებას, სისტემას შეუძლია ინფორმაცია გადასცეს მასწავლებლებს, რათა მათ უზრუნველყონ ეფექტური მხარდაჭერა.

სწავლების რესურსების შექმნა: AI შეუძლია ავტომატურად შექმნას სასწავლო მასალები, ტესტები და სახალისო ციფრული თამაშები, რაც ამცირებს მასწავლებლების შრომას და აძლევს მათ დროს უფრო კრეატიულ და სტრატეგიულ დავალებებზე და ამოცანებზე ფოკუსირებისთვის. **სისტემას** შეუძლია შექმნას მრავალფეროვანი მასალა-დაწყებული ტექსტებით, დამთავრებული ვირტუალური სავარჯიშოებითა და ანიმაციებით. ეს პროცესი მოიცავს კონკრეტულ თემებთან დაკავშირებული კონტენტის გენერაციას და მის ადაპტირებას სხვადასხვა დონის სტუდენტებისთვის. **მაგალითად Quizlet** იყენებს AI-ს, რომ ავტომატურად შექმნას ბარათები

(flashcards) და სავარჯიშოები იმ მასალების მიხედვით, რომლებსაც მასწავლებლები და სტუდენტები პლატფორმაზე ასრულებენ.

ტესტებისა და შეფასების სისტემების ავტომატიზაცია AI-ს შეუძლია შექმნას ტესტები და შეფასების სისტემები სხვადასხვა სირთულის მიხედვით, რაც თითოეულ სტუდენტს შესაძლებლობას აძლევს გაიაროს ცოდნის შემოწმების პროცესი ინდივიდუალურად მორგებული შეფასებებით. ეს სისტემა ამარტივებს მასწავლებლების სამუშაოს და ამცირებს ტესტებისა და შეფასებების მომზადებისთვის საჭირო დროს. **მაგალითად Knewton** – ეს არის სწავლების პლატფორმა, რომელიც იყენებს AI-ს, სტუდენტებისთვის დინამიური ტესტებისა და სავარჯიშოების შესაქმნელად. თითოეულ კითხვას თან ახლავს სირთულის დონე, სტუდენტის პასუხების საფუძველზე, სისტემა ავტომატურად განსაზღვრავს მის საჭიროებებს და ახდენს შემდეგი სავარჯიშოების ადაპტირებას.

კურსებსა და სწავლებაზე მორგებული მასალების შექმნა AI სისტემებს შეუძლიათ გამოიყენონ დიდი მონაცემები, რათა შექმნან სხვადასხვა დონის კურსები და მასალები, მორგებული სტუდენტის უნარებზე. ამგვარი პერსონალიზაცია მნიშვნელოვნად ზრდის სწავლის ეფექტურობას. **მაგალითად Coursera Labs**-ს პლატფორმაზე AI ქმნის პრაქტიკულ სავარჯიშოებს დაპროგრამების ან ტექნიკური კურსებისთვის. სტუდენტები მუშაობენ რეალურ ან სიმულაციურ გარემოში და ავტომატური შეფასების სისტემის დახმარებით, იღებენ უკუკავშირს თავიანთი მიღწევების შესახებ.

ტექსტებისა და მასალების შექმნის სისტემები (Text-to-Lesson Generators) ზოგიერთ AI-ს შეუძლია ტექსტების საფუძველზე შექმნას გაკვეთილები, შინაარსები და სავარჯიშოები. სისტემას შეუძლია მოცემული თემის შესახებ ძირითადი ფაქტების და კონცეპტების გენერაცია და სტრუქტურირებულ ფორმატში წარმოდგენა. **მაგალითად Content Technologies, Inc.**-ეს კომპანია იყენებს AI-ს, რათა ხელი შეუწყოს პედაგოგებისთვის საგანმანათლებლო მასალების სწრაფად შექმნას. მათი სისტემა ავტომატურად ქმნის ტექსტებს, სავარჯიშოებს და კურსების შინაარსს.

3. დასკვნა

AI ტექნოლოგიების გამოყენება ხელს უწყობს სწავლა/სწავლების პროცესის გამარტივებას და გაუმჯობესებას. მათ გამოყენებას შეუძლია გაამდიდროს სტუდენტების გამოცდილება, გააძლიეროს მათი უნარები და სწავლების პროცესში შექმნას პერსონალიზებული პედაგოგიური მიდგომები. AI-ს გამოყენება და ინტეგრაცია ონლაინ სასწავლო პლატფორმებში ზრდის განათლების ხელმისაწვდომობას და მორგებულობას, რაც საშუალებას აძლევს სტუდენტებს, ისარგებლონ ინდივიდუალური სწავლების პროცესითა და მორგებული სასწავლო კურსებით. ჩატბოტების დანერგვა და გამოყენება ხელს უწყობს განათლების პროცესის მოქნილობას და უწყვეტობას. ამასთან, სტუდენტების ინტეგრირება საგანმანათლებლო პლატფორმებში აუმჯობესებს მათ გამოცდილებას. AI-ს მიერ რესურსების შექმნის ავტომატიზაცია ამცირებს პედაგოგების დატვირთვას, ამაღლებს სწავლის ხარისხს და აადვილებს სწავლების პროცესს. ის უზრუნველყოფს პერსონალიზებულ და მუდმივ მხარდაჭერას სტუდენტებისთვის და ქმნის მოქნილ სასწავლო გარემოს.

კიდევ რამდენიმე პლატფორმა, რომელიც გამოიყენება სწავლა/სწავლების პროცესებში:

1) **Smart Sparrow** – არის ადაპტური სასწავლო პლატფორმა, რომელიც უზრუნველყოფს პერსონალიზებულ სწავლებას, ინსტრუქტორების მიერ ადაპტური კურსების შექმნისა და კონტროლის გზით. პლატფორმა რეალურ დროში აანალიზებს სტუდენტის მიერ შესრულებულ სამუშაოს, ამცნობს ლექტორს სტუდენტის პროგრესის შესახებ და შესაბამისად, ახდენს სწავლის პროცესის ადაპტირებას.

2) **DreamBox Learning** – არის მათემატიკის სასწავლო პლატფორმა, რომელიც მოსწავლეებს ეხმარება პერსონალიზებულ სწავლებაში. DreamBox იყენებს AI-ს, რათა გააანალიზოს მოსწავლის თითოეული მოქმედება, განსაზღვროს ცოდნის დონე და ამის საფუძველზე შეთავაზოს

ინდივიდუალური ამოცანები და სავარჯიშოები. ეს პლატფორმა ხშირად გამოიყენება დაწყებითი და საშუალო სკოლის დონეზე.

3) Carnegie Learning – არის საგანმანათლებლო ტექნოლოგიის კომპანია, რომელიც იყენებს AI-ს მათემატიკის სწავლებაში. მისი სისტემა ანალიზს უკეთებს თითოეული მოსწავლის მიერ შესრულებულ დავალებებს და ინსტრუქტორებს აძლევს ინფორმაციას მათი ძლიერი და სუსტი მხარეების შესახებ. ასევე უზრუნველყოფს პერსონალიზებულ რესურსებს, რომლებიც მოსწავლეს ეხმარება ცოდნის ხარვეზების გამოსწორებაში.

4) Socratic by Google – არის უფასო აპლიკაცია, რომელიც ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებით ეხმარება სტუდენტებს თავიანთი დავალებების გადაჭრაში. იგი საშუალებას აძლევს მომხმარებელს გადაიღოს ფოტო და მიიღოს დეტალური ახსნა-განმარტება საკითხზე. აპლიკაცია იყენებს ტექსტის ამოცნობის-ოპტიკური სიმბოლოების ამოცნობის (OCR) ტექნოლოგიას და AI-ს, რომ მოიძიოს ახსნა-განმარტების შესაბამისი მასალა.

5) ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) – იყენებს ადაპტურ ტექნოლოგიას, რომელიც განსაზღვრავს მოსწავლის ცოდნის დონეს და სთავაზობს ინდივიდუალურ ამოცანებს კონკრეტული ცოდნის გასადრმაველად. პლატფორმა ხშირად გამოიყენება საბუნებისმეტყველო და ტექნიკურ მეცნიერებებში და ეხმარება ინსტრუქტორებს თითოეული სტუდენტის ცოდნის პროგრესის განსაზღვრაში და ხარვეზების გამოვლენაში.

ლიტერატურა:

1. <https://www.edx.org/>
2. <https://www.khanacademy.org/>
3. <https://www.civitaslearning.com/>
4. <https://www.coursera.org/>
5. <https://replika.com/>
6. <https://www.hubert.ai/>
7. <https://quizlet.com/>
8. <https://www.knewton.com/>

Use of artificial intelligence in teaching-learning processes

Ekaterine Rochikashvili, Mzia Kiknadze, Natalia Gabashvili

Georgian Technical University

e.rochikashvili@gtu.ge; m.kiknadze@gtu.ge; n.gabashvili@gtu.ge

Abstract

The use of artificial intelligence is gaining more and more importance in learning/teaching processes. The main direction of the use of AI is the use of adaptive learning platforms for students, for the development of personalized training plans, which is based on the analysis of the achieved results and learning pace, and the identification of knowledge gaps. Other directions are monitoring and analysis of learning progress, development of cooperation and social intelligence, automatic generation of teaching resources, automation of tests and evaluation systems, which significantly saves the teacher's time. An important direction is virtual assistants, communication and support where the chatbot system works effectively. The article discusses the above-mentioned main directions of using artificial intelligence and their real impact on the teaching process and the achieved results.

Keywords: personalized learning, adaptive learning platforms, learning progress monitoring, learning platforms, adaptive assessment system, automatic generation of learning resources, chatbots.

ვირტუალური და განვრცობილი რეალობის (VR/AR) ტრანსფორმაციული გავლენა განათლებაზე და ინდუსტრიაში

მირანდა ღვალაძე, მარიამ ჩხაიძე, ნიკა კაკაურიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ghvaladze.m@gtu.ge, m.chkaidze@gtu.ge, kakauridze.nika@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ვირტუალური და განვრცობილი რეალობის (VR/AR) ცნებები და მათი გამოყენება საგანმანათლებლო დაწესებულებებში და ინდუსტრიაში. ციფრული შინაარსის რეალურ სამყაროში გადაფარვით ან მომხმარებლის მთლიანად ვირტუალურ გარემოში შეყვანით, ვირტუალური და განვრცობილი რეალობა მკვეთრად ცვლის სწავლისა და მუშაობის ტრადიციულ მეთოდებს. მათი ტრანსფორმაციული ძალა მდგომარეობს იმაში, რომ იქმნება ინტერაქტიული და ვიზუალურად მდიდარი გამოცდილება, რომელიც გადალახავს თეორიასა და პრაქტიკას შორის არსებულ განსხვავებებს. განათლებაში AR და VR აძლიერებს სწავლას, სტუდენტებს უზრუნველყოფს იმერსიული გამოცდილებით, რომელიც სცილდება ჩვეულებრივ საკლასო გარემოს. ეს ტექნოლოგიები გთავაზობს ინოვაციურ გზებს რთული საგნების შესასწავლად, ექსპერიმენტების ჩასატარებლად და პრაქტიკული უნარების მოსაპოვებლად. ინდუსტრიაში, VR და AR რევოლუციას ახდენენ პროცესებში, დიზაინის გაუმჯობესებით და დისტანციური თანამშრომლობის გაადვილებით. აპლიკაციები იწვევს უფრო მეტ ეფექტურობას, ხარჯების შემცირებასა და უსაფრთხოების გაუმჯობესებას. თემის ფარგლებში განხილულია ლიტერატურა, რომელიც სიღრმისეულად აანალიზებს ვირტუალური და განვრცობილი რეალობის მეთოდების ინტეგრაციას განათლებაში და ინდუსტრიაში. ნაშრომში გამოკვეთილია კვლევის ტენდენციები, არსებულ ხარვეზები, უპირატესობები და მიღწევები.

საკვანძო სიტყვები: ვირტუალური რეალობა. VR. განვრცობილი რეალობა. AR.

1. შესავალი

Virtual Reality და Augment Reality ტექნოლოგიების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი წვლილი განათლებაში არის მათი უნარი, რომ შექმნან იმერსიული სასწავლო (immersive learning) გარემო [1-4]. ტრადიციული სასწავლო მეთოდებისგან განსხვავებით, რომლებიც დიდწილად ეყრდნობიან სახელმძღვანელოებსა და ლექციებს, VR და AR უზრუნველყოფს ინტერაქტიულ და საინტერესო გამოცდილებას, რომელიც სხვადასხვა სწავლის სტილს პასუხობს [5-8]. კერძოდ, კომპანიები, როგორცაა Boeing და Siemens, იყენებენ VR-ს, რათა მოამზადონ თანამშრომლები რთული მოწყობილობების აწყობის პროცესებში და აღჭურვილობის დამუშავებაში. VR-ში ამ ამოცანების სიმულირებით, დასაქმებულებს შეუძლიათ მიიღონ პრაქტიკული გამოცდილება რისკისგან თავისუფალ გარემოში.

AR გამოიყენება უსაფრთხოების ტრენინგის გასაუმჯობესებლად სახიფათო ინდუსტრიაში, როგორცაა ნავთობისა და გაზის სექტორი. მაგალითად, AR ყურსასმენებს შეუძლიათ რეალურ დროში მიაწოდოს დასაქმებულებს უსაფრთხოებაზე ინფორმაცია, რაც ეხმარება მათ სახიფათო ამოცანების შესრულებაში. შრომის უსაფრთხოებისა და ჯანმრთელობის ეროვნული ინსტიტუტის (NIOSH) კვლევამ აჩვენა, რომ AR-ზე დაფუძნებული ტრენინგი მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს უსაფრთხოების ნორმების დაცვას და ამცირებს ავარიების რისკს მაღალი საფრთხისას.

ტრენინგის გარდა, VR და AR ასევე გამოიყენება სხვადასხვა ინდუსტრიაში პროდუქციულობისა და ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად. რეალურ დროში ინფორმაციის მიწოდებით და დისტანციური თანამშრომლობის ხელშეწყობით, ეს ტექნოლოგიები აძლიერებს ინოვაციას და აუმჯობესებს ოპერაციებს, მაგალითად წარმოების სექტორში AR გამოიყენება

დისტანციური თანამშრომლობის დასახმარებლად. ინჟინრებს და ტექნიკოსებს შეუძლიათ გამოიყენონ AR სათვალეები, რათა ექპერტებს სხვადასხვა ადგილას გაუზიარონ ის, რასაც ხედავენ, და ამ გზით მიიღონ დახმარება კომპლექსური რემონტის ან ინსტალაციის დროს. ისეთმა კომპანიებმა, როგორც Lockheed Martin, დანერგეს ეს მეთოდი, რამაც გამოიწვია შეფერხების დროის შემცირება და პრობლემების ეფექტური მოგვარება. საავტომობილო და აერონავტიკის ინდუსტრიაში, VR რევოლუციას ახსენს დიზაინისა და პროტოტიპების შექმნის პროცესში. კომპანიები, როგორც Ford და Airbus, იყენებენ VR-ს ვირტუალური პროტოტიპების შესაქმნელად, რაც გუნდებს შესაძლებლობას აძლევს ითანამშრომლონ დიზაინის ცვლილებებსა და გაუმჯობესებაზე ფიზიკური მოდელების საჭიროების გარეშე.

2.1 აპლიკაციები და პლატფორმები

ბოლო წლების განმავლობაში, მობილური აპლიკაციები სულ უფრო პოპულარული გახდა განათლების სფეროში. სმარტფონებისა და ტაბლეტების საყოვლთაო გავრცელებამ საშუალება მისცა შემუშავებულიყო მრავალფეროვანი საგანმანათლებლო აპლიკაციები, დაწყებული ენის შემსწავლელი პროგრამებიდან საგანმანათლებლო თამაშებამდე დამთავრებული, მაგალითად:

- Google Expeditions არის AR/VR პლატფორმა, რომელიც საშუალებას აძლევს სტუდენტებს დაიწყო ვირტუალური სავლე მოგზაურობა. ამ პროგრამის საშუალებით სტუდენტებს შეუძლიათ კლასის დატოვების გარეშე შეისწავლონ ადგილები, როგორცაა დიდი ბარიერული რიფი, საერთაშორისო კოსმოსური სადგური ან უძველესი ცივილიზაციები. ბირმინგემის უნივერსიტეტის მიერ ჩატარებული კვლევის მიხედვით, სტუდენტები, რომლებიც მონაწილეობდნენ ვირტუალურ ექსკურსიებში Google Expeditions-ის გამოყენებით, აჩვენეს გაუმჯობესებული ჩართულობა და ინფორმაციის უკეთ შესწავლა ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით.

- zSpace გვთავაზობს VR-ისა და AR-ის კომბინაციას, საკუთარი აპარატურისა და პროგრამული პლატფორმის მეშვეობით, რომელიც გამოიყენება ისეთ საგნებში, როგორცაა ბიოლოგია, ქიმია და ფიზიკა. პლატფორმა საშუალებას აძლევს სტუდენტებს ურთიერთქმედობა დაამყარონ რთული სისტემების 3D მოდელებთან. კალიფორნიის ირვინის უნივერსიტეტის კვლევამ აჩვენა, რომ zSpace მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სტუდენტების STEM კონცეფციების გაგებას პრაქტიკული, ვიზუალური სწავლის გამოცდილების მეშვეობით.

- Labster გვთავაზობს ვირტუალურ სამეცნიერო ლაბორატორიებს, რომლების საშუალებას აძლევს სტუდენტებს ჩაატარონ ექსპერიმენტი იმიტირებულ გარემოში. ეს აპლიკაცია განსაკუთრებით სასარგებლოა დაწესებულებებისთვის, რომლებსაც აქვთ ფიზიკური ლაბორატორიის რესურსებზე შეზღუდული წვდომა. Nature Biotechnology-ში გამოქვეყნებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ სტუდენტებმა, რომლებიც იყენებდნენ Labster's VR ლაბორატორიებს, აჩვენეს სწავლის ეფექტურობის 76%-ით ზრდა ტრადიციულ ლაბორატორიულ პარამეტრებთან შედარებით.

- STRIVS არის VR-ზე დაფუძნებული ტრენინგის პლატფორმა, რომელსაც იყენებენ კომპანიები, როგორცაა Walmart, Verizon და Fidelity თანამშრომლების ტრენინგის პროგრამების გასაუმჯობესებლად. პლატფორმა ახდენს რეალურ სამყაროს სცენარების სიმულაციას, კერძოდ მომხმარებელთა მომსახურების ურთიერთქმედება ან საგანგებო სიტუაციები, რაც თანამშრომლებს საშუალებას აძლევს ივარჯიშონ და დახვეწონ თავიანთი უნარები უსაფრთხო გარემოში. PwC -ის კვლევამ აჩვენა, რომ VR-ის გამოყენებით გაწვრთნილი თანამშრომლები ასრულებდნენ დავალებებს 40%-ით უფრო სწრაფად. ამან განაპირობა სამუშაოს შესრულების გაუმჯობესება და ტრენინგის ხარჯების შემცირება კომპანიებისთვის.

- PTC Vuforia არის AR პლატფორმა, რომელიც ინდუსტრიის მუშაკებს საშუალებას აძლევს მიიღონ რეალურ დროში ინფორმაცია და მითითებები AR ყურსასმენების საშუალებით. მაგალითად, ტექნიკოსებს შეუძლიათ ნახონ ნაბიჯ-ნაბიჯ ინსტრუქციები კომპლექსური მანქანების შეკეთებისთვის უშუალოდ მათი ხედვის არეში. Deloitte-ის კვლევის მიხედვით, AR-ის გამოყენებამ ინდუსტრიულ გარემოში გამოიწვია შეცდომების 30%-ით შემცირება და მთლიანი პროდუქტიულობის 25%-ით გაუმჯობესება. Vuforia აპლიკაციები ფართოდ გამოიყენება წარმოებაში, კოსმოსურ და საავტომობილო ინდუსტრიებში, სადაც სიზუსტე და ეფექტურობა გადამწყვეტია.

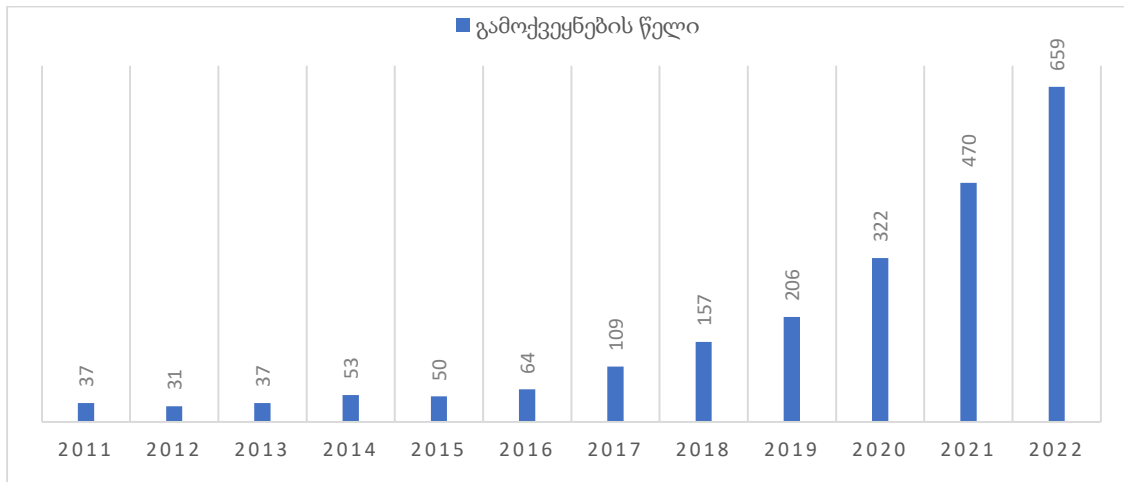
- VirtualShip არის VR-ზე დაფუძნებული სიმულაციური პროგრამა, რომელიც გამოიყენება საზღვაო სწავლებისთვის. ის უზრუნველყოფს რელისტურ გარემოს, სადაც გემის ოპერატორებს შეუძლიათ ივარჯიზონ ნავიგაცია, დოკინგი და სასწრაფო რეაგირება. აშშ-ს საზღვაო ძალები და სხვადასხვა საზღვაო აკადემიები იყენებენ VirtualShip-ს პერსონალის მოსამზადებლად, რეალურ ცხოვრებაში ვარჯიშებთან დაკავშირებული რისკების გარეშე. ირლანდიის ეროვნული საზღვაო კოლეჯის მიერ გამოქვეყნებული კვლევა ხაზს უსვამს, რომ მსმენელებმა რომლებიც იყვნენ VirtualShip-ს, აჩვენეს 60%-ით გაუმჯობესებული შესრულება და გადაწყვეტილების მიღების უნარი, ვიდრე ტრადიციული მეთოდებით გაწვრთნილი.

განვრცობილი და ვირტუალური რეალობის მნიშვნელოვანი წინსვლისა და პოტენციალის მიუხედავად განათლებისა და ინდუსტრიის ტრანსფორმაციაში, რამდენიმე ხარვეზი მაინც აფერხებს, მათ სრულ გავლენას. ხარვეზების აღიარება და აღმოფხვრა აუცილებელია ამ ტექნოლოგიების უწყვეტი ევოლუციისთვის, კერძოდ AR/VR არ არის ერთნაირად ხელმისაწვდომი ყველა რეგიონსა და საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. აღჭურვილობისა და კონტენტის განვითარების მაღალი ღირებულება წარმოადგენს მნიშვნელოვან ბარიერს ფართო გამოყენებისათვის, განსაკუთრებით მცირე კომპანიებისთვის. გარდა ამისა, ამ ტექნოლოგიების მასშტაბირება მსხვილი ორგანიზაციებისთვის ან მთელი საგანმანათლებლო სისტემებისთვის წარმოადგენს ლოჯისტიკურ და ფინანსურ გამოწვევებს.

2.2. სამეცნიერო კვლევები

სამეცნიერო კვლევებზე არსებობს რამდენიმე მონაცემთა ბაზა, აქედან გამომდინარე, კონკრეტული კვლევისთვის შეირჩა Scopus-ის მონაცემთა ბაზა, სადაც ხელმისაწვდომია საერთაშორისო ჟურნალები განათლების სფეროში. 2022 წლამდე Scopus მონაცემთა ბაზაზე გამოქვეყნებულია ვირტუალურ და განვრცობილ რეალობაზე 5122 დოკუმენტი, რომელიც მოიცავს განათლებასა და მეცნიერების სხვადასხვა სფეროში გამოქვეყნებულ სტატიებსა და წიგნებს. იქიდან გამომდინარე, რომ კვლევის საგანი განათლების სექტორია, გამოყოფილი იქნა 2195 დოკუმენტი და წლების მიხედვით იკვეთება თუ როგორი აქტუალურია AR და VR მსოფლიოში (სურათი 1).

VR და AR აპლიკაციების ირგვლივ ჩატარებული კვლევა განათლებასა და ინდუსტრიაში თანმიმდევრულად მიუთითებს მათ ეფექტურობაზე სწავლის შედეგებისა და ოპერატიული ეფექტურობის გაძლიერებაში [9,10].



სურ. 1 წლების განმავლობაში გამოქვეყნებული დოკუმენტები გაძლიერებულ და ვირტუალურ რეალობაზე

მსოფლიო ეკონომიკური ფორუმის მოხსენებაში ნათქვამია, რომ VR და AR შეიძლება შექმნან 23 მილიონზე მეტი სამუშაო ადგილი 2030 წლისთვის, განსაკუთრებით ისეთ სექტორებში, როგორცაა განათლება, ჯანდაცვა და წარმოება. თუმცა, რჩება გამოწვევები, მათ შორის VR/AR-ის იმერსიული ბუნება, რომელიც ბადებს ეთიკურ კითხვებს მომხმარებლის მონაცემების კონფიდენციალურობისა და ვირტუალურ გარემოში ხანგრძლივი ზემოქმედების ფსიქოლოგიურ ეფექტებთან დაკავშირებით. როგორც AR და VR ტექნოლოგიები განაგრძობს განვითარებას, მოსალოდნელია, რომ მათი აპლიკაციები კიდევ უფრო გაფართოვდეს. მომავალი განვითარება შეიძლება მოიცავდეს უფრო ხელმისაწვდომ და ღრმა ინტეგრაციას ხელოვნურ ინტელექტთან.

2. დასკვნა

განვრცობილი რეალობის და ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიებს აქვს პოტენციალი, რომ მოახდინოს რევოლუცია განათლების და ინდუსტრიის სექტორში. გარდა ამისა, ეს ტექნოლოგიები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვირტუალურ სამყაროების შესაქმნელად, რაც უზრუნველყოფს საინტერესო სასწავლო გამოცდილებას. მაგალითად, AR ტექნოლოგია ეხმარება სტუდენტებს ვიზუალიზაციაში რთული ფენომენების შესწავლისას, როგორცაა ატომის სტრუქტურა ან ადამიანის სხეულის ორგანოების ფუნქციონირება, რაც უკეთესად აღიქმება ინტერაქტიული და 3D მოდელების საშუალებით. ასევე, VR უზრუნველყოფს ვირტუალურ გარემოს, სადაც ინდუსტრიაში მყოფებს შეუძლიათ უსაფრთხოდ განახორციელონ რთული სამუშაო პროცესების სიმულაცია და გაიარონ ტრენინგი რეალური დანაკარგების გარეშე.

მიუხედავად იმისა, რომ AR და VR ტექნოლოგიები დიდ შესაძლებლობებს ქმნიან, ჯერ კიდევ არსებობს მნიშვნელოვანი ხარვეზები, რომლებიც უნდა აღმოიფხვრას, რათა მათი პოტენციალი სრულად გამოვიყენოთ. ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა არის გრძელვადიანი შედეგების შესწავლა, განსაკუთრებით განათლებაში. ტექნოლოგიები უზრუნველყოფენ მოკლევადიან ეფექტებს, გრძელვადიანი შედეგები, როგორცაა ცოდნის შენარჩუნება და უნარების განვითარება ჯერ კიდევ ნაკლებად არის შესწავლილი. კვლევების ნაწილი აჩვენებს, რომ ინტერაქტიული სწავლება აუმჯობესებს ტესტის შედეგებს, თუმცა რამდენად გრძელვადიანია ეს გაუმჯობესება, დამატებით კვლევებს საჭიროებს.

ლიტერატურა:

1. Al-Azawi, 2018, Embedding augmented and virtual reality in educational learning method: Present and future In 2018 9th international conference on Information and communication systems (ICICS), IEEE (2018), pp. 218-222
2. N. Alalwan, L. Cheng, H. Al-Samarraie, R. Yousef, A.I. Alzahrani, S.M. Sarsam Challenges and prospects of virtual reality and augmented reality utilization among primary school teachers: A developing country perspective Studies In Educational Evaluation, 2020.
3. S. Alizadehsalehi, A. Hadavi, J.C. Huang Assessment of AEC students' performance using BIM-into-VR. Applied Sciences, 11 (7) (2021), p. 3225
4. K.H. Cheng, C.C. Tsai. A case study of immersive virtual field trips in an elementary classroom: Students' learning experience and teacher-student interaction behaviors, 2019.
5. University of California, Irvine. (2021). The Effectiveness of zSpace Virtual Learning Platforms in Enhancing STEM Education. UCI Research Bulletin.
6. Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086.
7. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40.
8. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
9. სურგულაძე გ., წაწიშვილი დ. ვირტუალური რეალობა და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები. ISBN 978-9941-8-0626-1. სტუ. „IT-კონსალტინგ სამეცნ. ცენტრი“. თბ., 2018. -112 გვ. https://gtu.ge/book/Surgul_VirtualReality.pdf
10. 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-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, თბილისი, 2021. -360 გვ. https://gtu.ge/book/Surgu_InfoSociety-21%20new.pdf

The Transformative Impact of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) in Education and Industry

Miranda Ghvaladze, Mariam Chkaidze, Nika Kakauridze
Ghvaladze.m@gtu.ge, m.chkaidze@gtu.ge, kakauridze.nika@gtu.ge

Abstract

Virtual and Augmented reality (VR/AR) represent a paradigm shift in the ways people interact with the world and information. Once considered futuristic and niche, VR and AR are now at the forefront of transforming the current educational and industrial landscapes. By overlaying digital content onto the real world or immersing users in entirely virtual environments, augmented and virtual reality significantly alter traditional methods of learning and working. Their transformative power lies in creating interactive and visually rich experiences that bridge the gap between theory and practice. In education, VR and AR enhance learning by providing students with immersive experiences that go beyond the typical classroom environment. These technologies offer innovative ways to study complex subjects, conduct experiments, and acquire practical skills. In industry, VR and AR are revolutionizing processes by improving design and facilitating remote collaboration. Applications lead to greater efficiency, cost reduction, and improved safety. The topic explores literature that deeply analyzes the integration of augmented and virtual reality methods in education and industry. The paper highlights research trends, existing gaps, advantages, and achievements.

Keywords: Augmented Reality (AR); Virtual Reality (VR).

Research of efficiency of parallel programs and systems by improvised means

Tengiz Bakhtadze, Georgian Technical University
t.bakhtadze@gtu.ge

Irakli Rodonaia, International Black Sea University
irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge

Abstract

The article discusses three issues of parallel programming:

1. Methodology have been developed for parallel execution time analysis of hyper treads.
2. The identification the random nature of the detection of errors in specific programs as a result of the data race. The essence of the approach lies in the multiple execution of a parallel and serial program on a task of different sizes. Quantitative and temporal real and averaged characteristics of race occurrences are provided for data race detection analysis.
3. The empirical method of determining the share of parallel and serial operations of a computer program is elaborated. Variations of the multi-core acceleration calculation method based on the Amdal formula are analyzed.

All proposed methods is described and Calculation results of program in C++ in Open Mp (Open Multi-Processing) environment of Visual Studio(MS) 22 is presented.

Key words: Hyper treads, parallel programming, C++, Open MP, Data races, Acceleration of multi-core system, Amdal's formula.

1. Introduction

Parallel programming [1-11] is the use of multiple resources, in this case, processors (cores), to solve a problem. This type of programming takes a problem, breaks it down into a series of small steps, provides instructions, and processors (including logic and cores) execute the solutions simultaneously

Visual C++ offers the several technologies that help us create multithreaded and parallel programs that take advantage of multiple cores and use the GPU(Graphics processing unit) for general purpose programming. We settled on OpenMP for three main reasons: 1. Don't care about learning new C++ classes; 2. Has support in MS VS; 3. To convert the program in parallel, it is enough to enable the appropriate compiler mode (option) and add the necessary OpenMP directives to the existing program text.

Research is done for "laptop" HP 250 I5 G3. To find out the number of cores of the computer, the combination of Windows + R and the command msinfo32 are used. In the 10th line of the list of computer parameters: Processor Intel(R) Core(TM) i5-4210U CPU @ 1.70GHz, 2401 Mhz, 2 Core(s), 4 Logical Processor(s). That is, we have 4 logical processors in the computer.

That is, in this case, 4 parallel treads can be executed at the same time. A logical processor is seen by Windows as a processor, and each logical processor can simultaneously execute its own tread of instructions.

2. Main part

➤ Parallel Execution Time Analysis of Hyper Treads for the Open MP Platform Paradigm

Parallel execution of two functions in one program is shown below in two ways.

1. With the section directive
2. with the for directive.

The extended example above discusses the parallel computation of the f1() and f2() functions in two ways: 1. using #pragma omp sections and 2. using #pragma omp parallel for constructs.

To calculate the time of simultaneous execution, the formula is used:

$\min(\text{finish1}, \text{finish2}) - \max(\text{start1}, \text{start2})$, where start1, start2, finish1, finish2 are the start and finish times of the first and second functions, respectively.

For each case, both the total time and the time when both functions were calculated in parallel are calculated. The delay time of the function depends on the random variable and is introduced artificially to make the timing parameters more visible for this small example. Using Printf instead of COUT is a forced step in the parallel region, since COUT inconsistently prints data in the parallel region. Format specifiers are used for input and output purposes in C. Using this concept, the compiler can learn what type of data is in a variable when inputted using the scanf() function and when printed using the printf() function. The program gives the following result:

```
start 1 thread=0 counter=01 num_threads=2 start1=624030.179005  
Thread 0 in function f1.  
start 2 thread=1 counter=02 num_threads=2 start2=624030.180126
```

Thread 1 in function f2.

finish 2 thread=1 counter=03 num_threads=2 finish2=624030.193229

finish 1 thread=0 counter=04 num_threads=2 finish1=624030.193300

using sections elapsedTime = 0.0149301

section parallel time = 0.013103

using sections Answer = 3

Thread 0 in function f1.

Thread 1 in function f2.

using for parallel time elapsedTime = 0.0156071

using for parallel time = 0.015132

parallel for Answer = 3

Let's consider the calculation of the area of the plot bounded by the function from above (calculation of the definite integral by numerical method, sum of rectangles)

The program gives the following result:

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000093.250000

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000076.812500

j= 1 Runtime:0.0194845

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000082.250000

j= 2 Runtime:0.0071731

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000080.062500

j= 3 Runtime:0.0049258

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000107.437500

j= 4 Runtime:0.0053797

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000099.500000

j= 5 Runtime:0.0053167

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000092.375000

j= 6 Runtime:0.0046483

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000097.500000

j= 7 Runtime:0.0051622

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000093.250000

j= 8 Runtime:0.0037087

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000096.687500

j= 9 Runtime:0.0047656

For 550000 steps the area of the integral $3 * x^2 + 1$ from 1.000000 to 100.000000 is: 1000096.000000

j= 10 Runtime:0.0050457 In the above results, the variable j indicates the number of threads. As can be seen from the example, in the case of 8 threads, the task is solved in the shortest time. Note that the results will be slightly different at different times, depending on the state of the computer's data. The final result does not depend on the number of threads and is the same with great accuracy. In the case of one million, 2 or 3 units do not matter. The equation of the circle is: $3 * x^2 + 1$ (parabola), between 1.0 and 100.0. Number of steps is 550000. private(i) - declares variable i for all threads as private. The Reduction attribute specifies that one or more variables (in the list, in our case only 1) that are private to each thread, are the subject of a reduction operation at the end of the parallel region. then.

➤ Data race analysis and handling research in the OpenMP paradigm

Data races are among the most difficult types of bugs in software [3]. Analyzing the interaction of time and flows is an inherently complex problem.

A race condition occurs when two different threads asynchronously write to the same memory.

However, using OpenMP incorrectly can cause errors in the application.

Causes of Data Race: 1. Missing Data Sharing Directive; 2. Dependencies implemented in the cycle; 3. SIMD race; 4. Synchronization issues; 5. The sequence of commands depends on the number of threads. There are two known approaches to data race detection: 1. Static; 2. Dynamic.

When using the static method, the source code is provided at the system entrance and conclusions are made based on its text analysis, the dynamic method involves multiple execution of the program and conclusions are made based on it.

Both approaches use quite complex systems and are often tailored to specific compilers. For example, LLVM (Low Level Virtual Machine).

The approach presented in the article belongs to the second type. In general, it does not depend on a specific compiler and a specific language and platform. OpenMp is considered as an example only. It does not require the use of special complex software. In principle, it can be used for any parallel programming technology.

The paper substantiates the random nature of the detection of errors in specific programs as a result of the data race. Dependence of error detection on task size is calculated. Calculated corresponding execution times in nanoseconds using state-of-the-art class. The essence of the approach lies in the following. Let's imagine the task A, which can be implemented in a serial (non-parallel) way and in parallel. respectively with P1 and P2 programs. Let's denote the results as R1 and R2 respectively. Let's denote the size of the data by N. execution time with T1 and T2 respectively. Naturally, if the task is correctly programmed, the result of serial and parallel computation should be the same. If there is no data race error, then for P1 and P2, $R1 = R2$ and, as a rule, for sufficient N, $T1 < T2$. Practice shows that race errors are not detected immediately after the first run. For this, N needs to be increased, since for a small value of N, the error may not be detected in many runs. For a sufficiently large value of N, the result becomes stable over many runs. That is, $R1 = R2$ or $R1 \neq R2$. In case of inequality, a race error occurs. To determine the cause of the race, we need to remove the parallel constructs from P2. By running programs that will give us the result $R1 = R2$, there was a reason for that construction. The following means can be used for synchronizing individual constructions.

The author has constructed a program for researching this problem.

For 200 elements, the program gives the following result:

```
*****
start zoma:200
h :10 kk :5 M:20
k  ii  zoma  omp<>serial  OmpDuration  SerialDuration
1  1  200  omp<ser  9300  17200
2  1  190  omp<ser  8300  14900
3  1  180  omp<ser  5600  14200
4  1  170  omp<ser  5600  13900
5  1  160  omp<ser  7700  14700
6  1  150  omp<ser  8000  14000
7  1  140  omp<ser  6200  11700
8  1  130  omp<ser  7800  11900
9  1  120  omp<ser  7500  10700
10 1  110  omp<ser  5300  8300
11 1  90  omp<ser  5200  8100
12 1  70  omp<ser  4500  7000
13 1  60  omp<ser  4900  5500
14 1  50  omp>ser  5600  4800
15 1  30  omp>ser  4200  2600
16 2  200  omp<ser  6900  18200
17 2  190  omp<ser  6800  17200
18 2  180  omp<ser  5500  14300
19 2  170  omp<ser  7100  15300
20 2  160  omp<ser  5500  14300
      ii  AvarageZoma  omp<>serial  AvarageOmpDuration  AvarageSerialDuration
1      123      omp<ser  6380  10633
2      185      omp<ser  6575  16250
```

In the above printout: Oma- is array size, omp and ser are the parallel and serial execution times of programs, respectively, h- is step to change size, M- is the maximum number of possible searches specified for distinct results. k- is the counter of the number of different results. ii- is the specified maximum number of program runs without recompilation, AvarageZoma, AvarageOmpDuration, AvarageSerialDuration are the average values of the size, parallel and serial execution respectively.

As can be seen from the results, in order to achieve 20 races with 200 elements at a size change of step 10, we needed to automatically run the program 2 times. Parallel execution time was found to be higher than serial in case of size 50 and 30.

In the case of 10 elements:

```

*****
start zoma:10
h :1 kk :5 M:4
k  ii  zoma  omp<>serial  OmpDuration  SerialDuration
1  1    9  omp>ser      4300        1100
2  2   10  omp>ser      4000        1300
3  2    9  omp>ser      3900         900
4  3    9  omp>ser      4100        1100
ii  AvarageZoma  omp<>serial  AvarageOmpDuration  AvarageSerialDuration
1   9            omp>ser      4300        1100
2   9            omp>ser      3950        1100
3   9            omp>ser      4100        1100

*****
start zoma:10
h :1 kk :5 M:15
k  ii  zoma  omp<>serial  OmpDuration  SerialDuration
1  1   10  omp>ser      6600       1600
2  1    8  omp>ser      5400        900
3  1    7  omp>ser      5400        800
4  2    7  omp>ser      4900        700
5  3   10  omp>ser      4200       1000
6  3    8  omp>ser      4900        900
7  4    6  omp>ser      5200        700
8  5    7  omp>ser      4900        700
ii  AvarageZoma  omp<>serial  AvarageOmpDuration  AvarageSerialDuration
1   8            omp>ser      5800       1100
2   7            omp>ser      4900        700
3   9            omp>ser      4550        950
4   6            omp>ser      5200        700
5   7            omp>ser      4900        700

```

As can be seen from the examples, even in the case of a small number of elements, a data race appears, and the serial execution time is shorter. i.e. There is no point in parallel programming. The given program allows for a lot of variation, but we are limited in demonstrating the results due to the volume of the article.

➤ **Method for determining the proportion of parallel operations of a computer program to evaluate the acceleration of multiprocessor and multicore systems.**

There is a huge interest in evaluating multi-core and multi-processor system acceleration and efficiency, as evidenced by numerous publications. Some of them are cited in [2,5,6,9,11]. All approaches use either a parallel or serial part of the program, with an unequivocal dependency between them. If the parallel part is f, then the series part is 1-f and vice versa. Thus, defining this parameter is an important task, given the diversity of programming languages and platforms.

One of the variants of the basic formula of Amdali's law[11] is $s = T1/Tp = 1 / (1 - f + f/p)$, where S is the acceleration of the process, T1 is the execution time of the program in serial mode, Tp is the execution time of the program in parallel mode, f(0<f<1) is the proportion of the program that can be done in parallel, p is the speed coefficient of the parallel part, that is, the number of processors or cores. Actually s,f,p are functions of two variables s(f,p),f(s,p),p(s,f). Two more formulas for determining f and p follow from this formula. In particular

$$f=(1/s-1)/(1/p-1) \text{ and } p=f/(1/s+f-1).$$

Based on the above formulas, we conclude that in the case of a fixed number of cores, the acceleration s is directly proportional to the parallel part of the program f. f is directly proportional to s, and given s and p uniquely determine p.

These formulas do not take into account the resource, i.e. the time required to organize a parallel process, so we should actually consider inequalities instead of equalities. In the Internet space and educational literature, where the estimation of acceleration by Amdali's formula is given, everywhere f is given and the acceleration

is calculated for a specific p . Nowhere is it discussed in detail how to determine f . If we determine f for a particular architecture, it allows us to estimate, without actual physical experimentation, how the process will speed up if cores are added. Two approaches can be used to estimate f . Based on the verification of the first program, determine p . Second – determine empirically the ratio $T1/Tp$ and use the appropriate formula.

The first approach is very attractive at first glance, but in reality its implementation is possible only for a very simple program, since each type of operation has its own weight and it is very difficult to take into account. Additionally, no software was found that would do this automatically. Actually, an analyzer should be created for each language and operating system, which is not done.

The essence of the second approach, which is proposed in the article, is as follows:

1. We determine the number of specific processors or cores;
2. Run the program in serial mode and set $T1$;
3. We run the program in parallel mode and set Tp so that all cores are taken into account. In the case of threads, their number must be equal to the number of cores;
4. We calculate $T1/Tp$ and its mean f ;
5. We repeat points 1-4 several times for different sizes of the task;
6. We determine the maximum, minimum and average values of f ;
7. We used the established values to estimate the acceleration in case of adding cores.

The proposed method does not depend on a specific programming language and parallelization technology. It is just necessary to know the number of cores of the computer on which we perform the calculations. Also, serial and parallel versions of the program. The parallel option should consider the number of cores. The simplest program consisting of two similar cycles, differing only in size, is taken as a test option. A parallel cycle is twice as long as a serial cycle. Therefore, determining the parallel share for this program is very easy through verification. The parallel part is $2/3$, and the serial part is $1-2/3=1/3$, respectively.

Below is the full text of the c++ program to implement these bugs.

The results of the program are shown in the table below.

Start - the beginning of the cycle, End - the end of the cycle, $T1$ - the serial execution time in milliseconds, Tp - the parallel execution time in milliseconds, s - the acceleration of the system, f - the parallel fraction of the program.

Start	End	$T1$	Tp	s	f
10	2560	26	22	1.181818	0.205128
5120	40960	338	268	1.261194	0.276134
81920	1310720	13725	9736	1.409716	0.387517
2621440	2621440	27557	17894	1.540013	0.467540
5242880	5242880	51626	40120	1.286790	0.297163
10485760	10485760	103060	64008	1.610111	0.505233
20971520	20971520	213427	125451	1.701278	0.549609
41943040	41943040	386900	233664	1.655796	0.528081
83886080	83886080	617049	406533	1.517833	0.454888
167772160	167772160	1220465	784262	1.556195	0.476543
335544320	335544320	2401245	1560358	1.538906	0.466917
671088640	671088640	4694493	2983683	1.573389	0.485906

$f_a=0.666667$ actual, when $SA=2.0$, $f_{Average}=0.367097$, $f_{min}=0.079128$, $f_{max}=0.664924$

For this example, the share established by verification, i.e. $2/3$ $SA=2.0$ acceleration without taking into account parallelization resources, the experimental value of the parallel part of the program, the average, minimum and maximum values are respectively $f_{Average}$, f_{min} , f_{max} .

As can be seen from the data, the maximum value of the experimental fraction is the closest to the real fraction. It can be seen from the table that it makes sense to switch to parallel mode when the value of the cycle is 2560. Under the given conditions up to this value, it takes more time to organize parallelism than to run the program in serial mode. All this is taken into account by the given program under the condition $T1 \leq Tp$. The program is run multiple times for different values of the cycle. Each subsequent cycle, the upper parameter is doubled.

These values can be used to predict the actual speedup when adding cores/processors for any given program without physical experimentation. $T_{total}=15.600390$ seconds - is the total execution time of the

program in seconds, as verified by Visual Studio (Debug performance profiler) and shown in the graph below.

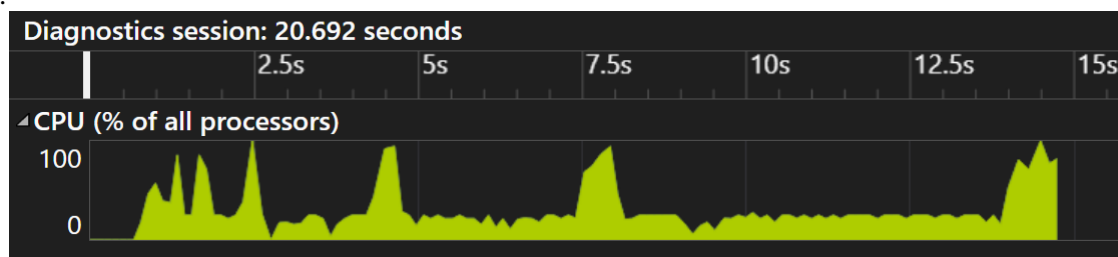


Fig.1.

This graph additionally confirms the reality of the conducted experiment.

2. Conclusion

The proposed three methodologies are general in nature and applicable to any programming languages and platforms.

1. Methodology for parallel execution time analysis of hyper threads and development of 2 programs.

It makes it possible to estimate the parallel execution time and identify the optimal number of threads.

2. The method for analyzing data race detection provides quantitative and temporal real and average characteristics of data race occurrence.

3. Method to determine the share of parallel operations, in the future to evaluate the effectiveness of adding new processors.

As an example, all programs the results of which are given in this article were written in C++ in OpenMP (Open Multi-Processing of Visual Studio (MS) 22). Calculations and analysis of their results indicate the adequacy of these approaches.

References:

1. OpenMP Architecture Review Board. 2015. OpenMP Application Programming Interface Version 4.5. <https://www.openmp.org/wp-content/uploads/openmp-4.5.pdf>. (2015).
2. Accelerator PGI. 2018. PGI Accelerator Compilers with OpenACC Directives. <https://www.pgroup.com/resources/accel.htm>. (2018).
3. S. Atzeni, G. Gopalakrishnan, Z. Rakamarić, I. Laguna, G. L. Lee, and D. H. Ahn, "Sword: A bounded memory-overhead detector of OpenMP data races in production runs," in Proceedings of the 32nd IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS). IEEE, 2018, to appear.
4. C. Bertolli, S. Antao, G. Bercea et al., "Integrating GPU support for OpenMP offloading directives into Clang," in Proceedings of the Second Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC. ACM, 2015, p. 5.
5. E. L. J. Ozen, G. Ayguade, "On the Roles of the Programmer, the Compiler and the Runtime System When Programming Accelerators in OpenMP," in Using and Improving OpenMP for Devices, Tasks, and More. Springer, 2014, pp. 215–229.
6. C. Liao, Y. Yan, B. de Supinski et al., "Early Experiences with the OpenMP Accelerator Model," in OpenMP in the Era of Low Power Devices and Accelerators. Springer, 2013, pp. 84–98.
7. S. McIntosh-Smith, J. Price, R. Sessions, and A. Ibarra, "High Performance in Silico Virtual Drug Screening on Many Core Processors," International Journal of High-Performance Computing Applications, pp. 119–134, 2014.
8. M. Martineau, S. McIntosh-Smith, M. Boulton, and W. Gaudin, "An Evaluation of Emerging Many-Core Parallel Programming Models," Accepted to 7th International Workshop on Programming Models and Applications for Multicores and Many cores, 2016.
9. S. Wienke, C. Terboven, J. C. Beyer, and M. Muller, "A Pattern-Based Comparison of OpenACC and OpenMP for Accelerator Computing," in Euro-Par 2014 Parallel Processing. Springer, 2014, pp. 812–823.
10. A. Hart, "First Experiences Porting a Parallel Application to a Hybrid Supercomputer with OpenMP 4.0 Device Constructs," in OpenMP: Heterogeneous Execution and Data Movements: 11th International Workshop on OpenMP, IWOMP 2015, Proceedings, 2015, pp. 73–85.

11. Amdahl, Gene M. (1967). "Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large-Scale Computing Capabilities" (PDF). AFIPS Conference Proceedings (30): 483–485. doi:10.1145/1465482.1465560. S2CID 195607370.

პარალელური პროგრამებისა და სისტემების ეფექტურობის კვლევა იმპროვიზირებული საშუალებებით

თენგიზ ბახტაძე¹, ირაკლი როდონაია²
1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
2-შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი
t.bakhtadze@gtu.ge , irakli.rondonaia@ibsu.edu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია პარალელური დაპროგრამების სამი საკითხი.

1. ჰიპერ ძაფების პარალელური შესრულების დროის ანალიზის მეთოდოლოგია.
2. მონაცემთა რბოლის შედეგად კონკრეტულ პროგრამებში შეცდომების შემთხვევითი ხასიათის იდენტიფიკაცია. მიდგომის არსი მდგომარეობს პარალელური და სერიული პროგრამის მრავალჯერადი შესრულებაში სხვადასხვა ზომის ამოცანაზე. განსაზღვრულია რბოლის გამოვლენის რაოდენობრივი მიმდინარე და საშუალო მახასიათებლები.
3. კომპიუტერული პროგრამის პარალელური და სერიული მოქმედებების წილის განსაზღვრის ემპირიული მეთოდი. გაანალიზებულია ამდალის ფორმულაზე დაფუძნებული მრავალბირთვიანი აჩქარების გაანგარიშების მეთოდის ვარიაციები.

აღწერილია ყველა შემოთავაზებული მეთოდი და წარმოდგენილია პროგრამების C++-ში Visual Studio(MS) 22-ის Open Mp (Open Multi-Processing) გარემოში გაანგარიშების შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: ჰიპერ ნაკადები, პარალელური დაპროგრამება, C++, Open MP, მონაცემთა რბოლა, მრავალბირთვიანი სისტემის აჩქარება, ამდალის ფორმულა.

უსადენო ქსელების უსაფრთხოების სისტემების პრობლემების გადაწყვეტის გზები

ზეზურ ბერიძე¹, ზურაბ ზაქარაძე²
1-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
2-ბათუმის N 6 ფიზიკა-მათემატიკის საჯარო სკოლა
zazaber@mail.ru, kancelaria6@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია უსადენო ქსელების მნიშვნელობის საკითხები ადამიანთა ცხოვრებაში. სადაც არ უნდა იმყოფებოდნენ ისინი - სამსახურში, სახლში ან საზოგადოებრივი თავშეყრის ადგილებში, დიდ როლს თამაშობს. თუნდაც მაშინ, როცა უსადენო ქსელი იქმნება მარტივი მიზნით - უზრუნველყოს კავშირი ადამიანსა და ინფორმაციის წყაროს შორის სადენების გამოყენების გარეშე, საჭიროა გავერკვეთ უსადენო ქსელების ძირითად კონცეფციაში, განვიხილოთ მასთან დაკავშირებული უსაფრთხოების საკითხები, შემდეგ კი ვნახოთ, თუ როგორ მუშაობს ისინი და რა სარგებლობა შეუძლია მოიტანოს ამა თუ იმ შემთხვევებში.

საკვანძო სიტყვები: უსადენო ქსელები, უსადენო ქსელების უსაფრთხოება, უსადენო ტექნოლოგიები, ინფორმაციის გადაცემის არეალი, უსადენო გლობალური ქსელი.

1. შესავალი

დღეისათვის უსადენო ტექნოლოგიები ფართოდ გამოიყენება მთელ სამყაროში, რათა დააკმაყოფილოს მომხმარებელთა დიდი რაოდენობის საკომუნიკაციო მოთხოვნები. უსადენო ტექნოლოგიების არსებულ პოპულარობას რამდენიმე მიზეზი გააჩნია. უსადენო მოწყობილობების ფასი საგრძნობლად შემცირდა, რაც მომსახურების პროვაიდერს საშუალებას აძლევს მნიშვნელოვნად შეამციროს უსადენო სერვისის ღირებულება და იგი მეტად მისაწვდომი გახადოს მომხმარებლისათვის.

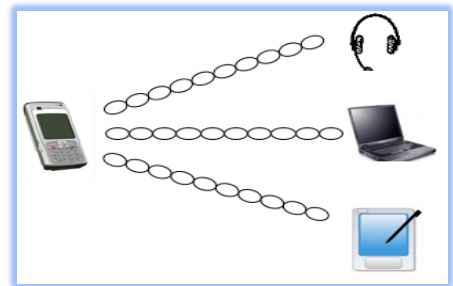
როგორც ჩვეულებრივი ქსელები, რომლებიც დაფუძნებულია სადენების გამოყენებაზე, ასევე უსადენო ქსელებიც, ინფორმაციას გადასცემს კომპიუტერულ მოწყობილობებს შორის. ეს ინფორმაცია შეიძლება წარმოდგენილი იქნას სხვადასხვა სახით: ელექტრონული ფოსტა, WEB-გვერდი, მონაცემთა ბაზების ჩანაწერები, ვიდეოს ნაკადი ან ხმოვანი შეტყობინება. უმრავლეს შემთხვევაში უსადენო ქსელები მონაცემებს (data) გადასცემს ელექტრონული ფოსტის საშუალებით და ფაილების სახით. უსადენო ქსელების მახასიათებლების გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით, შესაძლებელია ვიდეოსიგნალების გადაცემა, აგრეთვე სატელეფონო კავშირების უზრუნველყოფა.

მომხმარებლების, სერვერებისა და მონაცემთა ბაზების ურთიერთქმედების უზრუნველსაყოფად უსადენო ქსელები, როგორც გადამცემი საშუალება, იყენებს რადიოტალღებს ან ინფრაწითელ დიაპაზონს. ინფორმაციის გადაცემის ეს არეალი უხილავია ადამიანისათვის. დღეისათვის მწარმოებლების უმრავლესობა ქსელური ინტერფეისის პლატებს, რომლებიც ქსელური ადაპტერების სახითაა ცნობილი და ანტენებს კომპიუტერულ მოწყობილობებში ინტეგრირებას უკეთებენ ისეთი სახით, რომ ისინი შეუმჩნეველია მომხმარებლებისათვის. ყოველივე ეს უსადენო მოწყობილობას უფრო მობილურს და მოხერხებულს ხდის გამოყენებაში.

2. ძირითადი ნაწილი

უსადენო ქსელებს, რომლებიც უზრუნველყოფს კავშირს სხვადასხვა ზომის ფიზიკურ ზონაში, ყოფენ სხვადასხვა კატეგორიებად: - უსადენო პერსონალური ქსელი; - უსადენო ლოკალური ქსელი; - უსადენო რეგიონალური ქსელი; - უსადენო გლობალური ქსელი;

უსადენო პერსონალური ქსელები გამოირჩევა ინფორმაციის პატარა მანძილზე გადაცემით, რაც მათ იდეალურს ხდის შენობის პატარა ტერიტორიაზე ან "პერსონალურ ზონაში" გამოსაყენებლად. ბევრ სიტუაციაში უსადენო პერსონალური ქსელები წარმატებით ცვლის სადენიან ქსელებს (ნახ. 1).



ნახ. 1. უსადენო პერსონალური ქსელი უზრუნველყოფს კომპიუტერულ მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის გადაცემას მოკლე მანძილზე

ასეთი სახის ქსელს შეუძლია უზრუნველყოს, მაგალითად, მონაცემთა უსადენო სინქრონიზაცია PDA მომხმარებელზე და მის პერსონალურ კომპიუტერზე ან ნოუთბუქზე. ანალოგიურად შესაძლებელია უსადენო კავშირი პრინტერთან. კომპიუტერულ მოწყობილობებს შორის სადენიანი ქსელებით შეერთების უსადენო ქსელებით შეცვლა მეტად სერიოზული

უპირატესობაა, რაც მნიშვნელოვნად აადვილებს კომპიუტერული მოწყობილობების სამონტაჟო სამუშაოებს, აუცილებლობის შემთხვევაში, მათი სხვა ადგილას გადატანის დროსაც.

უსადენო რეგიონალური (ქალაქური) ქსელები ემსახურება ქალაქში შემავალ ზონებს. უმრავლეს შემთხვევაში სისტემის რეალიზაციის დროს საჭიროა ფიქსირებული შეერთება. მაგალითად, საავადმყოფოში ასეთი ქსელი უზრუნველყოფს ძირითად კორპუსსა და მოცილებულ კლინიკებს შორის მონაცემთა გადაცემას. ასევე, ენერგეტიკულ კომპანიას ქალაქის მასშტაბით შეუძლია გამოიყენოს ასეთი ტიპის ქსელები ძირითად შენობასა და მოცილებულ ენერგეტიკულ პუნქტებს შორის დასაკავშირებლად. შედეგად, უსადენო რეგიონალური ქსელები დააკავშირებს არსებულ ქსელურ ინფრასტრუქტურებს, ან საშუალებას მისცემს მობილურ მომხმარებლებს დაუკავშირდნენ უკვე არსებულ ქსელურ ინფრასტრუქტურას.

უსადენო ინტერნეტის მომსახურების მომწოდებლები მომხმარებლებს ქალაქის მასშტაბით წარმოუდგენენ უსადენო რეგიონალურ ქსელებს, რომლებიც უზრუნველყოფს მუდმივ უსადენო კავშირს მოცილებულ შენობებს შორის. მსგავს ქსელებს გააჩნია არსებითი უპირატესობა ჩვეულებრივ სადენიან ქსელებთან შედარებით, როგორცაა, მაგალითად, ციფრული სააბონენტო ხაზები, ვინაიდან ხშირ შემთხვევაში მისი დამონტაჟება დიდ ეკონომიურ ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

უსადენო გლობალური ქსელები უზრუნველყოფს ინფორმაციასთან წვდომას ქვეყნისა და კონტინენტის მასშტაბით. უსადენო გლობალურ ქსელებს აქვს მოქმედების შეუზღუდავი არეალი, რომელიც უზრუნველყოფილია სატელეკომუნიკაციო კომპანიების მიერ.

სატელეკომუნიკაციო ოპერატორების მიერ მიღწეული შეთანხმებები როუმინგთან დაკავშირებით შესაძლებელს ხდის კავშირების დიდ მანძილზე დამყარებას და უზრუნველყოფს მონაცემების სწრაფ გადაცემას მობილურ მომხმარებლებს შორის. მხოლოდ ერთ სატელეკომუნიკაციო კომპანიასთან ანგარიშსწორების შემდგომ მომხმარებელს უსადენო გლობალური ქსელების მეშვეობით მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან შეუძლია კავშირის დამყარება ინტერნეტის სხვადასხვა მომსახურებებთან.

სპეციალური სისტემები, რომლებიც ახასიათებს უსადენო გლობალურ ქსელებს, უზრუნველყოფს მომხმარებლის წვდომას ინტერნეტთან, კორპორატიულ სისტემებთან და ელექტრონული ფოსტის მიღება-გადაცემას, მიუხედავად იმისა, თუ სად იმყოფება მომხმარებელი - ოფისში, სახლში თუ შენობის გარეთ. მაგალითად, ქსელის აბონენტებს თავისუფლად შეუძლიათ დაამყარონ კავშირი ტაქსით მგზავრობის ან ქალაქში გასეირნების დროსაც. უსადენო გლობალურ ქსელებს შეუძლიათ ფუნქციონირება ისეთი ადგილებიდან, საიდანაც სხვა ტიპის ქსელებისთვის წვდომა შეუძლებელია, რის გამოც მომხმარებელი ტერიტორიულად შეზღუდული არ არის.

უსადენო ლოკალური ქსელები მარტივად უზრუნველყოფს იმ თვისებებს, რომლებიც აუცილებელია მაღალი დონის სისტემების უწყვეტად შესრულებისათვის. ასეთი ქსელის მომხმარებლებს სერვერიდან შეუძლიათ მიიღონ დიდი მოცულობის ელექტრონული ფოსტა ან ვიდეოს ნაკადი. უსადენო ლოკალური ქსელები სრულიად აკმაყოფილებს ყველა საოფისე სისტემის მოთხოვნებს.

უკანასკნელ ხანებში უსადენო ქსელებში უსაფრთხოება და მომსახურების ხარისხი უაღრესად მნიშვნელოვანი და აქტიური კვლევის საგანი გახდა, რის მიზეზსაც მონაცემთა პაკეტების გადაცემის მხარდაჭერის მზარდი მოთხოვნა წარმოადგენს [1]. ადექვატური უსაფრთხოების გარეშე ორგანიზაციები თავს აარიდებენ უსადენო ქსელების გამოყენებას. უსაფრთხოების საკითხები უსადენო ქსელებში მნიშვნელოვან დაბრკოლებას წარმოადგენს ასეთი ქსელების ფართოდ ადაპტირებისთვის. შესაბამისად, მსგავსი უსადენო ქსელების უსაფრთხოება

მნიშვნელოვანი სფეროა, რაც რეაგირებას მოითხოვს, თუკი ასეთი ქსელები ფართოდ იქნება გამოყენებული. აუცილებელია, რომ აღნიშნული სფეროს მკვლევარებმა მოახდინონ ღია პრობლემების იდენტიფიცირება და უზრუნველყონ შესაბამისი გადაწყვეტილებები ამ პრობლემებისთვის. თითოეული ასეთი მცდელობა უსადენო ქსელს ოდნავ უფრო უსაფრთხოს ხდის. წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენს ის, რომ შემუშავდეს მთელი რიგი ღონისძიებები, რომლებიც აამაღლებს უსადენო ქსელების უსაფრთხოებას და მისი საშუალებით მოხდება მოცილებული სამუშაო ადგილების მართვა.

უსაფრთხოება უაღრესად მნიშვნელოვანი საკითხია უსადენო ქსელებისათვის, ვინაიდან გარემოში გავრცელებული საკომუნიკაციო სიგნალები ხელმისაწვდომია დასაჭერად. აქედან გამომდინარე, კომპანიებმა და ინდივიდუალურმა მომხმარებლებმა უნდა შეიცნონ პოტენციურად არსებული პრობლემები და მიიღონ შესაბამისი ზომები [2].

ნებისმიერ სისტემას, რომელსაც დაცვა სჭირდება, გააჩნია სისუსტეები ან ხარვეზები, რომელთა ნაწილს ან ყველას ერთად ამოირჩევს თავდამსმხმელი ობიექტად. შესაბამისად, სისტემის უსაფრთხოების მექანიზმების შექმნის ერთ-ერთ მიდგომას წარმოადგენს განხილვა იმ საფრთხეებისა და სავარაუდო თავდასხმებისა, რომელთა წინაშე დგას სისტემა, იმის გათვალისწინებით, რომ სისტემას ხარვეზები გააჩნია. უსაფრთხოების მექანიზმებმა უნდა უზრუნველყონ სისტემის უსაფრთხოება მოცემული საფრთხეების, თავდასხმებისა და ხარვეზების გათვალისწინებით.

უსადენო ქსელების უსაფრთხოება საგრძნობლად განსხვავდება მათი სადენიანი ანალოგის უსაფრთხოებისაგან, რის მიზეზსაც ფიზიკური გარემოს ბუნება წარმოადგენს. უსადენო გარემოში კავშირისას გადაცემული და მიღებული სიგნალები ჰაერში მოგზაურობს. შესაბამისად, ნებისმიერ კვანძს, რომელიც გამგზავნი კვანძის გადაცემის დიაპაზონში მდებარეობს და იცის საოპერაციო სიხშირე და სხვა ფიზიკური დონის ატრიბუტები (მოდულაცია, კოდირება და ა.შ.), პოტენციურად შეუძლია სიგნალის გაშიფრვა იმგვარად, რომ გამგზავნს ან სავარაუდო მიმღებს არაფერი ეცოდინება აღნიშნული შეჭრის შესახებ. საპირისპიროდ ამისა, საკაბელო ქსელებში მსგავს შეჭრას ადგილი შესაძლოა ჰქონდეს მხოლოდ იმ შემთხვევისას, თუ თავდამსმხელისთვის მისაწვდომი გახდება გადაცემის ფიზიკური საშუალება (სადენი, ბოჭკო და ა.შ.), რისთვისაც, როგორც წესი, აუცილებელია ასეთ საშუალებასთან მიერთება. ვინაიდან უსადენო ქსელები არ არის დამოკიდებული ინფრასტრუქტურაზე დაფუძნებულ რესურსებზე, როგორცაა დენის სტაბილური წყარო, მაღალი სიხშირე, უწყვეტი კავშირი ან უცვლელი მარშრუტიზირება, მათ მიმართ თავდასხმების განხორციელება საკმაოდ ადვილია.

მაგალითად, გამოცდილ ჰაკერს ან სულაც შემთხვევით სნუპერს პროგრამული საშუალებების გამოყენებით შეუძლია ადვილად მოიძიოს უსადენო ქსელის დაუცველი პაკეტები და მთლიანად გახსნას მასში არსებული მონაცემები. მაგალითად, სნუპერებს, რომლებიც იმყოფებიან რამდენიმე ასეული მეტრით დაშორებით შენობიდან, სადაც ფუნქციონირებს უსადენო ლოკალური ქსელი, შესწევთ ძალა მოიძიონ ყველა ტრანზაქცია, რომელიც სრულდება უსადენო ქსელის ნაწილში. რა თქმა უნდა, ძირითადი საფრთხე მდგომარეობს იმაში, რომ შეტევების შედეგად ვიღაცას შეიძლება ხელში ჩაუვარდეს ისეთი მნიშვნელოვანი ინფორმაცია, როგორცაა მომხმარებლების სახელები და პაროლები, კრედიტ-კარტების ნომრები და სხვა.

ამ პრობლემის გადაწყვეტა მდგომარეობს იმაში, რომ მინიმუმ მოხდეს იმ ინფორმაციის დაშიფვრა, რომელიც გადაეცემა უსადენო მოწყობილობებსა და საბაზისო სადგურებს შორის. დაშიფვრის პროცესის დროს მონაცემთა ბიტები იცვლება საიდუმლო გასაღების დახმარებით. რადგანაც გასაღები საიდუმლოა, ჰაკერს არ შეუძლია მონაცემების გაშიფვრა. აქედან გამომდინარე, ეფექტური მექანიზმების გამოყენების ხარჯზე დაშიფვრას შეუძლია აამაღლოს მონაცემთა დაცულობა.

3. დასკვნა

ოპერაციული სისტემა Windows საშუალებას იძლევა ადვილად დამყარდეს კავშირი უსადენო ქსელებთან, განსაკუთრებით საერთო კავშირის მქონე ქსელებთან. როდესაც ნოუთბუქი

მიგბემა უსადენო ლოკალურ ქსელს, მის მფლობელს შეუძლია შეაღწიოს ნებისმიერ სხვა ნოუთბუქში, რომელიც ჩართულია იმავე უსადენო ლოკალურ ქსელში. თუ არ არის გამოყენებული პერსონალური ბრანდმაუერი, ნებისმიერს შეუძლია გაეცნოს ასეთი ნოუთბუქის მყარ დისკზე არსებულ ყველა ინფორმაციას, რაც წარმოადგენს უზარმაზარ საფრთხეს.

უსადენო ქსელის დაცვა შესაძლებელია გარედან რადიოსიგნალების შეღწევისაგან შენობის წინააღმდეგობის გაწევის უნარის უზრუნველყოფის გზით. არსებობს ზოგიერთი რეკომენდაცია, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია შენობაში რადიოსიგნალების ნაკადის შემცირება:

- თუ შენობის შიდა კედლებს გაჩნია ლითონის გამძლე ზედაპირი, სასურველია მოხდეს მისი დამიწება;

- სასურველია დაყენდეს თერმოიზოლაციის მქონე ფანჯრები და მოხდეს მისი მოლითონება;

- შენობის შიდა და გარე კედლებზე გამოყენებული იქნას ლითონის მინარევის საღებავი;

- მოხდეს გადამცემის სიმძლავრის დარეგულირება ისეთი სახით, რომ მთლიანად გამოირიცხოს სიგნალის გაჟონვა, ან მისი დონე დაიწიოს ისეთ მნიშვნელობამდე, რომ შესაძლებელი იქნეს ჰაკერის ადვილად გამოვლინება.

ლიტერატურა:

1. Didmanidze I., Beridze Z., Geladze N. Routing Security Enchantment in Wireless Local Area Networks. XXX international conference PROBLEMS OF DECISION MAKING UNDER UNCERTAINTIES (PDMU-2017). ABSTRACTS. August 14-19, 2017, Vilnius, Lithuania. p. 39.

2. Didmanidze I., Beridze Z. The Analysis of Wireless Network Security. 12th International Conference THEORETIKAL AND APPLIED ASPECT OF PROGRAM SYSTEMS DEVELOPMENT. TAAPSD'2015. Proceeding. 23-26 December 2015 y. Kiev. p. 206-207.

3. G. Chogovadze, G. Gogichaishvili. G.Surguladze, T. Sherozia, O. Shonia – „Projecting and construction of computer-aided systems“ Tbilisi, 2001

Ways to solve problems of security systems of wireless networks

Zebur Beridze¹, Zurab Zakaradze²

1-Batumi Shota Rustaveli State University

2-Batumi N 6 Physics-Mathematics Public School

zazaber@mail.ru, kancelaria6@gmail.com

Abstract

Wireless networks play a major role in people's lives, no matter where they are - at work, at home or in public places. Even when a wireless network is created with a simple goal - to provide a connection between a person and an information source without the use of wires, it is necessary to understand the basic concept of wireless networks, consider the security issues associated with it, then we will see how they work and what benefits they can bring in these or those cases.

Key Words: wireless networks, security of wireless networks, wireless technologies, information transmission area, wireless global network.

ციფრულ გამოსახულებაზე შეკრული კონტურის შემოვლის ალგორითმი

ნიკოლოზ ნარგიზაშვილი, ოთარ თავდიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

nargizashvili.nikoloz24@gtu.ge; tavidshviliotar08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია კონტურზე დამყარებული ფორმის აღწერის ამოცანა. ფორმის ასეთი სახით აღწერისას გამოიყენება მხოლოდ ობიექტის სილუეტის შემომსახვრელი შეკრული კონტურიდან აღებული ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში კონტური წარმოიდგინება მისი

შემადგენელი სასრული რაოდენობის პიქსელების მიმდევრობის სახით. შესაბამისად, ფორმა შესაძლებელია აღიწეროს კონტურის შემადგენელი პიქსელების კოორდინატების მიმდევრობის საშუალებით. პიქსელების და მათი კოორდინატების მიმდევრობის დასადგენად გამოიყენება კონტურის შემოვლის ალგორითმები. სტატიაში შეკრული კონტურის პიქსელების მიმდევრობის საშუალებით ფორმის აღწერისთვის შემოთავაზებულია კონტურის შემოვლის ორიგინალური ალგორითმი, რომელიც ტესტირებული იქნა სხვადასხვა ფორმის შეკრულ კონტურზე.

საკვანძო სიტყვები: ციფრული გამოსახულება, ფორმის აღწერა, შეკრული კონტური, კონტურის შემოვლის ალგორითმი.

1. შესავალი

ციფრულ გამოსახულებაზე გამოყოფილი ობიექტის ძიება გამოსახულებების მონაცემთა ბაზაში და კლასიფიკაცია, დამყარებული ობიექტის ფორმაზე, დღესდღეობით წარმოადგენს ერთ-ერთ აქტუალურ კვლევის საგანს ციფრულ გამოსახულებათა ანალიზის სფეროში. მისი გამოყენების სფეროებია მეტეოროლოგია, მედიცინა, კოსმოსი, წარმოება, სოფლის მეურნეობა, ბიოლოგია, გართობის ინდუსტრია, განათლება, მართლწესრიგი, თავდაცვა და უსაფრთხოება და სხვ. ფორმის წარმოდგენა და აღწერა უნდა იყოს ისეთი, რომ გაადვილდეს მისი შენახვა, შორ მანძილზე გადაცემა, სხვა ფორმებთან შედარება და ამოცნობა. თავის მხრივ, გამოსახულებების მონაცემთა ბაზაში მსგავსი ფორმების ეფექტური მოძიება მოითხოვს ფორმის მაღალი სიზუსტით აღწერას. ამასთან, ფორმის აღწერა უნდა იყოს ინვარიანტული გადაადგილების, ბრუნვის და მასშტაბირების მიმართ. მაგალითად, სამედიცინო გამოსახულების ანალიზისას ადამიანის რომელიმე ორგანოს ფორმა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დაავადების დიაგნოსტიკის საქმეში. ასევე მნიშვნელოვანია ფორმა ასტრონომებისთვის, რომლებიც მის საფუძველზე ახდენენ გალაქტიკების, ვარსკვლავთა სისტემების, პლანეტების კლასიფიკაციას, რაც აუცილებელი ნაბიჯია სამყაროს სტრუქტურის სხვადასხვა ასპექტების შესწავლის და ახსნის გზაზე.

ციფრულ გამოსახულებაზე ობიექტის გამოყოფის (ჩვეულებრივად, სეგმენტაციის და სეგმენტირებული გამოსახულების ბინარიზაციის შედეგად) შემდეგ გამოსახულების ანალიზის ამოცანა მოითხოვს ობიექტის ფორმის აღწერას.

წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია კონტურზე დამყარებული ფორმის აღწერის ამოცანა. ფორმის ასეთი სახით აღწერისას გამოიყენება მხოლოდ ობიექტის სილუეტის გარემომცველი შეკრული კონტურიდან აღებული ინფორმაცია და იგნორირებულია კონტურის შიგნით არსებული ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში კონტური წარმოდგინება სასრული რაოდენობის წერტილთა (ანათვლების) სიმრავლით. ციფრულ გამოსახულებაზე, მარტივ შემთხვევაში ეს შეიძლება იყოს კონტურის შემადგენელი პიქსელების (x_i, y_j) , $i = 1, \dots, N$, $j = 1, \dots, M$ კოორდინატების მიმდევრობა. ასეთ წერტილებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ასევე კონტურზე არსებული ინტერესის (მახასიათებელი) წერტილები, მაგალითად მაღალი სიმრუდის (გადაღუნვის) წერტილები. ასეთი წერტილების შერჩევა შეიძლება სხვადასხვა საფუძველზე დაყრდნობით. მაგალითად, სიმძიმის ცენტრიდან დაშორების, კონტურის მიმართ მოცემულ წერტილში გავლებული მხების კუთხის მიხედვით და ა. შ. [1, 2].

სეგმენტის შემომსახვერელი კონტური არის ერთი პიქსელის სისქის პიქსელების მიმდევრობა. შესაბამისად, ფორმა შესაძლებელია აღიწეროს კონტურის შემადგენელი პიქსელების კოორდინატების მიმდევრობის საშუალებით. პიქსელების და შესაბამისად მათი კოორდინატების მიმდევრობის დასადგენად გამოიყენება კონტურის შემოვლის ალგორითმები. ასეთ ალგორითმებს რამდენიმე მოთხოვნა წაყენება. მათ შორის ერთერთი არის პიქსელების მიღებული მიმდევრობით კონტურის მაღალი სიზუსტით აღდგენის შესაძლებლობა.

სტატიაში წარმოდგენილია ციფრული გამოსახულების სეგმენტიზაციის და მისი შემდგომი ბინარიზაციით მიღებულ გამოსახულებაზე გამოყოფილი სეგმენტების აღწერისთვის კონტურის შემოვლის ორიგინალური ალგორითმის შექმნის მცდელობა.

კონტურის შემოვლისთვის არაერთი ცნობილი ალგორითმი გამოიყენება, დაწყებული მარტივი, პიქსელების თანმიმდევრობითი მიყოლით და დამთავრებული კომპლექსური პარალელიზაციის ტექნიკით [3-5]. მათ შორისაა:

- სუპუკი-აბეს ალგორითმი: ამ მეთოდს შეუძლია ეფექტურად შემოუაროს იერარქიულ კონტურებს, სადაც შეიძლება კონტურის შიგნით ან გარეთ არსებობდეს სხვა კონტურებიც;
- მურის ალგორითმი: მარტივი ალგორითმი, რომელიც კონტურის შემოვლას თითოეული პიქსელის რვა მეზობლის შემოწმებით ახდენს. პრობლემა შეიძლება შეექმნას კომპლექსურ და ხმაურიან კონტურებზე, თუ საკამრისი სიფრთხილით არ სრულდება;
- კვადრატული შემოვლის ალგორითმი: მარტივი ალგორითმი, რომელიც კონტურს უვლის პიქსელის მომიჯნავე ორთოგონალური მეზობლების შემოწმებით, თუმცა ამ თვისების გამო შეიძლება არც ისე ზუსტი გამოდგეს კომპლექსურ კონტურებში დიაგნოსტიკური კავშირების არსებობის შემთხვევაში;
- GPU-ზე (გრაფიკულ პროცესორზე) დაფუძნებული პარალელური საზღვრის შემოვლის ალგორითმები: იყენებენ GPU-ს პარალელიზაციას, რათა დიდი სისწრაფით მოახდინოს კონტურის რეალურ დროში შემოვლა.

წარმოდგენილ სტატიაში, როგორც საწყისი მონაცემი, ჩვენ განვიხილავთ ბინარულ სახეში წარმოდგენილ სეგმენტირებულ ციფრულ გამოსახულებას შავი ფერის ფონით და თეთრი ფერის ერთი პიქსელის სისქის კონტურის მქონე სეგმენტით. კონტურის შემოვლა ხდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით.

2. კონტურის შემოვლის ალგორითმის აღწერა

1. შევქმნათ პიქსელების ცარიელი სია, სადაც ჩავამატებთ შემოვლილ კონტურის წერტილებს მათი შემოვლის თანმიმდევრობით. გადავიდეთ მე-2 ნაბიჯზე;

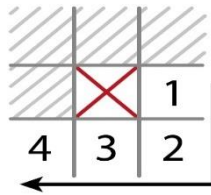
2. დავიწყოთ პირველი თეთრი პიქსელის ძებნა ზედა მარცხენა კუთხიდან, შევამოწმოთ პირველი სტრიქონი მარცხნიდან მარჯვნივ, თუ თეთრი პიქსელი სტრიქონში ვერ მოიძებნა, გადავიდეთ შემდეგ სტრიქონზე და ა.შ. სანამ არ შეგვხვდება პირველი კონტურის (თეთრი) პიქსელი. როდესაც ვიპოვით, ჩავამატოთ კონტურის პიქსელების სიაში და მოვნიშნოთ ის, როგორც საწყისი წერტილი. საწყის წერტილს დავარქვათ S. ასევე, შემოვიღოთ ბოლოს შემოწმებული თეთრი პიქსელის (იმ წერტილის წინა შემოვლილი პიქსელი, რომელზეც ამჟამად ვდგავართ) ცნება და დავარქვათ L. საწყისი წერტილი ასევე მოვნიშნოთ როგორც L და გადავიდეთ მე-3 ნაბიჯზე;

3. S-ს გარშემო შემოვუაროთ საათის ისრის მიმართულებით მეორე თეთრი პიქსელის შეხვედრამდე. დავიწყოთ მარჯვენა მეზობლიდან, თუ თეთრი არ არის, შევამოწმოთ ქვედა მარჯვენა მეზობელი, შემდეგ ქვედა და ბოლოს ქვედა მარცხენა, სხვა მეზობელი პიქსელების განხილვა არაა საჭირო (სურ. 1), რადგან ვიცით, რომ პირველი პიქსელის ზემოთ და იმავე სტრიქონში მისგან მარცხნივ ყველა პიქსელი შავია (წინააღმდეგ შემთხვევაში პირველ პიქსელამდე სხვა თეთრი პიქსელიც შეგვხვდებოდა მე-2 ნაბიჯში). პოვნის შემდეგ ჩავამატოთ მეორე წერტილი კონტურის პიქსელების სიაში. გადავიდეთ მე-4 ნაბიჯზე;

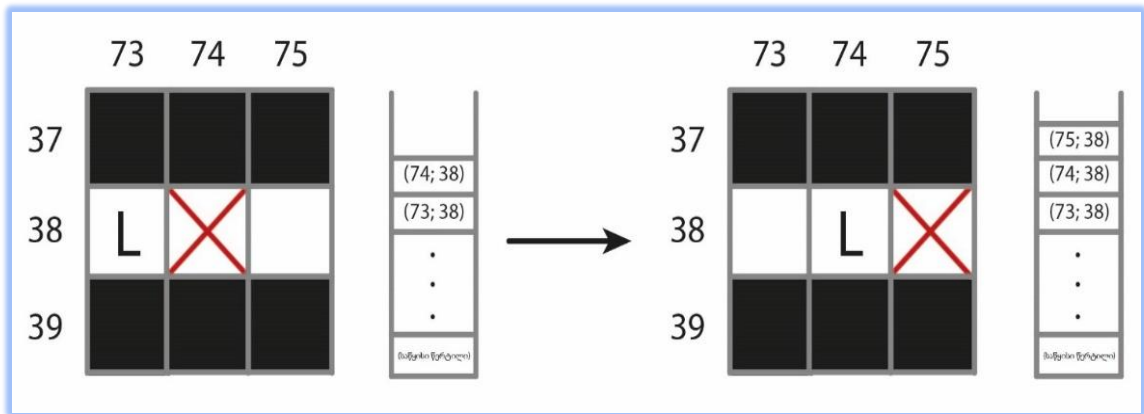
4. თუ ის პიქსელი, რომელზეც ახლა ვდგავართ განსხვავდება S-ისგან და პიქსელების სიის ზომა არ აღემატება გამოსახულების საერთო პიქსელების რაოდენობას, გადავიდეთ მე-5 ნაბიჯზე, წინააღმდეგ შემთხვევაში შევწყვიტოთ ალგორითმის მუშაობა და პასუხად დავაბრუნოთ პიქსელების სია.

5. იმ პიქსელისთვის, რომელზეც ამჟამად ვდგავართ, შევამოწმოთ ოთხი ორთოგონალური მეზობელი პიქსელი, თუ მათგან რომელიმე თეთრია და L-ისგან განსხვავდება, L გავხადოთ პიქსელი, რომელზეც ახლა ვდგავართ, გადავიდეთ ახალ ნაპოვნ თეთრ პიქსელზე, ეს ახალი წერტილი ჩავამატოთ სიაში და დავბრუნდეთ მე-4 ნაბიჯზე (სურ. 2), წინააღმდეგ შემთხვევაში გადავიდეთ მე-6 ნაბიჯზე;

6. თუ ორთოგონალურ მეზობლებში ვერ მოიძებნა L-ისგან განსხვავებული თეთრი პიქსელი, დიაგონალურ მეზობლებში მოვძებნოთ L-ისგან განსხვავებული თეთრი პიქსელი, რომელიც L-ის ორთოგონალური მეზობელი არაა ($|x - x_L| + |y - y_L| \neq 1$), თუ მოიძებნა, პიქსელი, რომელზეც ახლა ვდგავართ, გავხადოთ ის L, გადავიდეთ ნაპოვნ დიაგონალურ მეზობელზე, ჩავამატოთ სიაში და დავბრუნდეთ მე-4 ნაბიჯზე, წინააღმდეგ შემთხვევაში შევწყვიტოთ ალგორითმის მუშაობა და დავაბრუნოთ პასუხად პიქსელების სია;



სურ. 1. მეორე პიქსელის ძებნა საათის ისრის მიმართულებით



სურ. 2. ორთოგონალური მეზობლის არჩევა შემდეგ პიქსელად

3. ყოველი მომდევნო პიქსელის შერჩევის მეთოდები

პირველი ორი პიქსელის დაფიქსირების შემდეგ ყოველ ჯერზე საჭიროა შევინახოთ L, ანუ ბოლოს შემოწმებული თეთრი პიქსელის კოორდინატები. ეს საჭიროა იმისთვის, რომ ნებისმიერ მომენტში შეგვეძლოს იმის გარჩევა საიდან მოვედით და საით უნდა წავიდეთ.

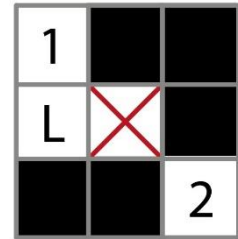
კონტურის სისქისა (ერთ პიქსელზე მეტი) და განშტოებების არარსებობის გამო ალგორითმში გათვალისწინებულია რამდენიმე მომენტი, რომელიც ამცირებს ყოველი მომდევნო პიქსელის არჩევისას განსახილველი ვარიანტების რაოდენობას:

- ნებისმიერ მომენტში ზუსტად ორი მიმართულებით შეგვიძლია მოძრაობა კონტურის გასწვრივ (თუ კონტურში არ არის განშტოებები);

- ნებისმიერი პიქსელის რვა მეზობლიდან თეთრი მინიმუმ 2 და მაქსიმუმ 4-ია (წინააღმდეგ შემთხვევაში კონტურის სისქე რომელიმე უბანზე 1-ზე მეტი იქნებოდა, ან იქნებოდა განშტოებები);

- ნებისმიერი პიქსელის თეთრი მეზობლებიდან მომიჯნავედ მაქსიმუმ ორია მისგან ორთოგონალურად განლაგებული და ასევე მაქსიმუმ ორი დიაგონალურად (წინააღმდეგ შემთხვევაში იარსებებდა განშტოებები);

- თეთრი პიქსელის არც ერთი თეთრი მეზობელი არ ესაზღვრება ორთოგონალურად დანარჩენებიდან 1-ზე მეტს (წინააღმდეგ შემთხვევაში კონტურის სისქე რაიმე ინტერვალში 1-ზე მეტი იქნებოდა ან იარსებებდა განშტოებები).

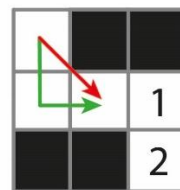


ყოველი შემდეგი თეთრი პიქსელის არჩევისთვის გამოწმენდით მის უახლოეს 8 პიქსელს. თუ მოცემულ თეთრ პიქსელს ჰყავს ორი მომიჯნავე მეზობელი, მაშინ მათგან ერთ-ერთი აუცილებლად მონიშნული იქნება როგორც L და შემდეგ პიქსელად მეორე მეზობელს ავირჩევთ. განვიხილოთ ერთ-ერთი შემთხვევა, როდესაც ბოლო არჩეულ თეთრ პიქსელს 3 ან 4 თეთრი მეზობელი ჰყავს. მე-3 სურათზე ნაჩვენებია სიტუაცია, სადაც ალგორითმს ორ პიქსელს შორის უწევს გადაწყვეტილების მიღება, შემდეგ პიქსელად რომელი აირჩიოს - მისგან ჰორიზონტალურად განთავსებული მეზობელი თუ დიაგონალურად განთავსებული. ამ შემთხვევაში ავირჩევთ ორთოგონალურ L-ისგან განსხვავებულ მეზობელ თეთრ პიქსელს, ანუ 1-ს (სურ. 3). იგივენაირად მოვიქცეოდით, L რომ ორთოგონალური მეზობელი ყოფილიყო და არა დიაგონალური.

თუ ამ პრინციპით ვიმუშავებთ, თავს ავირიდებთ თეთრი პიქსელების გამოტოვებას და განვაზოგადებთ ამ შემთხვევას იმ სცენარებზე, რომლებშიც L-ის მარჯვნივ ან ქვემოთ დამატებით მეოთხე თეთრი პიქსელიც გვექნებოდა: ამ შემთხვევაში იარსებებდა გარანტია, რომ ეს მეოთხე პიქსელი იქნებოდა რეალურად L - ჩვენ ორთოგონალურ მეზობლებს გამოწმენდით დიაგონალურებამდე. ამიტომ ზედა მარცხენა წერტილიდან ცენტრამდე ვერ მივიდოდით ამ მეოთხე პიქსელის გავლის გარეშე (მწვანე ისრის მიმართულებით ვიმოდრავდებით და არა წითლის) (სურ. 4).



სურ. 2. ორთოგონალური მეზობლის არჩევა შემდეგ პიქსელად



სურ. 4. ზედა მარცხენა კუთხიდან ცენტრამდე მიღწევის

უნდა განვიხილოთ ერთი განსაკუთრებული შემთხვევა, სადაც გვაქვს სამი მეზობელი თეთრი პიქსელი, რომელთაგან ერთი არის ორთოგონალურად განთავსებული L და დანარჩენი ორი დიაგონალურადაა განლაგებული (სურ. 5). ამ შემთხვევაში ცხადია, რომ 1 გავლილი გვექნება სანამ L-მდე მივიდოდით, ამიტომ უნდა ავირჩიოთ 2, თუმცა დამატებითი პირობის გარეშე ამას ალგორითმი ვერ მიხვდება, ის ჯერ ნახავს, რომ მოცემულ პიქსელს L-ისგან განსხვავებული ორთოგონალური თეთრი მეზობელი არ ჰყავს, ამიტომ გადავა დიაგონალური მეზობლების შემწმენდაზე. მათ შორის არც ერთი არ არის L, ამიტომ გაუგებარი იქნება, დიაგონალური მეზობლებისგან რომელს აირჩევს ალგორითმი მომდევნო პიქსელად. შესაბამისად, იმისთვის რომ მას ვაიძულოთ 2-ის არჩევა, საკმარისია შევამოწმოთ, ამ ორიდან რომელი არ არის L-ის

მეზობელი. ეს შეგვიძლია შევამოწმოთ მეზობლის კოორდინატების L -ის კოორდინატებთან სხვაობების მოდულების ჯამით: $|x - x_L| + |y - y_L| > 1$.

სურ. 5. სამი თეთრი მეზობლის განსაკუთრებული შემთხვევა

4. ალგორითმის მუშაობის შეწყვეტის კრიტერიუმები

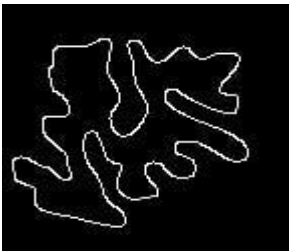
ალგორითმი წყვეტს მუშაობას, თუ შემოვლილი პიქსელების სიის ზომა გაცდება გამოსახულების პიქსელების საერთო რაოდენობას, ან თუ ალგორითმი ჩიხში შევიდა - ვერ პოულობს ვერც ორთოგონალურ და ვერც დიაგონალურ ვალიდურ მეზობელს, რომლის მიმართულებითაც შეიძლება შემოვლის გაგრძელება.

ალგორითმის შემოწმების მიზნით შემუშავდა შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც რეალიზებული იქნა სატესტო გამოსახულებებზე, რომელთაგან ერთერთი მოცემულია მე-6 სურათზე. კონტურის შემოვლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ის შეიცავს 864 პიქსელს. ასევე მოხდა ამ პიქსელების შესაბამისი კოორდინატების მიმდევრობის ჩაწერა.

სურ. 6. სატესტო კონტური

5. ალგორითმის დროითი სირთულის და გამოყენებული მეხსიერების მოცულობის შეფასება

თუ გამოსახულების განზომილება არის $n \times m$, პირველი თეთრი პიქსელის პოვნის ყველაზე ცუდ შემთხვევაში (თუ პიქსელების უმეტესობის შემოწმება მოგვიხდა მანამ, სანამ პირველი კონტურის წერტილს ვიპოვით) ან ჩაციკლვის დროს ალგორითმს სჭირდება $n \cdot m$ ოპერაციის შესრულება, შესაბამისად დროითი სირთულე იქნება $O(nm)$. საუკეთესო შემთხვევაში (თუ პირველი წერტილი ძალიან სწრაფად ვიპოვეთ და წარმატებით შევძელით კონტურის სრულად შემოვლა) კი კონტურის შემოვლას $O(l)$ დრო დასჭირდება, სადაც l კონტურის სიგრძეა.



ალგორითმს სჭირდება $O(l)$ მეხსიერება კონტურის შემოვლის შედეგად პიქსელების კოორდინატების სიის შესანახად. თუმცა, თუ არ არის საჭირო საბოლოო შედეგისთვის ყველა შემოვლილი პიქსელის შენახვა (მაგალითად, თუ კონტურის ყველა პიქსელისთვის რაიმე ოპერაციის ერთჯერადად ჩატარება გვსურს და მოგვიანებით გამოყენებისთვის არ გვჭირდება შემოვლილი პიქსელების შენახვა), შეგვიძლია ეს სიაც ამოვიღოთ ალგორითმიდან. ამ შემთხვევაში ალგორითმს დასჭირდება $O(1)$ მეხსიერება.

6. ალგორითმის შედარება სხვა ალგორითმებთან

- **ალგორითმის სიზუსტე:** შემოვლის მიმართულების წინასწარ განსაზღვრისა და პიქსელის რვავე მეზობლის შემოწმების შესაძლებლობის გამო ალგორითმს სიზუსტის მხრივ უპირატესობა აქვს ზოგიერთი შედარებით მარტივი ალგორითმის მიმართ, როგორცაა კვადრატული შემოვლის ალგორითმი, რომელიც მხოლოდ ოთხ მეზობელს ამოწმებს.

- **მუშაობის დრო:** ალგორითმის მუშაობის დრო მერყეობს $O(l)$ -დან $O(nm)$ -მდე, თუმცა, ხშირ შემთხვევაში მუშაობის დრო $O(l)$ -ისკენ უფრო იქნება გადახრილი, რაც კონტურის შემოვლის ალგორითმებისთვის მინიმალური მუშაობის დროა. შესაბამისად, ამ მაჩვენებლით ალგორითმი

უტოლდება სხვა სწრაფ ალტერნატივებს, როგორცაა მურის და კვადრატული შემოვლის ალგორითმები.

- **გამოყოფილი მესხიერება:** ალგორითმი საჭიროებს $O(l)$ მესხიერებას თუ გვსურს ყველა შემოვლილი წერტილის შენახვა და საბოლოო პასუხად გამოტანა, თუმცა სხვა შემთხვევაში საჭიროა მხოლოდ რამდენიმე ცვლადის შენახვა, როგორცაა კონტურის საწყისი და ბოლოს შემოწმებული პიქსელი, ამ შემთხვევაში ალგორითმი $O(1)$ მესხიერებას იყენებს. შესაბამისად, გამოყენებული მესხიერების მხრივ ალგორითმი მაქსიმალურად ეფექტურია და სჯობს მრავალ სხვა ალტერნატივას, რომელთაც დამატებითი მესხიერება სჭირდებათ მუშაობისთვის, მაგალითად სუბუკი-აბე და გრაფიკულ პროცესორზე დაფუძნებული პარალელური ალგორითმები.

- **კონტურის ზომის ცვლილების სიზუსტე:** ალგორითმი არ ტოვებს არც ერთ კონტურის წერტილს, იცავს პიქსელების თანმიმდევრობას და შემოვლის მიმართულებას, რაც აადვილებს კონტურის ზომის ცვლილებას, სხვა კონტურებთან შედარებას და ა.შ.

7. დასკვნა

წარმოდგენილი ალგორითმი გამოირჩევა კონტურის შემოვლის მიმართულების წინასწარ განსაზღვრისა და პიქსელების თანმიმდევრობის დაცვის შესაძლებლობებით (რაც ამარტივებს კონტურის აღდგენას, ზომის ცვლილებასა და სხვა კონტურებთან შედარებას), გამოყენებული მესხიერების ზომის სიმცირით, შედარებით მარტივი იმპლემენტაციით, ასევე მოდიფიკაციის სიმარტივით (ადვილად შეიძლება შეეცვალოს ან განვავრცოთ ერთი წერტილიდან მეორეზე გადასვლის ლოგიკა). ამის გარდა, ორთოგონალური მეზობლების შემოწმება დიაგონალურ მეზობლებამდე ხდის ალგორითმს უფრო მოქნილს, რაც მისი ცვლილების გარეშე შეამცირებს მუშაობის დროს შედარებით მარტივი კონტურებისთვის, სადაც იშვიათია დიაგონალური კავშირები.

ლიტერატურა:

1. Costa, L. da F., Cesar, R. M., jr. Shape Classification and Analysis: Theory and Practice. Taylor & Francis Group, LLC, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315222325>
2. Zhang D. and Lu. G. Review of Shape Representation and Description techniques. Pattern recognition, Vol. 37, pp. 1-19, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2003.07.008>.
3. Suzuki, S. and Abe, K. Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following. Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 30, Issue 1, pp 32-46, 1985.
4. Victor M. Garcia-Molla, Pedro Alonso-Jorda, Ricardo Garcia-Laguia. Parallel border tracking in binary images using GPUs. The Journal of Supercomputing, Vol. 78, pp. 9817-9839, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-021-04260-y>.
5. Gupta S. Algorithms to Speed Up Contour Tracing in Real Time Image Processing Systems, IEEE Access, Vol. 10, pp. 127365-127376, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3226943.

Algorithm for Tracing a Closed Contour on a Digital Image

Nikoloz Nargizashvili, Otar Tavdishvili

Georgian Technical University .

nargizashvili.nikoloz24@gtu.ge; tavidshviliotar08@gtu.ge

Resume

A retrieval of the extracted on the digital image object in an image database and classification based on shape is nowadays one of the actual investigation subjects in the field of digital image analysis. The areas of its application are meteorology, medicine, space exploration, manufacturing, agriculture, biology, entertainment, education, law enforcement, defense and security, etc. For its part, efficient retrieval of the

similar shapes in an image database requires a description of the shapes with high accuracy. At the same time a description of shape must be invariant to translation, rotation and scaling. In the presented article the contour-based shape description task is considered. In case of such kind of description of shape only information taken from the closed contour surrounding the object's silhouette is applied. In this case contour is represented by a sequence of the finite number of pixels. Accordingly, the shape can be described by means of the sequence of coordinates of the pixels that make up the contour. Contour tracing algorithms are used to determine the sequence of pixels and their coordinates. In the article an original contour tracing algorithm for shape description by a sequence of surrounding closed contour pixels, which was tested on closed contours of different shapes is proposed.

Key Words: Digital Image, Description of Shape, Closed contour, Contour Tracing Algorithm.

საწარმოს კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის დაგეგმვის და შემუშავების მეთოდები

გელა ჩოგაძე, მიხეილ დონაძე

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
gela.chogadze@bsu.edu.ge, mikheil.donadze@bsu.edu.ge

რეზიუმე

განხილულია ბიზნეს საწარმოს კორპორაციული ქსელის დაგეგმვის და შემუშავების მეთოდები, აღწერილია მათი პრაქტიკაში რეალიზაციის შესაძლებლობები. შემუშავებულია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების დაგეგმვის კონცეფცია. დასაბუთებულია საპილოტე ქსელების მნიშვნელობა კორპორაციული ქსელების დაპროექტების დროს. გაანალიზებულია კომპიუტერული მოდელირების გამოყენება ქსელის მუშაობის ოპტიმიზაციის მიზნით. განხილულია ლოკალური ქსელების ანალიზისა და ოპტიმიზაციის ინსტრუმენტები, საწარმოს ინფორმაციული რესურსების ინფრასტრუქტურის, დიზაინის და რეინჟინერინგის შესაძლებლობები. ნაშრომის ბოლოს მოყვანილია CISCO Packet Tracer-ში შესრულებული საპილოტე ქსელების სქემატური ნახაზები და დიაგრამები.

საკვანძო სიტყვები: კორპორაციული ქსელები, კომპიუტერული სისტემები, მოდელირება, ოპტიმიზაცია.

1. შესავალი

არსებობს სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემები, რომლებიც ორიენტირებულია კომპიუტერული ქსელების მოდელირებაზე, რომლებშიც მოდელის შექმნის პროცესი გამარტივებულია. ასეთი პროგრამული სისტემები თავად ქმნიან ქსელის მოდელს, რომელიც დაფუძნებულია ქსელის საწყის მონაცემებზე, გამოყენებული ტოპოლოგიის და პროტოკოლების ტიპზე, ქსელში კომპიუტერებს შორის მოძრავი ტრაფიკის ნაკადის ინტენსივობაზე, საკომუნიკაციო ხაზების სიგრძეზე, გამოყენებული აპარატული რესურსის და აპლიკაციების ტიპებზე. სიმულაციური პროგრამული სისტემები შეიძლება იყოს უაღრესად სპეციალიზებული და საკმარისად მრავალმხრივი სხვადასხვა ტიპის ქსელების მოდელირებისათვის. სიმულაციის შედეგების ხარისხი დიდწილად დამოკიდებულია სიმულაციური სისტემაში გაწერილი ქსელის საწყისი მონაცემების სიზუსტეზე.

ქსელის მოდელირების პროგრამული სისტემები არის ინსტრუმენტი, რომელიც შეიძლება სასარგებლო იყოს ნებისმიერი კორპორატიული ქსელის ადმინისტრატორისთვის, განსაკუთრებით ქსელის ახალი დიზაინის ან არსებული ქსელში ფუნდამენტური ცვლილებების შეტანისას. ამ კატეგორიის პროგრამული პროდუქტები საშუალებას გვაძლევს შევამოწმოთ გარკვეული გადაწყვეტილებების განხორციელების შედეგები აპარატული საშუალებების შეძენამდე.

ქსელის სიმულაციური პროგრამები თავიანთ მუშაობაში იყენებენ ინფორმაციას ქსელის სივრცითი მდებარეობის, კვანძების რაოდენობის, კავშირების კონფიგურაციის, მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის, გამოყენებული პროტოკოლებისა და აღჭურვილობის ტიპის შესახებ, აგრეთვე ქსელში გაშვებული აპლიკაციების შესახებ. როგორც წესი, სიმულაციური მოდელი არ არის აგებული ნულიდან. არსებობს კომპიუტერული ქსელების ძირითადი ელემენტების მზა სიმულაციური მოდელები: მარშრუტიზატორების ყველაზე გავრცელებული ტიპები, საკომუნიკაციო არხები, წვდომის მეთოდები, პროტოკოლები და ა.შ. ცალკეული ქსელის ელემენტების ეს მოდელები იქმნება სხვადასხვა მონაცემის საფუძველზე: რეალური მოწყობილობების სატესტო ტესტების შედეგები, მათი მუშაობის პრინციპების ანალიზი, ანალიტიკური კოეფიციენტები. შედეგად, იქმნება ტიპური ქსელის ელემენტების ბიბლიოთეკა, რომლის კონფიგურაცია შესაძლებელია მოდელებში წინასწარ მოწოდებული პარამეტრების გამოყენებით. სიმულაციური სისტემები, როგორც წესი, მოიცავს ინსტრუმენტების ერთობლიობას შესასწავლი ქსელის საწყისი მონაცემების მოსამზადებლად. ხდება მონაცემების წინასწარი დამუშავება ქსელის ტოპოლოგიაზე, სტრუქტურისა და გასაზომ ტრაფიკზე. გარდა ამისა, სისტემა აღჭურვილია სიმულაციის მიღებული შედეგების სტატისტიკური დამუშავების ხელსაწყოებით.

ჩვენ ვახარისხებთ სისტემებს ორი ერთმანეთთან დაკავშირებული კრიტერიუმის მიხედვით: ფასი და ფუნქციონალი. ბაზარზე შემოთავაზებული სისტემების ანალიზი აჩვენებს, რომ გამოთვლითი სისტემების დინამიური მოდელირება ძალიან ძვირი ბიზნესია. ბაზარზე გავრცელებულია მიდგომა, თუ გსურთ მიიღოთ რეალური სურათი კომპიუტერულ სისტემებში - გადაიხადეთ ფული. ყველა დინამიური სიმულაციური სისტემა შეიძლება დაიყოს ორ ფასის კატეგორიად:

- იაფი (ასობით და ათასობით დოლარი).
- მაღალი კლასის (ათიათასობით დოლარი).
- გამოთვლითი კომპიუტერული სისტემების შესწავლისას მიზნით გამოყენებული მოდელირების სისტემების ფუნქციონალიდან გამომდინარე, ისინი შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად კლასად:
- სისტემის ცალკეული ელემენტების (კომპონენტების) მოდელირების სისტემები.
- მთელი გამოთვლითი ქსელის სიმულაციის სისტემები.

წარმოდგენილ ნაშრომში კომპიუტერული ქსელის სატრანსპორტო სისტემის ოპტიმიზაციის საკითხების პრაქტიკული რეალიზაციისათვის გამოყენებულია კორპორაცია CISCO-ს პროგრამული პროდუქტი Packet Tracer-ი.

CISCO Packet Tracer არის ინსტრუმენტი ლოკალური და კორპორაციული ქსელების, კომპიუტერული სისტემების, აპლიკაციებისა და განაწილებული სისტემების დიზაინის მოდელირებისათვის და შედეგების ემულირებისათვის. მისი საშუალებით შესაძლებელია იერარქიული ქსელების, მულტიპროტოკოლური ლოკალური და გლობალური ქსელების მოდელირება, მარშრუტიზაციის ალგორითმების აღრიცხვა და შედეგების ანალიზი.

რა არის ქსელის დაგეგმვა. კორპორატიული ქსელი არის კომპლექსური სისტემა, რომელიც მოიცავს ათასობით სხვადასხვა კომპონენტს: სხვადასხვა ტიპის კომპიუტერებს, დესკტოპიდან მენისფრემებამდე, სისტემური და აპლიკაციის პროგრამული უზრუნველყოფა, ქსელის გადამცვანები, ჰაბები, კონცენტრატორები და მარშრუტიზატორები, კაბელი. სისტემური ინტეგრატორებისა და ადმინისტრატორების მთავარი ამოცანაა უზრუნველყონ, რომ ეს შრომატევადი და ძალიან ძვირი სისტემა მაქსიმალურად გაუმკლავდეს საწარმოს თანამშრომლებს შორის ცირკულირებული ინფორმაციის ნაკადების დამუშავებას და საშუალებას აძლევს მათ მიიღონ დროული და რაციონალური გადაწყვეტილებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საწარმოს გადარჩენას. საწარმო რთულ კონკურენციაში. ამავდროულად, ამოცანები, რომლებსაც წყვეტენ სისტემის ადმინისტრატორები, შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად. პირველი ჯგუფი - ყოველდღიური

ადმინისტრირების ამოცანები, მეორე ჯგუფი - ყოველთვიური და წლიური ადმინისტრირება. პრობლემების მესამე ჯგუფი მოგვიანებით განიხილება.

ვინაიდან ცხოვრება არ დგას, კორპორაციული ინფორმაციის შინაარსი, მისი ნაკადების ინტენსივობა და მისი დამუშავების გზები მუდმივად იცვლება. კორპორაციული ინფორმაციის ავტომატური დამუშავების ტექნოლოგიის მკვეთრი ცვლილების უახლესი მაგალითი სრული ხედვით - ეს დაკავშირებულია ინტერნეტის პოპულარობის უპრეცედენტო ზრდასთან ბოლო 2-3 წლის განმავლობაში.

ინტერნეტის პოპულარობა სულ უფრო მეტ გავლენას ახდენს კორპორატიულ ქსელებზე. მას შემდეგ, რაც ინტერნეტი თანდათან იქცა ადამიანებს შორის ინტერაქტიული ურთიერთ-ქმედების გლობალურ ქსელად, იგი სულ უფრო ხშირად გამოიყენება არა მხოლოდ ინფორმაციის გავრცელებისთვის, ან რეკლამისთვის, არამედ თავად ბიზნეს ტრანზაქციების განსახორციელებლად - საქონლისა და მომსახურების შესაძენად, ფინანსური აქტივების მოძრაობის სივრცედ. ეს ძირეულად ცვლის ბიზნესის კეთების სტრუქტურას, რადგან არის მილიონობით პოტენციური მყიდველი, რომლებსაც სჭირდებათ სარეკლამო ინფორმაციის მიწოდება, ათასობით დაინტერესებული მომხმარებელი, რომლებსაც სჭირდებათ დამატებითი ინფორმაციის მიღება და აქტიურ დიალოგში შესვლა და ბოლოს, ასობით მყიდველი, რომლებთანაც გჭირდებათ ელექტრონული ტრანზაქციების განხორციელება, ინფორმაციის გაცვლას ბიზნეს პარტნიორებთან ან პარტნიორ საწარმოებთან. ცვლილებები ბიზნეს მოდელში ცვლის მოთხოვნებს კორპორაციული ქსელების მიმართ.

მაგალითად, ინტრანეტ ტექნოლოგიის გამოყენებამ დაარღვია საწარმოს, როგორც მთლიანი და ასევე მისი განყოფილებების შიდა და გარე ტრაფიკის ჩვეულებრივი პროპორციები - ძველი წესი, რომელიც ამბობს, რომ ტრაფიკის 80% არის შიდა და მხოლოდ 20% გადის გარეთ, არ ასახავს რეალური მდგომარეობა ახლა. გარე ორგანიზაციებისა და საწარმოს სხვა განყოფილებების ვებგვერდებზე ინტენსიურმა წვდომამ მკვეთრად გაზარდა გარე ტრაფიკის წილი და შესაბამისად, გაზარდა დატვირთვა სასაზღვრო მარშრუტიზატორებზე და კორპორატიული ქსელის ფაირვოლებზე (firewalls).

ბიზნეს პროცესებზე ინტერნეტის გავლენის კიდევ ერთი მაგალითია აუთენტიფიკაციისა და ავტორიზაციის აუცილებლობა კლიენტების დიდი რაოდენობისათვის, რომლებიც ეძებენ ინფორმაციას გარე საწარმოს სერვერებიდან. ძველი მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება ქსელის მონაცემთა ბაზაში თითოეული მომხმარებლის ანგარიშის შექმნას და მისთვის ინდივიდუალური პაროლის გაცემას, აქ აღარ არის შესაფერისი - ვერც ადმინისტრატორები და ვერც ქსელის აუთენტიფიკაციის სერვერები ვერ უმკლავდებიან სამუშაოს ასეთ მოცულობას. ამიტომ, ჩნდება მომხმარებელთა კანონიერების შემოწმების ახალი მეთოდები, რომლებიც ნასესხებია მომხმარებელთა დიდი ნაკადების მქონე ორგანიზაციების პრაქტიკიდან: მაღაზიები, გამოფენები და ა.შ.

ინტერნეტის გავლენა კორპორატიულ ქსელზე მხოლოდ ერთი, თუმცა ნათელი მაგალითია იმ მუდმივი ცვლილებებისა, რომელსაც ინფორმაციის ავტომატური დამუშავების ტექნოლოგია განიცდის თანამედროვე საწარმოში, რომელსაც სურს კონკურენტუნარიანი იყოს ბაზარზე. გამუდმებით ჩნდება ტექნიკური, ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული სიახლეები, რომლებიც უნდა იქნას გამოყენებული კორპორაციულ ქსელში მისი დროის მოთხოვნილებების შესაბამის მდგომარეობაში შესაანარჩუნებლად. ცვლილებების გარეშე კორპორატიული ქსელი სწრაფად მორალურად მოძველდება და ვერ შეძლებს იმუშაოს ისე, რომ საწარმომ წარმატებით გაუძლოს მკაცრ კონკურენციას გლობალურ ბაზარზე. როგორც წესი, საინფორმაციო ტექნოლოგიების სფეროში პროდუქტებისა და გადაწყვეტილებების მოძველების პერიოდი 3-5 წელია.

ქსელის სტრატეგიული დაგეგმვა ეს არის ადმინისტრაციის მესამე ამოცანა, საჭიროა კომპრომისის პოვნა საწარმოს საჭიროებებს შორის ინფორმაციის ავტომატიზებულ დამუშავებაში, მის ფინანსურ შესაძლებლობებსა და ქსელური და საინფორმაციო ტექნოლოგიების შესაძლებლობებს შორის. უფრო მეტიც, ეს ეხება როგორც არსებულ ქსელებს, რომლებიც ექვემდებარება მოდერნიზაციას, ასევე დასაპროექტებელ ქსელებს.

სტრატეგიული ქსელის დაგეგმვისას გადაწყვეტილებები უნდა იქნას მიღებული ოთხ საკითხზე:

1) რა ახალი იდეები, გადაწყვეტილებები და პროდუქტებია სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი? რა გადაწყვეტილებებია პერსპექტიული და სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი სფეროებში? რომელი მათგანი შეიძლება იყოს სასარგებლო თქვენს კორპორატიულ ქსელში?

2) როგორ უნდა მოხდეს ახალი გადაწყვეტილებებისა და პროდუქტების ინტეგრირება არსებულ ქსელში? რა ეტაპებად უნდა დაიყოს ახალ გადაწყვეტილებებსა და ახალ პროდუქტებზე გადასვლის პროცესი, როგორ უზრუნველყოფთ ყველაზე უმტკივნეულო ურთიერთქმედება ქსელის ახალ და ძველ კომპონენტებს შორის?

3) როგორ ავირჩიოთ რაციონალურად გარე თანამშრომლები ქსელში ახალი გადაწყვეტილებებისა და პროდუქტების დასანერგად? როგორ ავირჩიოთ ინტეგრატორები, მწარმოებლები და მომწოდებლები პროგრამული უზრუნველყოფისა და აპარატურის პროდუქტების, ტერიტორიული ქსელების სერვისის პროვაიდერების?

4) როგორ მოვაწყოთ კორპორაციის თანამშრომლების ახალ ტექნოლოგიებსა და პროდუქტებში მომზადების პროცესი? დირს თუ არა გარედან უკვე მომზადებული სპეციალისტების დაქირავება?

2. ძირითადი ნაწილი

➤ **საპილოტე ქსელების მნიშვნელობა კორპორაციული ქსელების დაპროექტების დროს.** საწარმოს საინფორმაციო კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიის შესახებ ინფორმაციის დასადგენად, არ არის აუცილებელი რეალური სისტემის აწყობა. გაზომვები შეიძლება შესრულდეს საპილოტე ქსელებზე, რომლებიც შესამუშავებელი ქსელის ვირტუალურ მოდელს წარმოადგენს. ეს გაზომვები შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვა საშუალებებით, პროტოკოლის ანალიზატორების ჩათვლით.

სიმულაციური მოდელირებისათვის საწყისი მონაცემების მოპოვების გარდა, საპილოტე ქსელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას დამოუკიდებელი, მნიშვნელოვანი პრობლემების გადასაჭრელად. მას შეუძლია პასუხის გაცემა კითხვებზე კონკრეტული ტექნიკური გადაწყვეტის ან აპარატული აღჭურვილობის თავსებადობასთან დაკავშირებით. სავლელ ექსპერიმენტებმა შეიძლება მოითხოვოს მნიშვნელოვანი მატერიალური ხარჯები, რაც საპილოტე ქსელებით სარგებლობის დროს გამოირიცხება. საპილოტე ქსელი უნდა იყოს მაქსიმალურად მსგავსი იმ ქსელის, რომელიც იქმნება, რათა შევარჩიოთ ის პარამეტრები, რომელთა გამოყენებაც მოგვიწევს რეალური სისტემით ექსპლუატაციის დროს. ამისათვის, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია ხაზი გავუსვა შექმნილი ქსელის იმ მახასიათებლებს, რომლებსაც შეუძლიათ უდიდესი გავლენა იქონიონ ქსელის ფუნქციონირებაზე.

თუ არსებობს ეჭვი სხვადასხვა მწარმოებლის პროდუქტების თავსებადობასთან დაკავშირებით, მაგალითად, გადამრთველები, რომლებიც მხარს უჭერენ ვირტუალურ ქსელებს ან სხვა ფუნქციებს, რომლებიც ჯერ კიდევ არ არის სტანდარტიზებული, მაშინ ეს მოწყობილობები საპილოტე ქსელში უნდა შემოწმდეს თავსებადობაზე და იმ რეჟიმებში, რომლებიც ყველაზე მეტ ეჭვს იწვევს. რაც შეეხება საპილოტე ქსელის გამოყენებას რეალური ქსელის გამტარუნარიანობის პროგნოზირებისთვის, აქ ამ ტიპის მოდელირების შესაძლებლობები ძალიან შეზღუდულია. თავისთავად, საპილოტე ქსელი ნაკლებად სავარაუდოა, რომ სრული შეფასება მისცეს ქსელის მუშაობას, რომელიც მოიცავს უფრო მეტ ქვექსელის კვანძს და მომხმარებელს, რადგან

გაუგებარია, როგორ მოხდება მცირე ქსელში მიღებული შედეგების ექსტრაპოლაცია ზომებით უფრო დიდ ქსელში.

ამიტომ მიზანშეწონილია ამ შემთხვევაში საპილოტე ქსელის გამოყენება სიმულაციური მოდელთან ერთად, რომელსაც შეუძლია გამოიყენოს საპილოტე ქსელში მიღებული ტრაფიკის ნიმუშები, შეფერხებები და მოწყობილობების გამტარუნარიანობა რეალური ქსელის ნაწილების მოდელების დასახასიათებლად. შემდეგ ეს მოდელები შეიძლება გაერთიანდეს შექმნილ ქსელის სრულ მოდელში, რომლის ფუნქციონირებაც იქნება სიმულირებული.

➤ **საწარმოს ინფორმაციული რესურსების ინფრასტრუქტურის ექსპერტიზა, დიზაინი, რეინჟინერინგა და სატრანსპორტო ქვესისტემის მოდელის შექმნა.** ამჟამად, ლოკალური და გლობალური ქსელების დიზაინში გადაწყვეტილებების მიღების პრაქტიკულად ერთადერთი კრიტერიუმი არის სისტემური ინჟინრების გარკვეული, თუმცა ხშირად საკმაოდ ვიწრო და ხშირად „თეორიული“ გამოცდილება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ყველა კომპანიას არ შეუძლია შეძლოს თუნდაც ერთი მწარმოებლის, მაგალითად, Cisco-ს ან Extreme Networks -ის აპარატული ნაწილის გამართვა, რომ აღარაფერი ვთქვათ მსოფლიოში ათობით მწარმოებელზე. გადაწყვეტილებები მიიღება, როგორც წესი, მწარმოებლების კატალოგების მიხედვით, ან იდეალურ შემთხვევაში, რაც საკმაოდ იშვიათია, აღჭურვილობის საოპერაციო დოკუმენტაციის მიხედვით.

გადაწყვეტილებების ხარისხსა და ღირებულებაზე ობიექტური კონტროლის ნაკლებობა იწვევს მომხმარებლისთვის ხარჯების მნიშვნელოვან გადამეტებას.

დიზაინის ავტომატიზაციის ხელსაწყოების ან მათი კომპონენტების გამოყენება არის ინფორმირებული გადაწყვეტილებების მიღების ერთადერთი გზა.

საწარმოს ინფორმაციული რესურსების (IR) დიზაინის პროცესი აუცილებლად უნდა მოიცავდეს გადაწყვეტილების მოდელების შექმნისა და ტესტირების ეტაპებს (ლიტერატურაში ხშირად გამოიყენება IR ტერმინი „დაგეგმვა“) სხვადასხვა დონის მოდელირების სისტემების (რომლებსაც CAD კომპონენტებს უწოდებენ) გამოყენებით.

თუ განვსაზღვრავთ საწარმოს საინფორმაციო რესურსების (IR) კონცეფციას. IR არის საწარმოს პროგრამული და ტექნიკური კომპლექსი, რომელშიც შედის:

- კომპიუტერული ტექნიკა და პერიფერია;
- ქსელის აპარატურა;
- ქსელური პროგრამული უზრუნველყოფა;
- კლიენტის პროგრამული უზრუნველყოფა;
- ხელსაწყოების პროგრამული უზრუნველყოფა (SUBZ);
- აპლიკაციის პროგრამული უზრუნველყოფა;
- სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა (მონიტორინგი და ქსელის მართვის სისტემები);

IR რეინჟინერინგის პროცესში შეიძლება გამოყენებულ იქნას მონიტორინგისა და ქსელის მართვის სისტემები, როგორცაა IBM NetView, HP OpenView, Cabletron Spectrum Extreme Networks და სხვა. ამავდროულად, მოდელის აგებისას გამოიყენება ამ სისტემებიდან მიღებული ტოპოლოგია და ტრაფიკის მონაცემები. საჭიროების შემთხვევაში, ეს მონაცემები შეიძლება ხელით შესწორდეს.

ამრიგად, სიმულაციის გამოყენებით, ჩვენ შეგვიძლია:

- ქსელის და მისი კომპონენტების გამტარუნარიანობის შეფასება;
- IR სტრუქტურაში არსებული ჩახშობის იდენტიფიცირება;
- შეადარეთ IR ორგანიზების სხვადასხვა ვარიანტები;
- განახორციელოს R&D განვითარების გრძელვადიანი პროგნოზი;
- მომავალი ქსელის გამტარუნარიანობის მოთხოვნების პროგნოზირება პროგნოზის მონაცემების გამოყენებით;

- შევფასოთ გავლენა პროგრამული უზრუნველყოფის IR-ზე, სამუშაო სადგურების ან სერვერების სიმძლავრეზე, ქსელის პროტოკოლებზე.

მოდელირების გამოყენებით IR რეინჟინერიაში, ჩვენ გვაქვს შესაძლებლობა:

- ქსელის მონიტორინგისა და მართვის სისტემის გამოყენებით ქსელის ტოპოლოგიის განსაზღვრა და მოდელისთვის ამ მონაცემების გამოყენება;
- აპლიკაციების, მომხმარებლების, ერთი და იმავე საწარმოს ან საწარმოების განყოფილებების მიერ სხვადასხვა გეოგრაფიულ არეალში წარმოქმნილი ტრაფიკის გამოთვლა;
- ქსელის გამტარუნარიანობის მოთხოვნების შეფასება;
- განახორციელოს გრძელვადიანი პროგნოზი გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მიღებული მოდელების ნაკრების ანალიზით;
- ქსელში სერვერების საჭირო რაოდენობისა და მუშაობის შეფასება;
- შევფასოთ პროგრამული უზრუნველყოფის, სამუშაო სადგურების ან სერვერების, ქსელის პროტოკოლების განახლებაზე ზემოქმედება და განვითარება;

ამრიგად, IR დიზაინის ან მათი რეინჟინერის განხორციელება CAD სისტემების გამოყენებით, ჩვენ გვაძლევს შემდეგ უპირატესობებს:

- მრავალი ვარიანტის განხილვა „მაგიდაზე“ და საუკეთესო გადაწყვეტის არჩევა აღჭურვილობის შესყიდვის გარეშე;
- ქსელის მოდერნიზაციის წინაპირობების განსაზღვრა, შესრულების პროგნოზი;
- ფულის და მატერიალური რესურსების დაზოგვა.

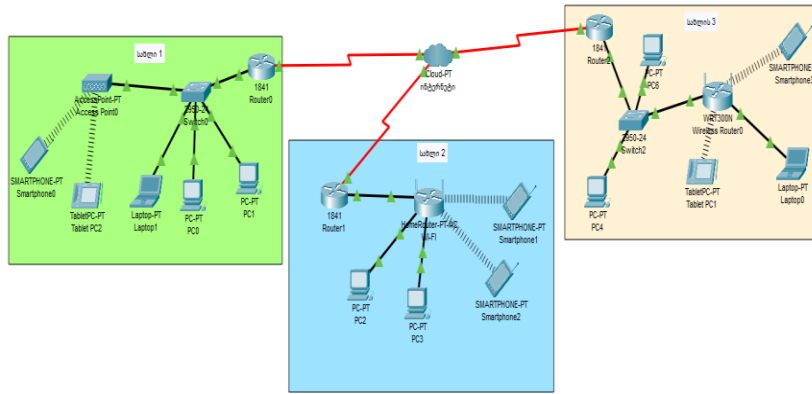
სატრანსპორტო ქვესისტემის მოდელის შექმნა მოიცავს ორ ეტაპს:

ფიზიკური ტოპოლოგიის აღწერა და ქსელში გადაცემული ტრაფიკის აღწერა. IR ტოპოლოგია გულისხმობს, როგორც ქსელის კომპიუტერების, პერიფერიული აღჭურვილობის ერთობლიობას მათი მახასიათებლებით, დაინსტალირებული პროგრამული უზრუნველყოფითა ასევე, მონაცემთა გადაცემის ტექნოლოგიებს (კავშირის არხებს). ტოპოლოგიის აგებისას გამოიყენება ინფორმაციის ყველა შესაძლო წყარო:

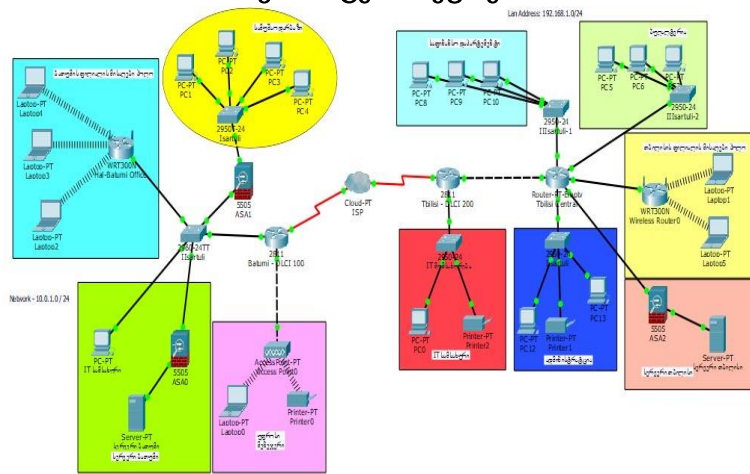
- ტექნიკური დავალება/პროექტი;
- ოპერატიული დოკუმენტაცია;
- კომპანიის გამოკითხვა;
- ქსელის მართვის სისტემები;
- ქსელის ანალიზატორები.

კავშირების ტოპოლოგიისა და საკომუნიკაციო მოწყობილობების მუშაობის გავლენა ქსელის გამტარუნარიანობაზე. ქსელის კვანძებს შორის კავშირების ტოპოლოგიის ცვლილება იძლევა უამრავ შესაძლებლობებს გაზარდოს, როგორც მთლიანი ქსელის, ისე მისი ცალკეული სეგმენტის გამტარუნარიანობა, საკომუნიკაციო არხების ფიქსირებული გამტარუნარიანობის შემთხვევაშიც კი. მაგალითად, ორი ალტერნატიული გადაცემის არხის არსებობა ნებისმიერ კვანძს შორის აორმაგებს ქსელის გამტარუნარიანობას, როდესაც ეს კვანძები ურთიერთქმედებენ. ადგილობრივი ქსელები, რომლებიც იყენებენ მხოლოდ კომუტატორებს, უნდა აიგოს ნაცნობ, განსაზღვრულ ტოპოლოგიაზე - საერთო სალტეზე, რგოლზე ან ვარსკვლავზე, რომელიც განისაზღვრება ქსელში გამოყენებული ძირითადი ტექნოლოგიებით.

ნაშრომში განხილული საკითხების და შესაბამისი პრობლემატიკის მოგვარების შემუშავებულ მეთოდებზე დაყრდნობით Cisco Packet Tracer-ში, ავაგეთ საპილოტე საოფისე ქსელის რამდენიმე ნახაზი. მოდელების აგების დროს გათვალისწინებულია ფიზიკური და ლოგიკური კავშირები კორპორაციის ფილიალებს შორის სერვერზე ინფორმაციის გადაგზავნის დროს.

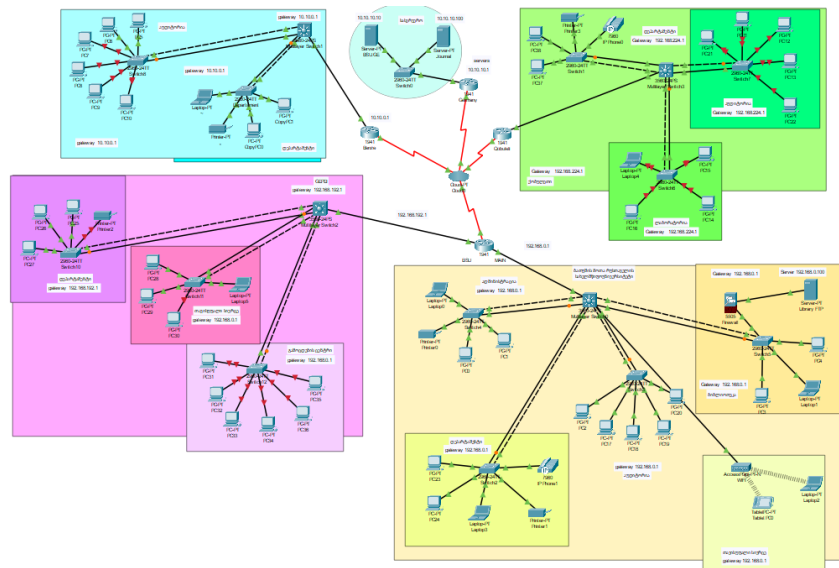


ნახ. 1. მცირე სახლის კომპიუტერის ქსელისთვის ინტერნეტთან დაკავშირების ვარიანტების შეფასება



ნახ.2 კორპორაციის განაწილებული ინფორმაციო ქსელის სტრუქტურა დამორებული საერთო სერვერით, Firewall-ებით და ISP კავშირების გამოყენებით

თუმცა, ხიდეების, კომპუტატორების ან მარშრუტიზატორების გამოყენებისას შესაძლებელი ხდება უფრო რთული ტოპოლოგიების შედგენა, რომლებიც განსხვავდება სტანდარტულიდან. ქსელის შესაბამისი ტოპოლოგიის არჩევამ შეიძლება გადაჭრას მრავალი შეფერხება (გამტარუნარიანობის თვალსაზრისით) ქსელში. ეს გამოწვეულია არა მხოლოდ დამატებითი საკომუნიკაციო არხების არსებობით, არამედ იმითაც, რომ ამ შემთხვევაში ქსელი აყალიბებს არა ერთ საერთო მედიას, რომელიც გაზიარებულია ყველა ქსელის კვანძს შორის, არამედ რამდენიმე ასეთ მედიას, რომელთა გამტარუნარიანობა მხოლოდ კვანძებს შორის, მოცემული ქსელის სეგმენტისათვისაა განსაზღვრული. რა თქმა უნდა, ისეთი საკომუნიკაციო მოწყობილობების მუშაობა, როგორცაა ხიდეები, კომპუტატორები და მარშრუტიზატორები, დიდ გავლენას ახდენს ქსელის გამტარუნარიანობაზე. ეს გადაწყვეტილება საკმარისი უნდა იყოს სეგმენტთაშორისი ან ქსელთაშორისი ტრაფიკის გადასატანად ქსელის ნაწილებს შორის, რომლებიც წარმოიქმნება ქსელში ამ ტიპის მოწყობილობების დაყენების შედეგად. ფრეიმების ან პაკეტის დაკარგვამ ხიდეზე, კომპუტატორებზე ან მარშრუტიზატორებზე შეიძლება გამოიწვიოს ქსელის გამტარუნარიანობის მნიშვნელოვანი შემცირება, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც პაკეტის აღდგენა ხორციელდება პროტოკოლებით, მხოლოდ ლოდინის პერიოდის ვადის ამოწურვის შემდეგ.



ნახ. 3. კორპორაციის კომპიუტერული ქსელის სქემა ორმაგი კავშირის არხებისა და სარეზერვო ლინკების გამოყენებით

3. დასკვნა

სტატიაში განხილული, გაანალიზებული და შემუშავებულია კორპორაციული საწარმოს საოფისე კომპიუტერული ქსელის ეფექტურად მართვისა და მომსახურების ძირითადი ასპექტები. ჩამოყალიბებულია ქსელის წარმადობის კრიტერიუმები. ნაშრომში შემუშავებული მეთოდების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები. მიზანშეწონილია მოხდეს კორპორაციის კომპიუტერული ქსელის სეგმენტებად დაყოფა და სეგმენტებსა და ქსელის კვანძებს შორის სასურველია გამოყენებული იქნეს როგორც ინდივიდუალური, ასევე საერთო, განაწილებული (shared) კავშირის არხები. რაც შესაბამისად ამალგებს ქსელის წარმადობას. სატრანსპორტო ქვესისტემის ოპტიმიზაცია, ანუ ხიდების და კომპუტატორების გადანაწილება, შესაძლებლობას მოგვცემს მოვახდინოთ ერთი ქვექსელის ტრაფიკის მეორისგან იზოლაცია, რის საშუალებითაც რითაც მნიშვნელოვნად მცირდება ქსელში კოლიზიები და იზრდება ქსელის საერთო წარმადობაც.

ლიტერატურა:

1. ოთხოზორია ვ., ცირამუა ზ., სვანიშვილი შ. მარშრუტიზაცია და კომუტაცია ქსელებში, სტუ, თბილისი. 2015
2. ცირამუა ზ., ოთხოზორია ვ., სვანიშვილი შ. ქსელური კავშირები და WAN ტექნოლოგიები, სტუ, თბილისი. 2015
3. Gburzyński P. Modeling Communication Networks and Protocols, Springer Cham, 2019.
4. Wehrle K., Güneş M., Gross J. Modeling and Tools for Network Simulation, Springer Berlin, Heidelberg, 2010
5. Kurose J., Ross K. Computer Networking Approach. 7th_Edition, Pearson Education, Inc, 2017
6. McCabe J. Network Analysis, Architecture and Design. 3rd Edition, Elsevier Inc, 2007
7. Serpanos D., Wolf T. Architecture of Network Systems. Morgan Kaufmann Publishers. 2011
8. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Средства Анализа И Оптимизации Локальных Сетей. Центр Информационных Технологий, 1998.

Methods for planning and developing an enterprise's corporate computer network

Gela Chogadze, Mikheil Donadze

Batumi Shota Rustaveli State University

gela.chogadze@bsu.edu.ge; mikheil.donadze@bsu.edu.ge

Abstract

The article discusses, analyzes and develops the main aspects of effective management and service of the office computer network of a corporate enterprise. Network performance criteria are established. Based on the methods developed in the work, the following conclusions can be made. It is advisable to divide the computer network of the corporation into segments, and between segments and network nodes, both individual and shared communication channels should be used, which accordingly increases the performance of the network. Optimization of the transport subsystem, that is, redistribution of bridges and switches, will allow us to isolate the traffic of one subnet from another, thereby significantly reducing collisions in the network and increasing the overall performance of the network.

Key words: corporate networks, computer systems, network modeling, optimization.

ქსელურ ტრაფიკში ხელწერების ძიების არსებული ალგორითმების მიმოხილვა და ანალიზი

იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი, მიხეილ დარჩაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.kartvelishvili@gtu.ge, m.okhanashvili@gtu.ge, misha8003123@gmail.com

რეზიუმე

განხილული და გაანალიზებულია ქსელურ ტრაფიკში ხელწერების ძიების არსებული ალგორითმები, მათი უპირატესობები და ნაკლოვანებები. ხელწერის აღმოჩენის მეთოდი ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ მეთოდად განიხილება პროგრამული უზრუნველყოფის დანერგვისა და შეტევის აღმოჩენის ხარისხის თვალსაზრისით. თუმცა იგი ადაპტაციური არ არის. ამ ნაკლოვანების აღმოსაფხვრელად შემოთავაზებულია ხელწერის ძიების მეთოდის დანერგვა, სადაც გათვალისწინებულია სასურველი შაბლონის არაზუსტი შესატყვისობა. საჭიროა არსებული სწრაფი ძიების ალგორითმების კვლევა და ანალიზი. ხელწერის მეთოდის განხორციელების უმარტივეს, მაგრამ ამავე დროს ყველაზე გავრცელებული გზაა უსაფრთხოების სისტემის მიერ შექრის ხელწერების მონაცემთა ბაზის შენარჩუნება. ოპერაციის დროს მომხმარებლის ან პროგრამის მიერ შესრულებული მოქმედებების თანმიმდევრობა ცნობილ ხელწერებთან შედარებული. ხელწერის შესაბამისი მოვლენების თანმიმდევრობა შეიძლება იყოს უსაფრთხოების დარღვევის მცდელობის ნიშანი. მაგნი გავლენის ხელწერების ძიება ქსელურ ტრაფიკში არის სტრიქონში ქვესტრიქონის ძიების გამოყენებით ამოცანებს შორის ერთ-ერთი განსაკუთრებული ამოცანა. არხების სიჩქარე თანამედროვე ქსელებში, იმის გამო, რომ მაღალია, შეტევების აღმომჩენმა სისტემებმა - IDS-მ (Intrusion Detection System) უნდა გადაჭრას რეალურ დროში ქსელის ტრაფიკის ანალიზის პრობლემა, ამისათვის საჭიროა შემუშავდეს ალგორითმი, რათა ეფექტურად გადაიჭრას არსებული პრობლემა. სწრაფი ძიების ალგორითმები მსგავსი ამოცანებისთვის გამოიყენება. მათი თეორიული გაშვების დრო უკეთესია, ვიდრე თანმიმდევრული ძიების ალგორითმის. ცნობილია ის ფაქტი, რომ ხელწერის მეთოდები წყვეტს მუშაობას, როდესაც თავდამსხმელი შეცვლის თავდასხმის მოქმედებას ისე, რომ შეიცვალოს (შესაძლოა ოდნავ) შეტევის ხელწერა. მაგნი ზემოქმედების ხელწერების გამოსავლენად, ასეთ შემთხვევაში, მიზანშეწონილია, რომ გამოყენებული იყოს მეთოდები სასურველ ნიმუშთან არაზუსტი შესატყვისის მოსაძებნად.

საკვანძო სიტყვები: ქსელურ ტრაფიკი, ხელწერების ძიება, თანმიმდევრული აღრიცხვის ალგორითმი, ბოიერ-მურის ალგორითმი, კნუტ-მორის-პრატის ალგორითმი, რაბინ-კარპის ალგორითმი, აპო-კორასიკის ალგორითმი, ვუ-მანბერის ალგორითმი, კომენც-ვალტერის ალგორითმი.

1. შესავალი

არსებული IDS-ების (Intrusion Detection System) მუშაობის მნიშვნელოვანი ასპექტია მანვე პროგრამის შაბლონებისა და ზემოქმედების ძიება ქსელურ ტრაფიკში.

ქსელის ტრაფიკში შაბლონების მოსაძებნად არსებობს სხვადასხვა ტექნოლოგია. სერვისების უმეტესობა, რომელიც ქსელის დაცვას უზრუნველყოფს, მიმდინარე შეტევებს აცნობებს საექვო ინფორმაციის შემცველი ქსელის პაკეტის მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით. ეს ქსელის შეტევების აღმოსაჩენად ყველაზე მრავალმხრივი გზაა, თუმცა, ამისათვის ის მოითხოვს უამრავ გამოთვლით რესურსს. თანამედროვე IDS საექვო ინფორმაციის მონაცემთა ბაზას შეიცავს, რომლის აღმოჩენისთანავე ტრაფიკში ხდება თავდასხმის დაწყების მითითება. IDS-სთვის ძალიან მნიშვნელოვანია როგორც საექვო ინფორმაციის მონაცემთა ბაზის სისრულე, ასევე მისი მუდმივი განახლება.

2. ძირითადი ნაწილი

ხელწერის მეთოდები, როგორც წესი, მუშაობს აბსტრაქციის ყველაზე დაბალ დონეზე და ანალიზებს მონაცემებს, რომელთა გადაცემა ხდება პირდაპირ ქსელში ან მუშავდება ადგილობრივად. სხვადასხვა სწრაფი ძიების ალგორითმები ყველაზე გავრცელებული რეალიზაციებია. ტიპური წარმომადგენლები, რომლებიც ხელწერის ანალიზის მეთოდებს იყენებს, ანტივირუსული სკანერებია (მუშაობს ვირუსის ხელწერების მონაცემთა ბაზასთან) და ქსელური თავდასხმის აღმოჩენის სისტემები, რომელთა უმეტესობა მუშაობს ქსელის თავდასხმის ხელწერების მონაცემთა ბაზასთან. ქსელის შეტევების ხელწერები შეიძლება იყოს, მაგალითად, ქსელის პაკეტებში ბაიტების გარკვეული მიმდევრობა. „ხელწერების“ მეთოდები იმით არის აღსანიშნავი, რომ აქვს მაღალი სწრაფქმედება, თუმცა ადაპტაციურები არაა.

IDS-ში (Intrusion Detection System) ხელწერების ძიების ალგორითმზე საჭიროა დაწესდეს შემდეგი მოთხოვნები:

- მუშაობის დროის (მაგალითად, წრფივი) შეფასება შეყვანის მონაცემების ხანგრძლივობიდან გამომდინარე;

- სხვადასხვა შეყვანის მონაცემებში მრავალი ნიმუშის ერთდროული ძიების ორგანიზებისთვის ეფექტური პროგრამული უზრუნველყოფის დანერგვის შესაძლებლობა;

- ალგორითმის განზოგადების შესაძლებლობა. არაზუსტი შესატყვისით სწრაფი ძიების ალგორითმის შემუშავება, სტრიქონში ქვესტრიქონების ძიების ძირითადი ალგორითმის გარეშე, შრომატევადი ამოცანაა, ამიტომ ნაშრომში განიხილება მრავალი არსებული ალგორითმი, რომელიც ბინარულ ქვესტრიქონებთან სამუშაოდ არის გათვალისწინებული:

- თანმიმდევრული აღრიცხვის ალგორითმი;
- კნუტ-მორის-პრატის ალგორითმი;
- ბოიერ-მურის ალგორითმი;
- რაბინ-კარპის ალგორითმი;
- აპო-კორასიკის ალგორითმი;
- კომენც-ვალტერის ალგორითმი.
- ვუ-მანბერის ალგორითმი;

თითოეულ ალგორითმს გამოყენების კონკრეტული სფერო აქვს. ეს გამოწვეულია იმით, რომ სხვადასხვა საწყის მონაცემებზე ამა თუ იმ ალგორითმს აქვს უპირატესობა და სხვა საძიებო პარამეტრებისთვის უარყოფითი მხარეები.

➤ **მარტივი აღრიცხვის ალგორითმი**

მარტივი აღრიცხვის ალგორითმით იკვეთება ყველა შეყვანის მონაცემი, რომელიც თანმიმდევრულად ადარებს თითოეულ შაბლონს თითოეულ ქვესტრიქონს. ასეთი სახის ალგორითმი ხასიათდება დროის სირთულით.

➤ **კნუტ-მორის-პრატის ალგორითმი**

კნუტ-მორის-პრატის ალგორითმი დაფუძნებულია ფორმირებულ ცვლათა ცხრილზე თითოეული საკვანძო სიტყვისთვის. ეს მეთოდი კარგად მუშაობს დიდი რაოდენობის გამეორებით ნიმუშებსა და ტექსტებზე, მაგრამ პრაქტიკაში იშვიათად გამოიყენება. ამიტომ ეს ალგორითმი სისწრაფით არ გამოირჩევა, ხოლო, მეორეს მხრივ, მას შეყვანის ტექსტის უკან დაბრუნება არ სჭირდება, რაც ბუფერული სქემების გამოყენების აუცილებლობას გამორიცხავს.

➤ **ბოიერ-მურის ალგორითმი**

ბოიერ-მურის ალგორითმი ყველაზე სწრაფია ყველა ზოგადი დანიშნულების ალგორითმებს შორის, მაგრამ საძიებო ნიმუშზე მოითხოვს წინასწარ გამოთვლას. ალგორითმის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნიმუში საწყის ტექსტთან ყველა პოზიციაზე არ არის შედარებული. შემოწმების ნაწილი, რომელიც არ გამოიწვევს დადებით შედეგს, წყდება. საძიებო სტრიქონი თავიდან ბოლომდე იძებნება, ხოლო ნიმუშის შესატყვისი ბოლო სიმბოლოდან პირველამდე შესრულებულია.

როცა ნიმუშის ყველა სიმბოლო დაემთხვევა სტრიქონის ფრაგმენტის ყველა სიმბოლოს, მაშინ ნაპოვნია შესატყვისი და ძებნა დასრულდება. თუ რომელიმე სიმბოლოზე შესატყვისი ვერ მოიძებნა, მაშინ ნიმუში გარკვეული რაოდენობის სიმბოლოებით გადაინაცვლებს საძიებო სტრიქონის სკანირების მიმართულებით და ცვლის ზომა გამოითვლება ევრისტიკის გამოყენებით. გადაადგილების რაოდენობრივი შეფასება გამოითვლება (საძიებო სტრიქონის მარჯვნივ) "stop character-გაჩერებული სიმბოლო" და "matched suffix-შესატყვისი სუფიქსი" ევრისტიკის მიხედვით. გაჩერების სიმბოლო წარმოადგენს პირველ შეუსაბამო სიმბოლოს. ნიმუში გადატანილია მასში მარჯვნივ ბოლო ასოზე. თუ შაბლონში სიმბოლო აღარ არის გაჩერებული, მაშინ მისი გადაინაცვლება მოხდება ამ გაჩერების სიმბოლოზე. თუ გაჩერების სიმბოლო სხვა მსგავსის უკან დგას, მაშინ ეს ევრისტიკა არ მუშაობს. ასეთ შემთხვევებში შესატყვისი სუფიქსის ევრისტიკა გამოიყენება. ამრიგად, აიგება სუფიქსების ცხრილი და გაჩერების სიმბოლოების ცხრილი.

არსებობს ბოიერ-მურის ალგორითმის მთელი რიგი მოდიფიკაციები რომელიც შემთხვევით ტექსტებზე მოგებას იძლევა. მისი არსი იმ ფაქტს ემყარება, რომ ხშირად არ გვხვდება შემთხვევით მონაცემებზე სუფიქსების დამთხვევა, ამიტომ გამოიყენება გაჩერების სიმბოლოების ევრისტიკა.

➤ **რაბინ-კარპის ალგორითმი**

რაბინ-კარპის ალგორითმი ჰეშის ცხრილების გამოყენებაზე დაყრდნობით იყენებს ფუნდამენტურად განსხვავებულ საძიებო მეთოდს. ალგორითმი ემყარება იმ ფაქტს, რომ თუ ორი სტრიქონი ერთნაირია, მაშინ იგივეა მათგან ჰეშის მნიშვნელობებიც. ალგორითმის მოქმედება ასეთია: თითოეული შაბლონის ჰეშის ფუნქციის შედარება ხდება წყაროს სტრიქონის ქვესტრიქონების ჰეშის ფუნქციებთან, თუ ისინი ემთხვევა ერთმანეთს, შაბლონის სტრიქონი მთლიანად შედარებულია ქვესტრიქონთან. ამ გზით ორგანიზებულ ძიებას აქვს საკმაო სირთულის დროის შეფასება, მაგრამ ბევრი შაბლონის ძიების შემთხვევაში ის საკმაოდ უსწრებს კნუტ-მორის-პრატის ალგორითმს და აქვს საშუალო დროის შეფასება.

➤ **აჰო-კორასიკის (Aho-Corasick) ალგორითმი**

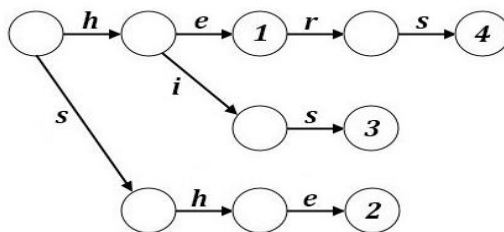
აჰო-კორასიკის (Aho-Corasick) ალგორითმი ეფუძნება სასრული ავტომატების გამოყენებას, რომელსაც შემდგომ შემავალი საძიებო სტრიქონი გადაეცემა და მასში თითოეული სიმბოლოს ნახვისას ხდება გადასვლები სხვადასხვა მდგომარეობების მიხედვით. აღნიშნული პროცესი ეფუძნება ნიმუშების ხის ძიებას, რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იყოს გრაფის სახით. მოცემული გრაფის ყოველი წიბო ნიშნით არის აღნიშნული (ერთ-ერთი ნიმუშიდან აღებული

სიმბოლო), ამასთან ერთი კვანძიდან არ შეიძლება ერთი და იგივე ნიშნის ორი წიბო წარმოიშვას. აღნიშნული პროცესის საბოლოო მდგომარეობები სტრიქონში სასურველი ნიმუშების აღმოჩენას შეესაბამება.

მოცემულ გრაფს ბევრი უპირატესობები გააჩნია და შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა ამოცანების გადაწყვეტაში, როგორებიცაა:

- სტრიქონების დამახსოვრება - აგებული გრაფი მესხიერებაში იკავებს გაცილებით პატარა ადგილს სხვადასხვა მასივებისაგან და სტრიქონებისაგან განსხვავებით;
- სტრიქონების სიმრავლე - გრაფში მარტივად ხორციელდება სიტყვების დამატება/წაშლა, აგრეთვე შესაძლებელია შემოწმება, გრაფში არის თუ არა საძიებო სიტყვა.
- სტრიქონების დასორტირება - გრაფში გაცილებით მარტივად ხორციელდება სტრიქონების სხვადასხვანაირად დასორტირების პროცესი;

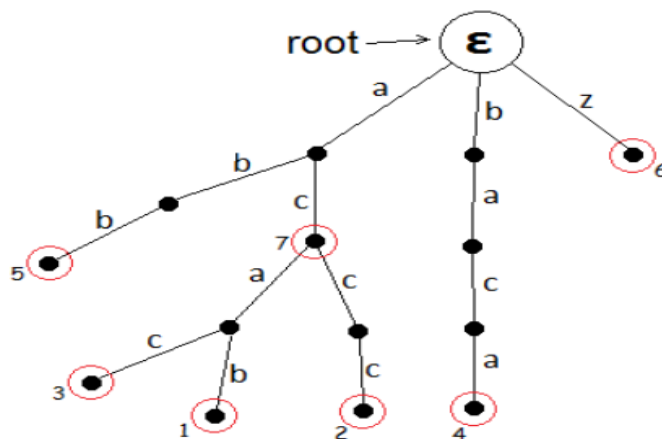
მაგალითისთვის, მოვახდინოთ გრაფის აგება შემდეგი სტრიქონების სიმრავლიდან - {he, she, his, hers} (ნახ. 1).



ნახ.1. რამდენიმე სტრიქონისგან აგებული გრაფი

მოვიყვანოთ მეორე მაგალითი. მოვახდინოთ გრაფის აგება შემდეგი სტრიქონების სიმრავლიდან 1)acab, 2)accc, 3)acac, 4)bacა, 5)abb, 6)z, 7)ac. (ნახ. 2).

აჰო-კორასიკის ალგორითმის ძალიან სასარგებლო თვისებას წარმოადგენს ის, რომ ერთი გადასვლით ყველა საკვანძო სიტყვის ერთბაშად მოძებნის შესაძლებლობა გააჩნია. თუმცა, ამ პროცესმა შეიძლება ხანგრძლივი დრო დაიკავოს. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ საძიებო შაბლონების მიხედვით აგებული საძიებო ხის სტრუქტურის საშუალებით შესაძლებელია რომ შეიქმნას ამ ალგორითმის ეფექტური პროგრამული რეალიზაცია.



ნახ. 2. რამდენიმე სტრიქონისგან აგებული გრაფი

➤ კომენც-ვალტერის ალგორითმი

კომენც-ვალტერის ალგორითმი წარმოადგენს ერთერთი შედარებით ახალ ალგორითმს სტრიქონში ქვესტრიქონების სწრაფი ძიებისთვის, რომელიც ბოიერ-მურის ალგორითმის

ძირითად იდეებს იყენებს საძიებო შაბლონებისა და Aho-Korasik ალგორითმის მსგავსი მდგომარეობის მანქანის შესადარებლად.

➤ ვუ-მანბერის ალგორითმი

ვუ-მანბერის ალგორითმი გამოიყენება ორობითი მონაცემების მასივში ქვესტრიქონის მოსაძებნად. ალგორითმი კარგად მუშაობს, თუმცა მისი გამოყენება გრძელ ალფავიტზე ძნელია, რადგან ბიტური ცვლილების ეფექტური ოპერაციები უნდა განხორციელდეს გრძელბიტური ვექტორებისთვის. ალგორითმი გარკვეულ განზოგადებას იძლევა ბუნდოვანი შესატყვისის მოსაძებნად, თუმცა, იძლევა ერთი ან მეტი სიმბოლოს შეცვლის შესაძლებლობას და არ იძლევა გამოტოვების ან ჩასმის შესაძლებლობას.

3. დასკვნა

ხელწერის მეთოდები IDS-ის ფუნქციონირებაში ყველაზე გავრცელებული და ეფექტურია, თუმცა უმეტეს სისტემებში ხელწერის მეთოდების უმარტივესი ვერსიებია დანერგილი, რომლებიც ხელწერის მცირე ცვლილებების მიმართ არასტაბილურია. ამის გამო ხელწერის ძიების ადაპტაციის გაზრდის მიზნით შემოთავაზებულია შემუშავდეს ხელმოწერის აღმოჩენის შეცვლილი ალგორითმი, რომელსაც ეფექტური პროგრამული უზრუნველყოფა აქვს და შეჭრის აღმოჩენის პროგრამულ სისტემაში გამოსაყენებლად მიზანშეწონილია.

არსებული ხელწერების ძიების ალგორითმების განხილვისას ნაჩვენებია, რომ რამდენიმე ალგორითმი ვერ იძლევა ერთდროულად მრავალი ნიმუშის ეფექტური ძიების საშუალებას და ყველა ვერ განზოგადდება არაზუსტი შესატყვისის მოსაძებნად.

ამრიგად, მიზანშეწონილია Aho-Corasick ალგორითმის გამოყენება, როგორც ძირითადი ალგორითმის არაზუსტი შესატყვისებით ხელწერების ძიების განსახორციელებლად.

ლიტერატურა:

1. ქართველიშვილი ი., ოხანაშვილი მ., ჩორხაული ნ. ქსელური შეტევების აღმოჩენის არსებული მეთოდების მიმოხილვა და ანალიზი. საერთაშ. სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფ. „თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში - 2023“, საქართველო, თბილისი, 12-13 ოქტ., 2023, გვ. 410-416.
2. Cormen T.M., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C. Introduction to Algorithms, Second Edition // MIT Press and McGraw-Hill. Chapter 32: String Matching.
3. <https://blog.netwrix.com/2018/05/15/top-10-most-common-types-of-cyber-attacks/#Birthday%20attack>

Review and Analysis of Existing Algorithms for Searching for Handwriting in Network Traffic

Ioseb Kartvelishvili, Maia Okhanashvili, Mikheil Darchashvili

Georgian Technical University

s.kartvelishvili@gtu.ge, m.okhanashvili@gtu.ge, misha8003123@gmail.com

Absatract

The existing algorithms for searching for signatures in network traffic are discussed and analyzed in the paper. their advantages and disadvantages. The handwriting detection method is considered one of the most effective methods in terms of software implementation and attack detection quality. However, it is not adaptive. In order to eliminate this shortcoming, it is proposed

to introduce a handwriting search method, where the imprecise matching of the desired template is taken into account. Research and analysis of existing fast search algorithms is needed. The simplest, but at the same time, the most common way to implement the handwriting method is for the security system to maintain a database of intrusion signatures. During the operation, the sequence of actions performed by the user or the program is compared to the known signatures. A sequence of events corresponding to handwriting can be a sign of an attempted security breach. Searching for signatures of malicious influence in network traffic is one of the special tasks among tasks using string-substring search. Because the speed of channels in modern networks is high, IDS (Intrusion Detection System) must solve the problem of real-time network traffic analysis, for this it is necessary to develop an algorithm to effectively solve the existing problem. Fast search algorithms are used for similar tasks. The theoretical running time of fast search algorithms is better than that of sequential search algorithm. It is a well-known fact that handwriting methods stop working when the attacker changes the action of the attack in such a way that the signature of the attack changes (perhaps slightly). In order to detect malicious signatures, in such a case, it is advisable to use methods to find imprecise matches to the desired pattern.

Keywords: network traffic, signature search, sequential logging algorithm, Boyer-Moore algorithm, Knuth-Morris-Pratt algorithm, Rabin-Karp algorithm, Aho-Corasick algorithm, Wu-Manber algorithm, Commence-Walter algorithm.

რეკურსიის გამოყენების პრაქტიკული რჩევები

ლელა გაჩეჩილაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l_gachechiladze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია რეკურსიული ამოცანების გადაწყვეტის ხერხები და ალგორითმები. თავად რეკურსია დაპროგრამების მძლავრი ინსტრუმენტია. აღნიშნული ტექნიკა ფართოდ გამოიყენება დაპროგრამების ისეთ ენებში, როგორცაა: Python, JavaScript, Java, C++, C# და სხვ. რეკურსიული ამოცანები ინტუიტიურად გადასაწყვეტი პრობლემების რიგს მიეკუთვნება, თუმცა მათი გადაჭრისას გასათვალისწინებელია პროგრამების მუშაობის დროის გონივრულობა. რეკურსიის მიზანია, სისტემატიზება გაუკეთოს კონკრეტული ტიპის ამოცანებს და მათი გადაწყვეტის ზოგადი გზა წარმოაჩინოს. მთელი რიგი უპირატესობების მიუხედავად, რეკურსიამ შეიძლება გამოიწვიოს ისეთი შეცდომები, როგორცაა უსასრულო ციკლები და სტეკის გადავსება. სტატიაში მოცემულია ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის მე- n წევრის მნიშვნელობის განსაზღვრის არაერთი გზა, კერძოდ: კლასიკური რეკურსიული მიდგომა, დინამიკური ხერხი და მემოიზაცია, რომელიც ინახავს მიღებულ შედეგებს და აბრუნებს მათ ხელახალი გამოთვლის ნაცვლად. პროგრამული კოდები შესრულებულია Python დაპროგრამების ენაზე, რამეთუ ის დაფუძნებულია სტატიაში განხილულ რამდენიმე ფაქტორზე. წარმოდგენილია დასმული ამოცანის გადაწყვეტის მეთოდების შესაბამისი ასიმპტოტური ნოტაციები. აღწერილია რეკურსიის ტიპები, კერძოდ: კუდის რეკურსია, ორმხრივი და უსასრულო რეკურსია, მონაცემთა რეკურსიული სტრუქტურები და მემოიზაცია. ნაჩვენებია რეკურსიის როგორც უპირატესობები, კერძოდ: კოდის სიმარტივე და სიცხადე, მაღალი წარმადობა, მეხსიერების ეფექტური გამოყენება; ასევე, ნაკლოვანებები: მრავალდონიანი ამოცანების გადაწყვეტისას დაბალი წარმადობა, ხშირად რთული რეალიზება, სტეკის გადავსების შესაძლებლობა და სხვა. განხილულია შემთხვევები, თუ

რა დროს არ არის სასურველი რეკურსიული მიდგომები. აღწერილია პრობლემის რეკურსიულობის განმსაზღვრელი თვისებები. განმარტებულია ის მიზეზი, თუ რატომ იყო დაუშვებელი რეკურსიული ფუნქციების განმარტებები დაპროგრამების ძველ ენებში. კონკრეტულ მაგალითზე ნაჩვენებია განსხვავება პრობლემის გადაჭრის დინამიკურ ხერხსა და მემოიზაციას შორის. სტატიის დასასრულს, მკითხველისთვის რეკომენდაციების სახით გაცემულია რეკურსიის გამოყენების პრაქტიკული რჩევები.

საკვანძო სიტყვები: რეკურსია, სტეკი, მემოიზაცია, ასიმპტოტური ნოტაცია. ფიბონაჩის მწკრივი.

1. შესავალი

„ადამიანები, რომლებიც პროგრამისტებს მოსაწყენ ადამიანებად თვლიან, პროგრამისტებს უფრო მეტად მიაჩნიათ მოსაწყენ ადამიანებად, ვიდრე ადამიანებს, რომლებიც პროგრამისტებს მოსაწყენ ადამიანებად თვლიან, მიაჩნიათ მოსაწყენ ადამიანებად პროგრამისტები, რომლებსაც მოსაწყენ ადამიანებად მიაჩნიათ ისინი, ვინც მათ მოსაწყენ ადამიანებად თვლიან” – ასე იტყოდა ზარატუსტრა [1].

თუ თქვენ პირველივე წაკითხვით ყველაფერს მიხვდით, მაშინ რეკურსიას იოლად გაიგებთ, ხოლო თუ რამდენიმე წაკითხვა დაგჭირდათ – მეტი მობილიზება გმართებთ.

რეკურსიული ამოცანების გადაწყვეტამდე საჭიროა იმის ცოდნა, თუ რას წარმოადგენს რეკურსია. მათემატიკასა და კომპიუტერულ მეცნიერებებში პრობლემის რეკურსიულობა შემდეგი ორი თვისებით განისაზღვრება:

1) ამოცანას აქვს ერთი ან რამდენიმე მარტივი საბაზისო შემთხვევა, რომელთა პასუხის გასაცემად არ გვჭირდება რეკურსიის გამოყენება;

2) ყველა სხვა შემთხვევისათვის შესაძლებელია შემუშავდეს წესების ერთობლიობა, რომელიც ამ შემთხვევას დაიყვანს საბაზისოსთან უფრო ახლოს მდგომ შემთხვევაზე.

მაგალითისთვის საკმარისია რეკურსიის ისეთი კლასიკური ამოცანის განხილვა, როგორცაა ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის მე- n წევრის მნიშვნელობის განსაზღვრა.

ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობა ეწოდება მიმდევრობას, რომლის პირველი ორი წევრი 1-ის ტოლია, ხოლო ყოველი მომდევნო წევრი წინა ორი წევრის შეკრებით მიიღება. იგი მოიცემა შემდეგი რეკურენტული ფორმულით [2]:

$$\text{Fibonacci}(0) = 1 \text{ (საბაზისო შემთხვევა)}$$

$$\text{Fibonacci}(1) = 1 \text{ (საბაზისო შემთხვევა)}$$

$$\text{Fibonacci}(n) = \text{Fibonacci}(n-1) + \text{Fibonacci}(n-2), \text{ სადა } n > 1.$$

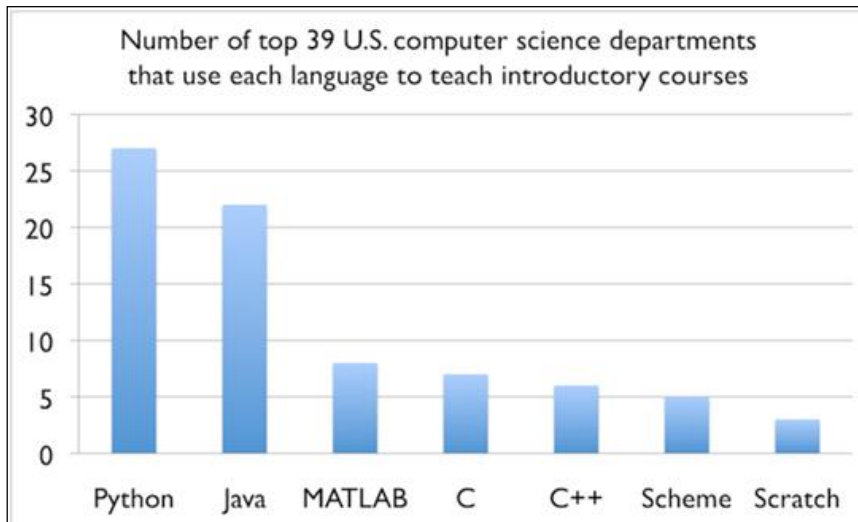
დასმული ამოცანის გადაწყვეტის მრავალი მიდგომა არსებობს. მათ შორის ყველაზე ინტუიტიურს რეკურსიული გადაწყვეტა წარმოადგენს. მისი კოდი თითქმის იდენტურია ზემოთ მოცემული ფორმულის. სწორედ ამ მიზეზების გამოა ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის მე- n წევრის მნიშვნელობის განსაზღვრა რეკურსიის შესწავლისას ერთ-ერთი პირველი ამოცანა, მიუხედავად იმისა, რომ მისი რეკურსიული ამოხსნა საკმაოდ ნელია.

სტატიის ფარგლებში, ამოცანების რეკურსიული გზით გადაწყვეტა რეალიზებულია პითონის დაპროგრამების ენაზე. ეს გადაწყვეტილება რამდენიმე ფაქტორზე დაყრდნობით იქნა მიღებული:

1) ამერიკის შეერთებული შტატების კომპიუტერული მეცნიერების 39 საუკეთესო დეპარტამენტიდან 27 პითონს იყენებს დამწყებთათვის დაპროგრამების სასწავლებლად;

2) პითონის ზრდის ტემპი მნიშვნელოვნად აღემატება ყველა სხვა ძირითადი პროგრამული ენების ზრდის ტემპს.

1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილია დიაგრამა, რაზეც ეს ფაქტებია დაფუძნებული.



ნახ. 1 ტოპ 39 კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტების რაოდენობა აშშ-ში, რომლებიც იყენებენ თითოეულ ენას დაწყებითი კურსების სწავლებისას

მათემატიკაში, განმარტებები (და დამტკიცებები), მათ შორის რეკურსიულებიც, საკმარისია მხოლოდ ეფექტური იყოს. ინფორმატიკაში, ჩვენ დაინტერესებულები ვართ განმარტებებით, რომლებიც ეფექტურად მუშაობს. შესაბამისად, პროგრამები (ფუნქციების იმპლემენტაციები) საჭიროა დაგეგმილი იყოს გამოთვლითი დეტალების გათვალისწინებით.

აღსანიშნავია, რომ დაპროგრამების ძველ ენებში (როგორცაა FORTRAN) რეკურსიული ფუნქციის განმარტებები დაუშვებელი იყო. ამის მთავარი მიზეზი თავად ენის იმპლემენტაციის გზა გახლდათ, რაც რეკურსიას გამორიცხავდა. უფრო დეტალურად, თითოეული ფუნქციის დაბრუნების მისამართი (return address) შენახული იყო წინასწარ განსაზღვრულ ადგილას, რაც ხელს უშლიდა რეკურსიას. ეს უკანასკნელი შესაძლებელი მას შემდეგ გახდა, რაც სტეკი შემოვიდა ფუნქციის შესრულებაში, რათა მიმდინარე პარამეტრები, ლოკალური ცვლადები და დაბრუნების მისამართი (return address) მასში შეენახა ფუნქციის ყოველი გამოძახებისთვის.

2. ძირითადი ნაწილი

ყოველდღიურად თითქმის ყველას გვიწევს ისეთი პრობლემების გადაჭრა, რომლებიც მოიცავს ერთი და იმავე ამოცანის სხვადასხვა სკალაზე გამეორებას. ადამიანთა უმრავლესობა ამ ამოცანებს ისე წყვეტს, არც კი უფიქრდება, რა კონკრეტული მიდგომები გამოიყენა პრობლემის გადასაწყვეტად. დროთა განმავლობაში ასეთი ამოცანები უფრო და უფრო რთულდება, ამიტომ მათი სისტემატიზაცია არის საჭირო.

მიუხედავად იმისა, რომ რუსული „მატრიოშკების“ ანალოგიით, ასეთი ამოცანების გადაწყვეტას პატარა ბავშვებიც კი ახერხებენ, მსგავსი ამოცანები, ზოგადად, ერთ-ერთ ყველაზე არაინტუიტიურ სფეროს მიეკუთვნება გაუწვრთნელი ადამიანისთვის.

„მატრიოშკები“-ს სიმარტივეს ის განაპირობებს, რომ ამოცანას ყოველ ახალ ბიჯზე, ანუ ყოველი ახალი „მატრიოშკის“ გახსნისას, გაგრძელების მხოლოდ ერთი გზა ახასიათებს. ამ გზის ბოლოში კი ერთი რჩება, სადაც ამოცანა მთავრდება.

ამოცანა რთულდება, როდესაც საუბარია ათასობით შესაძლო გზაზე. სწორედ, ამიტომ მიიჩნევა ჭადრაკის თამაში პროფესიულ დონეზე რთულ საქმედ. დაახლოებით 30 შესაძლო სვლიდან მოჭადრაკემ უნდა ამოირჩიოს ერთ-ერთი საუკეთესო. ამისთვის მან თითოეული სვლის შედეგიდან იგივე გათვლები უნდა გააკეთოს. ამბობენ, რომ დიდოსტატები 10-15 სვლით „წინ“ ახერხებენ პოზიციის დანახვას. თანამედროვე კომპიუტერს გონივრულ დროში ოპტიმიზაციის გარეშე მხოლოდ 12 სვლით „წინ“ შეუძლია პოზიციის გათვლა.

ამ სირთულის მოსაგვარებლად დროთა განმავლობაში ჩამოყალიბდა მათემატიკისა და კომპიუტერული მეცნიერების ახალი დარგი: რეკურსია. მისი მიზანია სისტემატიზება გაუკეთოს ამ ტიპის ამოცანებს და მათი გადაწყვეტის ზოგადი გზა წარმოაჩინოს.

რეკურსიული ამოცანები მიეკუთვნება ინტუიტიურად გადასაწყვეტი პრობლემების რიგს. რეკურსიას გაუცნობიერებლად ვიყენებთ ყოველდღიურად, თუნდაც საუბრისას. ლინგვისტი ნოამ ჩომსკი ამტკიცებდა, რომ ენა გვამღვებს საშუალებას სასრული რაოდენობის სიტყვებით უსასრულო რაოდენობის წინადადებები შევქმნათ.

როდის იყენებს პროგრამა რეკურსიას? ეს არც თუ ისე მარტივი კითხვაა, როგორც ერთი შეხედვით ჩანს. პასუხი, რომელსაც ხშირად მოისმენთ შემდეგია: პროგრამა რეკურსიულია, როდესაც ის შეიცავს ფუნქციას, რომლის განმარტება საკუთარი თავის (ამ ფუნქციის) გამოძახებას მოიცავს.

ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის მე- n წევრის მნიშვნელობის განსაზღვრის კლასიკური რეკურსიული გზა შემდეგია:

```
def Fibonacci(n):
    if n == 0:
        return 1
    if n == 1:
        return 1
    return Fibonacci(n - 1) + Fibonacci(n - 2)
```

ამოცანის გადაწყვეტისას გასათვალისწინებელია პროგრამის მუშაობის დროის გონივრულობა. რეკურსიული ამოხსნისას ზოგიერთი წევრის ძალიან ბევრჯერ დათვლა ხდება, ამიტომ ამ ამოცანის დროის ასიმპტოტური ნოტაცია არის 2^n .

პრობლემის მოსაგვარებლად, ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის მე- n წევრის მნიშვნელობის განსაზღვრის ამოცანას ყველაზე ხშირად დინამიკური ხერხით წყვეტენ.

```
def Fibonacci(n):
    fib = [1] * (n + 1)
    for i in range(2, n + 1):
        fib[i] = fib[i - 1] + fib[i - 2]
    return fib[n]
```

დინამიკური ხერხის გარდა, განხილული პრობლემის მოგვარება რეკურსიული ამოხსნის შემთხვევაშიც შეიძლება. ამისთვის მემოიზაცია გამოიყენება, რაც ნიშნავს, რომ ყოველ ჯერზე მიღებული პასუხი საბაზისო შემთხვევებში ემატება. მაგალითად, მას შემდეგ, რაც პირველად დაითვლება Fibonacci(5), მეორედ Fibonacci(5)-ის ხელახლა გამოთვლა აღარ არის აუცილებელი და შესაძლებელია პირდაპირ ძველი მნიშვნელობის გამოთვლებში გამოყენება.

```
fib = {
    0: 1,
    1: 1
}
def Fibonacci(n):
    if n in fib:
        return fib[n]
    fib[n] = Fibonacci(n - 1) + Fibonacci(n - 2)
    return fib[n]
```

როგორც დინამიკური, ასევე მემოიზაციით ამოხსნის დროის ასიმპტოტური ნოტაცია არის n . ერთი შეხედვით, ბოლო ორი მეთოდი ერთი და იგივეა, თუმცა რეკურსიისა და დინამიკის განმარტებაზე დაკვირვებით შესაძლებელია მათ შორის განსხვავების შემჩნევა. კერძოდ, რეკურსია დიდ პრობლემას ეტაპობრივად ამცირებს, სანამ პატარა ამოცანაზე არ მივა, რომლის ამოხსნაც რეკურსიის გარეშე შესაძლებელი. ხოლო, დინამიკა პატარა ამოცანას ნაბიჯ-ნაბიჯ ანზოგადებს, სანამ საწყისად დასმულ პრობლემაზე არ მივა.

მოცემული მეთოდების გარდა, არსებობს რეკურსიული ამოხსნა მემოიზაციით, რომლის ასიმპტოტური ნოტაცია არის $\log_2 n$.

```
def Fibonacci (n):
    if n == 0:
        return (0, 1)
    else:
        a, b = Fibonacci (n // 2)
        c = a * ((b * 2) - a)
        d = a * a + b * b
        if n % 2 == 1:
            return (d, c + d)
        else:
            return (c, d)
```

თუმცა, რადგან n დროში ამოხსნა გონივრულ დროდ მიიჩნევა და მოცემული ამოხსნის იმპლემენტაცია ბევრ სირთულესთან არის დაკავშირებული, ეს ამოხსნა იშვიათად გამოიყენება (გარდა ვიწრო სპეციალიზაციისა).

როგორც ყველა ძალიან ეფექტურ მექანიზმს, რეკურსიასაც აქვს პრობლემები. რეკურსია ოპერატიული მეხსიერების „ჭამის“ ხარჯზე, ამოცანის ამოხსნას სძენს სიმარტივეს, სიცხადეს და ელეგანტურობას. ერთი შეხედვით, რთული ამოცანები უმარტივესად იხსნება.

რეკურსიული ამოხსნის დროს, ყოველ ახალ რეკურსიულ „ჩასვლაზე“ კომპიუტერის მეხსიერებაში გამოიყოფა ახალი ადგილი რეკურსიის ამ ბიჯის ასაღწერად. შესაბამისად, თუ რეკურსიაში ბევრი განშტოება ხდება, შესაძლოა სტეკის გადავსების ცნობილ შეცდომას-`stackoverflow error`-ს წავაწყდეთ [3]. თუ თითოეული გამომახების დროს, ბევრი მონაცემის კოპირება ხდება, ან გამომახებათა რაოდენობა დიდია, პროგრამა აუცილებლად „გაიჭედება“.

არსებობს რეკურსიის რამდენიმე ტიპი, რომელიც დაპროგრამებაში შეიძლება იქნას გამოყენებული [4]:

- კუდის რეკურსია. ეს არის რეკურსიის ფორმა, რომელშიც რეკურსიული გამომახება არის ბოლო ოპერაცია ფუნქციაში მის დაბრუნებამდე;
- ორმხრივი რეკურსია. ეს არის რეკურსიის ფორმა, რომლის დროსაც ორი ან მეტი ფუნქცია ერთმანეთს რიგრიგობით იძახებს. რეკურსიის ეს ფორმა შეიძლება გამოყენებულ იქნას მებნის ალგორითმებში;
- უსასრულო რეკურსია. ეს არის რეკურსიის ფორმა, რომლის დროსაც ფუნქცია უსასრულოდ იძახებს საკუთარ თავს მისი შეწყვეტის პირობის მიღწევის გარეშე;
- მონაცემთა რეკურსიული სტრუქტურები. ეს არის რეკურსიის ფორმა, რომელშიც მონაცემთა სტრუქტურა, როგორცაა სია, საკუთარ თავს მიმართავს;
- მემოიზაცია. ეს არის რეკურსიული მეთოდი, რომელიც ინახავს წარსულ შედეგებს და აბრუნებს მათ ხელახალი გამოთვლის ნაცვლად.

რეკურსია პროგრამისტებს შესაძლებლობას აძლევს რთული პრობლემები დაშალონ ქვე-პრობლემებად და შემდეგ მოახდინონ მათი გადაწყვეტა იმავე ტექნიკის გამოყენებით. ეს არის საშუალება, თავიდან ავიცილოთ ციკლები და მათ ნაცვლად მოდულური მიდგომა გამოვიყენოთ. რეკურსიის უპირატესობებია [5]:

- კოდის სიმარტივე და სიკვანძო;
- მაღალი წარმადობა რეკურსიულ ამოცანებზე;
- მეხსიერების ეფექტური გამოყენება;
- ფუნქციონალური დაპროგრამება რეკურსიის გამოყენებით;
- გამოყენების სიმარტივე.

მიუხედავად ამ უპირატესობებისა, რეკურსიას ნაკლიც გააჩნია, კერძოდ:

- სტეკის გადავსების შესაძლებლობა;
- მრავალდონიანი ამოცანების გადაწყვეტისას დაბალი წარმადობა;
- რთული რეალიზება;
- არ არის შესაფერისი ყველა გარემოსთვის მეხსიერების შესაძლო პრობლემების გამო.

ამგვარად, რეკურსიის გამოყენების პრაქტიკული რჩევები შემდეგია:

- განსაზღვრეთ საბაზისო შემთხვევა: დარწმუნდით, რომ რეკურსიულ ფუნქციას აქვს ცხადად განსაზღვრული საბაზისო შემთხვევა, რათა თავიდან აიცილოთ უსასრულო რეკურსია. საბაზისო შემთხვევა უნდა იყოს მარტივი და ადვილად შესამოწმებელი;

- რეკურსიული ფუნქციების წარმადობის გასაუმჯობესებლად, მაგალითად, ფიბონაჩის რიცხვითი მიმდევრობის წევრების მნიშვნელობების გამოთვლისას, გამოიყენეთ მემოიზაცია უკვე გამოთვლილი მნიშვნელობების შესანახად. ეს თავიდან აგაცილებთ ფუნქციის მრავალჯერ გამოძახებას ერთი და იმავე არგუმენტებით;

- შეამოწმეთ სტეკის შეზღუდვები: ფრთხილად იყავით ღრმა რეკურსიასთან. დაპროგრამების ზოგიერთ ენაში, როგორცაა Python, სტეკი შეიძლება შეზღუდული იყოს, რაც გამოიწვევს სტეკის გადავსების შეცდომას;

- შედარება მოახდინეთ იტერაციულ გადაწყვეტილებებთან: ზოგიერთ შემთხვევაში, იტერაციული გადაწყვეტილებები შეიძლება უფრო ეფექტური იყოს. შეადარეთ ორივე მიდგომა და შეარჩიეთ თქვენი ამოცანისთვის უფრო შესაფერისი;

- გამოიყენეთ კუდის რეკურსია: დაპროგრამების ზოგიერთი ენა, როგორცაა Scheme ან Haskell, ხასიათდება კუდის რეკურსიის ოპტიმიზაციის მხარდაჭერით, რაც საშუალებას მოგცემთ დაიზღვიოთ თავი სტეკის გადავსებისგან;

- რთული ამოცანები შედარებით მარტივ ამოცანებად დაყავით და გადაწყვიტეთ რეკურსიული გზით. ეს დაგეხმარებათ, გახადოთ თქვენი კოდი მოქნილი და ადვილად გაფართოებადი.

3. დასკვნა

ამგვარად, რეკურსია კარგი არჩევანია, როდესაც პრობლემა შეიძლება დაიყოს მცირე ქვე-პრობლემებად, რომელთა გადაჭრაც შესაძლებელია ერთი და იმავე მეთოდით. რეკურსიას ხშირად იყენებენ ფუნქციონალურ დაპროგრამებაში, რადგან ის ფუნქციების კომბინირების საშუალებას იძლევა.

რეკურსია არ გამოიყენება, თუ:

- სტეკის ზომა შეზღუდულია ან რეკურსია ძალიან ღრმაა;
- პროგრამისტი არ არის საკმარისად გამოცდილი მრავალდონიანი რეკურსიის შესაქმნელად;
- დაპროგრამების ენა შეზღუდულია რეკურსიის მხარდაჭერაში;
- დავალება გულისხმობს მონაცემთა დიდი მასივების დამუშავებას.

რეკურსია ძლიერი ინსტრუმენტია პროგრამისტის არსენალში. მისი პრინციპების გააზრება და სწორად გამოყენება დაგეხმარებათ რთული პრობლემების უფრო ეფექტურად გადაჭრაში. მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს, რომ რეკურსია ყოველთვის არ არის საუკეთესო გამოსავალი ყველა პრობლემისთვის, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში, მას შეუძლია მნიშვნელოვნად გაამარტივოს კოდი.

ლიტერატურა:

1. გამეზარდაშვილი ზ. ალგორითმები. ქუთაისი, 2004. <https://www.scribd.com/document/512462884/d4c60541ce5df95e>
2. Fast Fibonacci algorithms. Project Nayuki. <https://www.nayuki.io/page/fast-fibonacci-algorithms>.
3. Robinson D. stackoverflow.com. The Incredible growth of python. <https://stackoverflow.blog/2017/09/06/incredible-growth-python/>
4. <https://www2.seas.gwu.edu/~simhawe/cs1112/modules/module4/module4.html>. Recursion. Part I. George Washington School of Engineering and Applied Sciences. Algorithms and data structures.
5. გაჩეჩილაძე ლ. დაპროგრამების ენა Python. სტუ. თბილისი. 2018. 157 გვ.

Practical Advice for Using Recursion

Lela Gachechiladze
Georgian Technical University
l_gachechiladze@gtu.ge

Abstract

The paper represented a number of approaches to solving recursive problems. Recursion itself is a powerful programming tool. This approach is widely used in programming languages such as Python, JavaScript, Java, C++, and C#. Recursive problems are among the problems that can be solved intuitively, but when solving them, one should take into account the reasonableness of the running time of programs. The purpose of recursion is to systematize specific types of problems and present a general way to solve them. Despite a number of advantages, recursion can lead to errors such as infinite loops and stack overflow. The article considers a number of ways to determine the value of the n-th term of the Fibonacci sequence, namely: the classical recursive approach, the dynamic method, and the memoization method, which saves the obtained results and returns them instead of recalculating. The program codes are written on the Python programming language, since it is based on several factors discussed in the article. Asymptotic notations corresponding to the methods for solving this problem are given. The article describes the types of recursion, namely: tail recursion, two-way and infinite recursion, recursive data structures and memoization. The advantages of recursion are shown, namely: simplicity and clarity of code, high performance, efficient use of memory; Also, the disadvantages are: low performance when solving multi-level problems, often difficult to implement, the possibility of stack overflow, etc. The cases are discussed when recursive approaches are undesirable. The defining properties of the recursiveness of a problem are described. The reason why definitions of recursive functions were not allowed in old programming languages is explained. A specific example shows the difference between a dynamic way of solving a problem and memoization. At the end of the article, practical advice on using recursion is given as recommendations for the reader.

Keywords: recursion, stack, memoization, asymptotic notation.

The role and importance of digital technologies in the economy of the modern world

Emeliane Gogilidze, Natia Gogilidze
Georgian Technical University
gogilidzeemeliane05@gtu.ge, nataligogilidze@gmail.com

Abstract

Digital technology is now the fastest growing field in the world compared to any other field. It has a directly proportional impact on the rate of economic growth, which is due to a number of mechanisms involved. This relationship, both in the economic literature and in practice, is assessed by the degree of impact of information technology on the economy as a whole. It is related to the so-called information technology. In the “productivity paradox”, when an increase in the share of profits invested by firms in information technology does not lead to an improvement in their basic financial performance. For an economy to become a full part of the world economy, GDP growth must be based on all aspects of information technology and the possibility of full access to it. Rapid technological change will help countries to emerge from the current economic situation. With adequate technological capabilities, new advances can pave the way for a complete structural transformation, opening up new opportunities in new markets. Developing countries can reduce the costs of advanced technologies and shift from low-wage to higher-wage activities by taking advantage of global participation. But for countries with less technological capacity, key policies to create a meaningful environment and improve domestic capabilities are essential for a long-term leapfrog.

Key words: *Modern technology, digital economy, artificial intelligence, digital technologies, Internet of Things (IoT), cloud computing, big data, industry 4.0, society 5.0.*

1. Gradations of the economy - to the digital economy

The economy based on digital technologies is called the digital economy. Today, it is impossible to identify a direction that is not based on digital technologies. In recent years, significant changes have taken place in all areas of the economy. The introduction of digital technologies and digital transformation has completely changed production processes, organizational relationships, forms of communication with customers, and the way customers receive products and services.

The importance of digital development is mentioned in the UN Sustainable Development Goals, according to which the availability of information and communication technologies, the use of digital technologies and the elimination of the digital divide are among the main drivers of sustainable development. Ensuring sustainable economic development. The ability of individual countries to effectively manage the most strategic asset of our time - information - is a key challenge to achieving sustainable economic development goals. Data is multidimensional and its proper use affects not only economic development, but also the protection of human rights, security, environmental protection and peace.

Digital technologies play a big role in labor markets as well. Today, it is impossible to imagine the relationship between employer and job seeker without online employment platforms. Digital technologies speed up and simplify the job search process, which benefits both parties. In addition to simplifying the hiring process, digital technology itself creates employment opportunities by creating entirely new jobs that replace existing jobs. Consequently, this places demands on workers for different knowledge and skills. According to a Deloitte study, 800,000 existing jobs have disappeared in England over the last 15 years due to automation and robots, but in the same period 3.5 million new jobs have been created with much higher pay [Deloitte, 2015: 3].

Digital technologies are being integrated into all areas of production and services and are creating a digital economy, which is an integral part of our daily life, without it the economic development of a country in the 21st century is unthinkable. This stimulant is able to increase economic growth and create jobs in a very short time, which is impossible for traditional industries without digitalization. Digitalization is not an optional process, but an irreversible one. Therefore, current trends will further worsen the situation of those countries that do not take adequate steps in this direction, and enrich the countries that have initiated digital change at their expense.

The latest technologies in the IT industry discovery and systematization, which directly impact economies around the world and lead to a rethinking of the strategic management approach, are vital.

Identification and systematization of the latest IT technologies are important for the formation of the country's economic strategy, as well as business strategy, for the effective functioning of each enterprise, for increasing its competitive advantages both in the domestic and global markets.

The quality of life is considered as a set of criteria characterizing the indicator of the quality of people's realization of life goals and their life needs. There're the following components: health level and life expectancy of the population, standard of living of the population, lifestyle, simplified structure of the quality of life of the population.

Globally recognized modern economic theories according to the directions, 3 main groups of theories of economic growth are distinguished: **neo-keynesian**, **neo-classical** and **Tunen's theory**. Following these theories, Clark's theory was created, which belongs to the social-institutional group. Economic growth is defined as only the growth of real GDP over a given period.

The basic GDP growth report is available as follows: the growth rate of the current year's GDP relative to the beginning of the of the period, at the level of GDP multiplied by 100%:

$$\text{Growth rate} = \frac{(GDP_1 - GDP_0)}{GDP_0} \times 100\%$$

where, GDP_0 is the base year GDP benchmark. And GDP_1 is the current year GDP benchmark.

Also to be considered is the concept of convergence, according to which countries that are unable to create sustainable conditions and environments can achieve higher growth rates. The digital economy has gone through stages of structural change very quickly, affecting every person and every business, placing new demands on them and making it impossible to conduct everyday processes without digital technology.

2. Digital technologies in economy

The infrastructure of the digital economy includes a large number of the latest information and communication technologies:

➤ **Cloud Computing** - is an information technology concept that provides convenient network access to the total amount of computing resources of various configurations, which can be promptly provided and released with the lowest operating costs or without recourse to providers;

➤ **Big Data** - is a technology that applies various approaches, tools and methods to process structured and unstructured data (including from independent sources). Due to the automation of big data processing, BigData has a wide range of opportunities to combine and analyze industry data on one or another aspect of activity. Therefore, using this technology, it is possible to forecast and prevent large costs, identify risks for products or services, and reduce time for decision-making. Big Data is most often used in neuromarketing, behavioral economics, and supply chain management;

➤ **Internet of Things (IoT)** - an amalgamation of technologies that involves equipping various devices and equipment with sensors and connecting them to the Internet in order to remotely monitor, control and manage processes in real time (including in automatic mode). The IoT allows, in particular, to track the movement of goods, provide services remotely and support customer self-service;

➤ **The development of artificial intelligence** - has become possible on the basis of processing a large amount of information. This makes it possible to develop behavioral algorithms. AI is successfully used in voice and face recognition technologies. Predictive analytics based on artificial intelligence makes it possible to overcome the problems of economic forecasting. By incorporating artificial intelligence into behavioral economics, economists will be able to more accurately assess the impact of human perception and behavior on the current situation. According to McKinsey Global Institute, artificial intelligence has the potential to increase global gross domestic product by 26% by 2030.

➤ **Distributed computing technologies** - that provide access to globally distributed resources with the help of special tools and are used to solve resource-intensive economic tasks, taking into account the specifics and specifics of each of them;

➤ **Cognitive technologies** - software and hardware that mimic the activity of the human brain and work with the user: assessing his attention, monitoring his state, tracking the brain's activity and trying to “understand” the person. These technologies include artificial intelligence and machine learning;

➤ **Blockchain** - distributed (non-centralized) databases, each record in which contains a history of all transactions and ownership, reliably protected from falsification. Blockchain is used in trade finance, P2P transactions, and smart contracts;

➤ **Cryptocurrency** - a virtual currency, the emission (mining) of which is based on the specialized application of cryptographic algorithms.

The above technologies are complemented by digital platforms - sets of programs that allow users to access information and various services designed to plan, analyze and communicate with markets. The system of relations in digital platforms is built according to a certain algorithm that reduces transaction costs and accelerates the exchange of information (**Fig. 1**):



Fig. 1. Digital technologies: a step into the future

ITU estimates that approximately 5.4 billion people – or 67 per cent of the world’s population – are using the Internet in 2023. This represents an increase of 45 per cent since 2018, with 1.7 billion people estimated to have come online during that period. However, this leaves 2.6 billion people still offline (**Fig. 2**):

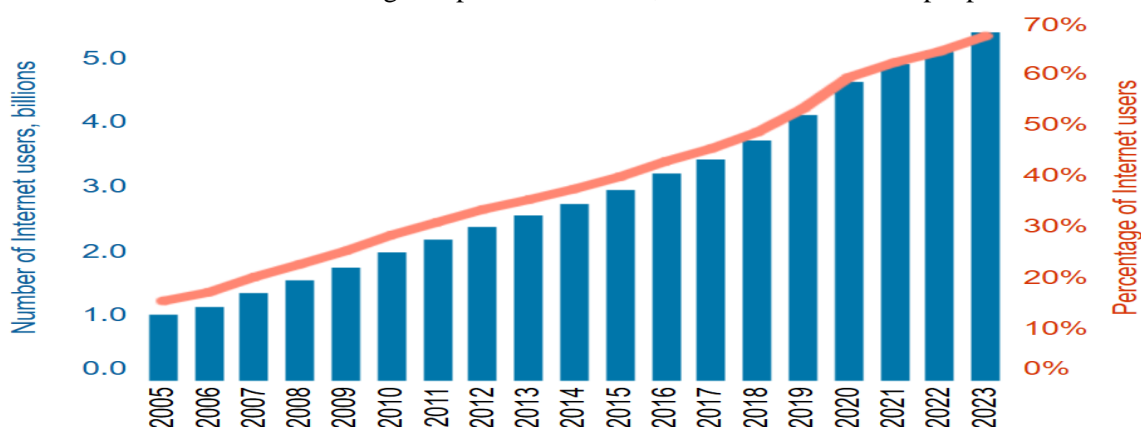


Fig. 2. Individuals using the Internet

3. Types and role of digital technologies in the economy

There're several types of digital technologies in the economy:

➤ **incremental** - digital platforms, digital education, public clouds, chatbots, mobile business applications, mobile payments;

➤ **breakthrough** - internet of things, artificial intelligence, distributed registries, big data, machine learning;

➤ **technologies of the near future** - human-machine interfaces, artificial intelligence management, cryptocurrencies.

The introduction of digital technologies makes it possible to: reduce the time interval between the achievement of results and the appearance of data on them; significantly increase the number of data sources and indicators that can be used for planning, monitoring and evaluation of performance and efficiency of activities in the economy; reduce the risk of deliberate distortion of reporting data.

The main objectives of the application of digital technologies in the economy include:

- **emergence** of companies with new business models specializing in IT;
- **creation** of economic ecosystems based on startups and companies bringing new technologies and products to the market;
- creation by financial institutions of their own ecosystems using these technologies.

4. The Future of Work in Industry 4.0 and Society 5.0

The fourth industrial revolution (Industry 4.0) was first mentioned by Klaus Schwab, founder of the World Economic Forum, at the 2016 World Economic Forum in Davos. He described the fourth industrial revolution as a technological revolution that breaks down the dividing lines between the physical, digital and biological spheres (Schwab, 2016:12). The technological revolution is characterized by exponential growth that has a significant impact on the creation and distribution of new digital products. Digital products are not limited by physical boundaries and can gather a large number of customers in a very short time. In addition, consumption patterns are changing, in particular, the classical view of markets is changing and two-sided markets are emerging. The formation of the concept of “digital two-sided markets” is associated with Nobel Prize-winning economist Jean Tirole. Based on this concept, Tirole describes the possibility of the digital economy to offer a product to the consumer for free, but the producer still receives income from his product. In this case, the revenue is not generated by the user, but by the supplier, in particular, the source of revenue is another company that places advertisements in its digital product (website, app, software packages, etc.). The consumption of digital products by the user does not have a direct result for the product provider, but also has a positive external effect (Miller, Claire Cain, 2014).

Given the fact that the fourth industrial revolution has affected not only the way we produce products and services, but also the way we live our lives, we can talk about the digitalization of society, i.e. Society 5.0. Society 5.0 is a digital society capable of solving various social, environmental or economic problems with the ideal use of the products of the fourth industrial revolution [information and communication technologies (ICT); artificial intelligence (AI); digital information flows (big data); Internet of Things (IOT); cloud computing]. This ensures a sustainable society with entirely new values. The idea of Society 5.0 Japan established Industry 4.0 in 2016 and defined it as a technology-based and human-centered society.

The world is in the midst of a technological revolution, where digitalization is changing the way we live, work, and interact with each other. This revolution began with Industry 4.0, which refers to the fourth industrial revolution driven by the convergence of digital, physical, and biological systems.

Industry 4.0 introduced the concept of the "smart factory," where machines, devices, and sensors are connected and communicate with each other to create a highly automated and efficient manufacturing process. The use of artificial intelligence, machine learning, and the Internet of Things (IoT) has revolutionized the manufacturing industry, allowing for greater flexibility, customization, and productivity.

However, the impact of Industry 4.0 is not limited to the manufacturing industry. Digitalization has also transformed other sectors such as healthcare, finance, and transportation, to name a few. The use of digital technologies has enabled greater efficiency, accessibility, and innovation, creating new opportunities for growth and development.

As we move towards the future, the next phase of this technological revolution is Society 5.0. Unlike Industry 4.0, which focuses primarily on technological innovation, Society 5.0 aims to integrate technology with social values and human needs. The goal of Society 5.0 is to create a sustainable and inclusive society where technology is used to enhance human well-being and address social challenges.

Society 5.0 envisions a future where technology is used to create solutions for pressing societal issues such as climate change, aging population, and social inequality. For example, the use of smart grids and renewable energy can help reduce carbon emissions and mitigate the effects of climate change. The development of assistive technologies can support the aging population and improve their quality of life. And the use of blockchain technology can enable greater transparency and accountability in social and economic systems.

However, the transition from Industry 4.0 to Society 5.0 is not without its challenges. One of the biggest challenges is the need for a comprehensive and inclusive approach that considers the social and ethical implications of new technologies. There are concerns about job displacement, privacy, and the potential for unintended consequences, which must be addressed to ensure that the benefits of digitalization are accessible to all (**Fig. 3**):

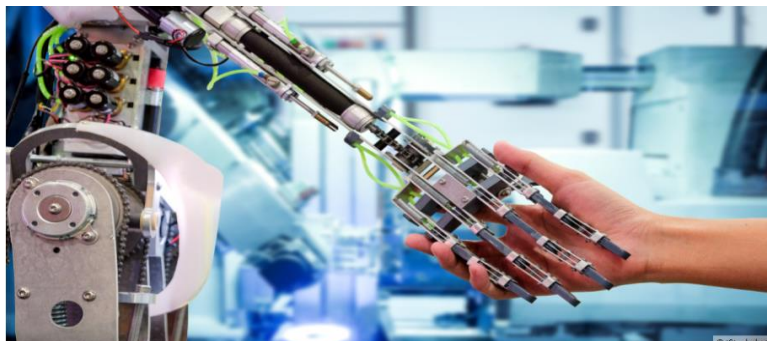


Fig. 3. The relationship of humans and machines in an evolving work environment

As a result of the rapidly increasing use of information and digital technologies, the global economy is undergoing a rapid transformation. One of the distinguishing factors of recent years is the exponential growth of machine processing of information or digital information. These processes are accompanied by the development of technologies for processing large information flows, artificial intelligence (AI) and new business models. Every day, more and more devices are connected to the network, connecting more and more people to digital services. Consequently, a larger value chain is created through connected digital technologies, which in turn stimulates its expansion and development.

5. Experience of countries around the world in the direction of digitalization

The study of value creation in the digital economy not only helps us to assess the value of the digital economy, but is also a good tool for individual countries to identify links in the value chain where the lack of infrastructure or its underdevelopment causes delays in development. Accordingly, they are given the opportunity to implement targeted measures on an individual area to address the problems.

Over the past 16 years, the digital economy has grown 2.5 times faster than global GDP. Most of the value created is in developed countries - America (35%), China (13%), Japan (8%), and the European Union (25%), with Germany dominating. It's important to note that all the value of the digital economy has been created in the last 30 years, when other areas have been developing for centuries.

Experience of leading countries in this direction:

- **China's** - success in the digital age is due to the significant steps taken in the past 20 years:
- **Internet** access. The first step that China took towards the development of the digital economy was to connect the population to the Internet. The government played an important role in this by ensuring that the infrastructure was built.
- The **introduction** of ICT technologies in education is the most important factor in the development of the digital economy. The availability of knowledge in the direction of information and communication technologies is achieved by their implementation in education.
- **Formation** of the relevant agency. In 2008, China established the Ministry of Industry and Information Technology (MIIT), which is responsible for the development of Internet, telecommunications, broadcasting and other digital products and services.
- **Germany's** - information and communication sector (ITC) plays an important role in employment. In the last 5 years, 150,000 jobs have been created in this sector, employing a total of one million people. Revenues in this sector amounted to 161 billion euros.

The success of the digital economy in Germany is due to a number of important factors:

✓ Internet access. As we mentioned in the case of China, the most important factor in the development of the digital economy is the Internet. If the population does not have access to the Internet and digital technologies, it is impossible to develop a consumer market for digital products. Germany is one of the leading countries in this direction, where 90% of the population has access to the Internet.

✓ Formation of a digital ecosystem - Germany has an association of the digital economy Bitcom, which unites 2,700 companies across the country. The association ensures the development of various digital services and products and promotes the introduction of digital technologies in all sectors.

✓ Government support. In Germany, cooperation between the state and the private sector is a key factor in the development of the digital economy.

6. “Digital Situation” in Georgia

Despite recent steps taken, Georgia's digital readiness is still low, primarily due to low access to the Internet (75%). - Georgia, together with the countries of the region, is on the list of countries with a low level of digitalization but high growth rates, which is typical for developing countries.

Georgia is in the middle level with the countries of the region in terms of digital economy development and digital readiness, but has a high growth potential. We can positively assess the activities of the Data Exchange Agency in the development of the draft law on e-commerce and the e-Georgia strategy. It should also be noted that the introduction and adaptation of information and communication technologies in education is actively underway. A step forward is the use of the European model of telecommunication regulation and improvement of electronic customs procedures. Digitalization of public services is successfully underway. A step forward in this regard is the creation of a single portal of e-services www.my.gov.ge; Creation of platforms of the Agency for Development of Public Services and Data Exchange, where it's possible to receive various services online in all areas [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11].

7. Conclusion

Digital technologies are developing at a rapid pace. At the same time, innovative technologies are being developed in this sphere, which is directly related to the country's economic growth indicators.

The importance of digital technologies and the reflection of their impact on the economies of countries have a directly proportional impact on the indicator of the standard of living of each person and the indicator of the realization of the individual in society.

Technology is not uniquely determinative. It creates both opportunities and challenges. Therefore, a country's benefits depend on how it seizes opportunities and responds to challenges.

The digital economy opens up entirely new opportunities for countries to generate economic growth, employment, increase efficiency in all spheres and be competitive in the digital world. One of the most important challenges in this direction is the digital divide, the main determinant of which is the unequal access of different groups of society to digital technologies, which affects their ability to develop digital skills and be employed in the digital world. The most important problem in this direction is the low level of access to the Internet. Internetization is the formation of the environment of the digital economy, the further improvement of which creates an opportunity for the development of the digital economy. A prerequisite for Internetization is the formation of infrastructure. In this direction, an important responsibility lies with the state, which must ensure the creation of an environment where society is no longer dependent on specific suppliers and business interests. The integration of digital infrastructure is necessary in all spheres: from the financial sector to agriculture.

References:

1. <https://hsbi.hse.ru/articles/tsifrovye-tehnologii-v-ekonomike/>
2. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx
3. <https://media.inti.asia/read/from-industry-40-to-society-50-the-evolution-of-digitalization-and-its-impact-on-society>
4. <https://www.dwih-tokyo.org/en/event/ai-and-the-future-of-work/>
5. <https://geoeconomics.ge/?p=12627>
6. Schwab, K. (2015). *The Fourth Industrial Revolution - What It Means and How to Respond*. 12.

7. E. Gogilidze, N. Gogilidze. The impact of modern information and communication technologies on the formation of society. Internat. scientific-practical conf.: „Modern challenges and achievements in information and communication technologies“, Tbilisi, 2023, pp. 365-375.
8. Gogilidze E., Gogilidze N. Intelligent Transport Systems in the XXI century. <https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/view/2678>.
9. Gogilidze E. Wireless data transmission technologies and their importance. Automated systems of labor management. 2017 No. 1 (23). p. 84-92.
10. Gogilidze E. 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.
11. Gogilidze E. Wireless data transmission technologies and their importance. Automated systems of labor management". 2017 No. 1 (23). p. 84-92.

ციფრული ტექნოლოგიების როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე მსოფლიოს ეკონომიკაში

ემელიანე გოგილიძე, ნათია გოგილიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
gogilidzeemeliane05@gtu.ge; nataligogilidze@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ICT სამეცნიერო სფეროს მნიშვნელობისა და განვითარების პერსპექტივები დღევანდელ მსოფლიოში. ინფორმაციული ტექნოლოგიების შემოქმედება ეკონომიკაზე განპირობებულია „პროდუქტიულობის პარადოქსით“, როდესაც ფირმების მიერ საინფორმაციო ტექნოლოგიებში ინვესტირებული მოგების წილის ზრდა არ იწვევს მათი ძირითადი ფინანსური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. ქვეყნის ეკონომიკა რომ მსოფლიო ეკონომიკის სრულყოფილ ნაწილად იქცეს, მშპ-ს ზრდა უნდა ეყრდნობოდეს ICTB ს ყველა ასპექტს და მასზე სრული დაშვების შესაძლებლობას. სწრაფი ტექნოლოგიური ცვლილება დაეხმარება ქვეყნებს არსებული ეკონომიკური მდგომარეობის დაძლევაში. საკმარისი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გათვალისწინებით. ახალმა მიღწევებმა შეიძლება გზა გაუხსნას სრულ სტრუქტურულ ტრანსფორმაციას, გახსნას ახალი შესაძლებლობები ახალ ბაზრებზე. განვითარებად ქვეყნებს შეუძლია შეამციროს მოწინავე ტექნოლოგიების ხარჯები და გადავიდეს დაბალანაზღაურებად საქმიანობაზე, გლობალური მონაწილეობის უპირატესობით.

საკვანძო სიტყვები: თანამედროვე ტექნოლოგია, ციფრული ეკონომიკა, ხელოვნური ინტელექტი, ციფრული ტექნოლოგიები, IoT, big data, ინდუსტრია 4.0, საზოგადოება 5.0.

მართლმსაჯულების რევილუცია: ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობები და პოტენციური რისკები

მაგდა ბერუაშვილი
ბიზნესისა და ტექნოლოგიების უნივერსიტეტი
Magda.beruashvili@gmail.com

რეზიუმე

გასული წლებიდან მოყოლებული ხელოვნურმა ინტელექტმა ჩვენი ცხოვრების ბევრ სფეროში შეაღწია და ძირეულად შეცვალა. იგი ჩვენი ყოველდღიურობის ნაწილი გახდა. მას იყენებენ როგორც ბიზნესში, ასევე საჯარო სექტორებში. ციფრული პლატფორმები და საშუალებები იქცა ყველა საკვანძო მიმართულებით საქმიანობის უწყვეტობის უზრუნველყოფის ერთგვარ გარანტად. 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, ML, მართლმსაჯულების სისტემა, სამართალწარმოება

1. შესავალი

ევროპის საბჭო ხელოვნურ ინტელექტს განმარტავს, როგორც: „მეცნიერებების, თეორიების, ტექნოლოგიების ერთობლიობა, რომლის მიზანია ადამიანის კოგნიკური უნარების რეპროდუცირება მანქანის მიერ. არსებული განვითარების დონის გათვალისწინებით, ხელოვნური ინტელექტი ნიშნავს ადამიანის მიერ გასაკეთებელი რთული ინტელექტუალური დავალებების დელეგირებას მანქანისთვის.

ევროკომისიის მაღალი რანგის ექსპერტთა ჯგუფის (AI HLEG) შემუშავებული განმარტების მიხედვით, კი „ხელოვნური ინტელექტი ახასიათებს ისეთ სისტემებს, რომლებიც, გარემოს ანალიზით, ავლენს ინტელექტუალურ ქცევას და, დამოუკიდებლობის გარკვეული დონით, ახორციელებს ქმედებებს კონკრეტული მიზნების მისაღწევად. AI-ზე დაფუძნებული სისტემები შეიძლება იყოს ვირტუალურ სამყაროში სრულად პროგრამული უზრუნველყოფაზე დაფუძნებული (მაგ.: ხმის ასისტენტები, გამოსახულების ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა, საძიებო სისტემები, ხმის და სახის ამომცნობი სისტემები) ან შესაძლებელია, რომ AI ჩანერგილი იყოს კომპიუტერულ მოწყობილობებში (მაგ.: განვითარებული რობოტები, ავტომატური მართვის/თვითმართვადი მანქანები, დრონები, საგნების ინტერნეტის აპლიკაციები).”

„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.

ხელოვნური ინტელექტის სისტემები ასევე შეიძლება დიფერენცირებული იყოს 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. 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.

2. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები

ხელოვნური ინტელექტი გვთავაზობს მრავალფეროვან შესაძლებლობას, სხვადასხვა სექტორის გასაუმჯობესებლად. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები სულ უფრო ხშირად გამოიყენება სამართალწარმოებაში და სასამართლო დარბაზებში მთელი მსოფლიოს მაშტაბით, დაწყებული ავსტრალიიდან, ჩინეთიდან, შეერთებული შტატებიდან და გაერთიანებული სამეფოდან ესტონეთამდე, მექსიკამდე და ბრაზილიამდე. ხელოვნური ინტელექტის სისტემები შენდება, ტესტირდება, ვითარდება და ადაპტირდება სასამართლოებსა და ტრიბუნალებში გლობალურად. ხელოვნურ ინტელექტს აქვს პოტენციალი გაზარდოს პროცესების ეფექტურობა, სიზუსტე და გააუმჯობესოს მართლმსაჯულების ხელმისაწვდომობა.

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 მოსამართლეთათვის გაფრთხილების მისაცემად, თუ მათი გადაწყვეტილება არ ემთხვევა მონაცემთა ბაზას.

ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ადამიანის უფლებათა ევროპული სასამართლოს (ECHR) გადაწყვეტილებების პროგნოზირება. ეს ინსტრუმენტი იყენებს ენის ბუნებრივი დამუშავებისა და მანქანური სწავლებას, რათა წინასწარ განსაზღვროს, დაირღვა თუ არა ადამიანის უფლებათა ევროპული კონვენციის (ECHR) კონკრეტული დებულება განსახილველ საქმეზე. ინსტრუმენტი მუშაობს ადრინდელი გადაწყვეტილების საფუძველზე. ხელოვნური ინტელექტი 79% სიზუსტით იღებს იმავე გადაწყვეტილებებს, რომლებსაც ადამიანი მოსამართლე.

გარდა ზემო აღნიშნულისა, ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება სასამართლო პროცესის დროს დოკუმენტების განხილვის და ანალიზისთვის, რათა დადგინდეს აკმაყოფილებს თუ არა ისინი წინასწარ განსაზღვრულ კრიტერიუმებს. სასამართლო დავისთვის დოკუმენტის განხილვა გულისხმობს შესაბამისი დოკუმენტების მოძიებას, ამ შემთხვევაში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება აუმჯობესებს დოკუმენტის ანალიზის სიჩქარეს, სიზუსტეს და ეფექტურობას. ხელოვნური ინტელექტის კიდევ ერთ ინსტრუმენტს წარმოადგენს ხელშეკრულებების ანალიზი, რომელსაც შეუძლია დახმარება როგორც ყველა გარიგებების, ასევე ინდივიდუალური ხელშეკრულებების განხილვაში. JPMorgan-ში ხელოვნურ ინტელექტზე მომუშავე პროგრამა, სახელწოდებით COIN, გამოიყენება 2017 წლის ივნისიდან კომერციული სესხის ხელშეკრულებების ინტერპრეტაციისთვის. სამუშაო რომელსაც 360 000 ადვოკატის საათი ჭირდებოდა ეხლა შეიძლება შესრულდეს წამებში.

3. ეთიკური გამოწვევები

ხელოვნური ინტელექტი გვთავაზობს პერსპექტიულ პოტენციალს და სარგებელს, თუმცა ამდროულად მას თან ახლავს მნიშვნელოვანი ეთიკური გამოწვევები, კერძოდ:

ზოგ შემთხვევაში ხელოვნურ ინტელექტს ახასიათებს მიკერძოება და დისკრიმინაცია, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს არასამართლიანი შედეგები, მაგ. 2019 წელს გამოცხადდა, რომ Apple Pay-ს ჰქონდა განსხვავებული საკრედიტო ლიმიტები ქალებისთვის და მამაკაცებისთვის. ქალები იღებდნენ უფრო დაბალ საკრედიტო ლიმიტებს და იყვნენ დაუცველები Apple-ს ალგორითმის გამო. რასიზმის გამოვლენის მაგალითი დაკავშირებულია Google Photos-თან, შავკანიანთა ფოტოების დასახელება ხდებოდა, როგორც „შავკანიანები“.

გეროს ადამიანის უფლებათა საყოველთაო დეკლარაციის მე-7 მუხლი (დისკრიმინაციის აკრძალვა) და მე-12 მუხლი (პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობა), ისევე როგორც **სამოქალაქო და პოლიტიკურ უფლებათა საერთაშორისო კონვენციის მე-2, მე-3 და მე-17 მუხლები**, სავალდებულოა ყველა ხელმომწერი სახელმწიფოსთვის, როდესაც საქმე ეხება ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებას. სახელმძღვანელო მითითებებში აღნიშნულია ალგორითმების საჯაროობისა და გადაწყვეტილების მიღების პროცესების გამჭვირვალობის აუცილებლობა. **AI-ის** მიერ მიღებული გადაწყვეტილებები უნდა იყოს პროგნოზირებადი და საჭიროებს ადამიანურ ზედამხედველობას. მონაცემთა ბაზების გამჭვირვალობა და მათი დამუშავების საფუძველების საჯაროდ ხელმისაწვდომობა აუცილებელია AI-ის განვითარებისთვის, რომელიც უნდა მოხდეს ეთიკური, მორალური და სამართლებრივი მექანიზმებით კონტროლირებად გარემოში.

ერთ-ერთ გამოწვევას წარმოადგენს ასევე პირადი მონაცემების დაცვა და კონფიდენციალურობა. მასობრივი მეთვალყურეობა და მონაცემების შეგროვება გამოვლინდა Amazon-ის პროექტში „Rekognition“, რომელიც განკუთვნილი იყო რეალურ დროში ადამიანის იდენტიფიცირებისთვის, თუმცა მას ახასიათებდა კონფიდენციალურობისა და მეთვალყურეობის პრობლემები.

კონფიდენციალურობა და მონაცემთა დაცვა ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული, თუმცა ისინი განსხვავებული უფლებებია, კონფიდენციალურობა ფუნდამენტური უფლებაა, მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანა აღიარებს კონფიდენციალურობის უფლებას, გარკვეული ფორმით კონსტიტუციაში ან სხვა რეგულაციებში. გარდა ამისა კონფიდენციალურობა აღიარებულია ადამიანის ზოგად უფლებად, განსხვავებით მონაცემთა დაცვისა. კონფიდენციალურობისა და პირადი ცხოვრების უფლება გათვალისწინებულია ადამიანის უფლებათა საყოველთაო დეკლარაციაში (მუხლი 12), ადამიანის უფლებათა ევროპულ კონვენციაში (მუხლი 8) და ძირითადი უფლებათა ევროპული ქარტია (მუხლი 7). მონაცემთა დაცვა გულისხმობს იდენტიფიცირებულ ან იდენტიფიცირებად ფიზიკურ პირთან დაკავშირებულ ყველა ინფორმაციის დაცვას - სახელების, დაბადების თარიღების, ფოტოების, ვიდეო ჩანაწერების, ელექტრონული ფოსტის მისამართების და ტელეფონის ნომრების ჩათვლით. მონაცემთა დაცვის კონცეფციას აქვს თავისი ფესვები კონფიდენციალურობის უფლებაში და ორივე მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია ფუნდამენტური უფლებების დასაცავად. მონაცემთა დაცვას აქვს ზუსტი მიზნები, რათა უზრუნველყოს პერსონალური მონაცემების დამუშავება (შეგროვება, გამოყენება, შენახვა) კეთილსინდისიერად როგორც საჯარო, ისე კერძო სექტორის მიერ.

მონაცემთა დაუცველობის ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენს Cambridge Analytica, მონაცემთა ანალიზის კომპანიის ქმედება, რომელიც 2016 წლის საპრეზიდენტო კამპანიის მხარდასაჭერად უკანონოდ იყენებდა Facebook-ის მომხმარებლების პირად მონაცემებს. დოკუმენტების მიხედვით, კომპანიამ მოიპოვა და გაანალიზა 50 მილიონი მომხმარებლის მონაცემები, რაც გამოყენებული იყო პერსონალიზებული პოლიტიკური რეკლამების შექმნისთვის.

ხელოვნური ინტელექტის განვითარებაში ეთიკური პრინციპების ინტეგრირება გადაწყვეტია იმისათვის, რომ ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტებმა დადებითი გავლენა მოახდინოს საზოგადოებაზე. 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.

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.

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.”

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.

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.

ყოველივე ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე, წარმოდგენილი ინფორმაცია ხაზს უსვამს ეთიკის როლს ხელოვნური ინტელექტის განვითარებაში. ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით მიღებული გადაწყვეტილებები იყოს გამჭვირვალე და გასაგები და ასევე შეესაბამებოდეს იურიდიულ მოთხოვნებს. ეს აუცილებელია ნდობის გასამყარებლად, ადამიანის ფუნდამენტური უფლებების დასაცავად და AI სისტემების გამოყენების უზრუნველსაყოფად ხალხის საჭიროებების შესაბამისად.

4. რეგულირების როლი

ხელოვნური ინტელექტის სამართლებრივი რეგულირება აუცილებელია ეთიკური სტანდარტების დანერგვისა და საზოგადოებაზე მისი გავლენის მართვისთვის. შესაბამისი რეგულაციები ხელს შეუწყობს რისკების მინიმიზაციას და მოახდენს შესაძლებლობების მაქსიმალიზაციას. მოცემულ შემთხვევაში განხილული იქნება მოქმედი კანონები, რეგულაციები და პროექტები.

2022 წლის ოქტომბერში თეთრი სახლის მიერ გამოქვეყნდა „The Blueprint for an AI Bill of Rights“, რომელიც ასახავს ხუთ ძირითად პრინციპს, რათა დაცული იქნას ამერიკული საზოგადოების უფლებები ხელოვნური ინტელექტის ეპოქაში.

1. უსაფრთხო და ეფექტური სისტემები: AI სისტემები უნდა იყოს დაცული სახიფათო ან არაეფექტური ტექნოლოგიებისგან. ეს მოიცავს სისტემების განვითარებას მრავალმხრივი კონსულტაციების საფუძველზე, რათა იდენტიფიცირდეს და შემცირდოს პოტენციური რისკები. უნდა მოხდეს სისტემების წინასწარი ტესტირება და მუდმივი მონიტორინგი მათი უსაფრთხოების და ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად.

2. ალგორითმული დისკრიმინაციის დაცვა: AI სისტემები უნდა იყოს დიზაინირებული ისე, რომ თავიდან აიცილოს ალგორითმული დისკრიმინაცია, რაც გულისხმობს გაუმართლებელი განსხვავებული მოპყრობის პრევენციას. დიზაინერები და დეველოპერები უნდა მიაწვდონ ზომები, რომ სისტემები იყოს სამართლიანი და ინდივიდუალური უფლებების დაცვა განუხრელად.

3. მონაცემთა კონფიდენციალურობა: მონაცემთა დაცვა უნდა იყოს მნიშვნელოვანი პრიორიტეტი. AI სისტემების დიზაინი უნდა მოიცავდეს კონფიდენციალურობის დაცვას და მომხმარებლების ნებართვის მიღებას მონაცემების გამოყენებაზე. დაცული უნდა იყოს თქვენი მონაცემების სწორად გამოყენება და კონფიდენციალურობა.

4. შენიშვნა და ახსნა: მომხმარებლებს უნდა მიაწვდონ ინფორმაცია, როდესაც AI სისტემები გამოიყენება და როგორ მოქმედებს ეს შედეგზე. სისტემები უნდა უზრუნველყოს გასაგები ახსნა-განმარტებები, რათა ადამიანები იცოდნენ როგორ ხდება შედეგების განსაზღვრა.

5. ადამიანური ალტერნატივები, განხილვა და უკან დაბრუნება: მომხმარებლებს უნდა ჰქონდეთ შესაძლებლობა უარი თქვან ავტომატიზირებულ სისტემებზე და მიიღონ ადამიანის განხილვა და გასწორება საჭიროების შემთხვევაში. უნდა იყოს უზრუნველყოფილი ადამიანის ფაქტორების გამოყენება, განსაკუთრებით მაღალი რისკის სიტუაციებში.

ასევე ევრო საბჭოს ხელოვნური ინტელექტის კომიტეტმა 2023 წლის 6 იანვარს გამოაქვეყნა ხელოვნური ინტელექტის, ადამიანის უფლებების, დემოკრატიისა და კანონის უზენაესობის შესახებ კონვენციის პროექტი.

კონვენციის პროექტის პირველი ნაწილი ეხება ზოგად დებულებებს, პირველი მუხლი შეეხება მიზანს და ობიექტს, რომლის თანახმადაც ეს კონვენცია ადგენს ფუნდამენტურ

პრინციპებს, წესებს და უფლებებს, რომლებიც მიზნად ისახავს ხელოვნური ინტელექტის სისტემების დიზაინის, განვითარებასა და გამოყენების სრულ შესაბამისობას ადამიანის უფლებების, დემოკრატიის ფუნქციონირებისა და კანონის უზენაესობის დაცვასთან. მეორე მუხლი ეძღვნება განმარტებებს, მუხლი სამი - დისკრიმინაციის აკრძალვის პრინციპს შეეხება, ხოლო მუხლი ოთხი მოიცავს ფარგლებს, კერძოდ, ეს კონვენცია გამოიყენება ხელოვნური ინტელექტის სისტემების დიზაინზე, განვითარებასა და გამოყენებაზე. მეორე ნაწილი ეთმობა

5. დასკვნა

მსოფლიოში სულ უფრო მეტად დომინირებს ხელოვნური ინტელექტი, ეთიკის ინტეგრირება გადამწყვეტია ხელოვნური ინტელექტის პოზიტიური ზემოქმედების მაქსიმალურად გაზრდის და უარყოფითი შედეგების შესამცირებლად. ამ სტატიაში აჩვენა, რომ ხელოვნური ინტელექტი გვთავაზობს მნიშვნელოვან პოტენციალს მართლმსაჯულების სისტემის გასაუმჯობესებლად. თუმცა ასევე წარმოაჩინა მნიშვნელოვანი ეთიკური გამოწვევები, მიკერძოება, დისკრიმინაცია, მონაცემთა დაცვის და კონფიდენციალურობის საკითხები. ხელოვნური ინტელექტის და ეთიკის მომავალი ჩამოყალიბდება ეთიკის სფეროში გაზრდილი კვლევებით, უფრო მკაცრი რეგულაციებით და ამ საკითხების შესახებ საზოგადოების ცნობიერების ამაღლებით. ეთიკა არის ხელოვნური ინტელექტის განვითარების განუყოფელი ნაწილი და დეველოპერების პასუხისმგებლობა სულ უფრო და უფრო ხაზგასასმელია. საბოლოო ჯამში, გამოწვევაა ხელოვნური ინტელექტის ძალის გამოყენება, რათა ხელი შეუწყოს ადამიანის კეთილდღეობასა და პროგრესს ადამიანის ეთიკისა და ღირსების კომპრომისის გარეშე. ეს მოითხოვს მუდმივ, ინფორმირებულ და ინკლუზიურ დისკუსიას იმ ეთიკური საკითხების შესახებ, რომლებსაც ხელოვნური ინტელექტი წარმოშობს, რათა უზრუნველყოს ხელოვნური ინტელექტის ეთიკური მომავალი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation>
2. Courts and Artificial Intelligence, A. D. (Dory) Reiling
3. <https://www.cmshs-bloggt.de/rechtsthemen/sustainability/sustainability-social-and-human-rights/wie-diskriminierend-ist-kuenstliche-intelligenz/> (ნანახია 30.09.2023წ.)
4. <https://www.aclu.org/news/privacy-technology/amazons-face-recognition-falsely-matched-28> (ნანახია 30.09.2023 წ.)
5. <https://www.din.de/resource/blob/754724/00dcbccc21399e13872b2b6120369e74/whitepaper-ki-ethikaspekte-data.pdf>
6. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Blueprint-for-an-AI-Bill-of-Rights.pdf> (ნანახია 01.10.2023 წ.)

Justice System Revolution: Artificial Intelligence Capabilities and Potential Risks

Magda Beruashvili

Business and Technology University

Magda.beruashvili@gmail.com

Abstract

Over the past years, artificial intelligence has penetrated many areas of our lives and fundamentally changed them. It has become part of our daily life. It is used both in business and public sectors. Digital platforms and tools have become a kind of guarantee for ensuring business continuity in all key directions. Accordingly, artificial intelligence is actively used in the justice systems of different countries, which, of course, creates both opportunities and risks. The article will discuss specifically what kind of opportunities are

created by artificial intelligence that is already being used in court systems and what risks exist when using artificial intelligence.

Keywords: AI, ML, Justice System, Legal Proceedings

მოდელირება აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეზე ბიზნესპროცესების ანალიზისას

სუხიაშვილი თეიმურაზი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
sukhiashvilitimuraz08@gtu.ge

რეზიუმე

პროგრამული სისტემების დაპროექტებისას ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომით დამუშავებისათვის აუცილებელია განიხილოს სისტემა არა მარტო სხვადასხვა თვალთახედვით, არამედ აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეზე. შეიძლება ითქვას, რომ პროგრამისტი მუშაობს შედარებით დაბალ, ხოლო ანალიტიკოსი და მომხმარებელი შედარებით მაღალ აბსტრაქციის დონეებზე. ვაკავშირებთ რა სხვადასხვა აბსტრაქციის მოდელებს ერთმანეთთან საშუალება გვძლევს გასაგები გავხადოთ იგი როგორც ანალიტიკოსისა და პროგრამისტისათვის, ასევე მომხმარებლისათვის. გარდა ამისა სისტემა უფრო ადვილად ადაპტირდება ცვალებად გარემოსთან.

საკვანძო სიტყვები: აბსტრაქცია, ბიზნესპროცესი, ანალიზი, დიაგრამა, კოოპერაცია, მოდელის დიაგრამა, პრეცედენტი.

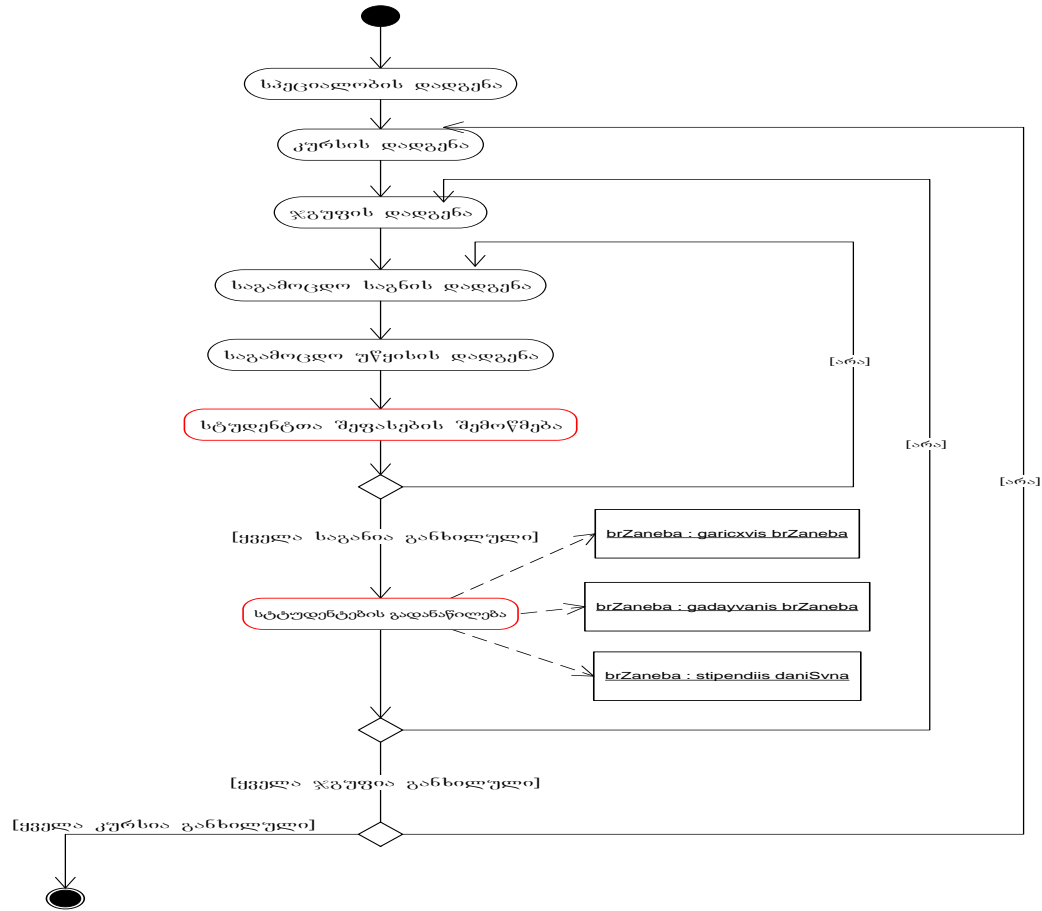
1. შესავალი

აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეებზე მაგალითად, თუ გვაქვს სისტემის კლასები, რომლებიც მოიცავს საპრობლემო სფეროს ლექსიკონს, მაშინ პროგრამისტისათვის საჭირო იქნება თითოეული მათგანის შესწავლა შესაბამისი ატრიბუტებით, ოპერაციებითა და მიმართებებით. მეორეს მხრივ, ანალიტიკოსისათვის, რომელიც ათანხმებს საბოლოო მომხმარებელთან სისტემის გამოყენების სხვადასხვა ვარიანტებს, იგივე კლასები დასრულებული სისტემის დასჭირდებათ მაქსიმალურად გამარტივებული სახით. მაშასადამე, შეიძლება ითქვას, რომ პროგრამისტი მუშაობს შედარებით დაბალ, ხოლო ანალიტიკოსი და მომხმარებელი შედარებით მაღალ აბსტრაქციის დონეებზე. რამდენადაც დიაგრამები, არსებითად წარმოადგენენ მოდელის შემადგენელი ელემენტების გრაფიკულ წარმოდგენას, შეგვიძლია დავხაზოთ ერთი და იმავე მოდელის რამოდენიმე დიაგრამა, რომელთაგან თითოეული მალავს ან პირიქით, წარმოაჩენს ზოგიერთ ელემენტებს და შესაბამისად გვიჩვენებს დეტალიზაციის სხვადასხვა დონეს. ყველა შემთხვევაში თუ შესაქმნელია მოდელი რეალიზაციისათვის, დაგჭირდება ყველაზე დაბალი დონის დიაგრამები, ხოლო საბოლოო მომხმარებლისათვის ძირითადი კონცეფციების გადასაცემად, დაგჭირდება მაღალდონიანი დიაგრამები, რომელშიც დეტალების უმრავლესობა დამალულია. კონცეპტუალური კავშირების მოდელირება ელემენტებს შორის, რომლებიც სხვადასხვა მოდელებში არიან, შესაძლებელია ტრასირების დამოკიდებულებით. ტრასირება წარმოიდგინება სტერეოტიპული დამოკიდებულებით. დამოკიდებულების მიმართულებას არსებითი მნიშვნელობა არა აქვს, თუმცა ჩვეულებრივ ისარი მიუთითებს უფრო ადრეულ ობიექტს. უფრო ხშირად ტრასირების მიმართება გამოიყენება იმისათვის, რომ უჩვენონ გზა მოთხოვნიდან რეალიზაციამდე.

2. ძირითადი ნაწილი

სისტემის აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეების მოდელირებისათვის, იმისგან დამოკიდებულებით თუ რა მოთხოვნებია გასათვალისწინებელი, ვქმნით დიაგრამას შესაბამის აბსტრაქციის დონეზე. რისთვისაც ვმალავთ ან წარმოვაჩენთ არსებებს, რომლებიც ქმნიან მოდელს. კერძოდ, ვიყენებთ მხოლოდ იმ სამშენებლო ბლოკებს და მიმართებებს მათ შორის,

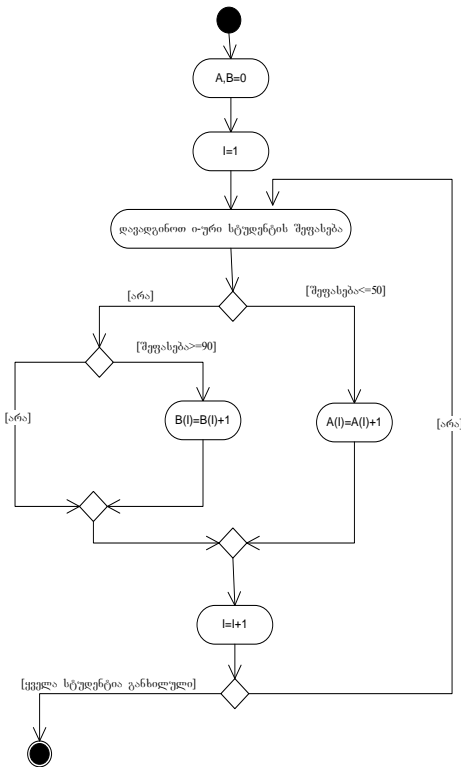
რომლებიც შეესაბამებიან ამ მოთხოვნებს, დანარჩენებს უგულებელვყოფთ. ქცევის დიაგრამებზე უჩვენებთ მხოლოდ იმ შეტყობინებებს და გადასვლებს, რომლებსაც აქვთ მნიშვნელობა არსებული მოთხოვნების გადმოსაცემად.



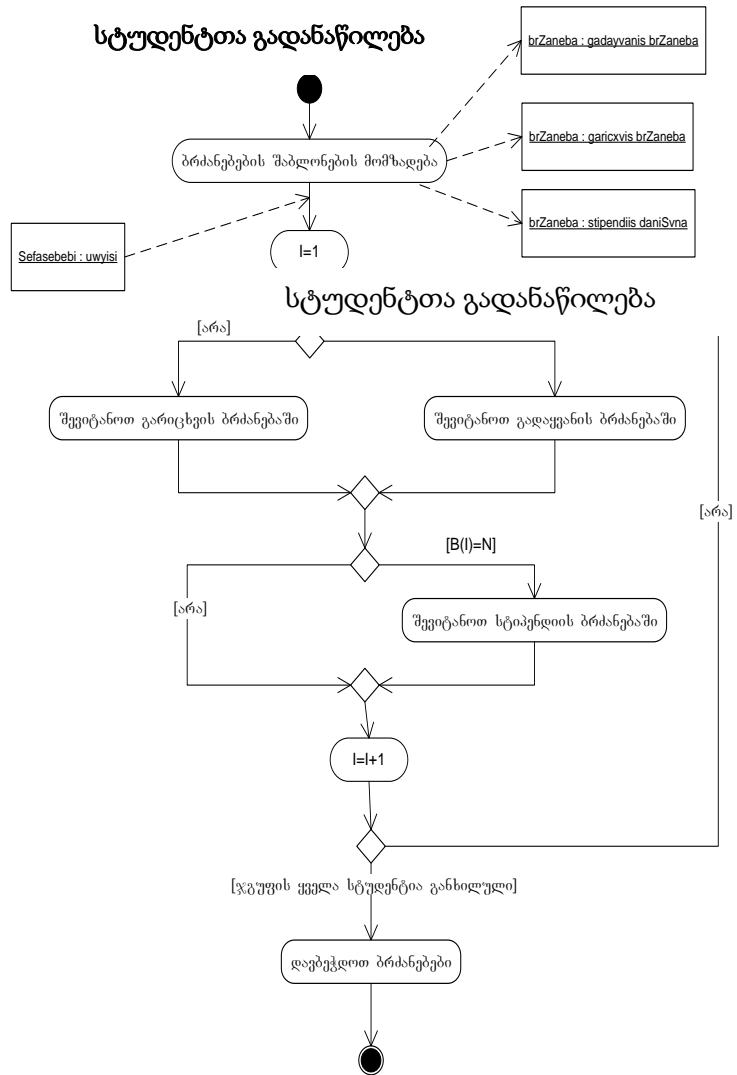
ნახ.1

მაგალითისათვის 1-ელ მოყვანილია უნივერსიტეტებში სასწავლო პროცესის ორგანიზების ამსახველი აქტიურობის დიაგრამის ფრაგმენტი (უწყისების დამუშავება) აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ყველაზე მაღალ დონეზე გამოსახულია ძირითადი მოთხოვნები სისტემისადმი (უწყისების დამუშავება), რომლებიც დეტალიზირდება ქვედა დონეებზე მათი რეალიზაციის უზრუნველსაყოფად. ნახაზზე დეტალიზება ნაჩვენებია მხოლოდ პრეცედენტისთვის „უწყისების დამუშავება“. ორივე დიაგრამა მიეკუთვნება ერთი და იმავე მოდელს, მაგრამ ახდენენ სხვადასხვა დეტალიზაციის დონის დემონსტრირებას.

შეფასების შემოწმება



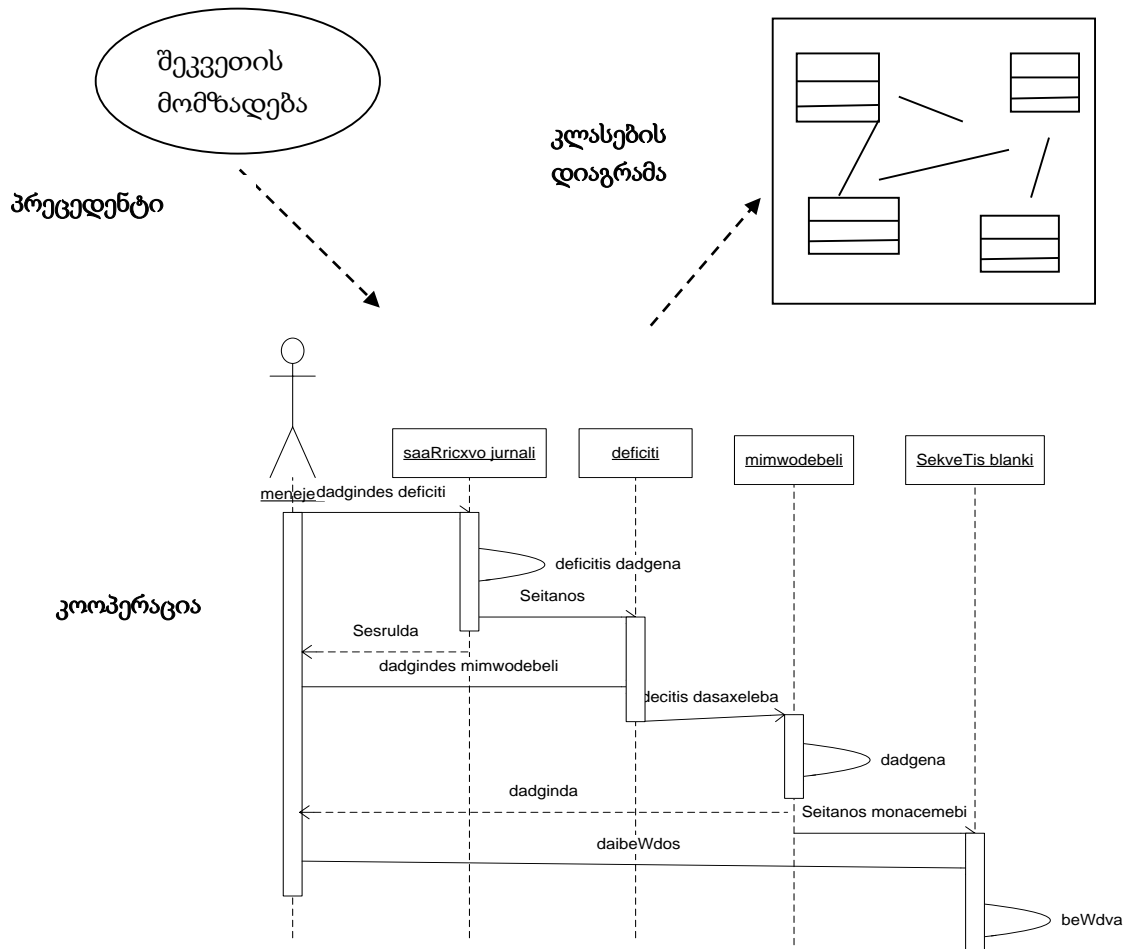
სტუდენტთა გადანაწილება



ნახ. 2

მოცემული მიდგომის თავისებურება იმაშია, რომ მოდელირების პროცესში გამოიყენება სემანტიკური მცნებების ახალი ნაკრები (შეფასების შემოწმება, სტუდენტების გადანაწილება). და ცვლილებამ დიაგრამაზე აბსტრაქციის ერთ დონეზე, შეიძლება გამოიწვიოს უფრო დაბალ დონეებზე არსებული დიაგრამების არსებითი შეცვლა. რაც საშუალებას გვაძლევს სწრაფად აღმოვაჩინოთ სისტემის შესაცვლელი ნაწილი.

აბსტრაქციების გამოყენების მეორე საშუალებაა, შევქმნათ სხვადასხვა მოდელები აბსტრაქციის სხვადასხვა დონით და ტრასირების დიაგრამები ერთი მოდელიდან მეორეზე. მოცემულ შემთხვევაში ვირჩევთ რა აბსტრაქციის საჭირო დონეს ვაგებთ ყოველი დონისათვის თავის დამახასიათებელ მოდელს, შემდეგ ვადგენთ ტრასირების მიმართებას სხვადასხვა დონის დამაკავშირებელ ელემენტებს შორის. მაგალითად, მოდელში პრეცედენტების თვალთახედვით პრეცედენტები ტრასირდებიან მოდელის კოოპერაციებთან პროექტირების თვალთახედვით, ხოლო კოოპერაციები ტრასირდებიან კლასებთან, რომლებიც ერთობლივად ფუნქციონირებენ მოცემული კოოპერაციის განსახორციელებლად. ნახ.3.-ზე სწორედ გამოსახულია პრეცედენტი “შეკვეთის მომზადება”, შესაბამისი კოოპერაცია მიმდევრობის დიაგრამის სახით, რომელიც თავის მხრივ ტრასირდება კლასების დიაგრამაზე.



ნახ. 3

ასეთი მიდგომისას, სხვადასხვა დონის აბსტრაქციის დიაგრამები ნაკლებათ არიან ერთმანათთან დაკავშირებული. ცვლილება ერთ მოდელში არ მოახდენს ძალიან დიდ გავლენას დანარჩენებზე. საჭირო ხდება დამატებითი ძალისხმევა მოდელების და მათი დიაგრამების სინქრონიზაციაზე. ეს განსაკუთრებით იჩენს თავს თუ მოდელები მიეკუთვნებიან სასიცოცხლო ციკლის სხვადასხვა ფაზებს.

3. დასკვნა

მნიშვნელოვანი ბიზნეს-სემანტიკის მქონე სისტემების დამუშავებისას ანალიზის ეტაპზე აბსტრაქტული მოდელების აგების მოყვანილი მიოდგომა არის მოხერხებული საშუალებას სისტემის დაპროექტებისათვის.

ლიტერატურა:

1. Арлоу Дж., Нейштадт А. UML.2 и унифицированный процесс. 2-ое изд., Практический Объектно-ориентированный анализ и проектирование.. Санкт-Петербург-Москва, 2008.
2. სუხიაშვილი თ. მოდელირების უნიფიცირებული ენა (UML). პრაქტიკული ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზი და დაპროექტება. თბ., „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2018, 210 გვ. ელ. სახელმძღვანელო.

Modeling at different levels of abstraction in the analysis of business processes

Sukhiashvili Teimuraz
Georgian Technical University
Sukhiashviliteimuraz08@gtu.ge

Abstract

When designing software systems with an object-oriented approach, it is necessary for a developer to consider the system not only from different points of view, but also at different levels of abstraction. It can be said that the programmer works at relatively low, and the analyst and user at relatively high levels of abstraction. Connecting different abstraction models together allows us to make it understandable for both the analyst and the programmer, as well as for the user. In addition, the system is more easily adapted to the changing environment.

Keywords: abstraction, cooperation, activity, business process, analysis, diagram, precedent, interaction.

არარელაციული მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების მეთოდები

თამარ ბუზიაშვილი, ვალერი ტაკაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
buziashvilitamar08@gtu.ge v.takashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მონაცემთა ბაზების დაცვისა და უსაფრთხოების საკითხები. ისინი ეხება ინსტრუმენტების, კონტროლისა და ზომების სპექტრს, რომლებიც შექმნილია მონაცემთა ბაზის კონფიდენციალურობის, მთლიანობის, ხელმისაწვდომობის დასამყარებლად და შესანარჩუნებლად. სტატიაში ყურადღებაა გამახვილებული არარელაციული მონაცემთა ბაზის კონფიდენციალურობაზე, რადგან ეს არის ელემენტი, რომელიც კომპრომეტირებულია მონაცემთა უმეტესი დარღვევის დროს. მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოება კომპლექსური და რთული წამოწყებაა, რომელიც მოიცავს ინფორმაციული უსაფრთხოების ტექნოლოგიებისა და პრაქტიკის ყველა ასპექტს. წარმოდგენილია არარელაციული MongoDB ბაზის დაცვისა და უსაფრთხოების მეთოდები. დასაბუთებულია კიბერუსაფრთხოების, როგორც თანამედროვე ციფრული მსოფლიოს ახალი გამოწვევა, ლოგიკური კავშირი ინფორმაციულ-ტექნოლოგიურ ცვლილება-განვითარებასთან. ამიტომ აუცილებლობას წარმოადგენს უსაფრთხოების კუთხით, ახალი მეთოდებისა და მიდგომების შემუშავება, დანერგვა და გამოყენება კიბერ სივრცეში, არსებული ინფორმაციის დაცვისა და უსაფრთხოებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: არარელაციული მონაცემთა ბაზა, კიბერუსაფრთხოება, Mongo DB.

1. შესავალი

არარელაციული მონაცემთა ბაზები (NoSQL მონაცემთა ბაზები) განსხვავდებიან ტრადიციული რელაციური მონაცემთა ბაზებისგან (SQL მონაცემთა ბაზები) რამდენიმე ძირითადი მახასიათებლით:

მონაცემთა შენახვის მოდელი: არარელაციული მონაცემთა ბაზები იყენებენ სხვადასხვა მონაცემთა მოდელებს, როგორცაა დოკუმენტზე დაფუძნებული, გრაფზე დაფუძნებული, გასაღები-ღირებულების წყვილები და სვეტზე დაფუძნებული მოდელები. ეს მოდელები უზრუნველყოფენ უფრო მოქნილ და მასშტაბურ მონაცემთა შენახვას. მნიშვნელოვანია ასევე სქემის მოქნილობა რაც გულისხმობს იმას რომ არარელაციული მონაცემთა ბაზებს არ

საჭიროებენ წინასწარ განსაზღვრულ სქემას, რაც საშუალებას აძლევს მონაცემთა სტრუქტურების დინამიურად შეცვლას და ადაპტირებას.

არარელაციული მონაცემთა ბაზები ხშირად გამოიყენება ჰორიზონტალური მასშტაბურობისთვის, რაც ნიშნავს, რომ მონაცემთა ბაზის მასშტაბირება შესაძლებელია დამატებითი სერვერების გამოყენებით. არარელაციული მონაცემთა ბაზები ხშირად უზრუნველყოფენ მონაცემთა რეპლიკაციას და განაწილებას, რაც ზრდის სისტემის ხელმისაწვდომობას და გამძლეობას, ასევე ბაზები ხშირად გამოიყენება დიდი მონაცემთა ნაკრებების, რეალურ დროში ანალიტიკის, IoT (ინტერნეტ ნივთების) და სხვა აპლიკაციებისათვის, სადაც საჭიროა სწრაფი და მოქნილი მონაცემთა დამუშავება.

2. ძირითადი ნაწილი

არარელაციული MongoDB უსაფრთხოების მახასიათებლები მოიცავს რამდენიმე მნიშვნელოვან ასპექტს, რომლების უზრუნველყოფენ მონაცემთა დაცვას და კონფიდენციალურობას.

ავთენტიფიკაცია - ავთენტიფიკაციის დროს MongoDB ამოწმებს კლიენტის ვინაობას. როდესაც წვდომის კონტროლი (ავტორიზაცია) ჩართულია, MongoDB მოითხოვს ყველა კლიენტს საკუთარი თავის ავთენტიფიკაციას, რათა დადგინდეს მათი წვდომა სერვერზე. მიუხედავად იმისა, რომ ავთენტიფიკაცია და ავტორიზაცია მჭიდრო კავშირშია, ავთენტიფიკაცია განსხვავდება ავტორიზაციისგან:

ავთენტიფიკაცია ადასტურებს მომხმარებლის იდენტურობას ხოლო, ავტორიზაცია განსაზღვრავს დამოწმებული მომხმარებლის წვდომას რესურსებსა და ოპერაციებზე.

როლებზე დაფუძნებული წვდომის კონტროლი - MongoDB იყენებს როლებზე დაფუძნებულ წვდომის კონტროლს (RBAC) MongoDB სისტემაზე წვდომის მართვისთვის. მომხმარებელს ეძლევა ერთი ან მეტი როლები რომელიც განსაზღვრავს მომხმარებლის წვდომას მონაცემთა ბაზის რესურსებსა და ოპერაციებზე. როლური დავალებების მიღმა, მომხმარებელს არ აქვს წვდომა სისტემაზე. მას შემდეგ, რაც წვდომის კონტროლი ჩართულია, მომხმარებლებმა უნდა დაადასტურონ საკუთარი თავი. როლი ანიჭებს პრივილეგიებს რესურსზე მითითებული მოქმედებების შესასრულებლად. თითოეული პრივილეგია ან პირდაპირ არის მითითებული როლში, ან მემკვიდრეობით არის მიღებული სხვა როლიდან.

მონაცემთა მთლიანობა-MongoDB მხარს უჭერს ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) თვისებებს ტრანზაქციებისთვის, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა ოპერაციების სისწორეს და მთლიანობას. სქემის ვალიდაცია საშუალებას აძლევს ადმინისტრატორებს განსაზღვრონ მონაცემთა სტრუქტურა და ვალიდაციის წესები, ხოლო რეპლიკაციის მექანიზმებს MongoDB იყენებს მონაცემთა სარეზერვო ასლების შესაქმნელად, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა ხელმისაწვდომობას და მთლიანობას დაზიანების შემთხვევაში.

MongoDB-ს აუდიტის ლოგირების ფუნქცია საშუალებას აძლევს ადმინისტრატორებს ჩაწერონ და მონიტორინგი გაუწიონ მონაცემთა ბაზის ოპერაციებს, როგორცაა მომხმარებლის შესვლა, მონაცემთა ცვლილებები და ადმინისტრაციული ოპერაციები.

მონაცემთა ბაზის მონიტორინგი - MongoDB Atlas და სხვა მონიტორინგის ინსტრუმენტები უზრუნველყოფენ მონაცემთა ბაზის მუშაობის და უსაფრთხოების მონიტორინგს რეალურ დროში.

MongoDB-ს დაშიფვრის მექანიზმი - მონაცემთა განხილვის დროს: MongoDB-ს შეუძლია მონაცემების დაშიფვრა შესაბამისი ფუნქციების გამოყენებით, რომელსაც ეწოდება Transparent Data Encryption (TDE). TDE შიფრავს იმ ინფორმაციას, რომელიც შენახულია დისკზე, რათა დაიცვას მისი მონაცემები, მაშინაც კი თუ მასზე ფიზიკურ პირს ექნება წვდომა. MongoDB იყენებს WiredTiger-ს, ხოლო WiredTiger უზრუნველყოფს TDE-ის მხარდაჭერას. თქვენ შესაძლებლობა გაქვთ გააქტიუროთ TDE, ისეთი ინსტრუმენტების გამოყენებით, როგორცაა „mongod“-ის კონფიგურაციის ფაილი ან MongoDB Enterprise Manager. ხოლო, როდესაც გვსურს მონაცემების

დაცვა კლიენტებსა და MongoDB-ს სერვერების შემთხვევაში, ამ დროს უნდა გამოვიყენოთ SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security).

SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) -ის სტრუქტურა SSL/TLS უზრუნველყოფს, რომ არ მიეწოდოს მესამე მხარეს კონფიდენციალური მონაცემები. თქვენ შეგიძლიათ ეს ყველაფერი არეგულიროთ და დააკონფიგურიროთ SSL/TLS-ს მეშვეობით. MongoDB ასევე გთავაზობთ კლიენტის ველის დონის დაშიფვრას. ამ უკანასკნელით შეგიძლიათ დაშიფროთ დოკუმენტებში სასურველი ველები და იყოთ ინფორმირებულები, რაც მიზნად ისახავს იმას, რომ კონფიდენციალური მონაცემები დარჩეს სერვერზე დაშიფრულად და მხოლოდ კლიენტის მხრიდან იყოს მისი გამოყენება შესაძლებელი. იგი გვცხმარება რომ დავიცვათ ყველანაირი კონფიდენციალური ინფორმაცია, მაშინაც კი, როდესაც ეს კონფიდენციალური ინფორმაცია ინახება MongoDB-ში. MongoDB-ის სისტემა სრულიად გვცხმარება, რათა დავიცვათ კონფიდენციალური ინფორმაცია ნებისმიერ დროს. გაითვალისწინეთ, რომ ყველა ეს ფუნქცია შეიძლება არ იყოს მუდმივად ხელმისაწვდომი MongoDB-ის კოდის შემთხვევაში და შესაძლოა ზოგიერთ მათგანს დასჭირდეს MongoDB Enterprise-ს გამოყენება. სწორედ ამიტომ, აუცილებლად უნდა შეამოწმოთ თქვენი MongoDB-ის გამოშვება და ფუნქციები.

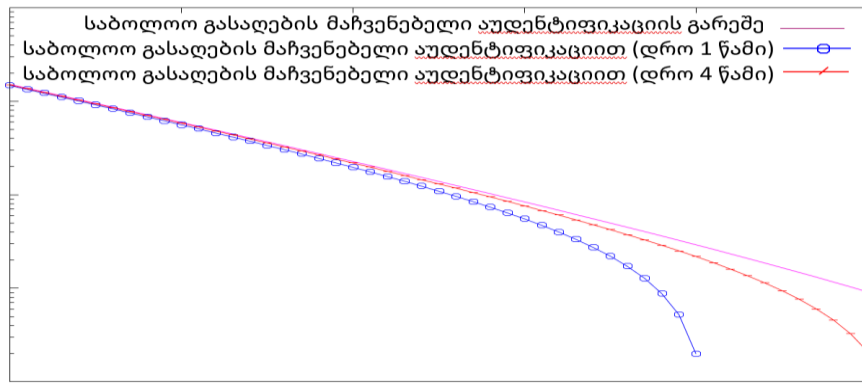
არარელაციული ბაზას უსაფრთხოების კუთხით აღსანიშნავი და გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ კვანტურ კომპიუტერებს აქვთ შესაძლებლობა გამოიყენონ დაშიფვრის გარკვეული ალგორითმები და შეასრულონ კონკრეტული მათემატიკური საკითხები იმაზე სწრაფად, ვიდრე ამას აკეთებენ კლასიკური კომპიუტერები. იმისათვის რომ ბაზა გავხადოთ უსაფრთხო უნდა განვიხილოთ პოსტ-კვანტური კრიპტოგრაფია რაც გახლავთ აქტიური კვლევისა და განვითარების სფერო, რომელიც მიზნად ისახავს დაშიფვრის და კრიპტოგრაფიული პროტოკოლების შექმნას, რომელიც დაიცავს კვანტურ კომპიუტერებს თავდასხმის შემთხვევაში. ტრადიციული SSL/TLS დაშიფვრა, რომელიც ეყრდნობა ასიმეტრიულ ალგორითმებს, როგორცაა RSA და ECC (Elliptic Curve Cryptography), არ არის დაცული ძლიერი კვანტური კომპიუტერების თავდასხმისგან. იმისათვის, რომ SSL/TLS იყოს უსაფრთხო, უნდა განვიხილოთ კვანტურ რეზისტენტული კრიპტოგრაფიული ალგორითმები. კვლევებზე დაყრდნობით წარმოდგენილი მაქვს რამდენიმე ძირითადი მოსაზრება: ჩანაცვლეთ რამდენიმე ალგორითმები (როგორცაა RSA ან ECC) კვანტურ რეზისტენტული ალგორითმებით. რამდენიმე ალგორითმი, როგორცაა NTRUEncrypt და Ring-LWE მოიცავს მთავარ ალგორითმებს. McEliece არის დაშიფვრის სქემა. პოლინომიური კრიპტოგრაფიის სქემებია: „Rainbow“, „Unbalanced Oil“ და „Vinegar“ (UOV).

SSL/TLS დაშიფვრის მოდელის წარმოდგენა კვანტური კრიპტოგრაფიით- ამ პარაგრაფში წარმოდგენილია „გასაღების გაცვლა“ SSL/TLS-ში ახლა უკვე ღია გასაღების დაშიფვრის გამოყენებით QKD პროტოკოლის დახმარებით. მოგეხსენებათ რომ SSL/TLS არის პროტოკოლი, რომელიც ეფუძნება მომხმარებლის ბრაუზერსა და სერვერს შორის უსაფრთხო კავშირს. იგი განკუთვნილია ორი სერვისის უზრუნველსაყოფად: დაშიფრული წერტილოვანი კავშირის და შეტყობინების სისტემის ერთიანობის. აქედან გამომდინარე პროტოკოლი შედგება ხუთი ნაწილისგან:

- ჩანაწერების პროტოკოლი (Record protocol);
- Handshake პროტოკოლი;
- შიფრის სპეციფიკის ცვლილების პროტოკოლი (Change cipher spec);
- გაფრთხილების პროტოკოლი (Alert Protocol);
- პროგრამის მონაცემთა პროტოკოლი.

ჩანაწერების პროტოკოლი (Record protocol) პასუხისმგებელია კოდირებაზე (DES, AES, და 3 DES...) და ერთიანობაზე (MD5 და SHA-1). მონაცემების მისაღებად იგი იყენებს პროგრამული მონაცემების პროტოკოლს. პირველ რიგში, მონაცემები დაყოფილი და დანაწევრებულია და თითოეული დანაწევრებული ფრაგმენტისთვის HMAC გამოითვლება და ემატება ჩანაწერს.

აღნიშნული სქემა აჩვენებს საბოლოო საკვანძო სიჩქარეს k და ორ უწყვეტ სიხშირეს k t პერიოდს 1 და 4 წამის განმავლობაში (ნახ.1).



ნახ. 1

თუ გამოიყენება ბლოკის შიფრირების ალგორითმი, ბლოკის შესავსებად შეიძლება საჭირო გახდეს მისი დაფარვა. მთელი ჩანაწერი (დანაწევრებული ფრაგმენტები, HMAC და არასავალდებულობა Padding (-გამოიყენება შინაარსის გარშემო სივრცის შესაქმნელად) დაშიფრულია. შემდეგ დაშიფრულ ბლოკს ემატება სათაური და მთელი პაკეტი გადაეცემა მონაცემთა გადაცემის დონეს. დაშიფრისთვის და მთლიანობისთვის საჭიროა გასაღები რომელიც განსაზღვრულია handshake პროტოკოლით. გასაღები წარმოიქმნება ორი შემთხვევითი ნომრისგან და pre-master secret-სგან (SSL/TLS აგენერირებს გასაღებებს pre-master secret-ში) pre-master secret გენერირებულია კლიენტის მიერ და დაშიფრულია გაგზავნამდე სერვერის ღია გასაღებით. ასე რომ გასაღების უსაფრთხოება მხოლოდ გაანგარიშებული და გამოთვლილია, რადგან დაკავშირებული კერძო გასაღების გამოთვლა შეუძლია მოწინააღმდეგეს შეუზღუდავი ძალებით. აქედან გამომდინარე ზემო აღნიშნულის მიზანია უსაფრთოდ „გასაღებს გაცვლა“ QKD-სთან ერთად. გაფრთხილების (Alert) პროტოკოლი გამოიყენება გაუთვალისწინებელი შეცდომების დროს handshake და record პროტოკოლების მიმდინარეობისას. აქედან გამომდინარე არსებობს შეცდომის სხვადასხვა საფეხურის აღმნიშვნელი რამდენიმე ტიპის შეტყობინება, რომელიც იგზავნება სერვერზე ან კლიენტის ბაზაზე. ზიანის მომყენებელი შეტყობინების მიღების შემდეგ კავშირი უნდა დაიხუროს და ყველაფერი უნდა გაუქმდეს.

3. დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილი და გაანალიზებულია არარელაციული მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების მეთოდები, გამოკვეთილი და დასაბუთებულია თუ რას იყენებს მონაცემთა ბაზა ინფორმაციის დაცვისათვის. ნაშრომში წარმოვადგინე SSL/TLS პროტოკოლის მოდიფიცირებულ ვერსიას, რათა ტექნოლოგიური სიახლის - როგორც კვანტური კომპიუტერის გავლენა Mongo DB - ის დაშიფრის მეთოდზე, მეტად გასაგები და ნათელი ყოფილიყო. გამოიკვეთა რომ ორივე მათგანი იყენებს QKD-ს როგორც საკვანძო გენერაციას. ჰიბრიდულ გამოსავალს აქვს ის უპირატესობა, რომ არ არის მაღალი ხარჯის დანაკარგები (თუნდაც მხოლოდ handshake პროტოკოლში) და უსაფრთხოების უფრო მაღალი დონე სტანდარტულ SSL/TLS პროტოკოლთან შედარებით.

ლიტერატურა:

1. <https://www.mongodb.com/resources/products/capabilities/best-practices>
- 2.
3. <https://www.mongodb.com/docs/v6.2/security/>
4. <https://www.mongodb.com/en-us/products/capabilities/security>
5. <https://www.mongodb.com/docs/manual/security/>

Non-relational database security methods

Tamar Buzhiashvili, Valeri Takashvili
Georgian Technical University
buziashvilitamar08@gtu.ge v.takashvili@gtu.ge

Abstract

In today's digital age, the protection and security of databases are among the most important issues. Database security refers to a range of tools, controls, and measures designed to establish and maintain the confidentiality, integrity, and availability of databases. The article focuses on the confidentiality of non-relational databases, as this is an element that is compromised in most data breaches. Database security is a complex and challenging endeavor that encompasses all aspects of information security technologies and practices. The methods for protecting and securing non-relational MongoDB presented and discussed in the article further illustrate that cybersecurity, as a new challenge in the modern digital world, is logically connected to information technology changes and developments. Therefore, it is necessary to develop, implement, and use new methods and approaches in cybersecurity to protect existing information.

Keywords: non-relational database, cybersecurity, MongoDB.

ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების თანამედროვე მეთოდები და ტექნოლოგიები

ხათუნა ბარდაველიძე¹, ლიანა თედეშვილი¹, ავთანდილ ბარდაველიძე²

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

bardavelidzekhatuna08@gtu.ge, l.tedeshvili@gtu.ge, bardaveli54@mail.ru

რეზიუმე

განხილულია ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების ტექნოლოგიები, როგორც გამოყენებითი კომპიუტერულ მეცნიერების დისციპლინების ერთ-ერთ მიმართულებას. მისი გამოყენების სფერო ეხება გაზომვებს, ბიომეტრიას, კომპიუტერულ დიზაინს, სამგანზომილებიან სიმულაციას, მედიცინას და მრეწველობის სხვადასხვა დარგებს. უფრო მეტიც, კომპიუტერული ტექნიკის მუშაობის გაუმჯობესებით, გამოსახულების დამუშავების ალგორითმებმა გააუმჯობესეს ციფრული გამოსახულების დამუშავების ტექნოლოგიის გამოყენება. ნაშრომი წარმოადგენს ციფრული გამოსახულების დამუშავების მეთოდების საფუძვლიან მიმოხილვას თანამედროვე ინჟინერიის სხვადასხვა დარგისთვის. წარმოდგენილია და განხილულია გამოსახულებათა დამუშავების ყველა ძირითადი მეთოდი, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, მიმოხილვა თითოეული მეთოდის უპირატესობებსა და შეზღუდვებზე, რაც უზრუნველყოფს ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების სფეროს შესახებ საფუძვლიან ინფორმირებას. დადგენილია, რომ ციფრული გამოსახულების დამუშავება აერთიანებს მეთოდების ჯგუფს, რომელიც ეხება ციფრული სურათების გარდაქმნებს კომპიუტერული ალგორითმების გამოყენებით. ეს არის არსებითი წინასწარი დამუშავების ეტაპი ბევრ გამოყენებით პროგრამებში, როგორც არის სახის, ობიექტების ამოცნობა, გამოსახულების შეკუმშვა, აღდგენა და გაუმჯობესება.

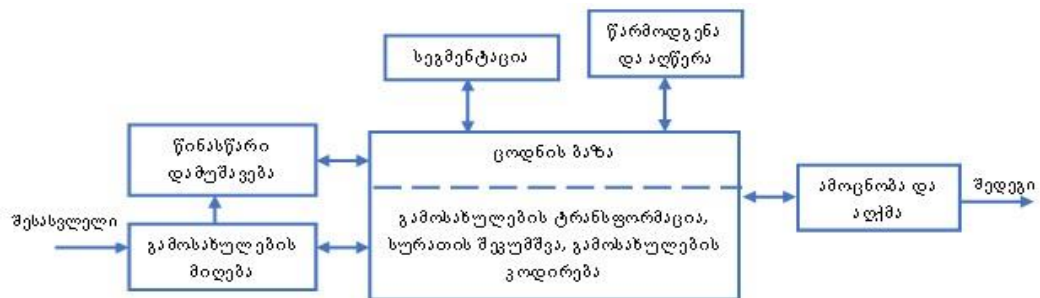
საკვანძო სიტყვები: გამოსახულების დამუშავება, სემანტიკა, აღდგენა, კუმშვა, ფილტრაცია.

1. შესავალი

კომპიუტერული ტექნოლოგიის განვითარებამ გამოიწვია ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების ტექნოლოგიის განვითარება, მუდმივი მოთხოვნა ციფრული გამოსახულების დამუშავების ტექნოლოგიაზე საზოგადოების სხვადასხვა სფეროებიდან, რამაც ციფრული გამოსახულების ტექნოლოგიების ახალი შესაძლებლობები შემოიტანა. იგი იყენებს სხვადასხვა სფეროებს ტექნოლოგიური მიღწევებით, როგორც არის მედიცინა, კოსმოსური მეცნიერებები, სამხედრო და სამრეწველო საქმიანობა, უსაფრთხოება, გეოგრაფიული საინფორმაციო

ტექნოლოგიები და სხვა [1]. 1920-იან წლებში ადამიანებმა პირველად გამოიყენეს ციფრული გამოსახულების დამუშავების ტექნოლოგია. ისინი იყენებდნენ სადენებს ფოტოების გადასატანად, თუმცა გადაცემული სურათების ხარისხი, არც თუ ისე კარგი იყო. ამიტომ აუცილებელი გახდა გამოსახულების ხარისხის გაუმჯობესება და ოპტიმიზება. მხოლოდ 1970-იან წლებში განახლდა ციფრული გამოსახულების დამუშავების ტექნოლოგია. რამდენადაც ტექნოლოგია მუდმივად განახლებადია და გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში, ციფრული გამოსახულების დამუშავების ტექნოლოგიის მოთხოვნები სულ უფრო მატულობს და აჩქარებს მათი დამუშავების მედოდების განვითარებას [2].

ციფრული გამოსახულების დამუშავება ეხება თავდაპირველი გამოსახულების ციფრულ სიგნალად გარდაქმნას და კომპიუტერული დამუშავების პროცესს, რომელიც მოიცავს გამოსახულების ხარისხის გაუმჯობესებას, ხმაურის შემცირებას, სეგმენტაციას, აღდგენას, კოდირებას და შეკუმშვას. ციფრული გამოსახულების დამუშავების პროცესი ნაჩვენებია სურათზე 1.



სურ. 1 ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების სქემა

ციფრული გამოსახულების დამუშავებისათვის დამახასიათებელია:

1. *გამოსახულების დამუშავების მაღალი გარჩევადობა.* ციფრული გამოსახულების ტექნოლოგია განსხვავდება ანალოგური ტექნოლოგიისგან იმით, რომ ის იწერს ინფორმაციას პიქსელთა ბადის სახით. აქედან გამომდინარე, გამოსახულების შენახვის სიზუსტე უმეტესად დამოკიდებულია კონვერტაციაში გამოყენებული კვანტირების ბიტების რაოდენობაზე და მიმდინარე ციფრულ გამოსახულებაზე;

2. *გამოსახულებათა გამოყენების ფართო სპექტრი:* ციფრული გამოსახულების ტექნოლოგიის ძირითადი პრინციპების გათვალისწინებით, მათი მიღება შესაძლებელია მრავალი წყაროდან: მიკრობებიდან კოსმოსურ სურათებამდე, ადამიანის ჩონჩხიდან ტბებამდე და მთებამდე. სამიზნის გარემოთი შეზღუდვის გარეშე, მათ შეუძლიათ ზუსტად ასახონ თავიანთი ობიექტური გარეგნობა და ზომა;

3. *გამოსახულების დიდი შეკუმშვის არე:* განსაკუთრებით, როცა ორი გამოსახულების კადრი დამუშავებამდე და დამუშავების შემდეგ არ არის ძალიან განსხვავებული, მონაცემების 90%-ზე მეტი არ არის ერთნაირი და შეკუმშვის კოეფიციენტი შეიძლება იყოს ძალიან დიდი.

2. ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების მეთოდოლოგია

ციფრული გამოსახულების დამუშავების ძირითადი მეთოდოლოგია მოიცავს გამოსახულების გაუმჯობესებას, სურათის აღდგენას და შეკუმშვას, რომელიც ძალზე ეფექტურია განსაკუთრებით მათი გამოყენების ფართო არეალით [2, 3].

არსებობს ციფრული გამოსახულების დამუშავების რამდენიმე მეთოდი, რისთვისაც შემუშავებულია ალგორითმები და გამოიყენება გამოსახულებათა დასამუშავებლად [4, 5]: გამოსახულების სიმკვეთრის გაზრდა და აღდგენა; ხმაურის მოცილება ვინერის ფილტრის გამოყენებით; ხაზოვანი კონტრასტის მომართვა; მედიანური ფილტრაცია; არამკვეთრი ნიღბის ფილტრაცია; კონტურების გაფართოება; ციფრული მოზაიკის შექმნა; სინთეზური სტერეო სურათების შექმნა.

სიმბოლოთა ამოცნობა. სკანირებული სურათების დამუშავების სიჩქარე შეიძლება გაუმჯობესდეს სიმბოლოების ამოცნობით. ის ამოიცნობს და ამოიღებს ტექსტის შინაარსს სხვადასხვა მონაცემთა ველებიდან. მაგალითად, როდესაც ჩვენ ვასკანირებთ ფორმას და ვიყენებთ დოკუმენტის გამოსახულების დასამუშავებლად პროგრამას, ოპტიკური სიმბოლოების

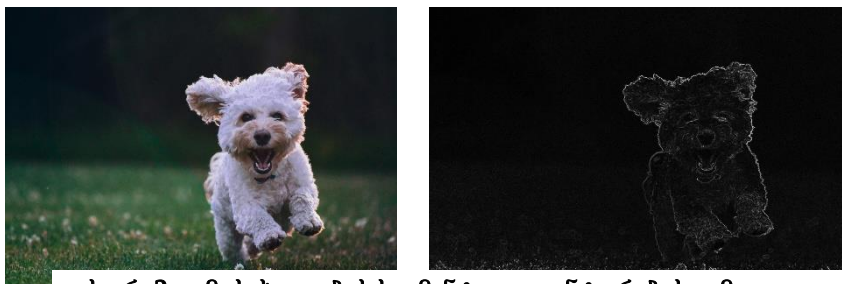
ამოცნობა (OCR) საშუალებას გვაძლევს გადავიტანოთ ინფორმაცია პირდაპირ დოკუმენტიდან ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში. OCR არის ბექდური ხელნაწერების ციფრული გადაცემის საშუალება, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია შემდეგი პროცედურების ჩატარება: რედაქტირება, ტექსტის გარდაქმნა, ძირითადი მონაცემების მოპოვება და სხვა [2, 5].

სამიზნე ამოცნობა. ავტომატური ამოცნობა აკონტროლებს სამიზნე ობიექტებს, რომლებიც ჩაშენებულია ლაზერული რადარის (LR), სინთეტიკური რადარის (SAR) ან ვიდეო კამერის მიერ შექმნილ სურათებში. იგი გარდაქმნის სიგნალს სენსორიდან ციფრულ გამოსახულებად და შემდეგ გამოყოფს სამიზნეს მიმდებარე არედან, საბოლოოდ ახდენს ობიექტის იდენტიფიცირებას სამიზნე ობიექტის აღწერით [4].

ბიომეტრიული ამოცნობა. ბიომეტრია გულისხმობს მეტრიკას, რომელიც დაკავშირებულია ადამიანის მახასიათებლებთან, როგორც არის თითის ანაბეჭდები, ხელის გეომეტრია, ხელმოწერები, ბადურა, ხმის ტალღები, დნმ და ა.შ. თანამედროვე და განვითარებადი ბიომეტრიული მეთოდებია: ადამიანის სურნელის ამოცნობა, EEG ბიომეტრია, კანის სპექტროსკოპია, მუხლების ტექსტურა, თითებზე ფრჩხილების ამოცნობა [5]. ბიომეტრიულ ამოცნობას შორის ყველაზე პოპულარულია თითის ანაბეჭდის იდენტიფიკაცია, რომელიც ეფუძვნება თითის ანაბეჭდის წარმოდგენას ნაცრისფერი სკალის გამოსახულებით, ფაზური გამოსახულებით, ჩონჩხის სილუეტის გამოსახულებით და სხვა დეტალებით [6].

გამოსახულების სეგმენტაცია. სეგმენტაცია არის სურათების ანალიზის ერთ-ერთი მთავარი ნაბიჯი ობიექტების ამოცნობისა და იდენტიფიკაციისთვის, გამოსახულების არეებად დაყოფის პროცესი, რომელიც განკუთვნილია სურათების ინტერპრეტაციისათვის. შემუშავებულია რამდენიმე მეთოდი და ალგორითმი გამოსახულების სეგმენტაციის პროცესისთვის, როგორც არის ობიექტის კონტურთა ამოცნობის, არეების დაყოფის და კლასტერიზაციის მეთოდები. სეგმენტაციის რამდენიმე მეთოდის არსებობის მიუხედავად, მეთოდის შერჩევა და შესაბამისად ალგორითმი დამოკიდებულია გამოსახულების ბუნებასა და ტიპზე. ამიტომ, სეგმენტაციის მეთოდების და შესაბამისი ალგორითმების შერჩევა რჩება გამოსახულების დამუშავებისა და კომპიუტერული ხედვის გამოწვევად [6].

კონტურთა გამოყოფის მეთოდი: გამოსახულების სეგმენტაციის ერთ-ერთი მეთოდია, შესაბამისი საზღვრების არჩევით, რომელიც გარდაქმნის მრავალი დონის სურათს ორობით გამოსახულებად, შემდეგ დაყოფს გამოსახულების პიქსელებს რამდენიმე არედ და გამოარჩევს ობიექტებს ფონისგან. თუ ფონის განათება არათანაბარია, მაშინ კონტურის გამოყოფა ვერ ხერხდება. აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით გამოსახულებაზე მცირდება შემფოთებების ხმაური [7].



სურ. 2. გამოსახულების სეგმენტაცია კონტურების გამოყოფით

კლასტერიზაციის მეთოდი. კლასტერიზაციის მეთოდები იყოფა ორ ჯგუფად:

- K კლასტერებად, რომელიც არის ერთ-ერთი სწრაფი, ძლიერი, უმარტივესი ალგორითმი და ხსნის კარგად ცნობილ კლასტერიზაციის პრობლემას და მდგომარეობს მოცემულ მონაცემთა კლასიფიცირებაში, განსაზღვრული რაოდენობის K კლასტერების საშუალებით;

- არამკაფიო კლასტერიზაცია, ობიექტის ამოცნობის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია, რაც საშუალებას იძლევა ობიექტები მიაკუთვნონ ერთზე მეტ კლასტერს, სხვადასხვა წევრობით [8]. ციფრული გამოსახულების სეგმენტაციის უარყოფითი მხარე მაინც დიდ გამოწვევას აყენებს ხელოვნური ინტელექტის მიმართულებას, კომპიუტერულ ხედვას.

გამოსახულების შეკუმშვა: სურათის შეკუმშვა არის პროცესი, რომელიც ამცირებს გამოსახულების ფაილის ზომას. გამოსახულების შეკუმშვა ხდება მისგან ინფორმაციის ბაიტების მოშორებით ან გამოსახულების შეკუმშვის ალგორითმის გამოყენებით. სურათის შეკუმშვა ეფექტური გზაა გამოსახულების სწრაფი ჩატვირთვის უზრუნველსაყოფად, მომხმარებლის მიერ ვებ-საიტზე მუშაობის დროს. გამოსახულების შეკუმშვას ჩვეულებრივ იყენებენ სხვა მეთოდებთან ერთად ვებ-საიტების მწარმოებლობის გაზრდის მიზნით.

გამოსახულების შეკუმშვის კოდირების კვლევას დიდი ისტორია აქვს. უკეთესი შედეგებისთვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას მაღალი გარჩევადობისათვის გამოსახულების კუმშვის კოდირების მეთოდები, როგორც არის პროგნოზირებადი კოდირება, ტრანსფორმაციის და ენტროპიის კოდირება. მაგალითისათვის სურ. 5-ზე მოცემულია გამოსახულება 96 კბტ ზომით, ხოლო სურ.6-ზე გამოსახულება შეკუმშული 35 კბტ-მდე;



სურ. 3 გამოსახულება 96 კბაიტი ზომით.



სურ. 4 შეკუმშული გამოსახულება 35 კბაიტამდე.

გამოსახულების კლასიფიცირება. სურათებიდან, ეტიკეტებიდან და პიქსელებიდან ინფორმაციის ამოსაღებად სრულდება გამოსახულების კლასიფიცირება, რისთვისაც არსებობს მრავალი მიდგომა ხელოვნური ნეირონული ქსელების, საექსპერტო სისტემების და არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებით. განასხვავებენ სხვადასხვა სახის კლასიფიცირების ალგორითმებს: სურათის პიქსელური კლასიფიცირება, სუბპიქსელური კლასიფიცირება, რომლის ალგორითმი უზრუნველყოფს ობიექტის ამოცნობის სიზუსტეს [2, 4].

გამოსახულების აღდგენა: სრულყოფილი გამოსახულების მიღება დაზიანებული და ხმაურიანი გამოსახულებისგან ხდება დამუშავების პროცესით, რომელიც ცნობილია გამოსახულების აღდგენით [5]. აღნიშნული მეთოდი აღადგენს ხმაურის ან სისტემის შეცდომის გამო დაზიანებულ სურათებს. დაზიანება შეიძლება გამოწვეული იყოს ხმაურით, კამერის არასწორი ფოკუსით ან ატმოსფერული ზემოქმედებებით. გამოსახულების აღდგენისთვის გამოიყენება სხვადასხვა პროცედურები [11]: ინვერსიული ფილტრაცია; ვინერის ფილტრაცია; Wavelet აღდგენა; დეკონვოლუცია.

გამოსახულების გაუმჯობესება: აღნიშნული მეთოდი ზრდის გამოსახულების ხარისხს სხვადასხვა ფილტრების გამოყენებით. გამოსახულების გაუმჯობესება დამოკიდებულია ორი სახის მიდგომაზე: 1. სივრცული არის (SDE) გაუმჯობესება, რომლის დროსაც პიქსელის მნიშვნელობის ცვლილება დამოკიდებულია გარემოს განათების ინტენსივობაზე; 2. სიხშირული არის გაუმჯობესება (FDE), რომელიც გულისხმობს წერტილთა დამუშავებას ინტენსივობის ტრანსფორმაციით, კონტრასტის გაზრდით, ჰისტოგრამის დამუშავებით და გამოსახულების გასაშუალოებით [6, 7];

სურათების მიღება. გამოსახულების დამუშავებამდე ვიზუალიზაციის თვალსაზრისით აუცილებელია გამოსახულების მიღება, რომელიც წარმოადგენს ვიზუალური ინფორმაციის მიღების პროცესს რეალური სამყაროდან და მის გარდაქმნას ციფრულ გამოსახულებად, რომლის დამუშავებაც კომპიუტერებს შეუძლიათ. გამოსახულების მიღება არ არის მხოლოდ სურათების გადაღება. იგი მოიცავს სხვადასხვა მოწყობილობებსა და ტექნოლოგიას, ციფრული კამერებიდან და სკანერებიდან დაწყებული უფრო რთული სისტემებით დამთავრებული, როგორც არის რენტგენის აპარატები და LiDAR სენსორები. თითოეული ინსტრუმენტი იყენებს სხვადასხვა

მეთოდს პიქსელიზებული მონაცემთა გადასაცვანად. გამოსახულების მიღების აღნიშნული მეთოდი მნიშვნელოვნად გამოყენებადია 3D გეომეტრიული მონაცემების წარმოებისთვის [2, 12].

გამოსახულების წარმოდგენა: გამოსახულების წარმოდგენა ნიშნავს დაუმუშავებელი მონაცემების გარდაქმნას ისე, რომ მოხდეს მათი კომპიუტერული დამუშავება. იგი მიუთითებს იმაზე, თუ როგორ ითარგმნება ვიზუალური მონაცემები ციფრულ ფორმატში, რომლის ინტერპრეტაციაც კომპიუტერებს შეუძლიათ. მოიცავს ინფორმაციის მიღებას, სურათის ფერის, ფორმის, ტექსტურის სტრუქტურირებულად დაშიფვრას. არჩეული წარმოდგენის ფორმატი განსაზღვრავს, თუ როგორ ხდება სურათის შენახვა, დამუშავება და ჩვენება [12].

გამოსახულების წარმოდგენა იძლევა საფუძველს ვიზუალური მონაცემების შემდგომი ანალიზისთვის, მანიპულაციისა და ინტერპრეტაციისთვის გამოვიტანოთ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია სურათებიდან, ამოვიცნოთ შაბლონები, ამოვიცნოთ ობიექტები და შევასრულოთ გამოსახულების შეკუმშვა, გაფართოება და სეგმენტაცია. სწორად წარმოდგენის მეთოდის არჩევა გავლენას ახდენს გამოსახულების დამუშავების ამოცანების ხარისხზე, სიჩქარეზე და ეფექტურობაზე [12].

გამოსახულების ტრანსფორმაცია გულისხმობს არითმეტიკულ ოპერაციებს გამოსახულებებზე, რომლებიც გარდაქმნიან სურათებს ერთი წარმოდგენიდან მეორეზე. მათემატიკური ოპერაციები მოიცავენ მარტივი გამოსახულების არითმეტიკას, ფურიესა და ჰარტლის სწრაფ ტრანსფორმაციას, ჰაუსისა და რადონის ტრანსფორმაციას, თუმცა ყველაზე პოპულარულია ფურიეს გარდაქმნები (FT) [13].

გამოსახულებათა შედარების მეთოდი. ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების დროს, გამოსახულებათა დამახასიათებელი ნიშნების გამოვლენა და მათი შედარება მნიშვნელოვანია მანქანური ხედვასა და რობოტიკაში მუშაობისთვის. გამოსახულებათა შედარების მეთოდი ადაპტირებულია ისეთ გარდაქმნებთან, როგორც არის როტაცია, მასშტაბირება, განათება, ხმაური და აფინური ტრანსფორმაციები გამოსახულებაში. გამოსახულებათა შედარება რთული პროცესია, რადგანაც შედარებისთვის გამოიყენება რამდენიმე ალგორითმი. ქვემოთ მოცემულია სამი მეტად ცნობილი მეთოდი [13]:

1) მასშტაბურ-ინვარიანტული გარდაქმნა, ე.წ. SIFT, რომელიც ხსნის გამოსახულების ბრუნვის, აფინური ტრანსფორმაციების, წერტილთა ინტენსივობის და ცვლილებების შესაბამის მახასიათებლებს. იყენებს მასშტაბური სივრცის ექსტრემუმა განსაზღვრას გაუსის ფუნქციის გამოყენებით [14]. მიუხედავად იმისა, რომ SIFT ძალიან ეფექტურია ობიექტების ამოსაცნობად, უკავშირდება გამოთვლების სირთულეს, რაც მისი მთავარი ნაკლოვანებაა, განსაკუთრებით კი რეალურ დროში გამოყენებისათვის, თუმცა გამოთვლების სირთულის გასამარტივებლად შემუშავებულია SIFT-ის რამდენიმე ვარიანტი [15, 16].

2) SURF-ის მეთოდი ერთ-ერთი სწრაფი და საიმედო ალგორითმის შემცველია გამოსახულებათა ლოკალური, ინვარიანტული წარმოდგენისათვის და მათი შედარებისათვის. SURF-ის მიდგომა გამოიყენებს ჰესეს მატრიცაზე დაფუძნებულ BLOB დეტექტორს სამიზნე წერტილთა საძიებლად, ხოლო ორიენტაციის განსაზღვრი-სათვის, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით - გაუსურ წონებს [17];

3) BRIEF არის კიდევ ერთი ეფექტური ალტერნატივა SIFT-ის და SURF-ის, რომელიც მოითხოვს ნაკლებ სირთულეს, ვიდრე SIFT, თითქმის მსგავსი შესატყვისი შესრულებით [18]. BRIEF ძალიან სწრაფია გამოსახულებების როგორც ასაგებად, ასევე შესადარებლად, აჭარბებს სხვა გამოსახულებათა დამუშავების სწრაფ აღწერებსა და მიდგომებს, როგორცაა SURF და SIFT, ხშირ შემთხვევაში სიჩქარისა და ამოცნობის სიჩქარის პირობებით.

3. ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების უპირატესობები

ციფრული გამოსახულების დამუშავების გამოყენებას რამდენიმე უპირატესობა აქვს ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით:

1) მოქნილობა: ციფრული გამოსახულების დამუშავება უზრუნველყოფს მოქნილობის მაღალ დონეს სურათების დამუშავებისასათვის. მოთხოვნის შესაბამისად, გამოსახულება შეიძლება ხელმისაწვდომი იყოს ნებისმიერ სასურველ ფორმატში;

2) სიზუსტე და საიმედოება: ციფრული გამოსახულების დამუშავების ალგორითმები შექმნილია ცალკეულ პიქსელებზე ან პიქსელების ჯგუფებზე მუშაობისთვის, რაც გამოსახულების დამუშავების სიზუსტეს უზრუნველყოფს. ციფრული ტექნოლოგიები ასევე იძლევა პარამეტრების კონტროლისა და გამოსახულების დამუშავების ოპერაციათა კორექტირების საშუალებას, რის შედეგადაც იზრდება დამუშავების სიზუსტე და თანმიმდევრულობა.

3) სიჩქარე და ეფექტურობა: ციფრული გამოსახულების დამუშავების ალგორითმებს შეუძლიათ სურათების გაანალიზება ადამიანისგან განსხვავებით ბევრად უფრო სწრაფად. სურათების დამუშავება რეალურ დროში, რაც მათ ეფექტურს გახდის ისეთი გამოყენებისათვის, როგორცაა სამედიცინო ვიზუალიზაცია, დაკვირვება-მეთვალყურეობა და სამრეწველო ავტომატიზაცია.

4) ინტეგრაცია და ავტომატიზაცია: გამოსახულებათა დამუშავების ციფრული მეთოდები ადვილად ინტეგრირდებიან არსებულ სისტემებში ეფექტური მუშაობისათვის. მაგალითად, სამრეწველო გამოყენებით პროგრამებში, გამოსახულების დამუშავების ალგორითმები შეიძლება ინტეგრირებული იყოს რობოტულ სისტემებთან ავტომატური შემოწმების შესასრულებლად. ზემოხსენებული უპირატესობა, ინტეგრაცია და ავტომატიზაცია ამცირებს ადამიანურ შეცდომებს, ზრდის პროდუქტიულობას და ამცირებს საერთო ხარჯებს.

5) ხმაურის შემცირება და გამოსახულების გაუმჯობესება: ციფრული გამოსახულების დამუშავების ალგორითმები ადვილად უმკლავდებიან სხვადასხვა ტიპის ხმაურს, რომელიც შეიძლება გაჩნდეს სურათის მიღების ან გადაცემის დროს. ისეთ მეთოდებს, როგორც არის ფილტრაცია, ხმაურის შემცირება და აღდგენა, შეუძლიათ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესონ გამოსახულების ხარისხი.

ზემოთ ჩამოთვლილი აღნიშნული უპირატესობები ციფრული გამოსახულების დამუშავებას ხდის მძლავრ ინსტრუმენტად მათი გამოყენების ფართო სპექტრისთვის, როგორცაა ვიდეო მასალების მოდიფიკაცია, ბიომეტრიული სისტემები ოფისებში, ენდოსკოპია, ხარისხის მონიტორინგი საფეიქრო და სხვა წარმოების ინდუსტრიებში, ხელმოწერის ვერიფიკაცია და სხვა.

1. დასკვნა

ციფრული გამოსახულების დამუშავება გახდა თანამედროვე ინჟინერიის განუყოფელი ნაწილი, რადგან ის გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში, როგორც არის ბიომეტრია, ხელმოწერის იდენტიფიკაცია, გამოსახულების გაუმჯობესება, ხარისხის კონტროლი სხვადასხვა ინდუსტრიებში, მედიცინა, ხელოვნური ინტელექტი და სხვა. ციფრული გამოსახულების დამუშავება აერთიანებს მეთოდების ჯგუფს, რომელიც ეხება ციფრული სურათების გარდაქმნებს კომპიუტერული ალგორითმების გამოყენებით. ეს არის არსებითი წინასწარი დამუშავების ეტაპი ბევრ გამოყენებით პროგრამებში, როგორც არის სახის, ობიექტების ამოცნობა, გამოსახულების შეკუმშვა, აღდგენა და გაუმჯობესება.

წარმოდგენილი და განხილული თითოეული მეთოდი იყენებს ცალკეულ ან სხვადასხვა მეთოდების კომბინაციას, როგორც არის გამოსახულების მიღება, სეგმენტაცია, ტრანსფორმაცია და გაუმჯობესება. გამოსახულებათა შედარებისთვის განხილული მეთოდები: SIFT, SURF, BRIEF აღწერენ ციფრულ გამოსახულებათა დამუშავების სხვადასხვა ასპექტებს და იძლევიან სრულ ინფორმაციას თანამედროვე ტექნოლოგიებსა და ალგორითმების შესახებ.

ლიტერატურა:

1. S. K. Dewangan, "Importance & Applications of Digital Image Processing," International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), vol. 7, no. 7, pp. 316-320, 2016.
2. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Digital image processing. 3rd ed. United States of America: Pearson, 2008, 943 p.
3. Kong Dali, Cui Yang. Research Status and Development Direction of Digital Image Processing Technology, Shandong Institute of Water Conservancy, no. 4, pp. 11-14, 2012.
4. Ding Ke. Research and Development Direction of Digital Image Processing Technology. Economic Research Guide, no.18, pp. 246-270, 2012.

5. T. S. Mohammed and A. S. Ibrahim, "Simulation and Analysis for Activities in Image Recognition Using MATLAB," Computer science and information technology, vol. 3, no. 1, pp. 22-30, 2015, doi: 10.13189/csit.2015.030104
6. R. S. Kavita, R. Bala, and S. Siwach, "Review paper on overview of image processing and image segmentation," International journal of Research in Computer applications and Robotics, vol. 1, no. 7, 2013.
7. M. W. Khan, "A survey: Image segmentation techniques," International Journal of Future Computer and Communication, vol. 3, no. 2, p. 89, 2014.
8. D. Goswami, "Edge Detection Technology using Image processing in MATLAB," International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, vol. 3, no. 5, pp. 3466-3471, 2015.
9. C. Zimmer, E. Labruyre, V. Meas-Yedid, N. Guilln, J. Olivo-Marin. Segmentation and tracking of migrating cells in video microscopy with parametric active contours: a tool for cell based drug testing. IEEE TransMed Imaging, 21(10):1212–21, 2002
10. H. Coskun, Y. Li, M.A. Mackey. Ameboid cell motility: A model and inverse problem, with an application to live cell imaging data. Journal of Theoretical Biology, 244(2): pp.169-179, 2007.
11. S. Dhawan. A Review of Image Compression and Comparison of its Algorithms. International Journal of Electronics & Communication Technology, 2(1), 2020.
12. D. LU, Q. Weng, A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, International Journal of Remote Sensing, 28(5), 823–870. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600746456>
13. S. Mathur, R. Purohit, A. Vyas, A Review on basics of Digital Image Processing, ETRASECT - 2016 Conference Proceedings, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 www.ijert.org
14. M. S. Güzel. A Hybrid Feature Extractor using Fast Hessian Detector and SIFT. *Technologies* 2015, 3(2), 103-110; <https://doi.org/10.3390/technologies3020103>
15. E. Karami, M. Shehata, A. Smith, "Image Identification Using SIFT Algorithm: Performance Analysis Against Different Image Deformations," in Proceedings of the 2015 Newfoundland Electrical and Computer Engineering Conference, St. John's, Canada, November, 2015.
16. I. Rey Otero and M. Delbracio, Anatomy of the SIFT Method, *Image Processing On Line*, 4 (2014), pp. 370–396. <http://dx.doi.org/10.5201/ipol.2014.82>.
17. E. Karami, Siva Prasad, M. Shehata. Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images, *Computer Science*, Published in arXiv.org 7 October 2017.
18. Sheena S, Sh. Mathew. A comparison of sift and surf algorithm for the recognition of an efficient iris biometric system. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, IJARCCCE*, ISSN (Online) 2278-1021, 2016.

Modern methods and technologies of digital image processing

Khatuna Bardavelidze¹, Liana Tedeshvili¹, Avtandil Bardavelidze²

1-Georgian Technical University,

2-Akaki Tsereteli State University (Kutaisi)

bardavelidzekhatuna08@gtu.ge, l.tedeshvili@gtu.ge, bardaveli54@mail.ru

Abstract

Digital image processing technology is one of the areas of applied computer software disciplines, as its scope of application covers measurements, biometrics, computer design, three-dimensional simulation, medicine, and various fields of industry. Moreover, with the improvement of computer hardware performance, image processing algorithms have improved the application of digital image processing technology. The paper presents a thorough review of digital image processing methods for various fields of modern engineering. All the main image processing methods, their pros and cons, and an overview of the advantages and limitations of each method are presented and discussed, providing a thorough understanding of the field of digital image processing. It is established that digital image processing encompasses a group of methods that deal with the transformation of digital images using computer algorithms. This is an essential pre-processing step in many applications, such as face and object recognition, image compression, restoration and enhancement.

Keywords: image processing, segmentation, restoration, compression, filtering.

წნევათა სხვაობის საზომი სისტემა სუფთა ოთახებისთვის

ზაალ აზმაიფარაშვილი, ელგუჯა ბუცხრიკიძე, მარინა მესხია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

z.azmaiparashvili@gtu.ge, elguja_bucxrikidze@mail.ru, meskhia.marina@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ავტორთა ჯგუფის მიერ შემუშავებული წნევათა სხვაობის საზომი სისტემა. ჩატარებულია წნევის სენსორების მიმოხილვითი ანალიზი, არჩეულია ინტელექტუალური სენსორის ტიპები, მოყვანილია სენსორის მახასიათებელი პარამეტრები და ნაჩვენებია საზომი ინფორმაციის მიღების შესაძლო გზები, განხილულია შემოთავაზებული საზომი სისტემის სტრუქტურული სქემა და ახსნილია მუშაობის პრინციპი. მოცემულია სტატიაში განხილული საზომი სისტემის პრაქტიკულად რეალიზებული მომუშავე ნიმუშის ფოტო და გაკეთებულია შესაბამისი დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: საზომი სისტემა, ინტელექტუალური სენსორი, ვენტილაცია, ატმოსფერული წნევა, ტემპერატურა, პანდემიები, COVID-19, საიზოლაციო ოთახი.

1. შესავალი

მწვავე რესპირატორული სინდრომის კორონავირუსის (SARS-CoV-2) წარმოშობამ, გამოიწვია მსოფლიო პანდემია და საზოგადოებრივი ჯანდაცვა საგანგებო მდგომარეობაში გადაიზარდა. ამ ახალი პათოგენის გადაცემის გზამ და ვირულენტობამ გააჩინა ახალი გამოწვევები სამედიცინო დაწესებულებების ოთახების მოწყობასთან დაკავშირებით, რათა თავიდან იქნას აცილებული ვირუსის ჰოსპიტალური გადაცემის გზები.

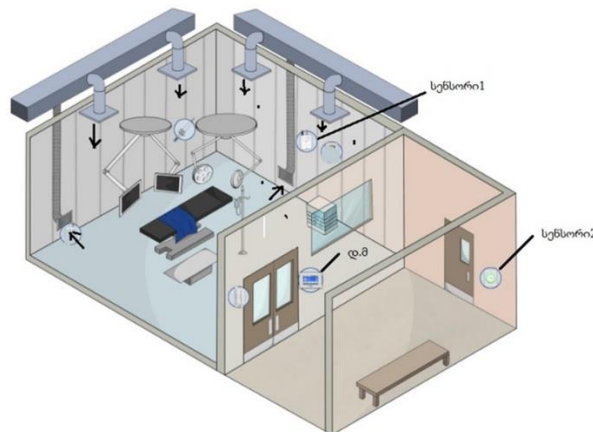
2. ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე კვლევები აჩვენებს, რომ მსოფლიოს წამყვან კლინიკებში აირ წვეთოვანი დაავადებები ე.წ. ჰოსპიტალური ინფექციები გვხვდება პაციენტების 1-2%-ში. ეს მაჩვენებელი გაცილებით მაღალია როდესაც სამედიცინო დაწესებულებაში ყველა რეკომენდაცია არ არის დაცული, ასევე მნიშვნელოვნად გაიზარდა კოვიდ პანდემიის პირობებში, რადგან კორონა ვირუსი მაღალი ვირულენტობით გამოირჩევა. გაიდლაინების დაცვით მოწყობილ კლინიკებში შესაძლებელია განხორციელდეს ისეთი დავადებების ეფექტური პრევენცია, როგორცაა: ასპერგილოზი და სხვა სოკოვანი დაავადებები, ტუბერკულოზი და სხვა ბაქტერიული დაავადებები, საჭაერო გზით გადამდები ვირუსული დაავადებები [1].

ჯანდაცვის დაწესებულებებში აირ წვეთოვანი დავადებების პრევენციის მეთოდებში უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავია ჰაერის ნაკადების კონტროლს ოთახებს შორის წნევათა სხვაობით, რაც დიფერენციალური წნევის სენსორების გამოყენებით მიიღწევა.

2.1 ზოგადი რეკომენდაციები დიფერენციალური წნევის შესახებ

წნევათა სხვაობის გაზომვასთან დაკავშირებული ოთახების დიზაინისა და მშენებლობისას, გამოიყენება შემდეგი რეკომენდაციები: სხვადასხვა კლასის მიმდებარე ოთახებს შორის წნევათა სხვაობის დიაპაზონი უნდა იყოს 10-20 პა (პასკალი) (ოპტიმალურად - დაახლოებით 15 პა). დიფერენციალური წნევის კონტროლის სიზუსტე უმეტეს შემთხვევაში უნდა შეესაბამებოდეს ± 5 პა. ამიტომ, სხვადასხვა კლასის ოთახებს შორის წნევათა სხვაობა 10 პა-ზე ნაკლები არ იძლევა საიმედო მუშაობის გარანტიას. თავის მხრივ, 20 პა-ზე მეტი წნევის ვარდნა, როგორც წესი, არ აუმჯობესებს სისუფთავის მაჩვენებლებს და საჭიროა მხოლოდ საიზოლაციო ოთახებში. ოთახების ჰერმეტიულობა, რომლებშიც კონტროლდება წნევათა სხვაობა, უნდა იყოს საკმარისად მაღალი, მაგრამ არა გადაჭარბებული. რაც უფრო დიდია ოთახის მოცულობა და შემოდინებისა და გადინების ჰაერის ნაკადის დანაკარგი, მით უფრო რთულია ოთახში წნევის კონტროლი [2]. ნახ. 1-ზე გამოსახულია წნევის სენსორული ბლოკებისა და ძირითადი პულტის (საზომი სისტემის ძირითადი მართვის ბლოკი) განთავსების ადგილები. უკანასკნელი ნახ.1-ზე აღნიშნულია დოგორც „დ.მ.“



ნახ.1 სამედიცინო ოთახებში განლაგებული წნევათა სხვაობის საზომი სისტემის შემადგენელი კომპონენტების განთავსების ადგილები

2.2 ატმოსფერული წნევის სენსორების მოკლე მიმოხილვა

წნევის სენსორი არის მოწყობილობა, რომლის ფიზიკური პარამეტრების ცვლილება დამოკიდებულია გასაზომ გარემოს წნევაზე (სითხე, გაზი, ორთქლი). წნევის სენსორებში გასაზომი გარემოს წნევა გარდაიქმნება უნიფიცირებულ პნევმატურ, ელექტრულ ციფრულ კოდად ან სიგნალად. ასეთი მოწყობილობები არის საზომი მოწყობილობები მგრძნობიარე ელემენტებით, რომლებიც ცვლის ფიზიკურ პარამეტრებს გარემოს წნევის მიხედვით [3].

ფირმა „BOSH” არის მსოფლიო ბაზრის ლიდერი წნევის სენსორების საავტომობილო და სამომხმარებლო სფეროში. ქვემოთ მოცემულია მსოფლიოში ფირმა „BOSH“-ის მიერ წარმოებული ატმოსფერული წნევის სენსორების ოჯახზე აგებული პოპულარული სენსორული მოდულების მოკლე დახასიათება.

➤ BMP280 ტიპის წნევის ინტელექტუალური სენსორი წარმოადგენს BMP085 / BMP180 / BMP183 ტიპის ინტელექტუალური სენსორების ოჯახის განახლებულ ვერსიას. BMP280 სენსორულ ჩიპს აქვს დაბალი ენერჯის მოხმარება, ტემპერატურის გაუმჯობესებული სტაბილურობა და 20-ბიტის აცგ-ს გარჩევადობა ტემპერატურისა და წნევისათვის. აღნიშნული BMP280 ინტელექტუალური სენსორი შედის GY-BMP280-3.3 სენსორული მოდულის შემადგენლობაში, რომლის მოქმედების პრინციპი ეფუძნება პიეზორეზისტულ მეთოდს. იგი განკუთვნილია ატმოსფერული წნევის მაღალი სიზუსტით გაზომვისათვის და აბსოლუტური ცდომილება შეადგენს ± 0.12 კპა(ჰექტოპასკალი) , ხოლო ტემპერატურის გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება არ აჭარბებს ± 0.1 ° C . გარდა ამისა, სიმაღლის დადგენა შესაძლებელია წნევის მონაცემების გარდაქმნით.

➤ RKP-GY-BMP280-3.3 ტიპის ციფრული ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ალტიმეტრი, გაზომვის სიზუსტით ± 1 მ. ციფრული ბარომეტრი-თერმომეტრიანი მოდული ხშირად გამოიყენება ფრენის კონტროლერებში (მულტიკოპტერი, კვადკოპტერი, ბუშტი, ზონდი, ჩამოსაკიდი პლანერი). ასევე, როგორც დამოუკიდებელი ალტიმეტრის ნაწილი ან GLONASS მოწყობილობასთან ერთად, GPS სიმაღლის დასადგენად და ამინდის თვალყურისდევნების მოწყობილობებში.

➤ GY-BMP280-3.3 მოდულს გააჩნია მონაცემთა გაცვლის I2C და SPI ინტერფეისი ისე, რომ დაკავშირება მარტივად შესაძლებელი იქნება Arduino ოჯახის ნებისმიერ პლატფორმასთან.

➤ BMP180 ტიპის ინტელექტუალური სენსორი, რომელიც შედის GY-68 -3,3 სენსორული მოდულის შემადგენლობაში, არის იაფი და საკმაო სიზუსტის სენსორული მოდული, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიზომოს ატმოსფერული წნევა და გარემოს ტემპერატურა. ეს სენსორი გამოიყენება ჰიდრომეტეოროლოგიურ მობილურ სადგურებში ატმოსფერული წნევისა და გარემო ტემპერატურის დასადგენად.

1-ელ ცხრილში მოცემულია განხილულ სენსორთა პარამეტრების შედარება, რომლის ანალიზის საფუძველზე არჩეულია მოცემული ამოცანის გადასაჭრელად შესაფერისი სენსორული მოდულის ტიპი.

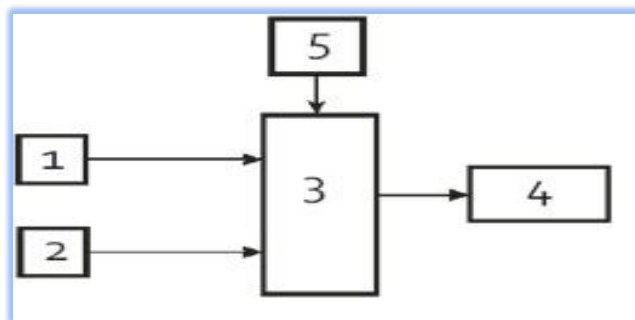
წნევის ინტელექტუალური სენსორების პარამეტრების შედარება ცხრ.1

პარამეტრები	სენსორი BMP180	სენსორი BMP280
დაკავებული ფართის ზომები	3.6 × 3.8 მმ.	2.0 × 2.5 მმ.
მინიმალური VDD	1.80 ვ.	1.71 ვ.
მინიმალური VD_DIO	1.62 ვ.	1.20 ვ.
დენის მოხმარება, @3 კა საშუალოკვადრატული მნიშვნ. ხმაურისას	12 მკა	2.7 მკა
ხმაურის საშუალოკვადრატული მნიშვნელობა	3 კა	1.3 კა
წნევის გარჩევადობა	1 პა	0.16 პა
ტემპერატურის გარჩევადობა	0.1°C	0.01°C
მონაცემთა გაცვლის ინტერფეისი	I ² C	I ² C & SPI (3 ან 4 ხაზი, რეჟიმი '00' ან '11')
გაზომვის რეჟიმები	მხოლოდ P ან T, იძულებითი	P&T, იძულებითი ან პერიოდული
გაზომვის სიხშირე	120 ჰერცამდე	157 ჰერცამდე
ფილტრის ვარიანტები	არ გააჩნია	ხუთი გატარების ზოლი

2.3 საზომი სისტემის სტრუქტურული სქემა

მე-2 ნახაზზე მოცემულია შემუშავებული წნევათა სხვაობის საზომი სისტემის სტრუქტურული სქემა. იგი შეიცავს შემდეგ ბლოკებს: 1,2 - ორი იდენტური წნევის გამზომი სენსორული ბლოკი, 3 - ძირითადი მართვის ბლოკი (წამყვანი კონტროლერი), 4 - ციფრული ინდიკატორი, 5 - კვების ბლოკი

ნახ. 2.
საზომი სისტემის
1,2 - ორი იდენტური სენსორული ბლოკი, ბლოკი (წამყვანი 4 - ციფრული კვების ბლოკი



შემოთავაზებული
სტრუქტურული სქემა
წნევის გამზომი 3 - ძირითადი მართვის კონტროლერი), ინდიკატორი, 5 -

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: საზომი სისტემის ძირითად მართვის ბლოკს 3, მიეწოდება გაზომილი და ციფრულ ფორმაში გარდაქმნილი მონაცემები ორი იდენტური წნევის გამზომ სენსორულ ბლოკიდან 1 და 2. თვითოეული აღნიშნული ბლოკი თავის მხრივ შეიცავს წნევის სენსორს,

მიკროკონტროლერს და მონაცემთა შეუფერხებელი გადაცემის სინქრონიზაციის სქემას. აღნიშნული მიკროკონტროლერი უზრუნველყოფს წნევის სენსორიდან (ქარხნულად დაკალიბრებული) პარამეტრებისა და კონსტანტების წინასწარ გადამუშავებას, მიღებული საზომი ინფორმაციის სტატისტიკურ დამუშავებას და მონაცემთა შეუფერხებელ მიწოდებას ძირითადი კონტროლერისათვის, რომელიც შეიძლება დაშორებული იყოს რამოდენიმე ათეულ ან ასეულ მეტრის დისტანციაზე.

ამრიგად, გაზომილი წნევის შედეგები სხვადასხვა ადგილზე განთავსებულ სენსორული ბლოკებიდან 1,2 მიეწოდება ძირითად მმართველ ბლოკს - წამყვან კონტროლერს. ძირითადი მართვის ბლოკი განაპირობებს მიღებული ინფორმაციის დამუშავებას და წნევათა სხვაობის ციფრულ ინდიკატორზე გამოტანას. გარდა ამის აღნიშნული მართვის ბლოკი, წნევათა სხვაობის უარყოფითი მნიშვნელობისას, (ოპციონალურად) უზრუნველყოფს ანალოგური ან ციფრული გამოსავალი სიგნალის ფორმირებას. უსაფრთხოების დონის ამაღლების მიზნით, მთელი მოწყობილობის კვება ხორციელდება დაბალი (5ვ.) ძაბვით, რომლის მაფორმირებელი განთავსებულია სისტემის გარეთ [4].

მოწყობილობის გაზომვის სიზუსტის ამაღლების მიზნით, მასში გათვალისწინებულია ოპერატიული დაკალიბრების საშუალება, რისთვისაც საკმარისია რომ საზომი სისტემის სამივე ბლოკი განთავსდეს ერთმანეთთან ახლოს, ერთ ოთახში, რათა ატმოსფერული წნევების სიდიდეები ორივე წნევის გამზომ ბლოკთან იყოს ერთი და იგივე, მიუერთდეს ეს ბლოკები ძირითად ბლოკს მოწყობილობის სათადარიგო ნაწილებში არსებული მცირე სიგრძის შემაერთებელი კაბელებით და გარკვეული (10-15წთ) დროის გასვლის შემდეგ (რაც საჭიროა ტემპერატურული წონასწორობის დასამყარებლად), ხელსაწყოს წინა პანელზე განთავსებული ღილაკის საშუალებით, ხელსაწყოს ჩვენება გავიყვანოთ „0“-ზე. ამით ხელსაწყოს ოპერატიული კალიბრება იქნება დადასრულებული. მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია სტატიაში განხილული და პრაქტიკულად რეალიზებული საზომი სისტემის ნიმუშის ფოტო სენსორული ბლოკებითა და საკომუნიკაციო კაბელებით მუშა მდგომარეობაში



ნახ. 3 რეალიზებული და მომუშავე საზომის სისტემის ლაბორატორიული ნიმუშის ფოტო სენსორული ბლოკებითა და საკომუნიკაციო კაბელებით

3. დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული წნევის სენსორების მიმოხილვითი ანალიზის შედეგად, არჩეულია მოთხოვნილი პარამეტრების შესაბამისი წნევის ინტელექტუალური სენსორი, შემუშავებულია წნევათა სხვაობის საზომი სისტემის სტრუქტურული სქემა და მოქმედების ალგორითმი,

გაზომვის სიზუსტის ამაღლების მიზნით, გათვალისწინებულია საზომი ინფორმაციის სტატისტიკური დამუშავება და გაზომვის შედეგის სტატისტიკური ცდომილების კომპენსაცია დაკალიბრების გზით. გარდა ამისა, თითოეული სენსორული ბლოკი ძირითადი მმართველი ბლოკის მიმართ შეიძლება განთავსდეს რამოდენიმე ათეულ ან ასეულ მეტრ მანძილზე. შემოთავაზებული საზომი სისტემის გამოყენება სავენტილაციო სისტემასთან ერთად, ამცირებს ინფექციური დაავადებების გავრცელების რისკს და ხელს უწყობს სტერილური სამუშაო გარემოს შენარჩუნებას.

ლიტერატურა:

1. Sammy Al-Benna. Negative pressure rooms and COVID-19. Journal: Journal of Perioperative Practice 2020 pp. 18–23 (6.07.2021)
2. <https://www.chthealthcare.com/blog/ventilation-requirements-for-healthy-hospitals>. (6.08.2022)
3. აზმაიფარაშვილი ზ., ტომარაძე ო., სენსორები და ინტელექტუალური საზომი საშუალებები. სტუ-ის „საგამომცემლო სახლი“, ISBN:978-9941-20-754-9. 2017. -498 გვ.
4. ფრანგიშვილი ა., ძაგანია თ., აზმაიფარაშვილი ზ., ბუცხრიკიძე ე., მესხია მ. დიფერენციალური წნევის მონიტორინგის სისტემა სამედიცინო დაწესებულებებისთვის. შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“. N 1(33), ტ.1.1, 2022. გვ. 5-12. DOI.org/10.36073/1512-3979

Pressure difference measuring system for clean rooms

Zaal Azmaiparashvili, Elguja Butskhrikidze, Marina Meskhia
Georgian Technical University
z.azmaiparashvili@gtu.ge, elguja_bucxrikidze@mail.ru,
meskhia.marina@gtu.ge

Abstract

This article discusses a pressure difference measurement system developed by a team of authors. It provides an analytical overview of pressure sensors, selects suitable intelligent sensor types, presents the characteristic parameters of these sensors, and outlines methods for obtaining measurement data. The proposed measurement system's structural design and operating principles are also described. Additionally, a photo of a functional prototype of the measurement system is included, followed by relevant conclusions based on the findings.

Key words: measurement system, intelligent sensor, ventilation, atmospheric pressure, temperature, pandemics, COVID-19, isolation room.

S7-1200 პლკ-ს ბაზაზე სერვოსისტემის არამკაფიო ლოგიკური კონტროლერის ტესტირება და ვალიდაცია

ჯემალ გრიგალაშვილი, ნინო ლომიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
grigalashvilebi@yahoo.com, lomidze.n@gtu.ge

რეზიუმე

მოხსენებაში განხილულია თანამედროვე პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერის S7-1200-ის ბაზაზე დამუშავებული სერვოსისტემის არამკაფიო ლოგიკური კონტროლერი, მისი ტესტირება და ვალიდაცია. სერვომძრავის მუდმივი ძრავის არამკაფიო ტესტირების შემოტანილია შემავალი და გამომავალი ლინგვისტიკური და არამკაფიო ცვლადები,

მიკუთვნების ფუნქციები, დამუშავებულია არამკაფიო წესების ბაზა, ჩატარებულია მოდელირება Matlab-ის გაფართოების პაკეტების Fuzzy logic toolbox-ისა და Simulink-ის გამოყენებით. განხილული და გაანალიზებულია: სერვოდრავის არამკაფიო მართვის სქემა 5 წესიანი რეგულატორის მეშვეობით, სერვოდრავის სიჩქარის ოსცილოგრამა, სიჩქარის ტერმების მიკუთვნების ფუნქციები (dabali, kargi, magali), აჩქარების ტერმების მიკუთვნების ფუნქციები (mateba didi, mateba mcire, ucveleli, kleba mcire, kleba didi), სიხშირის ტერმების მიკუთვნების ფუნქციები (mateba didi, mateba mcire, ucveleli, kleba mcire, kleba didi). სიჩქარის ტერმების მიკუთვნების ფუნქციად გამოყენებული იქნა გაუსის ფორმის (gaussmf) მიკუთვნების ფუნქციები, აჩქარების ტერმებისათვის, კონკრეტულად (nulovani)-სათვის გაუსის მეორე ტიპის (gauss2mf) მიკუთვნების ფუნქციები, სიხშირის განაპირა ტერმებისათვის გამოყენებული იქნა ტრაპეციული ფორმის (trapmf) მიკუთვნების ფუნქციები, ხოლო შუალედური ტერმებისათვის - სამკუთხა ფორმის (trimf) მიკუთვნების ფუნქციები. ექსპერიმენტულად მიღებული იქნა სერვოდრავის რეაქციის გამოსახულება ორი ბიჯის ზემოქმედებით ამპლიტუდით 4 და 6 ვოლტი. ნაშრომში გამოყენებული სერვოსისტემის ძირითად აპარატურულ საშუალებად აღებულია Feedback Ins. ფორმის სერვო ტრენაჟორის მექანიკური ბლოკი 33-100. იგი შეიცავს თვითონ მუდმივი დენის ძრავს, ანალოგურ ტაქომეტრს, აბსოლუტურ და ინკრემენტულ ციფრულ ენკოდერებს, პოზიციურ პოტენციომეტრებს, მაგნიტურ მუხრუჭს და სხვა დამხმარე ელექტრონიკას. სერვო ტრენაჟორი, თავის სრულყოფილ დამუშავებაში, შეიცავს ანალოგურ ბლოკს (33-110), ციფრულ ბლოკს (33-120), რომელთა დანიშნულებაა ანალოგური და ციფრული ტესტ სიგნალების გამომუშავება და მიწოდება მექანიკური ბლოკის შესაბამის შესასვლელებზე და კვების ბლოკს (01-100), რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრო კვებას. ამ ბლოკებს შორის სიგნალების გადაცემა ხდება ლენტური კაბელების დახმარებით. სერვოსისტემის არამკაფიო მართვის ალგორითმის რეალიზაციისათვის აღებული იქნა Siemens-ის კომპანიის, დღეისათვის ფართოდ გავრცელებული S7-1200 პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი, რომლის დაპროგრამებისათვის გამოყენებული იქნა იგივე ფორმის TIA Portal-ის მე 17 ვერსიის დაპროგრამების გარემო, ხოლო დაპროგრამების ენებად არჩეული იქნა FBD და LAD ენები, ინფორმაციის ვიზუალიზაციისათვის გამოყენებულია, იმავე Siemens-ის კომპანიის ადამიანი-მანქანური ინტერფეისის ბაზური HMI პანელი.

საკვანძო სიტყვები: სერვოსისტემა, არამკაფიო კონტროლერი, მუდმივი ძრავის მართვა, ტესტირება და ვალიდაცია, არამკაფიო ცოდნის ბაზა, ტერმები, მიკუთვნების ფუნქციები, Matlab-ის Fuzzy logic toolbox-ისა და Simulink-ის პაკეტები, მექანიკური ბლოკი 33-100, პლკ S7-1200, პროგრამული უზრუნველყოფა TIA Portal, HMI პანელი.

1. შესავალი

ცნობილია, რომ მართვის არამკაფიო სისტემა ისეთი სისტემაა, რომელიც დამყარებულია არამკაფიო ლოგიკაზე, ანუ ისეთ მათემატიკურ სისტემაზე, რომელიც ანალიზებს ანალოგურ შემავალ მნიშვნელობებს ლოგიკური ცვლადების ტერმინებში, სადაც გამოიყენება უწყვეტი მნიშვნელობები 0-დან 1-მდე, განსხვავებით კლასიკური ანუ ციფრული ლოგიკისგან, რომელიც ოპერირებს ან „1“ ან „0“ დისკრეტულ მნიშვნელობებზე (true ან false).

არამკაფიო ლოგიკა ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების მექანიზმების მართვაში. ტერმინი „არამკაფიო“ აღნიშნავს იმ გარემოებას, რომ გამოყენებულ ლოგიკას შეიძლება ჰქონდეს საქმე ისეთ ცნებებთან, რომლებიც შეუძლებელია გამოსახული იყოს ტერმინებით „ჭეშმარიტია“ ან „მცდარია“, მაგრამ შეიძლება გამოსახული იყოს ტერმინით „ნაწილობრივ ჭეშმარიტია“, „ნაწილობრივ მცდარია“ და სხვ.

მართვის არამკაფიო მეთოდი ძალზედ მარტივია კონცეპტუალურად. ის შედგება შეყვანის, დამუშავების და გამოყვანის ეტაპებისაგან. შეყვანის კასკადი ასახავს გადამწოდებს შესაბამის მიკუთვნების ფუნქციებში. დამუშავების ეტაპი იმახებს თვითოეულ შესაბამის წესს და გენერირებს რეზულტატს თვითოეული წესისთვის. შემდეგ კი აერთიანებს წესების

რეზულტატს. ბოლოს კი, გამოყვანის ეტაპი ახდენს გაერთიანებული რეზულტატის უკუ გარდაქმნას, მართვის გარკვეულ გამომავალ ანალოგურ მნიშვნელობებში.

სისტემის აქტუალობა სერვო კონტროლი არის ტექნოლოგია, რომელიც იძლევა მექანიკური პოზიციის, სიჩქარისა და აჩქარების ზუსტ კონტროლს უკუკავშირისა და მაკორექტირებელი ზემოქმედების გამოყენებით. აქედან გამომდინარე, დღევანდელი ავტომატიზირებული წარმოება, რობოტიკა, ანიმატრონიკა, დრონების ინდუსტრია წარმოუდგენელია ამ ფუნდამენტური კონცეფციის, ანუ სერვო კონტროლის გარეშე. ბაზარზე გამოდის სულ უფრო მეტი და ახალი სერვოსისტემები, რომელთა ფუნქციონალური კონტროლისა და დიაგნოსტიკის არსებული საშუალებები მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მოთხოვნილებებს. შეფერხებაა როგორც წარმოების აღჭურვაში თანამედროვე სერვოსისტემების კონტროლის საშუალებებით, ასევე სწავლებაშიც. აქედან გამომდინარე, ისეთი სერვოკონტროლერის დამუშავება, რომელსაც ექნება მოქნილი სტრუქტურა სხვადასხვა სახეობის სერვოსისტემებთან მუშაობისათვის არის აქტუალური ამოცანა.

2. ძირითადი ნაწილი

ახალი თაობის პროგრამირებაში ეფექტური და იაფი პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების (პლკ) გამოჩენამ წარმოშვა IEC 61131-7 სტანდარტის არამკაფიო მართვის ენის შესაბამისი არამკაფიო კონტროლერების დაპროექტებისა და დანერგვის შესაძლებლობა. წინამდებარე შრომის ძირითადი მიზანია პროგრამული მოდულის დაპროექტება, არამკაფიო ლოგიკური კონტროლერების რეალიზაციისათვის პლკ-ს გამოყენებით. ამ მიზნისთვის განიხილება სერვოდრავის პარამეტრების მართვის შესაძლებლობა.

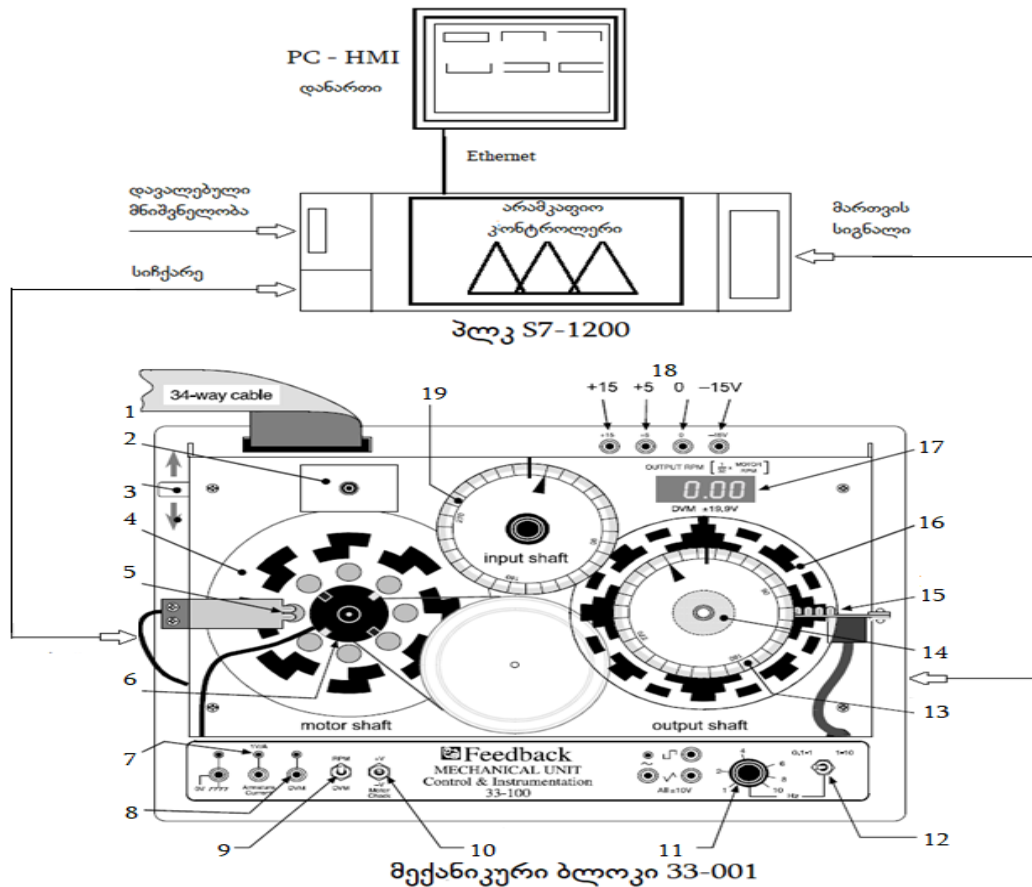
მართვის მოდული დამუშავებული უნდა იყოს სიმენსის კომპანიის S7-1200 პლკ-სა და TIA Portal პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. ეს საშუალებები გამოიყენება აგრეთვე, ადამიანი-მანქანური ინტერფეისის რეალიზაციისათვის, საკონტროლებელი პროცესის მონიტორინგისა და მონაცემთა შენახვისათვის, მათი შემდგომი ანალიზის მიზნით.

სერვოდრავი უნდა შეესაბამებოდეს Feedback Ins. კომპანიის (33-001) მექანიკურ ბლოკს, რომელიც შეიცავს მუდმივი დენის ძრავს, ანალოგურ ტაქოგენერატორს, ენკოდერებს, პოტენციომეტრებს, მაგნიტურ მუხრუჭს და სხვა დამხმარე ელექტრონიკას.

ეს მოწყობილობა იძლევა სიჩქარის, მდგომარეობის და აჩქარების კონტროლის შესაძლებლობას როგორც ღია ასევე ჩაკეტილ კონტურში. პლკ პასუხისმგებელია ისეთი ოპერაციის შესრულებაზე, როგორცაა გადამწოდებიდან მონაცემთა მიღება, არამკაფიო მართვის ალგორითმის შესრულება და აღმსრულებელი მექანიზმების მართვა გენერირებული მმართველი სიგნალების გამოყენებით.

1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია სისტემის კომპონენტებს შორის შეერთებების სქემა. როგორც სურათიდან ჩანს, HMI დანართი მუშაობს კომპიუტერზე, რომელიც მიერთებულია პლკ-სთან Ethernet-ის მეშვეობით. წარმოდგენილ Feedback Ins. კომპანიის მექანიკურ ბლოკზე 33-100 დატანილია შემდეგი წარწერები ინგლისურ ენაზე:

- Motor shaft (ძრავის ლილვი), მასზედ დამაგრებული სიჩქარის ორ ბილიკიანი სამუხრუჭე დისკითა და ტაქოგენერატორით;
- Input shaft (შესასვლელი ლილვი), იგი შეიცავს შემავალ პოტენციომეტრს შკალით და გამომოიძულებს სიგნალს ± 10 ვ დიაპაზონში;
- Output shaft (გამომავალი ლილვი), იგი შეიცავს გამოსასვლელ პოტენციომეტრსა და ციფრულ კუთხურ გამზომ ბილიკებს. პოტენციომეტრი გამოიძულებს სიგნალს ± 10 ვ დიაპაზონში.



ნახ. 1. შეერთებები მექანიკური ბლოკის, პლკ-ს და HMI შორის

ციფრებით აღნიშნულია: 1. 34 წვერა ლენტური კაბელი; 2. სამუხრუჭე მაგნიტი; 3. სამუხრუჭე ბერკეტი; 4. სამუხრუჭე დისკი; 5. სიჩქარის ბილიკის წამკითხველები; 6. ტაქტოგენერატორი; 7. ლუზის დენის სიგნალი; 8. ციფრული ვოლტმეტრის შესასვლელი; 9. გადამრთველი - ბრუნთა რიცხვი წამში/ციფრული ვოლტმეტრი; 10. ძრავის ბრუნვის გადამრთველი; 11. ცვლადი სიხშირე; 12. სიხშირული დიაპაზონი; 13. გამომავალი ლილვის კუთხე; 14. გამომავალი პოტენციომეტრი (პანელის უკანა მხარეს); 15. ბილიკების წამკითხველი; 16. გამომავალი ციფრული ბილიკი და საინდექსო იმპულსი; 17. გამომავალი ლილვის სიჩქარე ან ციფრული ვოლტმეტრი; 18. კვების წყაროს მომჭერები; 19. შემავალი ლილვის კუთხე.

კონტროლერის კონსტრუქცია და მისი პარამეტრები დგინდება წინასწარ პლკ-ს კონფიგურირების ეტაპზე. როგორც კი ინჟინერი ან დამპროექტებელი დაადგენს კონტროლერის პარამეტრებს (შეყვანა/გამოყვანა, არამკაფიო წესები და სხვ.), მას შემდეგ იგი დაპროგრამებული იქნება პლკ-ში TIA Portal-ის პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით.

რეგულატორის აგება: სერვოსისტემის ეფექტური მუშაობისათვის ვაგებთ რეგულატორს, რომელიც ხუთ არამკაფიო წესზეა დაფუძნებული. მას აქვს ორი შესასვლელი ლინგვისტიკური ცვლადებისათვის, რომლებიც განსაზღვრავენ მუდმივი ძრავის ბრუნვის სიჩქარესა და მის აჩქარებას და ერთი გამოსასვლელი რომელიც განსაზღვრავს ძრავის გრაფილზე მოდებული ძაბვის ცვლილების სიხშირეს.

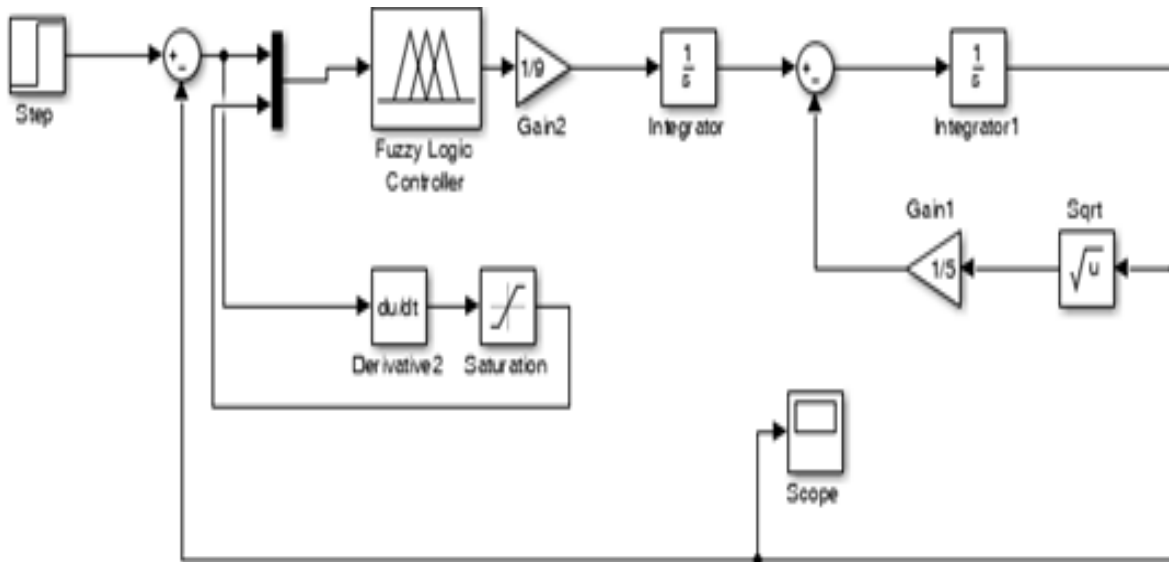
შესასვლელი ცვლადები, რომლებიც წარმოდგენილი იქნება ლინგვისტიკურ ფორმაში არის sichqare და achqareba, ხოლო გამოსასვლელი კი - sixshire. არამკაფიო ტერმებად აღებულია dabali, kargi, magali სიჩქარისათვის; uarkoffiiti, nulovani, dadebiti აჩქარებისათვის; mateba didi, mateba mcire, ucveli, kleba mcire, kleba didi ძაბვის სიხშირისათვის.

არამკაფიო წესი ჩამოყალიბებულია შემდეგნაირად:

If (sichqare is kargi) and achqarebais nulovani then (sixshire is ucveli)

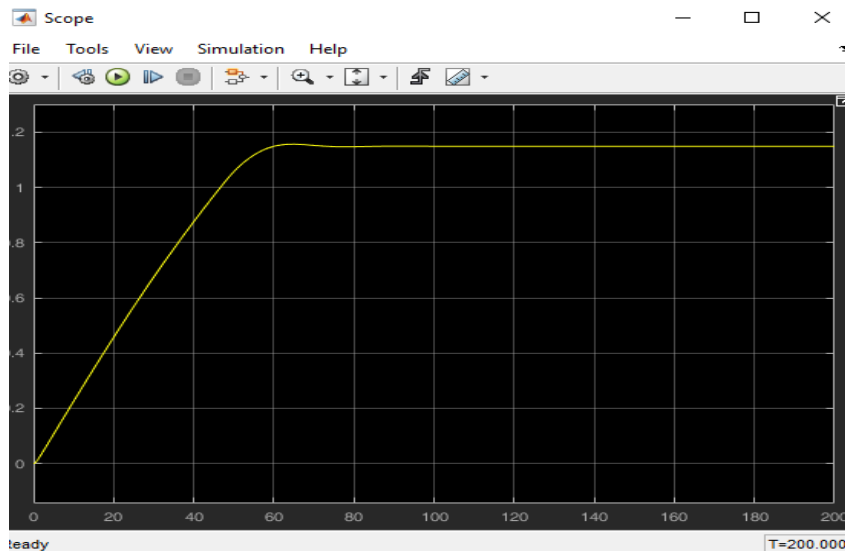
If (sichqare is Magali) then (sixshire is kleba didi)
 If (sichqare is dabali) then (sixshire is mateba didi)
 If (sichqare is kargi) and (achqareba is dadebiti), then (sixshire is kleba mcire)
 If (sichqare is kargi) and (achqareba is uarkoffiiti), then (sixshire is sixshire)

სისტემის სიმულინგ სქემა ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 2. სერვომრავის მართვის სქემა არამკაფიო რეგულატორით (5 წესი)

მოდელირების პროცესის დროს მიღებული სიჩქარის ცვლილების გრაფიკი ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე.



ნახ. 3. სერვომრავის სიჩქარის ცვლილების ოსცილოგრამა არამკაფიო რეგულატორის გამოყენებისას თუ საწყისი სიჩქარე 0 მ/წმ-ია

მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, შეგვიძლია ჩამოვყალიბოთ ორი ფაქტი. ერთის მხრივ, დადასტურდა დამუშავებული კონტროლერის უნარი დაარეგულიროს სერვომრავის სიჩქარე საჭირო მოცემულ სიდიდემდე, ხოლო მეორეს მხრივ, ეს მონაცემები ადასტურებს, რომ S7-1200 პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი შეიძლება გამოყენებული იქნას არამკაფიო კონტროლერების მართვის სისტემებში (ნახ. 4).



ნახ. 4. სერვისისტემის არამკაფიო ლოგიკური კონტროლერი S7-1200 პლკ-ს ბაზაზე

3. დასკვნა

წარმოდგენილია დამუშავება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოყენებული იქნას Siemens-ის S7-1200 პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერები სერვისისტემების არამკაფიო კონტროლერებში, მუდმივი დენის ძრავების პოზიციის, სიჩქარისა და აჩქარების მართვისათვის. საგამოცდო პლატფორმის სახით, არამკაფიო კონტროლერის ვალიდაციისათვის გამოყენებული იქნა სერვომძრავი. პროექტის დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ ნაშრომში გამოყენებულია ბაზარზე ახლახანს გამოსული პლკ, რაც გვაძლევს მისი გამოყენების შესაძლებლობას როგორც სამრეწველო საწარმოებში, ასევე სამეცნიერო-კვლევით ცენტრებში. დადგენილი იქნა, რომ ხუთწესიანი არამკაფიო რეგულატორის შემთხვევაში, სიჩქარის დავალების ნახტომისებური ცვლილებისას, მიკუთვნების ფუნქციების ადექვატური არჩევის შედეგად, სერვომძრავის სისტემა მოთხოვნილი სიჩქარის სიდიდეზე გადადის ფაქტიურად გადარეგულირების გარეშე და რეგულირების პროცესი იღებს გაანგარიშებულ ხასიათს.

მომავალი სამუშაოები ფოკუსირებული იქნება დამუშავებული არამკაფიო კონტროლერების გამოყენებაზე უფრო რთულ სისტემებში, როგორცაა მაგალითად ატომური და თბოელექტროსადგურების ორთქლის გენერატორის მართვაში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დამუშავების შედეგების გამოყენება თანამედროვე დრონებისათვის სათანადო სერვისისტემების შერჩევისა და კვლევების საქმიანობაში.

ლიტერატურა:

1. გრიგალაშვილი ჯ. დაპროგრამება TIA Portal-ში S7-1200/S7-1500. სტუ. ბიბლ. CD – 6877. ISBN 978-9941-28-863-0. 2022. 216 გვ.
2. ხუროძე რ., გრიგალაშვილი ჯ. პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების დაპროგრამების საფუძვლები. ISBN 978-9941-512-39-1. სტუ, ბიბლ. CD-7436, 2024. -292 გვ.
3. გრიგალაშვილი ჯ. არამკაფიო მართვა მექატრონულ სისტემებში. ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები. აკად. თ. ლოლაძის ხსოვნ. საერთაშ. სამეცნ.კონფ. შრ.კრ., სტუ, თბ., 2011, გვ. 117-124

4. Isaías González Pérez, A. José Calderón Godoy and Manuel Calderón Godoy. Fuzzy Controller based on PLC S7-1200 Application to a Servomotor. Jan. 2014
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7049766> (10/20/24)
5. Chiu Choi. Assessment of Experiments in a Controls Course. Univ. of North Florida. ASEE Southeastern Section Conference. American Society for Engineering Education, 2020
<https://sites.asee.org/se/wp-content/uploads/sites/56/2021/01/2020ASEESE39.pdf>. (10/20/2024)
6. Prashant M. Menghal and A. Jaya Laxmi // A Virtual Laboratory: Teaching and Research Tool in Control Engineering Education © 2012 Menghal and Laxmi, licensee InTech. <https://www.intechopen.com/chapters/39338>. (10/20/24)

Testing and validation of fuzzy logic controller of servo system based on S7-1200 PLC

Jemal Grigalashvili, Nino Lomidze
Technical University of Georgia
grigalashvilebi@yahoo.com, lomidze.n@gtu.ge

Abstract

The report discusses the fuzzy logic controller of the servo system based on the modern programmable logic controller S7-1200, its testing and validation. Fuzzy testing of servo motor DC input and output linguistic and fuzzy variables, assignment functions, fuzzy rule base are developed, modeling is done using Matlab extension packages Fuzzy logic toolbox and Simulink.

Discussed and analyzed: servo motor fuzzy control scheme through 5-rule regulator, servo motor speed oscillogram, velocity term assignment functions (dabali, kargi, magali), acceleration term assignment functions (mateba didi, mateba mcire, ucveli, kleba mcire, kleba didi), frequency Term assignment functions (mateba didi, mateba mcire, ucveli, kleba mcire, kleba didi). Gaussian-shaped (gaussmf) was used to assign the speed terms, Gauss2mf (gauss2mf) was used for the acceleration terms, specifically for (nulovani), trapezoidal (trapmf) was used for the frequency terms, and triangular for the intermediate terms. Trimf functions. An image of the response of the servo motor was experimentally obtained under the influence of two pulses with an amplitude of 4 and 6 volts.

Feedback Ins is taken as the main hardware of the servo system used in the paper. The mechanical block of the firm's servo simulator 33-100. It contains the DC motor itself, analog tachometer, absolute and incremental digital encoders, position potentiometers, magnetic brake and other auxiliary electronics. The servo simulator, in its complete processing, also contains an analog block (33-110), a digital block (33-120), whose purpose is to generate and supply analog and digital test signals to the corresponding inputs of the mechanical block, and a power supply block (01-100) that provides electric power supply. Signals are transmitted between these blocks with the help of ribbon cables.

In order to realize the fuzzy control algorithm of the servo system, the currently widespread S7-1200 programmable logic controller of the Siemens company was taken, and the TIA Portal version 17 programming environment of the same company was used for programming, and the FBD and LAD languages were chosen as the programming languages for information visualization. The basic human-machine interface HMI of the same Siemens company is used panel.

Keywords: servo system, fuzzy controller, DC motor control, testing and validation, fuzzy knowledge base, terms, assignment functions, Matlab Fuzzy logic toolbox and Simulink packages, mechanical block 33-100, PLC S7-1200, Software TIA Portal, HMI panel.

საზომი სისტემების დაკალიბრების აქტუალურობა ექსპლუატაციის

პროცესის სამუშაო პირობებში

თამარ მენაბდე, მედეა ნარჩემაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.menabde@gtu.ge, m.narchemashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია დაკალიბრების გამოყენება გაზომვების სიზუსტის გასაუმჯობესებლად სამუშაო პირობების შემთხვევაში. სტატის მიზანია აჩვენოს საზომი სისტემების სიზუსტის გაზრდის პრობლემის ერთ-ერთი შესაძლო გადაწყვეტა. განხილულია კალიბრაციის, როგორც მეტროლოგიური პროცედურის გამოყენება სამუშაო პირობებში, საზომი სისტემების საზომი

არხების გამოყენებით შესრულებული გაზომვების სიზუსტის გასაუმჯობესებლად, აჩვენოს საზომი სისტემების სიზუსტის გაუმჯობესების პრობლემის ერთ-ერთი შესაძლო გადაწყვეტა. კვლევის მეთოდად გამოყენებული იყო მონტე კარლოს მეთოდი. მოცემულია საზომი სისტემების საზომი არხების დაკალიბრების მეთოდის ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომელიც დაფუძნებულია საზომი სისტემების საზომი არხების სამუშაო პირობებში გამოყენებული პორტატული სტანდარტისა და ლაბორატორიაში განთავსებული სტაციონარული სტანდარტის გამოყენებაზე. გაანალიზებულია გაზომვის გაურკვევლობის წყაროები კალიბრაციის დროს. დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ დადასტურებულია საზომი სისტემების საზომი არხების დაკალიბრების ეფექტურობა და გამოყენებადობა სამუშაო პირობებში, როგორც გაზომვებისა და გაზომვის სისტემების სიზუსტის გაუმჯობესების გზა. კვლევაში გამოყენებული იყო მონტე კარლოს მეთოდი. მოყვანილია საზომი არხების ეტალონის დაკალიბრების სამუშაო და ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული ექსპერიმენტალური შედეგები. დამტკიცებულია სამუშაო პირობებში საზომი არხების დაკალიბრების შრომისუნარიანობა.

საკვანძო სიტყვები: საზომი სისტემები, საზომი არხების დაკალიბრება, გაზომვის სიზუსტის გაზრდის მეთოდი, გაზომვის გაურკვევლობის ანალიზი.

1. შესავალი

დაკალიბრება წარმოადგენს მნიშვნელოვან მეტროლოგიურ პროცედურას, რომელიც უზრუნველყოფს გამოყენებული საზომი ხელსაწყოების სიზუსტის დონეს.

გაზომვის საშუალებების გამოყენების ზრდამ გამოიწვია მათი სიზუსტის ამაღლების მოთხოვნები. გეოგრაფიულად გაფანტული გაზომვის საშუალებების მუშაობა ხშირად არ შეესაბამება ნორმალურ პირობებს და საჭიროებს ხშირ დაკალიბრებას, რაც საკმაოდ შრომატევადია. დაკალიბრება უნდა ხდებოდეს ლაბორატორიის პირობებში, მაგრამ ტრანსპორტირება ასეთი ხელსაწყოების ხშირად შეუძლებელია. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ თუ საზომი მოწყობილობა მუდმივად მუშაობს განსხვავებულ არასტაბილურ პირობებში, მაშინ კალიბრების ნორმატივები მომხმარებლისთვის არ წარმოადგენს პრაქტიკულ ინტერესს. მომხმარებელს სჭირდება საზომი სისტემის მუშაობის პირობებისთვის სპეციალურად დადგენილი საკალიბრაციო მახასიათებლები.

ამიტომ საზომი ხელსაწყოების მეტროლოგიური მახასიათებლების რეალური მნიშვნელობების განსაზღვრა კონკრეტულ პირობებში, შესაბამისად, მისი დაკალიბრება სამუშაო პირობებში ექსპლუატაციისას - აქტუალური ამოცანაა.

დაკალიბრების პროცედურის ცვლილებები:

თუ ადრე ხელსაწყოების დაკალიბრება წარმოადგენდა მეტროლოგიური მახასიათებლების ფაქტობრივი მნიშვნელობების და/ან საზომ ხელსაწყოების გამოყენების ვარგისიანობას დადგენას, ახლა დაკალიბრების ფორმულირება შეიცვალა და ხელსაწყოების დაკალიბრება არის ოპერაციების ერთობლიობა, რომელიც შესრულებულია მეტროლოგიური მახასიათებლების ფაქტობრივი მნიშვნელობების დასადგენად და დასადასტურებლად.

დაკალიბრების შედეგია – საზომ ხელსაწყოთა მეტროლოგიური მახასიათებლების ფაქტობრივი მნიშვნელობა.

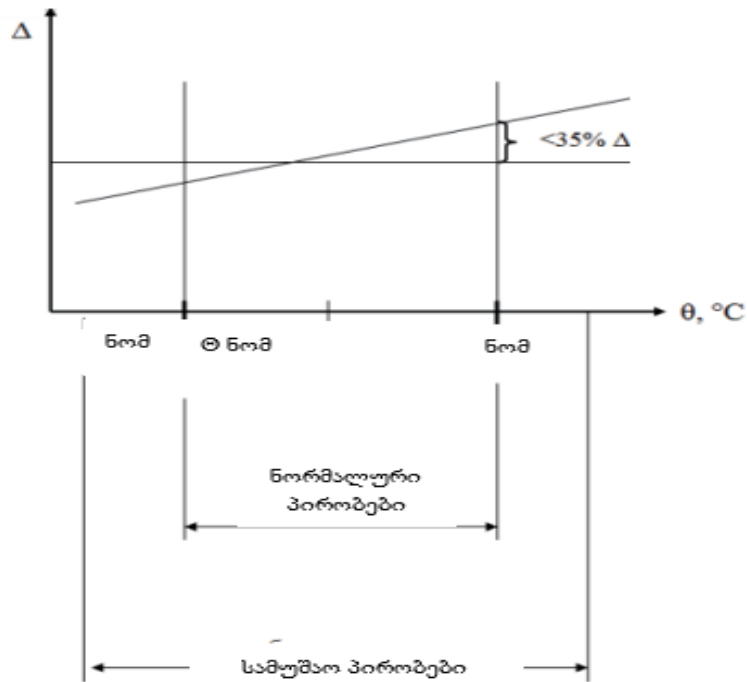
დღეისათვის, ნორმალურ გაზომვის პირობებში, აპარატურული შემადგენლობის გათვალისწინებით საზომი ხელსაწყოების ცდომილება უახლოვდება დასაშვებ ლიმიტის 35%-ს, რაც არ აკმაყოფილებს გაზომვის სიზუსტის თანამედროვე მოთხოვნებს. იგი შეუძლებელს ხდის მივალწიით გაზომვის ზუსტ შედეგს. 1-ელ ნახაზზე მოყვანილია გაზომვის სიზუსტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.

ცვლილებები ნორმალურ და სამუშაო პირობებში ექსპლუატაციისას.

ყველაზე დიდ აქტუალურობას დასმული ამოცანაში იწვევს სამუშაო პირობებში საზომი სისტემების საზომი არხების დაკალიბრება.

საზომი სისტემების კომპონენტების დემონტაჟი, ეტაპობრივი დაკალიბრება და შედეგის ლოდინი ლაბორატორიებში არა მარტო მიზანშეუწონელი, არამედ შეუძლებელიცაა,

მატერიალური და დროითი დანახარჯებიდან გამომდინარე. აგრეთვე გასათვალისწინებელია ტრანსპორტირებით გამოწვეული ვიბრაციული დატვირთვები დასაკალიბრებელ ხელსაწყოზე. აგრეთვე მათი დემონტაჟი და ხელახალი მონტაჟი. ეს ყველაფერი გავლენას ახდენს მათ თავდაპირველ მახასიათებლებზე. საზომი ხელსაწყოების დაკალიბრება არის მოქმედებათა ერთობლიობა, რომელშიც ტარდება მხოლოდ მეტროლოგიური მახასიათებლების ზუსტი, ფაქტობრივი მნიშვნელობების დასადგენად.



ნახ.1 გავლენა სიდიდის (ტემპერატურის) სამუშაო და ნორმალური დონეები

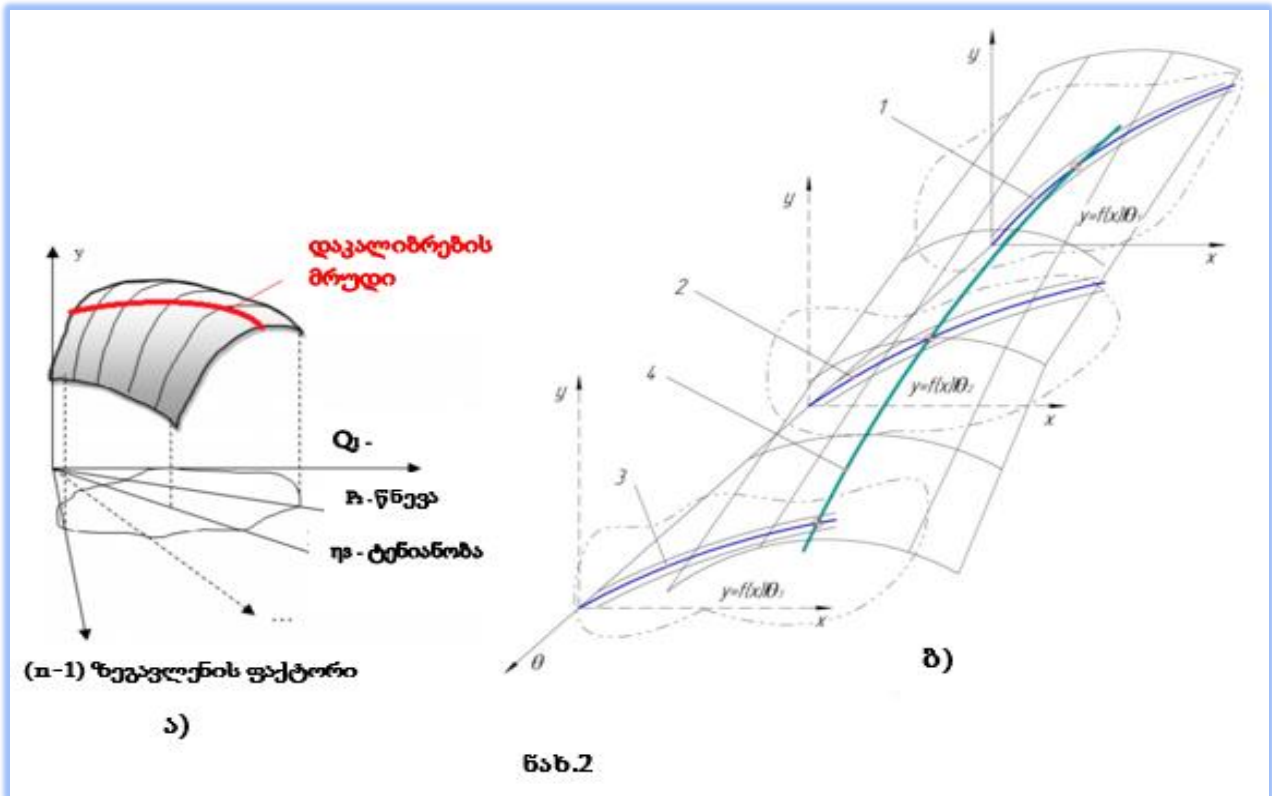
საერთაშორისო ლექსიკონში დაკალიბრება აღწერილია, როგორც ოპერაცია, რომლის მიმდინარეობისას მოცემულ პირობებში, პირველ ეტაპზე დგინდება ურთიერთ-დამოკიდებულება განუსაზღვრელ მნიშვნელობათა სიდიდესა და მოცემულ ჩვენებას შორის, რომელსაც თავის მხრივ, თავად ახასიათებს განუსაზღვრელობა. ამ ინფორმაციიდან გამომდინარე დგინდება თავსებადობა, რომელიც იძლევა გაზომვის შედეგს ჩვენებებიდან გამომდინარე. ამ ლექსიკონში დაკალიბრება ასახულია როგორც გაზომვის განუსაზღვრელობა, რომელიც აღჭურვილია სამუშაო ეტალონებით და დასაკალიბრებელი საზომი ხელსაწყოთი.

შემოთავაზებული მეთოდი ითვალისწინებს ზეგავლენის მქონე სიდიდეების ზემოქმედებას დასაკალიბრებელ საინფორმაციო არხებზე გადაცემის მომენტში. მეთოდის გამოყენება იძლევა დაკალიბრების გამოყენების საშუალებას გაზომვათა შედეგების სიზუსტის ამაღლების და მათზე ზემოქმედი ფაქტორების შემთხვევაში.

კონკრეტული მნიშვნელობების ამსახველი მეთოდი ხელს უწყობს მეტროლოგიური მეთოდის განვითარებას და გაზომვების სტანდარტის შენარჩუნებას საერთაშორისო აღიარების მიზნით. სხვაობა სამუშაო და სტაციონარულ ლაბორატორიაში მიღებულ შედეგებს შორის განისაზღვრება პორტატული ეტალონის დაკალიბრების ჩვენებების ლაბორატორიულ და სამუშაო პირობებში შედარებით. ჩატარებულია გამოთვლითი ექსპერიმენტი მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით, ზემოთ აღწერილი დაკალიბრების მეთოდის დასადასტურებლად:

- მარტივი საინფორმაციო არხის დაკალიბრება;
- შედგენილი საინფორმაციო არხის დაკალიბრება ერთი ან მეტი მასზე ზეგავლენის ფაქტორის შემთხვევაში.

- მიღებული შედეგები ამტკიცებენ საზომი სისტემის არხის დაკალიბრების ეფექტურობას ექსპლუატაციის სამუშაო პირობებში (კომპონენტების დემონტაჟის გარეშე).
- მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში.



ნახ.2

ზოგადად გაზომვების დროს და კონკრეტულად კალიბრაციის დროს, გაზომვის შედეგი მთლიანად არის წარმოდგენილი, როდესაც ის შეიცავს გასაზომი სიდიდისთვის მინიჭებულ მნიშვნელობას და ამ მნიშვნელობასთან დაკავშირებულ გაზომვის გაურკვევლობას. გაზომვის გაურკვევლობის წყაროები საოპერაციო პირობებში IC-ის დაკალიბრებისას IC-ები წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

საჭიროა კალიბრაციის სამუშაოების ჩატარება უსაძლებელია რამდენიმე გავლენიანი ფაქტორის გათვალისწინებით, ექსპერიმენტის დაგეგმვის თეორიის შემდგომი განვითარება ინტერვალურ ცვლადებზე, რომლებიც სინამდვილეში გაზომვების შედეგია.

დაკალიბრების მეთოდის დამადასტურებელი ჩატარებულია გამოთვლითი ექსპერიმენტი

მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით

ცხრ.1

ექსპერიმენტის აღწერა		საზომ საშუალებათა გასაზომი სიდიდეების ერთეულის ცდომილების განუსაზღვრელობა სამუშაო პირობებში კვლევისას.
მარტივ საზომ საშუალებათა სრული დაკალიბრება მათზე ერთი სიდიდის გავლენის შემთხვევისას	ნაცნობი მეთოდი	0,0024
	შემოთავაზებული მეთოდი	0,00021
	ნაცნობი მეთოდი	0,0032

მარტივ საზომ საშუალებათა სრული დაკალიბრება მათზე ორი სიდიდის გავლენის შემთხვევისას	შემოთავაზებული მეთოდი	0,00021
შედგენილი საზომ საშუალებათა სრული დაკალიბრება მათზე ერთი სიდიდის გავლენის შემთხვევისას	ნაცნობი მეთოდი	0,0042
	შემოთავაზებული მეთოდი	0,0035
შედგენილი საზომ საშუალებათა სრული დაკალიბრება მათზე ორი სიდიდის გავლენის შემთხვევისას	ნაცნობი მეთოდი	0,0044
	შემოთავაზებული მეთოდი	0,0039

საზომი არხების დაკალიბრების შედეგად წარმოქმნილი განუსაზღვრელობის წყარო საზომი ხელსაწყოების სამუშაო პირობებში დაკალიბრებისას ცხრ.2

გაზომვათა განუსაზღვრელობის მიზეზი	
I ეტაპი	გაზომვათა განუსაზღვრელობა პორტატული ეტალონისას: ტრანსპორტირებით გამოწვეული ვიბრაციული დატვირთვები დასაკალიბრებელ ხელსაწყოზე. ტრანსპორტირებით გამოწვეული ვიბრაციული დატვირთვები დასაკალიბრებელ ხელსაწყოზე. ხელსაწყოს დემონტაჟი და ხელახალი მონტაჟი.
II ეტაპი	გაზომვათა განუსაზღვრელობა სტაციონარული ეტალონისას: გაზომვათა მეთოდებით გამოწვეული განუსაზღვრელობა. ურთიერთდამოკიდებულება განუსაზღვრელ მნიშვნელობათა სიდიდესა და მოცემულ ჩვენებას შორის, რომელსაც თავის მხრივ, თავად ახასიათებს განუსაზღვრელობა.

➤ **ეკონომიკური ასპექტი:**

დაკალიბრების ეკონომიკური ასპექტი გვაჩვენებს გაზომვის სიზუსტის ზრდის ამაღლების და საზომი ხელსაწყოების მოდერნიზაციის შესაძლებლობას მნიშვნელოვანი მატერიალური დანახარჯების გარეშე.

ამუშაო პირობებში საზომი ხელსაწყოების დაკალიბრების აქტუალიზაციისა და მიზანშეწონილობისთვის შეგვიძლია მივიჩნიოთ:

- 1) მომხმარებელთა სურვილი: საზომ ხელსაწყოთა დაკალიბრება ექსპლუატაციის პირობებში;
- 2) დისკომფორტი, რომელსაც მომხმარებელში იწვევს ხელსაწყოს დემონტაჟი, ტრანსპორტირება ნორმალურ პირობებში მის დასაკალიბრებლად და ხელმეორე ტრანსპორტირება და მონტაჟი. აქვე გასათვალისწინებელია დროის ფაქტორი;
- 3) განუწყვეტელი ინდუსტრიული ტექნოლოგიური ციკლით გამოწვეული მონიტორინგი (ელექტროენერჯიაში, მეტალურჯიაში, გაზ-ნავთობის კომპლექსში, ქიმიაში).

აქვე განვიხილავთ კიდევ ორ ასპექტს- ტექნოლოგიურს და მეტროლოგიურს, რომლებიც ართულებს დასმული ამოცანის განხორციელებას.

➤ **მეტროლოგიური ასპექტი**

მეტროლოგიური ასპექტი ითვალისწინებს ნორმალურ პირობებში გაზომვათა ერთიანობის უზრუნველყოფას, სტანდარტით გათვალისწინებული საზომი ერთეულის ეტალონის გამოსაყენებლად და ამავე დროს მათი მახასიათებლების შენარჩუნებას, მასზე მოქმედი სიდიდეების (მაგ. ტემპერატურა) ზემოქმედებისგან ცვლილებათა ვიწრო დიაპაზონში. ეს პირობა აწესებს შეზღუდვას, რათა შეგვეძლოს გამოვიყენოთ სტაციონარული, ლაბორატორიული

ეტალონი და მივყავართ პორტატული სტანდარტის შექმნის აუცილებლობამდე. ეს თავის მხრივ გამოიწვევს ტექნოლოგიური ხასიათის გარდაუვალ ცდომილებას.

➤ ტექნიკური ასპექტი

დაკალიბრების ტექნიკური ასპექტი სამუშაო პირობებში ვარაუდობს ტექნიკური შესაძლებლობების გარდა, ნორმალური პირობების შექმნას დაკალიბრების ლაბორატორიებში. ასევე ტექნიკურ შესაძლებლობებს ექსპლუატაციისთვის სამუშაო პირობების შესაქმნელად, რათა ამ პირობებში შესაძლებელი იყოს პორტატული ეტალონისთვის გაზომვის სიდიდის ერთეულის ზომის გადაცემა. ტექნიკური საშუალებებით სამუშაო პირობების შექმნა გაზომვის შედეგზე მოქმედი სიდიდეების ფართო დიაპაზონი არის სწორედ შემზღვეველი ფაქტორი, გაზომვის სიდიდის ერთეულის ზომის გადაცემისას. გაზომვის სისტემების ფართოდ გამოყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის უმეტეს დარგში, დასმული ამოცანა, კერძოდ, გამოთვლითი სისტემების ექსპლუატაციის მახასიათებლების გაუმჯობესებას სამუშაო პირობებში აქვს დიდი ეკონომიკური მნიშვნელობა.

3. დასკვნა

ექსპერიმენტის შედეგების შედარებამ აჩვენა, რომ გასაზომი არხის დაკალიბრების გამოყენების შემოთავაზებული მეთოდი შესაძლებელს ხდის შემცირდეს გაზომვათა შედეგების განუსაზღვრელობა საზომი სისტემის სამუშაო პირობებში დაკალიბრებისას.

მეთოდი განსაკუთრებით რეკომენდებულია მარტივი საზომი არხის შემთხვევაში ერთი პორტატული ეტალონის გამოყენებით. კომპლექსური IR-ის შემთხვევაში სიზუსტის მატება არც ისე დიდია და საჭიროა რამდენიმე გამოყენება

კომპლექსური IR კალიბრაციის პორტატული სტანდარტები შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენების შემზღვეველი პირობაა.

ლიტერატურა:

1. Zakharov I., Semenikhin V. 23 Procedure for Determining the Inter-Calibration Interval of Measuring Instruments. Metrology and metrology assurance, 2022.
2. Fridman A.E. The Quality of Measurements: A Metrological Reference. 2012th Edition.
3. Lepik A. Introduction to Metrology: Practice and Science of Measurement, .2023.
4. Ерещенко Т.В., Михайлова Н.А. Планирование эксперимента. Учебно-практическое пособие. ISBN 978-5-98276-728-8. Волгоградский Гос. Архитектурно-строительный унив., 2015. -77 с.
5. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины .2010.

Relevance of calibration of measuring systems during operation under working conditions

Tamar Menabde, Medea Narchemashvili
Georgian Technical University
t.menabde@gtu.ge, m.narchemashvili@gtu.ge

Abstract

Background. The use of calibration as a metrological procedure to improve the accuracy of measurements performed using the measuring channels of measuring systems in working conditions are considered. The purpose of this article is to show one of the possible solutions to the problem of improving the accuracy of measuring systems. Materials and methods. As a method of research was had applied the method of Monte Carlo. Results. The results of experimental research of method of calibration of measuring channels of measuring systems based on the use of portable standard used in the working conditions of measuring channels of measuring systems, and stationary standard located in the laboratory are given. The sources of measurement uncertainty during calibration are analyzed. Conclusions. The efficiency and applicability of calibration of measuring channels of measuring systems in working conditions as a way to improve the accuracy of measurements and measuring systems have been proved.

Key words: measuring systems, calibration of measuring channels, method of increasing measurement accuracy, analysis of measurement uncertainty.

Identification of Nonlinear Systems in Frequency Domain Using Hammerstein Models

Besarion Shanshiashvili
Georgian Technical University,
b.shanshiashvili@gtu.ge

Abstract

The problems of structure and parameter identification of nonlinear dynamic systems are discussed at the system representation with simple and generalized Hammerstein, and Hammerstein-Wiener cascade models in the frequency domain under the conditions of input harmonic signals of the system. Structure identification is performed based on observation of the system's input-output variables in steady-state conditions. Parameter estimates are obtained by the method of least squares using Fourier approximation. Identification methods are tested for accuracy.

Keywords: identification, structure, parameter, nonlinear, linear.

1. INTRODUCTION

Processes that take place in manufacturing systems in most cases have a nonlinear character. Nonlinear systems are characterized by features that are not observed in linear systems. The principle of superposition is not valid for a nonlinear system, also there may be non-resonant, resonant, and subharmonic oscillations depending on the values of the initial conditions at the input harmonic signal of the system, and it is possible to have a new type of self-oscillations of the steady-state condition in the absence of input oscillatory influences. In nonlinear systems, it is necessary to investigate the stability of individual movements generated at their output. Indeed, the list of features characteristic of non-linear systems can be continued.

Physical events in the real system and their features can be characterized only by using nonlinear models.

The mathematical model of the research system, the presence of which is necessary to determine the type of control system, can be constructed by system identification methods. This direction of control theory for building the system's model uses both the physical laws of the processes in the system and the information obtained by measuring the input-output variables of the system. When building a system model by using system identification methods, various problems appear depending on the a priori information about the system and the observability of the signals acting on the system. The successful solution of structure and parameter identification problems significantly defines the construction of the system's adequate model.

The problem of structure identification is usually solved based on the use of physical laws of system processes or a priori information about them, according to the classic identification scheme [1], at the same time, the data obtained by measuring input-output variables of the system are used to solve the problem of parameter identification.

To determine the regularity of processes in nonlinear systems, discrete and continuous block-oriented models consisting of various modifications of Hammerstein and Wiener models [2], and general models in the form of Volterra and Wiener functional series [3, 4] and Kolmogorov-Gabor polynomials [5, 6] are commonly used.

The use of these models to represent manufacturing processes has its advantages and disadvantages, however, in practice, block-oriented models are more frequently used due to their relative simplicity, although currently some a priori information about the class of models is required.

Initially, the structure of the model was determined according to the classical scheme of identification, but later works appeared in which, when representing the system with block-oriented models, this problem is solved using the input-output data of the system [7, 8], which was followed by further works with such an approach. In some works, the problem of structure identification was considered on certain discrete (e.g. [8, 9]) and continuous (e.g. [10, 11]) subsets of block-oriented models.

When solving the parameter identification problem, it should be noted that most block-oriented models, except for simple and generalized Hammerstein models, are nonlinear in terms of parameters. Because of this, parameter identification methods are mainly developed for simple Hammerstein and Wiener models (e.g. [12-14]). A relatively small amount of work is devoted to the identification of Hammerstein-Wiener and Wiener-Hammerstein cascade models (e.g. [15]).

This paper discusses the peculiarities of solving problems of structural and parametric identification of nonlinear dynamic systems, connected using the same experimental data. The abovementioned problems are considered when presenting the system with simple and generalized Hammerstein and Hammerstein-Wiener cascade models in the frequency domain under the conditions of the system's input harmonic signals.

2. CLASSES OF MODELS AND INPUT SIGNALS

It is assumed that there is a priori information on a class of models therefore identification problems of nonlinear dynamic systems are considered on a set of continuous, block-oriented models with the following elements:

$$L = \{s_i | s = 1, 2, 3\}, \quad (1)$$

where s_1 - simple Hammerstein model, s_2 - generalized Hammerstein model, s_3 - simple Hammerstein - Wiener cascade model.

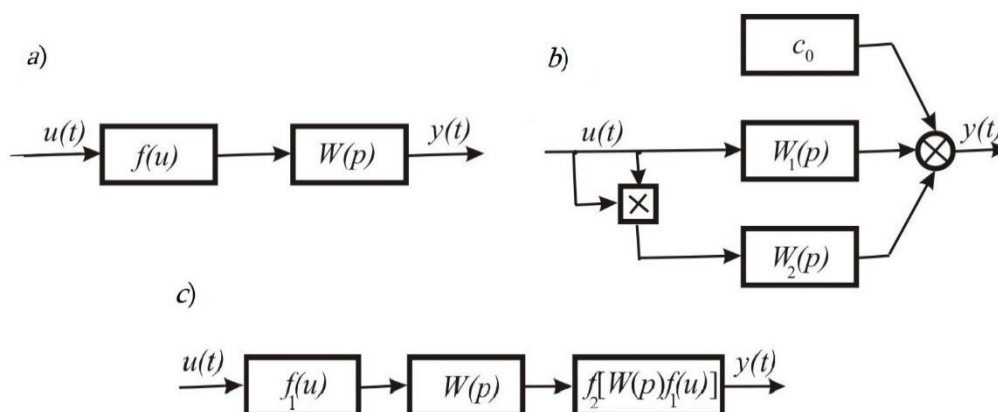


Fig. 1. The block-oriented models: a) simple Hammerstein model; b) generalized Hammerstein model; c) simple Hammerstein -Wiener cascade model.

The linear dynamic elements of block-oriented models are assumed to be stable.

The static characteristics of manufacturing systems are usually approximated by a polynomial function of the second degree, so it is implied that the nonlinear static elements of the models are described by polynomial functions of the second degree:

$$f_1[x(t)] = c_0 + c_1x(t) + c_2x^2(t), \quad (2)$$

$$f_2[x(t)] = d_0 + d_1x(t) + d_2x^2(t), \quad (3)$$

where $c_i, d_i (i=0,1,2)$ are constant coefficients.

The models are described by the following equations [18]:

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = c_0W(0) + c_1W(p)u(t) + c_2W(p)u^2(t); \quad (4)$$

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + W_1(p)u(t) + W_2(p)u^2(t); \quad (5)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

$$y(t) = d_0 + c_0d_1W(0) + c_0^2d_2W^2(0) + [c_1d_1W(p) + 2c_0c_1d_2W(0)W(p)]u(t) + [c_2d_1W(p) + c_1^2d_2W^2(p) + 2c_0c_2d_2W(0)W(p)]u^2(t) + 2c_1c_2d_2W^2(p)u^3(t) + c_2^2d_2W^2(p)u^4(t), \quad (6)$$

where $u(t)$ and $y(t)$ are input and output variables, respectively, $W(p)$ and $W_i(p)$ ($i=1,2$) - transfer functions of linear dynamic elements in the operational form, i.e. p denotes the differentiation operation $p \equiv d/dt$.

For solving the identification problem of nonlinear systems based on the active experiment it is assumed that the input variable of the system $u(t)$ is a harmonic function:

$$u(t) = A \cos \omega t . \quad (7)$$

3. STRUCTURE IDENTIFICATION

The solution of the structure identification problem is based on the classical definition of identification by L. Zade [1] under the conditions of using the values of the input-output variables of the research system in the steady state. It is implied that the classes of models and input signals are known, and it is necessary to develop a criterion defining the structure of the model from the class of models.

3.1. Mathematical description of forced oscillations

When a harmonic signal of type (7) is entered into the input of a nonlinear system, after the completion of the transient mode at the output of the system, a forced oscillation is obtained, which has certain characteristics for each model of the set (1).

Analytical expressions of forced oscillations obtained at the output of models have the following form [16], which are obtained by solving equations (4) - (6) taking into account (7).

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = \left(c_0 + \frac{1}{2} c_2 A^2 \right) |W(0)| + c_1 |W(j\omega)| A \cos[\omega t + \phi(\omega)] + \frac{1}{2} c_2 |W(2j\omega)| A^2 \cos[2\omega t + \phi(2\omega)]; \quad (8)$$

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} A^2 |W_2(0)| + |W_1(j\omega)| A \cos[\omega t + \phi_1(\omega)] + \frac{1}{2} |W_2(2j\omega)| A^2 \cos[2\omega t + 2\phi_2(\omega)]; \quad (9)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

$$\begin{aligned} y(t) = & d_0 + \left(c_0 + \frac{1}{2} c_2 A^2 \right) d_1 |W(0)| + \left(c_0 + \frac{1}{2} c_2 A^2 \right)^2 d_2 |W(0)|^2 + \frac{1}{2} c_1^2 d_2 |W(j\omega)|^2 A^2 + \\ & + \frac{1}{8} c_2^2 d_2 |W(2j\omega)|^2 A^4 + [c_1 d_1 |W(j\omega)| A + (2c_0 + c_2 A^2) c_1 d_2 |W(0)| |W(j\omega)| A] \cos[\omega t + \phi(\omega)] + \\ & + \frac{1}{2} c_1 c_2 d_2 |W(j\omega) W(2j\omega)| A^3 \cos[\omega t + \phi(2\omega) - \phi(\omega)] + \left[\frac{1}{2} c_2 d_1 |W(2j\omega)| A^2 + \left(c_0 + \frac{1}{2} c_2 A^2 \right) c_2 d_2 \times \right. \\ & \times |W(0)| |W(2j\omega)| A^2] \cos[2\omega t + \phi(2\omega)] + \frac{1}{2} c_1^2 d_2 |W(j\omega)|^2 A^2 \cos[2\omega t + 2\phi(\omega)] + \frac{1}{2} c_1 c_2 d_2 |W(j\omega)| \times \\ & \times |W(2j\omega)| A^3 \cos[3\omega t + \phi(2\omega) + \phi(\omega)] + \frac{1}{8} c_2^2 d_2 |W(2j\omega)|^2 A^4 \cos[4\omega t + 2\phi(2\omega)]. \quad (10) \end{aligned}$$

In expressions (8) - (10) $|W(kj\omega)|$, $|W_i(kj\omega)|$ are modules of frequency transfer functions of models and φ is a phase shift of an output signal of a linear part concerning an input signal at k harmonious frequency.

3.2. Criterion determining the model structure

The analysis of the expressions of output variables (8) - (10) of the models allows us to determine the selection criteria of the model structure on the model set [16]:

- **Simple Hammerstein model** - the constant component of the output periodic signal does not depend on the frequency change of the input influence;
- **Generalized Hammerstein model** – the constant component of the output signal does not depend on the frequency change of the input influence. It can be distinguished from the simple Hammerstein model by the structural features of the model;
- **Simple Hammerstein-Wiener cascade model** - periodic signal contains the third and fourth harmonic. The above-listed values - constant components and amplitudes of the first, second, third, and fourth harmonics of the output forced oscillation of the system can be defined using the numerical harmonic analysis [17].

4. PARAMETER IDENTIFICATION

Due to the large number of parameters of block-oriented models, they can be identified analytically only for low-order models.

The dynamic parts of many processes in manufacturing systems can be described by first- or second-order differential equations.

Let's assume that in the set (1), the transfer functions of the linear dynamic parts of models are defined by the expression:

$$W(p) = \frac{1}{T_0 p^2 + T p + 1}, \quad W_i(p) = \frac{1}{T_{0i} p^2 + T_i p + 1} \quad (i=1, 2), \quad (11)$$

In this case, the forced oscillations, obtained at the output of the models in the steady state are determined by the expressions:

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} A^2 + \frac{A(1 - \omega^2 T_0)}{(1 - \omega^2 T_0)^2 + \omega^2 T^2} \cos \omega t + \frac{A \omega T}{(1 - \omega^2 T_0)^2 + \omega^2 T^2} \sin \omega t + \frac{c_2 A^2 (1 - 4 \omega^2 T_0)}{2 \left[(1 - 4 \omega^2 T_0)^2 + 4 \omega^2 T^2 \right]} \cos 2 \omega t + \frac{c_2 A^2 \omega T}{(1 - 4 \omega^2 T_0)^2 + 4 \omega^2 T^2} \sin 2 \omega t. \quad (12)$$

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} A^2 + \frac{A(1 - \omega^2 T_{01})}{(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \cos \omega t + \frac{A \omega T_1}{(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \sin \omega t + \frac{A^2 (1 - 4 \omega^2 T_{02})}{2 \left[(1 - 4 \omega^2 T_{02})^2 + 4 \omega^2 T_2^2 \right]} \cos 2 \omega t + \frac{A^2 \omega T_2}{(1 - 4 \omega^2 T_{02})^2 + 4 \omega^2 T_2^2} \sin 2 \omega t. \quad (13)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

After assuming that in expressions (8), (9): $c_0 = c_1 = 0$, $c_2 = 1$ $d_0 = d_1 = 0$, $d_2 = 1$ and in (11): $T_0 = 0$, then we will receive:

$$y = \frac{A^4}{4} + \frac{A^4 + 4A^4\omega^2T^2}{8(1 + 4\omega^2T^2)^2} + \frac{A^4}{2(1 + 4\omega^2T^2)} \cos 2\omega t + \frac{A^4\omega T}{1 + 4\omega^2T^2} \sin 2\omega t + \frac{A^4 - 4A^4\omega^2T^2}{8(1 + 4\omega^2T^2)^4} \cos 4\omega t + \frac{A^4\omega T}{2(1 + 4\omega^2T^2)^2} \sin 4\omega t. \quad (14)$$

Let's consider the peculiarities of model parameter estimation by the method of least squares using the Fourier approximation.

- **Simple Hammerstein model**

Using the Fourier approximation [17] for the periodic signal of the system output allows the calculation of the Fourier coefficients $\hat{a}_0/2$, \hat{a}_k , \hat{b}_k , ($k = 1, 2$). If we equate these estimates with their theoretical values from expression (12) and use the least squares method, we get the dynamic parameter estimates [14]:

$$\hat{T}_0 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3\right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i\right)^2}, \quad \hat{T} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i\right) - \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3\right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i\right)^2}. \quad (15)$$

If we know the values of estimates \hat{T}_0 and \hat{T} it is possible to obtain estimates of parameters \hat{c}_0 , \hat{c}_1 and \hat{c}_2 by using the expressions of the Fourier coefficients $\hat{a}_0/2$, \hat{a}_k , \hat{b}_k , ($k = 1, 2$).

- **Generalized Hammerstein model**

The \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 estimates by the least squares method, obtained using (13), are determined by the expressions (15). The estimates \hat{T}_{02} and \hat{T}_2 , look like:

$$\hat{T}_{02} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i^3\right)}{4 \left[\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i\right)^2 \right]}, \quad \hat{T}_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i\right) - \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i^3\right)}{2 \left[\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i\right)^2 \right]}. \quad (16)$$

- **Simple Hammerstein-Wiener cascade model**

Using the expression the estimate of \hat{a}_2 , received from (14), we obtain an estimate \hat{T} :

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \omega_i^2 - A^4 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \omega_i^2}{8 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \omega_i^4}}. \quad (17)$$

It is possible to obtain another estimate \hat{T} by using the expression of the estimate of the Fourier coefficient \hat{b}_2 .

5. ACCURACY OF THE RECEIVED RESULTS

An important stage of building a model using system identification methods is verifying the adequacy of the model to the system. There are different approaches to research this issue, the main one being the

approach where the same signal is supplied into the research system and the built model, and the adequacy is evaluated through the error obtained as a result of comparing the signals received at their output.

In cases where manufacturing conditions do not allow the same signal to be supplied to the inputs of the research system and the model, the accuracy of the developed identification method is investigated through theoretical analysis and computer modeling.

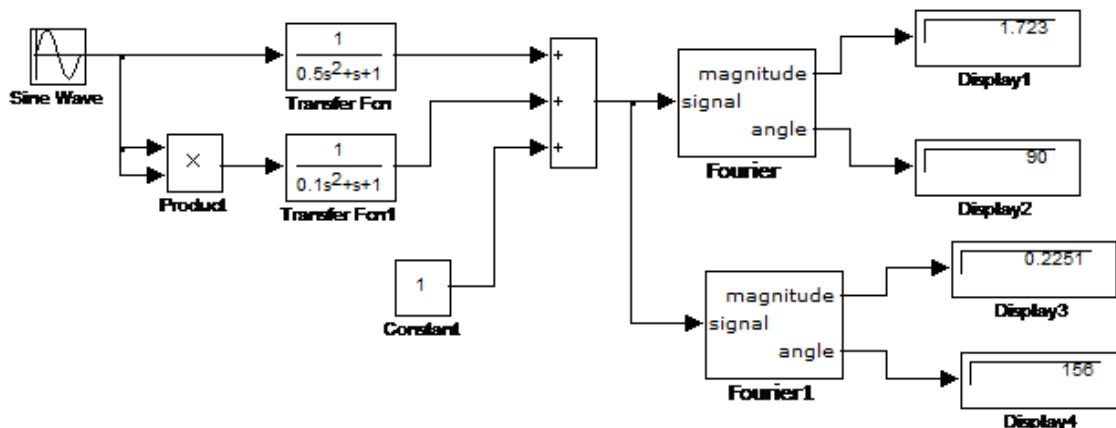


Fig. 2. Scheme for Generalized Hammerstein model

The reliability of the results obtained in the considered identification methods in the presence of noise and errors in the identification of nonlinear systems in manufacturing conditions depends on the accuracy of the measurement of the input-output signals of the system and the mathematical processing of experimental data.

The considered identification methods of nonlinear systems were investigated by computer modeling, using MATLAB. The package Simulink-toolbox tool for system modeling and the Symbolic Math Toolbox tool for solving equations were used.

Figure 2 presents an electronic scheme composed for the generalized Hammerstein model, on which the presented identification methods were examined.

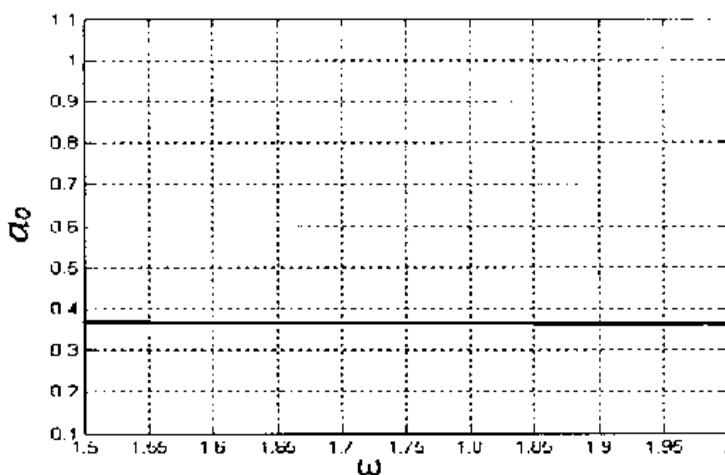


Fig. 3. The dependences $a_0 = f(\omega)$ for Simple Hammerstein model.

The dependences of the constant component of the output periodic signal on the frequency of the input sinusoidal signal $a_0 = f(\omega)$ for the simple Hammerstein model is given as an example in Fig. 3.

When investigating the method of parameter identification, diagrams of output variables of models and estimates of unknown parameters were obtained. For example, for the generalized Hammerstein model,

experiments were performed on parameter values $c_0 = 2$, $T_{01} = 1,5$, $T_1 = 2$, $T_{02} = 0,5$, $T_2 = 1$. The following estimations of the unknown parameters were obtained: $c_0 = 2$, $T_{01} = 1.4709$, $T_1 = 1.9528$, $T_{02} = 0.4882$, $T_2 = 0.9729$.

6. CONCLUSION

The peculiarities of solving structure and parameter identification problems of the nonlinear systems in the frequency domain are discussed. Identification problems are considered on the subset of continuous block-oriented models, the elements of which are simple and generalized Hammerstein, and Hammerstein-Wiener cascade models.

Structure identification is carried out based on observations of the input and output variables of the system at the steady state. When solving the parameter identification problem, the estimations of parameters are obtained by the least squares method using the Fourier approximation. The reliability of the obtained results in manufacturing conditions depends on the accuracy of the measurement of the output signals of the system and the mathematical processing of the experimental data.

REFERENCES:

1. Eykhoff, P. *System Identification. Parameter and State Estimation*. John Wiley and Sons Ltd, London. 1974.
2. Haber, R. and Keviczky, L. Identification of nonlinear dynamic systems. In: Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation. Institute of Control Sciences, Moscow. 1976, pp. 62-112.
3. Volterra, V. *Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations*. Dover Publ., New York. 1959.
4. Wiener, N. *Nonlinear Problems in Random Theory*. Wiley, New York. 1958.
5. Kolmogorov, A. N. Interpolation and extrapolation of stationary random series. *Bulletin of the Academy Sciences of USSR, Mathematical series*, vol. 5, no.1, 1941, pp. 3-14.
6. Gabor, L., Wilby, P.L. and Woodcock, R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. *IEE Proceedings*, vol. 108, part B, 1961, pp. 422-433.
7. Shanshiashvili B. G. On the selection of the model structure under the nonlinear dynamic system identification with a closed cycle, *Preprints of the 8th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, vol. 2, Oxford: Pergamon Press, 1988, pp. 933-938.
8. Haber, R. and Unbehauen, H. Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. *Automatica*, vol. 26, no. 4, 1990, pp. 651-677.
9. Giri, F., Bai, E-W. (eds). *Block-oriented Nonlinear System Identification*. Springer, Berlin, 2010.
10. Salukvadze, M. and Shanshiashvili, B. Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle. *Inter. Jou. of Information Technology & Decision making*, vol.12, no. 2, 2013, pp. 179-199.
11. Shanshiashvili B., Prangishvili A. and Tsveraidze Z. Structure Identification of Continuous-Time Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, Issue 13, 2019, pp. 463-468.
12. Liu X., Wang C., Dai W. Probability-Based Identification of Hammerstein Systems with Asymmetric Noise Characteristics, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 73, 2024, pp.1-11.
13. Jing Sh., Pan T., Zhu Q. Identification of Wiener systems based on the variable forgetting factor multi-error stochastic gradient and the key term separation. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, vol. 35, issue 12, 2021, pp. 2537-2549.
14. Shanshiashvili B., Rigishvili T. Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. *IFAC PapersOnLine*, vol. 53, issue 2, 2020, pp. 10695–10700.
15. Brouri A., El Mansouri F.Z., F.Z. Chaoui F.Z., Abdelaali C., Giri F. Identification of Hammerstein-Wiener model with discontinuous input nonlinearity. *Science China Information Sciences*, vol. 66, 2023, pp.1-15.
16. Shanshiashvili B., Salukvadze M. Structural identification of nonlinear continuous dynamic systems. *LEPL Archil Eliashvili Institute of Control Systems. Proceedings. № 13. Tbilisi, 2009, pp. 40-45.*
17. Hamming R. W. *Numerical methods for scientists and engineers*. Dover Publications Inc., New York. 1987.

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაცია სიხშირულ არეში ჰამერშტეინის მოდელების გამოყენებით

ბესარიონ შანშიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

b.shanshiashvili@gtu.ge

რეზიუმე

არაწრფივი დინამიური (უნდა იყოს დინამიკური) სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანები განხილულია სისტემის მარტივი და განზოგადებული ჰამერშტეინის, და ჰამერშტეინ-ვინერის კასკადური მოდელებით წარმოდგენისას, სიხშირის (უნდა იყოს სიხშირულ) არეში სისტემის შემავალი ჰარმონიული სიგნალების პირობებში. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია ხორციელდება სისტემის შემავალ-გამომავალი ცვლადების დაკვირვების საფუძველზე დამყარებულ მდგომარეობაში. პარამეტრების შეფასება მიიღება უმცირესი კვადრატების მეთოდით ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებით. იდენტიფიკაციის მეთოდები გამოკვლეულია სიზუსტის თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: იდენტიფიკაცია, სტრუქტურა, პარამეტრი, არაწრფივი, წრფივი.

მაკორექტირებელი რგოლების სინთეზის ამოცანა

ქეტევან კოტრიკაძე, ნანა კურკუმული

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

k.kotrikadze@gtu.ge, n.kurkumuli@gtu.ge

რეზიუმე

ლოკალური მართვის სისტემების, ისევე, როგორც ნებისმიერი ავტომატური რეგულირების სისტემის დაგეგმარებისას, მნიშვნელოვანია ტექნიკურ დავალების პირობების შესრულება. ტექნიკური დავალება მოიცავს დინამიკის თვისებრივობის მაჩვენებლებს. სისტემის დინამიკა, დამოკიდებულია სისტემის ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობებზე და სისტემის სტრუქტურაზე. ლოკალური მართვის სისტემების ელემენტების და სტრუქტურის შერჩევა ხდება მისი ენერგეტიკული ანგარიშის საფუძველზე. ენერგეტიკული ანგარიშის შედეგად მიღებულ ლოკალური მართვის სისტემის სქემაში, ელემენტების პარამეტრების ან სტრუქტურის შეცვლა შეუძლებელია ან არასასურველია. აღნიშნული ანგარიშის შედეგად მიღებულ სქემას, სისტემის უცვლელ ნაწილს უწოდებენ. სისტემის უცვლელი ნაწილის ანგარიშის შემდგომ, შესაძლებელია იგი ვერ უზრუნველყოფდეს სასურველ დინამიკურ პროცესს. ამ შემთხვევაში, აუცილებელი ხდება სისტემაში ახალი დამატებითი მოწყობილობების ჩართვა. ასეთი მოწყობილობებია მაკორექტირებელი რგოლები. სტატიაში განხილულია მიდევრობითი მაკორექტირებელი მოწყობილობის სინთეზის ამოცანის გადაწყვეტის ხერხები: მათი სისტემაში სწორი ჩართვის ადგილის და სქემების განსაზღვრა, გადაცემის ფუნქციის და პარამეტრების დადგენა.

საკვანძო სიტყვები: ლოკალური მართვის სისტემა, სისტემის უცვლელი ნაწილი, მაკორექტირებელი მოწყობილობა, თვისებრივობის მაჩვენებლები, სისტემის მდგრადობა, გადაცემის ფუნქცია, სინთეზის ამოცანა.

1. შესავალი

ავტომატური მართვის სისტემების შექმნისას მნიშვნელოვანია ტექნიკურ დავალების პირობების შესრულება, რადგანაც იგი მოიცავს დინამიკის თვისებრივობის მაჩვენებლებს ერთს ან რამდენიმეს. კერძოდ, მათ რიცხვით მნიშვნელობებს. სისტემის დინამიკა, დამოკიდებულია სისტემის ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობებზე და სისტემის სტრუქტურაზე. ლოკალური მართვის სისტემების ელემენტების და სტრუქტურის შერჩევა ხდება მისი ენერგეტიკული ანგარიშის საფუძველზე. ენერგეტიკული ანგარიშის შედეგად მიღებულ

ლოკალური მართვის სისტემის სქემაში, ელემენტების პარამეტრების ან სტრუქტურის შეცვლა შეუძლებელია ან არასასურველია.

განვიხილოთ ლოკალური მართვის სისტემებისთვის თვისებრივობის მაჩვენებლები. თუ ასეთი სისტემის შესავალზე მოდებულია საფეხუროვანი მმართველი ზემოქმედება $\alpha(t) = A1(t)$, მაშინ სისტემის გამოსავალზე გვექნება $\beta(t)$ სარეგულირო სიდიდე, რომელიც იცვლება ნახ. 1-ზე ნაჩვენები გრაფიკის შესაბამისად.

სისტემის დინამიკის ძირითადი თვისებრივობის მაჩვენებლებია: გარდამავალი პროცესის დრო და გადარეგულირება. ამ ორი მაჩვენებლის გარდა, ხშირად სარგებლობენ თვისებრივობის შემდეგი მაჩვენებლებით: გამოსავალი სიგნალის $\beta(t)$ -ს მიერ პირველი მაქსიმუმის მიღწევის დრო, გარდამავალი პროცესის რხევათა რიცხვი, გარდამავალი პროცესის მიმდინარეობის საწყისის სიჩქარე და პროცესის რხევადობა.

ნებისმიერ წრფივი ლოკალური მართვის სისტემაში გარდამავალი პროცესის მიმდინარეობის დრო თეორიულად უსაზღვროდ დიდია. თუმცა, როგორც ცნობილია, $t_{\text{რეგულირების დროის}}$, გარდამავალი პროცესის დროის განსაზღვრის მიზნით, აუცილებელია მითითებული იქნას იმ ზოლის სიგანე $\beta(t)=A$ -ს მიმართ, რომელშიც გარდამავალი პროცესის გრაფიკის შესვლის შემდეგ, იგი შეგვიძლია დამთავრებულად ჩავთვალოთ. ნახ. 1-ზე ამ ზოლის სიგანეა 2Δ და მისი საზღვრებია $(A - \Delta)$ და $(A + \Delta)$. ამავე ნახაზზე მითითებულია $t_{\text{რეგულირების დრო}}$ გარდამავალი პროცესის დრო.

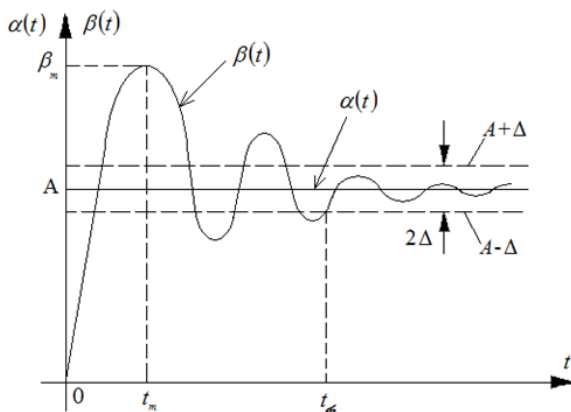
სხვაგვარად, შეგვიძლია განვმარტოთ, რომ $t_{\text{რეგულირების დრო}}$ გარდამავალი პროცესის დრო არის დროის ინტერვალი სისტემის შესავალზე საფეხუროვანი ზემოქმედების მოდებიდან იმ მომენტამდე, ვიდრე გრაფიკი არ შევა 2Δ სიგანის ზოლში და შემდგომშიც ამ ზოლის შიგნით დარჩება.

გასაგებია, რომ რომ რაც უფრო ნაკლებია Δ , მით უფრო მეტი იქნება გარდამავალი პროცესის $t_{\text{რეგულირების დრო}}$ დრო და პირიქით; ამიტომ სისტემების $t_{\text{რეგულირების დრო}}$ შედარებისთვის აღებული უნდა იქნას Δ -ს ერთი და იგივე მნიშვნელობა. ავტომატური მართვის თეორიაში $t_{\text{რეგულირების დრო}}$ შეფასებისას იღებენ $\Delta=5\%$, ანუ 2Δ -ს საზღვრები იქნება $0,95A$ და $1,05A$.

მეორე მნიშვნელოვანი თვისებრივობის მაჩვენებელია გადარეგულირება $\beta(t)$, სარეგულირო პარამეტრის მაქსიმალური გადახრის მახასიათებელი - β_m . მისი შესაბამისი წერტილი აბსცისათა ღერძზე t_m არის $\beta(t)$ -ს პირველი მაქსიმუმის მიღწევის დრო. გადარეგულირება გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\sigma = \frac{\beta_m - A}{A} \cdot 100\% \tag{1}$$

გარდამავალი პროცესის რხევათა რიცხვია ნახ. 1-სთვის 1.8, ხოლო ლოკალური მართვის სისტემებისთვის იგი 1.5-ს არ უნდა აღემატებოდეს.



ნახ. 1

გარდამავალი პროცესის მიმდინარეების საწყისი სიჩქარეა $\left. \frac{d\beta(t)}{dt} \right|_{t=0}$. გარდამავალი პროცესის რხევადობა კი გამოითვლება მახსიათებელი განტოლების დომინერებადი კომპლექსური ფესვის მნიშვნელობის მიხედვით. კერძოდ, თუ ეს კომპლექსური ფესვი შემდეგი სახისაა: $S = -a \pm jb$, სადაც $a > 0$, მაშინ გარდამავალი პროცესის რხევადობაა: $\mu = \frac{a}{b}$.

შეგვიძლია აქვე ავხსნათ $\beta(t)$ -ს ფიზიკური არსი. ნახ. 1-ის შემთხვევაში სისტემას მცირე ინერციულობა ახასიათებს და დიდი გადაცემის კოეფიციენტი. შეგვიძლია დავსაკვნათ, რომ ასეთ შემთხვევაში გარდამავალი პროცესის საწყისი სიჩქარე $\left. \frac{d\beta(t)}{dt} \right|_{t=0}$ საკმაოდ მაღალია. ეს კი თავის მხრივ, იწვევს $\beta(t)$ -ს გარდამავალი პროცესის, დიდ გადარეგულირებას და მაღალი რხევადობის მაჩვენებელს. კერძოდ, სისტემის გარდამავალი პროცესი აღარ იქნება მიღევადი და სისტემა გახდება ან ნეიტრალური ან არამდგრადი.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მას შემდეგ, რაც ჩატარებულია სისტემის უცვლელი ნაწილის ანგარიში და მოხდა ისე, რომ იგი ვერ უზრუნველყოფს ჩვენთვის სასურველი დინამიკურ პროცესს, აუცილებელი ხდება სისტემაში ახალი დამატებითი მოწყობილობების ჩართვა, რის შედეგადაც სისტემა შეძლებს უზრუნველყოს სასურველი დინამიკური პროცესი. ასეთი მოწყობილობაა მაკორექტირებელი რგოლები. ლოკალური მართვის სისტემების სინთეზის ამოცანების გადასაწყვეტად, მნიშვნელოვანია მაკორექტირებელი მოწყობილობების სწორი ჩართვის ადგილის და სქემების შერჩევა; პარამეტრების დადგენა.

2. ძირითადი ნაწილი

არსებობს მაკორექტირებელი მოწყობილობების ჩართვის სხვადასხვა სქემები. ჩვენ ამ შემთხვევაში განვიხილავთ მიმდევრობითი კორექციის შემთხვევას.

დავუშვათ, სასურველი დინამიკური პროცესის მქონე განთული ლოკალური მართვის სისტემის $W_S(S)$ გადაცემის ფუნქციაა, ხოლო ენერგეტიკული ანგარიშის შედეგად მიღებული განთული სისტემის უცვლელი ნაწილის გადაცემის ფუნქციაა - $W_U(S)$.

მაკორექტირებელი მოწყობილობის სინთეზის ამოცანა შემდეგში მდგომარეობს: შერჩეული იქნას მაკორექტირებელი მოწყობილობის ჩართვის ადგილი, განსაზღვრული იქნას მისი გადაცემის ფუნქცია $W_K(S)$ და ვიპოვოთ მისი პარამეტრები.



ნახ. 2

განვიხილოთ მაკორექტირებელი მოწყობილობის, სისტემის უცვლელ ნაწილში, მიმდევრობითი ჩართვის შემთხვევაში, მისი პარამეტრების სინთეზის ამოცანა.

კორექციის ჩართვის შემდეგ, განთული სისტემის გადაცემის ფუნქცია (ნახ. 2) გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$W_S(S) = W_U(S)W_K(S) \quad (2)$$

მოცემული ფორმულიდან გვექნება, სადაც $W_K(S)$ მაკორექტირებელი რგოლის გადაცემის ფუნქციაა:

$$W_K(S) = \frac{W_S(S)}{W_U(S)}. \quad (3)$$

მაკორექტირებელია რგოლის გარეშე, მიმყოლი სისტემა შეიძლება იყოს არამდგრადი ან ჰქონდეს არასასურველი დინამიკური პროცესის მაჩვენებლები: დიდი გარდამავალი პროცესის დრო და გადარეგულირება.

მაკორექტირებელი რგოლის, $W_K(S)$ -ის ჩართვის შემდეგ, მიმყოლ სისტემაში დინამიკურ პროცესს ექნება ჩვენთვის სასურველი თვისებები და მივიღებთ სასურველ სისტემას (2), გადაცემის ფუნქციით $W_S(S)$ (ნახ. 2).

ლოგარითმულ ამპლიტუდურ სიხშირულ მახასიათებლების (ლასმ) მიხედვით, შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$L_S(\omega) = L_K(\omega) + L_U(\omega), \quad (3)$$

სადაც $L_S(\omega)$ განრთული სასურველი მიმყოლი სისტემის ლასმ-ია, $L_K(\omega)$ მიმდევრობითი კრექციის ლასმ-ია და $L_U(\omega)$ მიმყოლი სისტემის უცვლელი ნაწილის ლასმ-ია.

მიმდევრობითი კორექციის სინთეზის ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა განრთული სასურველი მიმყოლი სისტემის და უცვლელი ნაწილის ლასმ-ების ცოდნა. ამის შემდეგ გრაფიკულად უნდა განვსაზღვროთ მაკორექტირებელი რგოლის ლასმ-ი.

$$L_K(\omega) = L_S(\omega) - L_U(\omega) \quad (4)$$

მიმდევრობითი კორექციის სინთეზის ამოცანა, განვიხილოთ მაგალითის საფუძველზე.

მოცემულია სისტემის უცვლელი ნაწილის ლასმ-ი $L_U(\omega)$ და განრთული სასურველი მიმყოლი სისტემის ლასმ-ი $L_S(\omega)$ (ნახ. 3). ვიპოვოთ: $L_K(\omega)$, მიმდევრობითი $L_K(\omega)$ კორექციის სქემა და მისი პარამეტრები.

(4) ფორმულის თანახმად, $L_K(\omega)$ -ს საპოვნელად საჭიროა $L_U(\omega)$ და $L_S(\omega)$ ლასმ-ების სხვაობის პოვნა. ნახ. 3-დან ჩანს, რომ $\omega = 2$ -მდე $L_S(\omega)$ და $L_U(\omega)$ ლასმ-ები ერთმანეთს ემთხვევა, ამიტომ მათი სხვაობა იქნება 0, ე. ი. $L_K(\omega)$ ემთხვევა ab მონაკვეთს (ნახ. 3).

$\omega = 2$ -დან მარჯვნივ, $\omega = 5$ -მდე, $L_S(\omega)$ -ს დახრაა -40 დბ/დეკ, ხოლო $L_U(\omega)$ -ს დახრაა -20 დბ/დეკ. მათი სხვაობა იქნება: $-40 - (-20) = -20$ დბ/დეკ, ამიტომ b წერტილიდან c წერტილამდე (ნახ. 3) გვექნება წრფე, რომლის დახრაა -20 დბ/დეკ.

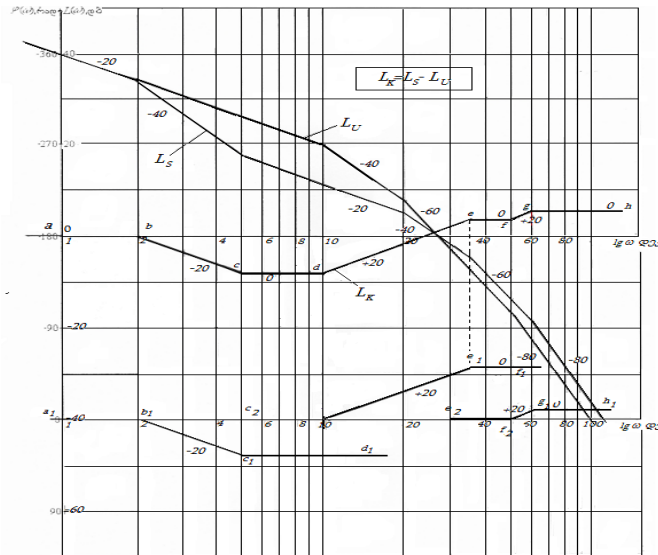
$\omega = 5$ -დან $\omega = 10$ -მდე და დახრები ერთნაირია (-20 დბ/დეკ), ამიტომ მათი სხვაობა იქნება 0. შესაბამისად, $L_K(\omega)$ -ს გრაფიკი 5-დან 10-მდე იქნება cd მონაკვეთი (ნახ. 3), რომელიც სიხშირეთა ღერძის პარალელურია, დახრა 0 დბ/დეკ.

$\omega = 10$ -დან $\omega = 20$ -მდე $L_K(\omega)$ -ს დახრა იქნება: $-20 - (-40) = +20$ დბ/დეკ; იგივე დახრა იქნება $\omega = 20$ -დან $\omega = 35$ -მდე $-40 - (-60) = +20$ დბ/დეკ. ასე მივიღებთ de მონაკვეთს (ნახ. 3).

$\omega = 35$ -დან $\omega = 50$ -მდე $L_K(\omega)$ -ს დახრა იქნება: $-60 - (-60) = 0$ დბ/დეკ, ე. ი. მივიღებთ ef მონაკვეთს, რომელიც $L = 0$ აბსცისათა ღერძის პარალელურია.

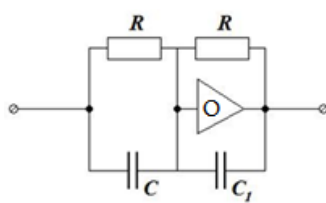
$\omega = 50$ -დან $\omega = 60$ -მდე $L_K(\omega)$ -ს დახრა იქნება: $-60 - (-80) = +20$ დბ/დეკ, fg მონაკვეთი, ხოლო $\omega = 60$ -ის მარჯვნივ, $L_K(\omega)$ -ს დახრა იქნება: $-80 - (-80) = 0$ დბ/დეკ, gh სხივი.

საბოლოოდ, ვღებულობთ $abcdefgh$ ტეხილს (ნახ. 3), რომელიც კორექციის $L_K(\omega)$ ლასმ-ია.

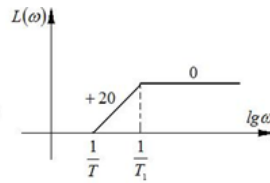


ნახ. 3

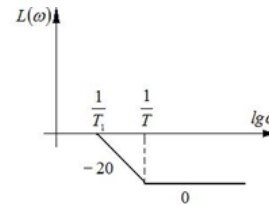
ახლა საჭიროა ისეთი წრედის მოძებნა, რომლის ლასმ-ი იქნება $L_K(\omega)$.



ნახ. 4



ნახ. 5



ნახ. 6

ნებისმიერი მაკორექტირებელი მოწყობილობის $L_K(\omega)$ -ს რეალიზება შეიძლება ერთი სქემით (ნახ. 4), რომელიც აგებულია ოპერაციულ (O) მამლიერებელზე; როგორც ცნობილია, ასეთი სქემის გადაცემის ფუნქციაა:

$$W(S) = -\frac{Z_0(S)}{Z(S)}, \quad (5)$$

სადაც $Z_0(S)$ - უკუკავშირის წრედის წინაღობის ოპერატორია, ხოლო $Z(S)$ - მამლიერებლის შემავალი წრედის წინაღობის ოპერატორია. ნახ. 4-ის თანახმად,

$$Z_0(S) = \frac{R}{RC_1S+1}, \quad (6)$$

ხოლო

$$Z(S) = \frac{R}{RCS+1}. \quad (7)$$

ჩავსვათ მოცემული მნიშვნელობები (5) ტოლობაში:

$$W(S) = -\frac{TS+1}{T_1S+1}, \quad (8)$$

სადაც $T = RC$ და $T_1 = RC_1$.

განვიხილოთ (8) ფორმულისთვის შემდეგი შემთხვევები:

1. $T_1 < T$ ანუ $C_1 < C$, მაშინ ნახ. 4-ზე გამოსახული წრედი მადიფერენცირებელი რგოლია, რომლის ლასმ-ი ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე, შეუღლების სიხშირეებია: $\frac{1}{T}$ და $\frac{1}{T_1}$; ლასმ-ის ასიმპტოტების დახრება: +20 დბ/დეკ და 0 დბ/დეკ.

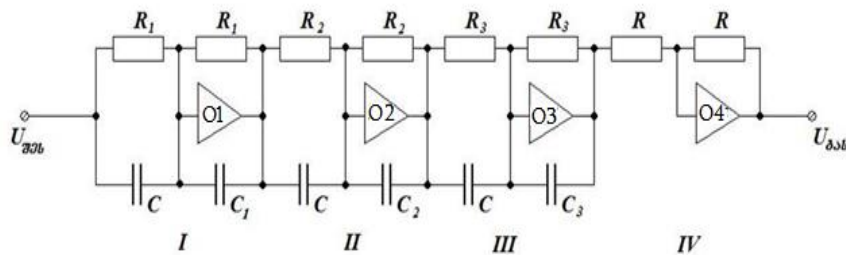
2. თუ $T_1 > T$ ანუ $C_1 > C$, მაშინ ნახ. 4-ზე გამოსახული წრედი მაინტეგრებელი რგოლია, რომლის ლასმ-ია ნახ. 6, სადაც მითითებულია შეუღლების სიხშირეები: $\frac{1}{T}$ და $\frac{1}{T_1}$; ასიმპტოტების

დახრები: -20 დბ/დეკ და 0 დბ/დეკ. მადიფერენცირებელი რგოლისთვის - $T_1 < T$ ანუ $\frac{1}{T} < \frac{1}{T_1}$ (ნახ. 5), ხოლო მაინტეგრებელისთვის - $T_1 > T$ ანუ $\frac{1}{T} > \frac{1}{T_1}$ (ნახ. 6).

$L_K(\omega)$ $abcdefgh$ ლასმ-ი დავშალოთ ისეთ შესაკრებებად, რომელთაგან თითოეული იქნება მაინტეგრებელი ან მადიფერენცირებელი რგოლის ლასმ-ი (ნახ. 5 ან ნახ. 6). $L_K(\omega)$ -ს შესაკრებებად დაშლა, თვალსაჩინოების მიზნით, ნახ. 3-ზე ქვემოთაა გადაადგილებული 40 დბ-ით. $L_K(\omega)$ $abcdefgh$ ტეხილი შეგვიძლია დავშალოთ სამ შესაკრებად:

$$L_K(\omega) = L_1 + L_2 + L_3, \quad (9)$$

სადაც L_1 -ის გრაფიკია $a_1b_1c_1d_1$ ტეხილი, L_2 -ის - $c_2d_2e_1f_1$ ტეხილი და L_3 -ის - $c_2d_2e_1f_1$ ტეხილი. L_1 მაინტეგრებელი რგოლის ლასმ-ია, ხოლო L_2 და L_3 მადიფერენცირებელი რგოლის ლასმ-ებია. განვიხილოთ მიმდევრობითი კორექციის სქემა (ნახ.7).



ნახ. 7

ამ სქემაზე I რგოლი მაინტეგრებელია, II და III კი მადიფერენცირებელი. IV რგოლი ინვერტორია; კორექციის სქემაში საჭიროა O ოპერაციული მამლიერებლის ლუწი რაოდენობა, რადგანაც $U_{შეს}$ და $U_{გას}$ ერთნაირი პოლარობა უნდა ჰქონდეს. ამ შემთხვევაში, $L_K(\omega)$ -ს მისაღებად საჭიროა სამი ოპერაციული მამლიერებელი $O1$, $O2$ და $O3$, ამიტომ $O3$ -ის გამოსავალი ძაბვის პოლარობა $U_{შეს}$ ძაბვის პოლარობის საპირისპიროა; ე. ი. საჭიროა $O3$ -ის გამოსავალი ძაბვის ინვერტირება ანუ პოლარობის შეცვლა, რისთვისაც სქემაში ჩართულია $O4$ ოპერაციული მამლიერებელი, რომლის გადაცემის კოეფიციენტი 1 -ია.

I რგოლის ლასმ-ია $a_1b_1c_1d_1$ ტეხილი, მაშინ (8) გადაცემის ფუნქციის დროის მუდმივებია: $T_1 = \frac{1}{2} = 0,5$; და $T = \frac{1}{5} = 0,2$ და $W_I(S) = -\frac{0,2S+1}{0,5S+1}$ (9);

II რგოლისთვის: $W_{II}(S) = -\frac{0,1S+1}{0,03S+1}$ (10);

III რგოლისთვის: $W_{III}(S) = -\frac{0,02S+1}{0,017S+1}$ (11);

IV რგოლისთვის: $W_{IV}(S) = -1$ (12).

თუ მოცემულ გადაცემის ფუნქციებს გადავამრავლებთ, მივიღებთ მიმდევრობითი მაკორექტირებელი მოწყობილობის გადაცემის ფუნქციას:

$$W_k(S) = \frac{(0,2S+1)(0,1S+1)(0,02S+1)}{(0,5S+1)(0,03S+1)(0,017S+1)} \quad (13)$$

მე-7 ნახაზზე გამოსახული რგოლის პარამეტრების საპოვნელად ვისარგებლოთ (8) გადაცემის ფუნქციით და T და T_1 -ის ფორმულებით.

თუ I რგოლის სქემას შევადარებთ ნახაზ 7-ზე გამოსახულ სქემას, მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ: $\begin{cases} R_1C = 0,2 \\ R_1C_1 = 0,5 \end{cases}$. თუ დავუშვებთ, რომ $C=10$ მკვ= 10^{-5} ფ, მაშინ $R_1 = \frac{0,2}{10^{-5}} = 20$ კომი, ხოლო $C_1 = \frac{0,5}{0,2 \cdot 10^{-5}} = 25$ მკვ.

II რგოლისთვის: $\begin{cases} R_2C = 0,1 \\ R_2C_2 = 0,03 \end{cases}$. თუ $C=10$ მკვ, მაშინ ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით მივიღებთ: $R_3 = 2$ კომი, $C_3 = 8,5$ მკვ.

III რგოლისთვის: $\begin{cases} R_3 C = 0,02 \\ R_3 C_3 = 0,0 \end{cases}$ თუ $C=10$ მკვ, მაშინ $R_3 = 2$ კომი, $C_3 = 8,5$ მკვ.

IV რგოლისთვის: R შეიძლება იყოს ნებისმიერი; მაგ: $R = 1$ კომი.

მიმდევრობითი კორექციის სინთეზი ამით დასრულებულია.

3. დასკვნა

მაკორექტირებელ მოწყობილობათა შერჩევა ლოკალური მართვის სისტემებისთვის მნიშვნელოვანი ამოცანაა. მიმდევრობითი მაკორექტირებელი მოწყობილობის სინთეზის ამოცანის გადაწყვეტა ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ სიხშირული მახასიათებლების საშუალებით თვალსაჩინოა და ლოგიკურად შესაძლებელია მაკორექტირებელი რგოლის სქემის შერჩევა, გადაცემის ფუნქციის განსაზღვრა და პარამეტრების დადგენა, რათა სისტემა იყოს მდგრადი.

ლიტერატურა:

1. Richard C. Dorf, R. H. Modern Control Systems. USA: Pearson Education Inc. 2016;
2. Nise, Norman S. Control systems engineering California State Polytechnic University, Pomona. Seventh edition, Wiley, 2015;
3. S.M. Tripathi Modern Control Systems: An Introduction (Engineering Series) Publisher: Jones & Bartlett Learning, May 12, 2008).

Correction devices synthesis problem

Ketevan Kotrikadze, Nana Kurkumuli

Georgian Technical University

k.kotrikadze@gtu.ge, n.kurkumuli@gtu.ge

Abstract

When designing local control systems, like any automatic control system, it is important to fulfill the terms of the technical specifications. The technical task includes indicators of the quality of the system dynamics. The dynamics of the system depends on the values of the parameters of the elements and the structure of the system. The choice of elements and structure of the local control system is based on its Energetic calculation. In the scheme of a local control system obtained as a result of Energetic calculation, it is impossible or undesirable to change the parameters or structure of the elements. The scheme obtained as a result of the mentioned calculation is called the constant part of the system. After calculating the unchanging part of the system, it may not provide the dynamic process that we need. In this case, it becomes necessary to include new additional devices in the system. Such devices are correcting devices. The article discusses methods for solving the problem of synthesizing correcting device: choosing the correct location and scheme for their inclusion in the system, determining the transfer function and parameters.

Key words: local control system, fixed part of the system, correction device, quality indicators, system stability, transfer function, synthesis problem.

დაბრკოლების დეტექტორი ეტლით მოსარგებლე შშმ პირებისთვის

მარიამ წიკლაური, ანრი აიდინიანი, ქრისტინე თათევოსიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

m.tsiklauri@gtu.ge, aidiniani.anri24@gtu.ge, tatevosiani.kristine24@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე (შშმ) პირთა ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემა, კერძოდ გადაადგილების სირთულეები და გზაზე დაბრკოლებების თავიდან აცილების აუცილებლობა. ამ პრობლემის გადასაჭრელად შეიქმნა შშმ პირთათვის დაბრკოლების დეტექტორი, რომელიც ეხმარება ეტლის მოძმარებლებს დროულად აღმოაჩინოს და გააფრთხილოს შესაძლო დაბრკოლებების შესახებ. დაბრკოლების დეტექტორი აღჭურვილია სენსორებით, რომლებიც აღმოაჩენს ბილიკზე დაბრკოლების არსებობას, გადასცემს ინფორმაციას კონტროლერს, რის შემდეგაც მოწყობილობა მოძმარებელს უგზავნის სიგნალებს ვიზრაციისა და

ხმის შეტყობინებების სახით. შეტყობინებების ეს მეთოდი შეირჩა მაქსიმალური ეფექტურობისა და გამოყენების სიმარტივის უზრუნველსაყოფად, რადგან სიგნალები აღიქმება ხმაურიან გარემოშიც კი და ეხმარება მომხმარებელს დაბრკოლების არიდებაში. დეტექტორის მუშაობის პრინციპი მოიცავს ულტრაბგერით სენსორებს, რომლებსაც შეუძლია გაზომოს მანძილი დაბრკოლებამდე, რაც საშუალებას აძლევს მოწყობილობას მოერგოს მოძრაობის სხვადასხვა სცენარს. ნაშრომი დეტალურად აღწერს პროტოტიპის აწყობის პროცესს, მასალებს და კომპონენტებს, რომლებიც გამოყენებულ იქნა და ასევე შეიცავს პროგრამის კოდებს, რომლებიც საჭიროა ყველა ფუნქციის განსახორციელებლად. მოწყობილობის მთავარი დანიშნულებაა - ეტლით მოსარგებლე ადამიანების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. დაბრკოლებების დეტექტორი ხელს უწყობს ობიექტებთან შეჯახების თავიდან აცილებას, როგორცაა ბორდიურები, კიბეები, დაბალი ბარიერები, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს დაზიანების რისკს და უზრუნველყოფს მომხმარებლის კომფორტულ გადაადგილებას. ამრიგად, ეს მოწყობილობა არა მხოლოდ ხელს უწყობს მობილობის გაზრდას, არამედ აუმჯობესებს შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირთა ცხოვრების ხარისხს, რაც საშუალებას აძლევს მათ უსაფრთხოდ და კომფორტულად გადაადგილდნენ ნებისმიერ გარემოში.

საკვანძო სიტყვები: დაბრკოლების დეტექტორი, ეტლის მომხმარებელი, დაბრკოლება, შშმ პირი.

1. შესავალი

ჩვენი მიზანი იყო ელექტრონული მოწყობილობის პროტოტიპის აწყობა, რომელიც ყოველდღიურად დაეხმარება შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირებს, გააუმჯობესებს მათ მობილურობას და უსაფრთხოებას.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) 2020 წლის მონაცემებით, დაახლოებით 1,3 მილიარდი ადამიანი, ანუ ყოველი მეექვსე ადამიანი, შშმ პირია. ამ რიცხვიდან დაახლოებით 70 მილიონ ადამიანს სჭირდება ეტლით სარგებლობა. ამ მაშტაბის გათვალისწინებით, აუცილებელია ვიფიქროთ, რომ ეტლით მოსარგებლებს სჭირდებათ დამოუკიდებლობა. სამწუხაროდ, ხშირ შემთხვევაში, ეტლების გამოყენება შეუფერხებლად სივრცეში შეიძლება გართულდეს, რადგან მათ გზაზე მრავალი დაბრკოლება აღმოჩნდეს.

ჩვენი მიზანია ავაწყოთ მოწყობილობა, რომელიც აღმოაჩენს დაბრკოლებებს ეტლის მომხმარებლებისთვის, დაეხმაროს მათ ყოველდღიურად, გააფრთხილოს დაბრკოლებების არსებობის შესახებ, რათა თავიდან აიცილოს უბედური შემთხვევები.

2. ძირითადი ნაწილი

➤ პროტოტიპის აწყობა, კომპონენტები

შეიძლება იფიქროთ, რომ წარმოდგენილი მოწყობილობა დაბრკოლებების აღმოსაჩენი კამერაა, თუმცა ეს არ არის. ჩვენი ტექნოლოგია წარმოდგენილია, როგორც ბრმა წერტილის სენსორები, დაბრკოლებების გამოვლენის სისტემები, სიახლოვის სენსორები, სიახლოვის სიგნალიზაცია და გაფრთხილება.

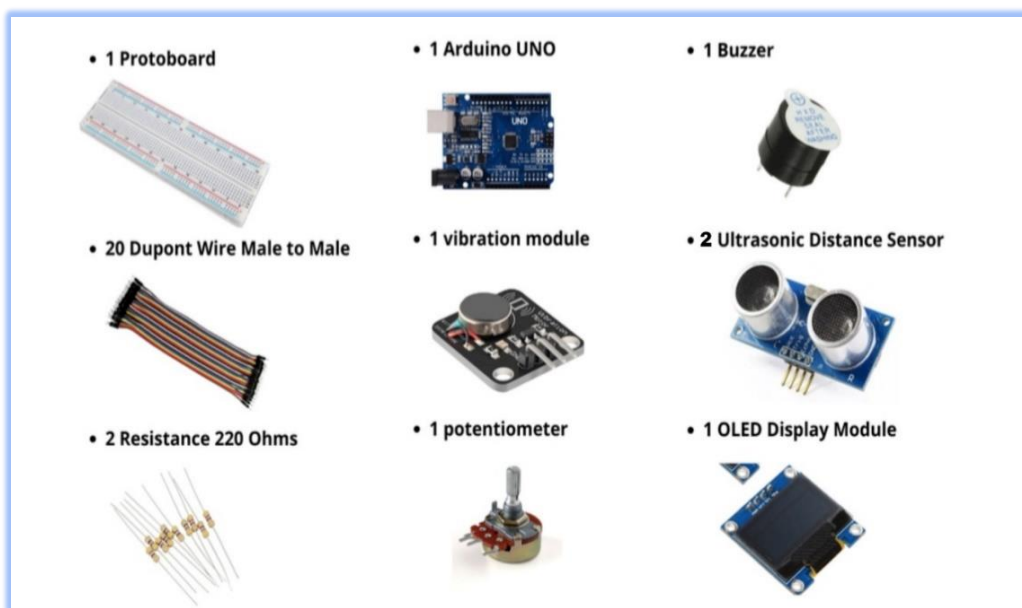
შენიშვნა: ჩვენი სისტემა არ რეაგირებს ვარდნაზე, რბილ მასალასა და ან რაიმე ობიექტებზე, სენსორების ხედვის დიაპაზონის გარეთ.

როცა ეტლი უახლოვდება რაიმე დაბრკოლებას, დაახლოებით 50 სმ მანძილზე და 45 გრადუსზე, სენსორი აქტიურდება, გამოსცემს ხმოვან სიგნალს, ასევე იწყებს ვიბრაციას, რათა შეატყობინოს მომხმარებელს დაბრკოლების არსებობის შესახებ. ასევე დისპლეიზე აისახება მანძილი დაბრკოლებამდე [1],[2],[3].



ნახ. 1. დაბრკოლების დეტექტორის ეტლზე დამაგრება

დაბრკოლების დეტექტორის შშმ პირთათვის პროტოტიპის აწყობა შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან: სქემის აწყობა და კოდის ჩამოყალიბებისაგან. აღნიშნული მოწყობილობის ასაწყობად გამოყენებულია შემდეგი კომპონენტები:



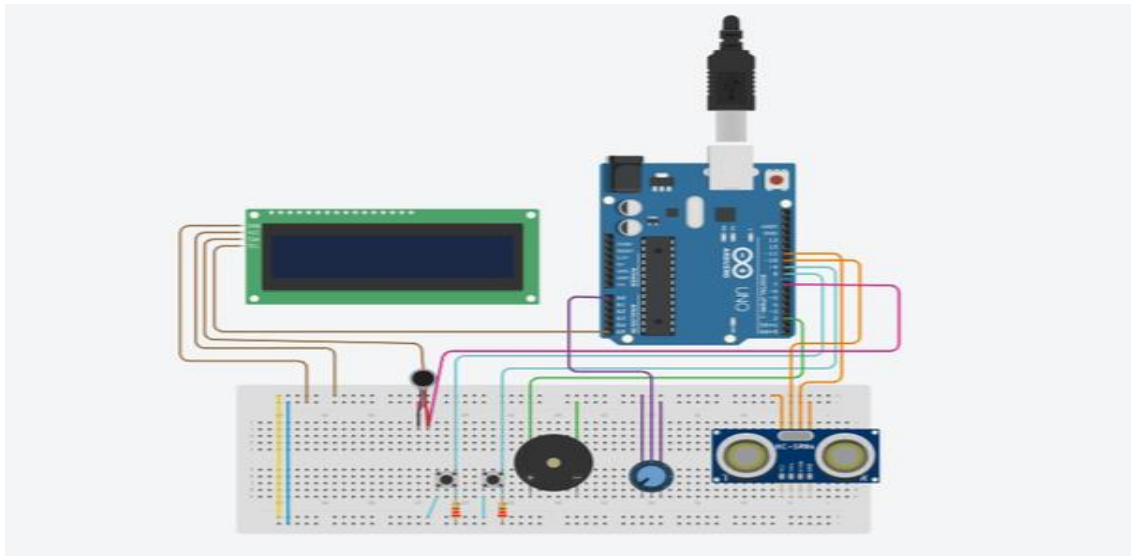
ნახ. 2. პროტოტიპის ასაწყობად გამოყენებული მასალა

- ბრედბორდი (მაკეტური დაფა), რომელზეც შევავრთეთ ყოველი ცალკე აღებული მოდული „ჯამფერებით“ და ავაწყეთ პროტოტიპი.
- Arduino Uno, ეს არის პროგრამირებადი პლატფორმა (Atmega328p მიკროკონტროლერზე) და წარმოადგენს მთავარ ნაწილს და კოდის მეშვეობით მართავს მთელ სქემას.
- ულტრაბგერითი სენსორი (HC-SR04), რომელიც ულტრაბგერითი ხმოვანი სიგნალის მეშვეობით ზომავს მანძილს 4 მეტრამდე.
- ვიბრომოდული (QYW-740), რომელიც ვიბრაციის მეშვეობით ატყობინებს არსებულ დაბრკოლებაზე.
- პოტენციომეტრი (250KOhm) - კრიტიკული მანძილის დასაყენებლად.
- Oled დისპლეი - გამოისახება ყველა მიღებული ინფორმაცია.

➤ **კომპონენტების შეერთება:**

1) პიეზო დინამიკი:

პიეზო დინამიკიდან დადებითი გამოსასვლელი უერთდება პინ 3-ს.
უარყოფითი გამოსასვლელი: ერთდება GND-ზე.



ნახ. 3. პროტოტიპის სქემა

- | | |
|--|---|
| <p>2) ვიბროძრავი:
GND: ერთდება GND-ზე.
VCC: ერთდება 5V-ზე.
IN: ერთდება პინ 7-ზე.</p> <p>3) ულტრაბგერითი სენსორი 1 (HC-SR04):
VCC: ერთდება 5V-ზე.
GND: ერთდება GND-ზე.
Trig: ერთდება პინ 10-ზე.
Echo: ერთდება პინ 11-ზე.</p> <p>4) ულტრაბგერითი სენსორი 2 (HC-SR04):
VCC: ერთდება 5V-ზე.
GND: ერთდება GND-ზე.
Trig: ერთდება პინ 12-ზე.
Echo: ერთდება პინ 13-ზე.</p> | <p>5) პოტენციომეტრი:
VCC: ერთდება 5V-ზე.
GND: ერთდება GND-ზე.
გამოსასვლელი პინიდან: ერთდება A0-ზე.</p> <p>6) OLED დისპლეი (SSD1306):
VCC: ერთდება 5V-ზე.
GND: ერთდება GND-ზე.
SCL: ერთდება A5-ზე.
SDA: ერთდება A4-ზე.</p> |
|--|---|

➤ კოდირება

დაბრკოლების დეტექტორი დაპროგრამებულია C++ ენის ბაზაზე. კოდის ლისტინგზე წარმოდგენილია პროგრამის ფრაგმენტი, სადაც მოცემულია ძირითადი პინები.

```
//--- კოდის ლისტინგი_1 -----
```

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define WIDTH 128
#define HEIGHT 64

#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 oled(WIDTH, HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

const int trigPin1 = 10;
const int echoPin1 = 11;
const int trigPin2 = 12;
const int echoPin2 = 13;

long duration1 = 0;
long cm1 = 0;
long duration2 = 0;
long cm2 = 0;

int potentiometer = A0;
int volume = 255;
int buzzer = 3;
int vibrate = 7;
int distance;
unsigned long previousMillis = 0;

```

მე-2 ლისტინგზე მოცემულია კოდის ის ნაწილი, რომელიც ასრულებს მოწყობილობის ძირითად ამოცანას.

```

// ---- ლისტინგი_2 -----
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin1, LOW);
duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
cm1 = duration1 / 58;

digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin2, HIGH);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
cm2 = duration2 / 58;

distance = analogRead(potentiometer) / 20;

oled.setTextSize(1);
oled.setCursor(0, 20);
oled.print("Distance 1: ");
oled.print(cm1);
oled.print(" cm");

oled.setTextSize(1);
oled.setCursor(0, 30);
oled.print("Distance 2: ");
oled.print(cm2);
oled.print(" cm");

oled.setTextSize(1);
oled.setCursor(0, 50);
oled.print("Set Threshold: ");
oled.print(distance);
oled.print(" cm");

```

➤ პროტოტიპის კონსტრუქცია

მე-4 ნახაზზე წარმოდგენილია დასრულებული დაბრკოლების დეტექტორი. პროტოტიპის ასაწყობად გამოყენებულ იქნა 3D პრინტერი. კორპუსის ზედაპირზე თავსდება დისპლეი, გვერდით ზედაპირზე ჩართვის/გამორთვის ღილაკი, პოტენციომეტრი, type c -ის შესაერთებელი და ასევე ულტრაბგერითი სენსორები.



აღნიშნულ მოდელის ასაწყობად გათვალისწინებულია თითოეული ნაწილის ზომა და ადგილი. დეტალები დამორებულია საკმაო მანძილით, რათა არ შეუშალონ ერთმანეთს და გამართულად იმუშაონ.

ნახ. 4. დაბრკოლების დეტექტორი ეტლით მოსარგებლე შშმ პირებისათვის

3. დასკვნა

წარმოდგენილი მოწყობილობა ეს არის დაბრკოლების დეტექტორი, რომელიც შეიქმნა ეტლის მომხმარებელი შშმ პირთათვის. როცა ეტლი უახლოვდება რაიმე დაბრკოლებას, დაახლოებით 50 სმ მანძილზე და 45 გრადუსზე, სენსორი აქტიურდება, გამოსცემს ხმოვან სიგნალს, იწყებს ვიბრაციას, რათა შეატყობინოს მომხმარებელს დაბრკოლების არსებობის შესახებ. დისპლეიზე აისახება მანძილი დაბრკოლებამდე.

ჩვენი ხელსაწყო არ რეაგირებს ვარდნაზე, რბილ მასალასა და ან რაიმე ობიექტებზე, სენსორების ხედვის დიაპაზონის გარეთ. ხასიათდება საიმედოობით, მომხმარებლებისათვის ფინანსურად ხელმისაწვდომი და კომფორტულია.

მიგვაჩნია, რომ ჩვენი მოწყობილობა საკმაოდ აქტუალურია, რადგან არამხოლოდ საქართველოში, არამედ მთელ მსოფლიოში შშმ პირებს უწყვეტ ბევრ პრობლემასთან გამკლავება, სწორედ ამიტომაც ჩვენ უნდა ვეცადოთ დავეხმაროთ მათ.

საბოლოოდ ვფიქრობთ, რომ ჩვენი მოწყობილობა მოიტანს დიდ სარგებელს შშმ პირებისთვის, გააუმჯობესებს მათ ცხოვრების ხარისხს.

ლიტერატურა:

1. Dr. Pooja Viswanathan and Dr. Alex Mihailidis. Obstacle detector for wheelchair users. https://brazemobility.com/_/12.10..24
2. Sunrise Medical editorial team. Power Wheelchair. <https://www.sunrisemedical.ca/power-wheelchairs/braze-mobility/blind-spot-sensors> (12.10..24)
3. Kiara Madrigalalolnso. A Prototype for a Wearable Device That Detects Obstacles for Wheelchair Users. <https://www.instructables.com/A-Prototype-for-a-Wearable-Device-That-Detects-Obs/> (12.10..24)

Obstacle detector for wheelchair users

Mariam Tsiklauri, Anri Aidinian, Kristine Tatevosiani

Georgian Technical University

m.tsiklauri@gtu.ge, aidiniani.anri24@gtu.ge, _tatevosiani.kristine24@gtu.ge

Abstract

Our goal was to develop a prototype of an electronic device that would assist people with disabilities in their daily lives, improving their mobility and safety. This paper discusses one of the main challenges faced by people with disabilities, specifically the difficulty of moving around and avoiding obstacles. To address this issue, we created an obstacle detector for people with disabilities, designed to help wheelchair users identify obstacles in time and alert them about potential hazards. The obstacle detector is equipped with sensors that detect obstacles in the path send the information to a controller, and then the device alerts the user through vibrations and sound signals. This notification method was chosen to ensure maximum efficiency and ease of use, as the signals can be perceived even in noisy environments, helping the user avoid obstacles. The detector uses ultrasonic sensors that measure the distance to obstacles, allowing the device to adapt to different movement scenarios. This work provides detailed diagrams of the device, lists the materials and components used, and includes the software code that controls all the functions. The device's primary purpose is to enhance

the safety of wheelchair users. The obstacle detector helps prevent collisions with objects such as curbs, stairs, and low barriers, significantly reducing the risk of injury and improving user comfort during movement. Thus, this device improves the quality of life for people with disabilities, enabling them to move safely and comfortably in any environment.

Keywords: Obstacle detector, wheelchair user, obstacle, the person with disabilities.

მორწყვის რეჟიმების მართვის სისტემის მოდელირება

სიმონ პოხოვიანი, გიორგი მაისურაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
s.pochoviani@gtu.ge, ggg@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის რეჟიმების მართვის ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემის ძირითადი ამოცანები და ფუნქციები. აღწერილია მორწყვის რეჟიმების მართვის ძირითადი პრობლემები, გამოყენებული მეთოდები, საინფორმაციო ტექნოლოგიები. აგებულია მონაცემთა დამუშავების სისტემის ფუნქციონირების მოდელი მცენარეული კულტურების მორწყვის რეჟიმების ოპერატიული მართვისათვის. მოდელი აგებულია მოდიფიცირებული პეტრის ფერადი ქსელების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: სოფლის მეურნეობა. მცენარეული კულტურები. მორწყვის რეჟიმი. მართვის ავტომატიზებული სისტემა. მეთოდი. პეტრის ქსელი. მოდელირება.

1. შესავალი

კულტურათა მორწყვის რეჟიმების ავტომატიზაცია განპირობებულია:

- თანამედროვე ფერმის (ნაკვეთის) მართვის პროცესების სულ უფრო და უფრო გართულებით;
- დაგეგმილი მოსავლის მიღების აუცილებლობით;
- მიწის ფონდისა და სარწყავი წყლის ეფექტიანად გამოყენების მოთხოვნით;
- სარწყავი მიწების ნაყოფიერების ამაღლების მოთხოვნით;
- მოთხოვნით – არ იქნეს დაშვებული სარწყავი მიწების დაჭაობება, მლაშიანობა და ეროზია;
- ნიადაგისათვის საწყლოსნო, მარილთა შემცველობის, სითბური და კვებითი რეჟიმების სწორად შერჩევისა და რეგულირების მოთხოვნით;
- ბუნებრივი გარემოსადმი ფრთხილად მოპყრობის აუცილებლობით.

მონაცემთა დამუშავების სისტემის ფუნქციონირების მოდელირებისთვის შემუშავდა მოდიფიცირებული პეტრის ქსელი მრავალფერადი მარკირებით, რომელიც აღწერს სისტემის ყველა ელემენტს, მათ ურთიერთქმედებას და მახასიათებლებს, და საშუალებას აძლევს გაანალიზებთ მართვის პროცესი კულტურების მორწყვის რეჟიმები პეტრის ქსელის მდგომარეობების საფუძველზე, განსაზღვრული მისი მარკირებით [1-3].

მორწყვის რეჟიმების ავტომატიზებული მართვის სისტემის ძირითადი ფუნქციების განსახორციელებლად აუცილებელია შესაბამისი მეთოდების და ტექნოლოგიების გამოყენება [4-7].

მაგალითად, ინფორმაციის შექმნის, დამუშავების, შენახვისა და ვიზუალიზაციის მულტიმედიური ტექნოლოგია (ინტერაქტიული ვიზუალური რეჟიმში გამომავალი დოკუმენტების და ვიდეოგრაფების შექმნა). წყლის ბალანსის მეთოდით ჯამური წყალ-მოხმარება სავეგეტაციო პერიოდისათვის, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი მონაცემებით: *მორწყვის ნორმა, ვეგეტაციური ატმოსფერული ნალექები, ნალექების გამოყენების კოეფიციენტი და ნიადაგში არსებული წყლის მარაგის გამოყენების ოდენობა*. ბიოფიზიკური კოეფიციენტების მეთოდი (ანუ მეტეოროლოგიური მაჩვენებლები). ბიოფიზიკური კოეფიციენტების მეთოდი ამყარებს კავშირს ნიადაგის ტენიანობის მოხმარებასა და მეტეოროლოგიურ მაჩვენებლებს შორის.

2. ძირითადი ნაწილი

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის რეჟიმის დადგენა გულისხმობს მათი გაწყლოვანებისათვის ვადების, რაოდენობისა და ნორმების შერჩევას. მორწყვის რეჟიმი უნდა ითვალისწინებდეს:

- კულტურათა წყალზე მოთხოვნების დინამიკას მათი ზრდის ფაზების კრილში;
- ნიადაგისათვის შემდეგი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებლების – ტენიანობის, კვებითი ღირებულების, ტემპერატურის და მარილიანობის – მნიშვნელობები არ უნდა გასცდეს დაშვებულ ფარგლებს;
- მიწების ნაყოფიერების ამაღლებას მათი ინტენსიური გამოყენების პირობებში;
- ნიადაგის დაცვას დაჭაობებისაგან, ზედმეტი სიმლამისა და ჭარბი წყლით გამოწვეული ეროზიისაგან.

იმისათვის, რომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვისათვის სათანადო რეჟიმი დამყარდეს, აუცილებელია, განისაზღვროს:

- წყალთან მიმართებით ნიადაგის ფიზიკური ანუ მოკლედ, მისი საწყლოსნო-ფიზიკური თვისებები, ფესვთა სისტემის მიწაში განთავსების სიღრმე და მორწყვის ნორმა, კულტურის ბიოლოგიური მახასიათებლებისა და მისი განვითარების ფაზების გათვალისწინებით;
- მორწყვამდე ნიადაგის ტენიანობა (გამოიხატება პროცენტებში, შედარება ხდება ნიადაგის მაქსიმალურ ტენიანობასთან, რომელიც 100%-ად მიიჩნევა);
- დახარჯული წყლის ჯამური რაოდენობა, ანუ წყლის ჯამური მოხმარება.

კულტურების განვითარების ფაზების მიხედვით რწყვის აღნიშნული ნორმების, უფრო ზუსტად დადგენის მიზნით, შემოთავაზებულია, თავდაპირველად ყოველდღიურად გათვლილ იქნეს ჯამური წყალმოხმარება (ჯამური აორთქლება). ამ დროს ვეყრდნობით ბიოფიზიკურ (ბიომეტროლოგიურ) მეთოდებს, რომლებიც ამუშავებენ ყოველდღიურ ბიომეტროლოგიურ მონაცემებს. შემდეგ ხდება ფესვთა განთავსების ფენაში წყლის მარაგის გამოთვლა ყოველდღიურად. ოპერირება ხდება შემდეგი მონაცემების მიხედვით: წინა დღე-ღამეში არსებული წყლის მარაგის ოდენობის ანდა მიმდინარე დღე-ღამისათვის ნიადაგის ტენიანობის შეტანილი ფაქტობრივი მნიშვნელობის შესაბამისად. შემდეგ ტარდება გამოთვლები: რწყვათა ვადების, ბრუტო ნორმებში გამოსახული ჯამური რწყვების, დღეღამური რწყვების ბრუტო ნორმების და თითოეული კულტურისათვის მორწყვათა რაოდენობის.

ნიადაგში ფესვთა განთავსების შრისათვის ტენის მარაგი განისაზღვრება შემდეგი მონაცემების მიხედვით: ნიადაგის მოცემული შრისათვის ნიადაგის მოცულობითი წონა ($კგ/მ^3$); ნიადაგის იმ ფენის სიმძლავრე ($მ$), რომლისთვისაც განისაზღვრება წყლის მარაგი; ნიადაგის ტენიანობა ($%$ -ში მშრალი ნიადაგის წონასთან მიმართებით), რომელიც შეიტანება ან გაითვლება, როგორც საშუალო სიდიდე მოცემული ნიადაგის ფენისათვის. რწყვის ნორმის გასათვლელად, გარდა ნიადაგის ტენიანობის, ნიადაგის ფენის სიმძლავრის და ნიადაგის მოცულობითი წონის მნიშვნელობებისა, გამოიყენება ნიადაგის ის ტენიანობაც, რომელიც შეესაბამება ზღვრულ-საველე (უმცირეს) ტენტევადობას (მშრალი ნიადაგის წონასთან მიმართებით). შემდეგ მომავალი 10 დღისათვის კეთდება პროგნოზი: წყლის მარაგის, ნიადაგის ტენიანობის რწყვის ვადებისა და ბრუტო ჯამების (ნორმების), ასევე – რწყვების რიცხვისა და ბრუტო ნორმების თითოეული კულტურისათვის.

მორწყვის ნორმას განსაზღვრავენ ფესვთა სისტემისათვის განკუთვნილი ნიადაგის ფენისთვის საჭირო წყლის ბალანსთან შესაბამისობის მიხედვით. მორწყვითა და ატმოსფერული ნალექებით მიიღწევა მცენარეთა წყალზე ჯამური მოთხოვნების დაკმაყოფილება. მორწყვის მაქსიმალური ეფექტიანობისათვის ეს პროცესი უნდა ჩატარდეს განსაზღვრულ ვადებში, რომლებიც განპირობებული იქნება:

- მცენარის ზრდასა და განვითარებაზე მოქმედი გარემოს პირობებით (ნიადაგის ტენიანობა, ფესვთა ზონაში წლის მარაგი, მეტეოროლოგიური მონაცემები);
- კულტურის ბიოლოგიური თავისებურებებითა და მისი განვითარების ფაზებით (ეტაპებით).

გარდა ამისა, თითოეული რწყვისათვის აუცილებელია განისაზღვროს: მორწყვის ნორმა და მორწყვის სახე. ამ მონაცემების გათვალისწინებით ადგენენ მორწყვის რეჟიმს – ვადებს, მორწყვის ნორმას, სახეს და რაოდენობას, ყველა ნაკვეთზე თითოეული კულტურისათვის წყლის ჯამურ მოხმარებას.

ყოველდღიურად შესაბამის უტყუარ მონაცემებზე დაყრდნობით ფერმერები (მელიორატორები, აგრონომები) იღებენ კულტურების მორწყვის თაობაზე საბოლოო ოპტიმალურ გეგმურ გადაწყვეტილებებს.

სარწყავ მიწებზე მორწყვის სწორად ორგანიზებული რეჟიმი ხელს უწყობს მცენარეთა ზრდა-განვითარებას, ფესვთა სისტემის ნორმალურად ფორმირებას და კულტურების დაგეგმილი ნაყოფიერების მიღწევას.

დასახული მიზნის მისაღწევად შემუშავებულია მოდიფიცირებული პეტრის ქსელის მრავალფერადი მარკერებით სახით მორწყვის რეჟიმების კონტროლის პროცესის დინამიკის შესწავლის მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა მონაცემთა დამუშავების სისტემის ფუნქციონირების მოდელირება და გაანალიზოთ მორწყვის რეჟიმების მართვის სისტემის ფუნქციები დადგინდეს: კულტურების დღეღამური ჯამური წყალმოხმარება ფერმებისა და მინდვრების (ნაკვეთები) მიხედვით, მორწყვის ვადები, მორწყვის ჯამები (ნორმები) ბრუტო, სარწყავი ნორმების ბრუტო დღეში და სარწყავი რაოდენობა ფერმებისა და მინდვრების (ნაკვეთების) მიხედვით თითოეული კულტურისათვის – გათვალისწინებით: კულტურების სახეობებისა და მათი ზრდა-განვითარების ფაზების, ნიადაგის წყალ ფიზიკური თვისებების, ამინდისა და კლიმატური პირობების და მორწყვის წესების თავისებურებანი (ხერხების), აგრეთვე პროგნოზირება კულტურების ჯამური წყალმოხმარებას, წყლის რეზერვებისა (მარაგისა) და ნიადაგის ტენიანობის ფერმებისა და მინდვრებისთვის (ნაკვეთებისთვის).

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის რეჟიმების მართვის პროცესის ანალიზი და დინამიკა განისაზღვრება მოდიფიცირებული პეტრის ქსელის მდგომარეობების სივრცით და რომელიც წარმოადგენს ყველა მარკირების სიმრავლე. ყოველი ახალი შუალედური და საბოლოო მარკირება ქსელის მიღებულია საფუძველზე: ქსელის გადასასვლელების პრიორიტეტების სიმრავლე, ქსელის გადასასვლელების გაშვების პირობების და გადასასვლების შემავალის და გამომავალის პოზიციების მიხედვით ქსელში მარკირების ფერების განაწილების ფუნქციები.

შემუშავებული მოდიფიცირებული პეტრის ქსელი საშუალებას გაძლევთ გამოვიკვლიოთ კულტურების მორწყვის რეჟიმების მართვის პროცესის დინამიკა და გაანალიზოთ მართვის სისტემის მდგომარეობები მარკირების სიმრავლების საფუძველზე (როგორც საწყისი, ასევე შუალედური და საბოლოო) [4-8].

3. დასკვნა

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რაციონალური მორწყვის რეჟიმების ორგანიზების პროცესების ავტომატიზაცია აქტუალური პრობლემაა, რადგან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდისა და განვითარებისთვის, მაღალი მოსავლიანობის მისაღებად, ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდისთვის აუცილებელია მოსავლის მორწყვის რეჟიმის დროულად დადგენა, ე.ი. განსაზღვროს მორწყვის ვადები, ნორმები და რაოდენობა, კულტურების სახეობებისა და მათი ზრდა-განვითარების ფაზების, ნიადაგის წყალ-ფიზიკური თვისებების, ამინდისა და კლიმატური პირობების და მორწყვის წესების თავისებურებანი (ხერხების) გათვალისწინებით.

დასახული მიზნის მისაღწევად შემუშავებულია მოდიფიცირებული პეტრის ქსელის მრავალფერადი მარკერებით სახით მორწყვის რეჟიმების კონტროლის პროცესის დინამიკის შესწავლის მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა მონაცემთა დამუშავების სისტემის ფუნქციონირების მოდელირება და გაანალიზოთ მორწყვის რეჟიმების მართვის სისტემის ფუნქციები.

ლიტერატურა – References:

1. Pochovyan S.M., Maysuradze G.R. (2009). Database design (ISBN 978-9941-14-553-7). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, 131 p. (in Russian)
2. Gabedava O.V., Pochovyan S.M. (2012). Server technologies (ISBN 978-9941-20-046-5). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, 254 p. (in Georgian)

3. Pochovyan S.M. (2016). The use of information technology in the management decision-making processes. GTU Transactions „Automated Control Systems“ (ISSN 1512-3979), №2(22). GTU, Publishing House "Technical University", Tbilisi, pp. 139-142. (in Russian)
4. Pochovyan S.M. (2018). Ensuring the protection of information when using modern automated information technologies. GTU Transactions „Automated Control Systems“ (ISSN 1512-3979), №2(26), Works of the International Scientific-Technical Conference "Information Society and Technologies for Intensification of Education" (ISITE '18). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, pp. 251-255. (in Russian)
5. Pochovyan S.M. (2019). Development of an automated information system using Modern information technologies. GTU, „Technical University“, Proceedings of GTU „Automated management systems“ (ISSN 1512-3979), №1(28), Tbilisi, pp. 154-158). (in Russian)
6. Pochovyan S.M. (2021). Ensuring information security based on information technology. Georgian Science and Society Development Foundation „Intellecti“periodical scientific publication, international scientific periodical „Intellecti“ (ISSN 1512-0333), №2(69), Tbilisi, pp. 41-43). (in Russian)
7. Pochovyan S.M. (2021). Construction of a corporate automated information system using modern information technologies. GTU Transactions „Automated Control Systems“ (ISSN 1512-3979), №1(32), Vol. 2, Works of the International Scientific-Technical Conference „Information Society and Technologies of Education Intensification“ (ISITE '21). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, pp. 136-139. (in Russian)
8. Pochovyan S.M. (2022). The use of Information Technologies in an Automated Information System. GTU Proceedings book „Science Georgia“ (ISBN 978-625-9323-63-4) International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100th Anniversary of „Georgian Technical University - GTU“, June 24-26, 2022. Tbilisi, Georgia, Publishing House „Iksad Global“, pp. 984-988. (in Russian)

Modeling of irrigation control system

Simon Pochovyan, Giorgi Maisuradze
Georgian Technical University
s.pochoviani@gtu.ge, ggg@gtu.ge

Abstract

The main tasks and functions of the automated information system for managing agricultural crop irrigation regimes are considered. The main problems of managing the irrigation regime, the methods used, information technologies, as well as the model of the functioning of the data processing system for the operational management of agricultural crop irrigation regimes, built on the basis of a modified Petri net with multi-colored markers, are described.

Keywords: Automated control system for irrigation modes of agricultural crops. Methods. Modified Petri net.

ბურთის ძელზე წონასწორობის მართვა ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდის გამოყენებით

ირმა დავითაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
i.davitashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ბურთის ძელზე წონასწორობის მართვა ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდით; სისტემა „ბურთი ძელზე“ წარმოადგენს ისეთ არამდგრად და ამავდროულად არაწრფივ გახსნილ სისტემას, რომელიც მცირე გადახრების შემთხვევაში შეიძლება წრფივად ჩავთვალოთ. სისტემის გადაცემის ფუნქცია წარმოადგენს მეორე რიგის პოზიციურ რგოლს, რაც ამტკიცებს სისტემის არამდგრადობას. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად დგება სისტემაში უკუკავშირის შეტანის

აუცილებლობა და რეგულატორის ჩართვის საკითხი. რეგულატორის სინთეზისთვის შემოტანილია სინთეზის შემდეგი კრიტერიუმები: გადარეგულირება არაუმეტეს 5%-ისა, ხოლო დამყარების დრო არაუმეტეს 3წმ-ისა. სინთეზის მეთოდებიდან გამოყენებულია რეგულატორის სინთეზი ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდის გამოყენებით, კერძოდ ჩატარებულია კვლევა სისტემაში წამყვანი კომპენსატორის ჩასართავად და შერჩეულია ისეთი რეგულატორი რომელიც აკმაყოფილებს სინთეზის პირობებს.

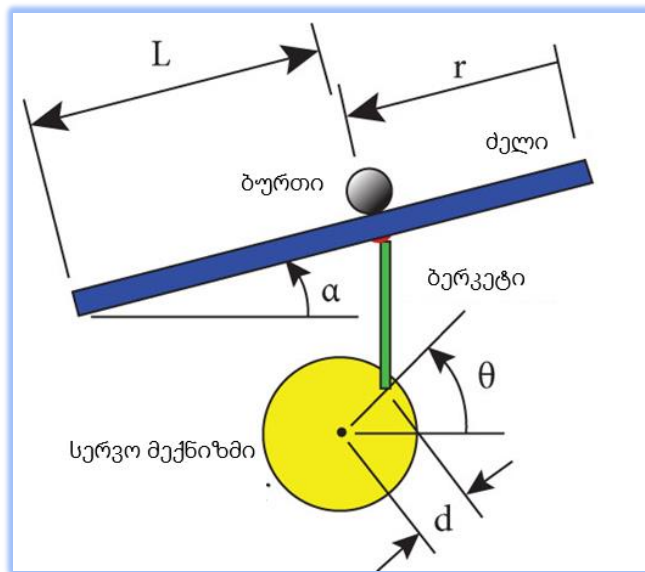
საკვანძო სიტყვები: რეგულატორი, სინთეზი, გადარეგულირება, ფესვური ჰოდოგრაფი, წამყვანი კომპენსატორი

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.



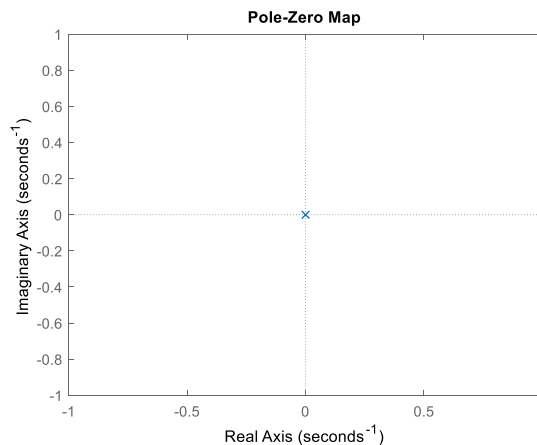
ნახ.1

მოცემული სისტემის მართვის ამოცანის მიზანია ბურთმა შეინარჩუნოს ძელზე წონასწორობის მდგომარეობა, რაც შესაძლებელი გახდება ძელზე θ კუთხის ცვალებადობით. მიზნის მიღწევა არც ისე მარტივია რადგან ბურთი მოძრაობს ძელზე აჩქარებით, რომელიც ძელის დახრის პროპორციულია. მოცემული სისტემის შესასვლელს წარმოადგენს კუთხე, ხოლო გამოსასვლელს ბურთის პოზიცია, თვითონ სისტემა კი არამდგრადია, რადგან მისი გამოსასვლელი პოზიცია) უსასრულოდ იზრდება ფიქსირებული შესასვლელისას. უკუკავშირით მართვა შესაძლებელს ხდის სისტემა გახადოს მდგრადი. რეგულატორის სინთეზის ძირითადი კრიტერიუმებია: გადარეგულირება ნაკლები უნდა იყოს 5%-ზე; დამყარების დრო $< 3\tau$ -ზე;

მოცემული სისტემა წარმოადგენს გახსნილ სისტემას, რომლის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$G(s) = \frac{R(s)}{\theta(s)} = -\frac{mgd}{L\left(\frac{J}{R^2} + m\right)} \cdot \frac{1}{s^2} \quad (1)$$

სისტემის პოლუსების მიხედვით გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ იგი ნამდვილად არამდგრადია, რადგან მას გააჩნია ორი ფესვი კოორდინატა სათავეში. (ნახ.2). იმისათვის, რომ სისტემა გავხადოთ მდგრადი, აუცილებელია სისტემა გავხადოთ უკუკავშირიანი და გამოვიყენოთ რეგულატორი.



ნახ.2

➤ **გახსნილი სისტემის ფესვური ჰოდოგრაფი**

ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდით რეგულატორის სინთეზის ძირითადი აზრი მდგომარეობს იმაში, რომ გახსნილი სისტემის ფესვური ჰოდოგრაფის მიხედვით შესაძლებელია შეკრული სისტემის გარდამავალი მახასიათებლის შეფასება. სისტემაზე ნულებისა ან პოლუსების დამატებით (კომპენატორის დამატებით), შესაძლებელი ხდება ფესვური ჰოდოგრაფისა და მათსადამე შეკრული სისტემის გარდამავალი პროცესის მოდიფიცირება;

კონტროლერის სინთეზისთვის აუცილებელია ვიპოვოთ დემფირების (მილევის) კოეფიციენტი ζ და საკუთარი სიხშირე ω_n შემდეგი გამოსახულებებიდან:

$$M_p = e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (2)$$

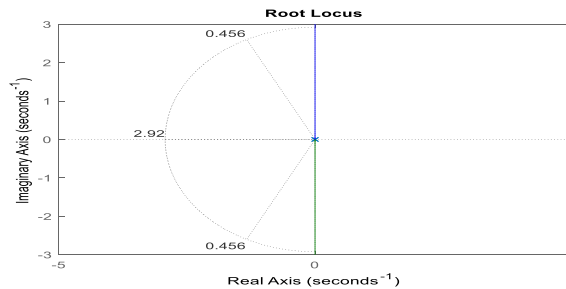
$$T_8 = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad (3)$$

სადაც, M_p შეგვიძლია დაუკავშიროთ გადარეგულირებას (5%), ხოლო T_8 დამყარების დროს (3τ); ამოცანიდან გამომდინარე (2) (3) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$5 = e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (4)$$

$$3 = \frac{4}{\zeta \omega_n} \quad (5)$$

რომელთა ამოხსნით ვღებულობთ, რომ მიღების პარამეტრი $\zeta = 0.4559$, ხოლო საკუთარი სიხშირე $\omega_n = 2.924$



ნახ. 3

ორ დიაგონალს შორის არე წარმოადგენს იმ არეს, სადაც გადარეგულირება 5%-ზე ნაკლებია, ხოლო რკალის გარეთა არე კი იმ არეს, სადაც დამყარების დრო ნაკლებია 3 წმ-ზე, (ნახ.3) როგორც ვხედავთ ვერცერთი ვერ აკმაყოფილებს სინთეზის პირობებს. მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, იმისათვის რომ ფესვური ჰოდოგრაფი გადავიტანოთ მარცხენა სიბრტყეში საჭიროა სისტემას დაუმატოთ წამყვანი კომპენსატორი;

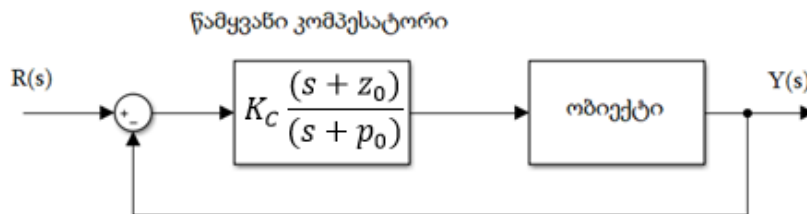
წამყვანი კომპენსატორის დამატება

წამყვანი კომპენსატორის სისტემაზე დამატებით შესაძლებელია ფესვური ჰოდოგრაფის მარცხენივ წანაცვლება, იგი შეიძლება წამოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$C(s) = K_c \frac{(s + z_0)}{(s + p_0)} \quad (6)$$

სადაც, აუცილებელი პირობაა, რომ $z_0 < p_0$

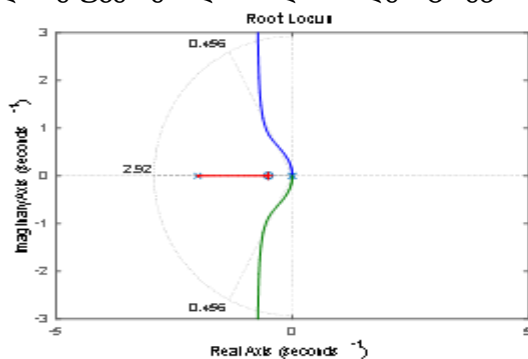
სქემატურად სიტემა წამყვანი კომპენსატორით შეგვიძლია შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ



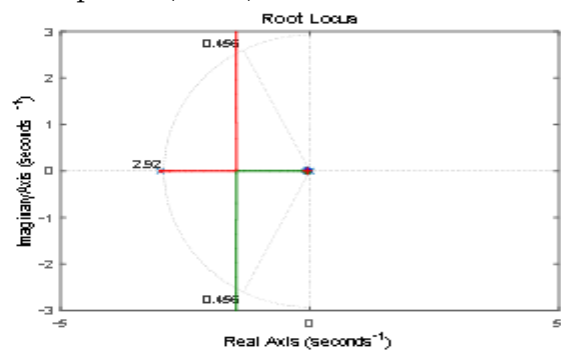
ნახ. 4

შევარჩიოთ z_0 -ის და p_0 -ის მნიშვნელობები.

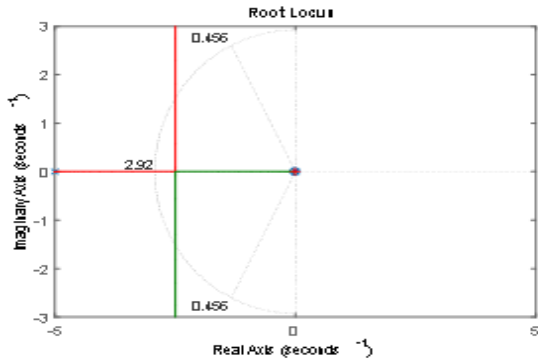
z_0 და p_0 კოეფიციენტები ვცვალოთ ისე, რომ ჰოდოგრაფმა გადაინაცვლოს მარცხენა რკალის მარცხნივ; როგორც ვხედავთ ფესვური ჰოდოგრაფის მარცხენა ნახევარსფეროში გადანაცვლება ყველაზე უკეთესად მოხდა როდესაც შევარჩიეთ $z_0=0.01$, $p_0=7$; (ნახ.5)



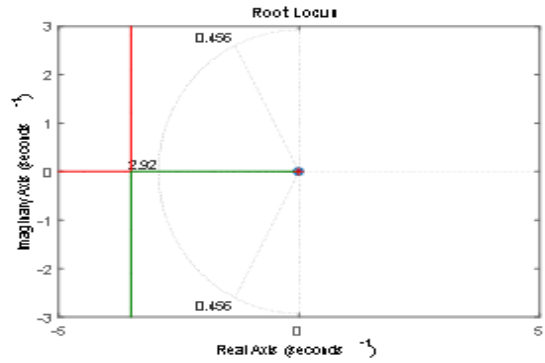
ა) $z_0=0,5$ $p_0=2$



ბ) $z_0=0.05$ $p_0=3$



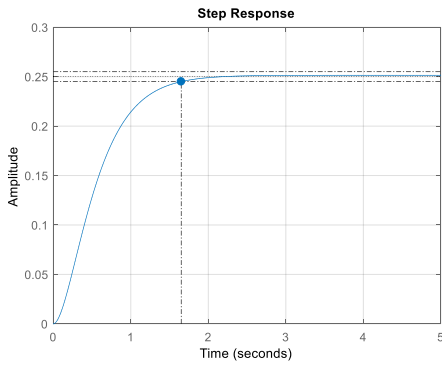
გ) $z_0=0.01, p_0=5$



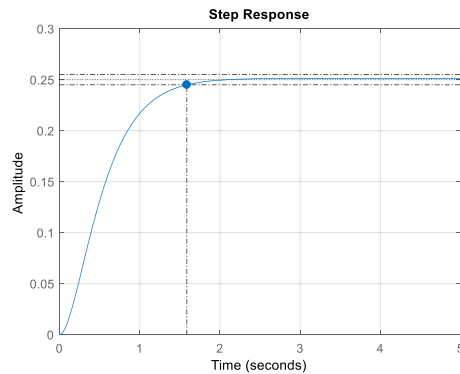
დ) $z_0=0.01, p_0=7$

ნახ. 5

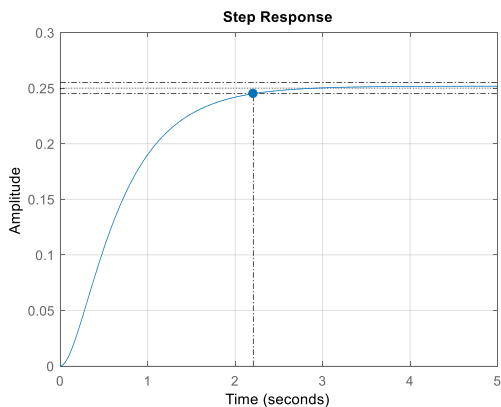
ფესვურ ჰოდოგრაფზე დაწკაპუნებით შევარჩიოთ გაძლიერების კოეფიციენტი და მიღებულ წამყვანი კომპენსატორთან ერთად შევამოწმოთ შეკრული სისტემის გარდამავალი მახასიათებელი. შევხედოთ, თუ რომელი გაძლიერების კოეფიციენტი და შესაბამისად პოლუსები და ნულები წარმოადგენენ საუკეთესო ვარიანტს მოცემული სისტემისთვის; როგორც ნახ.6 -დან ჩანს შერჩეული გაძლიერების კოეფიციენტებს შორის ყველა მათგანი აკმაყოფილებს სინთეზის კრიტერიუმებს, ყველა მათგანში გადარეგულირება 0-ის ტოლია, ხოლო დამყარების დრო ნაკლებია 3 წმ-ზე.



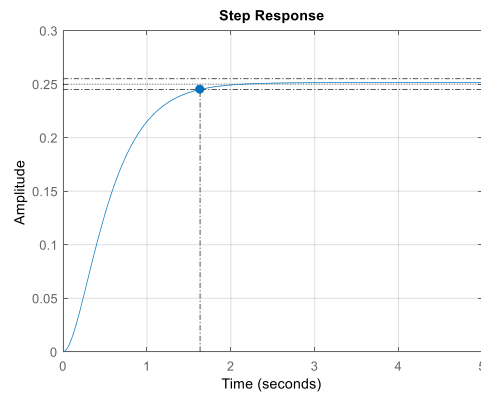
ა) $K_p=56.85$



ბ) $K_p=58.49$



გ) $K_p=45.34$



დ) $K_p=57$

ნახ. 6

3. დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილ კვლევაში ფესვური ჰოდოგრაფის აგებისას დადასტურდა გახსნილი სისტემის არამდგრადობა. შესაბამისად ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად საჭირო გახდა რეგულატორის შემოტანა. ნაშრომში შემოტანილია წამყვანი კომპენსატორი, რომლის კოეფიციენტები ნაპოვნია ფესვური ჰოდოგრაფის გამოყენებით. განხილული იქნა ოთხი შემთხვევა. როგორც კვლევამ აჩვენა ოთხივე შემთხვევაში აღებული კოეფიციენტები აკმაყოფილებენ სინთეზის პირობებს.

ლიტერატურა:

1. Norman S. Nise. Control systems engineering. California State Polytechnic Univ. Pomona. 2019
2. Virseda M. Modeling and Control of the Ball and Beam Process. 2004
3. Chengjun Guo, Wei Xie, Ning Pei. Ballbeam System Analysis and Design Based on Root Locus Correction and State Space Correction. 2022. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/2963465>
4. დავითაშვილი ი. ბურთის ძელზე წონასწორობის მოდელირება და მართვა. ISBN 978-9941-512-06-3. Articles of the conference. თბ., 2023; გვ 397-404;

“Ball and Beam” system control using the root locus method

Irma Davitashvili

Georgian Technical University

i.davitashvili@gtu.ge

Abstract

In this paper there is a discuss about control of the “Ball and Beam” system using root locus method. The system is unstable and nonlinear, but for small excursions it can be considered as linear. The transfer function of the system is a second-order positional loop, which proves the instability of the system. In order to eliminate this problem, there is a need to make the system closed loop and design the controller. For a 1-rad/sec step reference, the design criteria are the following: Settling time less than 3 seconds Overshoot less than 3%. Among the control design methods, the root locus method has been used, in particular, research has been done to choose the lead compensator. After involving controller in the system, the design criteria has been meet.

Key words: Controller, Design, Overshoot, Root locus, Lead Compensator.

ენერჯის მიხედვით არაწრფივი სისტემების

ოპტიმალური მართვა

ვალიდა სესაძე, ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარი ნარიმანაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

v.sesadze@gtu.ge, nino.mchedlishvili@gtu.ge, n.narimanashvili@gtu.ge

რეზიუმე

არაწრფივი ტექნიკური სისტემების ოპტიმალური მართვის ამოცანების გადაწყვეტა მნიშვნელოვან მათემატიკურ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ეს გამოწვეულია არაწრფივობათა მრავალფეროვნებით საწყისი და სასაზღვრო პირობების ფორმირების პრობლემებით, პარამეტრების სივრცული განაწილებით, არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნის სირთულით და სხვა. თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიები და უნივერსალური პროგრამული პაკეტები საშუალებას იძლევა წარმატებით გადავწყვიტოთ მრავალი ისეთი ამოცანა, რომელიც ძნელად იხსნება დინამიკური ოპტიმიზაციის კლასიკური მეთოდების გამოყენებით. ერთ-ერთი ასეთი ცნობილი და მძლავრი მეთოდია პონტრიაგინის

მაქსიმუმის პრინციპი. ამ მეთოდის გამოყენებით, წარმატებით ამოიხსნება ოპტიმალური მართვის საკმაოდ ფართო სპექტრის ტექნიკური ამოცანები. სტატიაში განხილულია დინამიკური ოპტიმიზაციის ამოცანების ის კლასი, რომლებიც საკმარისი მიახლოებით შეიძლება აღიწეროს ჰარმონიული ოსცილატორის ტიპის განტოლებებით. ოპტიმალურობის კრიტერიუმად შერჩეულია ენერჯის ოპტიმალური მაჩვენებელი. ამოცანა დაიყვანება დროის მოცემულ მომენტებში ენერჯის ოპტიმალური მნიშვნელობების მოძებნაზე. ამ მნიშვნელობათა შედარება ხდება შედეგებთან, რომლებიც მიღებულია ოსცილატორის სიმშვიდის რეჟიმში. კომპიუტერული პროგრამებით მიღებულია ოსცილატორის ფაზური პორტრეტი და ფაზური ტრანექტორიების სურათები. თანამედროვე მრავალფეროვანი კომპიუტერული უზრუნველყოფებიდან უპირატესობა მინიჭებული აქვს Matlab და Maple პროგრამულ პაკეტებს.

საკვანძო სიტყვები: ოპტიმალური მართვა, პონტრიაგინის მაქსიმუმის პრინციპი, ენერჯის შენახვის კანონი, ჰარმონიული ოსცილატორი, ფაზური პორტრეტი.

1. შესავალი

ჰარმონიული ოსცილატორის ოპტიმალური მართვის ამოცანა წარმოადგენს ოპტიმალური მართვის თეორიაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვან საკითხს. სტატიაში ვიკვლევთ ჰარმონიული ოსცილატორის ოპტიმალური მართვის ტიპის ამოცანებს, რომლებიც თავდაპირველად იმყოფებიან უძრაობის (სიმშვიდის) მდგომარეობაში, დროის მოცემულ T მომენტში ენერჯის საბოლოო მნიშვნელობის მაქსიმუმის მოძებნის კრიტერიუმის მიხედვით. კრიტერიუმი ინტეგრალური სახით შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$J = E(T) = \int_0^T \frac{dE}{dt} dt \rightarrow \max \quad (1)$$

არაწრფივი სისტემების ოპტიმალურ მართვაში სწრაფქმედების კრიტერიუმის გარდა გამოიყენება შემდეგი სახის კრიტერიუმი:

$$J_k = \int_0^T |u(t)|^k dt, \quad k = 1, 2. \quad (2)$$

აქ, კრიტერიუმი J_1 ასახავს გადაცემის სისტემაში იმპულსის მინიმუმს, ხოლო J_2 მართვის ენერჯის ხარჯის მინიმუმების დროს.

განვიხილოთ წრფივი ოსცილატორი, რომელიც იმართება შემოსაზღვრული ძალის მოქმედებით. სისტემის დინამიკის განტოლებებს ექნება სახე:

$$\begin{cases} \dot{q}(t) = p(t) \\ \dot{p}(t) = -\omega^2 q(t) + u(t) \end{cases} \quad (3)$$

სადაც q - ქანქარას მდგომარეობაა, ხოლო p - ქანქარას იმპულსი, ω - რხევათა სიხშირე. მივიჩნევთ, რომ ამ განტოლებაზე დადებული სიმეტრიული შეზღუდვაა.

$$|u| \leq \varepsilon.$$

რადგან საწყის მომენტში ოსცილატორი უძრავ (სიმშვიდის) მდგომარეობაშია, ამის გამო (3)-ის საწყისი მნიშვნელობა ნულოვანია:

$$q(0) = 0, p(0) = 0 \quad (4)$$

ჩვენი მიზანია მოვძებნოთ მართვის ოპტიმალური $u^*(t)$ ისეთი მნიშვნელობა, რომ (3) ამოცანის ამონახსნი (4) საწყისი პირობებით და (1) კრიტერიუმით აღწევდეს მაქსიმუმს.

2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ ოსცილატორის ენერჯია განსაზღვრულია დამოკიდებულებით:

$$E(t) = \frac{\omega^2 q(t)^2}{2} + \frac{p(t)^2}{2}.$$

(1) კრიტერიუმისათვის ეს გამოსახულება გარდავქმნათ (3) დინამიკის განტოლების გათვალისწინებით, მივიღებთ:

$$J = \int_0^T \frac{dE}{dt} dt = \int_0^T (\omega^2 q \dot{q} + p\dot{p}) dt = \int_0^T (\omega^2 qp + p(-\omega^2 q + u)) dt = \int_0^T p u dt \rightarrow \max.$$

უკანასკნელი განტოლება კანონიკური გარდაქმნის შემდეგ მიიღებს სახეს:

$$J = - \int_0^T p u dt \rightarrow \min_M \quad (5)$$

(3)-(5) ოპტიმალური მართვის ამოცანის ამოხსნისათვის გამოვიყენოთ პონტრიაგინის მაქსიმუმის პრინციპი. როგორც ვიცით პონტრიაგინის ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$H(q, p, \psi_1, \psi_2, u) = \psi_1 p - \psi_2 \omega^2 q + \psi_2 u + p u \quad (6)$$

რადგანაც საძიებელმა $u^*(t)$ მართვამ H ფუნქციონალის მაქსიმირება უნდა მოახდინოს, ამიტომ ოპტიმალურობის განტოლება მიიღებს სახეს:

$$u^*(t) = \varepsilon \text{sign}(\psi_2(t) + p(t)) \quad (7)$$

შეუღლებული ცვლადებისათვის განტოლებები ჩაიწერება ასეთნაირად:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_1 = \omega^2 \psi_2, \\ \dot{\psi}_2 = -\psi_1 - u. \end{cases} \quad (8)$$

თუ მივაქცევთ ყურადღებას იმას, რომ ამოცანა იხსნება თავისუფალი დროისა და ფიქსირებული მარჯვენა ბოლოსთვის, ტრანსვერსალობის პირობას ექნება სახე:

$$\begin{cases} \psi_1(T) = 0, \\ \psi_2(T) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

მოვახდინოთ ცვლადების წრფივი ცვლილება:

$$\begin{cases} \psi_1 = \psi_I - \omega^2 q, \\ \psi_2 = \psi_{II} - p. \end{cases} \quad (10)$$

(10) ჩავსვათ (8)-ში მივიღებთ:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_I - \omega^2 \dot{q} = \omega^2 (\psi_{II} - p), \\ \dot{\psi}_{II} - \dot{p} = -\psi_I + \omega^2 q - u. \end{cases}$$

(3) - ის გათვალისწინებით სისტემა მიიყვანება ისეთ სახემდე, სადაც არ არის უშუალო დამოკიდებულება ზოგად კორდინატებზე და მართვაზე, კერძოდ:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_I = \omega^2 \psi_{II}, \\ \dot{\psi}_{II} = -\psi_I. \end{cases} \quad (11)$$

(11) სისტემის ზოგად ამოხსნას $A > 0$ ამპლიტუდისა და ϕ ფაზისათვის ექნება სახე:

$$\begin{cases} \psi_I = \omega A \sin(\omega t + \phi) \\ \psi_{II} = A \cos(\omega t + \phi) \end{cases} \quad (12)$$

(12) გათვალისწინებით (7) ოპტიმალური მართვა მიიღებს სახეს:

$$u^*(t) = \varepsilon \text{sign} \psi_{II}(t) = \varepsilon \text{sign} \cos(\omega t + \phi) \quad (13)$$

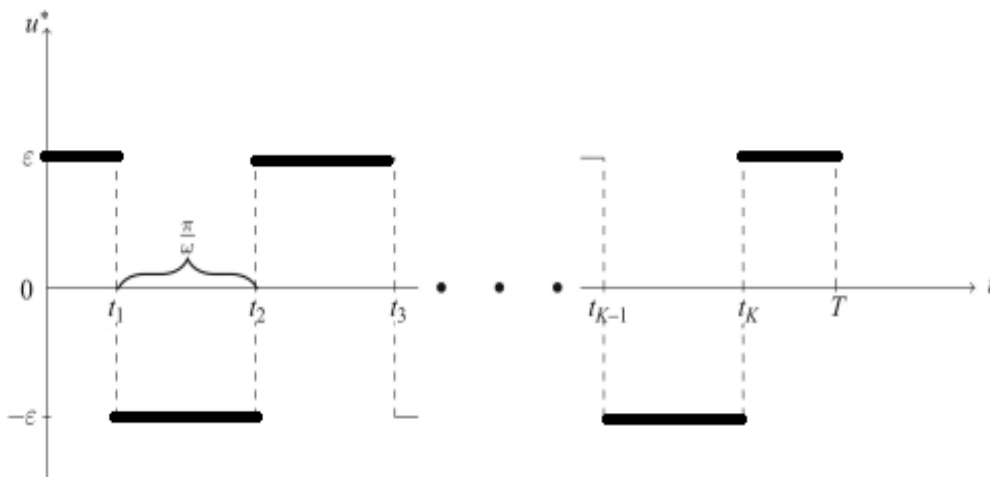
ეს ნიშნავს, რომ მართვის გადართვა ხდება დროის კიდურა მნიშვნელობებს შორის.

$$\omega t_k = \frac{\pi}{2} - \phi + \pi(k - 1), \quad k = 1, \dots, K \quad (14)$$

სადაც K - მართვის გადართვათა რაოდენობაა, რომელიც ტოლია:

$$K = 1 + \left\lceil \frac{\omega(T-t_1)}{\pi} \right\rceil \quad (15)$$

ოპტიმალურ მართვას ექნება სახე (ნახ.1):



ნახ. 1. ოპტიმალური მართვა

(15)-ე ფორმულაში კვადრატული ფრჩხილები გულისხმობს გამოსახულების რიცხვითი მნიშვნელობის მთელ ნაწილს. ამ ფორმულიდან პირდაპირ ჩანს, რომ როცა $K \geq 1$ ნებისმიერი $T > t_1$ ოსცილატორის ენერჯის მაქსიმუმების ამოცანაში გვაქვს:

$$t_1 = \frac{\pi}{2\omega} - \frac{\phi}{\omega} \quad (16)$$

რომელიც აკმაყოფილებს პირობას $0 < \omega t_1 < \pi$, ანუ გვაქვს $-\frac{\pi}{2} < \phi < \frac{\pi}{2}$. აქედან ჩანს, რომ, მართვის გადართვა ხდება ყოველ $\frac{\pi}{\omega}$ წამში. ისევე, როგორც ამოცანის დასმის დროს, მართვის მნიშვნელობა არ ახდენს გავლენას ამოცანის ამოხსნაზე. შევარჩიოთ $u^*(0) = \epsilon$.

1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია ოპტიმალური მართვის დამოკიდებულება დროზე.

იმის გამო, რომ ამოხსნის მოცემული კანონი უშვებს განსაკუთრებულ ექსტრემალებს შესაძლებელია იმ შემთხვევაში თუ:

$$\begin{cases} \psi_I(t) \equiv 0, \\ \psi_{II}(t) \equiv 0, \end{cases} \quad (17)$$

ახლა ვაჩვენოთ რომ ისინი არ შეიძლება იყოს მოსაძებნელ ამოხსნები. ტრანსველსალობის (9) და (17) პირობებიდან გამომდინარეობს;

$$\begin{cases} q(T) = 0 \\ p(T) = 0 \end{cases} \quad (18)$$

თუ დროის ერთ-ერთ ინტერვალზე $t \in [t', t'']$ სრულდება (17), მაშინ მივიღებთ, რომ დროის t'' მომენტში (12)-დან გამომდინარეობს $A=0$. ესე იგი სამართლიანია (17) დროის T მომენტში და ამიტომ სამართლიანია (18), ხოლო ეს შეუძლებელია, როგორც ზემოთ ვაჩვენეთ.

ამოცანის ამოხსნა საკმარისია მოვძებნოთ გადართვის პირველ t_1 მომენტში. გადავწეროთ (9) შეუღლებული ცვლადების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\begin{cases} A \sin(\omega T + \phi) = \omega q(T) \\ A \cos(\omega T + \phi) = p(T) \end{cases} \quad (19)$$

ჩანს, რომ თუ ვიპოვით $p(T)$ და $q(T)$ როგორც t_1 -ის ფუნქციას, თუ გავითვალისწინებთ (8) (19) შეგვიძლია ვიპოვოთ t_1 მომენტი.

სისტემის დროითი მონაკვეთის ბოლოში ფაზური კორდინატების მოძებნისათვის მივმართოთ ფაზურ პორტრეტებს.

განვიხილოთ ერთი ოსცილატორის ფაზური კორდინატები, რომელიც აღიწერება (3) დინამიკის განტოლებით (q, p) და კონკრეტული u მართვით. ვთქვათ $u = \epsilon$:

$$\begin{cases} \dot{q}(t) = p(t) \\ \dot{p}(t) = -\omega^2 q(t) + \varepsilon \end{cases}$$

მეორეაირად ეს განტოლებები ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\ddot{q} + \omega^2 \left(q - \frac{\varepsilon}{\omega^2} \right) = 0.$$

ამ განტოლების ამოხსნასწავთ:

$$\begin{cases} q = R \cos(-\omega t + \lambda_0) + \frac{\varepsilon}{\omega^2} \\ p = R \omega \sin(-\omega t + \lambda_0) \end{cases}$$

სადაც R - კონსტანტაა, λ_0 - ერთ-ერთი ფაზაა, ნიშანი მინუსი სიხშირეზე აჩვენებს, რომ მოძრაობა ფაზურ სიბრტყეზე ხდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით.

იგივე მოქმედება განვახორციელოთ როცა $u = -\varepsilon$. შედეგად მივიღებთ იგივეს, განსხვავება იქნება მხოლოდ ნიშანში ამოხსნის მეორე შესაკრების წინ. სისტემის ფაზურ ტრაექტორიებს აქვთ წრიული ფორმა:

$$\left(q \mp \frac{\varepsilon}{\omega^2} \right)^2 + \left(\frac{p}{\omega} \right)^2 = R^2$$

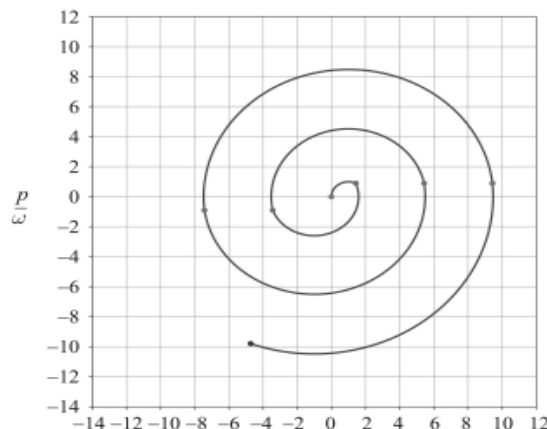
წრეწირის ცენტრია $e \left(\mp \frac{\varepsilon}{\omega^2}, 0 \right)$. ამ წრეზე ფაზური წერტილი მოძრაობს საათის ისრის მიმართულებით ω საკუთხო სიჩქარით.

მიღებული შედეგების გათვალისწინებით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ფაზური ტრაექტორიის სახე (ნახ.2). ნახაზზე წერტილებით მონიშნულია ოსცილატორის მართვის გადართვის მომენტები და საბოლოო მომენტი. ნახაზიდან ჩანს, რომ გადართვის პირველი წერტილის კოორდინატებს აქვს სახე:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{\varepsilon}{\omega^2} (1 - \cos(\omega t_1)), \\ p_1 = \frac{\varepsilon}{\omega} \sin(\omega t_1) \end{cases}$$

თანაც

$$R = \frac{\varepsilon}{\omega^2}, \quad \lambda_0 = \pi,$$



ნახ. 2. ოსცილატორის ფაზური პორტრეტი

მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია ფაზური პორტრეტი მიღებული $\omega = 1, \varepsilon = 1$ გადართვებისათვის მე-10 კანონის მიხედვით ნებისმიერი t_1 -თვის. ხოლო გადართვის წერტილების კოორდინატების ზოგადი სახე ასეთია

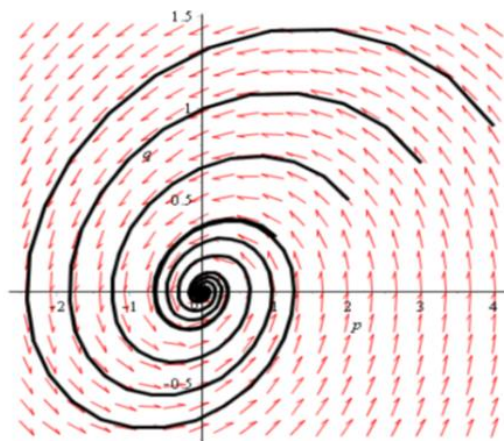
$$\begin{cases} q_k = (-1)^{(k-1)} \left(q_1 + 2(k-1) \frac{\varepsilon}{\omega^2} \right), \\ p_k = (-1)^{(k-1)} p_1 \end{cases} \quad (20)$$

(20)-ე სისტემაში ნიშანი განისაზღვრება k -ს ლუწობის ხარჯზე და შეესაბამება ოსცილატორის მოძრაობას, მართვის $k-1$ და k გადართვებს შორის, ანუ მოძრაობის k -ურ ინტერვალს. ბოლო გადართვის ნომერია $k=K$.

ზოგად შემთხვევაში ამ ამოცანის შედეგად მიღებულ ფაზურ ტრაექტორიებს აქვს სახე (ნახ.3):

3. დასკვნა

სტატიაში გამოკვლეულია და გადაწყვეტილია დროის მოცემულ ფიქსირებულ მომენტში ენერჯის მაქსიმიუმის კრიტერიუმის მიხედვით ოსცილატორის მართვის ამოცანა. ანალიზურად მიღებულია ოპტიმალური მართვის სახე და მართვის გადართვის დროითი მომენტები, აგრეთვე ენერჯის, როგორც T დროის ფუნქციის მნიშვნელობები. მიღებული შედეგები აფართოებენ კლასიკური ამოხსნების სიმრავლეს, ერთეულოვანი ოსცილატორის შეზღუდული სკალარული ოპტიმალური მართვის ამოცანებში. ეს გვაძლევს საშუალებას გავერკვეთ მართვის სტრუქტურის კანონებში, აგრეთვე წყდება სწრაფქმედების ამოცანა. გამოთვლების წარმოებისა და გრაფიკების აგების დროს გამოყენებული გვაქვს პროგრამები Maple და Matlab.



ნახ. 3. ზოგადი ამოცანის ფაზური პორტრეტი

ლიტერატურა:

1. ჭიკაბე გ., სესაძე ვ. მათემატიკა კომპიუტერზე. სახელმძღვ., ISBN 978-9941-8-3533-9. სტუის „IT კონსალტინგის ცენტრი“, თბილისი, 2021. -300 გვ.
2. შანშიაშვილი ბ. ოპტიმალური სისტემები. თბილისი. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018. -96 გვ.
3. Murray R.M. Optimization-Based Control, California Institute of Technology, 2010, 112 p.
4. Boyd St., Vandenberghe L. Convex Optimization. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. 2009, -747 p.
5. Bonnar B., Caillaud J.B. Introduction to Nonlinear Optimal Control. 2005. <https://caillaud.perso.math.cnrs.fr/research/fap-2005.pdf>

Optimal Control of Nonlinear Systems According to Energy

Valida Sesadze, Nino Mchedlishvili, Nodar Narimanashvili

Georgian Technical University

v.sesadze@gtu.ge, nino.mchedlishvili@gtu.ge, n.narimanashvili@gtu.ge

Abstract

Solving problems of optimal control of nonlinear technical systems is associated with significant mathematical difficulties. This is due to the variety of nonlinearities, the problems of forming initial and boundary conditions, the spatial distribution of parameters, the difficulty of solving nonlinear differential equations, and others. Modern computer technologies and universal software packages allow us to successfully solve many tasks that are difficult to solve using classical methods of dynamic optimization. One such well-known and powerful method is Pontryagin's maximum principle. Using this method, a wide range of technical tasks of optimal control can be successfully solved. The article discusses the class of dynamic optimization tasks that can be described with sufficient approximation by harmonic oscillator-type equations. The optimum energy index is selected as the optimality criterion. The task will be reduced to finding optimal values of energy at given moments of time. These values are compared with the results obtained when the oscillator is at rest. A phase portrait of the oscillator and images of phase trajectories are obtained by computer programs. Matlab and Maple software packages are preferred among modern diverse computer resources.

KeyWords: Optimal Control, Pontryagin maximum Principle, Energy conservation law, Harmonic Oscillator, Phase Portrait

Development of Automated Systems for the Logistics of Dental Products Using AI

Anna Bokuchava, Paata Jokhadze, Liana Kanchaveli

Georgian Technical University

annibokuchava@yahoo.com, paata_j@yahoo.com, kanchaveliliana08@gtu.ge

Abstract

The logistics of dental products present unique challenges due to the need for product customization, strict regulatory requirements, and global supply chain complexity. This paper examines how artificial intelligence (AI) can be leveraged to automate and optimize logistics processes within the dental industry. By reviewing existing AI models—such as predictive analytics for inventory management, robotic process automation (RPA), and AI-based route optimization—this study identifies the primary issues faced in dental logistics, including inventory control, compliance, and supply chain disruptions.

AI-driven solutions proposed include intelligent forecasting for demand management, quality control for regulatory compliance, and enhanced transparency using blockchain technology. Additionally, AI can automate administrative tasks, improving overall efficiency. The research concludes that AI-powered logistics systems can reduce operational costs, enhance supply chain efficiency, and ensure compliance with regulatory standards, ultimately transforming the dental industry's logistics framework. Organizations must, however, invest in AI infrastructure and workforce training to fully realize these benefits.

Key Words: Automation, AI, Logistics.

1. Introduction

The dental industry is a vital segment of healthcare, supplying a wide array of products that range from everyday dental tools to specialized equipment and custom-made prosthetics. Ensuring the timely and safe delivery of these products is crucial for maintaining the operations of dental clinics and hospitals. This sector faces a unique set of challenges compared to other industries. For instance, many dental products—such as implants, orthodontic appliances, and dental prosthetics—require customization based on individual patient

needs. This creates complexity in inventory management and product handling, as these items often have limited shelf lives or stringent sterilization requirements.

Furthermore, the global nature of the dental supply chain introduces additional complications. Dental products are often sourced from multiple regions worldwide, making them susceptible to delays caused by geopolitical events, pandemics, natural disasters, and other global supply chain disruptions. In addition to these external factors, the growing demand for more personalized and advanced dental treatments adds pressure on suppliers to deliver quickly and accurately, without compromising quality or compliance with regulatory standards.

Traditional logistics management systems often struggle to cope with these demands, leading to inefficiencies such as delays, high operational costs, and stock imbalances. This is where artificial intelligence (AI) can play a transformative role. AI has the capability to analyze vast amounts of data in real time, offering intelligent solutions that can predict demand, optimize inventory levels, enhance the efficiency of storage and distribution, and automate routine administrative tasks.

This paper explores how AI-driven automated systems can revolutionize logistics within the dental industry, enabling a more resilient and adaptive supply chain. By automating and optimizing various stages of the logistics process—from demand forecasting to route optimization—AI can significantly improve the efficiency of supply chains, reduce costs, and enhance service delivery. The research presented aims to provide a comprehensive understanding of how AI can be integrated into dental logistics, addressing key industry challenges and unlocking new opportunities for innovation.

Existing models illustrate how AI has already transformed logistics in other sectors and provide a strong foundation for developing AI-powered solutions tailored to the dental industry. By leveraging the capabilities of AI and machine learning, dental product supply chains can become more responsive, cost-effective, and capable of meeting the growing demands of healthcare professionals and patients.

2. Problems Description and Methodology for solving the problem

The logistics of dental products face several distinct challenges due to the nature of the products themselves, regulatory demands, and global supply chain complexities. These challenges require highly specialized approaches to ensure that dental clinics and professionals receive their materials in a timely and compliant manner.

AI-based quality control systems for logistics employ a variety of mathematical models to monitor and optimize the handling and packaging of products. These models are crucial in ensuring that dental products, which are subject to strict regulatory and sterility requirements, maintain their quality throughout the logistics process.

The challenges faced in the logistics of dental products, from managing product complexity to ensuring compliance with regulatory standards, can be mitigated through various AI-driven methods. These solutions offer enhanced efficiency, reduced costs, and improved service delivery, addressing the specific requirements of the dental industry. Below is a more detailed discussion of these methods:

1) Genetic Algorithms (GAs)

Genetic Algorithms are optimization techniques based on the principles of natural selection and genetics. They are particularly useful for solving complex, non-linear problems where multiple objectives need to be optimized simultaneously.

• How Genetic Algorithms Work:

- **Initialization:** The process starts by generating a population of potential solutions, known as "chromosomes." Each chromosome is a possible solution to the optimization problem and is typically encoded as a binary string or vector.
- **Fitness Evaluation:** The fitness of each chromosome is evaluated based on predefined objectives. For example, in logistics, the fitness function might evaluate cost, time, product quality, and compliance with regulatory standards.

- **Selection:** The best-performing chromosomes (those that optimize the objectives most effectively) are selected for reproduction.
- **Crossover and Mutation:** The selected chromosomes undergo genetic operations such as crossover (recombining parts of two chromosomes to create new offspring) and mutation (randomly changing parts of a chromosome to introduce diversity). This generates a new population of potential solutions.
- **Iteration:** The process repeats over several generations, with the population gradually evolving toward optimal solutions.
- **Application in Dental Product Logistics:**
 - **Route Optimization:** GAs can be used to optimize transportation routes for dental products by balancing multiple objectives such as cost, delivery time, and environmental conditions (e.g., ensuring temperature-sensitive products are transported under the right conditions). For example, GAs can find the best trade-off between minimizing fuel consumption and ensuring timely delivery while maintaining product quality.
 - **Inventory Management:** GAs can optimize stock levels by considering conflicting objectives like minimizing storage costs and ensuring enough inventory to meet fluctuating demand. This is crucial for dental products that have short shelf lives or strict sterility requirements.
 - **Regulatory Compliance:** In logistics systems, regulatory compliance must be factored into decisions about storage and transport. GAs can balance cost optimization with ensuring that dental products are handled according to strict safety and sterility guidelines.
- **Advantages of GAs:**
 - Can efficiently explore a large solution space, making them useful for complex optimization problems with multiple objectives.
 - Capable of finding near-optimal solutions even when the problem is non-linear or non-convex.
 - Flexibility in handling diverse objectives, which can be easily adjusted as needed.
- **Challenges:**
 - The computational cost can be high due to the iterative nature of the algorithm.
 - It may take many generations to converge to the best solution, which can be time-consuming.
 - Requires careful tuning of parameters like mutation rates and population size.

2) Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) is a population-based optimization technique inspired by the social behavior of birds flocking or fish schooling. It is often used for solving multi-objective optimization problems and is particularly well-suited to continuous optimization tasks.

- **How Particle Swarm Optimization Works:**
 - **Initialization:** PSO begins by initializing a swarm of particles, where each particle represents a potential solution to the optimization problem. Each particle has a position and a velocity.
 - **Fitness Evaluation:** The fitness of each particle is evaluated based on the objectives being optimized (e.g., cost, delivery time, compliance). Each particle remembers its best position (local best), and the swarm remembers the global best position across all particles.
 - **Update Velocity and Position:** Each particle adjusts its velocity and position based on its local best and the global best. This allows the swarm to collectively converge toward optimal solutions.
 - **Iteration:** The particles continue updating their positions until convergence, meaning the swarm has found a solution that balances all objectives effectively.
- **Application in Dental Product Logistics:**
 - **Route Optimization:** PSO can optimize the delivery routes for dental products by minimizing total travel distance, fuel consumption, and delivery time. For instance, if the objective is to deliver a temperature-sensitive product while minimizing transportation costs, PSO can balance these

conflicting goals and suggest the best possible route that reduces fuel consumption without compromising product quality.

- **Environmental Control:** For temperature-sensitive dental products, PSO can optimize the settings of environmental control systems (e.g., refrigeration units) to ensure compliance with sterility and safety regulations while minimizing energy consumption. It can dynamically adjust control settings based on changing external factors like weather conditions or vehicle performance.
- **Warehouse Operations:** PSO can also be used to optimize the layout and operation of warehouses, balancing objectives such as minimizing product handling time, ensuring proper storage conditions, and reducing operational costs. This is especially important for dental products that require specific storage environments.
- **Advantages of PSO:**
 - Simple to implement with fewer parameters compared to genetic algorithms.
 - Converges faster than other population-based algorithms, such as genetic algorithms, making it useful for time-sensitive logistics tasks.
 - Adaptable to dynamic environments, such as real-time route adjustments during delivery.
- **Challenges:**
 - PSO can sometimes converge prematurely to local optima, especially if the fitness landscape is complex.
 - Performance depends on careful tuning of parameters like swarm size, inertia weight, and learning coefficients.

3) Pareto Optimization and Pareto Front

In multi-objective optimization, often there is no single "best" solution, but rather a set of solutions that represent different trade-offs between the objectives. This is where the concept of **Pareto optimization** comes in.

- **Pareto Front:** The Pareto front is the set of non-dominated solutions, where no objective can be improved without worsening another objective. In the context of dental product logistics, the Pareto front might represent solutions that trade off between minimizing costs, ensuring product quality, and reducing environmental impact.

For example, one solution might minimize fuel consumption at the expense of slightly longer delivery times, while another might prioritize faster delivery but with a higher cost. Both solutions are considered optimal based on their respective trade-offs.

- **Finding the Pareto Front with GAs and PSO:**
 - Both genetic algorithms and PSO can be used to identify the Pareto front in multi-objective optimization problems. The algorithms evolve or adjust solutions until a diverse set of trade-offs is identified.
 - Decision-makers can then select the solution that best fits their priorities, such as minimizing cost or ensuring the highest level of regulatory compliance.

How Pareto Optimization Works in Warehouse Operations:

Using **Pareto optimization** and the **Pareto front** is highly beneficial for developing a dental warehouse supported by AI, especially when considering trade-offs in areas like inventory costs, stock diversity, and response times.

Pareto optimization seeks to find a set of solutions where no single objective can be improved without worsening another. For example, reducing storage costs by lowering the temperature control in a warehouse might degrade product quality if temperature-sensitive items are compromised. Pareto optimization helps identify the "best" trade-offs, which are represented by the **Pareto front**—a set of non-dominated solutions that balance conflicting objectives.

In optimizing a warehouse layout for dental products, the goal is to balance two conflicting objectives:

- 1) **Minimizing the distance workers must travel** for picking and packing.
- 2) **Ensuring products are stored in optimal environmental conditions** (e.g., temperature, humidity) for product quality.

This problem can be framed as a **multi-objective optimization** problem, and a **Pareto front** can be generated to visualize the trade-offs between these two objectives.

3. Conclusions

The integration of AI into the logistics of dental products presents a significant opportunity for innovation and modernization within the industry. By leveraging AI-driven solutions, companies can automate and optimize critical logistics processes, resulting in more efficient supply chains, reduced operational costs, and enhanced compliance with strict regulatory and sterility requirements. AI can significantly improve demand forecasting, enabling better inventory management that reduces the risk of shortages or overstocking. Route optimization through AI enhances delivery speed and reliability, ensuring that dental products reach clinics and dental professionals on time, even in the face of disruptions.

Additionally, AI-based quality control systems ensure that products meet safety and regulatory standards throughout the logistics process, improving accountability and product integrity. Technologies like blockchain, integrated with AI, offer transparency across the supply chain, providing real-time tracking and verification for dental products, further enhancing compliance and trust.

Using **Pareto optimization** and the **Pareto front** is highly beneficial for developing a dental warehouse supported by AI, especially when considering trade-offs in areas like inventory costs, stock diversity, and response times. Here's a breakdown of how these concepts can be applied in this context:

1) Understanding Pareto Optimization in the Dental Warehouse Context

- **Pareto Optimization** involves optimizing multiple objectives in such a way that any improvement in one objective would lead to a decline in another. In a dental warehouse, these objectives might include minimizing costs, maximizing service speed, and optimizing stock accuracy.
- AI can be used to analyze data from sales, seasonal demand, and supplier performance, helping to predict optimal stock levels that balance cost and availability.

2) Application of the Pareto Front

- **Pareto Front** represents the set of all “efficient” solutions where no one criterion (e.g., cost, delivery speed) can be improved without worsening another. AI algorithms can help model this front by analyzing historical data, demand forecasting, and cost analysis to determine the most balanced inventory levels.
- For example, an AI-based system could plot possible inventory scenarios on the Pareto front. One scenario might emphasize lower costs but require longer lead times, while another might allow for faster response times at a higher cost.

3) AI Techniques for Finding the Pareto Front

- **Machine Learning and Optimization:** Use machine learning algorithms to model relationships between factors like cost, speed, and stock levels. Algorithms such as genetic algorithms and neural networks can help identify Pareto-optimal solutions.
- **Multi-objective Evolutionary Algorithms (MOEAs):** Algorithms like NSGA-II or Pareto Simulated Annealing can help pinpoint optimal trade-offs by simulating different warehouse configurations.
- **Data Analysis and Predictive Modeling:** Forecasting demand using AI helps place high-demand items on the Pareto front while minimizing storage costs for low-demand products.

4) Benefits of Using the Pareto Front in Warehouse Development

- **Enhanced Decision-Making:** AI-driven Pareto optimization enables decision-makers to choose warehouse strategies based on balanced trade-offs, improving operational efficiency.

- **Cost Efficiency and Service Quality:** By using Pareto-optimal solutions, the warehouse can achieve a more cost-effective and reliable stock without sacrificing service quality.
- **Adaptability:** With real-time AI analytics, the Pareto front can be dynamically updated, adapting to changing demand patterns or supply chain disruptions.

3. Conclusion

However, realizing these benefits requires substantial investment in AI infrastructure and the upskilling of the workforce to manage and operate these advanced systems. Companies that successfully implement AI-driven logistics strategies will not only optimize their operations but also gain a competitive edge in the marketplace. Ultimately, the shift toward AI-powered logistics systems in the dental industry marks a key milestone in the sector's digital transformation, positioning companies to better serve dental professionals, improve patient care, and respond more effectively to evolving market demands.

References:

1. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. (2019). "The impact of digital technology and Industry 4.0 on the future of supply chain." *International Journal of Production Research*, 57(1), 146-169.
2. Wang G., Gunasekaran A., Ngai, E. T., Papadopoulos T. (2016). "Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications." *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110.
3. Rai A., Singh D. (2020). "Artificial intelligence and the future of logistics and supply chain management." *Operations Research Perspectives*, 7, 100163.
4. Xu L.D., Xu E.L., Li L. (2018). "Industry 4.0: State of the art and future trends." *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.

IT ტექნოლოგიების გამოყენება საწარმოო წყალმომარაგებაში

ზურაბ მეგრელიშვილი¹, იბრაიმ დიდმანიძე¹, დავით ჩხუბიანი²

1-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

2-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

z.megrelishvili@inbox.ru, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge

რეზიუმე

განხილულია ნატრიუმ-კათიონური დადადგარის რეგენერაციის პროცესის მატემატიკური მოდელის შემუშავება და მუშაობის ტექნოლოგიური პარამეტრების ოპტიმიზაციის გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამების პაკეტი. პროცესის მათემატიკური მოდელის შექმნისას გათვალისწინებულია სიხისტის იონების განაწილება ფილტრის ჩანატვირთის სიმაღლის მიხედვით. მოყვანილია პროგრამის მომხმარებლის ინტერფეისი, და აღწერილია მართვის დილაკების დანიშნულება. პროგრამების პაკეტი საშუალებას იძლევა მივიღოთ გამოძავალი მონაცემები ნებისმიერი საწყისი პარამეტრისათვის. იგი შესაძლებელს ხდის მის გამოყენებას ახალი ან არსებული დამარბილებელი დანადგარების დაგეგმარებაში ან რეკონსტრუქციაში, რეგენერაციის პროცესების სამეცნიერო კვლევაში, უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების სასწავლო პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: კათიონური ფილტრი, რეგენერაცია, ოპტიმიზაცია, პროგრამული უზრუნველყოფა, პროგრამების პაკეტი.

1. შესავალი

მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ამჟამინდელ დონეზე უფრო და უფრო აშკარა ხდება საინფორმაციო ტექნოლოგიებისა და სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების შერწყმის აუცილებლობა [1]. ასეთი კომბინაცია, თავის მხრივ იწვევს კრიტიკული ინფრასტრუქტურის ფორმირებას, რომელიც მოითხოვს შესაძლო რისკების უზრუნველყოფას, ანუ რისკების მართვას [2,3]. საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენება შესაძლებელია

სხვადასხვა პროცესების მათემატიკური მოდელების შემუშავებაში, თანაც ისეთის, რომლებიც დროთა განმავლობაში გაუმჯობესდება [4,5]. ხელოვნური ინტელექტი უკვე გამოიყენება ფინანსურ მენეჯმენტში, ტექსტის თარგმნაში, მუსიკაში, ვიზუალურ ხელოვნებასა, ტრანსპორტირებაში და სხვა [6,7].

ქვეყნის წყლის სისტემები გარემოს დაცვის, ადამიანის ჯანმრთელობისა და საზოგადოებრივი უსაფრთხოების თვალსაზრისით შეიძლება კლასიფიცირდეს კრიტიკულ ინფრასტრუქტურად. წყლის წყაროების სისუფთავის დაცვა სასმელი წყლით მომარაგებისა და ეკონომიკური საქმიანობისთვის არის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანა ნებისმიერი სახელმწიფოს ეკონომიკური ზრდისთვის. წყლის რესურსების სისუფთავე შეიძლება შენარჩუნდეს სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების წყალსაცავებში ჩაშვების თავიდან აცილების გზით [8-10]. ამისთვის საჭიროა სისტემის მათემატიკური მოდელის შექმნა, რომელიც საშუალებას მისცემს კომპეტენტური მართვის გადაწყვეტილებების მიღებას.

არსებული იონცვლითი დანადგარების ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად და ახალის დასაპროექტებლად აუცილებელია ოპტიმიზაციის საკითხების გადაჭრა, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ საჭირო ხარისხის წყალი მინიმალური ეკონომიკური ხარჯებით. ნატრიუმ-კათიონური ფილტრების რეგენერაციის ტექნოლოგიის შემუშავება ასევე მოითხოვს პროცესის მათემატიკური მოდელის შექმნას, რომელიც შეესაბამება რეალურს [11,12]. ეს საშუალებას მოგვცემს ჩავატაროთ ნებისმიერი საჭირო კვლევა ვირტუალურ რეალობაში მინიმალური მატერიალური ხარჯებით.

2. ძირითადი ნაწილი

წყლის დარბილების პროცესში რეგენერაციის ეტაპი ყველაზე რთულია ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით, რთული და შრომატევადია მათემატიკური აღწერისათვის, და საპასუხისმგებლოა ეკონომიკური თვალსაზრისით [13,14].

რეაგენტის ხარჯისა და იონიტის მიმოცვლითი მოცულობის შორის კავშირის დასადგენად და კათიონური დანადგარის მუშაობის ოპტიმიზაციის პრობლემის გადასაჭრელად აუცილებელია მათემატიკური მოდელის შექმნა და გაანგარიშების გზით რეგენერაციის პროცესის გამომავალი მრუდის მიღება.

რეგენერაციული ხსნარის კონცენტრაციის ცვლილების ბუნება, რომელიც შედის იონ გადამცვლელ ფენაში, დამოკიდებულია წყლის ბალიშის მოცულობაზე ფილტრის ჩანატატვირთვის ზემოთ და ხსნარის მიწოდების სიჩქარეზე. კვლევებმა აჩვენა, რომ იდეალური შერევის კანონით აღწერილი განზავების გათვალისწინება [15] არ შეესაბამება იონცვლის ფენაში შემავალი ხსნარის კონცენტრაციის რეალურ ცვლილებას. ამიტომ მიზანშეწონილია განიხილოს კომბინირებული მოდელი კონცენტრაციის ცვლილების ბუნების აღსაწერად. ამ მოდელის მიხედვით, იდეალური შერევის პარალელურად, ხდება მოცულობის ცვლილება, რომელიც ჩართულია იდეალურ შერევაში. წყლის ბალიშის მოცულობის ნაწილი მონაწილეობს შერევაში. მსგავსი მსჯელობისას, როგორც რეგენერაციის, ასევე გამორეცხვის პროცესის დაწყებისას, იონცვლის ფენაში შემავალი ხსნარების კონცენტრაციის ცვლილებების დამოკიდებულება (ნახ. 1) მიიღებს სახეს:

$$\frac{C}{C_r} = 1 - \left(1 - \frac{C_w}{C_r}\right) \cdot e^{-\frac{vI}{mH_{w.c.} - vI(1-\alpha)}} \quad (1)$$

$$\frac{C}{C_r} = \frac{C_w}{C_r} + \left(1 - \frac{C_w}{C_r}\right) \cdot e^{-\frac{vI}{mH_{w.c.} - vI(1-\alpha)}} \quad (2)$$

სადაც C_r არის რეგენერაციული ხსნარის კონცენტრაცია გ/მ³; C - მარილების კონცენტრაცია წყლის ბალიშში გასაშუალოების შემდეგ, გ/მ³; C_w - მარილების კონცენტრაცია წყლის ბალიშში, გ/მ³; W - შერევაში ჩართული მოცულობა, მ³; $H_{w.c}$ - წყლის ბალიშის ფენის სიმაღლე, მ; m - წყლის ბალიშის წილი ჩართული იდეალურ შერევაში; V - ხსნარის სიჩქარე იონ იონიტის ფენის ზემოთ, მ/სთ; α - რეგენერაციული ხსნარის წილი, რომელიც მონაწილეობს შერევის პროცესში; t - დრო, საათი.

ნახ. 1. იონიტის ფენაში მიწოდებული რეგენერაციული ხსნარის კონცენტრაციის ცვლილება რეგენერაციისა და გამორეცხვის მთლიანი ციკლის დროს:

- 1) 1-ელი განტოლებით გაანგარიშებული; 2) იდეალური შერევის განტოლებით გაანგარიშებული;
- 3) მე-2 განტოლებით გაანგარიშებული. 4) საანგარიშო შრის სიმაღლის დასადგენად განისაზღვრა ნატრიუმის და კალციუმის იონების ურთიერთდიფუზიის ეფექტური კოეფიციენტი.

რეგენერაციის ეტაპის გაანგარიშება ამჟამად მხოლოდ შრიული მეთოდით არის შესაძლებელი [16]. რეგენერაციის პროცესი შეზღუდულია ურთიერთდიფუზიის კინეტიკით. შრიული გაანგარიშების მეთოდის ერთ-ერთი მთავარი საკითხია პროცესის კინეტიკის გათვალისწინება, რაც, თავის მხრივ, შესაძლებელია ერთეული ფენის სიმაღლის დადგენით. ამ ფენის ფიზიკური არსი მდებარეობს იმაში, რომ იგი წარმოადგენს სვეტის სიგრძეს, რომლის გავლისას იონიტის წონასწორული გამდიდრება დგინდება K ჯერ ყველაზე სორბირებული იონის მიმართ [16].

რეგენერაციის პროცესის აღწერიდან მასის გადაცემის განტოლების გამორიცხვით და ბალანსის განტოლებისა და იზოთერმის განტოლების გათვალისწინებით ვიღებთ სისტემას [16], რომელიც გარდაქმნის შემდეგ ვლუბულობთ კუბურ განტოლებას. მიღებული კუბური განტოლება ამოხსნილია კარდანის ფორმულების გამოყენებით [17].

რეგენერაციის პროცესის გამოსათვლელად შრიული მეთოდის გამოყენებით განისაზღვრა იონცვლის „საანგარიშო“ კოეფიციენტი, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ შედეგები, რომლებიც საკმაოდ მჭიდროდ ემთხვევა ექსპერიმენტებს.

კვლევის შედეგად შეიქმნა მათემატიკური მოდელი და ალგორითმი ნატრიუმ-კათიონტური ფილტრის რეგენერაციის პროცესის შრიული გამოთვლისათვის. შემუშავებულია კომპიუტერული პროგრამების პაკეტი, რომელიც საშუალებას იძლევა:

- მივიღოთ სამუშაო მიმოცვლითი მოცულობის დამოკიდებულება რეაგენტის კუთრი ხარჯის მიმართ;

- მივიღოთ დაკავებული იონების განაწილება ფილტრის ჩანატვირთის ფენებზე (სიმაღლეზე);

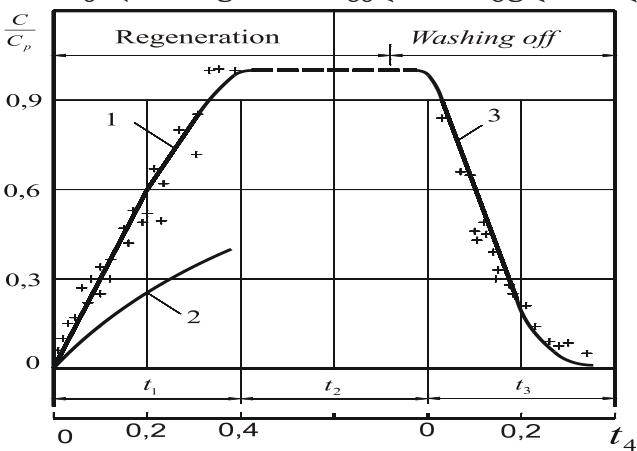
- მივიღოთ გამოტანილი სიხისტის იონების განაწილება რეგენერაციული ხსნარის პორციების მიხედვით;

- გამოვთვალოთ კათიონტური დანადგარების ოპტიმალური სმუშაო ტექნოლოგიური პარამეტრები.

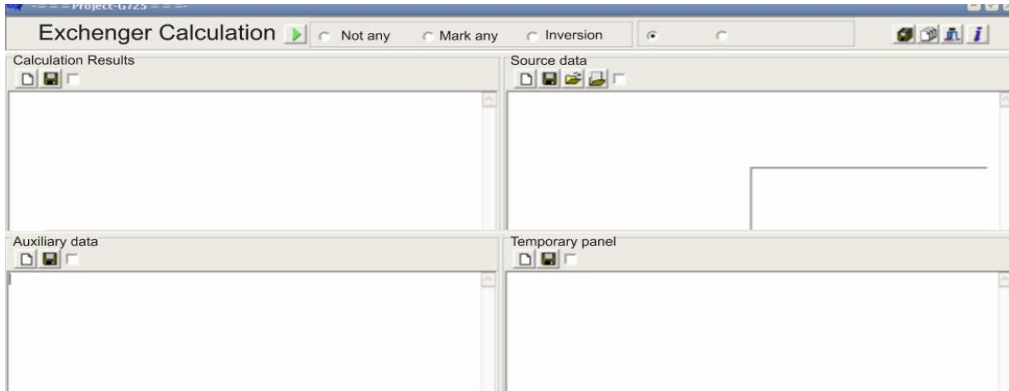
3. პროგრამის აღწერა

პროგრამა „რეგენერაციის პროცესის გაანგარიშება და კათიონტური ფილტრის

მუშაობის ოპტიმიზაცია" გამიზნულია სამრეწველო ნატრიუმ-კათიონტური ფილტრების რეგენერაციის რეჟიმებისა და პარამეტრების გამოსათვლელად.



პროგრამას „რეგენერაციის პროცესის გაანგარიშება და კათიონიტური ფილტრის მუშაობის ოპტიმიზაცია“ აქვს მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისი (ნახ.2), რომელიც უზრუნველყოფს კომფორტულ პირობებს საწყისი მონაცემების შეყვანისთვის, ასევე გამოთვლის შედეგების მისაღებად. მომხმარებლის ინტერფეისი შესრულებულია რუსულ და ინგლისურ ენებზე და, ვერბალური მონაცემების გარდა, შეიცავს გრაფიკულ პიკტოგრამებს. პროგრამის მთავარი სამუშაო ფანჯარა „კათიონური გადამცვლელის რეგენერაციისა და ოპტიმიზაციის პროცესის გაანგარიშება“ დაყოფილია ოთხ სამუშაო ნაწილად:



ნახ. 2. მონაცემთა შეყვანის და რედაქტირების ფანჯარა

- გაანგარიშების შედეგები – აქ ნაჩვენებია შესრულებული გამოთვლების შედეგები;
- საწყისი მონაცემები – აქ შეგიძლიათ შეიყვანოთ და დაარედაქტიროთ საწყისი მონაცემთა ნაკრები, ჩატვირთოთ საწყისი მონაცემები გარე ფაილებიდან ან გამოიძახოთ საწყისი მონაცემთა ნაკრების ჩაშენებული რედაქტორი (ნახ. 3);
- დამხმარე მონაცემები;
- დროის პანელი – აქ ნაჩვენებია შუალედური გაანგარიშების შედეგები.

მთავარი ფანჯრის ცალკეული სამუშაო ნაწილი შეიცავს მართვის ღილაკებს, რომლებიც საშუალებას გაძლევთ აკონტროლოთ ამ ზონიდან მონაცემების გამოყვანა და ამ ზონის მონაცემების შენახვა.

- - გაასუფთავეთ შესაბამისი სამუშაო ადგილი
- - წაიკითხეთ საწყისი მონაცემების ნაკრები გარე ფაილიდან
- - გამოიძახეთ ფილტრის საწყისი მონაცემთა ფანჯრის ჩაშენებული რედაქტორი
- - შეინახეთ ტექსტურ ფაილში გამოძვალა შედეგები ამ ზონიდან

ამ მართვის კლავიშების გარდა, ეკრანის ზედა ნაწილში მოთავსებულია ღილაკები, რომელთა მოქმედება ვრცელდება არა ცალკეულ ზონაზე, არამედ მთლიან პროგრამაზე:

- - იწყებს ფილტრის პარამეტრების გამოთვლის ციკლს „საწყისი მონაცემების“ არეში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე.
- - ფანჯრის ყველა მონიშნული სამუშაო ადგილის გასუფთავება
- - მონაცემების შენახვა ფანჯრის ყველა მონიშნული უბნიდან ტექსტურ ფაილში
- - პროგრამიდან გასვლა

Data editing			
Variable description	Inside	Formulas	Value
Charge height, m	H		
Calculated layer height, m	H1	h	
Water cushion layer height, m	H2	H _{en}	
Full volume capacity, gr-equ/cub.m.	E	E _n	
Charge volume, cub.m.	W5	W _{ar}	
Sum of cations, gr-equ/cub.m.	AB	C _b	
Area of exchanger's , sgu.m	s	f	
Porosity of charge	P	p	
Liquid discharge feeding into exchanger within the period t1, l/s	Q1	q1	
Liquid discharge feeding into exchanger within the period t2, l/s	Q2	q2	
Liquid discharge feeding into exchanger within the period t3, l/s	Q3	q3	
Movement speed of liquid above the cation exchanger layer at the discharge q1, m/s	v1	v1	
Movement speed of liquid above the cation exchanger layer at the discharge q2, m/s	v2	v2	
Coefficient considering solution part participating in mixing	AL	a	
Part of water cushion capacity participating in mixing according to equation 4.13	BT1	m	
Part of water cushion capacity participating in mixing according to equation 4.14	BT2	BT2	
The exact search at given conditions	EPS	e	
The number of cationic exchanger layers	M	M	
Ion exchange coefficient	K	k	
Working exchange capacity of cationic exchange defined exp., gr-equ/cub.m	ER1(T)	E _p	
Calculated working capacity of cationic exchanger, gr-equ/cub.m	ET	ET	
Regenerant solution volume, cub.m	WP1(T)	W _p	
Basic concentration of regeneration solution, gr-equ/cub.m	AO1(T)	C _p	
Portion volume, cub.m	R	R	
	R1	R1	

ნახ. 3. მონაცემთა შეყვანის რედაქტირების ფანჯარა

4. გამოთვლების თანმიმდევრობა

ფილტრის რეგენერაციის პარამეტრების გამოსათვლელად აუცილებელია:

- 1) გახსენით გარე ფაილი, რომელიც შეიცავს საწყისი მონაცემების კომპლექტს ამ ფილტრისთვის ან გამოიძახეთ ჩამოშვებულ საწყის მონაცემთა რედაქტორი და შეიყვანეთ ეს მონაცემები პირდაპირ კლავიატურიდან;
- 2) აირჩიეთ ფილტრის პარამეტრების გამოთვლის რეჟიმი;
- 3) დაიწყეთ ფილტრის რეგენერაციის პარამეტრების გაანგარიშების პროცესი;
- 4) გამოთვლების შედეგად, პროგრამის მთავარ ფანჯარაში "გამოთვლის შედეგების" ზონაში, გამოჩნდება გამოთვლების შედეგები, ხოლო თითოეული ფილტრის ფენის და თითოეული გატარებული პორციის პარამეტრები გამოჩნდება ე.წ. "დამხმარე მონაცემები".

უნდა აღინიშნოს, რომ გამოსაყვანი მონაცემების ფორმატი საშუალებას იძლევა მისი ადვილად ექსპორტირებისა სხვადასხვა გარე პროგრამებში შემდგომი დამუშავებისთვის, მაგალითად, Microsoft Excel - ში.

ეს პროგრამული პროდუქტი შეიქმნა Borland C++ Builder 6.0-ის გამოყენებით Microsoft Windows-ის ოჯახის ოპერაციული სისტემებისთვის, რომლებიც მუშაობენ თავსებადი პერსონალური კომპიუტერების 32-ბიტის კომპიუტერის არქიტექტურაზე.

5. დასკვნა

შემუშავებულია რეგენერაციის პროცესის და ოპტიმიზაციის მათემატიკური მოდელი წყლის დარბილების კათიონიტური დანადგარებისათვის. მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს სორბირებული იონების განაწილებას ფილტრის ჩანატვირთის სიმაღლეზე და ფილტრის ჩანატვირთში შემავალი ხსნარის კონცენტრაციის ცვლილებას. ჩანატვირთის ერთეული შრის სიმაღლის დასადგენად განისაზღვრა ნატრიუმის და კალციუმის იონების ურთიერთდიფუზიის კოეფიციენტი.

რეგენერაციის პროცესის გამოსათვლელად შრიული მეთოდის გამოყენებით, განისაზღვრა „საანგარიშო“ იონური გაცვლის კოეფიციენტი, რაც შესაძლებელს ხდის შედეგების მიღებას, რომლებიც საკმაოდ მჭიდროდ ემთხვევა ექსპერიმენტებს. პროგრამების პაკეტი საშუალებას იძლევა მივიღოთ გამომავალი მონაცემები ნებისმიერი საწყისი პარამეტრისთვის, რაც შესაძლებელს ხდის მის გამოყენებას ახალი ან არსებული დამარბილებელი დანადგარების დაგეგმარებაში ან რეკონსტრუქციაში, რეგენერაციის პროცესების სამეცნიერო კვლევაში, უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების სასწავლო პროცესში.

ლიტერატურა:

1. Gitelman, L.; Kozhevnikov, M.; Visotskaya, Y. Diversification as a Method of Ensuring the Sustainability of Energy Supply within the Energy Transition. *Resources* **2023**, *12*, 19. <https://doi.org/10.3390/resources12020019>
2. Alpcan, T. (2015). Game Theory for Security. In: Baillieul, J., Samad, T. (eds) Encyclopedia of Systems and Control. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5058-9_37
3. Alexei A Gaivoronski and Yuri Ermoliev. Optimization of Simulation Models and other Complex Problems with Stochastic Gradient Methods. In: Alexei A. Gaivoronski, Pavlo S. Knopov, Volodymyr A. Zaslavskiy (eds) Modern Optimization Methods for Decision Making Under Risk and Uncertainty. CRC Press Taylor & Francis Group, London, New York, 2023, pp. 1-15;
4. Zaslavskiy V., Pasichna M. (2019) Optimization Techniques for Modelling Energy Generation Portfolios in Ukraine and the EU: Comparative Analysis. In: Zamojski W., Mazurkiewicz J., Sugier J., Walkowiak T., Kacprzyk J. (eds) Contemporary Complex Systems and Their Dependability. DepCoS-RELCOMEX 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 761. Springer, Cham, pp 545-555;
5. Rusyn, B.P., Lutsyk, O.A. & Kosarevych, R.Y. Evaluating the Informativity of a Training Sample for Image Classification by Deep Learning Methods. *Cybern Syst Anal* **57**, 853–863 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10559-021-00411-4>;
6. Khilenko, V., Akhmetov, B., Berdibayev, R. *et al.* Increasing the Speed of Banking Cybersecurity Systems Based on Intelligent Data Analysis and Artificial Intelligence Algorithms for Predicting Cyberattacks. I. *Cybern Syst Anal* **59**, 519–525 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10559-023-00587-x>;
7. Stetsyuk P.I., Stovba V.O., Tregubenko, S.S. *et al.* Modifications of the Two-Stage Transportation Problem and Their Applications*. *Cybern Syst Anal* **58**, 898–913 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10559-023-00523-z>;
8. Megrelishvili Z., Didmanidze I., Zaslavskiy V. Development of Technology for Utilization of Sulphate Waste Water of Detergents Production. In: Ivanov V. *et al.* (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. ISBN 978-3-030-22364-9, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_78, pp. 785-794;
9. Galkina, E., Vasyutina, O.: Reuse of treated wastewater. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **365**, 022047 (2018). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/2/022047/pdf> ;
10. Rajasulochana, P., Preethy, V.: Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water—a comprehensive review. *Resour. Efficient Technol.* **2**(4), 175–184 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2016.09.004> ;
11. Doroshenko, I., Knopov, O. & Vovk, L. Mathematical Models of Extreme Modes in Ecological Systems. *Cybern Syst Anal* **58**, 764–779 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00510-w> ;
12. Ermoliev, Y., Zagorodny, A.G., Bogdanov, V.L. *et al.* Robust Food–Energy–Water–Environmental Security Management: Stochastic Quasigradient Procedure for Linkage of Distributed Optimization Models under Asymmetric Information and Uncertainty. *Cybern Syst Anal* **58**, 45–57 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00434-5> ;
13. Burakov, I.A., Burakov, A.Y., Nikitina, I.S., Verkhovsky, A.E., Ilyushin, A.S., Aladushkin, S.V.: Comparison contemporary methods of regeneration sodiumcationic filters. In: IOP Conf. Series: Jour. of Physics: Conf. Series, vol. 891, p. 012266 (2017). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/891/1/012266/pdf>;
14. Мещерова Е.А., Новоселова Ю.Н., Морева Ю.А.: Разработка способа умягчения водозабора в Магнитогорске. В: IOP Conf. Серия: Материаловедение и инженерия, вып. 262, с. 012089 (2017). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/262/1/012089/pdf> ;
15. Megrelishvili Z. Didmanidze I. Kachiani G. Nijaradze E. Mathematical Model for Regeneration and the Optimization of the Cation Exchanger. 9th INTERNATIONAL CONGRESS "MACHINES, TECHNOLOGIES, MATERIALS" 19 - 21.09.2012, Varna, Bulgaria, pp. 7-10

16. Megrelishvili Zurab. The determination of the height of the calculated single-layer during regeneration of the cation exchanger. In collection of international scientific papers: Ukraine – EU. Innovations in Education, Technology, Business and Law. Chernihiv; CNUT, 2018, –382 p. Slovak Republic – Czech Republic April 24-28, 2018, pp.147-149;

17. I.N. Bronshtein, K.A. Semendyayev, Gerhard Musiol, Heimer Muhlig, Handbook of Mathematics. 6th ed. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH&Cj.KG, 2015, 1207

Application of IT technologies in industrial water supply

Zurab Megrelishvili¹, Ibrahim Didmanidze¹, Davit Chkhubiani²

1-Batumi Shota Rustaveli State University, 2- Georgian Technical University

z.megrelishvili@inbox.ru, ibraim.didmanidze@bsu.edu.ge

Abstract

The development of the mathematical model of the regeneration process of the sodium-cationic plant and the package of computer programs for the calculation of the optimization of the technological parameters of the work are discussed. When creating a mathematical model of the process, the distribution of hardness ions according to the height of the filter load is taken into account. The user interface of the program is presented, and the purpose of the control buttons is described. The program package allows obtaining output data for any initial setting. It makes it possible to use it in the planning or reconstruction of new or existing softening facilities, in the scientific research of regeneration processes, in the educational process of higher educational institutions.

Key words: cationic filter, regeneration, optimization, software, software package

კოსმოსური აპარატის მოძრაობის მართვა ლიბრაციის კოლინარული წერტილის მიდამოში

ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ბესარიონ ციხელაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.khutsishvili@gtu.ge, t_khutsishvili@gtu.ge, b.tsikhelashvili@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ობიექტის მორძაობის მართვის პრაქტიკული მაგალითი კოსმოსური კვლევებიდან. კერძოდ, კოსმოსური ხომალდის მოძრაობის მართვის ამოცანა ლიბრაციის წერტილის მიდამოში. განხილულია ოპტიმალური მართვის ამოცანის გადაწყვეტა ე. ნეტერის თეორემის საშუალებით. ჰამილტონის სისტემებისათვის ე. ნეტერის თეორემის განზოგადება, რომელიც აკავშირებს სიმეტრიას და შენახვის კანონებს და იძლევა პრაქტიკულად ამოხსნას კოსმოსური აპარატის მოძრაობის მართვის ამოცანა. ნაშრომში მოყვანილია მათემატიკური განტოლებები, რომლებიც აკავშირებს ოპტიმალური მართვის ფუნქციებსა და შენახვის კანონებს. განხილულია მართვის პრობლემები შეზღუდვების გათვალისწინებით, როგორც მართვის ფუნქციაზე, ასევე ფაზურ კოორდინატებზე.

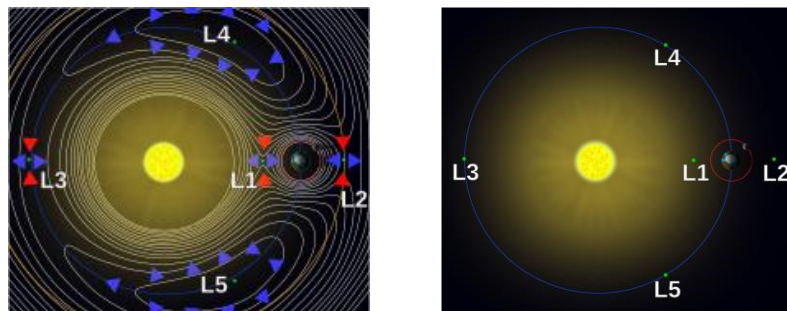
საკვანძო სიტყვები: კოსმოსური ხომალდი, ლიბრაცია, კოლინარული წერტილი, მართვა.

1. შესავალი

საინტერესო ბუნებრივი ეფექტის მქონე ლიბრაციის წერტილების გამოყენება ფართო სამეცნიერო ინტერესს იწვევს. ლიბრაციის წერტილები, ფარდობითი წონასწორობის წერტილებია, მცირე მასის ობიექტებისთვის ორი მასიური ორბიტული სხეულის გრავიტაციული გავლენის ქვეშ. Libratio (ლათ) - ნიშნავს ქანაობას, რხევას. ლიბრაციის წერტილი წარმოადგენს წერტილს, რომელშიც ციური სხეული, მოძრავი ორი სხვა მნიშვნელოვანი მასის სხეულის მიზიდულობის გავლენით, იმყოფება ამ ორი სხეულის მიმართ ფარდობითი წონასწორობის მდგომარეობაში. მაგალითად, მთვარის ლიბრაცია – მთვარის ქანქარისებური პერიოდული რხევები მისი მასათა ცენტრის მიმართ. შედეგად მთვარე დედამიწისაკენ მიმართულია არა მკაცრად ერთი მხრით, არამედ ბრუნავს გრძივად და განივად, პირდაპირი დაკვირვებისათვის ხელმისაწვდომია მთელი მთვარის ზედაპირის 0,59 ნაწილი. მთვარის ლიბრაციის მიზეზებია: მთვარის ფორმის განსხვავება მრგვალი ბურთისებური ფორმისაგან, მთვარის არათანაბარი მოძრაობა ორბიტაზე.

ლიბრაციის (ლაგრანჟის) წერტილი მდებარეობს მასიური სხეულების ორბიტების სიბრტყეში და აღნიშნება დიდი ლათინური ასო L-ით, რიცხვითი ინდექსით 1-დან 5-მდე. პირველი სამი წერტილი განლაგებულია წრფეზე, მათ ეწოდება კოლინარული და აღნიშნულია L1, L2 და L3. L4 და L5 წერტილებს უწოდებენ სამკუთხა ან ტროას. L1, L2, L3 წერტილები არასტაბილური წონასწორობის წერტილებია, ე.ი. ამ წერტილებში მდებარე ობიექტებმა შეიძლება დროთა განმავლობაში დატოვონ ისინი. L4 და L5 წერტილებში წონასწორობა ყველაზე სტაბილურია.

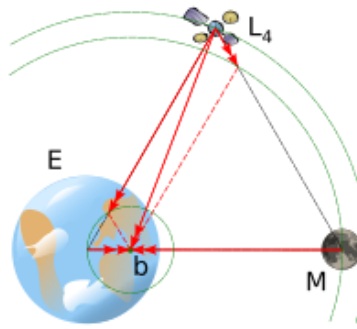
ლიბრაციის წერტილები (ლაგრანჟის წერტილები, ან L-წერტილები) ფართოდ გამოიყენება კაცობრიობის მიერ, მაგალითად, დედამიწა-მზის სისტემის L1 წერტილში, მოსახერხებელია კოსმოსური მზის ობსერვატორიის განთავსება, რადგან ის არასოდეს მოხვდება დედამიწის ჩრდილში, რაც ნიშნავს, რომ დაკვირვებები შეიძლება განხორციელდეს განუწყვეტლივ. წერტილი L2 შესაფერისია კოსმოსური ტელესკოპისთვის და ა.შ.



სურათი 2 ლიბრაციის წერტილები

2. ძირითადი ნაწილი

მრავალი მეცნიერის ნაშრომი უკავშირდება პლანეტარული დაცვის სისტემის შექმნის პრობლემას. კერძოდ, დედამიწის ასტეროიდისაგან დაცვის გლობალური სისტემის ბაზირება, განიხილავს მის განლაგებას კოსმოსურ სივრცეში ლიბრაციის წერტილის მიდამოში. დაცვის იდეა შემდეგში მდგომარეობს: კოსმოსური აპარატი, განლაგდება ლიბრაციის წერტილის მიდამოში და დიდი ხნის განმავლობაში ენერჯის ხარჯვის გარეშე შეუძლია დარჩეს ამ მიდამოში. მათემატიკურ ენაზე ლიბრაციის წერტილები წარმოადგენს, დედამიწისა და მთვარის მიზიდულობის ძალის გავლენით მოძრავი, კოსმოსური აპარატის მოძრაობის ამოცანის კერძო ამონახსნს.



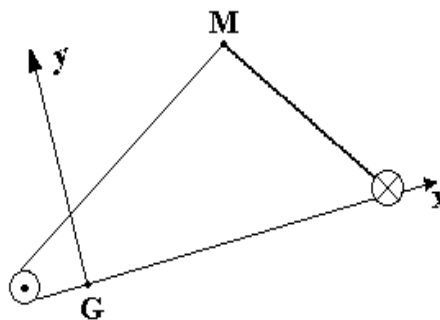
სურათი 3 დედამიწის და მთვარის სისტემა

კოსმოსური აპარატის მოთავსდება ლიბრაციის წერტილის მიდამოში მოსახერხებელია იმითაც, რომ განსაკუთრებული ენერგეტიკული ძალისხმევის გარეშე (მცირე წვის ძრავი, მზის იალქანი) შეიძლება გაყვანილი იქნას ჰელიო- ან გეოცენტრულ ორბიტაზე. ამასთან მოსახერხებელია კა მდგომარეობის შენარჩუნება ლიბრაციის წერტილის მიდამოში.

კოსმოსური აპარატის არამართვადი მოძრაობა აღიწერება სამი სხეულის ბრტყელი წრიული განტოლებებით მზის, დედამიწის და კოსმოსური აპარატებისათვის. მათი მასათა ცენტრი იმყოფება წონასწორობის მდგომარეობაში:

$$m_p x_p + m_d x_d = 0$$

მზე და დედამიწა მოძრაობენ მასათა G ცენტრის მიმართ წრეწირზე. კოსმოსური აპარატის M მასა მცირეა დედამიწის და მზის მასებთან შედარებით და ამიტომ არ ახდენს გავლენას მათ მოძრაობაზე. ჩვენ განვიხილავთ კოსმოსური აპარატის ბრტყელ მოძრაობას (ერთ სიბრტყეში მზესთან და დედამიწასთან).



სურათი 4 სქემა - დედამიწის და მზის სისტემა

აღვნიშნოთ, $x^1 = (x_1^1, x_2^1, 0)$ დედამიწის კოორდინატები, $x^2 = (x_1^2, x_2^2, 0)$ მზის კოორდინატები.

კოსმოსური აპარატის მოძრაობის განტოლება მოცემულია შემდეგი სახით:

$$\ddot{x} = -k^2 \left(\frac{m_1(x - x^1(t))}{\|x - x^1(t)\|^3} + \frac{m_2(x - x^2(t))}{\|x - x^2(t)\|^3} \right)$$

რადგანაც მზისა და დედამიწის მოძრაობა ხდება წრიულ ორბიტებზე, ამიტომ $\|x^1(t)\| = const = R_1$, $\|x^2(t)\| = const = R_2$. გარდა ამისა, $m_1 x^1 = -m_2 x^2$. ავირჩიოთ სიგრძის ერთეული ისე, რომ $R_1 + R_2 = 1$. მაშინ

$$R_2 = \mu, \quad R_1 = 1 - \mu, \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu}{1 - \mu}$$

დროის ერთეული ავირჩიოთ ისე, რომ წელი უტოლდებოდეს 2π . ერთეულების ასეთი შერჩევას კოფიციენტი გახდება ერთის ტოლი, ხოლო მზისა და დედამიწის მოძრაობა აღიწერება კოორდინატებით: $x_1^1 = (1 - \mu)\cos t$, $x_2^1 = (1 - \mu)\sin t$, $x_1^2 = -\mu\cos t$, $x_2^2 = -\mu\cos t$. მაშინ კოსმოსური აპარატის მოძრაობის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\ddot{x} = -k^2 \left(\frac{\mu(x - x^1(t))}{\|x - x^1(t)\|^3} + \frac{(1 - \mu)(x - x^2(t))}{\|x - x^2(t)\|^3} \right)$$

და თუ აღვნიშნავთ

$$U(x, t) = \frac{\mu}{\|x - x^1(t)\|} + \frac{1 - \mu}{\|x - x^2(t)\|},$$

კოსმოსური აპარატის მოძრაობის განტოლებაა

$$\ddot{x} = \frac{\partial U}{\partial x} \quad (1)$$

განტოლება შეიძლება დავიყვანოთ კანონიკურ ფორმაზე, თუ დავუშვებთ $y = \dot{x}$ და

$$H(x, y, t) = \frac{1}{2} \|y\|^2 - U(x, t)$$

განვიხილოთ კოსმოსური აპარატის მდგომარეობის შენარჩუნების ამოცანა ლიბრაციის წერტილის მიდამოში. შემოვიტანოთ მართვა $\alpha(t) = (\alpha_1(t), \alpha_2(t))$ ისეთი, რომ $\|\alpha(t)\| < \delta, \forall t$ და განვიხილოთ მართვადი კოსმოსური აპარატის მოძრაობა:

$$\ddot{x} = \frac{\partial U}{\partial x} + \alpha(t) \quad (2)$$

ეს განტოლებები ჰამილტონურია. ჰამილტონიანს ინერციულ კოორდინატთა სისტემაში აქვს სახე:

$$H(x, y, t, \alpha) = \frac{1}{2} \|y\|^2 - U(x, t) - \alpha(t), \quad (3)$$

პონტრიაგინის პრინციპის გამოყენებით მიღებულია მართვის ფუნქციები, რომლებიც მაქსიმუმს ანიჭებენ ჰამილტონიანს.

უნდა აღინიშნოს რომ მიღებული მართვის კანონები რთული ხასიათისაა, რომელთა განხორციელება ხშირ შემთხვევაში პრაქტიკულად შეუძლებელია. არაწრფივ ამოცანებში წარმოიშვება გარკვეული სიძნელებები. ამიტომ გამოვიყენოთ შედეგები, რომ ოპტიმალური მართვისას სამართლიანია შენახვის კანონები.

შენახვის კანონების ცოდნა არსებითად ამარტივებს მართვის მოცანას. მოიხსნება მოძრაობის განტოლების ამოხსნის შესაძლებლობა, რადგანაც სასარგებლო ინფორმაციას შეიცავს შენახვის კანონები. შენახვის კანონებს გააჩნია ღრმა ფიზიკური აზრი და შეიძლება გაზომილი იყოს უშუალოდ.

თუ გამოვიყენებთ პონტრიაგინის თეორემებს, უნდა ავიღოთ

$$H = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n a_k F_k(p, q)$$

ჰამილტონიანის მაქსიმუმი დროის მიხედვით (შეზღუდვებს მართვაზე არ ვითვალისწინებთ). ფუნქცია $F_k(p, q)$ განსაზღვრულია გამოსახულებით:

$$F_k(x, y) = y_k^2 + \sum_{j=1}^n \frac{(x_j y_k - x_k y_j)^2}{a_k - a_j}, \quad j \neq k \quad (4)$$

წარმოადგენენ სისტემის საძიებ ინტეგრალებს ჰამილტონიანისათვის

$$H = \frac{1}{2} \langle Aq, q \rangle + \frac{1}{2} (|q|^2 |p|^2 - \langle q, p \rangle^2) \quad (5)$$

მაშინ ჰამილტონიანი აღწევს მაქსიმუმს, ე.ი. $H = const$. სრულდება ენერჯის მუდმივობის კანონს, რაც გამომდინარეობს პირობიდან $[HF_k] = 0$ და (4) გამოსახულებიდან.

თუ ავიღებთ (3) განტოლების წარმოებულს x, y მიხედვით ადგილი ექნება იმპულსის შენახვას.

მეორე მეთოდი, რომელიც პონტრიაგინის პრინციპში გამოვიყენეთ ესაა ლაქსის მეთოდი. ლაქსის მეთოდი საშუალებას გვაძლევს წარმოვადგინოთ ჰამილტონის განტოლება ჰამილტონიანით $H = \frac{1}{2}(p^2 + g^2 q^{-2})$, ლაქსის შემდეგი განტოლებით

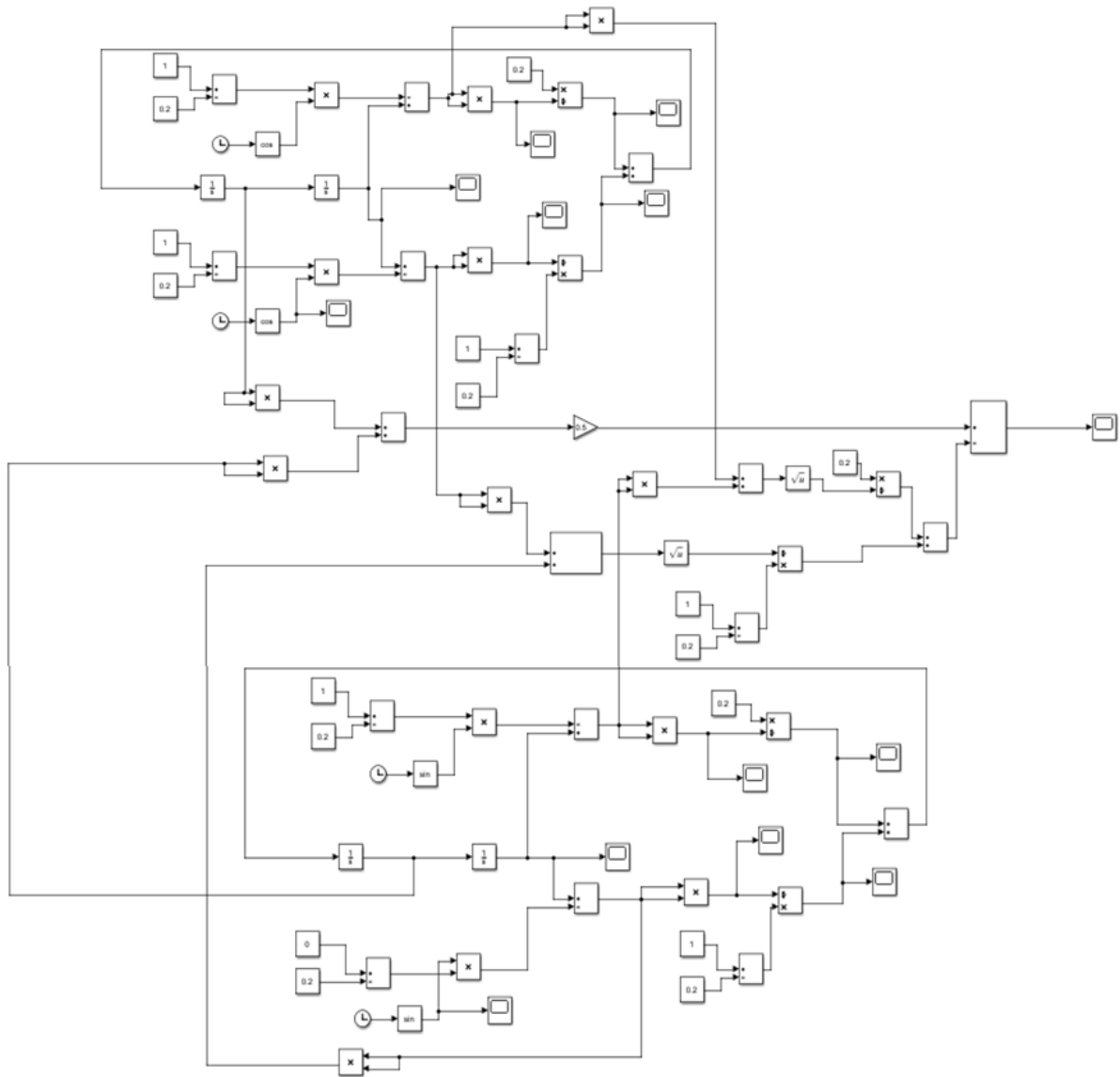
$$\dot{L} + i[M, L] = 0$$

სადაც

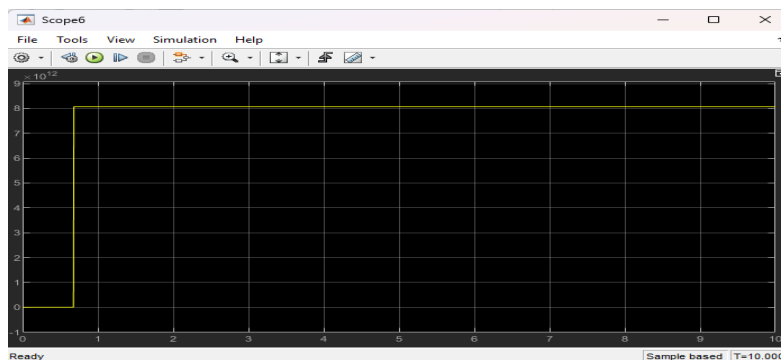
$$L = \begin{pmatrix} P & gq^{-1} \\ gq^{-1} & -p \end{pmatrix}, \quad M = i \begin{pmatrix} 0 & gq^{-2} \\ -gq^{-2} & 0 \end{pmatrix}.$$

ლაქსის მეთოდი საშუალებას იძლევა დავაკავშიროთ კორტევეგდე ფრიზის განტოლების შენახვის კანონები ოპტიმალურ მართვასთან. აგრეთვე იგი მოიძიებს ოპტიმალური მართვის ფუნქციას შეზღუდვების გათვალისწინებით.

ავაგოთ განხილული სისტემის მოდელი MATLAB –ის საშუალებით



სურათი 5 კოსმოსური ხომალდის მართვის სქემა
შევამოწმეთ მიღებული შედეგები



სურათი 5

3. დასკვნა

ოპტიმალური მართვის აუცილებელი პირობაა ჰამილტონიანის მატემატიკური ლოდინის მაქსიმიზაცია, რაც საშუალებას გვაძლევს დავაკავშიროთ ჰამილტონიანის მაქსიმიზაციის

პირობები სიმეტრიასთან და შენახვის კანონებთან. ჩატარებული სამუშაოდან შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა, თუ ვიცით სისტემის აღმწერი განტოლება, მისი სიმეტრიის ჯგუფი, ჰამილტონიანის მაქსიმიზაციის პირობა $x_\alpha H = 0$ შეიძლება დავუკავშიროთ შენახვის კანონებს.

ლიტერატურა:

1. Gugushvili A., Khutsishvili O., Sesadze V., Dalakishvili G., Mchedlishvili N., Khutsishvili T., Kekenadze V., Delfim F. M. Torees, Gugushvili M. Symmetries and Conservation Laws in Optimal Control Systems. M.C. Escher's "Symmetry Drawing E56". M.C. Escher Company – the Netherlands, 2011. pp -161.
2. Хуцишвили О. Г, Гугушвили А.Ш., Ахобадзе М.Н. и др. Принцип симметрии в идентификации нелинейных объектов управления. Грузинский технический университет. –Тбилиси, Изд-во Цисарткела, 1998г.- 272с.
3. Мозер Ю. Интегрируемые гамильтоновы системы и спектральная теория. –Ижевск.: Ижевская республиканская типография. 1999. –239с.
4. Lax P.D. Integrals of nonlinear equations of evolution and solitary waves. Comm. Pure Appl. Math. 1968. 21, 467-490p.

Controlling the spacecraft movement in the vicinity of the collinear point of libration

Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Besarion Tsikhelashvili
Georgian Technical University

o.khutsishvili@gtu.ge, t_khutsishvili@gtu.ge, b.tsikhelashvili@gmail.com

Abstract

The problems of controlling the spacecraft movement for keeping it in the vicinity of the libration point are described. Based on the Neter's theorem, mathematical equations linking the functions of optimum control and laws of presentation are suggested. The problems of control with consideration of the restrictions expanding to both the functions of control and phase coordinates are considered.

Keywords: spacecraft, movement, libration, collinear point, controlling.

A Smart Platform for Monitoring and Optimizing Carbon Footprints in Companies

Nona Otkhozoria, Irine Khomeriki, Taliko Zhvania
Georgian Technocal University
n.otkhozoria@gtu.ge, i.khomeriki@gtu.ge, talizhvania@gtu.ge

Abstract

As companies face mounting pressure to address climate change and comply with increasingly stringent environmental regulations, the need for efficient carbon footprint management has become essential. This paper introduces a smart platform designed to monitor and optimize carbon emissions in real-time, integrating Internet of Things (IoT) devices, cloud processing, artificial intelligence (AI), and enterprise resource planning (ERP) systems. The platform's multi-layered architecture enables continuous data collection, advanced analytics, and seamless integration with existing business operations. Key components include an IoT device network for data gathering, AI-driven analytics for emission reduction insights, and a user-friendly dashboard for real-time monitoring. The platform also features a carbon offset marketplace, allowing companies to invest in certified projects to balance emissions. By leveraging these technologies, the smart platform provides accurate, actionable data for regulatory compliance, process optimization, and enhanced corporate sustainability. The proposed system offers a comprehensive, adaptable solution for companies seeking to minimize their carbon footprint and strengthen their position in an environmentally conscious market.

Key Words: Carbon Footprints, Monitoring, Optimization

1. Introduction

With increasing attention on climate change and environmental responsibility, companies worldwide are striving to reduce their carbon footprint. Environmental regulations are becoming stricter, pushing companies to comply with standards and address demands from regulators and consumers. Traditional methods of calculating carbon footprints are often time-consuming and lack precision, making it challenging to respond quickly to legislative or market changes. Smart emission monitoring platforms offer accurate and adaptable solutions, enabling companies to improve both sustainability and competitiveness. This article presents a platform designed to not only monitor and reduce carbon footprints but also actively engage companies in sustainable practices.

2. Methodological Basis

This research is grounded in a systematic literature analysis of peer-reviewed articles published in Scopus, focusing on studies that address the integration of Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), enterprise resource planning (ERP) systems, and carbon footprint monitoring technologies in corporate sustainability practices. The review encompassed articles from fields including environmental informatics, industrial management, information technology, and environmental science, to provide a multidisciplinary foundation for the proposed platform.

The literature reveals that AI algorithms are pivotal in analyzing vast datasets, detecting patterns, and forecasting future emissions trends. For instance, Zhao and Hong (2022) discuss how machine learning models are applied to optimize carbon footprints by identifying high-impact areas and recommending efficiency improvements. Scopus-indexed studies in this area validate AI's potential for predictive analytics, which empowers companies to develop strategies for emissions reduction based on historical data and projected trends. This insight is central to the functionality of the AI analysis module within the smart platform proposed in this research.

The integration of ERP systems with sustainability monitoring platforms is another key area of study. Research by Oliveira and Martins (2019) demonstrates how ERP systems provide a unified data source that can bridge sustainability efforts with core business functions, such as logistics, supply chain management, and production. Articles in Scopus emphasize ERP's critical role in consolidating and contextualizing data, which

allows companies to align carbon management efforts with operational and financial processes. This integration enhances data accuracy and traceability, supporting more reliable sustainability reporting and decision-making.

The articles reviewed were selected based on relevance to core themes of IoT, AI, ERP integration, carbon management, and cybersecurity in sustainable business practices. Searches were conducted using key terms such as "carbon footprint monitoring," "IoT in environmental monitoring," "AI in sustainability," and "ERP integration for carbon management," filtering for articles from the last five years to capture the latest advancements in the field. The systematic analysis of these articles provided insights into the design of an integrated smart platform and identified best practices, technological considerations, and potential challenges in implementing such a solution.

By synthesizing findings from Scopus-indexed literature, this research establishes a robust methodological foundation grounded in interdisciplinary studies. The insights gained from these articles inform the design and functionality of the proposed platform, supportin

3. Main Section

Figure 1 illustrates the architecture of a smart platform that integrates IoT and ERP systems for monitoring and optimizing corporate carbon emissions.

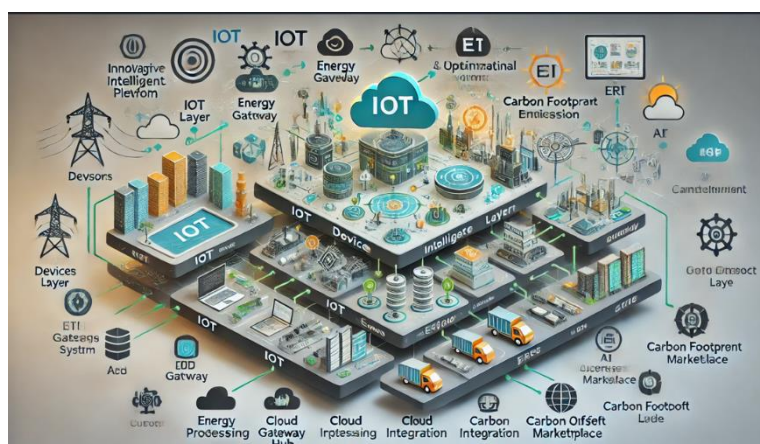


Figure 1: Architecture Diagram of the Intelligent Platform

The diagram depicts the data flow from IoT devices through a cloud hub to the end user, highlighting key components such as AI analytics, ERP integration, user interfaces, and the carbon credit marketplace.

The platform's architecture comprises the following layers:

- 1) **IoT Device Layer** – This layer collects data continuously from sensors and IoT devices across the company's facilities. Data may include energy usage, transportation efficiency, and air quality metrics;
- 2) **IoT Gateway Layer** – This layer aggregates data from various IoT devices, consolidating it into a central stream. The gateway performs pre-processing tasks like filtering, compression, and formatting, ensuring efficient transmission to the cloud and minimizing latency;
- 3) **Cloud Data Processing Hub** – This hub provides scalable storage for large data volumes over time, handling both structured and unstructured data. The hub also processes data in real time, performing tasks like cleaning, normalization, and integration. Security and regulatory compliance are ensured with features such as encryption, access control, and threat detection;
- 4) **AI Analytics Module** – Using AI and machine learning algorithms, this module analyzes real-time data to identify patterns in energy use, transportation efficiency, and other activities impacting the carbon footprint. The module calculates carbon emissions, identifies carbon-intensive activities, and suggests mitigation strategies. It also generates emission forecasts based on historical data, helping companies predict their carbon footprint and take proactive steps;

5) **ERP Integration Layer** – This layer synchronizes the platform with the company's existing ERP systems, integrating data from operational, logistics, and supply chain sources. By linking carbon emissions to specific business processes, this layer enables more accurate, operation-level analysis of the carbon footprint;

6) **User Interface Layer** – This layer provides a centralized dashboard that displays real-time emissions data, trends, forecasts, and areas needing attention. Mobile apps grant stakeholders access from any location, enabling continuous monitoring. Reporting features facilitate sharing sustainability progress with stakeholders, including investors, consumers, and regulators;

7) **Carbon Offset Marketplace** – Based on real-time emission data, the platform can suggest carbon offset options tailored to a company's current footprint. Companies can invest in certified carbon offset projects like reforestation or renewable energy initiatives to balance their emissions;

8) **Cybersecurity Layer** – Threat detection and response systems monitor for anomalies or potential breaches, ensuring data integrity and regulatory compliance. Data transmission is encrypted to prevent unauthorized access, and role-based access control limits data access to authorized personnel only, safeguarding sensitive information.

The primary benefits of the smart platform include:

- **Regulatory Compliance** – The platform provides real-time, accurate data for compliance with international standards like the Global Reporting Initiative (GRI) and the Greenhouse Gas Protocol;
- **Operational Optimization** – Optimizing processes not only reduces emissions but also lowers energy and material costs;
- **Enhanced Corporate Image** – Implementing this smart platform strengthens a company's reputation, attracting environmentally conscious customers and investors;
- **Predictive Capabilities** – Leveraging AI, the platform can predict emission trends based on historical data, helping companies develop long-term strategies for carbon reduction and market adaptability.

4. Conclusion

A smart platform for carbon footprint monitoring and optimization enables companies to meet environmental goals and improve operational efficiency. This comprehensive system provides critical insights, ensures compliance, and supports cost optimization. In the face of the global climate crisis, such technologies are becoming essential for sustainable corporate development.

References:

1. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 14064-1: Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. Geneva: ISO.
2. Oliveira, T., & Martins, M. (2019). "Integrating Enterprise Resource Planning and Environmental Management for Corporate Sustainability." *Journal of Environmental Management*, 236, 102-111. doi:10.1016/j.jenvman.2019.01.093
3. Zhao, R., & Hong, X. (2022). "AI-Driven Optimization of Carbon Footprint Management in Manufacturing Industries." *Applied Artificial Intelligence*, 36(8), 795-813. doi:10.1080/08839514.2022.2027589
4. Mosashvili Ilia, and Otkhozoria Nona. 2023. "Using RFID for Effective Digital Enterprise Management". *Georgian Scientists* 5 (4):297-301. <https://doi.org/10.52340/g.s.2023.05.04.27>.

კომპანიებში ნახშირბადის კვალის მონიტორინგისა და ოპტიმიზაციის ჭკვიანი პლატფორმა

ნონა ოთხოზორია, ირინე ხომერიკი, თალიკო ჟვანია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.otkhozoria@gtu.ge, i.khomeriki@gtu.ge, talizhvania@gtu.ge

აბსტრაქტი

რადგან კომპანიები აწყდებიან მზარდ ზეწოლას კლიმატის ცვლილების საკითხის გადასაჭრელად და სულ უფრო მკაცრი გარემოსდაცვითი რეგულაციების დასაკმაყოფილებლად, ნახშირბადის კვალის ეფექტური მართვა აუცილებელი გახდა. ეს ნაშრომი წარმოგვიდგენს ჭკვიან პლატფორმას, რომელიც შექმნილია ნახშირბადის ემისიების რეალურ დროში მონიტორინგისა და ოპტიმიზაციისთვის, აერთიანებს რა ნივთების ინტერნეტის (IoT) მოწყობილობებს, ღრუბლოვანი დამუშავებას, ხელოვნურ ინტელექტს (AI) და საწარმოს რესურსების დაგეგმვის (ERP) სისტემებს. პლატფორმის მრავალშრიანი არქიტექტურა უზრუნველყოფს უწყვეტ მონაცემთა შეგროვებას, მოწინავე ანალიტიკას და უპრობლემო ინტეგრაციას არსებულ ბიზნეს ოპერაციებთან. ძირითადი კომპონენტები მოიცავს IoT მოწყობილობების ქსელს მონაცემთა შეგროვებისთვის, AI-ზე დაფუძნებულ ანალიტიკას ემისიების შემცირების შესახებ ჩასწვდომისთვის და მომხმარებლისთვის მარტივ საინფორმაციო პანელს რეალურ დროში მონიტორინგისთვის. პლატფორმა ასევე მოიცავს ნახშირბადის ოფსეტის ბაზარს, რაც კომპანიებს საშუალებას აძლევს განახორციელონ ინვესტიციები სერტიფიცირებულ პროექტებში ემისიების დასაბალანსებლად. ამ ტექნოლოგიების გამოყენებით, ჭკვიანი პლატფორმა უზრუნველყოფს ზუსტ, ქმედით მონაცემებს მარეგულირებელი შესაბამისობისთვის, პროცესების ოპტიმიზაციისთვის და გაუმჯობესებული კორპორატიული მდგრადობისთვის. შემოთავაზებული სისტემა წარმოადგენს ყოვლისმომცველ, ადაპტირებად გადაწყვეტას კომპანიებისთვის, რომლებიც ცდილობენ მინიმუმამდე დაიყვანონ თავიანთი ნახშირბადის კვალი და გააძლიერონ თავიანთი პოზიცია გარემოსდაცვით ცნობიერ ბაზარზე.

საკვანძო სიტყვები: ნახშირბადის კვალი, მონიტორინგი, ოპტიმიზაცია

Ensuring Accuracy and Safety: Quality Assurance in Nuclear Medicine

Nino Esvanjia, Irina Gotsiridze, Ana Pitskhelauri

Georgian Technical University

esvanjia@gmail.com, i.gotsiridze@gtu.ge, apitskhelauri@gmail.com

Abstract

In nuclear medicine, quality assurance (QA) programs are essential to maintain diagnostic precision, therapeutic efficacy, and radiation safety for patients and healthcare personnel. This paper examines the core components of a comprehensive QA program, focusing on equipment calibration, radiopharmaceutical quality control, radiation safety measures, regulatory compliance, and data management. As the field advances, the need for adaptive QA protocols grows to minimize risks associated with radiation exposure and to uphold stringent regulatory standards. Challenges within QA frameworks, including resource limitations, rapid technological changes, and staff training demands, are addressed. The paper also explores how emerging technologies such as artificial intelligence (AI) can transform QA practices, making them more predictive and personalized. By adhering to established QA principles and integrating innovative solutions, nuclear medicine professionals can enhance patient outcomes and ensure a safe, compliant practice environment.

Keywords: Nuclear Medicine, Quality Assurance, Quality Control, Radiation Safety, Radiopharmaceuticals, Equipment Calibration, Regulatory Compliance, Diagnostic Accuracy, Artificial Intelligence.

1. Introduction

Nuclear medicine combines advanced imaging technologies with the therapeutic use of radiopharmaceuticals, making it invaluable in diagnosing and treating conditions like cancer, cardiovascular disease, and neurological disorders. This field requires an unwavering commitment to diagnostic accuracy and patient safety. Quality assurance (QA) protocols are crucial in nuclear medicine, setting rigorous standards to safeguard patients and healthcare personnel from unnecessary radiation exposure and to ensure that diagnostic tools and procedures function optimally.

The scope of QA in nuclear medicine is extensive. It encompasses routine equipment calibration, systematic quality control of radiopharmaceuticals, and stringent safety protocols that protect staff and patients from radiation hazards. QA programs must align with national and international standards, such as those set by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the European Association of Nuclear Medicine (EANM), ensuring compliance and fostering public trust. However, the evolving technological landscape introduces new challenges and opportunities. As nuclear medicine advances, QA protocols must adapt, integrating technologies like artificial intelligence (AI) and machine learning to support predictive maintenance and dose optimization.

This paper delves into the essential components of QA in nuclear medicine, exploring how robust QA practices maintain high standards of accuracy and safety. The discussion will address challenges in QA implementation and explore future directions, emphasizing the need for continuous development to support the field's dynamic nature.

2. Key Goals and Components of Quality Assurance in Nuclear Medicine

1) Goals of QA: Accuracy, Safety, and Compliance The fundamental goals of QA in nuclear medicine revolve around accuracy, safety, and compliance. *Accuracy* is paramount for both diagnosis and treatment, requiring reliable imaging and precise dosimetry. Missteps in these areas can lead to misdiagnosis, treatment errors, or even patient harm. Accuracy is achieved through meticulous equipment calibration, strict quality control of radiopharmaceuticals, and comprehensive training for personnel.

Safety is equally critical, given the radioactive materials used in nuclear medicine. QA programs aim to minimize radiation exposure for both patients and healthcare staff, implementing ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principles to ensure safety without compromising diagnostic or therapeutic efficacy. *Compliance* involves adhering to legal and regulatory standards, including those outlined by the IAEA and other regulatory bodies. Compliance is essential for maintaining institutional accreditation and public trust, requiring regular audits, documentation, and continuous education for staff.

2. Core Components of a QA Program

A well-structured QA program in nuclear medicine consists of multiple components:

- **Equipment Performance and Calibration:** Routine calibration is essential for imaging equipment, such as PET and SPECT scanners. Calibration and performance checks, typically conducted quarterly or biannually, ensure imaging accuracy and consistency over time. This process minimizes the risk of drift in image quality, which could lead to diagnostic errors. Advanced diagnostic facilities often adopt automated calibration systems, further enhancing consistency and accuracy.

- **Radiopharmaceutical Quality Control:** QA in radiopharmaceuticals focuses on maintaining standards of purity, concentration, and stability. Since radiopharmaceuticals are sensitive to decay and contamination, rigorous storage, handling, and preparation protocols are implemented. For example, sterility and purity tests confirm that the radiopharmaceutical meets safety standards, reducing the risk of adverse effects and incorrect dosages. The timing of administration is also critical, as delays could lead to inaccurate imaging results.

- **Radiation Safety Protocols:** Radiation safety measures are central to QA in nuclear medicine. Staff members typically wear dosimeters to monitor personal exposure levels, with lead shields, aprons, and distance protocols protecting against excess exposure. Patient safety is also prioritized through dose calculation protocols tailored to each individual, optimizing the balance between diagnostic clarity and radiation safety. Protective measures also extend to the design of nuclear medicine facilities, with shielding and ventilation systems reducing environmental exposure risks.

- **Data Management and Record-Keeping:** Accurate and accessible records are vital for effective QA. Documentation of calibration logs, maintenance records, incident reports, and staff training sessions supports

accountability, regulatory compliance, and continuity in care. In cases of equipment failure or deviation, documented histories aid in identifying and addressing root causes. Records also enable long-term trend analysis, facilitating improvements in QA practices.

3. Practical Challenges in QA Implementation

The implementation of QA protocols in nuclear medicine is not without challenges. Budget constraints often limit access to the latest technology and specialized training, potentially impacting QA efforts. Staffing shortages and resource limitations can delay equipment maintenance, extend training gaps, and limit the scope of regular QA checks. Additionally, the rapid pace of technological innovation requires continuous adaptation and learning to integrate new diagnostic tools and methodologies into existing QA frameworks.

Technological advances also present a double-edged sword; while they improve diagnostic capabilities, they require frequent updates to QA protocols. New equipment often demands additional training, calibration standards, and familiarity with software interfaces. Furthermore, as AI and machine learning emerge in QA, nuclear medicine professionals must adapt to AI-driven diagnostic support, requiring updated skills to operate and interpret AI-based recommendations.

Training and Awareness are fundamental to the success of QA programs. Without continuous training, staff may become unaware of updated safety measures, leading to unintentional non-compliance. Workshops, simulations, and annual training programs are recommended to reinforce current standards and educate staff on technological advancements.

4. Quality Control of Nuclear Medicine Equipment

Quality Control (QC) in nuclear medicine is essential for ensuring that diagnostic equipment operates reliably, producing consistent and accurate results. Regular QC tests are performed to evaluate the performance of nuclear medicine equipment and to detect any changes or potential issues before they impact patient care. Establishing baseline or reference values during an initial Acceptance Test is crucial, as these values serve as a benchmark against which future QC test results are compared.

1) Acceptance Testing and Reference Values

The **Acceptance Test** is the first QC step, performed upon installation of new equipment or after significant repairs. During this test, the equipment is assessed to ensure that it meets the manufacturer's specifications and the required clinical performance standards. The results from this test establish **reference values** for key parameters, such as spatial resolution, uniformity, and sensitivity. These values are essential because they serve as a baseline, allowing any future variations in performance to be detected. Routine QC tests will later be compared to these reference values, enabling early identification of potential degradation or drift in equipment performance.

2) Constancy Tests

Constancy tests are regularly scheduled evaluations intended to monitor the stability and consistency of the equipment over time. These tests compare current performance against the reference values obtained during the acceptance test. Constancy tests are essential because they help detect gradual changes or wear in the equipment that might compromise image quality or lead to inaccurate dosimetry.

3) Daily Tests

Daily QC tests are quick, routine checks performed at the beginning of each day to ensure that the equipment is in working order before patient use. In nuclear medicine, these often include:

- **Energy peaking:** Ensures the system is properly calibrated for the energy spectrum of the isotopes in use, such as technetium-99m.
- **Uniformity checks:** Using a flood source or a uniformity phantom, these tests detect non-uniformities in image quality that might indicate issues with detectors.
- **Background counts:** Verify that the system detects low or negligible counts in the absence of a source, ruling out interference or contamination.

Daily tests are crucial as they provide a quick confirmation of equipment readiness, identifying potential issues that could otherwise affect multiple patients throughout the day.

4) Weekly Tests

Weekly QC tests delve deeper into equipment performance, assessing parameters that are less likely to fluctuate daily but still require regular monitoring. Common weekly tests include:

- **Spatial resolution checks:** Using a resolution phantom to verify that the system can distinguish small objects, ensuring that image quality remains high.

- **Center of rotation (COR) check:** For SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) systems, this test ensures that the image remains aligned as the detectors rotate around the patient, which is critical for accurate 3D reconstruction.

Weekly tests offer an additional layer of oversight and can identify trends or subtle shifts in equipment performance that may not be apparent from daily tests alone.

5) Quarterly Tests

Quarterly QC tests are more comprehensive evaluations of equipment performance, examining aspects that may change over a longer timeframe. Quarterly tests may include:

- **Sensitivity calibration:** Ensures the equipment accurately detects the radioactivity of a known source, important for correct dosage and quantitative imaging.

- **Detector performance checks:** Assess the individual detector elements, verifying that each is operating within specified limits.

- **Phantom testing for SPECT and PET:** Using specific phantoms designed to evaluate contrast, resolution, and quantification accuracy in 3D imaging.

These quarterly tests provide a periodic assessment that complements daily and weekly checks, ensuring that equipment performance remains consistent and reliable.

6) Yearly Tests

Annual QC tests are the most exhaustive assessments, typically covering every aspect of equipment performance. Annual testing might be performed by a qualified medical physicist or an engineer, depending on the complexity. Common yearly tests include:

- **Comprehensive system calibration:** Re-calibration of equipment to verify all settings and parameters against manufacturer and clinical standards.

- **Detector efficiency evaluation:** Ensuring the detectors maintain optimal performance for sensitivity and resolution.

- **Dosimetry checks:** Verifying that the system accurately measures and delivers radiation doses, critical for both patient safety and therapeutic efficacy.

Annual tests also involve a thorough review of all previous QC results, allowing for an assessment of long-term trends in equipment performance. Based on these results, preventive maintenance or replacement of parts may be recommended.

Importance of QC Testing Frequency

Routine QC testing of nuclear medicine equipment at daily, weekly, quarterly, and annual intervals is essential to maintaining the accuracy and safety of nuclear medicine procedures. Each testing frequency serves a specific purpose:

- **Daily and weekly tests** provide immediate assurance of equipment functionality, identifying issues that could impact patient care on a short-term basis.
- **Quarterly and annual tests** offer deeper insights into system performance over time, helping to ensure that equipment continues to meet clinical and regulatory standards in the long term.

5. Future Directions in Quality Assurance for Nuclear Medicine

As technology advances, the future of QA in nuclear medicine lies in automation, predictive analytics, and artificial intelligence. AI applications in QA are transformative, allowing for predictive maintenance, real-time monitoring, and dose optimization. For instance, machine learning models can predict equipment degradation based on historical data, alerting technicians before performance issues arise. AI also enhances dose administration protocols, supporting personalized radiopharmaceutical dosages and reducing unnecessary radiation exposure.

Emerging technologies also offer potential for greater regulatory compliance through automated record-keeping and reporting. Digital record systems facilitate comprehensive, easily accessible documentation, streamlining internal audits and ensuring regulatory readiness.

6. Conclusion

Quality assurance in nuclear medicine is foundational for safe, accurate, and effective patient care. A robust QA program addresses every aspect of the practice, from equipment calibration to radiation safety and regulatory compliance. Despite challenges, including resource constraints and rapid technological change, QA protocols continue to evolve, driven by the commitment to high standards and patient safety. The integration of AI and predictive analytics heralds a

new era for QA, offering opportunities for improved accuracy and efficiency. As nuclear medicine progresses, adhering to QA principles and embracing innovation will support a safer, more reliable practice environment.

References:

1. Quality Assurance for PET and PET/CT Systems. IAEA Human Health Series No. 1.
2. Quality Assurance for SPECT Systems. IAEA Human Health Series No. 6
3. QUANTITATIVE NUCLEAR MEDICINE IMAGING: CONCEPTS, REQUIREMENTS AND METHODS. IAEA Human Health Series No 9
4. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation IAEA Safety Standards Series No. SSG-46

სიზუსტისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა: ხარისხის უზრუნველყოფა ბირთვულ მედიცინაში

ნინო ესვანჯია, ირინა გოცირიძე, ანა ფიცხელაური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

ბირთვულ მედიცინაში ხარისხის უზრუნველყოფის (QA) პროგრამები აუცილებელია დიაგნოსტიკური სიზუსტის, თერაპიული ეფექტურობისა და რადიაციული უსაფრთხოების შესანარჩუნებლად პაციენტებისა და სამედიცინო პერსონალისთვის. ეს ნაშრომი განიხილავს ყოვლისმომცველი QA პროგრამის ძირითად კომპონენტებს, ფოკუსირებულს აპარატურის კალიბრაციაზე, რადიოფარმპრეპარატების ხარისხის კონტროლზე, რადიაციული უსაფრთხოების ზომებზე, მარეგულირებელ შესაბამისობასა და მონაცემთა მართვაზე. დარგის განვითარებასთან ერთად, იზრდება ადაპტური QA პროტოკოლების საჭიროება რადიაციულ ზემოქმედებასთან დაკავშირებული რისკების მინიმიზაციისა და მკაცრი მარეგულირებელი სტანდარტების დაცვისთვის. განხილულია QA ჩარჩოებში არსებული გამოწვევები, მათ შორის რესურსების შეზღუდვები, სწრაფი ტექნოლოგიური ცვლილებები და პერსონალის ტრენინგის მოთხოვნები. ნაშრომი ასევე იკვლევს, თუ როგორ შეუძლია ისეთ ახალ ტექნოლოგიებს, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი (AI), გარდაქმნას QA პრაქტიკა, გახადოს ის უფრო პროგნოზირებადი და პერსონალიზებული. დამკვიდრებული QA პრინციპების დაცვითა და ინოვაციური გადაწყვეტილებების ინტეგრირებით, ბირთვული მედიცინის პროფესიონალებს შეუძლიათ გააუმჯობესონ პაციენტთა გამოსავალი და უზრუნველყონ უსაფრთხო, შესაბამისობაში მყოფი პრაქტიკული გარემო.

საკვანძო სიტყვები: ბირთვული მედიცინა, ხარისხის უზრუნველყოფა, ხარისხის კონტროლი, რადიაციული უსაფრთხოება, რადიოფარმპრეპარატები, აპარატურის კალიბრაცია, მარეგულირებელი შესაბამისობა, დიაგნოსტიკური სიზუსტე, ხელოვნური ინტელექტი.

CopyRetryClaude does not have internet access. Links provided may not be accurate or up to date.

BGP პროტოკოლის პრობლემები და მისი გადაჭრა რეკურენტული ნეირონული ქსელების საშუალებით

გურამ აჭარაძე, ივანე მაკასარაშვილი, გიორგი კირცხალია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.acharadze@gtu.ge, z.kiknadze@gtu.ge, g.kirtskalia@gtu.ge

აბსტრაქტი. Border Gateway Protocol (BGP) წარმოადგენს მნიშვნელოვან პროტოკოლს ინტერნეტის მარშრუტიზაციის სისტემაში. იგი გამოიყენება ავტონომიურ სისტემებს (AS) შორის მარშრუტიზაციის მონაცემების გაცვლისთვის და უზრუნველყოფს გლობალური მარშრუტიზაციის სისტემის ფუნქციონირებას. BGP-ის საშუალებით ხდება მარშრუტიზაციის ინფორმაციის გაზიარება მეზობელ მარშრუტიზატორებს შორის.

სტატიაში განხილულია BGP პროტოკოლის ძირითადი გამოწვევების შესახებ და შემოთავაზებულია მისი გადაჭრის მეთოდები ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით. განხილულია რეკურენტული ნეირონული ქსელების (RNN) გამოყენების საკითხი BGP მარშრუტიზაციის პროგნოზირებაში. კვლევაში წარმოდგენილია RNN არქიტექტურის დიზაინი, მისი იმპლემენტაცია და შეფასება BGP მარშრუტიზაციის კონტექსტში.

საკვანძო სიტყვები: BGP პროტოკოლი, რეკურენტული ნეირონული ქსელი

1. შესავალი

Border Gateway Protocol (BGP) წარმოადგენს ინტერნეტში მარშრუტიზაციის პროტოკოლს, რომელიც უზრუნველყოფს ავტონომიურ სისტემებს (AS) შორის მარშრუტიზაციის მონაცემების გაცვლას და სხვადასხვა ქსელს შორის ინფორმაციის სწორად გადაცემას. მისი ამოცანაა, უზრუნველყოს სხვადასხვა ავტონომიურ სისტემებს შორის მარშრუტიზაციის არჩევა და მათთან დაკავშირებული ინფორმაციის გაცვლა. იგი შეისწავლის და განიხილავს სხვადასხვა გზებს (მარშრუტებს), რომელსაც თითოეული ავტონომიური სისტემა უზრუნველყოფს და აცნობს მეზობელ სისტემებს. არ ეფუძნება მხოლოდ ქსელების თუ IP მისამართების ინფორმაციას, არამედ ასევე იმ პოლიტიკებს, რომელიც გავლენას ახდენს მარშრუტიზაციის არჩევაზე. მაგალითად, როგორცაა პრეფიქსის სიგრძე, და სხვა კრიტერიუმები.

BGP უზრუნველყოფს მარშრუტიზაციის არჩევას არა მხოლოდ "დაფუძნებით", არამედ სხვა კრიტერიუმების მიხედვითაც, როგორცაა უსაფრთხოება, მარშრუტიზაციის საიმედოობა და სხვ. პროტოკოლი ასევე მეზობელ მარშრუტიზატორებს შორის ცვლის ინფორმაციას მარშრუტიზაციაზე, ეს კი ნიშნავს, რომ ნებისმიერი ცვლილება, რომელიც მოხდა ერთ-ერთ ქსელში, გავრცელდება სხვა ქსელებშიც, რათა სხვა სისტემებმა გაიგონ ახალი მარშრუტიზაციის შესახებ.

2. ძირითადი ნაწილი

BGP პროტოკოლს აქვს მთელი რიგი პრობლემა, რომლებიც საჭიროებს თანამედროვე გადაწყვეტას. ასეთი პრობლემებია:

მარშრუტიზაციის არასტაბილურობა

BGP შეიძლება განიცდიდეს არასტაბილურობას მარშრუტიზაციის ცხრილებში ქსელის ტოპოლოგიის ცვლილებების, პოლიტიკის განახლებების ან თუნდაც არასწორი კონფიგურაციის გამო. ამ არასტაბილურობამ შეიძლება გამოიწვიოს არაოპტიმალური მარშრუტიზაციის გზები და შეყოვნების გაზრდა. ხშირმა განახლებამ შეიძლება გადატვირთოს მარშრუტიზატორები, რამაც გამოიწვიოს ზედმეტი დატვირთვა და სერვისის გაუარესება

კონვერგენცია

BGP კონვერგენცია არის დრო, რომელიც სჭირდება ქსელის ყველა მარშრუტიზატორს, რათა შეთანხმდნენ ტოპოლოგიის ცვლილების შემდეგ საუკეთესო მარშრუტიზე. ნელმა კონვერგენციამ

შეიძლება გამოიწვიოს დროებითი მარყუქები, პაკეტების დაკარგვა და გაზრდილი შეყოვნება, ეს კი უარყოფითად აისახება ქსელის მუშაობაზე.

უსაფრთხოების ხარვეზები

BGP მგრძობიარეა სხვადასხვა შეტევების მიმართ, როგორცაა პრეფიქსის გატაცება და მარშრუტის გაჟონვა. ამ პრობლემებს შეუძლიათ გადამისამართონ ტრაფიკი, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მონაცემთა დარღვევა, სერვისზე უარის თქმა და ფინანსური ზარალიც კი. უსაფრთხოების ტრადიციული ზომები ხშირად ვერ ერგება ამ დინამიკურ საფრთხეებს.

BGP მარშრუტების პროგნოზირება რთულ ამოცანას წარმოადგენს, რადგან მარშრუტებს აქვთ დინამიკური ბუნება, ადგილი აქვს მრავალი ცვლადის გავლენას, კომპლექსური დროითი დამოკიდებულებები, მაღალი განზომილების მონაცემები და სხვა.

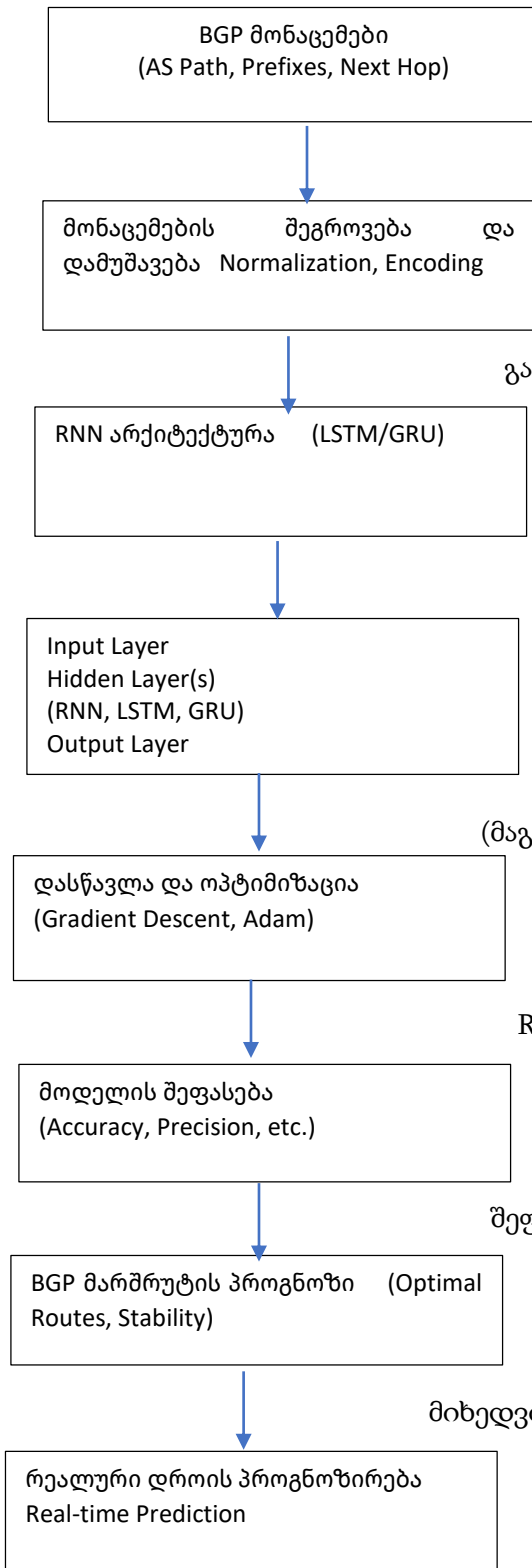
ამ პრობლემების გადაჭრისთვის განსაკუთრებით ეფექტურია რეკურენტული ნეირონული ქსელების გამოყენება, რადგან მათი საშუალებით შესაძლებელია დროითი თანმიმდევრობების დამუშავება, კონტექსტურ ინფორმაციას შემუშავება მათი საშუალებით შესაძლებელია გრძელვადიანი დამოკიდებულებების დასწავლა და ადაპტირება ცვალებად პირობებთან.

რეკურენტული ნეირონული ქსელები (RNNs) არის ნეირონული ქსელების ტიპი, რომლებიც შექმნილია მონაცემთა დროითი ან წყობითი შაბლონების ამოცნობისთვის. ტრადიციული ნეირონული ქსელებისგან განსხვავებით, RNN-ებს აქვთ სპეციალური მეხსიერების კომპონენტები, რომლებიც მათ საშუალებას აძლევს შეინარჩუნონ წინა შეყვანის შესახებ ინფორმაცია და გაატარონ ის მიმდინარე დროსთან მიმართებაში. ეს მახასიათებელი RNN-ებს საშუალებას აძლევს ეფექტურად იმუშაონ სერიების ან ხანგრძლივად დინამიკურად მქონე მონაცემებთან, როგორცაა ტექსტი, ხმა ან დროითი მონაცემები.

სტატიაში შემოთავაზებულია რეკურენტული ნეირონული ქსელების (RNNs) არქიტექტურა რომელიც სპეციალურადაა შერჩეული BGP მარშრუტების პროგნოზირებისთვის, ანუ მისი საშუალებით შესაძლებელია მარშრუტების წინასწარი გათვლა და ოპტიმიზება. RNN-ების გამოყენებით შესაძლებელია გაანალიზდეს BGP-ის მარშრუტიზაციის მონაცემების დროითი დამოკიდებულებები და პოტენციურად გააუმჯობესდეს ქსელის ეფექტურობა

სტატიაში შემოთავაზებულია რეკურენტული ნეირონული ქსელების არქიტექტურა გულისხმობს ნეირონული ქსელის დიზაინსა და იმპლემენტაციას, რომელიც სპეციალურად შეირჩევა BGP მარშრუტების პროგნოზირებისთვის, ანუ რითაც შესაძლებელია მარშრუტების წინასწარი გათვლა და ოპტიმიზაცია. RNN-ების გამოყენება საშუალებას იძლევა გაანალიზდეს BGP-ის მარშრუტიზაციის მონაცემების დროითი დამოკიდებულებები და პოტენციურად გააუმჯობესდეს ქსელის ეფექტურობა.

ნეირონული ქსელის არქიტექტურა შედგება შემდეგი კომპონენტებისგან:



სადაც, **BGP მონაცემები** - იგულისხმება სხვადასხვა მარშრუტების მონაცემები, როგორცაა AS (Autonomous System) გზები, IP Prefixes, მარშრუტის პარამეტრები (მაგალითად, AS Path, Next Hop, Local Preference და ა.შ.).

მონაცემების დამუშავება იგულისხმება რომ მონაცემები გადამუშავდება (Normalization, Encoding), RNN არქიტექტურაზე. უნდა მოხდეს BGP მონაცემების ნორმალიზება, რომ RNN-მა შეძლოს მათ სწორად ანალიზი. მაგალითად, IP Prefixes და AS Paths შეიძლება გადაიყვანოს ერთ-ერთ ფორმატში, რომელიც საფუძველს წარმოადგენს ქსელის დასწავლის პროცესში. აღნიშნული მონაცემებისგან იქმნება ვექტორები, რომლებიც მოიცავს BGP მარშრუტის მთლიანი მახასიათებლების შერწყმას.

RNN-ები იყენებენ მათი წინა დროის ნაბიჯების ინფორმაციას, რაც საშუალებას აძლევს მათ შეინარჩუნონ დროითი დამოკიდებულებები. BGP მარშრუტის ცვლილებაში ეს შეიძლება გამოყენებულ იქნას მარშრუტების და მათი მდგომარეობების გრძელვადიანი ტენდენციების შესასწავლად.

RNN არქიტექტურაში იგულისხმება Input Layer - ინკოდირებული BGP მონაცემები როგორც პარამეტრები (მაგალითად, AS Path, Next Hop, Prefixes). Hidden Layer(s)- რეკურენტული ფენები, რომლებიც ახორციელებენ შიდა გრძელვადიანი დამოკიდებულებების შენარჩუნებას, რაც მნიშვნელოვანია BGP მარშრუტების შესწავლა და პროგნოზირება.

RNN, LSTM ან GRU ფენები, რომლებიც ახორციელებენ დროით დამოკიდებულებების შესწავლას და **Output Layer** პროგნოზირებული მარშრუტები ან მარშრუტების მახასიათებლები, როგორცაა ყველაზე ოპტიმალური გზა, IP Prefix-ის მარშრუტის ცვლილება ან ბენეფიტის შეფასება.

ტრენინგი და ოპტიმიზაცია - ნიშნავს, რომ დასწავლა ხდება Gradient Descent, Adam ან სხვა ოპტიმიზაციის ალგორითმების გამოყენებით მოდელი სწავლობს, როგორ უნდა გააკონტროლოს მომავალი BGP მარშრუტები იმის მიხედვით, რომელი მარშრუტები გამოიწვევს ნაკლები დროის ხარჯს ან უფრო კარგ სტაბილურობას.

პროგნოზის გასაზომად ხშირად გამოიყენება Mean Squared Error (MSE) ან Cross-Entropy Loss, **ოპტიმიზაციისთვის და კოეფიციენტების ადაპტაციისთვის**

გამოიყენება Stochastic Gradient Descent (SGD), Adam ან სხვა ალგორითმები

მოდელის შეფასება გულისხმობს რომ შედეგების შეფასება (Accuracy, Precision, Recall) ხდება დასწავლის და ვალიდაციის ნაკრებზე.

Validation გამოიყენება არა მხოლოდ ტრენინგისთვის, არამედ მოდელის ხარისხის შესამოწმებლადაც.

Evaluation Metrics გამოიყენება როგორც შესაბამისი შეფასების მეტრიკა, როგორცაა Accuracy, Precision, Recall და F1-Score, რომ შეფასდეს BGP მარშრუტის პროგნოზირების სიზუსტე.

RNN მოდელი შეიძლება ინტეგრირდეს BGP მარშრუტიზატორებში, რათა გააუმჯობესოს მარშრუტების პროგნოზი რეალურ დროში. **Real-time prediction:** მოდელი მუდმივად იღებს და ანალიზებს ახალ BGP ინფორმაციას და პროგნოზირებს ოპტიმალურ მარშრუტებს.

3. დასკვნა

ნეირონული ქსელების გამოყენება BGP პროტოკოლის პრობლემების გადასაჭრელად წარმოადგენს ინოვაციურ და ეფექტურ მიდგომას. კვლევის შედეგები აჩვენებს მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას მარშრუტების სტაბილურობის, უსაფრთხოებისა და რესურსების გამოყენების თვალსაზრისით. თუმცა, საჭიროა დამატებითი კვლევები რეალურ გარემოში სისტემის ეფექტურობის შესაფასებლად და ოპტიმიზაციისთვის.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Smith, J., et al. (2023). "Neural Networks in BGP Route Optimization"
2. Johnson, A. (2023). "Machine Learning Approaches to Internet Routing"
3. Williams, R. (2022). "Deep Learning in Network Security"
4. Brown, M. (2023). "BGP Security Enhancement Using AI"

Problems of the BGP Protocol and Its Solution Through Recurrent Neural Networks

Guram Acharadze, Ivane Makasarashvili, Giorgi k'irtskhalia

The Border Gateway Protocol (BGP) is a crucial protocol in the Internet routing system. It is used for exchanging routing information between Autonomous Systems (AS) and ensures the functioning of the global routing system. BGP enables the sharing of routing information between neighboring routers.

This paper discusses the main challenges of the BGP protocol and proposes methods for solving them using artificial neural networks. The use of Recurrent Neural Networks (RNN) in predicting BGP routes is examined. The study presents the design, implementation, and evaluation of the RNN architecture in the context of BGP routing.

Keywords: BGP protocol, recurrent neural network

უახლესი კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწავლების ასპექტები

გელა ღვინევაძე, ნინო ჩორხაული

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ghvinepadzegela08@gtu.gec, m.chorkhauri@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე ეპოქაში ფართომასშტაბიანი ცვლილებები ძალიან სწრაფად ხდება. შესაბამისად, აუცილებელია ამ პროცესების სიღრმისეულად შესწავლა, გაანალიზება და მათზე ოპერატიულად რეაგირება. ამ მიმართულებით მთავარი როლის შესრულება მეცნიერების პრეროგატივაა. მაგრამ აღიარებული ფაქტია, რომ დღეს მეცნიერების პროგრესი და საერთოდ, ნებისმიერ სფეროში წარმატებების დონე დიდწილად განისაზღვრება შემდეგი ფაქტორით - მასში

მომუშავე სპეციალისტები თუ რამდენად ფლობენ და იყენებენ თავიანთ საქმიანობაში უახლეს კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს. რაც შეეხება თავად კომპიუტერული მეცნიერების სფეროს, ის იმდენად სწრაფად ვითარდებოდა ბოლო ათწლეულებში, რომ ექსპერტების აზრით, ჯერ კიდევ 30 წლის წინ მასში მიღებული ცოდნა ყოველ ხუთ წელიწადში 50%-ით ძველდებოდა. სადღეისოდ ეს მაჩვენებელი კიდევ უფრო იზრდება, ცვლილებების ტემპი დაჩქარებულია და ამ მხრივ გამოირჩევა კომპიუტერულ მეცნიერებათა სფეროში ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გამოყენებული მიმართულება – ვებ ტექნოლოგიები. შესაბამისად, დღის წესრიგში გადასაწყვეტად დგება შემდეგი საკითხი: როგორ უნდა აისახოს უნივერსიტეტებში აღნიშნულ სფეროში დისციპლინების სწავლებისადმი გაზრდილი მოთხოვნები სასწავლო გეგმების სტრუქტურის შედგენისას და როგორი უნდა იყოს მათი განახლების ინტენსივობა. წინამდებარე სტატიაში განიხილება ავტორების მიერ კომპიუტერული ტექნოლოგიების მიმართულების საგნების სწავლებისას მრავალი წლის განმავლობაში დაგროვებული გამოცდილება და ამ პროცესში მათ მიერ დანერგილი სიახლეები. ასევე, წამოყენებული არის რამდენიმე მოსაზრება, რომელთა განხორციელება, ჩვენი აზრით, გაზრდის სასწავლო პროცესის ეფექტიანობას და არა მხოლოდ ვებტექნოლოგიების საგნების სწავლებისას.

საკვანძო სიტყვები: ვებტექნოლოგია. სწავლება. ონლაინ სახელმძღვანელო. ინტერაქტიული სახელმძღვანელო. ინტერდისციპლინურობა.

1. შესავალი

სტატიაში აღწერილია ის გამოცდილება, რომელიც მის ავტორებს წლების განმავლობაში დაუგროვდათ ტექნიკურ უნივერსიტეტში კომპიუტერული ტექნოლოგიების მიმართულების საგნების კითხვისას [1-3].

საყოველთაოდ ცნობილი ფაქტია, რომ ბოლო წლებში ძალიან მაღალი ტემპებით ხდება ამ დარგის განვითარება და ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა მისი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი - ვებტექნოლოგიები.

შესაბამისად, უპირველეს ყოვლისა, სწორედ ამ მიმართულების საგნების სწავლების ხარისხის ასამაღლებლად განკუთვნილი სამუშაოების დაგეგმვა-შესრულებაზე იქნა სტატიის ავტორების მიერ მეტი ძალისხმევა გაწეული.

სტატიის ძირითად ნაწილში აღწერილია ონ-ლაინ რეჟიმში მომუშავე, ჩვენ მიერ შექმნილი ელექტრონული სახელმძღვანელოს არსი და სტრუქტურა, კონკრეტულად Javascript ენის სწავლებისათვის შექმნილი, რომელიც ამავე დროს შაბლონის როლშიც გამოიყენება სხვა კომპიუტერული ენების სწავლებისათვის.

აგრეთვე ავტორების მიერ შექმნილია აგრეთვე ცოდნის გამოკითხვა-შეფასების სისტემა თავისი ვარიაციებით, რომელთაც დაკისრებული აქვს სხვა, კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი ფუნქცია, სტუდენტებისათვის გაცემული დავალებების სახით - მათ ბაზაზე, პედაგოგის მიერ გადაცემული პარამეტრების გათვალისწინებით, ან საკუთარი შეხედულებისამებრ შექმნან სისტემის მოდიფიცირებული ვარიანტი.

ბუნებრივია, რომ ზემოთ მოყვანილი ახალი გარემოებანი, მსოფლიოს თუ ჩვენი ქვეყნის მასშტაბით, მოითხოვს სწავლების პროცესის სწორად დასაგეგმად გაცილებით მეტად ოპერატიულობას, ვიდრე ეს აქამდე ხდებოდა.

სტატიაში ყურადღება მახვილდება ამ მხრივ არსებულ ზოგიერთ პრობლემაზე და განიხილება რამდენიმე მოსაზრება, რომელთა გათვალისწინება, ავტორთა აზრით, ხელს შეუწყობს სწავლების პროცესის ხარისხის ამაღლებას.

2. ძირითადი ნაწილი

საერთოდ, როდესაც მიიღება გლობალური მასშტაბის გადაწყვეტილებანი, რომელიმე მიმართულებით (ან მიმართულებებით) უნდა წარიმართოს ადამიანის მოღვაწეობის ამ თუ იმ მნიშვნელოვანი დარგის განვითარება, არჩევანის გაკეთებისას პროცესის დიდი სირთულის გამო არცთუ იშვიათად შეცდომები მოსდით გიგანტ კორპორაციებსაც.

და ეს ხდება მაშინ, როდესაც ამ ორგანიზაციებს ასეთი გადაწყვეტილებების მისაღებად თავიანთ სტრუქტურებში გამწესებული ჰყავთ მეტად მაღალკვალიფიციური პერსონალი.

გარდა ამისა, მსხვილი კომპანიების ხელმძღვანელობას შესაძლებლობა აქვს, გარედანაც მოიწვიოს დარგის ცნობილი სპეციალისტები ამ პროცესში მონაწილეობის მისაღებად.

მიუხედავად ამისა, არსებობს რიგი პრეცედენტებისა, როდესაც ასეთ შემთხვევებშიც კი კომპანიები, უფრო ზუსტად მათი ხელმძღვანელები დაზღვეული არ აღმოჩნდნენ არასწორი გადაწყვეტილებების მიღებისაგან - საბოლოო სიტყვა ხომ მათ ეთქმოდათ.

რისკების გათვლა-შეფასების საკითხების და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული უსაფრთხოების უზრუნველყოფი მეთოდების შესწავლა-გამოყენება დღეს საუნივერსიტეტო სწავლების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია.

ჯერ კიდევ ორმოცი წლის წინ საგანი სახელწოდებით „ტექნოლოგიური პროგნოზირება“ ეკითხებოდა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში მაშინ არსებულ პედაგოგთა კვალიფიკაციის ამაღლების ფაკულტეტის მსმენელებს. კურსი ეყრდნობოდა იმ პერიოდისათვის აღნიშნული თემატიკის ხაზით გამოქვეყნებულ ბესტსელერებს, რომელთაც დღესაც არ დაუკარგავთ მნიშვნელობა, ვფიქრობთ, უფრო - პირიქით.

მათ შორის შეიძლება დავასახელოთ ამერიკელი მეცნიერის ჯოზეფ მარტინოს ბესტსელერი [4].

ამ წიგნში განიხილება ზოგადად ტექნოლოგიების განვითარების გზების პროგნოზირების მეთოდოლოგიის საკითხები:

- პროგნოზირების ორგანიზების პრინციპები;
- დელფის მეთოდის როლი ამ პრინციპების შემუშავებაში;
- პროგნოზირება ანალოგიით;
- ზრდის მრუდები, ტენდენციების ექსტრაპოლაცია, ანალიტიკური მოდელები;
- მნიშვნელოვანი სამეცნიერო და ტექნიკური მიღწევები (შეგნიშნავთ, იმ დროისათვის);
- პროგნოზების გაერთიანება;
- კვლევისა და განვითარების დაგეგმვა;
- გადაწყვეტილების მიღება, კვლევა;
- ტექნოლოგიების განვითარება ახალი პროდუქტების მისაღებად;
- ტესტირება და შეფასება.

ზემოჩამოთვლილი ვრცელი თემატიკიდან გვსურს, ყურადღება გავამახვილოთ ჩვენი სტატიისათვის განსაკუთრებით რელევანტურ საკითხზე - **ზრდის S-მრუდებზე**.

ჯ. მარტინო S-მრუდის გრაფიკული გამოსახულების სახით წარმოადგენს ასეთ ტიპურ სიტუაციას:

კორპორაცია ეყრდნობა რა მისი საქმიანობის პერიოდისათვის არსებულ თანამედროვე მეცნიერულ მიღწევებს, უშვებს და მსოფლიო ბაზარზე გამოქვს მაღალი ხარისხის, მოთხოვნადი პროდუქცია. ამ პერიოდში მისი შემოსავალი სწრაფი ტემპებით იზრდება, რაც მრუდის გრაფიკზეც აისახება. მაგრამ თუ კომპანიის ხელმძღვანელობა არ ეძებს გამოშვებული პროდუქციის ხარისხის გასაუმჯობესებლად თვისებრივად ახალ გზებს, ბაზარზე აღმასვლა მართალია, ჯერ გრძელდება, თუმცა უკვე შენელებული ტემპით.

აქ საინტერესო ისაა, რომ, მარტინოს დაკვირვებით, მომდევნო პერიოდებში კონკურენტების მიერ, რომელთაც მანამდე დიდად წარმატებული კომპანიის ხელმძღვანელობა ვერ თუ არ ამჩნევდა, ხდება ბაზარზე ამ კომპანიის პროდუქციის წილის ზრდის ჯერ შემცირება, შემდეგ კი - არა **თანდათანობითი კლება**, არამედ, მოლოდინისდა საწინააღმდეგოდ, ამ წილის **მყისიერად**, თითქმის ნულამდე ჩამოვარდნა.

წიგნში მოყვანილია ასეთი შემთხვევების ამსახველი რიგი მაგალითებისა. ამასთან, მისი გამოშვების შემდეგაც არცთუ ცოტა ამგვარ ვითარებას ჰქონდა ადგილი. მათგან მოგვყავს ერთ-ერთი განსაკუთრებით შთამბეჭდავი:

წინა საუკუნის 70-იან წლებში, როდესაც IBM კომპანიამ უდიდეს წარმატებას მიაღწია IBM-360 და IBM-370 კომპლექსების შექმნით და ბაზარზე გამოტანით, მისი ხელმძღვანელობის მიერ ყურადღება არ იქნა მიქცეული, თუ რა მომავალი ელოდა პერსონალურ კომპიუტერებს.

და მეტიც, შემდგომ პერიოდში, როდესაც კომპანიამ ამ საქმესაც მოჰკიდა ხელი, მის ხელმძღვანელებს არ დაუპატენტებიათ კომპანიაში შემუშავებული IBM PC-ის არქიტექტურა, რითაც ისარგებლეს კონკურენტებმა და კომპანიამ დიდი ზარალი ნახა.

უშუალოდ ჩვენს თემატიკას რაც შეეხება, ახალი კომპიუტერული ტექნოლოგიების პერსპექტივების გათვლას და შესაბამისად, სწავლების პროცესში ამ მიმართულებით საჭირო კორექტივების შეტანას ვთვლით, დღეს მნიშვნელოვანი ძალისხმევის გაწევა სჭირდება.

ჯერ მოკლედ ამ სფეროში არსებული ძირითადი მიმართულებების შესახებ. ესენია:

- ხელოვნური ინტელექტი (AI):
- მანქანური სწავლება, ბუნებრივი ენის დამუშავება, დიდი მონაცემების ანალიზი (მათი შესწავლა მნიშვნელოვნად ამაღლებს სპეციალობაში სტუდენტების მომზადების დონეს);
- დეველოპმენტი და დაპროგრამება: დღეს დაპროგრამების ენების და ტექნოლოგიების სწავლება უმთავრესად ისეთი ინსტრუმენტების ათვისებაზე არის ორიენტირებული, როგორცაა Python, C++, C#, Java;
- ვებტექნოლოგიები. რომელთა დიდ მნიშვნელობაზე მეტყველებს არა მარტო ის ფაქტი, რომ ამ მიმართულებით მსოფლიოში ყველაზე მეტად პოპულარულ www.w3schools.com საიტზე დღეს უკვე 70 პროგრამული პროდუქტია განთავსებული, არამედ - ამ პროდუქტების მეტი წილის თითქმის ყოველთვიურად განახლების ინტენსივობა;
- ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები: Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, Microsoft Azure. მათი დახმარებით სწავლების პროცესი იძენს მოქნილობას, რაც ხდება ამ სერვისებისადმი მასშტაბირების უნარის მინიჭებით;
- კიბერ უსაფრთხოება: დარგის სპეციალისტებისთვის აუცილებელი არის ისეთ საკითხებში ღრმად გარკვევა, როგორცაა ქსელის უსაფრთხოება, მონაცემების შიფრირება, ეთიკური ჰაკინგის პრინციპები.

სტუდენტების მომზადებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს აგრეთვე ის მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომ ინფორმატიკის სფეროში არსებული სიტუაცია არა მარტო სწრაფად, არამედ ზოგჯერ სრულიად მოულოდნელი მიმართულებითაც იცვლება. ზემოთ მოყვანილი გვექონდა ამის მაგალითი პერსონალურ კომპიუტერთან დაკავშირებული პერიპეტივების სახით.

შესაძლებელია ამ სფეროდან სხვა, არცთუ ცოტა ისეთი მაგალითის მოყვანა, როდესაც თავის დროზე დიდი იმედის მომცემი კომპიუტერული ტექნოლოგიები შემდგომში ასპარეზს სტოვებდნენ ან შედარებით ვიწრო არეალში პოულობდნენ გამოყენებას (ADA და Pascal ენები, Pascal-ენაზე დაფუძნებული DELPHI-ფრეიმვორკი).

ხდებოდა პირიქითაც, მაგალითად, დაახლოებით 15 წლის წინ სპეციალისტები გამოთქვამდნენ ვარაუდს, რომ ასეთივე ბედს გაიზიარებდა JavaScript-ენა. მაგრამ მან ბოლო წლებში მეორე სიცოცხლე იპოვა და დღეს არა მარტო ყველაზე მნიშვნელოვან პროგრამულ

პროდუქტად მოიაზრება ვებტექნოლოგიების ხაზით, არამედ მის ბაზაზე შექმნილია ბიბლიოთეკების და ფრეიმვორკების მთელი წყება. ესენია: React.js, JQuery, AngularJS, Angular-ის მრავალი ვერსია, NodeJS, Vue, W3.js და სხვ.

კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარება ბუნებრივია, განაპირობებს საგანმანათლებლო პროგრამებისა და შესაბამისი მასალების მუდმივი და დროულად განახლების საჭიროებასაც, ამასთან, სხვადასხვა მიმართულებებს შორის მჭიდრო კავშირის დამყარებას, მათი ურთიერთგამდიდრების მიზნით.

სტატიის ავტორების მიერ ამ მხრივ გადადგმული ნაბიჯებიდან გამოვყოფდით ქართულ ენაზე ონ-ლაინ რეჟიმში მომუშავე ელექტრონული სახელმძღვანელოს შექმნას, რომელიც გათვალისწინებულია Javascript-ენის სწავლებისათვის, მაგრამ შაბლონად გამოდგება სხვა კომპიუტერული ენების შესასწავლადაც.

აღნიშნული სახელმძღვანელოს შექმნისას, ძირითადად, ბაზად აღებული იქნა ამ მიმართულებით დღეს მსოფლიოში პოპულარული <https://www.w3schools.com/> საიტი.

შევნიშნავთ, რომ ამ საიტს, თავისი სპეციფიკიდან გამომდინარე, ზოგიერთი ნაკლიც ახასიათებს. კერძოდ:

- მისი კონტენტი, სხვა და მათ შორის ქართულ ენაზე თარგმნისას, რაც თავისთავად მეტად ღირებული სერვისია, ამ პროცესის ავტომატიზების გამო, სრულყოფილი არ გახლავთ;
- მომხმარებელს არ აქვს შესაძლებლობა, მარტივად დაიმახსოვროს საიტზე განთავსებული მასალების მის მიერ მოდიფიცირებული ვარიანტები.

საქმე ისაა, რომ საიტს ყოველდღიურად მრავალი მომხმარებელი აკითხავს, რის გამოც ამ სერვისით მათი უზრუნველყოფა, „ავტონომიური“ სწავლებისგან განსხვავებით, ფაქტობრივად, შეუძლებელია.

- საიტი ორიენტირებულია მასობრივი მომხმარებლის ინტერესების დაკმაყოფილებაზე. შესაბამისად, აქცენტი კეთდება დაპროგრამების ენების მხოლოდ ძირითადი საშუალებების შესწავლაზე, მაშინ, როდესაც ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე სტუდენტებს ასათვისებელი ცოდნის მოცულობისა და სირთულის მხრივ გაცილებით მეტი მოთხოვნები წაეყენებათ.

ბოლო პუნქტთან დაკავშირებით, აღვნიშნავდით კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მომენტს:

ცნობილია, რომ განვითარებულ სახელმწიფოებში მეტად დიდ ყურადღებას აქცევენ ნოვატორული აზროვნების განმავითარებელი საგნების სწავლებას.

რამდენიმე წელიწადია, რაც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე საგანი „კრეატიული აზროვნების საფუძვლები და ინფორმატიკა“ ეკითხება ზოგი დეპარტამენტის ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებს, ასევე, როგორც არჩევითი დისციპლინა, - მთელი ფაკულტეტიდან სტუდენტების ნაკრებს.

საგნის საწვლებისას ყურადღება მახვილდება პრობლემების გადასაწყვეტად შემუშავებული ინტერდისციპლინური მეთოდების შესწავლისა და პრაქტიკაში მათი გამოყენების საკითხებზე.

ამასთან, ერთია, როდესაც სტუდენტს და საერთოდ, მომზადებულ პროგრამისტს ევალება კორექტულად დასმული ამოცანისათვის პროგრამის დაწერა, მაგრამ, ცნობილი სპეციალისტების აზრით, როგორც წესი, კიდევ უფრო რთულ პროცესს წარმოადგენს ამა თუ იმ პრობლემის მოსახსნელად ამოცანის სრულყოფილი სახით ჩამოყალიბება, რაც სწორედ ზემოთ მოხსენებულ მეთოდებზე დაყრდნობით ხერხდება.

ამ საგნის სწავლებასთან დაკავშირებული საკითხების თაობაზე წინამდებარე სტატიის ავტორებმა მოხსენებები წაიკითხეს კონფერენციებზე და გამოაქვეყნეს შესაბამისი მასალები პროფილურ ჟურნალებში [5-7].

დაბოლოს, მოგვყავს ზოგიერთი მოსაზრება, რომელთა გათვალისწინება, სტატიის ავტორთა აზრით, მნიშვნელოვნად წაადგება უნივერსიტეტების წინაშე მდგარი პრობლემების გადაწყვეტის საქმეს:

- პირველ რიგში, გასათვალისწინებელია ის პრობლემები, რომელთა წინაშე დგას სტუდენტების კონტიგენტის უმეტესი ნაწილი. კერძოდ, დღეს მუშაობს არცთუ ცოტა სტუდენტი, მით უფრო მაღალკურსელები, და სამუშაო დღის დამთავრების შემდეგ უჭირთ მათ მეცადინეობებზე დასწრება (თან პიკის საათებში ტრანსპორტით სარგებლობა).

ურიგო არ იქნებოდა თუნდაც მხოლოდ ლექციები მათთვის ონ-ლაინ რეჟიმში წარმართოს. მით უფრო, როდესაც კოვიდის პერიოდში ამ ფორმატში სწავლების პროცესის გამოცდილებას უკვე ვფლობთ და მისი ავ-კარგის გაანალიზებაც შეგვიძლია.

აქვე შევნიშნავთ, რომ, მაგალითად, ამერიკის შეერთებული შტატების უმაღლეს სასწავლებლებშიც კი ამ სახის მეცადინეობების წილი 50%-ს აჭარბებს.

- დღეს ლექტორების უმეტესობას 100-150 სტუდენტის ცოდნის შემოწმება ევალება ყოველკვირეულად, რაც ამ პროცესის ხარისხზე ნამდვილად არ მოქმედებს დადებითად.

უმჯობესი იქნება, ეს საქმიანობა დაევალოს ამ მიზნით სპეციალურად შექმნილ გამომცდელთა ჯგუფს.

ის ტესტების მეშვეობით შეამოწმებდა სტუდენტთა უმრავლესობის, ჩვენი გათვლებით, დაახლოებით 80-85%-ის ცოდნის დონეს, და ვინც ამ პირველ ეტაპზე ქულების მეტ რაოდენობას დააგროვებდა, მეორე ეტაპზე მხოლოდ მათ ნამუშევრებს შეფასებდა პედაგოგი უფრო მაღალი შეფასების მისაღებად.

- ქვეყნებს და მათ შორის საქართველოსაც მეტად ძვირი უჯდება იაფი განათლება, თან, ლექტორების გადატვირთვის ხარჯზე, როდესაც ბევრი მათგანი იძულებულია ერთდროულად იმუშაოს რამდენიმე სასწავლებელში. თუმცა, სხვათაგან განსხვავებით, ეს საკითხი მხოლოდ სახელმწიფოს დონეზე შეიძლება მოგვარდეს.

3. დასკვნა

აღწერილია ის გამოცდილება, რომელიც სტატიის ავტორებს დაუფროვდათ წლების განმავლობაში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე კომპიუტერული ტექნოლოგიების მიმართულებით რიგი საგნების კითხვისას. ხაზგასმულია ის გარემოება, რომ ბოლო წლებში დიდი სისწრაფით ხდება ამ ტექნოლოგიების განვითარება, ამასთან, ამ მხრივ განსაკუთრებული ინტენსივობით გამოირჩევა ვებტექნოლოგიების სფერო. შესაბამისად, შექმნილი ვითარება მოითხოვს სწავლების სწორად ორგანიზებისათვის გაცილებით მეტ ოპერატიულობას, ვიდრე ეს აქამდე ხდებოდა. სტატიაში ყურადღება მახვილდება როგორც ამ მხრივ, ასევე, საერთოდ, უნივერსიტეტებში სწავლების პროცესის წინ მდგარ პრობლემებზე და შემოთავაზებულია მისი ეფექტიანობის ასამაღლებლად ზოგიერთი მიდგომა.

ლიტერატურა:

1. ღვინეაძე გ., ჩორხაული ნ. ზოგიერთი სიახლის შესახებ ვებტექნოლოგიების სწავლებიდან. საერთაშ. სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფ. „თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში - 2023“, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“.

2. Ghvinepadze G., Chorkhauri N. About some News in the Teaching of Web Technologies. The 4th Conference “Problems of Engineering Sciences”, Batumi, 26.08.24-28.08.24

3. ღვინევაძე გ., შავიშვილი თ. On-line სახელმძღვანელოების დაპროექტების კონცეფცია. თბილისი. სტუ-ს გამომცემლობა, „შრომები“, 2021, №1 (519), გვ. 40-54. ISSN 1512-0996.

4. <https://www.amazon.com/Technological-Forecasting-Decision-Making-Martino/dp/0444009795>

5. ღვინევაძე გ., ჩორხაული ნ., შავიშვილი თ. კრეატიული აზროვნების საფუძვლების საგნის სწავლებისა და სახელმძღვანელოს შესახებ. ჟურნ. „ქართველი მეცნიერები“, 2024-09-27. <https://doi.org/10.52340/gc.2024.06.03.28>

6. ღვინევაძე გ., შავიშვილი თ. გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამალღების გზები. თბილისი. სტუ-ს გამომც. „შრომები“, 2020, №1 (515), გვ. 80-93. ISSN 1512-0996.

7. ღვინევაძე გ. ტრანს- და ინტერდისციპლინური მიდგომები პრობლემების გადასაწყვეტად. II საერთაშ. სამეცნ. კონფ. „საქართველო და ევროინტეგრაცია“. სტუ, სტ. კრ. 29-30 სექტ., 2022. გვ. 114-122.

<https://drive.google.com/file/d/1Bxge5mIXd-6LgEnfMQUiNR2mp2RmV5dF/view>

Aspects of teaching new computer technologies

Gela Ghvinepadze, Nino Chorkhauri

Georgian Technical University

ghvinepadzegela08@gtu.gec, m.chorkhauri@gtu.ge

Abstract

In the modern era, large-scale changes occur very quickly. Accordingly, it is necessary to study them in depth, analyze them, and respond to them promptly and effectively. The main role in this direction belongs to science. But the generally recognized fact is that the progress of science today and the general level of success in any area is largely determined by the following factor - how well the specialists working in it know and use the latest computer technologies. As for the field of informatics itself, it has developed so rapidly in recent decades that, according to experts' estimates, even 30 years ago, the knowledge obtained in it became obsolete by 50% every five years. Today, this figure is increasing even more, the pace of change has accelerated, and in this regard, one of the most used areas in the field of computer science stands out - web technologies. Accordingly, the following question is on the agenda: How to take into account the increased requirements for teaching disciplines in this area in universities when drawing up the structure of curricula and the intensity of their timely updating. The article examines the experience of its authors in teaching subjects in this area over many years, the innovations introduced into this process, and, finally, some opinions, the implementation of which, in our opinion, will increase the effectiveness of the educational process and not only when teaching subjects on web technologies.

Key words: Innovations in Teaching Web Technologies; Online and Interactive Textbooks, Interdisciplinarity.

Quantum Internet and Quantum Information Security

Paata Kervalishvili
Georgian Technical University
paata.kervalishvili@gtu.ge

Resume

After decades of pure science phase, the research on quantum technologies is finally reaching the engineering phase, getting out of the labs into business reality. Quantum technologies rely on quantum bits - qubits, which are the equivalent of classical bits used in classical information processing. The application of these quantum technologies in the security and defense sectors could help to future-proof the transmission of information, protecting it from increasingly advanced hacking systems and contributing to society efforts to maintain its technological edge, emphasizing technology's ability to weave itself into the fabric of our daily lives. People's desire to simplify and enhance life through more efficient yet intuitive solutions stand at the center of the advancement and growing reliance on technology and information. As result, in our era the quantum internet has become the most accessible platform for obtaining information, a luxury previously out of reach for some people. The quantum internet stands as a transformational force, revolutionizing the way we connect and communicate with people across the globe and reforming businesses and organizations. The quantum internet is an ultra-advanced version of today's internet based on the principles of quantum mechanics, connecting quantum computers across the globe. To this aim, in this paper, we overview the processes related to quantum information security of the quantum internet from a signal-processing perspective.

Keywords: Quantum signal processing, Quantum Internet, Quantum Information security

1. Introduction

What is the quantum internet and quantum networks and what does their development promise us? This is one of the main questions related to today's technological progress. If we consider the universal introduction of digital computing as one of the last remarkable achievements of the twentieth century in the work of mankind, then we could recognize the development of quantum technologies as the most important achievement of the first decades of the twenty-first century. The quantum internet is an ultra-advanced version of today's internet based on the principles of quantum mechanics, connecting quantum computers across the globe. By harnessing the laws of physics, the internet of the future will provide a safe space for data and communication, ensuring the confidentiality of information. Here, in the quantum era, the most interesting prospect is the creation and use of quantum computers. For the quantum internet to function, quantum entanglement—allowing the instantaneous transfer of information over long distances using quantum states—must occur. When the power of the quantum entanglement is harnessed fully, it will connect separate quantum computers into a larger and more powerful machine.

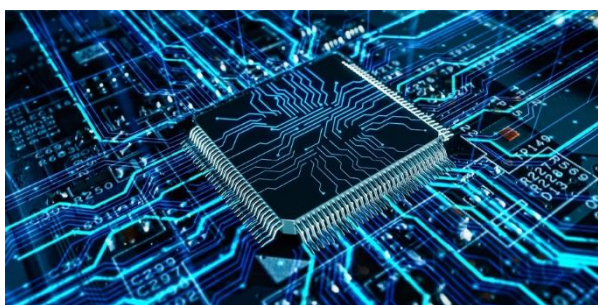


Figure1. The Rise of the Quantum Internet: Understanding the Possibilities, 16 JULY 2024
Telecom Review, Huawei.

American scientist Richard Feynman was the first to ask the question: "If quantum systems are so exponentially complex that we cannot simulate them on existing classical computers, can the same quantum systems be exploited in a controlled way so that they exponentially outperform our classical computers?" In such circumstances, the possibility of a quantum internet is becoming increasingly real. But what does it mean to have a quantum internet? Instead of radio waves, it will use quantum signals to send information [1-3].

2. Theory and Practice

The Internet, as we know it, uses radio frequencies to connect different computers via a global network in which electronic signals are sent back and forth in all directions. In a quantum internet, signals will be sent

across a quantum network using so-called entangled quantum particles. Their activity, which Einstein called “spooky action at a distance,” allows entangled particles to instantly (with unheard-of speed) reflect information transmitted in one to another – a kind of quantum teleportation. This is the way the quantum internet is based: to use the phenomenon of entanglement to communicate between two devices. Thus, by connecting many quantum devices together, the quantum internet could begin to solve problems that are currently impossible to achieve with a single quantum computer. This includes accelerating the exchange of large volumes of data and conducting large-scale sensor experiments in astronomy, materials discovery, and life sciences [4-6].

Due to the lack of technological readiness, in the near future the quantum internet will not be able to be used for data exchange at the level that we do with modern information devices (gadgets). The creation of a fully functional quantum internet will require several decades of technological advances.

It is obvious that quantum communication and information processing are superior to that of classical, which is rooted in the properties of quantum information namely: uncertainty principle, quantum no-cloning theory, the quantum teleportation, and the hidden characteristics of quantum information, which can be employed to resist attack in cyberspace communication.

- a) Uncertainty principle: it is known as Heisenberg’s uncertainty principle, which is based on idea that the particle position in the micro world is impossible to be determined, and it always exists in different places with different probability.
- b) Quantum no-cloning theory is the non-cloned and undeleting properties of the unknown quantum state. Cloning means producing a completely identical quantum state in another system.
- c) The undeleting principle can guarantee that any deleting and damaging effect of the enemy on the quantum information will leave a trace in secure communication.
- d) Quantum teleportation means that classic information is obtained by the sender measuring the quantum state of the original, which will be told by the sender in the way of classical communication. Quantum information is the rest of the information that the sender does not extract in the measurement, and it is passed to the recipient by measurement.
- e) Hidden characteristics of quantum information is based on its unique properties that classical information does not possess. Specifically, the information of the quantum code in the entangled state cannot be obtained by the local measurement operation, which can only be revealed by joint measurement.

Quantum key distribution is a secure communication method that implements a cryptographic protocol that incorporates components of quantum mechanics. It allows two parties to create a shared random secret key (QKD) known only to them, which can then be used to encrypt and decrypt messages. QKD technology is in its early stages. The “usual” way to create QKD at the moment consists of sending qubits (quantum information particles - quantum bits) one-way to the receiver, via fiber-optic cables. But these significantly limit the efficiency of the transmission. Qubits easily scatter in fiber-optic cables, which means that the density of quantum signals decreases when traveling over long distances. Current experiments are, in fact, limited to distances of hundreds of kilometers.

Today, much research in the field of quantum communication is devoted to finding out how to better encrypt, compress, and transmit information by changing quantum states. Since quantum states are characterized by a special density, it is likely that a quantum node will have the ability to teleport a large amount of data. It should also be noted that quantum information transmitted through an appropriate quantum network is less related to classical e-mail or information sharing on social networks. It is expected that the quantum Internet will work alongside the classical Internet and will be used for specialized applications, that is, it will solve tasks that are less efficiently performed by classical computers, even if they are supercomputers [7-9].

There are already serious advances in this direction. For example, it is already known how to create superpositions of qubits and quantum entanglement, and this approach is also successfully used for QKD.

The main way for development of quantum cryptography methods is lying in interdisciplinary research (mathematics, quantum physics and informatics) is analyzing and exploring the quantum key distribution methodologies starting from first QKD proposed by Bennett and Brassard in 2011 [10]. By leveraging single photon polarization, they pioneered the implementation of the quantum key distribution protocol. After that, many QKD protocols [11, 12] using the basic principles of quantum mechanics have been proposed successively.

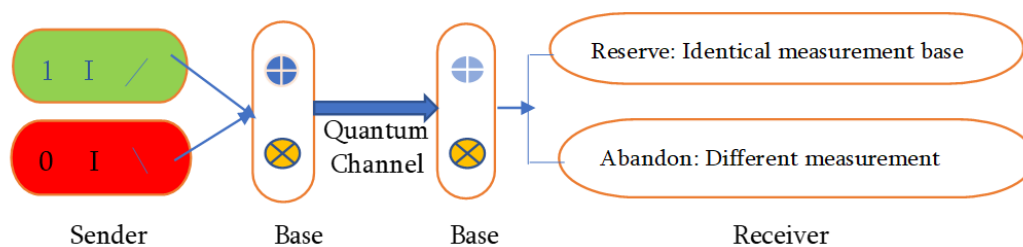


Figure 2. Model of QKD protocol

Quantum authentication (QA) protocol is also one of the quantum cryptographic protocols. It was proposed in 2001[13,14]. After that, many QA protocols [15,16] have been proposed one after another.

The quantum cryptography method has developed many branches now. In addition to the protocols (i.e., QKD protocol, QOT protocol, and QA protocol) quantum cryptography protocols also include quantum bit commitment (QBC) protocols [17,18] and quantum signature (QS) protocols [19].

The term cyberspace today is used to describe the domain of the global technology environment by experts and researchers of technical strategy, security, government, military, and industry and enterprises. Typical applications based on cyberspace include cloud computing [20,21] and personalized recommender systems [22].

Despite all benefits and advantages of cyberspace, it is regarded as the largest unregulated and uncontrolled field in human history. Therefore, the problem of information security is the primary problem of cyberspace. On the one hand, information technology and industry have entered an unprecedented stage of prosperity. On the other hand, the means of all kinds of attacks emerge in an endless stream. Attacks, like hacker attacks, malicious software invade, and computer viruses, pose a great threat to cyberspace information security. Moreover, the progress of science and technology also poses new challenges to cyberspace security.

Due to the characteristics of the quantum computer, existing cryptography methods and tools [23- 25], will be no longer safe in the quantum computer. Namely, the well-known discrete logarithm problem (DLP) or the integer factorization problem will no longer be difficult under quantum computer. This suggests that in order to resist quantum computers, new cryptosystems that are not based on discrete logarithms problem or the large factor decomposition problem should be explored. Only in this way can the information security of cyberspace be ensured in the future Internet.

Quantum cryptography is still in its infancy. But we cannot ignore the challenges it brings to the security of existing cyberspace. From 1994, when P. Shor has proposed the quantum algorithm [26] by which the integer factorization problem and the discrete logarithm problem can be efficiently solved in polynomial time, researchers have not found the classical algorithm to solve the large integer decomposition and the discrete logarithm problem efficiently. The main goal of the study of quantum cryptography is to design cryptographic algorithms and protocols, which is against quantum computing attacks. As stated previously, exploring quantum cryptographic protocols will be an essential part of cyberspace security issues. Cryptography and network security are the key technologies to ensure the security of the information system [28], and quantum cryptography is an important branch of cryptography, which is the combination of quantum mechanics and classical cryptography. Here the security of communication can be guaranteed by Heisenberg's uncertainty principle and quantum non-cloning theory [29,30].

Generally, cybersecurity is the practice of protecting systems, networks, and programs from digital attacks, which usually aims at accessing, changing, or destroying sensitive information; extorting money from users; or interrupting any organizational processes.

On the other side Cybersecurity is a challenge that is growing exponentially and its part cyber intelligence is the acquisition and analysis of information to identify, track and predict the capabilities, intentions and cybernetic activities that support decision-making and must be understood as intelligence applied to computing or cyberspace.

Entangled and coherent attacks propagating from quantum computers may hypothetically possess the ability to enter entanglement with a targeted device maliciously. To construct a defense system to mitigate such potential threats, using a system of propagating radio waves to forcing continuous decoherence around a defended network may shield against attempts of malicious targeting. The applications of the ultraviolet light,

as a possible defense component, rely on the electromagnetic aspect of ultraviolet light. Ultraviolet light cannot ionize an atom, but the properties of radio waves, another form of light, can couple with conductors if the distance is within the propagation of the wave. Thus, the exchange of radio waves with ultraviolet light may alter hardware.

Hilbert spaces are requirements to any quantum-based mathematics for applications to computation [31], and therefore must be present in some way for security systems relying on quantum mechanics. During the initial stages of this research, the power of quantum computers understood in terms of threats to cryptography was not the focus, but applications for defending against quantum cracking is worth noting. Users of the Internet may not know that the transmission of data between their computer and the websites they visit rely on strong encryption to protect them, but with quantum computers, encryption using RSA and similar algorithms cannot mitigate cracking by a quantum computer. The promises of advanced elliptic curve cryptography suggest greater potential to mitigate the threat of quantum computers to classical encryption.

Given the fact that classical computers themselves operate using quantum mechanics, but fall to the limitations of classical systems, it is apparent that with the research conducted by Toshiba and their affiliates at Cambridge, quantum computing can affect classical systems. The level of threat posed by this finding, in conjunction with the currently occurring race to construct quantum communication, emanating from satellites, provides support for the reasoning behind use of electromagnetic waves for computer network defense. Given Earth's magnetic field inhibits quantum communication, conceptualizations of energy excitation using radio waves to create a shield appears tenable.

Applications of space as a vehicle for quantum communication may be promising, but is not necessary in all respects. In addition, with cryptography using the principles of elliptic curve geometry, of which can be complex the ability to conjoin the principles behind orbital momenta, a vector space, and trapdoor functions of path integrals over the space can be an advancement of seed algorithms for elliptic curve cryptography. Path integrals in quantum fields over vector spaces may provide an intractable problem applicable to mitigating attempts to break encryption [33].

The inability to predict the seed value compounds when using pseudo-random transformations of the area under the curves from the motion of points. The end goal is a defensive system such that any quantum computer attack against a conventional computer would trigger an automatic response using combinations of conventional hardware and quantum-based computation. The distribution of a propagating wave as mitigation will suffice to disrupt quantum computer threats using wave-particle interaction.

3. Discussion and Conclusion

China, a long-time investor in quantum networks, has set records in qubit entanglement organized by space satellites. Chinese scientists recently detected entanglement and achieved QKD at a record 745 miles.

The next stage is to expand the infrastructure. All experiments so far have connected only two endpoints. Now that point-to-point communication has been achieved, scientists are working on creating a network in which many senders and many receivers can exchange quantum information via a global-scale quantum internet.

The idea, in essence, is to find the best ways to organize the entanglement of many qubits over large distances and between many different endpoints simultaneously. This is much easier said than done: for example, currently maintaining entanglement between quantum devices in China and the United States is likely to require an intermediate node with new routing protocols. In this direction, countries are choosing different technologies for qubit transport. If China chooses satellite technology, the fiber-optic method is supported by the US Department of Energy (DoE), which is now trying to create a network of quantum repeaters to increase the distance of qubit entanglement. In the United States, quantum information particles have remained entangled in optical fiber on a 52-mile-long “quantum loop” in a suburb of Chicago without the need for quantum repeaters. Soon, this network will connect to one of the DoE laboratories to create an 80-mile-long quantum test channel.

The EU Quantum Internet Alliance project was launched in 2018 to develop a quantum internet strategy, and in 2021, qubits were experimentally transmitted over a distance of 31 miles. The goal of researchers working on the quantum network creation program is to first launch quantum networks at the national level and then on an international scale. The vast majority of scientists agree that this process will take several decades. The quantum internet is undoubtedly a long-term project, with many technical obstacles still ahead, but the results that the technology will inevitably bring will provide us with new scientific solutions, which will end with extraordinary quantum applications that are currently impossible to predict.

As China and the US move closer to building a working quantum communications network, it becomes clearer what level of progress we are dealing with in terms of receiving and transmitting information.

Quantum-network technology is of great importance for the transmission and security of health data. Despite some limitations, such as electronic waste and the risk of hacking, quantum distributed (QD) systems are considered as a modern healthcare provider with life-saving methods and tools to improve the quality of medical services and their real-time availability.

In the recent years it has been found that the performance of quantum algorithms is exponentially superior to classical algorithms. This will allow quantum computing to achieve qualitatively new results in many areas of information technology use.

As public awareness of health issues increases, the need for healthcare is increasing. Electronic medical records contain highly confidential and sensitive information, and modern blockchain technology can securely exchange these records between different medical organizations. By integrating current blockchain systems with quantum networks, it becomes possible to develop a new distributed quantum electronic medical record system. Here, in the quantum blockchain data structure, blocks are connected through entangled states. Time stamps are automatically generated by connecting the activities controlled by quantum blocks, which reduces the amount of storage space required, and the hash (key) value of each block is recorded using only one qubit. In this case, the processing of quantum information is described in detail in the quantum electronic medical record protocol. All medical records can be tracked, and the security and confidentiality of electronic medical records in Internet of Things systems are guaranteed. The protocol also eliminates traditional encryption and digital signature algorithms in favor of a quantum authentication system [34]. The quantum blockchain network is characterized by extremely high security against various cyber-attacks, as it can withstand virtually any external attack, due to the use of the attack-measure-replay and attack-measure method and the appropriate quantum circuit for analyzing the correctness and traceability of the quantum block.

References:

1. Stephanie Wehner, David Elkouss, Ronald Hanson, Quantum internet: A vision for the road ahead, *Science*, 19 Oct 2018 Vol 362, Issue 6412, DOI: 10.1126/science.aam9288.
2. Richard P. Feynman, Simulating Physics with Computers, *International Journal of Theoretical Physics*, Vol 21, Nos. 6/7, 1982.
3. Kervalishvili P. J. Quantum information science: some novel views. In book *Information and Computer Technologies*. Nova Publishing, USA. 2012.
4. Paata J. Kervalishvili, Quantum information technology: Theory and applications. Published in: 2015 IEEE Seventh International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS), IEEE Xplore: 04 February 2016, ISBN Information: INSPEC Accession Number: 15756870. DOI: 10.1109/IntelCIS.2015.7397187, Publisher: IEEE. 15p.
5. P. Kervalishvili, Phenomenology of infodynamics. 3rd International Computational Science and Engineering Conference, 21-22 October 2019, Doha, Qatar.
6. J. Shen, J. Shen, X. Chen, X. Huang, and W. Susilo, “An efficient public auditing protocol with novel dynamic structure for cloud data,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 12, pp. 2402–2415, 2017.
7. A. Peres, *Quantum Theory: Concepts And Methods*, Springer Science & Business Media, 2006.
8. Paata J. Kervalishvili. Data Storage – Quantum Approach (Key note lecture). Book of abstracts and proceedings of 2nd International Conference on Knowledge Engineering and Big Data Analytics (KE&BDA) 8-10 December 2017, Future University, Cairo, Egypt.
9. N. K. Langford, R. B. Dalton, M. D. Harvey et al., “Measuring entangled qutrits and their use for quantum bit commitment,” *Physical Review Letters*, vol. 93, no. 5, Article ID 053601, pp. 1–53601, 2004.
10. C. H. Bennett, “Quantum cryptography using any two nonorthogonal states,” *Physical Review Letters*, vol. 68, no. 21, pp. 3121–3124, 1992.
11. S. Wiesner, “Conjugate coding,” *ACM SIGACT News*, vol. 15, no. 1, pp. 78–88, 1983.
12. A. K. Ekert, “Quantum cryptography based on Bell’s theorem,” *Physical Review Letters*, vol. 67, no. 6, pp. 661–663, 1991.

13. M. Curty and D. J. Santos, “Quantum authentication of classical messages,” *Physical Review A: Atomic, Molecular and Optical Physics*, vol. 64, no. 6, 2001.
14. B.-S. Shi, J. Li, J.-M. Liu, X.-F. Fan, and G.-C. Guo, “Quantum key distribution and quantum authentication based on entangled state,” *Physics Letters A*, vol. 281, no. 2-3, pp. 83–87, 2001.
15. D. Zhang and X. Li, “Quantum authentication using orthogonal product states,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Natural Computation, ICNC 2007*, pp. 608–612, China, August 2007.
16. C. H. Bennett and G. Brassard, “WITHDRAWN: Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing,” *Theoretical Computer Science*, 2011.
17. N. K. Langford, R. B. Dalton, M. D. Harvey et al., “Measuring entangled qutrits and their use for quantum bit commitment,” *Physical Review Letters*, vol. 93, no. 5, Article ID 053601, pp. 1–53601, 2004.
18. G. Zeng and C. H. Keitel, “Arbitrated quantum-signature scheme,” *Physical Review A: Atomic, Molecular and Optical Physics*, vol. 65, no. 4, 2002.
19. X. Lü and D. Feng, “An Arbitrated Quantum Message Signature Scheme,” in *Computational and Information Science*, vol. 3314 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 1054–1060, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2004.
20. J. Li, Y. Zhang, X. Chen, and Y. Xiang, “Secure attribute-based data sharing for resource-limited users in cloud computing,” *Computers & Security*, 2017.
21. T. Zhou, L. Chen, and J. Shen, “Movie Recommendation System Employing the User-Based CF in Cloud Computing,” in *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, pp. 46–50, Guangzhou, China, July 2017.
22. J. Shen, T. Zhou, X. Chen, J. Li, and W. Susilo, “Anonymous and Traceable Group Data Sharing in Cloud Computing,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 13, no. 4, pp. 912–925, 2018.
23. R. L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman, “A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems,” *Communications of the ACM*, vol. 21, no. 2, pp. 120–126, 1978.
24. J. Shen, T. Zhou, X. Chen, J. Li, and W. Susilo, “Anonymous and Traceable Group Data Sharing in Cloud Computing,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 13, no. 4, pp. 912–925, 2018.
25. T. ElGamal, “A public key cryptosystem and a signature scheme based on discrete logarithms,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 31, no. 4, pp. 469–472, 1985.
26. J. Shen, T. Zhou, F. Wei, X. Sun, and Y. Xiang, “Privacy-Preserving and Lightweight Key Agreement Protocol for V2G in the Social Internet of Things,” *IEEE Internet of Things Journal*, pp. 1–1.
27. P. W. Shor, “Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring,” in *Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (SFCS '94)*, pp. 124–134, IEEE, 1994.
28. P.J. Kervalishvili, D. I. Tseles, *Quantum Information: Philosophy and Technology*, International Scientific Conference eRA -11 The SynEnergy Forum, Piraeus University of Applied Sciences, 21-23 September, 2016.
29. Wootters, W.K. and Zurek, W.H.: A Single Quantum Cannot be Cloned. *Nature* 299 (1982), pp. 802-803.
30. Buzek, V. and Hillery, M.: "Quantum cloning". *Physics World* 14 (11) (2001), pp. 25-29.
31. Robert B. Griffiths, *Hilbert Space Quantum Mechanics*. Carnegie Mellon University Version of 20 August 2012.
32. Paata J Kervalishvili. *Leptons Based Quantum Computing*. *Acta Scientific, Computer Sciences*. Published: June 23, 2023; Volume 5 Issue 7: 12-14.
33. The Cavendish-Toshiba Collaboration - Department of Physics, University of Cambridge, <https://www.phy.cam.ac.uk/collaborative-programmes>.
34. Paata Kervalishvili. "Quantum Internet and Current Biomedicine". <https://sppf.info/int-ped-journal-2022-2024-2-4>.

Data Mining-ის როლი ბიზნეს-ანალიზში

მედეა თევდორაძე, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი, მანანა მალრაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

medeat@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე ბიზნესის წარმოდგენელია ბიზნეს-ანალიზის გარეშე. მთავარი მიზნები კი არის ის, რომ ბიზნესი ფუნქციონირებს არასტაბილურ და არამდგრად ეკონომიკურ გარემოში, მომატებული კონკურენციის პირობებში. და იმისათვის, რომ ბიზნესი გადარჩეს, იყოს მომგებიანი, კონკურენტუნარიანი და უწყვეტი მას, გარდა ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების, სჭირდება ბიზნეს-ანალიზის განხორციელება რამდენიმე მიზეზის გამო: ბიზნესის საჭიროების განსაზღვრისათვის; საქმიანობაში არასასურველი გადახრების დროული აღმოჩენისათვის მათზე მყისიერი რეაგირების განხორციელებისათვის შესაძლო გაუარესების თავიდან აცილების მიზნით. ბიზნეს-ანალიზი იყენებს საკმაოდ რთულ მათემატიკურ, სტატისტიკურ, ეკონომიკურ, ფინანსურ მეთოდებს. მათი განხორციელებისათვის შემუშავებულია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ცნობილია BI (BI-business intelligence)-სისტემების სახელით. აღნიშნული სისტემები წყვეტენ საკმაოდ ფართო სპექტრის ამოცანებს, როგორც არის: მონაცემთა მიღება სხვადასხვა წყაროებიდან, მათი პირვანდელი დამუშავება, OLAP-პროცედურების განხორციელება, სხვადასხვა ბიზნეს-ანალიზის მეთოდის რეალიზაცია და ბოლოს, ჩატარებული ანალიზის შედეგად მიღებული შედეგების ვიზუალიზაცია დაშორების სახით. ჩვენი ინფორმაციული საზოგადოების ბოლო წლები ხასიათდება დიდი მონაცემების წარმოშობით. დიდ მონაცემებში ძალიან ხშირად ადგილი აქვს არა სასარგებლო ინფორმაციას, მოუშადადებელი დიდი მონაცემების დამუშავების და ანალიზის პროცესში პრაქტიკულად შეუძლებელია სასარგებლო მონაცემების აღმოჩენა. ამ გარემოებამ განაპირობა ისეთი ტექნოლოგიის დამუშავება, როგორც არის Data Mining-ი, რომლის დანიშნულება არის ნედლ მონაცემებში ზუსტად იმ კანონზომიერებების და კავშირების აღმოჩენა, რომელიც დაუმუშავებლად პრაქტიკულად არ ჩანს. Data Mining-ი იყენებს თავის მეთოდებს, მისი განხორციელებისათვის აგრეთვე შემუშავდა სპეციალიზირებული პროგრამული უზრუნველყოფა. საქმე ის არის, რომ უმრავლეს შემთხვევაში BI-სისტემებში არ არის რეალიზებული Data Mining-ის ტექნოლოგია, დღეისათვის მათში ხორციელდება Data Mining-ის სისტემებში მიღებული შედეგების ვიზუალიზაცია, და მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობის BI-სისტემებში რეალიზებულია Data Mining-ის ზოგიერთი ფუნქციები. Data Mining-ის განხორციელება უადრესად მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როდესაც მონაცემებში ვერ დგინდება რაიმე კანონზომიერებები და კავშირები მონაცემებს შორის.

წინამდებარე ნაშრომი ემსახურება Data Mining-ის მეთოდების განხილვას, მისი რეალიზაციის სისტემების დახასიათებას, და Data Mining-ის ადგილის და როლის განსაზღვრას ბიზნეს-ანალიზში.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნეს-ანალიზი, Data Mining-ის როლი და სისტემები

1. შესავალი

ბიზნეს-ანალიზი დღეს ფრიად მნიშვნელოვანია და მისი ჩატარება იძლევა მრავალ უპირატესობას. პირველ რიგში, ეს არის ბიზნესის უკეთესად გაგება. კომპანიების ხელმძღვანელები თვლიან ბიზნეს-ანალიზს სტრატეგიულ ინსტრუმენტად, რომელიც უზრუნველყოფს საბაზრო ტენდენციების გამოვლენას, მოწინავე ტექნოლოგიების შეფასებას და ინოვაციური გადაწყვეტილებების რეკომენდირებას. ბიზნეს-ანალიზი იძლევა ბიზნეს გარემოს ანალიზს რითაც შესაძლებელი ხდება ისეთი ფაქტორებს გათვალისწინება, როგორც არის: ეკონომიკური, ტექნოლოგიური, ბაზრის, ნორმატიულ-უფლებრივი, სოციალურ-კულტურული

და ეკოლოგიური. ყოველივე აღნიშნული ფრიად მნიშვნელოვანია თანამედროვე საზოგადოებისათვის, რომელიც ხელმძღვანელობს მდგრადი განვითარების პრინციპებით, რომლებიც თავის მხრივ მოიცავენ ეკონომიკურ, სოციალურ და ეკოლოგიურ მიმართულებებს [1]. ბიზნეს-ანალიზი აუმჯობესებს: ურთიერთობებს, ბიზნეს-პროცესებს, გადაწყვეტილებების მიღებას კომპანიაში. ბიზნეს-ანალიზი იძლევა ისეთ შედეგებს, როგორც არის: ურთიერთქმედების გაუმჯობესებას, მოთხოვნების დადგენას და დოკუმენტირებას, პროექტების შედეგების გაუმჯობესებას, რისკების შემცირებას, ხარისხის გაუმჯობესებას, ცვლილებების დანერგვას და მართვას, ბიზნესის შესაძლებლობების განსაზღვრას. უნდა აღინიშნოს, რომ ბიზნეს-ანალიზი იყენებს ფართო სპექტრის მეთოდებს, რომლებიც გამოირჩევიან მომატებული სირთულით. ამ მეთოდების გამოყენების გაადვილების მიზნით უკვე კარგა ხანია შემუშავებულია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ცნობილია BI-სისტემების სახელით. BI-სისტემებს გააჩნიათ რთული მრავალდონიანი არქიტექტურა და ისინი ასრულებენ მრავალ ფუნქციას, კერძოდ: იღებენ მონაცემებს სხვადასხვა წყაროდან, როგორც არის მონაცემთა ბაზები, სხვადასხვა სახის ფაილები, მონაცემთა საცავები და სხვა; ასრულებენ მიღებული მონაცემების პირველად დამუშავებას და მონაცემთა საცავში განთავსებას. შემდეგ უზრუნველყოფენ OLAP-დამუშავებას. ამის მერე ახორციელებენ ბიზნეს-ანალიზის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებას. უნდა ითქვას, რომ ბიზნეს-ანალიზის მეთოდები იმდენად რთულია, რომ თითოეულ BI-სისტემაში რეალიზებულია ანალიზის არა უმეტესი 2-3 მეთოდისა. მონაცემების აღნიშნული დამუშავების შემდეგ უკვე ხორციელდება მიღებული შედეგების ვიზუალიზაცია და დაშორების სახით წარმოდგენა. მაგრამ არსებობს ერთი პრობლემა - დიდი მონაცემები. თანამედროვე წარმოებას აქვს საქმე ძალიან დიდი მოცულობის მონაცემებთან, რომლებშიც სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს სასარგებლო ინფორმაციის გამოვლენა. ზუსტად ამიტომ აქტუალური გახდა Data Mining-ის ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს დიდ მონაცემებში შაბლონების, მსგავსებების, კანონზომიერებების, კავშირების, და ასევე ანომალიების აღმოჩენას.

2. ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა მოპოვება (Data Mining) არის მონაცემთა დამუშავების პროცესი, რათა გამოვლენილ იქნას შაბლონები, მსგავსებები და ანომალიები მონაცემთა დიდ ნაკრებებში. მასში გამოიყენება სტატისტიკური ანალიზის და მანქანური სწავლების სხვადასხვა მეთოდები, რათა მონაცემებიდან ამოღებულ იქნას მნიშვნელოვანი ინფორმაცია და დასკვნები. კომპანიებს შეუძლიათ გამოიყენონ ეს დასკვნები დასაბუთებული გადაწყვეტილებების მისაღებად, ტენდენციების პროგნოზირებისთვის და ბიზნეს-სტრატეგიების გასაუმჯობესებლად.

შეიძლება ითქვას, რომ ეს პროცესი არის განუყოფელი ნაწილი ნედლი მონაცემების უზარმაზარი მოცულობის (სტრუქტურირებული, არასტრუქტურირებული და ნახევრად სტრუქტურირებული) ღირებულ ცოდნად გარდაქმნისა, რომლის საფუძველზე შეიძლება შემდგომი ქმედებების დაგეგმვა.

განიხილავენ მონაცემთა მოპოვების შემდეგ ძირითად ეტაპებს (ნახ.1) [2]:

- **ბიზნესის გაგება (Business understanding).** ეს არის მონაცემთა დამუშავების პროექტის მიზნებისა და მოთხოვნების ანალიზი, ბიზნესის თვალთახედვით. ის მოიცავს ამოცანის მასშტაბების განსაზღვრას, ძირითადი ბიზნეს-საკითხების გამოვლენას, რომლებზეც პასუხი უნდა გასცეს მონაცემთა მოპოვებამ, და ამ მიზნების მისაღწევად თავდაპირველი გეგმის ჩამოყალიბებას;

- **მონაცემთა გაგება და შეგროვება (Data understanding and collection).** ამ ეტაპზე, ხორციელდება მონაცემთა შეგროვება და შესწავლა, რათა გასაგები გახდეს ეს მონაცემები, გამოვლინდეს მათი პრობლემების ხარისხი და გამოტანილ იქნას პირველადი დასკვნები;

- **მონაცემთა მომზადება (Data preparation).** ეს ეტაპი მოიცავს ნედლი მონაცემების გაწმენდას და გარდაქმნას ანალიზისთვის შესაფერის ფორმატში. ეს პროცესი მდგომარეობს

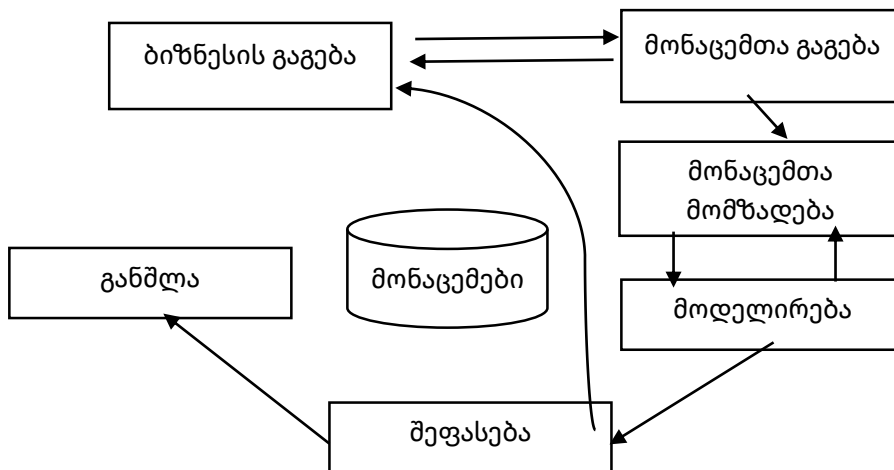
არამკაფიო მნიშვნელობების იდენტიფიცირებაში, შეუსაბამობების გადაჭრაში, მონაცემთა ნორმალიზებაში და ცვლადების პოტენციურ ტრანსფორმაციაში. მისი ამოცანაა - ნედლი მონაცემებიდან მზა მონაცემთა ბაზის მიღება შემდგომი მოდელირებისთვის.

- **მოდელირება (Modeling)**. ამ ეტაპზე შეირჩევა მათემატიკური მეთოდები, რომლებიც გამოყენებული იქნება მონაცემების დასამუშავებლად. ამ ეტაპზე უნდა განხორციელდეს სხვადასხვა ალგორითმისა და მოდელის შემოწმება, რათა გამოვლინდეს საუკეთესო მეთოდიკა ნიმუშის ამოცნობისა და პროგნოზირების მომზადებული მონაცემების საფუძველზე;

- **შეფასება (Evaluation)**. ამ ეტაპზე ტარდება მოდელის სიზუსტის, სანდოობისა და ვალიდობის შეფასება. სიზუსტის შემოწმებისას განისაზღვრება, თუ რამდენად ხშირად იძლევა მოდელი სწორ შედეგებს. სანდოობა დაკავშირებულია მოდელის შეთანხმებულობასთან: თუ მოდელი მრავალჯერ იქნება გამოიყენებული, ის ყოველ ჯერზე უნდა იძლეოდეს ერთსა და იმავე შედეგს. ვალიდურობის ტესტირება საშუალებას იძლევა გაგებულ იქნას, პროგნოზირებს თუ არა რეალურად მოდელი იმას, რაც უნდა გაკეთდეს;

- **განშლა (Deployment)**. შეიძლება მოიცავდეს როგორც ანგარიშგების, დასკვნებისა და რეკომენდაციების გენერაციას, ასევე მონაცემთა მოპოვების მოდელის ინტეგრაციას კომპანიის მოქმედ სისტემებში. ეს ბოლო ეტაპი უნდა უზრუნველყოფდეს, Data Mining-ის მიღებული დასკვნების ეფექტურად გარდაქმნას ბიზნეს სტრატეგიებში ან გადაწყვეტილებებში.

განხილული პროცესის თითოეული ეტაპი განმეორებადია, რაც ნიშნავს, რომ მოგვიანებით ეტაპებზე გამოვლენილმა აღმოჩენებმა ან პრობლემებმა შეიძლება გამოიწვიოს ადრინდელი ეტაპის გადახედვა. მისი ციკლური ბუნება უზრუნველყოფს მონაცემთა მოპოვების პროექტის უწყვეტ გაუმჯობესებას და რელევანტურობას ბიზნეს-მიზნებთან.



ნახ.1. Data Mining-ის ეტაპები

შემდეგ მოყვანილია მონაცემთა დამუშავების იმ ძირითადი მეთოდებისა და მეთოდების მოკლე დახასიათება, რომლებიც გამოიყენება Data Mining-ში [3,4]:

სტატისტიკური მეთოდები: რეგრესიული ანალიზი - გამოიყენება ცვლადებს შორის ურთიერთობის პროგნოზირებისათვის; კლასტერული ანალიზი - ეხმარება მსგავსი ობიექტების დაჯგუფებას მონაცემთა ფარული ჯგუფების აღმოჩენით;

მანქანური სწავლების მეთოდები: გადაწყვეტილების ხეები - გამოიყენება მოდელის შესაქმნელად, რომელიც წინასწარ გვთავაზობს სამიზნე ცვლადის მნიშვნელობას რამდენიმე შესასვლელი ცვლადის საფუძველზე; ნეირონული ქსელები - ეს არის რთული ალგორითმები, რომლებიც მიბაძავენ ადამიანის ტვინის მუშაობას, რათა იპოვოს რთული დამოკიდებულებები მონაცემებში;

მონაცემთა ვიზუალიზაცია: სითბური რუკები - აჩვენებენ ცვლადის სიდიდეს ფერში, რაც ამარტივებს მონაცემთა სტრუქტურის ვიზუალურად გაგებას; გაფანტვის დიაგრამები -

წარმოადგენს ორ ცვლადს შორის დამოკიდებულებას, რაც საშუალებას იძლევა ჩატარდეს დაკვირვება იმაზე, თუ როგორ მოქმედებს ერთი ცვლადი მეორეზე.

კლასიფიკაცია - ობიექტის კატეგორიის განსაზღვრა უკვე ასებული კლასიფიცირებული მაგალითების შესწავლის საფუძველზე;

ასოციაციური ანალიზი - საინტერესო და ხშირად შეხვედრადი პატერნების, წესების ან ასოციაციების გამოვლენა;

პროგნოზირება - მომავალი მოვლენების და ტენდენციების პროგნოზირება ისტორიული მონაცემების საფუძველზე;

ანომალიების გამოვლენა - უჩვეულო, გადახრების მქონე პატერნების ან მონაცემთა ობიექტების აღმოჩენა

Data Mining-ი ხორციელდება რაოდენობრივ, ხარისხობრივ ანუ კატეგორიალურ, ტექსტურ მონაცემებზე, დროით რიგებზე, სივრცობრივ ან გეოგრაფიულ მონაცემებზე, მრავალგანზომილებიან და ნაკადურ მონაცემებზე. Data Mining-ის შედეგების ვიზუალიზაციისათვის კი გამოიყენება: გრაფიკები და დიაგრამები, თბური გრაფიკები, ამონახსნების ხეები, კლასტერული რუკები, ინტერაქტიული დაშორდები, რეპორტები ტექსტურ ფორმატში.

დღეს შემუშავებულია საკმაოდ ფართო სპექტრის პროგრამები Data Mining-ის განხორციელებისათვის, შემდეგ მოყვანილია მხოლოდ ფართოდ ცნობილი სისტემების მოკლე დახასიათება [5]:

- **Weka** - მოიცავს ინსტრუმენტების ფართო ნაკრებს კლასიფიკაციისათვის, რეგრესიისათვის, კლასტერიზაციისათვის და ვიზუალიზაციისათვის;

- **RapidMiner** - მოიცავს ღრმა შესაძლებლობებს მონაცემთა ანალიზისათვის, წინასწარი დამუშავების, მოდელირებისა და შეფასების ჩათვლით;

- **Python-ი ბიბლიოთეკებით Pandas და Scikit-learn** - ერთ-ერთი წამყვანი დაპროგრამების ინსტრუმენტი Data Mining-ისათვის და გააჩნია მონაცემთა ანალიზის ფართო ბიბლიოთეკა;

- **KNIME** - ღია პროგრამული გადაწყვეტა, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა ანალიზსა და მოდელირებას ვიზუალური ინტერფეისის საშუალებით კოდირების აუცილებლობის გარეშე;

- **Tableau** - ეს გადაწყვეტა ცნობილია პირველ რიგში მონაცემთა ვიზუალიზაციის ამოცანის გადაჭრაში, მაგრამ ასევე გააჩნია უფრო ღრმა ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობა;

- **Oracle Data Mining (ODM)** - მოდული Oracle Database-ის შემადგენლობაში განკუთვნილია მანქანური სწავლების მოდელების შესაქმნელად და განშლისათვის

- **Microsoft Azure ML Studio** - გამოიყენება ღრუბლოვანი გამოთვლებში თანამედროვე ბიზნეს-გადაწყვეტილებების მისაღებად;

- **SAS Enterprise Miner** - გამოიყენება მონაცემების კორპორაციული ანალიზისთვის

- **IBM SPSS Modeler** - IBM-ის პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც იძლევა

საშუალებას აიგოს პროგნოზული მოდელები დაპროგრამების გარეშე.

როგორც ჩანს ჩამონათვალიდან, აქ ადგილი აქვს ტრადიციულ სისტემებს, სისტემებს ღია კოდით, ბიზნეს-ანალიზის სისტემებს, ღრუბლოვანი გადაჭრებს, სტანდარტულ პროგრამულ პაკეტებს და ა.შ.. მსგავსი ტიპის სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება ყოველთვის პრობლემას წარმოადგენს. Gartner-ის ანალიტიკოსების აზრით, ძირითადი მეტრიკა ეფექტიანობის შეფასებისთვის უნდა იყოს გადაწყვეტის ღირებულება და ასევე სერვისის დონის მაჩვენებლები და მომხმარებლის კმაყოფილება. ასევე შეიძლება იყოს გამოყენებული ბიზნეს-პროცესების მაჩვენებლების გაუმჯობესება, მმართველობითი გადაწყვეტილებების ხარისხის გაუმჯობესება, გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესის სრულყოფა, თანამშრომლების კმაყოფილება.

შემდეგ მოყვანილია Data Mining-ის გამოყენების მცირე ჩამონათვალი: საცალო ვაჭრობა - მყიდველების ქცევის პროგნოზირება, მარაგების მართვის ოპტიმიზაცია; ფინანსური სექტორი - რისკების შეფასება, აქციების ფასის პროგნოზირება; ჯანდაცვა - დაავადებების პროგნოზირება, საავადმყოფოს რესურსების მართვა; განათლება - სტუდენტების მოსწრების პროგნოზირება, სასწავლო კურსების და პროგრამების ანალიზი; წარმოება - პროდუქციის გამოშვების ანალიზი, რესურსების მართვა; ტელეკომუნიკაცია - დატვირთვის პროგნოზირება; მარკეტინგი და რეკლამა - ბაზრის კვლევა [6].

მონაცემთა მოპოვება შეიძლება იყოს ძალიან მომგებიანი ბიზნესისთვის. შემდეგ მოყვანილია ეს უპირატესობები [7]: *გამომუშავებს/გენერირებს* ღირებულ დაკვირვებებს, უფრო დასაბუთებული და სტრატეგიული ბიზნეს გადაწყვეტილებების მისაღებად; *საშუალებას იძლევა* ბაზრის ტენდენციებისა და მომხმარებელთა ქცევის უფრო ზუსტი წინასწარმეტყველების, რაც ხელს უწყობს პროაქტიულ ბიზნეს-დაგეგმვას; *ეხმარება* ფარული შაბლონებისა და კორელაციების გამოვლენას, რაც განაპირობებს ბაზრის დინამიკისა და მომხმარებელთა საჭიროებების უფრო ღრმა გააზრებას; *ხელს უწყობს* გამოვლენილ იქნას გადახრები და უზვეულო მონაცემთა შაბლონები, რაც გადამწყვეტია თაღლითობის გამოსავლენად და ოპერაციული უწყვეტობის შესანარჩუნებლად; *საშუალებას იძლევა* შექმნას უფრო ეფექტური და პერსონალიზებული მარკეტინგული კამპანიები, მომხმარებელთა მონაცემების ანალიზის წყალობით; *ეხმარება* პოტენციური რისკების უფრო ზუსტად შეფასებას და აღმოფხვრას. ჩამოთვლილი უპირატესობების მიუხედავად, შესაძლებელია იმ შეცდომების ჩამოყალიბება, რომელსაც შეიძლება ადგილი ქონდეს Data Mining-ის პროცესში: მოდელის გადაჭარბებული სწავლება; მონაცემთა არასაკმარისი გაგება; გამოტოვებული მონაცემების იგნორირება; დასკვნების გამოტანა არასაკმარის შერჩევაზე დაყრდნობით; დამოკიდებულება ერთ მეთოდზე; ვიზუალიზაციის მნიშვნელობის არასაკმარისი შეფასება; შეცდომები მიზეზობრივ-შედეგობრივ კავშირების წარმოდგენაში; გარე ფაქტორების იგნორირება.

დღეისათვის კარგად არის ჩამოყალიბებული Data Mining-ის მიმდინარე ტენდენციები. აქ გამოიკვეთება შემდეგი მიმართულებები: ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება - ანუ AI და მანქანური სწავლების ალგორითმების ინტეგრაცია ანალიტიკური შესაძლებლობების გასაუმჯობესებლად; რეალურ დრო - რეალურ დროში მონაცემთა ანალიტიკა სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება მრავალი ინდუსტრიისთვის, რაც ცვლილებებზე უფრო სწრაფი რეაგირების საშუალებას იძლევა; დიდი მონაცემები - უზარმაზარი მოცულობის მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი ნორმად ხდება გამოთვლითი სიმძლავრის მატებასთან ერთად; ღრუბლოვანი გადაწყვეტილებები - ღრუბლოვანი პლატფორმები უზრუნველყოფენ მოქნილობას და მასშტაბურობას მონაცემთა მოპოვებას გადაწყვეტილებების მიღებისთვის; კონფიდენციალურობა და უსაფრთხოება - გაზრდილი ყურადღება მონაცემთა დაცვასა და კონფიდენციალურობაზე. **ასევე შესაძლებელია შემდეგი სამომავლო ტენდენციების ჩამოყალიბება:**

- კვანტური გამოთვლები - მონაცემთა ანალიზისთვის კვანტური კომპიუტერების გამოყენებამ შესაძლებელია კარდინალურად შეცვალოს სფერო;
- პერსონალიზაცია მასიური მასშტაბით - პროდუქტებისა და სერვისების კიდევ უფრო დახვეწილი მორგება თითოეული ინდივიდუალური მომხმარებლისთვის;
- ეთიკური მოსაზრებები - მონაცემთა ანალიზის ეთიკურ ასპექტებზე ყურადღების გამახვილება, არა დისკრიმინაციული ალგორითმების ჩათვლით;
- ნივთების ინტერნეტთან ინტეგრაცია - IoT ტექნოლოგიებთან შეთავსება ფიზიკური სამყაროს უფრო ღრმა გაგებისა და ურთიერთქმედებისთვის;
- გადაწყვეტილების მიღების ავტონომიური სისტემები - სისტემების განვითარება, რომლებსაც შეუძლიათ დამოუკიდებლად გაანალიზონ მონაცემები და მიიღონ გადაწყვეტილებები ადამიანის ჩარევის გარეშე.

3. დასკვნა

როგორც ავლინებით, მონაცემთა მოპოვება არის დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზის პროცესი არამკაფიო, მაგრამ მნიშვნელოვანი კანონზომიერების, კავშირების, თავისებურებების და შაბლონების აღმოჩენის მიზნით. Data Mining-ის რთული ალგორითმების და მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენება იძლევა საშუალებას ორგანიზაციაში მიღებულ იქნას დასაბუთებული გადაწყვეტილებები მონაცემების საფუძველზე. შეიძლება ითქვას, რომ Data Mining-ის გარეშე ვერ ხორციელდება ბიზნეს-ანალიზი დიდი მონაცემების შემთხვევაში. მონაცემთა მოპოვების საფუძველზე მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღება იძლევა შემდეგ უპირატესობებს: ბიზნესის მიმდინარე მდგომარეობის გაგება, მომავლის პროგნოზირება, რესურსების ოპტიმიზაცია, ახალი შესაძლებლობების იდენტიფიკაცია, რეალურ დროში პრობლემებზე რეაგირება, მიღებული გადაწყვეტილებების ეფექტიანობის შეფასება.

Data Mining-ის ტექნოლოგია საზოგადოების ტექნოლოგიური პროგრესის სათავეშია, მუდმივად ვითარდება და აფართოებს თავის ჰორიზონტს. ეს არის თანამედროვე ანალიტიკური სფეროს განუყოფელი ნაწილი და ის აგრძელებს ახალი ჰორიზონტების გახსნას ბიზნესისთვის, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიებისთვის. წარმატებული ბიზნესისათვის აუცილებელია მიმდინარე ტენდენციებზე თვალყურის დევნა იმ სამომავლო შესაძლებლობებისთვის მომზადება, რომელსაც ეს სფერო სთავაზობს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. მ.თევდორაძე, მ.სალთხუციშვილი, თ.რუხაძე, თ.ჭილაძე, მ.დარჩიაშვილი. ბიზნეს-ანალიზის ინფორმაციული სისტემები სახელმძღვანელო. გამოცემა 3 (2021). 507 გვ. სტუ, თბილისი, 2017, სტუ-ს ბიბლიოთეკა CD 3769
2. **Andres Fortino, PhD.** *Data Mining and Predictive analytics for Business Decisions.* s.l. : Mercury Learning and Information LLC., 2023. ISBN: 978-1-68392675-7.
3. **Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei.** *Data Mining Concepts and Techniques Third Edition.* Waltham, USA : Morgan Kaufmann Publishers, 2012. ISBN 978-0-12-381479-1.
4. **Dimitrios Papakyriakou, Ioannis S. Barbounakis.** *Data Mining Methods: A Review.* International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 183 – No. 48, January 2022. DOI: 10.5120/ijca2022921884
5. **Holdsworth, Jim.** *What is data mining?* s.l. : IBM, 2024. <https://www.ibm.com/topics/data-mining>.
6. **Shubhnoor, Gill.** *14 Best Data Mining Tools for 2024.* s.l. : HEVO, 2024. <https://hevodata.com/learn/data-mining-tools/>.
7. **Moaiad Ahmad Khder, Ibrahim A. Abu-ALSondos, Abdullrahman Yousif Bahar.** *THE IMPACT OF IMPLEMENTING DATA MINING IN BUSINESS INTELLIGENCE.* International Journal of Entrepreneurship Volume 25, Special Issue 2, 2021 1 1939-4675-25-S2-01 Volume 25.

The Role of Data Mining in Business Analysis

Georgian Technical University

Medea Tevdoradze, Ia Giashvili, Tamar Asatiani

medeat@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

Summary

Modern business is unthinkable without business analysis. The main reason is that the business operates in the conditions of unstable and unsustainable economic, increased competition. And in order for the business to survive, be profitable, competitive and continuous, it, in addition to the use of information

technologies, definitely needs to carry out business analysis for several reasons: to determine the business needs, to detect unwanted deviations in the activity in time in order to respond to them immediately and to avoid possible deterioration. Business analysis uses quite complex methods: mathematical, statistical, economic, financial methods. Special software known as BI-systems (BI-business intelligence) has been developed for their implementation. These systems solve a wide range of tasks, such as: receiving data from various sources, their initial processing, implementation of OLAP-procedures, implementation of various business analysis methods, and finally, visualization of the results of the conducted analysis in the form of dashboards. The last years of our information society are characterized by the emergence of big data. In the mentioned big data very often, it is practically impossible to find useful data during the processing and analyzing this unprepared big data. This circumstance led to the development of such technology as Data Mining, the purpose of which is to discover exactly those regularities and connections in raw data, which practically do not appear in unprocessed data. Data Mining uses its own methods, specialized software has also been developed for its users, without which a complete business analysis cannot be carried out. The fact is that in most cases BI systems do not implement Data Mining technology, they implement the visualization of results obtained in Data Mining systems, and only a very small number of BI-systems implement some Data Mining functions. In the present paper there are discussed Data Mining methods, are characterized its implementation systems, and it is determined the place and role of Data Mining in business analysis.

Keywords: Business Analysis, Data Mining' role and systems

სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლებისთვის

დავით კაპანაძე, რუსუდან პაპიაშვილი, გიორგი თანდილაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

d.kapanadze@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge, g.tandilashvili@gtu.ge

აბსტრაქტი

ელექტრონული სწავლება თანამედროვე განათლების სისტემაში სწრაფად ვითარდება, რაც წარმოშობს სასწავლო პროცესში ახალი მეთოდებისა და ტექნოლოგიების ჩართვის საჭიროებას. პერსონალიზებული სწავლება ითვალისწინებს მოსწავლეების ინდივიდუალურ საჭიროებებს, ინტერესებსა და პრეფერენციებს, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის სწავლის პროცესის ეფექტურობას. სტატიაში განხილულია ინტელექტუალური სისტემების გამოყენებით სასწავლო ობიექტების გენერირების და მათი პერსონალიზებულ ელექტრონულ სწავლებაში იმპლემენტაციის საკითხები.

სტატიაში ასევე განხილულია აღნიშნული სისტემების დანერგვის უპირატესობების შესახებ სწავლების პერსონალიზაციაში, როგორცაა დროისა და რესურსების ოპტიმიზაცია, მოსწავლეების მოტივაციის ზრდა და განათლების ინკლუზიურობა. ყურადღება გამახვილებულია ტექნოლოგიური გამოწვევებზე, მათ შორის მონაცემთა უსაფრთხოებაზე, სისტემის სიზუსტესა და ინფრასტრუქტურულ საჭიროებებზე.

საკვანძო სიტყვები: სწავლების პერსონალიზაცია, ინტელექტუალური სისტემები, სასწავლო ობიექტები

1. შესავალი

თანამედროვე განათლების სისტემაში თანდათან ხდება ელექტრონული სწავლების დანერგვა, რაც ადამიანებს საშუალებას აძლევს, მიიღონ ცოდნა ნებისმიერი ადგილზე და ნებისმიერ დროს.

ამ პროცესს თან ახლავს მრავალი გამოწვევა, რომელთაგან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია სწავლების პერსონალიზაცია (ინდივიდუალიზაცია).

პერსონალიზებული სწავლება გულისხმობს სწავლების მეთოდებისა და ობიექტების ადაპტირებას თითოეული სტუდენტის ინდივიდუალურ საჭიროებებზე, პრეფერენციებზე, სწავლის სტილზე, ტემპზე და სტუდენტზე მორგებულ სწავლის გზებზე [1,2].

პერსონალიზებული სწავლება უზრუნველყოფს სტუდენტთა აკადემიური მიღწევების გაუმჯობესებას და მოტივაციის ზრდას, რადგან ისინი სწავლობენ ოპტიმალურ ტემპში და მეთოდებით საინტერესო და საჭირო საკითხებს.

პერსონალიზებული სწავლების დანერგვა მოითხოვს მნიშვნელოვან რესურსებს, მათ შორის ტექნოლოგიურ ინფრასტრუქტურას და კვალიფიციურ პედაგოგებს.

სწავლების პროცესში გამოიყენება დიდი რაოდენობით მონაცემები, რაც მოითხოვს მონაცემთა კონფიდენციალურობისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფას.

პერსონალიზებული სწავლების პროცესში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სასწავლო ობიექტებს, რომლებიც წარმოადგენენ სასწავლო მასალის მცირე, დამოუკიდებელ ერთეულებს, როგორცაა:

- **გრავიკული ობიექტები** - ილუსტრაციები, დიაგრამები, ინფოგრაფიკა და სხვა ვიზუალური მასალები.

- **აუდიო ობიექტები** - ლექციები, მუსიკა, ხმოვანი წიგნები და სხვა აუდიო ფაილები.

- **ვიდეო ობიექტები** - ვიდეო ლექციები, დემონსტრაციები, ანიმაციები და სხვა ვიდეო მასალები.

- **სიმულაციები** - ინტერაქტიული მოდელები, რომლებიც საშუალებას აძლევს სტუდენტებს გამოსცადონ თეორიული ცოდნა პრაქტიკაში.

- **კვლევითი აქტივობები** - დავალებები, პროექტები, რომლებიც მოითხოვენ სტუდენტებისგან აქტიურ მონაწილეობას სწავლის პროცესში და სხვა ნებისმიერი ფორმატი, რომელიც ხელს უწყობს სწავლის პროცესს.

ხელოვნური ინტელექტის განვითარებასთან ერთად, შესაძლებელი გახდა სასწავლო ობიექტების შექმნის პროცესი გახდეს ავტომატიზებული, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის სწავლების ეფექტურობას და პერსონალიზაციის დონეს.

დღეისათვის პერსონალური სწავლების სასწავლო ობიექტების გენერირებისთვის გამოიყენება ინტელექტუალური სისტემები, რომლებიც დაფუძნებულია ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანური სწავლების ალგორითმებზე, რაც წარმოადგენს თანამედროვე ტექნოლოგიურ სიახლეს განათლების სფეროში [3]. ისინი განკუთვნილია იმისთვის, რომ ხელი შეუწყოს პერსონალიზებულ სწავლებას, გაამარტივოს სასწავლო პროცესები და გააუმჯობესოს განათლების ეფექტურობა.

2. ძირითადი ნაწილი

პერსონალიზებულ სწავლებაში ინტელექტუალური სისტემების დანერგვა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს **მონაცემთა ანალიზი** - სისტემა სწავლობს სტუდენტის პროფილს, რომელიც მოიცავს მის ცოდნის დონეს, ინტერესებს და სასწავლო მიზნებს. ახდენს **ობიექტების გენერირებას** - რომლებიც ადაპტირებულია სტუდენტის პრეფერენციებზე. სისტემის **უკუკავშირს** შეუძლია მოსწავლის პროგრესის შეფასება და შესაბამისი რეკომენდაციების შემუშავება.

პერსონალიზებულ სწავლებაში ინტელექტუალური სისტემების დანერგვისას არსებობს მთელი რიგი პრობლემები და გამოწვევები, როგორცაა მაგალითად, მონაცემთა უსაფრთხოება, ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურა, სასწავლო მასალის სიზუსტე და ხარისხი და სხვა.

თავის მხრივ სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემა წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომელიც მოითხოვს კარგად გააზრებულ არქიტექტურას. ამ

არქიტექტურაში განსაზღვრული უნდა იყოს სისტემის სხვადასხვა კომპონენტები და კომპონენტებს შორის ინტერფეისები. სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემის არქიტექტურა უნდა იყოს მოქნილი და ადაპტირებადი სხვადასხვა საჭიროებებზე. ასეთი სისტემების განვითარება წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნაბიჯს სწავლების პერსონალიზების ხარისხის ამაღლების მიმართულებით.

წარმოადგენთ სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემის ერთ-ერთი შესაძლო არქიტექტურას, რომელიც შეიძლება შედგებოდეს შემდეგი ძირითადი კომპონენტებისგან:

მონაცემთა ბაზა - სტუდენტების მონაცემები (პროფილი, სწავლის შედეგები, პრეფერენციები); **სასწავლო ობიექტების მეტა მონაცემები** (შინაარსი, სირთულე, ტიპი, კავშირები სხვა ობიექტებთან); **სასწავლო პროგრამის მონაცემები** (სწავლის მიზნები, თემები, კურსის სტრუქტურა).

მოდელების რეპოზიტორი - მანქანური სწავლების მოდელები (სარეკომენდაციო მოდელები კოლაბორაციული ფილტრაცია, შინაარსზე დაფუძნებული რეკომენდაცია); ტექსტის გენერირების მოდელები (RNN, Transformer); კლასიფიკაციის მოდელები (სტუდენტის ცოდნის დონის განსაზღვრა, სასწავლო ობიექტების კატეგორიზაცია).

ინტერფეისი - მომხმარებლის ინტერფეისი (პედაგოგისთვის და სტუდენტისთვის განკუთვნილი ინტერფეისი, რომლის მეშვეობითაც ხდება სისტემასთან ურთიერთქმედება); API - სხვა სისტემებთან ინტეგრაციისთვის.

სასწავლო გზის გენერირების მოდული - საწყის მონაცემებზე იღებს სტუდენტის პროფილს, სასწავლო მიზნებს და იყენებს რეკომენდაციის მოდელებს ოპტიმალური სასწავლო გზის შესაქმნელად.

სასწავლო ობიექტების გენერირების მოდული - იღებს საწყის სასწავლო მიზანს და შინაარსის მოთხოვნებს. იყენებს ტექსტის გენერირების მოდელებს ახალი სასწავლო ობიექტის შესაქმნელად. სტუდენტის დონისა და პრეფერენციების შესაბამისად ადაპტირდება შექმნილი სასწავლო ობიექტი.

3. დასკვნა

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ სასწავლო ობიექტების გენერირების ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება წარმოადგენს საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების განვითარების პერსპექტიულ მიმართულებას. მათი საშუალებით შესაძლებელი გახდება შეიქმნას უფრო პერსონალიზებული, ეფექტური და მოსახერხებელი სწავლის გარემო. თუმცა, ამ მიზნის მისაღწევად საჭიროა გადაიჭრას მრავალი გამოწვევა, რომლებიც დაკავშირებულია მონაცემთა ხარისხთან, მოდელების სირთულესთან, ინტერფეისის დიზაინთან და ეთიკურ ასპექტებთან.

ლიტერატურა

1. თანდილაშვილი გ., კაპანაძე დ., ჟვანია თ., (2023 წ). ელექტრონული სწავლების პერსონალიზაციის კლასიფიკაციის ასპექტები. სტუ, საერთაშორისო კონფერენცია “თანამედროვე გამოწვევები და მიღწევები ინფორმაციულ და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებში. გვ. 199-207
2. TandilaSvili G., Kapanadze D., Zhvania T., Kiknadze M. (2024). Analysis and Classification of Factors Contributing to Personalization in E-learning. Association For Science “Georgian Scientists”, Georgia, Vol. 6 No. 1
<https://doi.org/10.52340/gs.2024.06.01>
3. Mohana and Aradhya, R.H.V. (2019). “Object Detection and Tracking using Deep Learning and Artificial Intelligence for Video Surveillance Applications”. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 12, 2019 pp 517-530

Development of an Intelligent System for Generating Learning Objects in Personalized E-Learning

Kapanadze David, Papiashvili Rusudan, Tandilashvili George

Abstract. E-learning is rapidly developing in the modern education system, creating the need to incorporate new methods and technologies into the learning process. Personalized learning takes into account students' individual needs, interests, and preferences, which significantly increases the effectiveness of the learning process. The article discusses the generation of learning objects using intelligent systems and their implementation in personalized e-learning.

In the article, there are discussed the advantages of implementing the systems in the learning personalization, such as optimization of time and resources, increased student motivation, and educational inclusivity. The attention is focused on technological challenges, including data security, system accuracy, and infrastructural needs.

Key words: Learning Personalization, Intelligent Systems, Learning Objects