



სამეცნიერო შრომათა კრებული

ARTICLES OF THE CONFERENCE

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
Georgian Technical University

International Scientific and Practical Conference "Innovations and Modern Challenges 2022" dedicated to the 100th anniversary of the Georgian Technical University and the 65th anniversary of the Faculty of Informatics and Control Systems



საქართველო, თბილისი
Georgia, Tbilisi
18-19 ნოემბერი 2022

საქართველო, თბილისი
18-19 ნოემბერი, 2022 წელი

საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „ინოვაციები და თანამედროვე გამოწვევები - 2022“

კონფერენციის საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტი:

თავმჯდომარე: პროფესორი დავით გურგენიძე, რექტორი

თანათავმჯდომარე: პროფესორი ლევან კლიმიაშვილი

თანათავმჯდომარე: პროფესორი თამარ ლომინაძე

წევრები:

საქართველო

პროფესორი ზ. გასიტაშვილი, პროფესორი კ. კოპალიანი, პროფესორი თ. წერეთელი, პროფესორი დ.

მახვილაძე, პროფესორი ნ. ლომინაძე, პროფესორი რ. ხუროძე, პროფესორი ა. ფრანგიშვილი, პროფესორი ზ.

აზმაიფარაშვილი, პროფესორი მ. ახობაძე, პროფესორი ა. გიგინეიშვილი, პროფესორი მ. თევდორაძე, პროფესორი ლ.

იმნაიშვილი, პროფესორი ქ. კოტრიკაძე, პროფესორი დ. ნატროშვილი, პროფესორი გ. სურგულაძე, პროფესორი ი.

ქართველიშვილი, პროფესორი მ. ქურდაძე, პროფესორი მ. ჩხაიძე, პროფესორი ზ. ლურწყავია, პროფესორი თ. ცაბაძე

გერმანია

- პროფესორი მარიო ნოიგებაუერი (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, დრეზდენი)

- პროფესორი დომენიკ შტოფელი (ტექნიკური უნივერსიტეტი, კაიზერსლაუტერნი)

- პროფესორი რობერტ მანცკე (გამოყენებით მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, კილი)

იტალია:

- ასოც. პროფესორი ნიკოლა ჯაკუინტო (ბარის პოლიტექნიკური უნივერსიტეტი, ბარი)

- პროფესორი მარიანტონიეტა ფიორე (ფოჯის უნივერსიტეტი; ფოჯა)

- ასოც. პროფესორი ანტონინო გალატი (პალერმოს უნივერსიტეტი, პალერმო)

საბერძნეთი:

- პროფესორი კონსტანტინოს ბარლასი (საბერძნეთის დასავლეთ ატიკის უნივერსიტეტი)

უნგრეთი:

- პროფესორი იანოშ შტრიკი (დებრეცენის უნივერსიტეტის)

პოლონეთი:

- პროფესორი კუმიშტოფ როკოში (კოშალინის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი, კოშალინი)

- ასოც. პროფესორი ვიტალი ბონდარიევი (ლუბლინის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი)

ესპანეთი

- ასოც. პროფესორი მანუელ ბარიო (ვალადოლიდის უნივერსიტეტი)

ინგლისი:

- პროფესორი დევიდ კოლინზი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)

- პროფესორი რიჩარდ ჰუგტენბურგი (სუონსის უნივერსიტეტი, უელსი)

- პროფესორი ფილიპა ჩეპმენი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)

- დოქტორი დანილა პრიკაზჩიკოვი (ტექნიკური უნივერსიტეტის, კილი)

თურქეთი:

- პროფესორი მურატ სარი (სტამბოლის ტექნიკური უნივერსიტეტი, სტამბოლი)

ბელგია:

- პროფესორი მაკა დე ლამაიორი (ლიოვენის კათოლიკური უნივერსიტეტი და საუნივერსიტეტო კოლეჯი ვივეს)

კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტი:

თავმჯდომარე: დავით ოქიტაშვილი

წევრები: პროფესორი დ. კაპანაძე, პროფესორი ზ. ცირამუა, პროფესორი დ. ხვედელიანი, ზ. ბუაჩიძე, პროფესორი ნ.

ოთხოზორია, პროფესორი თ. კაიშაური, პროფესორი ლ. პეტრიაშვილი, პროფესორი ლ. ხეთაგური, პროფესორი მ.

კიკნაძე, პროფესორი ი. ხომერიკი, პროფესორი თ. ჟვანია, პროფესორი ბ. შანშიაშვილი, პროფესორი ს. შავგულიძე,

პროფესორი ო. ზუმბურიძე, პროფესორი თ. მინაშვილი, პროფესორი გ. ილურიძე, პროფესორი ლ.

გოჩიტაშვილი, პროფესორი ი. დიდმანიძე, ასოც. პროფესორი მ. ჩიხრაძე, ასოც. პროფესორი ნ. თოფურია, ასოც.

პროფესორი ე. ბოჭორიძე, ასოც. პროფესორი ე. გვარამია, ასისტ. პროფესორი ნ. ყიჟილაშვილი, ასოც. პროფესორი ა.

კეკელიძე, ასოც. პროფესორი რ. პაპიაშვილი, მ. ზვიადაძე, ე. პაპავა, ნ. ბერიაშვილი, ა. ქიმაძე, მ. დვალაძე, ა. გერგაული.

ISBN 978-9941-28-944-6



გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023
Publishing House “Technical University”, 2023

International Scientific committee of the conference:

Chairman: *Professor David Gurgenidze, Rector*

Co-chairman: *Professor Levan Klimiashvili (Vice-rector)*

Co-chairman: *Professor Tamar Lominadze (Dean)*

Members:

Georgia

Professor Z. Gasitashvili, Professor K. Kopaliani, Professor T. Tsereteli, Professor D. Makhviladze, Professor R. Khurodze, Professor N. Lominadze, Professor A. Prangishvili, Professor M. Akhobadze, Professor Z. Azmaifarashvili, Professor M. Chkhaidze, Professor Z. Ghurtskaya, Professor A. Gigineishvili, Professor L. Imnaishvili, Professor I. Kartvelishvili, Professor Kotrikadze, Professor M. Kurdadze, Professor D. Natroshvili, Professor G. Surguladze, Professor M. Tevdoradze, Professor T. Tsabadze

Germany

- Professor Mario Neugebauer (University of Applied Sciences, Dresden)
- Professor Domenic Stoffel (Technical University, Kaiserslautern)
- Professor Robert Manzke (University of Applied Sciences, Kiel)

Italy

- Assoc. Professor Nicola Giaquinto (Polytechnic University of Bari, Bari)
- Professor Mariantonietta Fiore (The University of Foggia, Foggia)
- Assoc. Professor Antonino Galati (University of Palermo, Palermo)

Greece

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

Hungary

- Professor Janosz Strik (University of Debrecen)

Poland

- Professor Krzysztof Rokosz (Koszalin University of Technology, Koszalin)
- Assoc. Professor Vitaly Bondariev (Lublin University of Technology)

Spain

- Assoc. Professor Manuel Barrio (University of Valladolid)

England

- Professor David Collins (Technical University, Keele)
- Professor Richard Hugtenburg (Swansea University, Wales)
- Professor Philippa Chapman (University of Technology, Keele)
- Dr. Danila Prikazchikov (Technical University, Kiel)

Turkey

- Professor Murat Sari (Istanbul Technical University, Istanbul)

Belgium

- Professor Dr. Ir. Maka De Lameillieure KU Leuven (Katholieke Universiteit Leuven) and VIVES University College

Conference Organizing Committee:

Chairman: Davit Okitashvili

Members: Professor D. Kapanadze, Professor D. Khvedeliani, Professor Z. Tsiramua, Z. Buachidze, Professor N. Otkhozoria, Professor T. Kaishauri, Professor L. Petriashvili, Professor L. Khetaguri, Professor M. Kiknadze, Professor I. Khomerik, Professor T. Zhvania, Professor B. Shanshiashvili, Professor S. Shavgulidze, Professor O. Zumburidze, Professor T. Minashvili, Professor G. Iluridze, Professor L. Gochitashvili, Professor I. Didmanidze, Assoc. Professor M. Chikhradze, Assoc. Professor N. Topuria, Assoc. Professor E. Gvaramia, Asst. Professor N. Zhizhilashvili, Assoc. Professor A. Kekenadze, Assoc. Professor R. Papiashvili, M. Zviadadze, E. Papava, N. Beriashvili, A. Kimadze, M. Ghvaladze, A. Gergauli.

ISBN 978-9941-28-944-6



გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023
PublishingHouse “Technical University”, 2023

სარჩევი – Contents

➤ გია სურგულაძე – ინფორმატიკის ინოვაციური დიდაქტიკა: 100 წიგნი - 100 წლის იუბილესთვის (ისტორია და რეალობა) // Gia Surguladze - Innovative Didactics of Computer Science: 100 Books for the 100th Anniversary (History and Reality)	11
➤ ოლეგ ნამიჩეიშვილი, ჟუჟუნა გოგიაშვილი – ღრმა სწავლების უახლეს ტენდენციათა მიმოხილვა // Oleg Namicheishvili, Zhuzhuna Gogiashvili. An Overview of the Latest Trends in Deep Learning	17
➤ სულხან ხუციშვილი, ზურაბ გასიტაშვილი, მაკა ხართიშვილი – ინოვაციური პროცესის სტადიებზე გადასაწყვეტი მართვის ამოცანების ანალიზი და მოდელირება //	21
➤ ჰენრი კუპრაშვილი – ინფორმატიკის და სოციალურ მეცნიერებათა დიალექტიკა // Henri Kuprashvili. Dialectics of Informatics and Social Science	26
➤ ირინა ხომერიკი, ნანა ნოზაძე, ზურაბ მოდებაძე - დიდ მონაცემთა დამუშავების ეტაპები და ანალიზი // Irina Khomeriki, Nana Nozadze, Zurab Modebadze. Stages of Big Data Processing and Analysis	30
➤ Janos Sztrik - Innovation in IT-Education – Foundation of Innovation // იანოშ შტრიკი. ინოვაცია IT განათლებაში – ინოვაციების საფუძველი	34
➤ Tamar Lominadze, Lily Petriashvili, Taliko Zhvania - Automated clustering of NoSQL databases using an artificial intelligence algorithm // თამარ ლომინაძე, ლილი პეტრიაშვილი, თალიკო ჟვანია. NoSQL მონაცემთა ბაზის ავტომატური კლასტერირება ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმის გამოყენებით	40
➤ ქეთევან კვესელავა, ირაკლი ბოჭორიშვილი, ლევან ჯიქიძე - რატომ ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედება ? // Ketevan Kveselava, Irakli Bochorishvili, Levan Jikidze. Why Human-Computer Interaction ?	45
➤ Fiore Mariantonietta, Zumburidze Otar, Adamashvili Nino - Leveraging Blockchain Technology to Meet SDGs	50
➤ ზურაბ გასიტაშვილი, მზია კიკნაძე, ნინო წიკლაური - რეგიონის მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი და მეთოდოლოგია // Zurab Gasitashvili, Mzia Kiknadze, Nino Tsiklauri. Analysis and Methodology of Factors Affecting the Sustainable Development of the Region	51
➤ ოთარი შონია, ლოლიტა ბეჟანიშვილი, ლუკა შონია - კიბერუსაფრთხოების გამოწვევების შესახებ // Otari Shonia, Lolita Bejanishvili, Luka Shonia. About the Cybersecurity Challenges	55
➤ ნუგზარ ამილახვარი - ფუნქციურ-სისტემური მიდგომა პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობის განსამტკიცებლად // Nugzar Amilakhvari . Functional-Systemic Approach to Ssoftware Reliability Assurance	59
➤ დალი მაგრაქველიძე - რისკების მართვის პრობლემები პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებაში // Dali Magrakvelidze. Risk Management Problems in Software Development	61
➤ თეიმურაზ სუხიაშვილი - ბიზნეს-პროცესების მოდელირების საშუალებები მართვის სისტემების ასაგებათ // Teimuraz Sukhiashvili. Business process modeling tools for building management systems	64
➤ ნინო თოფურია, დემურ სიჭინავა, თინათინ ხატიაშვილი ინფორმაციის უსაფრთხოების დაცვა ორგანიზაციის ციფრული ტრანსფორმაციის დროს // Nino Topuria, Demur Sichinava, Tinatin Khatiashvili. Protection of Information Security in the Digital Transformation of the Organization	68
➤ Marika Tatishvili, Inga Samkharadze, Ana Palavandishvili - Big Data in Dangerous Hydrometeorological Events	71
➤ Ibraim Didmanidze, Vladimir Zaslavski, Gregory Kakhiani, Anry Paghava - Using the ANN overlearning mechanism for classification and training on labeled data	76
➤ ოთარ შონია, რატი მასურაძე, ირაკლი ჯამატაშვილი - ლოკალური ქსელების კვლევა უსაფრთხოების კრილში // Otari Shonia, Rati Maisuradze, Irakli Jamatashvili . Security of Local Networks	78

➤ ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, თემურ მდივნიშვილი - ლარის კურსის ცვლილების დინამიკა 2012-2021 წლებში // Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Temur Mdivnishvili . The Dynamics of the Exchange Rate of GEL in 2012-2021	82
➤ ნოდარ ლომინაძე, გიორგი ბარკავა, რუსუდან ჰაკიაშვილი - ქსელურ კომუნიკაციებში უსაფრთხოების პროტოკოლების დამუშავებასა და გავრცელებასთან დაკავშირებული პრობლემები // Nodar Lominadze, Giorgi Barkava, Rusudan Papiashvili. Problems Related with the Development and Distribution of Security Protocols in Network Communications	85
➤ ოთარ შონია, მიქაელ მალანია, ლუკა შონია - კვლევა ღრუბლოვანი სივრცეების უსაფრთხოებასა და გამოწვევებზე // Otar Shonia, Mikael Malania, Luka Shonia. Research on the Security and Challenges of Cloud Spaces	91
➤ ეკატერინე პაპავა, თამარ ლომინაძე, მირანდა ღვალაძე - API ტესტირების ინსტრუმენტების გამოყენების პრაქტიკა SEO ოპტიმიზაციაში // Ekaterine Papava, Tamar Lominadze, Miranda Gvaladze. Practice using API testing tools in SEO optimization	96
➤ Nana Ebelashvili, Eteri Uturashvili, Inessa Kekelidze - Biologically active substances in juices produced from red grape varieties via innovative technology of enrichment in phenolic substances // ნანა ებელაშვილი, ეთერი უთურაშვილი, ინესა კეკელიძე. წითელყურძნიანი ჯიშებიდან ფენოლური ნივთიერებებით გამდიდრების ინოვაციური ტექნოლოგიით დამზადებული წვენების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები	103
➤ ნუგზარ ყოჩიაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი - მონაცემთა ცენტრის არქიტექტურის აგება და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა // Nugzar Kochiashvili, Joseb Kartvelishvili. Building a Data Center Architectur and Security	107
➤ მარინა მესხია - ჰაერის ნაკადების მართვა სამედიცინო დაწესებულებებში // Marina Meskhia. Airflow paths in healthcare facilities	110
➤ ალბერტ მირიანაშვილი, გულნარა ჯანელიძე - პანდემიასთან დაკავშირებული მონაცემების ინტეგრირება და ანალიზი // Albert Mirianashvili, Gulnara Janelidze. Integrating and Analyzing Pandemic-Related Data	114
➤ არჩილ ფრანგიშვილი, ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი - ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ეფექტურობის შეფასება // Archil Prangishvili, Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili. Evaluation of the effectiveness of a remote laboratory experiment	118
➤ მარინა ქურდაძე, გივი მურჯიკნელი, გედევან მურჯიკნელი - სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ფიზიკური სტრუქტურის ფუნქციონირებისა და შეფასების ძირითად კრიტერიუმთა ფორმულირება // Marina Kurdadze. Givi Murjikneli. Gedevan Murjikneli. Formulation of the Main Criteria for the Functioning and Assessment of the Physical Structure in Telecommunication Networks	123
➤ Besarion Shanshiashvili - Parameter Identification Of Nonlinear System Using Linear Model With Nonlinear Feedback // ბესარიონ შანშიაშვილი. არაწრფივი სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაცია არაწრფივი უკუკავშირისანი წრფივი მოდელის გამოყენებით	127
➤ ნონა ოთხოზორია, შორენა ხორავა - საინჟინრო პრაქტიკაში პრობლემების გადაწყვეტისთვის ოპტიმიზაციის მათემატიკური მეთოდების შერჩევა // Nona Otkhozoria, Shorena Khorava. Choice of Mathematical Optimization Methods for Solving Problems of Engineering Practice	132
➤ ნორა ჯალიაბოვა - დახურული სივრცის გარემოს ნეგატიური მდგომარეობის მართვა ადამიანის ორგანიზმზე მისი ზემოქმედებით გამოწვეული დაავადებების რისკის შესამცირებლად // Nora Jaliabova. Management of the Negative State of the Closed Environment to Reduce the Risk of Diseases Caused by its Impact on the Human Body	138
➤ ქეთევან კოტრიკაძე - ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდი მართვის თეორიაში // Ketevan Kotrikadze. The Root Locus Method in Control Theory	142

- გელა ყიფიანი, ნინო ჩორხაული, გოჩა ბაძგარაძე - ბზარების მქონე ფირფიტოვანი კონსტრუქციის გაანგარიშება მდგრადობაზე, ალგორითმი და პროგრამა // Gela Kifiani, Nino Chorkhauri, Gocha Badzgaradze. Calculation of of Having Cracks Lamellar Structure on Sustainability, Algorithm and Program 146
- ილია ბაჯელიძე, გივი მურჯიკნელი - რეალურ ქსელში მომხმარებლის ტერმინალის ჰენდოვერების პროცესის ოპტიმიზაცია ადაპტიური ალგორითმის გამოყენებით // Ilia Bajelidze, Givi Murjikneli. Optimization of User Terminal Handover Process in Real Network Using Adaptive Algorithm 151
- ბესიკ ბერიძე, მიხეილ დონაძე - ქცევით მეთოდზე დაფუძნებული ქსელური შეტევების გამოვლენის ერთ-ერთი მიდგომის შესახებ // Besik Beridze, Mikheil Donadze. On One Approach to Network Attack Detection Based on Behavioral Method 156
- ლუკა ქემოკლიძე, ოთარ ზუმბურიძე - მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია და 4IR ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიები ინდუსტრიისთვის // Luka Kemoklidze, Otar Zumburidze. The Fourth Industrial Revolution and 4ir ICT Technologies for Industry 159
- ტოლია (უტა) კილასონია - შეტყობინების სისტემა მეწყერსაშიში ზონებისათვის // Tolia (Uta) Kilasonia. Notification System for Landslide Prone Areas 161
- ირაკლი სტეფნაძე, ზაალ აზმაიფარაშვილი, მარინე ქოზაშვილი - სიტუაციური მართვა აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე კონტროლერის საშუალებით // Irakli Stepnadze, Zaal Azmaiparashvili, Marine Kozashvili. Situational Control Using a Controller with Acoustic Voice Function 165
- მარინა ქოზაშვილი, გურამ მურჯიკნელი, გივი მურჯიკნელი - სათავსოში ტემპერატურის, ტენიანობის და ვენტილაციის ავტომატური მართვის სისტემა // Marina Kozashvili, Guram Murjikneli, Givi Murjikneli. Automatic Temperature, Regulation of Humidity and Ventilation of the Sstorage Room 168
- გიორგი კირცხალია, ივანე მაკასარაშვილი, გურამ აჭარაძე - საკომუნიკაციო ქსელის არხების სივრცული გამოყენებადობა 802.11ax უსადენო გადაცემაში // Giorgi Kirtskhalia, Ivane Makasarashvili, Guram Acharadze. Spatial Availability of Communication Network Channels in 802.11ax Wireless Transmission 171
- თამარ მენაბდე, ვანო ოთხოზორია, ნიკა შარაშენიძე - მართვის, კონტროლის და მონიტორინგის ჩაშენებული სისტემები // Tamar Menabde, Vano Otkhozoria, Nika Sharashenidze. Embedded Management, Control and Monitoring systems 175
- მიხეილ დარჩაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი □ ვირტუალური კერძო ქსელის (VPN) გამოყენების უპირატესობანი, სხვადასხვა პროტოკოლების აღწერა და მათი კლასიფიკაცია // M. Darchashvili, J. Kartvelishvili, M. Okhanashvili. Advantages of Using a Virtual Private Network (VPN), Description of Different Protocols and their Classification 178
- ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია, ეკატერინე ბოჭორიძე - კომპიუტერის არქიტექტურის მოდიფიცირება GALS ინტერფეისის საფუძველზე // A.Benashvili, E. Gvaramia, E. Bochoridze. Modification of the Computer Architecture Based on the Gals Interface 181
- თამარ ქოზაშვილი - კვების პროდუქტებში ნიტრატ-იონების კონცენტრაციის დამდგენი მოწყობილობისათვის PN პარამეტრის გამოთვლის ალგორითმისა და მუშა ფორმულების შემუშავება // Tamar Kozashvili. Development of the PN Parameter Calculation Algorithm and Working Formulas for the Device for Determining the Concentration of Nitrate Ions in Food Products 186
- მედეა თევდორაძე, ანა გერგაული, თამთა რუხაძე - ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება ორგანიზაციის საქმიანობაში // Medea Tevdoradze, Ana Gergauli, Tamta Rukhadze. Artificial Intelligence Methods Usage in an Organization's Activity 190
- ქეთევან მძელური, ილია მოსაშვილი, ნონა ოთხოზორია - ბლოკჩეინი IoT აპლიკაციებისთვის: გამოწვევები და მომავალი კვლევის მიმართულებები // Ketevan Mdzeluri, Ilia Mosashvili. Blockchain iot Applications: Challenges and Future Directions 194

- ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარ ნარიმანაშვილი, ნათია ჭინჭარაული - მართვის განაწილებულ-პარამეტრებიანი ობიექტების კომპიუტერული მოდელირება // Nino Mchedlishvili, Nodar Narimanashvili, Natia Tchintcharauli. Computer Modeling of Control Objects with Distributed Parameters 197
- ლევანი ჯულაკიძე, ზურაბ ქოჩლაძე, თინათინ კაიშაური - ახალი სიმეტრიული ბლოკური შიფრის აგების შესაძლებლობა // Levani Julakidze, Zurabi Kochladze, Tinatini Kaishauri. Ability to Build a New Symmetric Tweakable Block Cipher 202
- ვანო ოთხოზორია, ეკა ახლოური, ქეთევან მძელური - თანამედროვე სენსორული ქსელების მუშაობის ხარისხის მაჩვენებლების შეფასება // Vano Otkhozoria, Eka Akhlouri, Ketevan Mdzeluri. Assessment of Performance Indicators of Modern Sensor Networks 207
- რევაზ კაკუბავა, ნანი სალია, ვაჟა გიორგაძე - ახალი მეთოდი სტოხასტური სისტემების მათემატიკურ მოდელირებაში // Revaz Kakubava, Nani Salia, Vazha Giorgadze. New Methods of Stochastic Systems in Mathematics Modeling 212
- ლევან იმნაიშვილი, მედეა თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი - საგანმანათლებლო პროგრამის PDCA ციკლის ბიზნეს-პროცესების დამუშავება // Levan Imnaishvili, Medea Tevdoradze, Maia Saltkhutsishvili. Development of Business Processes of Educational Program PDCA Cycl 216
- Tamaz Minashvili, Giorgi Iluridze, Ketevan Davitadze – Gold nanoclusters on the InP(001) surface: preparation, characterization, surface localized plasmons 220
- Levan Chkhartishvili, Shio Makatsaria, Nika Gogolidze - Boron-Containing Fine-Dispersive Composites for Neutron-Therapy and Shielding 222
- მარიამ წიკლაური - კვანტური ბიოლოგიის თანამედროვე მიღწევები // Mariam Tsiklauri. Modern Advances in Quantum Biology 228
- ანა ფიცხელაური, ირინე გოცირიძე, რამაზი ესვანჯია - რადიაციული გაზომვების როლი დენტალურ პრაქტიკაში // Ana Pitskhelauri, Irine Gotsiridze, Ramazi Esvanjia. Role of Radiological Measurements in Dental Practice 232
- ავთანდილ ბიჩნიგაური, ოთარ შონია, თინათინ კაიშაური. კიბერსაფრთხეების იდენტიფიცირების მიზნით საეჭვო დომენური დასახელებების გამოვლენა CTL ტექნოლოგიის გამოყენებით // Avtandil Bichnigauri, Otar Shonia, Tinatin Kaishauri. Identifying Suspicious Domains Using CTL Technology to Proactively Prevent Ccyber Threats 235
- ლოლიტა ბაჟანიშვილი, მზიანა ნაჭყებია, ზებურ ბერიძე - პროგრამული პროექტების მართვის პროცესების მოდელირება პრეცედენტებზე დაფუძნებული ადაპტაციის მექანიზმების გამოყენებით // Bejanishvili Lolita, Nachkebia Mziana, Beridze Zebur. Software Project Management Processes Simulation Using Precedent-Based Adaptation Mechanisms 239
- ლალიტა დარჩიაშვილი, მანანა წულუკიძე, ზურაბ ჩაჩხიანი - UFe₂ ნაერთის მაგნიტური თვისებები // Lalita darchiashvili, Manana Tsulukidze, Zurab Chachkhiani. Magnetic Properties of UFe₂ Compound 244
- მედეა თევდორაძე, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი - BI-სისტემების თანამედროვე მდგომარეობა და მომავალი ტენდენციები // Medea Tevdoradze, Ia Giashvili, Tamar Asatiani. Current State and Future Trends of BI-Systems 247
- ომარი ბურდიაშვილი, ირაკლი გორდიაშვილი - საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის კომპიუტერული მოდელირება // Omari Burdiashvili, Irakli Gordiashvili. Computer Modeling of the Georgian Electric Power System 252
- ნატალია გაბაშვილი, თამარ გაბაშვილი, ლიზი კენჭოშვილი - ჭკვიანი კონტრაქტები // Natalia Gabashvili, Tamar Gabashvili, Lizi Kenchoshvili. Smart Contract 255
- მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ყარამან ფალავა - იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელების საფუძველზე // Maia Mikeladze, Dimitri Radzievski, Karaman Pagava. Development of an Intelligent System for Diagnosing Rare Diseases Based on Cause-and-Effect Semantic Networks 260

- ინგა აბულაძე, ნანა მაღლაკელიძე - ხელოვნური ინტელექტის როლი საგანმანათლებლო პროცესის ეფექტურობისათვის // Abuladze Inga, Nana Maglakelidze, The role of artificial intelligence for the effectiveness of the educational process **264**
- ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ბესარიონ ციხელაშვილი - Excel 2021-ის ახალი შესაძლებლობები // Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Besarion Tsikhelashvili. New features of Excel 2021 **267**
- მაია მალაკმაძე, ანა ჯიქია, მარინა ქურდაძე - სატრანსპორტო დარგში ქვესამსახურების მართვის ოპტიმიზაციის მოდელი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით // Maya Malakmadze, Ana Jikia, Marina Kurdadze. Optimization Model of Sub-service Management in the Field of Transport using IT **271**
- Mimoza Ristova - Future Research Infrastructure and Particle Therapy Center for the Balkans – SEEIIST (Benefits for the region) **275**
- მზია ცირეკიძე, შორენა დეკანოსიძე - მრავალიონიზირებული ატომების სპექტრების თეორიული ანგარიში // Mzia Tsirekidze, Shorena Dekanosidze. A theoretical account of the spectra of multiple ionized atoms **276**
- დავით კაპანაძე, თეა თოდუა, სიდონია ჟიჟილაშვილი - ელექტრონული მმართველობა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი // Davit Kapanadze, Tea Todua, Sidonia Zhizhilashvili. E-government and analysis of factors affecting it **279**
- ჯემალ გრიგალაშვილი, ელზა იმნაძე, ვახტანგ ჩანთაძე - ანიმატრონიკული ეფექტორის დამუშავება გრაფიკული დაპროგრამების გარემოში // Jemal Grigalashvili, Elza Imnadze, Vakhtang Chantadze. Animatronic effector processing in a graphical programming environment **284**
- ვახტანგ ტაბატაძე - ფილმის მომგებიანობის პროგნოზირება ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით // Vakhtang Tabatadze. Movie box office profitability prediction using artificial intelligence **289**
- გელა ღვინეაძე, ნინო ჯოჯუა, ანა ბუზალაძე - „შემოქმედებითი აზროვნების საფუძვლების“ საგნის სწავლებისათვის // Gela Ghvinepadze, Nino Jojua, Anna Buzaladze. "Fundamentals of Creative Thinking" for teaching an academic course **292**
- ია გიაშვილი, მარიამ ბიძინაშვილი - ბიზნეს-პროცესების ოპტიმიზაცია, როგორც ორგანიზაციის ფუნქციონირების ეფექტიანობის საფუძველი // Ia Giashvili, Mariam Bidzinashvili. Optimization of business processes as the basis for the efficiency of the organization's functioning **299**
- ხატია ხატიაშვილი - ორგანიზაციული მართვის საინფორმაციო სისტემების Agile ტესტირება // Khatia Khatiashvili. Agile Testing of Organizational Management Information Systems **300**
- ელვირა ბჟინავა - მულტისერვისული ქსელის მომხმარებელთა ტრაფიკის ანალიზი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი // Elvira Bzhinava. Analysis of multiservice network user traffic **305**
- ია ირემაძე, თამარ ნასყიდაშვილი - კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების მეთოდოლოგიის ზოგადი ასპექტები უმაღლესი და პროფესიული სწავლების საგანმანათლებლო დაწესებულებებში // Ia iremadze, Tamar Naskidashvili. Methodology of teaching computer graphic design in higher and professional education of general aspects **309**
- ალექსანდრე ლაბაძე - ღრმა სწავლების მეთოდების გამოყენება მედიცინაში დიაბეტური რეტინოპათიის დიაგნოსტიკის მაგალითზე // Alexander Labadze. Application of deep learning methods in medicine on the example of diagnosis of diabetic retinopathy **313**
- Mher Mkrtchyan - Interband Absorption In Asymmetric Biconvex Lens-shaped Quantum Dot **319**
- ნონა ოთხოზორია, თამარ ბეშიძე. პოლი რემქავა-კაპროლაქტონის პოლიმერული შენაერთის P(LA/CL) გაწოვადობის პერიოდის შეფასება იმპლანტაციის შემდგომ მის სრულ შთანთქმამდე // **321**
- ლელა გაჩეჩილაძე, ანა მარგველაშვილი - რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების ოპტიმიზირება ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიცირების გზით და მისი პრაქტიკული გამოყენება // Lela Gachechiladze, Ana Margvelashvili. Optimization of Relational Database Management Systems by Modification of the Binary Search Algorithm and its Practical Use **331**

- Yuri Bleyan - Oscillator Strength of Biexciton Excited States in Ellipsoidal Quantum Dot **337**
- Irakli Rodonaia, Gulbaat Nareshelashvili, Vakhtang Rodonaia - Application of Partially Observable Markov Decision Process to Supply Chain Risk Management **339**
- Mikheil Kitaevich - Telehealth: Current State Analysis and its Evaluation in Georgia **343**
- Khachik Khachatryan - Electronic Properties of Quasi-conical Quantum Dot **347**
- კონსტანტინე ფხაკაძე - აქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ ამოქმედების მიზნები და პრობლემები **349**
- გიორგი თომაშვილი, თინათინ კაიშაური - ახალი თაობის სექვენატორები და მათგან მიღებული ინფორმაციის ბიოინფორმატიკული ანალიზი SARS-CoV-2 მაგალითზე // Giorgi Tomashvili, Tinatin Kaishauri. New generation sequencers and bioinformatic analysis of the information obtained from them, on the example of SARS-CoV-2 **351**
- ირაკლი ჩალაგაშვილი, მარიამ ჩხაიძე - ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ჩოგბურთის მატჩებზე ბუკმეკერების დასამარცხებლად // Irakli Chalagashvili, Mariam Chkhaidze. Using artificial intelligence to beat the bookies on tennis matches **358**
- თეკლა ხუმარაშვილი, ნუგზარი ბუაჩიძე, დიმიტრი ერისთავი - ქ. თბილისის ტერიტორიაზე მდინარე მტკვრის ძირითადი შენაკადი მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის კლასის დადგენა „ევროკავშირი წყლის ჩარჩო დირექტივა -2000/60/EC“ გათვალისწინებით // Tekla Khumarashvili,, Nugzar Buachidze, Dimitri Eristavi. Determining the water quality class of small rivers, the main tributary of the Mtkvari river in the territory of Tbilisi, taking into account the "European Union Water Framework Directive - 2000/60/EC" **361**
- მასპინძელაშვილი ბორისი, ტაკაშვილი ვალერი, ბუზიაშვილი თამარი - სიბრტყისა და წრფის განტოლებების შედგენა, რომლებიც სივრცეში ორი გადამკვეთი წრფის მიერ შექმნილ რომელიმე ვერტიკალურ კუთხეებს ყოფენ რაიმე ფართობით // Boris Maspindzelashvili, Valery Takashvili, Tamari Buziashvili. Compilation of plane and line equations that divide any vertical angles created by two intersecting lines in space by any area **362**
- ირაკლი ახვლედიანი - გვირაბებში აფეთქებისას წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღის პარამეტრები და ადამიანებზე ზემოქმედების შეფასების მეთოდები **365**
- Levan Chkhartishvili, Shio Makatsaria, Nika Gogolidze - Boron-Containing Fine-Dispersive Composites for Neutron-Therapy and Shielding // ლევან ჩხარტიშვილი, შიო მაქაცარია, ნიკა გოგოლიძე. ბორშემცველი წვრილ-დისპერსიული კომპოზიტები ნეიტრონული თერაპიისა და დაცვისათვის **369**
- კახაბერ შამათავა, ია ყურაშვილი, ავთანდილ სიჭინავა - თერმული მოწვის გავლენა მონოკრისტალური n-Si და n-Si+2ატ.%Ge შენადნობის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე // Kakhaber Shamatava, Ia Kurashvili, Avtandil Sichinava. Effect of Thermal Annealing on the Physical-Mechanical Properties of Monocrystalline n-Si and n-Si+2at.%Ge Alloy **374**
- ლალი გოჩიტაშვილი, ია აფციაური, თორნიკე დვალი - ინოვაციები ელექტრონული კომერციაში და სოციალური კომერციის თანამედროვე გამოწვევები // Gochitashvili Lali, Apciauri Ia, Dvali Tornike. Innovations in e-commerce and contemporary challenges of social commerce **379**
- Osman Adiguzel - Crystallographic Aspects of Shape Memory Effect and Reversibility in Shape Memory Alloys **382**
- მარეხ მაზანაშვილი - ფიზიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება // Marekh Mazanashvili. Mathematical Modeling of Physical Processes **383**

ინფორმატიკის ინოვაციური დიდაქტიკა: 100 წიგნი - 100 წლის იუბილესთვის (ისტორია და რეალობა)

გია სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.surguladze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია „პროგრამული ინჟინერიის“ (მართვის ავტომატიზებული სისტემების) დეპარტამენტის ხელმძღვანელის, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ გია სურგულაძის საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში (პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში) 50-წლიანი მოღვაწეობის (1972-2022) ფონზე ინფორმატიკის (კომპიუტინგის) სფეროში საგანმანათლებლო და სამეცნიერო მოღვაწეობის ინოვაციური შედეგები. წარმოდგენილია მისი ინიციატივითა და სამუშაო გუნდის ხელმძღვანელობით (კოლეგები, სტუდენტები, დოქტორანტები) ამ წლებში შექმნილი და გამოცემული 100 წიგნი, მათ შორის 25 მონოგრაფია, 20 სახელმძღვანელო, 55 დამხმარე სახელმძღვანელო და ელექტრონული წიგნები (ინახება სტუ-ის და საქართველოს პარლამენტის ბიბლიოთეკებში (ნაწილი – ციფრულ ფონდში „ივერიელი“) და საქართველოს სხვა უნივერსიტეტებში (ბათუმი, ქუთაისი, თელავი და ა.შ.). ქართულენოვანი წიგნებით შევსებულია დეფიციტი კომპიუტერული მეცნიერების ისეთ მიმართულებებში, როგორცაა (რელაციური და NoSQL) მონაცემთა და ცოდნის ბაზები (Windows-, Web- და Mobile-), ობიექტ-ორიენტირებული და იმიტაციური მოდელირება, მართვის საინფორმაციო და ექსპერტული სისტემები, ინტერდისციპლინური სწავლება და ვირტუალური რეალობა, ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების მხარდამჭერი კომპიუტერული სისტემები, განათლების ინტენსიფიკაციის მიზნით, ახალი ციფრული ტექნოლოგიებისა და ინფორმატიკის ინოვაციური დიდაქტიკის საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმატიკის დიდაქტიკა; ინოვაცია; ინფორმაციული საზოგადოება; განათლების ინტენსიფიკაცია; პროგრამული ინჟინერია; ინფოტექნოლოგიები; ხელოვნური ინტელექტი.

1. შესავალი: ინფორმატიკის დიდაქტიკა

დიდაქტიკა არის მეცნიერება სწავლების პროცესის შესახებ [1-3]. ჩვენი მიზანია სასწავლო პროცესის შემდგომი განვითარება და სრულყოფა ICT (Information and Communication Technology) ბაზაზე. აშშ-სა და ევროპაში 21-ე საუკუნის დასაწყისიდან კომპიუტინგის, ინფორმატიკის, საბუნებისმეტყველო და სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტებზე შეიქმნა ახალი აკადემიური დეპარტამენტები (კათედრები), რომლებიც მეცნიერულად შეისწავლის, იკვლევს და ახალ თაობას (სკოლა, კოლეჯი, უნივერსიტეტი) ასწავლის საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირებისა და ინფორმატიკის დიდაქტიკის როლს ამ სფეროში. ასეთ ინოვაციურ გამოწვევას დიდად შეუწყო ხელი „კოვიდ-19“ პანდემიის ფაქტორმა (WSIS - ქენევის მსოფლიო ფორუმი, 2022) [4].

კლასიკური და თანამედროვე განათლების თვალსაზრისით იკვთება შემდეგი დიდაქტიკური პრინციპები: მეცნიერული, სისტემურობის, სისტემატურობის, ვიზუალურობის (ხილვადობის), წვდომა-დობის, თეორიის კავშირის პრაქტიკასთან, სწავლა-ცხოვრებასთან, შედეგების სიმძლავრისა და ეფექტურობის, შემოქმედებითი აქტივობის, მოსწავლეთა/სტუდენტთა დამოუკიდებლობის, მასწავლებლის წამყვანი როლით, ინტერდისციპლინურობის, მუშაობის კოლექტიური ფორმების და ა.შ.

ინოვაციური დიდაქტიკის მოდელის მაგალითები: „გადაბრუნებული კლასი“ [5], სწავლების გუნდური მეთოდი (ორგანიზაციული მიდგომა), მოსწავლე აქტიურია – თვითონ სწავლობს, მასწავლებელი ეხმარება მიგნებაში, მიმართულებას აძლევს და ა.შ. (სტატიკური მოდელები!); არსებობს დინამიკური მოდელიც, იგი იყენებს დიდაქტიკურ ციკლს, რომელიც შედგება სწავლების პროცესის ურთიერთდაკავშირებული ეტაპებისგან - დროითი პარამეტრით.

დიდაქტიკური ციკლის ეტაპები: 1. საერთო დიდაქტიკური მიზნის დასახვა (შემეცნებითი დავალება), სკოლის მოსწავლეებში დადებითი მოტივაციის შექმნა მისი გადაწყვეტისთვის, მოსწავლეების მიერ დავალების მიღება; 2. სასწავლო მასალის ახალი ნაწილის წარდგენა, მისი ცნობიერი აღქმისა და პირველადი ათვისების პირობების შექმნა; 3. მოსწავლეთა ორგანიზება და თვითორგანიზება სასწავლო მასალის გააზრებისა და შემდგომი ათვისების პროცესში საჭირო და შესაძლო დონეზე; 4. უკუკავშირის ორგანიზება, სასწავლო მასალის შინაარსის ათვისებაზე კონტროლი და თვითკონტროლი; 5. მოსწავლეთა მომზადება დამოუკიდებელი (კლასგარეშე) სამუშაოსთვის.

დიდაქტიკა ავითარებს: განათლების შინაარსის მოდელს, რომლებიც იძლევა პასუხს კითხვაზე – განათლების შინაარსის შედგენილობისა და სტრუქტურის შესახებ, მისი შერჩევის ალგორითმზე,

სასწავლო საგნის წარმოდგენის შესახებ, სხვადასხვა დიდაქტიკურ მიდგომაზე, მაგალითად, ინტეგრირებული გაკვეთილის შესახებ და ა.შ. [2,6]. ანუ დიდაქტიკა ამუშავებს გაკვეთილის მოდელს.

2. ძირითადი ნაწილი

ინოვაციები ისტორიულ ფონზე: სტატიაში წარმოდგენილია პროგრამული ინჟინერიის (მართვის ავტომატიზებული სისტემების) დეპარტამენტის არსებობის 50 წლის განმავლობაში (1972-2022) გ. სურგულაძის (სტუდენტი, უმც.მ.თ., ასპირანტი, დოცენტი, პროფესორი) მიერ სამეცნიერო პროექტების, საზღვარგარეთის საგრანტო სტიპენდიების, საბიუჯეტო მეცნიერული თემების, ალგორითმებისა და პროგრამების საერთაშორისო და საქართველოს ფონდების საავტორო უფლებების, სტუ-ის და სხვა უნივერსიტეტების სასწავლო პროცესების და დოქტორანტების ხელმძღვანელობის მიმართულებებით შესრულებული სამუშაოების მოკლე მიმოხილვა – პროფესორის აკადემიური სტატუსით. მათი შინაარსი და ინოვაციური შედეგები ასახულია გ. სურგულაძის ავტორობით და თანაავტორობით გამოქვეყნებულ 100 წიგნში (25 მონოგრაფია, 20 სახელმძღვანელო, 55 დამხმარე სახელმძღვანელო). წიგნები ინახება სტუ-ის, პარლამენტის (საჯარო) და სხვა უნივერსიტეტების ბიბლიოთეკებში. 75 ელექტრო წიგნი მოთავსებულია სტუ-ის ვებგვერდზე: https://gtu.ge/Learning/ElBooks/ims_books.php.

1) **პირველად** საქართველოსა და პოსტსაბჭოური ქვეყნების უნივერსიტეტებში (1976 წ.) საკანდიდატო დისერტაციის სახით შემუშავდა მონაცემთა რელაციური ბაზების სტრუქტურების ავტომატიზებული აგების ალგორითმული სქემები და პროგრამები (მაგდებურგი-გერმანია, მოსკოვი, პეტერბურგი). საგანი „მონაცემთა ბაზების აგების საფუძვლები“ დაინერგა სპი-ის აგტ ფაკულტეტის სასწავლო პროცესში. 1988 წ. გამოიცა პირველი მონოგრაფია ამ სფეროში (გ. ჩოგოვაძე, გ. სურგულაძე, ვ. ქაჩიბაია) (ნახ.1, ა,ბ);

2) საქართველოს მეცნიერებათა კომიტეტის სახალხო მეურნეობის მართვის ინსტიტუტში „ხელმძღვანელ მუშაკთა კვალიფიკაციის“ მიზნით შემუშავდა სისტემური ანალიზის მეთოდების გამოყენება გადაწყვეტილების მიღების პროცესში – (**პირველად**) შეიქმნა ორგანიზაციული მართვის (მენეჯმენტის) პროცესების სრულყოფის მეცნიერული კონსულტირების ახალი ტექნოლოგია ექსპერტულ შეფასებათა მეთოდების ავტომატიზაციის საფუძველზე;

3) **პირველად** 1992 წ. სპი-ის მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრის სასწავლო პროცესში დაიწყო დაპროგრამების სტრუქტურული C-ენის, ხოლო 1996 წლიდან ობიექტორიენტირებული C++ ენის ლექციების კითხვა. 1997 წ. გამოიცა პირველი ქართული წიგნი „დაპროგრამება C/C++-ენებზე“;

4) **პირველად** 1996 წ. შემუშავდა და გამოიცა ქართული სახელმძღვანელო „მონაცემთა და ცოდნის ბაზების აგების საფუძვლები“ ექსპერტული სისტემებისთვის (დაინერგა სტუ-ის სასწავლო პროცესში);

5) **პირველად** 2001 წ. გერმანიის DAAD-ის გრანტის საფუძველზე მას-ის კათედრაზე შემუშავდა კონცეფცია „პროგრამული ინჟინერია უნიფიცირებული მოდელირების ენის (UML, Paradigm+) საფუძველზე, Linux (SUSE) და Windows ოს-ების პლატფორმაზე. 2003 წ. გამოიცა პირველი ქართული სახელმძღვანელო (გერმანელ პროფესორთან ერთად). პირველად ჩატარდა „Linux/g++“ ლექციები და პრაქტიკულები *მას* კათედრის ჯგუფებთან (ფრანგულ-ქართული უნივერსიტეტის კომპიუტერულ ცენტრში 40 PC სამუშაო ადგილით);

6) **მას-ის კათედრაზე** შემუშავდა ბიზნეს პროცესების (სამუშაო ნაკადების) მოდელირებისა და მართვის სისტემა (Workflowmanagement System). 2003 წ. სასწავლო პროცესში დაინერგა CASE და BI ტექნოლოგიების სწავლება, მონაცემთა საცავების (Data warehouse, OLAP, DataMining) აგების საფუძვლები, 2003-2008 წწ. გამოიცა პირველი ქართულენოვანი ორი მონოგრაფია (გ.სურგულაძე, ლ.პეტრიაშვილი, ე.თურქია);

7) პროფ. გ. სურგულაძის ინიციატივით, 2006 წ. ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე, რექტორის, პროფ. რამაზ ხუროძის ხელშეწყობით, დაფუძნდა საერთაშორისო პერიოდული ჟურნალი „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“ (<https://gtu.ge/Journals/mas/>)doi.org/10.36073/1512-3979);

8) 2010-2015 წწ. **შემუშავდა** მართვის საინფორმაციო სისტემების პროგრამული აპლიკაციების ინტეგრაციის, ტესტირების (ვალიდაცია-ვერიფიკაციის), პროგრამულ-სერვერული ვირტუალიზაციის ეფექტური მეთოდები, MsBizTalk, Hadoop, MongoDB, BigData, Machine Learning; Linux და Python საფუძველზე. დაცულია ხუთი დისერტაცია და გამოქვეყნებულია 4 მონოგრაფია;

9) **პირველად** მას-ის კათედრაზე 2011-2013 წწ. შემუშავდა ელექტრონული საარჩევნო სისტემის პროექტი მონაცემთა ობიექტ-რელაციური, მულტიმედიური ბაზების საფუძველზე. 2014 წ. გამოიცა პირველი ქართული მონოგრაფია (გერმანელ კოლეგასთან ერთად);

10) **2008-2017 წლებში მას-ის** (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტში ახალგაზრდა მეცნიერთა (დოქტორანტების) ჯგუფმა შეიმუშავა *ბიზნესის, მარკეტინგისა და ლოგისტიკის მენეჯმენტის* პროცესების ავტომატიზაციის სისტემები. გამოიცა 4 მონოგრაფია ამ მიმართულებით;

11) პირველად 2015 წ. *მას-ის* (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტში შემუშავდა მართვის საინფორმაციო სისტემების *დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები*, დაინერგა სასწავლო პროცესში. გამოიცა 1001-გვერდიანი ქართული მონოგრაფია (გ. ჩოგოვაძე, ა. ფრანგიშვილი, გ. სურგულაძე, 2017 წ.);

12) პირველად 2015-2018 წწ. *მას-ის* (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტში შემუშავდა *შავი ზღვის ეკოლოგიური მონიტორინგის სისტემის* აგების კონცეფცია და პროგრამული სისტემა (UML, ORM, SharePoint, SQLServer). გამოიცა ქართული მონოგრაფია;

13) პირველად 2020 წ. მას-ის (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტში შემუშავდა *მობილური აპლიკაციების დეველოპმენტის საფუძვლები (Java, Android)*. გამოიცა ქართული მონოგრაფია (სურგულაძე, კაკაშვილი, მარტიაშვილი - დოქტორანტები);

14) პირველად 2020-2021 წწ. დეპარტამენტში შემუშავდა სწავლების სამივე საფეხურისთვის „პროგრამული ინჟინერიის“ კონცენტრაციის დამამთავრებელი ნაშრომების (პროექტების) მეთოდური სახელმძღვანელოები. გამოიცა შესაბამისი დამხმარე სახელმძღვანელოები;

15) პირველად 2020-2021 წწ. სტუ-ის „იუნესკოს“ კათედრასა და პროგრამული ინჟინერიის დეპარტამენტში შემუშავდა, „კოვიდ-19“ პანდემიის გათვალისწინებით, „ინფორმატიკის დიდაქტიკის“ ახალი კონცეფცია, რომელიც ორიენტირებულია *ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების* პრობლემის გადაწყვეტის მხარდასაჭერად. შეიქმნა ბაკალავრებისთვის სპეცურსი, დამუშავდა სამეცნიერო პროექტი „*ინფორმაციული საზოგადოება და ინტერდისციპლინური სწავლება ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე*“; გამოიცა მონოგრაფია (გ. ჩოგოვაძე, გ. სურგულაძე, ნ. თოფურია, მ. ხარიტონაშვილი);

16) 2018 და 2021 წლებში სტუ-ში ფაკულტეტმა ჩაატარა 2 საერთაშორისო კონფერენცია - „*საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები*“ (გ. ჩოგოვაძე). 2023 წელს იგეგმება მე-3 კონფერენციის ჩატარება, რომელიც მიეძღვნება სტუ-ის „იუნესკოს“ კათედრის დაარსების მე-20 წლისთავს და აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის როლს „ინფორმატიკის დიდაქტიკისა და ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების“ სფეროში;

17) 2021 წ. დეპარტამენტში შემუშავდა სამუშაო გეგმა „პროგრამული ინჟინერიის“ სამეცნიერო, პედაგოგიური და მეთოდური მიმართულებით ინოვაციური საკითხების კვლევისა და განვითარებისათვის.

1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილი 100 წიგნის ბაზაზე, რომელიც ქრონოლოგიურადაა დალაგებული ავტორებისა და მათი მოცულობების მითითებით, აღიზარდა ჩვენი სტუდენტების მრავალი თაობა, განსაკუთრებით 2000 წლამდე, როცა ჯერ კიდევ არ იყო საკმარისად ინტერნეტული რესურსები.

შეიძლება ითქვას, რომ ინფორმატიკის სფეროში გამოცემული ქართულენოვანი წიგნების მნიშვნელობითა და სიმრავლით სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი ლიდერია საქართველოში, ხოლო პროფ. გ. სურგულაძე და მისი გუნდი - „რეკორდსმენი“ (სტუ-ის 100 წლის არსებობის პერიოდში არავის შეუქმნია ამდენი საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ლიტერატურა).

აღნიშნულ წიგნებში (მონოგრაფიებსა და სახელმძღვანელოებში) აისახა ის სამეცნიერო და აკადემიური შედეგები, რომლებიც ავტორების მიერ წლების განმავლობაში შემუშავდა, განვითარდა და ფორმალისდა საბოლოო პროდუქტამდე მსოფლიო ბანკის, USAID-ის, და საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პროექტების ბაზაზე. მნიშვნელოვანი წვლილი ქართულენოვანი სამეცნიერო და საგანმანათლებლო ლიტერატურის შექმნაში (კომპიუტინგის სფეროში) შეიტანეს ჩვენი ფაკულტეტის დოქტორანტებმა, რომელთა უმრავლესობამ გაიარა 1-წლიანი სამეცნიერო სტაჟირება გერმანიის მოწინავე უნივერსიტეტებში, განახორციელეს თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები, წარმატებით დაიცვეს სადოქტორო დისერტაციები. გერმანელი პროფესორები არიან ჩვენი წიგნების თანაავტორები.

3. დასკვნა

50 წლის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრას (დეპარტამენტს) განსაკუთრებული წვლილი მიუძღვის ინფორმატიკის ფაკულტეტზე ინოვაციური სამეცნიერო და საგანმანათლებლო ლიტერატურის შექმნაში. დღეს *მას-ის* კათედრა სამ დეპარტამენტად დაიშალა – „ინფორმაციული ტექნოლოგიების“, „ინფორმაციული სისტემების“ და „პროგრამული ინჟინერიის“. რაც შეეხება „ეკონომიკური ინფორმატიკის“ დეპარტამენტს, იგი ისტორიულად 1997 წელს შეიქმნა დეკანის, პროფ. ნ. ლომინაძის ინიციატივით. ეს იყო *მას-ის* კათედრის პროტოტიპი – საბანკო და საფინანსო ობიექტების მართვის ავტომატიზებული სისტემის შესაქმნელად. იგი ორგანიზაციული მართვის სისტემაა, რომელიც შედგება *მას-ის* ფუნქციური და უზრუნველყოფის ქვესისტემებისგან.



ნახ.1-ა. პროფ. გია სურგულაძის და მისი გუნდის 100 წიგნი (1985-2022)



ნახ.1-ბ. პროფ. გია სურგულაძის და მისი ჯუნდის 100 წიგნი (დასასრული)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროგრამული ინჟინერიის დეპარტამენტში (მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრა 1972-2022) პროფ. გ. სურგულაძემ და მიმა გაზრდილმა სტუდენტებმა და დოქტორანტებმა შექმნეს (ბოლო 50 წლის განმავლობაში) ინფორმატიკის დიდაქტიკის მეცნიერული მიმართულების უნიკალური მეთოდური უზრუნველყოფის ლიტერატურული ბაზა (100 წიგნი: 25 მონოგრაფია, 20 სახელმძღვანელო, 55 დამხმარე და მეთოდური სახელმძღვანელო სტუდენტებისა და სპეციალისტებისათვის თეორიული, პრაქტიკული და გამოყენებითი ინფორმატიკის სფეროში).

ლიტერატურა – References :

1. Informatics education at school in Europe. European Commission / EACEA / Eurydice, 2022. Eurydice report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. By Mariya Gabriel. Commissioner responsible for Innovation, Research, Culture, Education and Youth
2. გ. ჩოგვაძე, გ. სურგულაძე, ნ. თოფურია, მ. ხარიტონაშვილი 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
3. Осмоловская И.М. Дидактика: от классики к современности: монография. ISBN 978-5-4469-1706-8, –М.; СПб., Ред. „Нестор-История“, 2020. –248 с.
4. World Summit on the Information Society Forum 2022. 30.05-3.06, ITU Headquarters in Geneva, Switzerland. ICTs for Well-Being, Inclusion and Resilience: WSIS Cooperation for Accelerating Progress on the SDGs. <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2022/>
5. Flipped Classrooms - Active Learning. Harvard University. The Derek Bok Center for Teaching and Learning. <https://bokcenter.harvard.edu/flipped-classrooms> (10.09.22)
6. Surguladze G. Concept of Interdisciplinary Training on the Specialty of MIS with Background of UML/2. Transactions of Georgian Technical University. AUTOMATED CONTROL SYSTEMS - No 1(6), 2009, pp. 11-15

INNOVATIVE DIDACTICS OF COMPUTER SCIENCE: 100 BOOKS FOR THE 100th ANNIVERSARY (HISTORY AND REALITY)

Gia Surguladze
Georgian Technical University
g.surguladze@gtu.ge

Summary

The innovative results of educational and scientific work are discussed in the field of Informatics (Computing) in the background of 50-year work (1972-2022) completed by the head of the department of "Software Engineering" (Automated Control Systems), Dr., professor Gia Surguladze at the Georgian Technical University of (Georgia Polytechnic Institute). 100 books created and published during these years are presented on his initiative and under the leadership of the work team (colleagues, students, doctorands). Including 25 monographs, 20 textbooks, 55 auxiliary textbooks and other e-books (stored in the GTU and Parliament (public) libraries (part - in the "Iverieli" digital fund) and other universities of Georgia (Batumi, Kutaisi, Telavi and etc.). Georgian-language books fill the gap in such areas of computer science as (relational and NoSQL) databases and knowledge bases, (Windows-, Web- and Mobile-) programming, object-oriented and simulation modeling, management information and expert systems, interdisciplinary learning and virtual reality, computer systems supporting the formation of the information society – for the purpose of intensification of education on the basis of new digital technologies and innovative didactics of informatics.

Keywords: Didactics of informatics. Innovation. Information society. Intensification of education. Digital technologies. Software engineering.

ღრმა სწავლების უახლეს ტენდენციათა მიმოხილვა

ოლეგ ნამიჩეიშვილი, ჟუჟუნა გოგიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
o.namichishvili@gtu.ge; j.gogiashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ღრმა სწავლების მეთოდოლოგიის სფეროს ძირითადი ნოვაციები, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს მოცემული დარგის განვითარებაზე. გაანალიზებულია მეთოდოლოგიისა და გარკვეული თეორიული მიდგომების გამოყენების სფეროთა განვითარების საკითხებისადმი მიძღვნილი თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურა. ჩამოყალიბებულია ვარაუდები ღრმა სწავლების, როგორც სამეცნიერო-გამოყენებითი ცოდნის სფეროს, განვითარების მომავალ ტენდენციებზე და კრიტიკულ ასპექტში შესწავლილია განსაკუთრებით პერსპექტიული მიმართულებები. ჩატარებული კვლევა აჩვენებს, როგორ გახდა ზოგიერთი არაპოპულარული მიდგომა, თვალის ერთ დახამხამებაში, ყველაზე გამოყენებადი ინსტრუმენტი, მიღწევათა უცარი აფეთქების წყალობით. სავარაუდოდ, მომავალ ათწლეულში ეს ტენდენცია გაგრძელდება. ეს ნიშნავს, რომ ღრმა სწავლების ზოგიერთი მეთოდის პოპულარობა დაეცემა და სანაცვლოდ გაჩნდება ახალი მიდგომები ან ამოტივტივდება ახლებურად გააზრებული მეთოდები წარსულიდან. მაგრამ, დღეს მკვლევარებს არ აქვთ პასუხი იმაზე, თუ კონკრეტულად რომელ მიდგომებს მოუწევს გაბატონება და ეს საკითხი ცხარე კამათის საგანია.

საკვანძო სიტყვები: ღრმა სწავლება; კონვოლუციური (ხვეული) ნეირონული ქსელი; კავსულური ნეირონული ქსელი; ღრმა თვითსწავლება; ჰიბრიდული მოდელი; ორსისტემიანი სტრუქტურა; ტრანსფერული სწავლება (სწავლება გადატანით); ღრმა სწავლება ნეირობიოლოგიის საფუძველზე; ძლიერი (საერთო დანიშნულების) ხელოვნური ინტელექტი.

1. შესავალი

ადამის მოდგმა — გამომგონებლების მოდგმაა. სამყარო გვთავაზობს ნედლეულს, ხოლო ჩვენ, რაკი ოსტატურად ვფლობთ ხელობას და გაწაფულიც ვართ მასში, ვცდილობთ ამ სამყაროს გარდასახვას. ტექნოლოგიებმა ინსტრუმენტებისა და მოწყობილობების უთვალავი სიმრავლე შექმნა: ბორბალი, საბეჭდი დაზგა, ორთქლის მანქანა, ტელესკოპი, მიკროსკოპი, რენტგენის აპარატი, ტომოგრაფი, ავტომობილი, რკინიგზა, ელექტრობა, ინტერნეტი ... ამ გამოგონებებმა ჩამოაყალიბა და დღემდე ახდენს ჩვენი ცივილიზაციისა და კულტურის ფორმირებას. ამავდროულად ხელოვნურ ინტელექტში დომინირებს ღრმა სწავლება, მაგრამ მას ესაჭიროება განახლება, რათა შეინარჩუნოს ჰეგემონია და აიყვანოს მეცნიერების თავისი სფერო ახალ დონეზე. ამიტომ, თანამედროვე ტენდენციების გაცნობა, რომლებიც სულ ახლახან გამოიკვეთა ღრმა სწავლებაში, საინტერესო უნდა იყოს.

ტექნოლოგიის ერთ-ერთი უკანასკნელი ქმნილება ხელოვნური ინტელექტია, ინსტრუმენტი, რომელიც ბოლო ათწლეულში მჭიდროდაა დაკავშირებული ჩვენ ცხოვრებასთან. იგი საზოგადოებაზე უზარმაზარ გავლენას ახდენს, რომელიც, როგორც მოსალოდნელია, უახლოეს წლებში ზრდას განაგრძობს. ენდრიუ ენჯი (Andrew Ng), ერთ-ერთი წამყვანი მეცნიერი ხელოვნური ინტელექტის სფეროში, იმდენად შორს წავიდა, რომ შემდეგი პარალელიც კი გაავლო: ხელოვნური ინტელექტი — ეს ახალი ელექტრობა არის.

მაგრამ ხელოვნური ინტელექტი სიახლე არ არის. იგი 1956 წლიდან არსებობს, როცა ჯონ მაკარტიმ (John McCarthy) შემოიღო ეს ტერმინი და წამოაყენა წინადადება ჩაეთვალიათ კვლევათა დამოუკიდებელ სფეროდ. იმ დროიდან ხელოვნურმა ინტელექტმა განვლო როგორც დაუფარავი გულგრილობის, ინდიფერენტულობის, ისე ხელგამილიად დაფინანსებისა და მომატებული ინტერესის დროის პერიოდები, რომლებიც ერთმანეთს ენაცვლებოდა.

დღეს მანქანურ და ღრმა სწავლებას მონოპოლიზებული აქვს ხელოვნური ინტელექტი. ღრმა სწავლების რევოლუცია, რომელიც 2012 წელს დაიწყო, ჯერ კიდევ არ დასრულებულა. ღრმა სწავლება ლიდერობს ხელოვნური ინტელექტის სფეროში, მაგრამ ექსპერტები იმ საერთო აზრს იზიარებენ, რომ ამ ლიდერობის შესანარჩუნებლად ზოგიერთი ცვლილება გახდება საჭირო.

რა ელის ღრმა სწავლებას ახლო მომავალში ?

ღრმა სწავლების პოპულარობამ ცამდე ნახტომი მას შემდეგ განიცადა, რაც ჯეფრი ჰინტონმა (Geoffrey Hinton), «ხელოვნური ინტელექტის ნათლიმამამ» და მისმა გუნდმა 2012 წელს მოიგო ImageNet კონკურსი ხვეულ (კონვოლუციურ) ქსელებზე (CNN - Convolutional Neural Net) აგებული მოდელით.

კონვოლუციურ ქსელებზე აგებული მოდელები ძალზე პოპულარული გახდა კომპიუტერული ხედვის ამოცანებში, რომლებიც ეხება გამოსახულებებს, ობიექტებს ან პირთა ამოცნობას. მათი წარმატების მიუხედავად, ჰინტონი გამოყოფს ერთ მნიშვნელოვან ნაკლოვანებას: «კონვოლუციური ქსელები ვერ უმკლავდება კარგად ხედვის წერტილის ცვლილებით გამოწვეულ შედეგებს, ვთქვათ, ბრუვისა და მასშტაბირებისას».

მეორე პრობლემა ეხება ე.წ. *შეჯიბრებით მაგალითებს*. ჰინტონი კვლავ უბრუნდება განხილვას და ხაზს უსვამს განსხვავებას ადამიანის ხედვის სისტემასა და კონვოლუციურ ქსელებს შორის — კონვოლუციური ქსელები სინამდვილეში გამოსახულებათა ამოსაცნობად სრულად არ იყენებს იმ ინფორმაციას, რომელსაც ვეყრდნობით ადამიანები, ამიტომ, უბრალოდ, არ შეგვიძლია ვენდოთ ამ ქსელებს, მათი არაპროგნოზირებადობის გამო.

მესამე პრობლემა ის არის, რომ კონვოლუციურ ნეირონულ ქსელებზე აგებულ სისტემებს არ შეუძლია ასევე იმ ობიექტების ინტერპრეტირება, რომლებსაც ხედავს გამოსახულებებზე. კონვოლუციური ქსელები ხედავს მხოლოდ პიქსელების გროვას. ამიტომ, შესაძლოა მოგვიწიოს კიდევ კომპიუტერული ხედვის გაბატონებული პარადიგმის რადიკალური გადასვლა კაფსულურ ქსელებზე — ხელოვნური ნეირონული ქსელების არქიტექტურაზე, რომელიც განკუთვნილია გამოსახულებათა ამოსაცნობად. ამ არქიტექტურის მთავარი უპირატესობაა შესასწავლად აუცილებელი ანარჩევის მოცულობის არსებითი შემცირება, ასევე ამოცნობის სიზუსტის გაზრდა და მდგრადობა «თეთრი ყუთის» ტიპის შეტევების მიმართ, როცა ბოროტგანმზრახველს აქვს მონაცემები ალგორითმის შესახებ. კაფსულური ქსელების საკვანძო ახალშემონადები, ანუ ახალი ინოვაციაა ე.წ. *კაფსულების* არსებობა — ელემენტების, რომლებიც შუალედური ერთეულებია ნეირონებსა და შრეებს შორის. ეს ელემენტები ვირტუალური ნეირონების ჯგუფებია, რომლებიც აკვირდება გამოსახულების არა მხოლოდ ცალკეულ წვრილმანებს, არამედ მათ განლაგებასაც ერთმანეთის მიმართ. მოცემული არქიტექტურა ჩაიფიქრა ჯეფრი ჰინტონმა და 2017 წლის ოქტომბერში მისი ორი სტატიაც გამოაქვეყნა ამ თემაზე.

კვანტური მექანიკის მამის, მაქს პლანკის (Max Planck) აზრით, მეცნიერება ვითარდება ერთი დაკრძალვიდან მეორემდე.

«შემდეგი რევოლუცია ხელოვნურ ინტელექტში არ მოხდება არც კონტროლიდებად სწავლებაში (მასწავლებლით) და არც მხოლოდ წახალისებულ (განმტკიცებულ) სწავლებაში», — ასე ფიქრობს იან ლეკუნი (Yann LeCun), მთავარი სწავლული ხელოვნური ინტელექტის სფეროში Facebook-დან.

თანამედროვე ღრმა სწავლების ერთ-ერთი ცხადზე ცხადი შეზღუდვაა მისი დამოკიდებულება მონიშნულ (ჭდედასმულ) მონაცემთა უზარმაზარ მოცულობასა და გამოთვლით სიმძლავრეზე. იან ლეკუნი (Yann Le Cun), ღრმა სწავლების კიდევ ერთი პიონერი, ამბობს, რომ სწავლება მასწავლებლით — ღრმა სწავლებაზე აგებულ უმრავლეს სისტემათა სწავლების მეთოდი — უნდა ჩავანაცვლოთ იმაზე, რასაც იგი თვითსწავლებას უწოდებს [1].

თვითსწავლება არის იდეა, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ვისწავლოთ სამყაროს წარმოდგენა ამოცანის შესწავლამდე. ეს სწორედ ისაა, რასაც აკეთებენ ბავშვები და ცხოველები. სამყაროზე სიღრმისეული წარმოდგენის მიღების შემდეგ, ამოცანის შესწავლა მოითხოვს მხოლოდ რამდენიმე სინჯს და ანარჩევს, სტატისტიკურ ამონაკრებს. ნაცვლად იმისა, რომ სისტემის სწავლება ვაწარმოოთ მონიშნულ (ჭდედასმულ) მონაცემებზე, სისტემა ისწავლის დაუმუშავებელ მონაცემებზე, რათა თავად მონიშნოს ისინი. ჩვენ, ადამიანები, რამდენიმე რიგით უფრო სწრაფად ვსწავლობთ, ვიდრე სისტემები წახალისებული (განმტკიცებული) ან კონტროლირებადი მანქანური სწავლებით.

ბავშვები არ სწავლობენ ხის ამოცნობას მათი მრავალი ასეული ფოტოგრაფიის დამზერით. ისინი შეხედავენ ერთ ხეს და შემდეგ დასვამან ჭდეს «ხე» ყველაფერზე რაც კი, როგორც ინტუიციით იციან, განეკუთვნება ამ კატეგორიას. გარკვეულწილად (ერთგვარად, ნაწილობრივ), ჩვენ ვსწავლობთ დაკვირვების გზით, რასაც კომპიუტერი ჯერ ვერ ახერხებს.

იდეა ბრწყინვალეა, მაგრამ პრობლემა ისაა, რომ ასეთი ტიპის სწავლება წარმატებულად მუშაობს დისკრეტული შემავალი სიდიდეებისათვის, მაგალითად, ტექსტისათვის, მაგრამ იგი ასევე კარგად არ მუშაობს უწყვეტი მონაცემებისათვის, როგორცაა, ვთქვათ, გამოსახულებები - აუდიო ან ვიდეო.

იან ლეკუნი ფიქრობს, რომ ამ პრობლემის გადასაჭრელად დაგვიჭირდება ლატენტური (ფარული) მოდელები ცვლადი ენერჯის საფუძველზე, რომლებიც უკეთ მიესადაგება სამყაროსათვის დამახასიათებელ განუზღვრელობას.

კიდევ ერთი პრობლემა დაკავშირებულია იმასთან, რომ დამოუკიდებელმა (მასწავლებლის გარეშე) სწავლებამ რაც შეიძლება მალე დაამარცხოს სწავლება მასწავლებლით. წინ ჯერ კიდევ არის გარკვეული სიძნელეები, მაგრამ უკვე შენდება ხიდი ამ სიძნელეთა მძლავრი ნაკადის გადასალახავად. ძნელია იმის თქმა, როდის დასრულდება ეს მშენებლობა, დანამდვილებით მხოლოდ იმის თქმა შეიძლება, რომ მეორე მხრის აღმოჩენისას უკან ყურება არ მოგვინდება. მონიშნა, ჭდეები — ეს მანქანური სწავლების მკვლევრის ოპიუმია და მას რაც შეიძლება სწრაფად უნდა გავეცალოთ.

ხელოვნური ინტელექტის სფეროში მისი ჩასახვის დღიდან ორ პარადიგმას აქვს მოპოვებული უპრეცედენტო პოპულარობა. ესენია: სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტი (წესებზე დაფუძნებული ხელოვნური ინტელექტი) და ღრმა (სიღრმისეული) სწავლება. სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტი დომინირებდა ამ სფეროში 1950-იანი წლებიდან 1980-იან წლებამდე, მაგრამ დღეს ექსპერტთა უმრავლესობა ილაშქრებს შეხედულებათა ამ სისტემის წინააღმდეგ. სახელწოდება «სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტი» შემოიტანა ჯონ ჰაუგელანდმა (John Haugeland) თავის ცნობილ წიგნში «Artificial Intelligence: The Very Idea» — «ხელოვნური ინტელექტი: აი მესმის!» [2]. მისი აზრით, სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტი მუშაობს რეალური სამყაროს აბსტრაქტულ წარმოდგენებთან და მათი მოდელირება ხდება რეპრეზენტატული ენების საშუალებით, რომლებიც, პირველ რიგში, ეყრდნობა მათემატიკურ ლოგიკას.

ეს დადმავალი მიდგომა ხელოვნური ინტელექტისადმი. იგი მიმართულია იმისკენ, რომ მიანიჭოს მანქანას ინტელექტი «პრობლემათა მალაღდონიანი სიმბოლური წარმოდგენის» გამოყენებით. ამასთან, იგი სრულ თანხმობაშია ალენ ნიუელისა (Allen Newell) და ჰერბერტ საიმონის (Herbert A. Simon) მიერ ჩამოყალიბებულ სიმბოლოთა ფიზიკური სისტემის ჰიპოთეზასთან [3]. მაგალითად, საექსპერტო სისტემები — სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტის ყველაზე პოპულარული ფორმა — შეიქმნა ადამიანის მიერ გადაწყვეტილებათა მიღების საიმპიტაციოდ «თუ ... , მაშინ ... » მიდგომაზე დაყრდნობით. დღეს კი უკვე ჰიბრიდული მოდელების დრო დგება.

იმედის მომცემი მომავლის მიუხედავად, ჰიბრიდულ მიდგომას სერიოზული მოწინააღმდეგეებიც ჰყავს. მრავალი მეცნიერი აკრიტიკებს მათ, ვინც აპირებს ღრმა სწავლების გაფუჭებას სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტით, რომელიც ერთგვარ დაბალდონიან მსახურადაც კი ინათლება. რაკი საწინააღმდეგო აზრი დღეს ფართოდ არის გავრცელებული, უახლოეს წლებში ჰიბრიდულ მოდელებს მოუწევს სწავლულთა მეთვალყურეობის ქვეშ ყოფნა.

ფიქრობენ, რომ აზროვნების პროცესის მიმდინარეობის ორი ფორმა (სწრაფი და ნელი) გავლენას ახდენს გადაწყვეტილებათა მიღებაზე.

სისტემა 1 – სწრაფი, ინტუიციასა და ექსპერიმენტზე დაფუძნებული აზროვნება. ეს ავტომატური პროცესებია, რომლებიც შეუცნობლად, შეუგნებლად მიმდინარეობს და ტვინის დიდ ძალისხმევას (როგორცაა გამოთვლის ნიჭი და სამუშაო მეხსიერება) არ მოითხოვს. სისტემა 1 იყენებს წინა გამოცდილებას და მის საფუძველზე ჩამოყალიბებულ ასოციაციებს, ემოციების ჩათვლით.

სისტემა 2 – ნელი და რეფლექსური აზროვნება. ეს კონტროლირებადი, შეგნებული პროცესებია, რომლებიც უფრო მსჯელობას (ლოგიკურს, ანალიზურს) ეყრდნობა. მსჯელობებისა და არგუმენტაციის გამოყენება იწვევს სისტემის შენელებას. შვეიცარიელი მეცნიერი ჟან პიაჟე (Jean William Fritz Piaget) რეფლექსურ აზროვნებას განიხილავს პროცესად, რომელსაც სუბიექტი ახდენს ლოგიკური კანონების ცოდნის საფუძველზე. ეს კანონები ეხება ობიექტის კავშირს მასზე მიმართულ მოქმედებასთან და ასეთი კავშირის აუცილებლობის შეცნობას, შეგნებას.

იოშუა ბენჯიო (Yoshua Bengio), რომელიც 2018 წლის ტიურინგის პრემიის ლაურეატა შესანიშნავ ტრიოში შედის (ჰინტონსა და ლეკუნთან ერთად), 2019 წელს გამოვიდა მოხსენებით [4], სადაც აღწერა ღრმა სწავლების მიმდინარე მიდგომარეობა, რომლის გამოკვეთილი ტენდენცია დაიყვანება პრინციპამდე: ვაკეთოთ ყველაფერი, რაც შეიძლება დიდი ზომის — მონაცემთა დიდი სიმრავლეები, დიდი კომპიუტერები და დიდი ნეირონული ქსელები. იგი ამტკიცებდა, რომ ამ მიმართულებით სვლისას ვერასდროს მივაღწევთ ხელოვნური ინტელექტის განვითარების მომდევნო ეტაპს. ხელოვნური ინტელექტის თანამედროვე მოწინავე სისტემები ჩინებულად სძლევს სისტემა 1-ის ამოცანებს, მაგრამ სერიოზულ სიძნელეს განიცდის სისტემა 2-ის ამოცანების გადაჭრისას.

1859 წელს გამოქვეყნებულ დარვინის ცნობილი წიგნის «სახეობათა წარმოშობა ბუნებრივი გადარჩევის გზით ანუ უკეთ შეგუებული ჯიშების გადარჩენა სიცოცხლისათვის ბრძოლაში» («On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life») ცენტრალური იდეა ადაპტაციის შესწავლის მნიშვნელობა მუდმივად ცვალებად სამყაროში და სწორედ ეს უნდა მოხდეს ღრმა სწავლებაშიც: სიცოცხლეს ინარჩუნებს არა ყველაზე ძლიერი სახეობათა შორის და არა ყველაზე ჭკვიანი, არამედ ის, ვინც ყველაზე უკეთ რეაგირებს ცვლილებებზე და ეგუება ამ ცვლილებებს.

1950-იან წლებში რამდენიმე მნიშვნელოვანი სამეცნიერო აღმოჩენით საფუძველი ჩაეყარა ხელოვნური ინტელექტის ჩასახვას. სახელდობრ, ნეირომეცნიერების სფეროში კვლევებმა აჩვენა, რომ ტვინი შედგენილია ნეირონული ქსელებით, რომლებიც მუშაობს პრინციპით «ყველაფერი ან არაფერი». ეს დასკვნა - კიბერნეტიკის, ინფორმაციის თეორიისა და ალან ტიურინგის (Alan Turing) გამოთვლათა თეორიის შედეგებთან ერთად - მიანიშნებდა ხელოვნური ტვინის შექმნის შესაძლებლობაზე.

დღეს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიდგომაა ნეირომორფული გამოთვლები, რომლებიც მიეკუთვნება ტვინის სტრუქტურის მამოძღვრებელ აპარატულ საშუალებებს. ნეირომორფული გამოთვლები სრულიად ახალი კომპიუტერული ტექნოლოგიაა, რომელიც მიზნად ისახავს ადამიანის ტვინის აგებისა და მუშაობის პრინციპების გამოყენებას.

ღრმა სწავლებას ნეირომეცნიერებიდან მრავალი იდეის ამოკრეფა შეუძლია. თუ ვცდილობთ მივუახლოვდეთ ინტელექტს, მაშინ რატომ არ შევისწავლოთ ეს ერთადერთი მაგალითი, რომელიც გვაქვს? იმის გათვალისწინებით, რომ ღრმა სწავლების მრავალი მიღწევის საფრთხეში ჩადება ძალზე სარისკოა, ნეირომეცნიერებასა და ხელოვნურ ინტელექტს შორის თანამშრომლობა მომავალ წლებში უფრო საარსებო და საჭირობო გახდება, ვიდრე ოდესმე.

3. დასკვნა

ღრმა სწავლების სისტემები ძალზე სასარგებლოა. უკანასკნელ წლებში მათ სრულიად მოულოდნელად შეცვალეს ტექნოლოგიური ლანდშაფტი. მაგრამ, თუ ნამდვილად გვინდა ინტელექტუალური მანქანების შექმნა, ღრმა სწავლებას დასჭირდება ხარისხობრივად განახლება – უარის თქმა პრინციპზე «რაც მეტია, მით უკეთესია». დღეს ამ მნიშვნელოვანი ნიშანსვეტის მიღწევისკენ რამდენიმე გზა მიდის:

ა) კონვოლუციური ნეირონული ქსელებისა და მათთვის დამახასიათებელი შეზღუდვებისგან თავის დახსნა; ბ) მონიშნული (ჭდედასმული) მონაცემებისგან გათავისუფლება; გ) ქვემოდან დამუშავების გაერთიანება დამუშავებასთან ზემოდან; დ) კომპიუტერის აღჭურვა სისტემა 2-ის კოგნიტიური შესაძლებლობებით; ე) დაბოლოს, ნეირობიოლოგიისა და ადამიანის ტვინის შესწავლის იდეებისა და მიღწევების კომპიუტერულ პრაქტიკაში რეალიზება.

საინტერესოა, რომ Cambrian AI Research სამრეწველო ანალიტიკური კომპანიის ცნობილი სპეციალისტი ალბერტო რომერო (Alberto Romero) ასახელებს ზოგ საინტერესო ტენდენციას, რომელსაც ხელოვნური ინტელექტი სრულიად ახალ სივრცეში გაჰყავს.

ლიტერატურა - References:

1. Yann LeCun : <https://www.youtube.com/watch?v=A7AnCvYDQrU&t=45s>
2. John Haugeland : <https://dl.acm.org/doi/10.5555/4694>
3. Allen Newell and Herbert A. Simon : <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/360018.360022>
4. Yoshua Bengio : <https://www.youtube.com/watch?v=T3sxeTgT4qc>

AN OVERVIEW OF THE LATEST TRENDS IN DEEP LEARNING

Oleg Namicheishvili, Zhuzhuna Gogiashvili

Georgian Technical University

o.namicheishvili@gtu.ge; j.gogiashvili@gtu.ge

Summary

Building deep learning systems is currently one of the most popular, relevant and modern areas of human endeavor at the intersection of information technology, mathematical analysis and statistics. Deep learning is increasingly penetrating into our lives through custom products created using artificial intelligence techniques. It is clear that these technologies will continue to evolve, gradually becoming part of the daily routine in many areas of

human professional life. However, since its emergence, deep learning has managed to acquire numerous problems, the main one being its rather high labour-intensiveness. Building deep learning systems requires a huge amount of time of highly skilled professionals in the field of artificial intelligence, as well as in the subject area to which this technology is applied. The article describes the main innovations in deep learning methodology that may have a significant impact on the development of the industry. An analysis of the current scientific literature on the development of the methodology and the areas of application of the topics under consideration is performed. Assumptions about future trends in deep learning as a field of applied science are formulated and the most promising areas of research are analyzed. The study shows how some unpopular approaches became the most used in an instant, thanks to sudden bursts of achievement. It is assumed that the 2020s will continue this trend. This means that the popularity of some deep learning methods will diminish and will be replaced by new developments or reimagined methods from the past. But so far, researchers do not have an answer, which approaches can change deep learning. Today, this question is fiercely debated.

Keywords: deep learning, convolutional neural network, capsule neural network, deep self-learning, hybrid model, dual-system structure, transfer learning, neuroscience-based deep learning, planning, strong artificial intelligence (artificial general intelligence)

ინოვაციური პროცესის სტადიებზე გადასაწყვეტი მართვის ამოცანების ანალიზი და მოდელირება

სულხან ხუციშვილი, ზურაბ გასიტაშვილი, მაკა ხართიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

წარმოდგენილია ინოვაციური პროცესის ხაზოვანი და ღია სტრუქტურული მოდელები. ინოვაციური პროცესი განიხილება, როგორც სტადიების ან ეტაპების თანამიმდევრული რეალიზების პროცესი, შესაბამისი ღია კავშირებით. ასეთი მოდელისათვის ყოველ სტადიაზე განიხილება შესაძლო ინვესტიციებისა და რისკების ურთიერთკავშირი და მათი დამოკიდებულების აღწერის ზოგადი მოდელი, ასევე სტადიებზე გადასაწყვეტი ამოცანების ანალიზი და მოდელირების მიმართულებების განსაზღვრა. ნაშრომში მოცემულია გარკვეული რეკომენდაციები და წინაპირობა ინოვაციური პროცესის მართვის კომპიუტერული სისტემის შესაქმნელად.

საკვანძო სიტყვები: ინოვაცია; ინოვაციური პროცესი; ღია ინოვაციური მოდელი; იდეათა სკრინინგი და რანჟირება; სარეალიზაციო ფასი და მოთხოვნა; საბაზრო წონასწორობა; ბიზნესმოდელი; ექსპერტული მეთოდი; იდეათა მართვის სისტემა.

1. შესავალი

დღევანდელი ყოფა ხასიათდება ადამიანის არსებობის, მოღვაწეობისა და საქმიანობის ყველა სფეროში ციფრული ტექნოლოგიების, „მეცნიერებატევადი“ და „მაღალტექნოლოგიური“ ინოვაციური პროცესების სწრაფი შეღწევით. ასეთი პროცესები კარდინალურად ცვლის ჩვენი ცხოვრების წესს და ეკონომიკური და სოციალური პრობლემების გადაწყვეტის ახალ შესაძლებლობებს ქმნის, შედეგად ცოდნა, ბიზნესის შემადგენელი ნაწილი გახდა. იგი წარმოებაში ფუნქციონირებადი ინტელექტუალური რესურსი, წარმოების პრიორიტეტული ფაქტორია, არამატერიალურ აქტივებში აღირიცხება და მოგების სოლიდური ნაწილი მოაქვს. თანაც თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური საქმიანობა და შესაბამისი ცოდნა ხშირად ინოვაციის ცნებასთან ასოცირდება. ინოვაციის ბევრი განსხვავებული განმარტება არსებობს. ჩვენი მიზნებიდან გამომდინარე, გამოვიყენებთ ინოვაციის შემდეგ განმარტებას:

ინოვაცია ახალი, ეფექტიანი პროდუქტის (მომსახურების) მიღების, წარმოების წესის და შემდგომში, საშინაო და, საგარეო ბაზარზე რეალიზაციის პროცესის შედეგია. ინოვაცია, როგორც სამეცნიერო-საწარმოო ციკლის საბოლოო შედეგი, და განიხილება ინოვაციური პროცესებისგან მოუწყვეტილად.

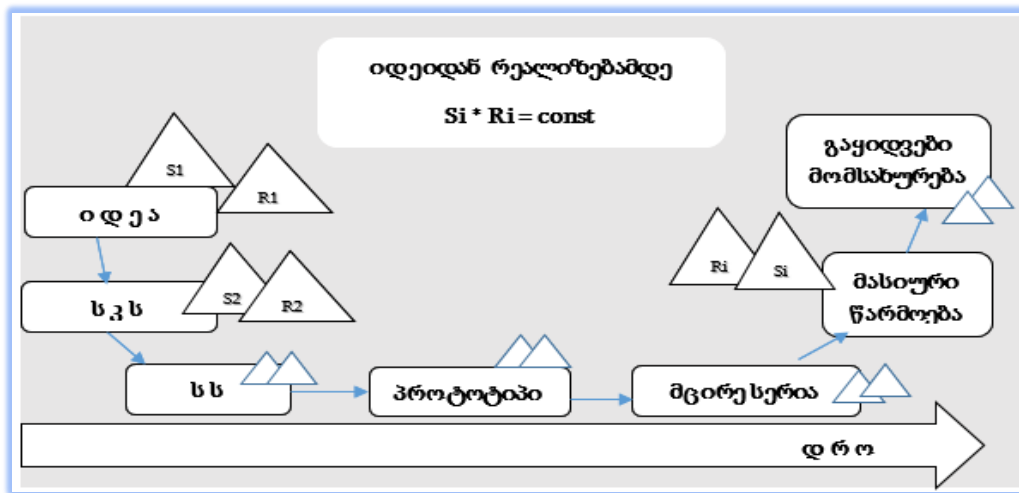
ინოვაციური პროცესი მეცნიერული ცოდნის ინოვაციებად გარდაქმნის პროცესია და მთლიანობაში მოიაზრება, როგორც საქმიანობა, რომელიც დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად უზრუნველყოფს ახალი შესაძლებლობების მუდმივ ძიებას. როგორც ნებისმიერი პროცესი, ინოვაციური პროცესებიც მიმდინარეობს ბევრი ფაქტორის ზემოქმედების პირობებში. თანაც ეს ზემოქმედება განსხვავებულია საქმიანობის სხვადასხვა დარგში და თვით ინოვაციური პროცესის შემადგენელ სტადიებსა თუ ეტაპებზე.

ასე, რომ ინოვაციური პროცესების მართვის პროცესში მნიშვნელოვანი ამოცანაა სტადიებზე გადასაწყვეტი ამოცანების განსაზღვრა და შესაბამისი მოდელების (მათემატიკური, ექსპერტული, სტრუქტურული და ა.შ.) დამუშავება, რომელიც მორგებულ იქნება კონკრეტულ ინოვაციურ საქმიანობას, მიზნებს და შესაბამისობაში მოვა კომპანიის შიგა და გარე გარემოსთან [1].

2. ძირითადი ნაწილი

მე-20 საუკუნის ბოლოს განხორციელებულმა ცვლილებებმა, როგორცაა სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობით დაკავებული მუშაკების მობილურობის მატება, ვენჩურული კაპიტალის ხელმისაწვდომობის გაზრდა, ეკონომიკური ინტეგრაციის პროცესების დაწყება, სამეურნეო საქმიანობის ინტერნაციონალიზაციის ზრდა, გლობალიზაციის პროცესი და ციფრული საინფორმაციო-საკომუნიკაციო შესაძლებლობები, მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა ინოვაციური პროცესების მოდელების ევოლუციაზე - მარტივი ხაზოვანიდან კომპლექსურ და ქსელურ მოდელებამდე [1,2].

ინოვაციურ პროცესებთან დაკავშირებული პირველადი კვლევები და პროცესის სტადიები 1950–1960 წლებში ფიქსირდება. ამ პერიოდში გავრცელდა მარტივი ხაზოვანი მოდელები (პირველი და მეორე თაობა). ხაზოვანი იმიტომ, რომ სპეციალისტების აზრით, ინოვაციურ პროცესს აქვს ხაზოვანი, თანამიმდევრული ხასიათი და აერთიანებს სამეცნიერო კვლევებს და გამოგონებებს, საწარმოო კვლევებს და დამუშავებას, მარკეტინგს და ბოლოს ბაზარზე ახალი პროდუქტის ან პროცესის გატანის ეტაპს (ნახ.1). დღესდღეობით არსებობს ინოვაციური პროცესის მოდელების ხუთი ევოლუციური თაობა და წარმატებული კომპანიები ძირითადად უკვე მეექვსე თაობის ღია მოდელებს იყენებს, თუმცა ყოველი თაობის ინოვაციური მოდელი გარკვეულწილად პასუხია ეკონომიკაში მიმდინარე ცვლილებებსა და ტენდენციებზე.



ნახ.1. ინოვაციური პროცესის ხაზოვანი მოდელი

ინოვაციური პროცესის სტადიები ერთმანეთთან არის დაკავშირებული და უზრუნველყოფს პროცესის მთლიანობას და ეფექტურობას. სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების (სკს) ეტაპზე ხდება იდეების საბაზრო რეალიზაციის შესაძლებლობების გამოკვლევა, ხდება ახალი პროექტის (ტექნოლოგიის) შექმნისა და შეფასების მეთოდიკური მიდგომების დამუშავება. თუ მიღებული შედეგები იქნება დადებითი, მაშინ მის საფუძველზე იწყება საკონსტრუქტორი სამუშაოები (სს) და იქმნება საცდელი ნიმუშები (პროტოტიპი), რომელიც გადის საცდელ გამოცდა-შემოწმებას (საცდელი წარმოება). ამ დროს ხდება ათვისების ეტაპი, როცა აუცილებელია საწარმოო პროცესის ადაპტაცია ახალ მოთხოვნებთან (ახალი მოწყობილობების ათვისება, ახალი ტექნოლოგიების დაუფლება და ა.შ.). თუ გამოცდის შედეგები დადებითია, იწყება ახალი პროდუქციის მასიური წარმოება. ათვისების პროცესის ეფექტურობა დიდწილად განაპირობებს ახალი პროდუქციის წარმოების ეფექტურობას [1].

გაყიდვების ეტაპზე ხდება ახალი პროდუქციით ბაზარზე გასვლასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტა და შესაბამისი სამუშაოების ჩატარება, რეალიზაციის შემდგომი მომსახურების უზრუნველყოფა.

მოდელი კარგად ახდენს ბაზრისაკენ „გადაადგილების“ დემონსტრირებას, ასევე აკავშირებს აუცილებელი ინვესტიციების მოცულობას S რისკების სიდიდესთან R, რომელიც გაგებულა, როგორც ბაზარზე წარუმატებელი გასვლის ალბათობა.

ბაზრისაკენ გადაადგილების ყოველი ეტაპი მოითხოვს უფრო მეტ ინვესტიციას ვიდრე წინა, თუმცა მცირდება ბაზარზე წარმატებული გასვლის და დამკვიდრების მოსალოდნელი რისკები.

ყოველი ინოვაციური პროექტისათვის ეს თვისება შეიძლება აღიწეროს ფორმულით:

$$S_i * R_i = const$$

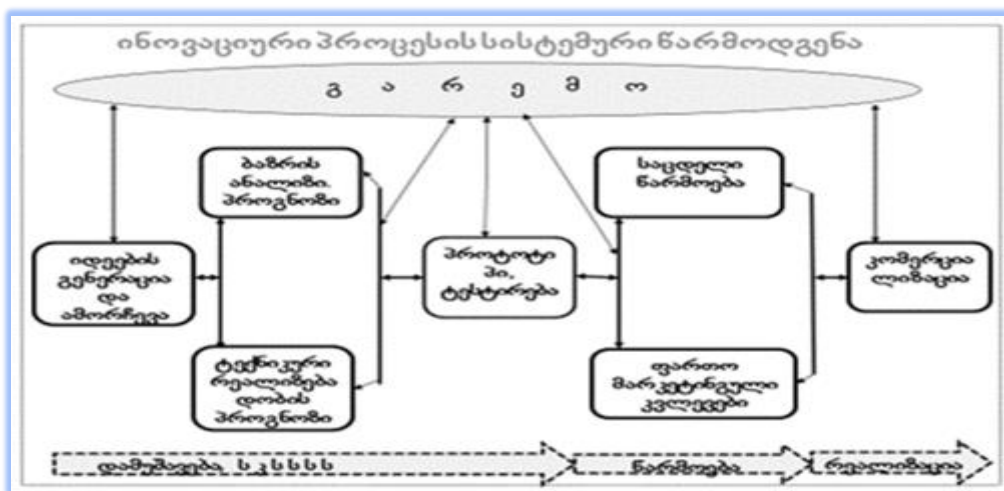
ზემოთ მოყვანილი მარტივი, მაგრამ მნიშვნელოვანი ზოგადი მოდელი საშუალებას იძლევა დავინახოთ სტადიებზე სამეცნიერო-ტექნიკური ან სხვა საქმიანობის შედეგების ეკონომიკური აზრი და წინსვლის მიზანშეწონილობა, ასევე ყოველი სტადიის შედეგის კომერციალიზაციის თავისებურებები. ასეთ შუალედურ გაყიდვებთან ან ტრანსფერთან მნიშვნელოვნადაა კავშირში ვენჩურული ბიზნესი.

80-იანი წლების მეორე ნახევრიდან კონკურენციის გაძლიერებამ და საქონლის სასიცოცხლო ციკლის დროის შემცირებამ, საჭირო გახდა სკს და სს ეტაპების უფრო მჭიდრო კავშირის არსებობა. სპეციალისტებმა ყურადღება მიამჩიეს იმას, რომ ინოვაციების შექმნა თავისი ბუნებით არის რთული, არაცხადი, მოუწესრიგებელი პროცესი და ამიტომ გაჩნდა მოსაზრება, რომ სტრუქტურირებული ხაზოვანი მოდელები არასრულად აღწერს ეტაპებზე მიმდინარე პროცესებს და გარკვეულად ამახინჯებს ინოვაციური პროცესების არსს. შესაბამისად, შეიქმნა მოდელები, სადაც ყურადღება მიექცა ცოდნის მართვას, ბაზართან ურთიერთობას, სხვა კავშირებს გარემოსთან, პირდაპირ და უკუკავშირებს ეტაპებს შორის და ა. შ. მე-2 ნახაზზე შემოთავაზებულია ინტეგრირებული ღია ინოვაციური მოდელი, რომელიც, ჩვენი აზრით, ინოვაციური მოდელების წინა თაობების გარკვეული გაერთიანებაა.

წარმოდგენილ მოდელში ინოვაციური პროცესი განიხილება, როგორც იდეების დამუშავების, სამეცნიერო და გამოყენებითი კვლევების, წარმოებისა და რეალიზაციის სტადიების თანამიმდევრული პროცესი, თუმცა კომერციალიზაციის ეტაპი აერთიანებს წარმოების სტადიის ნაწილს და გაყიდვების ეტაპს. აღნიშნულ მოდელში ინოვაციის მამოძრავებელ ძალად განიხილება „ბაზარი“ თავისი მახასიათებლებით. მნიშვნელოვანია ბაზრის როლი პერსპექტიული მოთხოვნის ფორმირებასა და შესაბამისი იდეების გენერირების პროცესში.

მოდელის განსაკუთრებული მახასიათებელია ღია ურთიერთობა და კავშირი გარემოსთან, ინოვაციური პროცესის ყოველ სტადიაზე. მნიშვნელოვანია გარემოში დაგროვილი ცოდნის, კვლევის შედეგების, ინფორმაციის და თანამედროვე ტექნოლოგიების დაუბრკოლებელი გამოყენების შესაძლებლობა (კანონმდებლობის ფარგლებში). ასევე მნიშვნელოვანია ინოვაციური პროცესის მონაწილეებთან ღია, გახსნილი საქმიანი ურთიერთობის შესაძლებლობა და ინოვაციური პროცესის განმავლობაში მიღებული გამოცდილების და ცოდნის გარემოსთან გაცვლა.

ინოვაციური პროცესის ყოველი სტადია წინა სტადიაზე მიღებული შედეგების შემდგომი დამუშავების საშუალებაა და გარანტირებულად უზრუნველყოფს პროცესის უწყვეტობას. შესაძლებელია არადაამაკმაყოფილებელი შედეგების წინა სტადიაზე დაბრუნება ხელახალი დამუშავების ან მოდიფიცირებისთვის. ეს პროცესი მოდელში უკუკავშირების სახითაა წარმოდგენილი.



ნახ. 2. ინოვაციური პროცესის ღია მოდელი

ინოვაციური პროცესის მართვა, პირველ რიგში, ინოვაციურ პროცესს მოიაზრებს, როგორც მართვის ობიექტს პირდაპირი და უკუკავშირებით სტადიებს შორის და აუცილებელი ურთიერთკავშირით გარემოსთან. აქედან გამომდინარე, მართვის ამოცანებიც ძირითადად ცალკეულ სტადიებთან ან მთლიან პროცესთან, მის ეფექტურ მართვასთან არის დაკავშირებული. ასეთი ამოცანები და მათი მოდელირების მეთოდები მრავლადაა. მაგალითად, აუცილებელია პერსპექტიული მოთხოვნის გადამოწმება და შედარება საბაზრო მოთხოვნასთან, რომლის შემდეგაც შესაძლებელია „წარმოების“ შედეგების ბაზარზე მოხვედრა. მხოლოდ საბაზრო მოთხოვნის არსებობის პირობებში იქცევა მიღებული სიახლე ინოვაციად, რის შემდეგაც შესაძლებელი გახდება მისი გავრცელება ახალ პირობებსა და გამოყენების ადგილებში [2,3].

მნიშვნელოვანია მომხმარებლის გამოკითხვის შედეგად მიღებული მონაცემების კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზი და მოთხოვნის ერთფაქტორიანი რეგრესიული მოდელის აგება, მოდელის მახასიათებელი პარამეტრების ანალიზი, მათი ნდობის ინტერვალების აგება და ოპტიმალური ფასის ფორმირების ამოცანის გადაწყვეტა, დანახარჯების შესაძლო მნიშვნელობების გათვალისწინებით [3].

პროტოტიპის განვითარების ეტაპზე საჭირო ხდება ბიზნესმოდელის დამუშავება ბიზნესგეგმის ნაცვლად. ბიზნესმოდელი ლოგიკურად უნდა იყოს აღწერილი, კომპანია როგორ ქმნის და აწვდის მომხმარებელს სამომხმარებლო ფასეულობებს, რა გზებს იყენებს, ვისთან ერთად მოქმედებს, როგორია დანახარჯები და შესაბამისი ეკონომიკური და სხვა სახის სარგებელი.

ბიზნესმოდელის დამუშავების პროცესი ბიზნესის სტრატეგიის დამუშავების ნაწილია. ამ პროცესში გადამწყვეტია ახალი ინსტრუმენტების და მათი თვისებების ეფექტური გამოყენება.

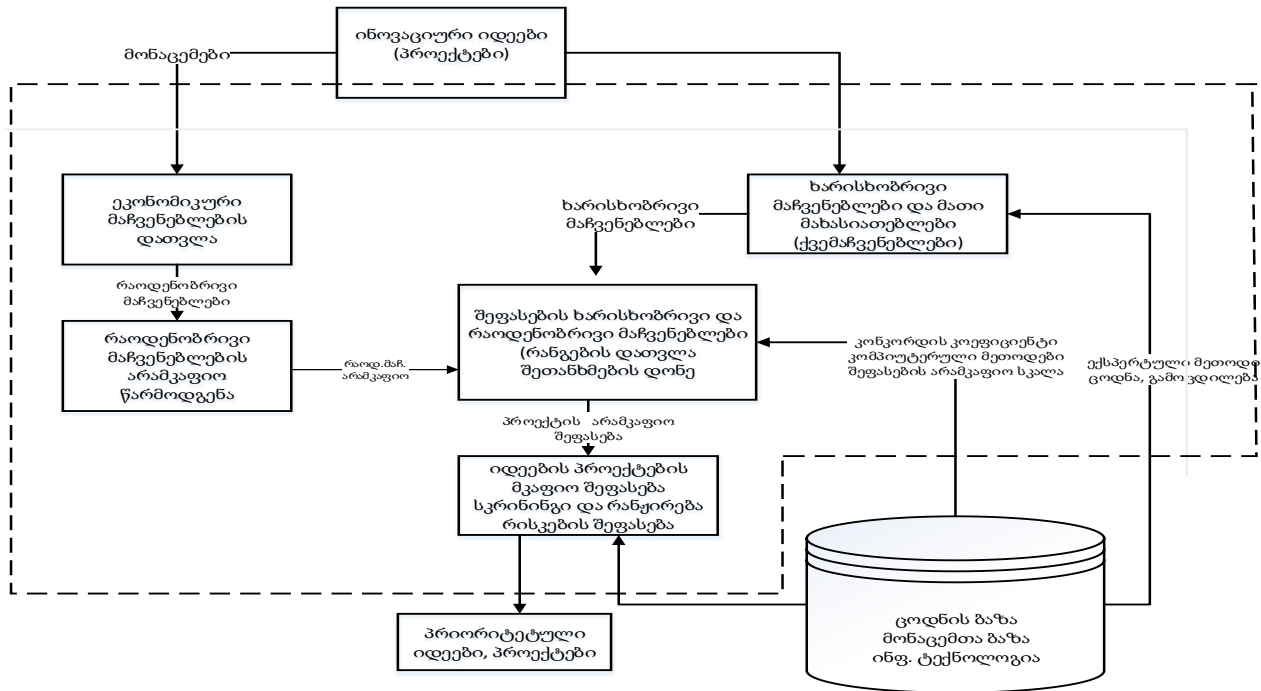
ასეთი ინსტრუმენტის რანგში შემოთავაზებულია ა. ოსტერვალდის ბიზნესმოდელის თარგის/ტილოს გამოყენება. ის ბიზნესის ყველაზე არსებითი შედეგნილობის (სტრუქტურული ბლოკები) ერთობლიობას და მათ შორის ვიზუალურ ურთიერთკავშირებს ქმნის. განსაზღვრვს ბიზნესის უნიკალურობას და კონკრეტულ უპირატესობებს. მოდელი უკეთესად ერგება start-up ბიზნესის ახალი კონცეფციის მოფიქრების დროს და მისი აქტუალურობის ასევე უპირატესობის ინვესტორთან წარდგენის დროს [4]. ამჯერად მოკლედ განვიხილავთ მხოლოდ იდეების გადარჩევის და მათი რანჟირების ამოცანას და მისი გადაწყვეტის მრავალკრიტერიუმთან ექსპერტულ მეთოდს.

ზემოთაღწერილი ინოვაციური პროცესის განვითარება გამართლებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ „სწორი გადაწყვეტილებები“ იქნება მიღებული ინოვაციური პროცესის საწყის სტადიაზე. „სწორი გადაწყვეტილებებში“ მოიაზრება იდეების სიმრავლიდან ბიზნესის მიზნების და მისი პერსპექტიული მოთხოვნების შესაბამისი ერთი ან რამდენიმე იდეის არჩევა და მათ შორის საუკეთესოს ან საუკეთესოების დადგენა-რანჟირება. არსებობს იდეების გადარჩევის და რანჟირების განსხვავებული მეთოდები, რომლებიც სხვადასხვა წესით ახდენს არსებული იდეების შეფასებას და შედარებას, შემდგომი რანჟირების მიზნით [3,5]. მაგალითად, [5]-ში განხილული მრავალკრიტერიუმის ექსპერტული მეთოდის გამოყენების საფუძველზე, ინოვაციური იდეების (პროექტების) რანჟირების ამოცანა შეიძლება რეალიზებულ იქნას შემდეგი თანამიმდევრობით (ნახ.3).

შემოთავაზებული ექსპერტული მეთოდი დაფუძნებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის, კერძოდ არამკაფიო რიცხვების შესაძლებლობებზე და მოიცავს ექსპერტული მეთოდის ყველა ეტაპს: შეფასების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენა, შეფასების არამკაფიო სკალის ფორმირება, ექსპერტების მიერ შეფასების პროცესის წარმართვა, ექსპერტების შეთანხმების დონის დადგენა, მაჩვენებლებისთვის წონების დადგენა და ა.შ. [3]. მნიშვნელოვანია მეთოდის ბოლო ეტაპი, რომელიც გულისხმობს ყოველი იდეის (პროექტის) არამკაფიო ინტეგრალური შეფასების დაყვანას მკაფიო შეფასებამდე (ჩანგის მეთოდით), რის საფუძველზეც ხდება იდეების რანჟირება (მაღალი ადგილი ნიშნავს უკეთეს იდეას (პროექტს)) და საჭირო რაოდენობის იდეების ამორჩევა. შესაძლებელია იდეების პორტფელის ფორმირებაც. მეთოდი საშუალებას იძლევა არამკაფიო სიმრავლეების საშუალებით დავადგინოთ იდეებისა და იდეათა პორტფელის რისკების რაოდენობრივი სიდიდეებიც [5].

3. დასკვნა

წარმოდგენილი ნაშრომი ინოვაციური პროცესის, როგორც ერთიანი ღია სისტემის შემადგენელ ეტაპებზე გადასაწყვეტი, მართვის ძირითადი ამოცანების არასრული ჩამონათვალია, რომელთა რეალიზებაში სტატიის ავტორებსაც მიუძღვის გარკვეული წვლილი. მათი აზრით, დამუშავებული მოდელების მართვის ერთიან სისტემაში ჩართვამ მნიშვნელოვნად უნდა გააუმჯობესოს ინოვაციური პროცესის ყოველი სტადიის და მთლიანად პროცესის საბაზრო მიზიდველობა და კონკურენტუნარიანობის მახასიათებლები.



ნახ 1. ინოვაციური იდეების გადარჩევის ალგორითმი

ცნობილია, რომ ბიზნესკომპანიის კონკურენტუნარიანობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია საქმიანობაში ინოვაციების ინტეგრაცია. ეს ნიშნავს, რომ ინოვაციების, როგორც კონკურენტული უპირატესობების ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორის, მნიშვნელობა თუ გაიზრდება, მაშინ განხილული იდეების მართვის სისტემა ხდება ის კატალიზატორი, რომელიც კომპანიებს და ეხმარება მომხმარებლისთვის მისაღები ინოვაციური იდეის (პროექტის) ფორმირებაში, რამაც შემდგომში უნდა განაპირობოს კონკურენტუნარიანობის იმ დონის მიღწევა, რომელიც აქამდე მიუღწეველი იყო. ვფიქრობთ, რომ თემა აქტუალური და მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნის ინოვაციური პოლიტიკის განვითარების პროცესში.

ლიტერატურა - REFERENCES

1. ზ. გასიტაშვილი, ს. ხუციშვილი, ჯ. გაგლოშვილი. ინოვაციური პროცესების მოდელის ევოლუცია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული, N4(494).
2. Chesbrough, H.W. (2013). Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business School Press.
3. ნ. მჭედლიშვილი, ს. ხუციშვილი, გ. ამილახვარი. სარეალიზაციო ფასის ოპტიმიზაციის ამოცანა კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზის და Matlab-ის ბაზაზე. სტუ, მართვის ავტომატიზებული სისტემები, შრ.კრ., №1(14). თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013, გვ. 59–64.
4. ს. ხუციშვილი, მ. ხართიშვილი, გ. ხუციშვილი, ლ. ხუციშვილი. ბიზნესმოდელის თანამედროვე ხედვა და შემადგენლების სისტემური ანალიზი. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი №2, სტუ, 2019.
5. ჯ. გაგლოშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ს. ხუციშვილი. სკრინინგისა და რანჟირების ამოცანები ღია ინოვაციებში. სტუ-ის სამეცნიერო შრ.კრებ., 2015 წ. N3 (497).

ANALYSIS AND MODELING OF MANAGEMENT TASKS TO BE SOLVED AT THE STAGES OF THE INNOVATION PROCESS

Sulkhan Khutsishvili, Zurab Gasitashvili, Maka Khartishvili
Georgian Technical University

Summary

Linear and open structural models of the innovation process are presented. The innovation process is considered as a process of sequential realization of stages or stages with corresponding open connections. For such a model, the relationship between possible investments and risks is determined at each stage, and a general model for describing their dependence is given. The tasks to be solved at the stages are analyzed and modeling directions are

determined. The paper presents some recommendations and prerequisites for creating an innovative process management computer system.

ინფორმატიკის და სოციალური მეცნიერებათა დიალექტიკა

ჰენრი კუპრაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

h.kuprashvili@gtu.ge

რეზიუმე

ინფორმატიკა წარმოიშვა მეცნიერების წიაღში და აქ გამოვლინდა პირველად, როგორც მეცნიერული ცოდნის სფერო. ადამიანთა საქმიანობის სხვადასხვა სფეროდან სწორედ მეცნიერულმა სფერომ განიცადა ინფორმატიკის ყველაზე ძლიერი გავლენა. მეცნიერების ინფორმატიზაცია გახდა ერთ-ერთი ყველაზე დამახასიათებელი გზა ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბებაში. შეიძლება ითქვას, რომ დაპროგრამება, რომლის დაბადებისა და განვითარების მომსწრე ვართ, დღეს ისე აღარ აღიქმება, როგორც მისი წარმოქმნის საწყის ეტაპზე იყო ანუ ისეთ მოვლენად, რომელიც ხორციელდებოდა უშუალოდ საზოგადოებისათვის და იყო მის სამსახურში. დღეს დაპროგრამება განიხილება, როგორც საზოგადოებაზე რაღაც უფრო მაღლა მდგომად, ელიტურ სიმბოლოზე, რომელიც ერთგვარი ალგორითმული არბიტრაჟის მეშვეობით განსაზღვრავს კაცობრიობის განვითარების სივრცესა და დროში არსებობის შედეგებს. სამეცნიერო ინფორმატიკა, ერთი მხრივ, ტექნოლოგიების სფეროშია ლოკალიზებული, მეორე მხრივ, მას ახასიათებს განუზომელი ფართომასშტაბიანობა, რადგან სცილდება საკუთარ ვიწრო არეალს და „შეჭრილია“ თითქმის ყველა სამეცნიერო სფეროში, მათ შორის სოციალურ მეცნიერებებში. სოციალური მეცნიერებები უნდა განიხილებოდეს არა მხოლოდ, როგორც კომპლექსური პრობლემა, რომელიც მოითხოვს თეორიულ და გამოყენებით კვლევას საზოგადოების ინფორმატიზაციის პროცესებთან დაკავშირებული ტრადიციული და ახალი სამეცნიერო დისციპლინების გადაკვეთაზე, არამედ, როგორც ფუნდამენტური, სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი სფერო, რომლის მიზანია ცივილიზაციის ახალი ეტაპის – საინფორმაციო საზოგადოების განვითარების კანონზომიერებებისა და პრობლემების შესწავლა.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმატიკა, კვლევა, სოციალური მეცნიერებები.

1. შესავალი

ინფორმაციულმა ეპოქამ საზოგადოების განვითარებაში განუზომლად გაზარდა და გააფართოვა ინფორმატიკის როლი, განსაკუთრებით ინფორმაციის დამუშავების, გადაცემისა და დაგროვების საშუალებები. ფაქტია, რომ ინფორმატიკისა და კომპიუტერული ტექნოლოგიების შესაძლებლობები ახლა დიდწილად განსაზღვრავს ქვეყნის სამეცნიერო-ტექნიკურ პოტენციალს, სახელმწიფოებრივი განვითარებისა და ეროვნული უშიშროების უზრუნველყოფის მასშტაბებს, მისი ეროვნული ეკონომიკის წინსვლის დონეს, ცხოვრების წესს, მთლიანად ადამიანის საქმიანობას. ინფორმატიკა ასევე განიხილება, როგორც გამოყენებითი მეცნიერება, რომელიც ემსახურება ტექნიკას, წარმოებასა და ადამიანის საქმიანობის სხვა სახეებს ინფორმაციული ტექნოლოგიების შექმნითა და საზოგადოებაში გადაცემით ანუ ეს არის ტექნიკური მოწყობილობები და მეთოდები ინფორმაციის ეფექტური დამუშავების, კომუნიკაციის ორგანიზებისა და სამეცნიერო ინფორმაციის გავრცელების, ინფორმაციის განვითარების საშუალებების შესაქმნელად, სხვადასხვა დანიშნულების სისტემების შესამუშავებლად, რომლებიც დაფუძნებულია კომპიუტერული და სხვა ტექნიკური საშუალებების გამოყენებაზე.

მნიშვნელოვანია, რომ ინფორმატიკა არა მხოლოდ შესულია სხვადასხვა სამეცნიერო სფეროში, მათ შორის სოციალურ მეცნიერებებში და მონაწილეობს მეცნიერებათა ურთიერთქმედებაში, ზოგადი სამეცნიერო ენის შემუშავებაში, არამედ თავად, სხვა მეცნიერებებთან ურთიერთობისას, როგორც სამეცნიერო ცოდნის დამოუკიდებელი სფერო, წარმოქმნის სამეცნიერო ცოდნის ახალ სფეროებს – საინფორმაციო ფსიქოლოგიას, მექატრონიკას,¹ საინფორმაციო ეკონომიკას, სოციალურ ინფორმატიკას და ა.შ.

¹ ზუსტი ინჟინერიის, ელექტრონული კონტროლისა და მექანიკური სისტემების ერთობლიობა. ფოკუსირებულია მექანიკური, ელექტრონული და ელექტროსაინჟინრო სისტემების ინტეგრაციაზე და ასევე მოიცავს

2. ძირითადი ნაწილი ინფორმატიკა და სამეცნიერო ცოდნის ახალი სფეროები

მე-20 საუკუნის ბოლოდან კომპიუტერული მეცნიერების მეთოდები და საშუალებები მუდმივად მზარდ გავლენას ახდენს თანამედროვე ადამიანის აზროვნების მთელ სისტემაზე. მეცნიერების ინფორმატიზაცია გამოწვეული იყო, როგორც მეცნიერების მიერ იმ ამოცანების ეფექტური შესრულების აუცილებლობით, რომლებსაც მათ წინაშე აყენებდა ცხოვრება, ისე თავად მეცნიერების შინაგანი მოთხოვნილებით. ინფორმაციული ტექნოლოგია გახდა მეცნიერების მიერ მიღებული ცოდნის შექმნისა და პრაქტიკული გამოყენების დაჩქარების მთავარი ფაქტორი.

ყოველმომცველმა ინტერნეტტექნოლოგიებმა შეცვალა მსოფლიო, მისი პოლიტიკური, ეკონომიკური, სოციალური რეალობა. კიბერსივრცის გაჩენასთან ერთად, მაგალითად, სახელმწიფო თანდათან კარგავს გარკვეულ ფუნქციას, მცირდება მისი როლი და გავლენა ადამიანურ ურთიერთობებზე, სახელმწიფო საზღვარიც კი იცვლის თავის პირვანდელ დანიშნულებას. დღეს კიბერტერორისტებს შეუძლიათ „გადალახონ“ საზღვარი და „შეიჭირონ“ სხვა სახელმწიფოს ფარგლებში, ჩაატარონ ქვეყნისათვის დიდი ზარალის მომტანი დანაშაულებრივი ოპერაციები. კიბერსივრცემ შეცვალა ომის რაობა, მისი გაგების სტანდარტები. წარმოიშვა მანამდე გაუგონარი პრობლემები, შესაბამისად, გაჩნდა კიბერსივრცის დაცვის აუცილებლობა. ამ პრობლემის აქტუალურობა განპირობებულია საინფორმაციო-საკომუნიკაციო და კიბერტექნოლოგიების წარმოდგენილად არნახული განვითარების ფონზე კიბერთავდასხმების განუსაზღვრელი მასშტაბების შეუქცევი პროცესებით, რომლებიც მთელი მსოფლიოს წინაშე აყენებს უშიშროების უზრუნველყოფის ზომების გაძლიერების აუცილებლობას. მე-20 საუკუნის 80-იან წლებამდე თუ ვირუსებისათვის მხოლოდ კომპიუტერები იყო ვიწრო სამიზნე, ახლა ისინი არაპროგნოზირებად დამაზიანებელ იარაღად იქცა და მსოფლიოსათვის კატასტროფული შედეგების მომტანი გახდა ანუ ვირუსების შემქმნელთათვის კიბერსივრცის ბრძოლის ველზე კომპიუტერი არა მიზანი, როგორც ეს იყოს საწყის ეტაპზე, არამედ უკვე საშუალებაა, ხოლო მრავალსულიანი კომბინაციური სამიზნე – საერთაშორისო და ეროვნული უშიშროების უზრუნველყოფის მექანიზმები, სასიცოცხლო ინფრასტრუქტურები.

რადგანაც პრობლემა გასცდა ინფორმატიკის დარგის სპეციალისტების მიერ კომპიუტერების ტექნიკურად დაცვისათვის ანტივირუსების შექმნის ვიწრო სფეროს, გლობალურმა საშიშროებამ ბრძოლის ველზე გამოიყვანა პოლიტიკოსები და სამხედროები, ასევე მეცნიერების სხვადასხვა დარგში მომუშავე მკვლევრები. მნიშვნელოვნად გაფართოვდა აკადემიური სამეცნიერო კვლევების სფერო და არეალი [1]. შეიქმნა ახალი რეალობა: 1. აქამდე კომპიუტერების ტექნიკურად დაცვის საკითხებს ძირითადად იკვლევდნენ და იკვლევენ მხოლოდ ინფორმატიკის სპეციალისტები; 2. ამჯერად კიბერსივრცის პრობლემების კვლევაში ფართოდ ჩაეხიზნა სოციალური, ჰუმანიტარული, სამართლის, სამხედრო და სხვა სფეროების სპეციალისტები. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ახალმა რეალობამ ცხადი გახადა საქართველოს სამეცნიერო სფეროს მკვლევართა მიერ კიბერსივრცეში ტერმინების გამოყენების საკითხის დაზუსტების საჭიროება: 1. ვირუსების საფრთხეებისაგან კომპიუტერის (ქსელების) დაცვის უზრუნველსაყოფად ტრადიციულად იყენებენ ტექნიკურ ტერმინს „უსაფრთხოება“ (კიბერუსაფრთხოება, საინფორმაციო უსაფრთხოება, კომპიუტერული უსაფრთხოება); 2. კიბერსივრცეში გაზრდილი მასშტაბური საშიშროების თავიდან ასარიდებლად წარმოებული შინაარსობრივად სრულიად ახალი სოციალურ-პოლიტიკური საქმიანობის გამოსახატად გამოყენებული უნდა იქნას შესაბამისი, ასევე სოციალურ-პოლიტიკური გაგების ტერმინი „უშიშროება“ (კიბერუშიშროება, საინფორმაციო უშიშროება და სხვა), რათა გამოიკვეთოს აზრობრივი და შინაარსობრივი განსხვავება ამ ორ პროცესს შორის ანუ ბოლო ათწლეულებში კიბერსაფრთხეების, როგორც ტექნიკური პრობლემის განხილვიდან მის პოლიტიკურ ამოცანად გადაწყვეტაზე გადასვლის შემდეგ, ტექნიკური ხასიათის საქმიანობის გამომხატველი ტერმინი „უსაფრთხოება“ სრულად ვეღარ ასახავს და ვერ გადმოსცემს მომხდარი ცვლილებების არსს [2], ამიტომ კომპიუტერებისა და ქსელების ვირუსებისაგან ტექნიკურად დაცვის დროს ბუნებრივად გამოიყენება ტერმინები: კიბერუსაფრთხოება, საინფორმაციო უსაფრთხოება, კომპიუტერული უსაფრთხოება, ხოლო სოციალურ-პოლიტიკური საქმიანობის (კანონების მიღება, ღონისძიებების პოლიტიკურ და სახელმწიფოებრივ კონტექსტში დასახვა-განხორციელება და სხვა) აღსანიშნავად შესაბამისი ბუნებრივი შესატყვისი – კიბერუშიშროება, საინფორმაციო უშიშროება [3].

რობოტიკის, ელექტრონიკის, კომპიუტერული მეცნიერების, ტელეკომუნიკაციების, სისტემების ერთობლიობას.

ბოლო ათწლეულში დასავლეთის სამეცნიერო წრეებშიც გაჩნდა მთელი პლეადა მკვლევრებისა, რომლებიც მეტი სიზუსტისა და სიცხადის მისაღწევად მიჯნავენ კვლევის ამ სხვადასხვა სფეროს. მაგალითად, ციურხის უშიშროების კვლევის ცენტრის პროფესორი მირიამ დან კაველტი და ამავე ცენტრის დირექტორი, პროფესორი ანდრეას ვენგერი მიუთითებენ, რომ „რამდენადაც ეს ტექნიკური სისტემები უფრო მჭიდრო კავშირშია და აერთიანებს საზოგადოებისა და ეკონომიკის მეტ ასპექტს, კიბერუშიშროებასთან დაკავშირებული პრობლემები გარდაუვლად გავრცელდება პოლიტიკის უფრო მეტ სფეროებში როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე. ეს მოვლენები შექმნის ახალ მოთხოვნებს ტექნიკური და ორგანიზაციული კვლევებისათვის, რომლებიც უკეთესად უნდა იყოს ინტეგრირებული სოციალური და პოლიტიკური მეცნიერებების მიდგომებთან [4].

საინფორმაციო ეპოქაში სამეცნიერო დისციპლინების შემდგომმა განვითარებამ ინფორმატიკის სხვა მეცნიერებებთან გადაკვეთისას გამოიწვია, ერთი მხრივ, ისეთი მოვლენა, როდესაც ჩნდება სოციალური ინფორმატიკა (იგი წარმოიშვა ინფორმატიკის, სოციოლოგიის, ფსიქოლოგიისა და ფილოსოფიის კვეთაზე), რომლის საგანია ინფორმაციული რესურსები, საზოგადოების ინფორმაციული პოტენციალი, საინფორმაციო პროცესების მიმდინარეობა საზოგადოებაში, მათი გავლენა სოციალურ პროცესებზე, მათ შორის - საზოგადოებაში პიროვნების განვითარებასა და პოზიციაზე, ინფორმატიზაციის გავლენით საზოგადოების სოციალური სტრუქტურების შეცვლაზე, მათი სოციალური გამოყენების მეთოდოლოგიაზე, სწავლობს ინფორმატიკის გავლენას სოციალურ პროცესებსა და სოციალური მეცნიერებებისა და განათლების განვითარებაზე; მეორე მხრივ, „დარგობრივი ინფორმატიკა“ (ეკონომიკური, იურიდიული, ბიოლოგიური და ა.შ.) ადაპტირდება ზოგადი ინფორმატიკის, კომპიუტერულ მონაცემთა დამუშავების ტექნოლოგიების მეთოდებსა და ალგორითმების ადამიანის ცოდნის ცალკეული დარგების მახასიათებლებთან მიმართებაში. ამავდროულად, იკვეთება არა მხოლოდ მთლიანობაში მეცნიერების შემდგომი კომპიუტერიზაცია, რომელიც აშკარად გამოიხატა, როგორც გასულ საუკუნეში მისი განვითარების ერთ-ერთი წამყვანი ტენდენცია, არამედ ცალკეული მეცნიერებების საპირისპირო გავლენა ინფორმატიკაზე. მრავალფეროვანი, მათ შორის სოციალურ მონაცემებთან მუშაობა აფართოებს თავად ინფორმატიკის, როგორც მეცნიერების შესაძლებლობებსა და ინსტრუმენტებს.

ცალკე აღებულ სოციალურ მეცნიერებებში მკვლევარი ეხება რთულ სისტემებს, მათი ქცევის ალბათურ ხასიათს. რაც უფრო რთულია სისტემა, მით უფრო ძნელია მისი ზუსტი აღწერა, ეს კი აუცილებელია ამ სისტემის შესახებ ცოდნის ფორმალიზებისა და კომპიუტერში მისი შემდგომი შეყვანისათვის. ასეთი სისტემების აღწერა მოითხოვს უფრო რთულ მეთოდებს, მაგალითად, ალბათობის თეორიის მეთოდები, მათემატიკური სტატისტიკა, გადაწყვეტილების თეორია და სხვა. სოციალური მეცნიერებები ყოველთვის არ ფლობს ასეთ მეთოდებს, არადა მათ გარეშე თანამედროვე ეპოქაში, რბილად რომ ვთქვათ, „შორს ვერ წახვალ“. ამიტომ შექმნილი რეალობა დიდი ხანია მოითხოვს სოციალური მეცნიერებების მკვლევრებისა და პროგრამისტების, მათემატიკოსებისა და სხვათა ერთობლივ საქმიანობას ახალი მეთოდების შემუშავებაში, სადაც გათვალისწინებული იქნება სოციალურ-პოლიტიკური მოვლენების გაურკვევლობაც და განუსაზღვრელობაც. კომპიუტერული ტექნოლოგიების გარეშე უკვე წარმოუდგენელია სოციალური, პოლიტიკური, ეკონომიკური, ისტორიული, ლინგვისტური, სოციოლოგიური და სხვა სფეროები.

3. დასკვნა

ინფორმატიზაცია მოიცავს ადამიანის საქმიანობისა და სამეცნიერო ცოდნის ყველა სფეროს - ემპირიულიდან თეორიულამდე, აქტიურად მონაწილეობს მეცნიერების სხვადასხვა დარგის ინტეგრაციაში, ახალი მეცნიერებების გაჩენაში. ინფორმატიზაცია არის თანამედროვე მეცნიერების განვითარებისა და ფუნქციონირების სტიმული, მისი ხარისხობრივი ტრანსფორმაციის გადამწყვეტი ფაქტორი, რეკოლუცია სამეცნიერო სივრცეში.

მეცნიერებაში ახალი დარგების გაჩენა დაკავშირებულია ინფორმატიკისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების განვითარების ტემპთან. ინფორმატიკის გამოყენების ობიექტია სხვადასხვა მეცნიერება და პრაქტიკული საქმიანობის სფერო. მათთვის იგი გახდა ყველაზე თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების წყარო. სამომავლოდ ინფორმატიზაციის პროცესი სულ უფრო მეტ გავლენას მოახდენს სოციალურ ცხოვრებაზე, რაც ობიექტური საფუძველია ინფორმაციული მეცნიერებების სოციალურ მეცნიერებებთან სინთეზისათვის.

ინფორმატიზაციის პროცესებისა და მათთან დაკავშირებული სოციალური ზემოქმედების შესწავლის აუცილებლობას განაპირობებს ის ფაქტორი, რომ ეს პროცესები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს არა მხოლოდ საზოგადოების სოციალური სტრუქტურების შეცვლაზე, არამედ სასიცოცხლო პირობა

ადამიანის არსებობისათვის. საჭიროა უფრო ღრმად გააზრება იმისა, რომ ადამიანების მიერ შექმნილი საინფორმაციო სფერო (ინფოსფერო) კვლავინდებურად არის მათი როგორც მატერიალური, ისე სოციალური არსებობის უმნიშვნელოვანესი განუყოფელი ნაწილი. ერთადერთი განსხვავება ისაა, რომ ინფოსფეროს ფორმირებისა და განვითარების კანონზომიერებანი ჯერ კიდევ ძალიან ცუდად არის შესწავლილი.

ლიტერატურა - References:

1. ჰ. კუპრაშვილი; (2022). საქართველოს ეროვნული უშიშროება. თბილისი: „უნივერსალი“, გვ. 298-314.
2. ჰ. კუპრაშვილი; (2022). კიბერსივრცე და ტერმინები: კიბერუშიშროება და კიბერუსაფრთხოება. სტუ-ის შრომები – Work of GTU – Труды ГТУ, №2 (524), გვ. 167-177. ISSN 1512-0996. [http://shromebi.gtu.ge/admin/uploads/shroma%20N2\(524\)/019-kuprashvili.pdf](http://shromebi.gtu.ge/admin/uploads/shroma%20N2(524)/019-kuprashvili.pdf) [10.10.2022].
3. ჰ. კუპრაშვილი; (2022). კიბერსივრცის კვლევა და ახალი აკადემიური დისციპლინები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „თანამედროვე მსოფლიო წესრიგი - პოლიტიკურ-სამართლებრივი გამოწვევები“ სტატიების კრებული, სტუ, სამართლისა და საერთაშორისო ურთიერთობების ფაკულტეტი. თბილისი, გვ. 34.
4. Dunn Cavelt, M., Wenger, A. (2019). Cyber security meets security politics: Complex technology, fragmented politics, and networked science. *Contemporary Security Policy*, 41:1, DOI: 10.1080/13523260.2019.1678855, გვ. 22-23. https://css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/pdfs/Dunn%20Cavelt_Wenger_2019_Contemporary%20Security%20Policy_Cyber%20security%20meets%20security%20politics%20Complex%20technology%20fragmented%20politics%20and%20networked%20science.pdf [07.10.2022].

DIALECTICS OF INFORMATICS AND SOCIAL SCIENCES

Henri Kuprashvili

The Doctor of Political Sciences, Professor,
Georgian Technical University
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7013-1407>
h.kuprashvili@gtu.ge

Summary

Informatics was originated from the core of science. It was revealed here for the first time and subsequently became a field of scientific knowledge itself. Among all the fields of human activity, it was the scientific field, that experienced the strongest initial impact of informatics and the informatization of science became one of the most characteristic ways in the formation of the information society. We are witnessing the "birth and development" of programming, but today we can say that the content of programming is no longer perceived in the way as it was at the initial stage of its creation. In particular, at the initial stage of its creation, programming was considered to be an event that was carried out directly for the community and served it. Today, programming is considered as a creative process that stands above society, an elitist height determining the outcome of the „existence of everything“ in human development through a kind of algorithmic arbitration in space and time.

On the one hand, scientific informatics is localized in the field of technology, and on the other hand, it is characterized by immeasurable large-scale, as it goes beyond its own narrow area and "invades" almost all scientific fields, including the field of social sciences. Social sciences should be considered not only as a complex problem requiring both theoretical and applied research at the intersection of traditional and new scientific disciplines related to the processes of social informatization. It should be considered as a fundamentally strategically important area to aim for. Studying the regularities and problems of the development of the new stage of civilization - the information society. It should be considered as a fundamentally strategically important field, which aims to study the new stage of civilization, including the regularities and problems of the development of the information society.

Keywords: informatics, research, social sciences

დიდ მონაცემთა დამუშავების ეტაპები და ანალიზი

ირინა ხომერიკი, ნანა ნოზაძე, ზურაბ მოდებაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

დიდი მოცულობის მონაცემების მოძიება, ეფექტურად დამუშავება და შენახვა მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანაა. უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიოში მონაცემთა მეცნიერება, როგორც დარგი, ძალიან პოპულარული გახდა. მნიშვნელოვანი ნაბიჯები გადაიდგა საქართველოშიც. გაიზარდა ამ სფეროს პროფესიონალების მოთხოვნა შრომის ბაზარზე, ბევრი ადამიანი ცდილობს მიიღოს განათლება ამ მიმართულებით, ტარდება კონფერენციები და შეხვედრები, ყალიბდება აქტიური და საინტერესო საზოგადოება ამ მიმართულებით. მონაცემთა მეცნიერებას შეუძლია დიდი როლი შეასრულოს კაცობრიობის განვითარებაში, მსოფლიოში ეს პროცესი უკვე მიმდინარეობს როგორც განვითარებულ, ისე განვითარებად ქვეყნებშიც. სტატია ეხება იმ მეცნიერული მეთოდებისა და პროცესების განხილვას, რომლებიც გამოიყენება მონაცემების დამუშავებისა და მათგან ცოდნის მიღებისთვის. განხილულია ის ტექნიკური საშუალებები, რომელთა მეშვეობით შევძლებთ ავანსურ სისტემები, რომლებსაც, არსებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, შეეძლება ჭკვიანი გადაწყვეტილების მიღება.

საკვანძო სიტყვები: დიდი მონაცემები; დამუშავების პროცესი; ალგორითმი; ცოდნის მოპოვება.

1. შესავალი

მონაცემთა მეცნიერება XXI საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფად განვითარებადი დარგია. ის არასტრუქტურირებული და დაუმუშავებელი მონაცემებისგან ცოდნის შესაქმნელად იყენებს სხვადასხვა სამეცნიერო მეთოდს, ალგორითმსა და სისტემას, მათემატიკისა და სტატისტიკის მეთოდებს. დღევანდელი გადმოსახედიდან ისაა მეცნიერება, რომელსაც დღეს სამყაროსთვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს.

მონაცემთა მეცნიერების შექმნის მიზეზი გახლავთ ის გარემოება, რომ ბოლო 2-3 წელიწადში შეიკრიბა კაცობრიობის მთელი ისტორიის დაგროვილი მონაცემების დაახლოებით 85%-90%. მონაცემთა ზრდის ასეთი სისწრაფის გამო, მოსალოდნელია მონაცემთა მოცულობა ყოველ ორ წელიწადში გაორმაგდეს, რაც ნიშნავს, რომ 2022-2023 წლებში ჯამში იმდენი მონაცემი დაგროვდა, რამდენიც მანამდე. ეს გამოწვეულია იმ ცხოვრების წესით, რომელშიც უკვე ბოლო ორი ათწლეულია ვცხოვრობთ. მონაცემთა ასეთი დიდი რაოდენობის შექმნა გამოწვეულია ინტერნეტიზაციით და ყველაფრის ციფრულ სამყაროში იმპლემენტაციით.

დიდი მოცულობის ინფორმაციის დამუშავებისა და მათი ანალიზით შესაძლებელი გახდა ახალი ღირებული ცოდნის მიღება, აქედან გამომდინარე, ხშირად ამ მეცნიერებას ცოდნის „მინინგსაც“, მოპოვებას უწოდებენ, ტინგ ჰოს აზრით, მონაცემებს ახასიათებს მნიშვნელოვანი თვისება, მათი საშუალებით ვითარდება არა მარტო ბიზნესი, არამედ უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, ზოგადად, მთლიანი კაცობრიობის განვითარებისთვისაც. XXI საუკუნეში, ინტერნეტის გამოყენებით, ინფორმაცია იქცა ყველაზე შემოსავლიან პროდუქტად, განსაკუთრებით დიდია მისი როლი ბიზნესის განვითარებასა და მართვაში.

2. ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა მეცნიერებას აქვს რამდენიმე დარგი. მათგან ყველაზე ხშირად გამოყოფენ: მონაცემთა ანალიტიკას (Data mining) და დიდ მონაცემებს (Big Data).

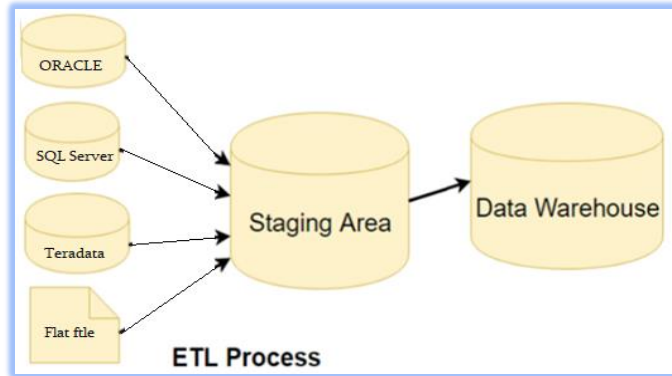
➤ მონაცემთა ანალიტიკა (Data Analytics)

მონაცემთა ანალიტიკაში იგულისხმება საწყისი, საჭირო მონაცემების მოპოვების პროცესი. მონაცემების გაფილტვრის, წარმოების შემდეგ ხდება კვლევა და ანალიზი, ხორციელდება მონაცემებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა, შესაბამისი ცვლადების მოძიება და მათი საშუალებით სხვადასხვა მიმართებისა თუ ლოგიკის დანახვა და ვიზუალიზება განსხვავებული გრაფების სახით.

ეს შესაძლებელია დაპროგრამების ენების დახმარებით, როგორცაა მაგალითად, Python ენა. ამ დაპროგრამების ენებით იკვლევენ მონაცემებს და მიღებული მონაცემებიდან იღებენ და აანალიზებენ კვლევისთვის საჭირო, მნიშვნელოვან ინფორმაციას. მონაცემთა ანალიზის საშუალებით სხვადასხვა კომერციული ინდუსტრიები, მეცნიერები, მკვლევრები თუ პოლიტიკოსები უფრო ინფორმირებული არიან გადაწყვეტილების მიღებაში. მონაცემთა ანალიტიკის მთლიანი ციკლი 7 ეტაპად იყოფა, აქედან პირველი 4 ეხება მონაცემების მომზადებას, ხოლო დანარჩენი მიეკუთვნება მონაცემთა ანალიტიკას:

მონაცემების შეკრება. პირველ ეტაპზე ხდება მონაცემთა შეკრება და შეგროვება, მონაცემების სტრუქტურას არ აქვს მნიშვნელობა, იქნება ის სტრუქტურირებული (სხვადასხვა მონაცემის ბაზები) თუ არა სტრუქტურირებული (ტექსტური, ხმოვანი და სხვადასხვა ფაილური სისტემები), ვინაიდან საბოლოოდ ამ ინფორმაციების წარმოდგენა ხდება ერთ მთლიან სტრუქტურად, ასევე პირველ საფეხურზე ხდება შეგროვებული მონაცემების არასაჭირო ინფორმაციისგან გასუფთავება, რადგან ვხვდებით მილიონობით ინფორმაციას, რომელშიც, ხშირ შემთხვევაში, მათი მოცულობა სცდება პეტაპაიტებს, ამიტომ აუცილებელია გაიწმინდოს და თავიდან იქნას არიდებული ის არასაჭირო მონაცემი, რასაც მომავალში არ ან ვერ გამოვიყენებთ.

მონაცემების დასაწყობება „Data Warehouse“-ში: *მეორე ეტაპია ამ ინფორმაციის თავმოყრა* მონაცემთა საცავში, რადგან შეიძლება გვექნოდეს მონაცემთა რამდენიმე ბაზა ან სხვა არასტრუქტურირებული მონაცემები, რის გამოც აუცილებელია მათი ერთ ადგილას გადატანა, რომელსაც, როგორც აღვნიშნეთ, მონაცემთა საცავი ეწოდება (Data warehouse), თუმცა მანამდე საჭიროა ე.წ. ETL-ის განხილვა (ნახ.1).



ნახ.1. ETL data – extract, transform and load

1) **წარმოება** (data – extract, transform and load, ნახ.1, შედეგება, თავის მხრივ, სამი ეტაპისგან: სადაც **ინფორმაციის ამოღების** ეტაპზე (extract) აიღება **გასუფთავებული ინფორმაცია** სხვადასხვა მონაცემის ბაზიდან.

ტრანსფორმაცია (transform). ვინაიდან მონაცემები შეიძლება იყოს მრავალი ტიპის – არასტრუქტურირებული თუ სტრუქტურირებული, ამ ეტაპზე უნდა მოხდეს მონაცემთა ტრანსფორმაცია. რაც ნიშნავს, რომ ყველა მონაცემი გადავიყვანოთ სასურველ ფორმატში.

მონაცემების დასაწყობება მონაცემთა საწყობში (data warehouse) მონაცემების გასუფთავების, ამოღებისა და ტრანსფორმაციის შემდეგ მიღებულ ინფორმაციას ვათავსებთ ერთ მთლიან მონაცემთა საწყობში, საიდანაც ვაგრძელებთ მათ შესწავლას და მათგან ღირებული ინფორმაციის მიღებას, ხოლო სხვა მონაცემები უკვე აღარ გამოვიყენებთ, რადგან არ არის ღირებული ჩვენი კვლევისთვის. აღსანიშნავია, რომ მონაცემთა საწყობში ინფორმაცია აღარ იცვლება (ჩაწერა, განახლება, წაშლა), თუმცა იმ ბაზებში, საიდანაც ამოვიღეთ, შეიძლება მათი განახლება, საჭიროებისამებრ.

➤ **დიდი მონაცემები (Big Data)** შეისწავლის როგორ შევავროვოთ ისინი, რა პრინციპით დავასაწყობოთ და, ზოგადად, სად შეიძლება შევინახოთ. მისი მთავარი დანიშნულებაა საბოლოო ეტაპამდე დიდი მონაცემების მიყვანა, რათა მომავალში მონაცემთა მეცნიერების სხვა დარგებმა, მაგალითად, მონაცემთა ანალიტიკოსებმა გამოვიყენოს ისინი; ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ Big Data არის მთლიანად მონაცემთა მეცნიერების საწყისი წერტილი, რადგან მისი არარსებობის შემთხვევაში მონაცემთა მეცნიერება საერთოდ არ იქნებოდა [1].

დიდი მონაცემები შეიძლება იყოს როგორც სტრუქტურირებული, ისე არასტრუქტურირებული. სტრუქტურირებული მონაცემები უფრო მოსახერხებელია გაანალიზების თვალსაზრისით, ვინაიდან ისინი ინახება მონაცემთა ბაზაში, არ აქვს მნიშვნელობა ეს იქნება რელაციური ტიპის ბაზა თუ არარელაციური, მაგალითად, „NO/SQL“ კვლევაში გამოსაყენებლად მას ბევრი გარდაქმნა არ სჭირდება, რასაც ვერ ვიტყვით არასტრუქტურირებულ მონაცემებზე, როგორცაა მაგალითად, ტექსტური ფაილები, pdf ან word ტექსტური რედაქტორის ფაილები. დიდი მონაცემების მეცნიერებაში მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცევა სამ ფაქტორს: 1) დიდი მოცულობის ინფორმაციას; 2) მრავალფეროვანი სახის ინფორმაციას; 3) მონაცემების სწრაფ დამუშავებასა და შენახვას.

ეს ფაქტორები ერთმანეთთან მჭიდროდაა დაკავშირებული, კერძოდ თუ, რა თქმა უნდა, არ გვექნება მრავალფეროვანი სახის ინფორმაცია, იგულისხმება ტიპი, ფორმატი (მაგალითად: რელაციური და არარელაციური ბაზები, ტექსტური ფაილები, პდფ და ვორდდოკუმენტები, ინტერნეტში მოპოვებული სხვადასხვა სახის არასტრუქტურირებული ინფორმაციები და ასე შემდეგ), შესაბამისად, ვერ გვექნება დიდი მოცულობის მონაცემები, ხოლო როდესაც დიდი მოცულობის მონაცემები გვაქვს, საჭიროა მათი სწრაფი დამუშავება. ვინაიდან ეს მეცნიერება არსებულ მონაცემთა ბაზების სტანდარტში არ ჯდება და სტანდარტული ბაზა მრავალჯერ მცირეა დიდი მოცულობის მონაცემებთან, საჭირო ხდება მათი

სხვაგვარად დამუშავება, რაღაც ახალი მიდგომა, რასაც ამ ეტაპისთვის გვთავაზობს Hadoop და spark. აღსანიშნავია, რომ სპარკი არის შედარებით ახალი პროდუქტი, რომელიც მონაცემებს ინახავს ოპერატიულ მეხსიერებაში, რითაც, ის Hadoop Map Reduce თითქმის ასჯერ სწრაფია, თუმცა მასში უფრო მეტი ლიმიტია, ამის გამო, ის ყოველთვის არ იქნება პრობლემის გადაჭრის საუკეთესო გზა.

➤ მონაცემთა მეცნიერების გამოყენება და დანიშნულება

Data Mining-ს (მონაცემთა მოპოვება) უკვე მრავალ სფეროში იყენებენ, განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მისი როლი ბიზნესში. რადგან Data Mining-ით ვიღებთ ფართო მასების შესახებ დიდ ცოდნას, თუ რა სურთ მათ, შესაბამისად ბიზნესს შემდგომში უადვილდება თავისი პროდუქტისა თუ მომსახურების გაყიდვა, რაც თავისთავად ზრდის მოგებას. მაგალითი: „Youtube-ის ვიდეორეკომენდაციების სისტემა საიტის სიცოცხლისა და შემოსავლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა. მომხმარებლები ვიდეოების 70%-ს სწორედ ამ სისტემის დახმარებით ნახულობენ და საშუალოდ ერთი მობილური მომხმარებელი Youtube-ის აპლიკაციაში ერთ საათზე ოდნავ მეტ დროს ატარებს მხოლოდ იმიტომ, რომ უწყვეტად უყურებს რეკომენდებულ ვიდეოებს. რეკომენდაციების სისტემა იქმნება მონაცემთა მეცნიერების დახმარებით – მონაცემებზე დაყრდნობით სისტემა ერთმანეთთან აკავშირებს ვიდეოებს. მსგავსი სისტემით მუშაობს ფეისბუქიც, მას სახის ამოცნობის ფუნქციონალი მონაცემთა მეცნიერების გზით აქვს შექმნილი, ამ გზით სახის ამოცნობასაც კი ახერხებს.

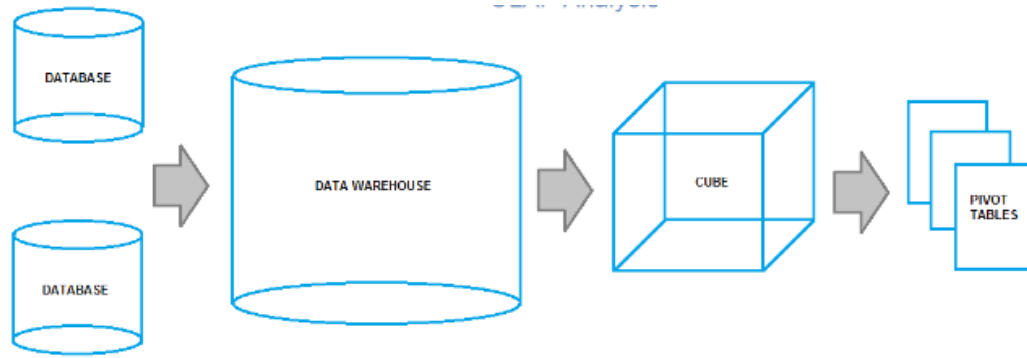
Data Mining-სა და Big Data-ს როლი ასევე დიდია არჩევნებშიც და ზოგადად პოლიტიკაშიც. კერძოდ, ამერიკის არჩევნებში დონალდ ტრამპსა და ფეისბუქს დასდეს ბრალი, რომ ტრამპმა გამოიყენა ამერიკელი ამომრჩევლების პირადი ინფორმაცია ფეისბუქის დიდი მონაცემების (big data) დახმარებით, რაც მის საარჩევნო კამპანიაზე აისახა და რამაც გამარჯვება მოუპოვა. ასევე ამ ახლად შექმნილ მეცნიერებას დიდი როლი აქვს მედიცინაში, ვინაიდან, მისი მეშვეობით შესაძლებელი გახდა დიაგნოზის დიდი სიზუსტით დასმა, სწორი მკურნალობა და გენეტიკური დარღვევის წინასწარ განსაზღვრა. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მონაცემთა მეცნიერება ჯერ კიდევ საწყის სტადიაზეა და არ შეგვიძლია ვთქვათ ამ დარგის ყველა ის არეალი, დანიშნულება და გამოყენება, რაც შეიძლება ჰქონდეს, თუმცა ბევრი მეცნიერი დასძენს, რომ მონაცემთა მეცნიერება, მანქანური სწავლება და ხელოვნური ინტელექტი მომავალში ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი იქნება.

➤ მონაცემთა მაინინგის ეტაპები

Data Mining არის პროცესი, როდესაც Big Data და Data Analytics საშუალებით ვაწარმოებთ მნიშვნელოვანი და ღირებული ინფორმაციის აკუმულირებას. უნდა ითქვას, რომ ეს პროცესი სულაც არ არის მარტივი, პირიქით, საკმაოდ კომპლექსურია და თითოეულ ბიჯზე დაშვებული შეცდომა რადიკალურ აცდენას იწვევს ზოგადი სურათისგან. შესაბამისად, აუცილებელია სიფრთხილე ყოველ ნაბიჯზე და თითოეული პროცესის ბოლოს საჭიროამიღებული შედეგის გადამოწმება.

მეორე ეტაპის შემდეგ მიიღება ინფორმაცია, რომლიც გვჭირდება კვლევის დასაწყებად, თუმცა საქმის დეტალებისა და მიზნების გაცნობის შემდეგ უნდა მოხდეს იმ ინფორმაციების სელექცია, რაც უშუალოდ გამოგადგება მიზნის მისაღწევად. ხშირად ამ ეტაპის დროს იყენებენ ე.წ. ოლაპს (OLAP - Online Analytical Processing). მონაცემთა ბაზებში და მათ შორის მონაცემთა საცავში (Data Warehouse) მონაცემები წარმოდგენილია ორგანზომილებიან ტიპებად, ხოლო OLAP-ის ყველაზე ღირსშესანიშნავი იდეა და მთავარი გამოყენებაა ის, რომ მისი დახმარებით შეიძლება მონაცემები გარდაიქმნას მრავალგანზომილებიანად, რის შემდეგაც ადვილია ბევრი რამის ახლებურად დანახვა და მათ შორის კავშირის აღმოჩენა, რაც საბოლოო ჯამში დიდ ღირებულებას ქმნის. ამის კარგი მაგალითია მე-2 ნახაზი, რომელზეც წარმოდგენილია სამგანზომილებიანი სტრუქტურა, როგორ ხდება მონაცემთა მიღება და ანალიზი, სადაც პროდუქტის, დროისა და გეოგრაფიის მიხედვით მკაფიოდ ვხედავთ ამ სამი ცვლადის ურთიერთდამოკიდებულებას [2].

მესამე ეტაპზე ყოველთვის არ ხდება ოლაპის გამოყენება, თუმცა საკმაოდ ხშირია. თუ არ ხდება მისი გამოყენება, შეგვიძლია უბრალოდ ამოვარჩიოთ ის მონაცემები, რასაც ვთვლით, რომ უფრო ღირებულია კვლევისათვის, შესაბამისად ხდება სელექცია და ახალი ორგანზომილებიანი მონაცემის დაკომპლექტება. მონაცემების საბოლოო ტრანსფორმაცია, სორტირება და მომზადება დათა მაინინგის დასაწყებად: ამ ეტაპზე საბოლოოდ ვახდენთ ჩვენ მიერ არჩეული მონაცემების ტრანსფორმაციას და სორტირებას, რათა უფრო გავიადვილოთ საქმე და გავიუმჯობესოთ მონაცემებში კავშირების დანახვის პერსპექტივა.



ნახ.2 OLAP ანალიზი

დამუშავებული ინფორმაციისთვის შესაბამისი ლოგიკური ფონის შერჩევა: აქ უკვე მონაცემების დამუშავებით ღირებული ცოდნის მიღების პროცესი იწყება. ამ ეტაპზე უკვე გვაქვს ყველა ის ღირებული ინფორმაცია, რაც მონაცემებზე დაკვირვებით ცოდნის მისაღებადაა საჭირო, თუმცა სანამ რაიმე შედეგს მივიღებთ, მონაცემებზე დაკვირვებით უნდა მოვძებნოთ ინფორმაციათა კავშირი და შევარჩიოთ სხვადასხვა პატერნი, რათა ეს მონაცემები უშუალოდ გადავტესტოთ ამ მიდგომებისა და ფორმულების მიხედვით. არჩეული პატერნით მონაცემების დამუშავება და მონაცემებიდან ცოდნის მიღება: შერჩეული პატერნების შემდეგ აუცილებელია უშუალოდ მონაცემებზე ამ მიდგომების განხორციელება, კვლევა და დაკვირვება, რათა მივიღოთ რაიმე დასკვნამდე და შედეგამდე, ანუ ეს ეტაპი მთავარი კვლევის დრო, სადაც საბოლოო დასკვნა დადება.

2) **მიღებული ცოდნის გასაგებ ფორმატში გადატანა.** ამ ეტაპზე უკვე მიღებული გვაქვს დასკვნა და შედეგი, თუმცა ეს ის შედეგი არ არის, რისი მეშვეობითაც ადვილი იქნება იმ ადამიანებისთვის ახსნა-განმარტება, ვინც დაკვეთა გააკეთა. შესაბამისად, აუცილებელია მიღებული ცოდნის რაიმე გასაგებ ფორმატში გადატანა. მაგალითად, ყველაზე პოპულარული გახლავთ ჩარტების გამოყენება, რისი მეშვეობითაც ყველას შეუძლია გაანალიზოს მიღებული შედეგი და მასზე დაკვირვებით გამოიტანოს შესაბამისი დასკვნა.

ლიტერატურა - References:

1. <https://www.investopedia.com/terms/b/big-data.asp>
2. <https://www.spiceworks.com/tech/big-data/articles/what-is-big-data/>
3. <https://thecustomizewindows.com/2019/11/what-is-olap-and-what-is-it-used-for/>
4. <https://www.guru99.com/online-analytical-processing.html>
5. <https://www.scaler.com/topics/olap-operations/>

STAGES OF BIG DATA PROCESSING AND ANALYSIS

Irina Khomeriki, Nana Nozadze, Zurab Modebadze

Georgian Technical University

i.khomeriki@gtu.ge, n.nozadze@gtu.ge, zmodenadze@gtu.ge

Summary

Finding, efficiently processing and storing large volumes of data is a very important task. Recently, data science as a field has become very popular in the world, and important steps have been taken in this regard in Georgia as well. The demand for professionals in this field has increased in the labor market, many people are trying to get an education in this direction, conferences and meetings are being held, and an active and interesting community is being formed in this direction. The science of big data can play a big role in the development of humanity, this process is already underway, since developed countries will already use data science, and there are already important solutions in this direction in the world, including developing countries. The article deals with the discussion of scientific methods and processes used to process data and obtain knowledge from it. Algorithms and technical tools that will allow us to build systems that can make smart decisions based on available information will be discussed.

INNOVATION IN IT EDUCATION – FOUNDATION OF INNOVATION

Janos Sztrik

University of Debrecen, Debrecen 4032, Hungary

sztrik.janos@inf.unideb.hu

Summary

The main goal of the present article is to introduce some software packages which help with understanding Queueing Theory and to show how our recently developed application called Queueing Systems Assistance (QSA) works. This package is combined with a lecture note with the aim of calculating and demonstrating the main operational characteristics of queueing systems. Furthermore, it enables us to find the minimum of a quite general average total cost per unit time with linear cost function. Several sample examples are collected to show the advantage of the graphical module built in the application

Keywords: modeling, queueing systems, teaching, software, visualization

1. Introduction

The teaching materials and software of Queueing Theory (QT) needs innovation and new methods to attract the attention of the students. The applications area has changed a lot recently, and I am sure that more and more students and practitioners need to use QT. The increased computational capacity of modern devices has greatly contributed to visualization of results and thus help us in better understanding of the theory.

In his lecture note Sztrik [1] treated several fundamental queueing systems that are useful in investigating a wide variety of stochastic systems occurring in different service processes. He thinks that there is a need for such a material in view of the increased use of queueing models in modern technology. The application of queueing theory in the performance analysis of computer and communication systems has stimulated much practically oriented research on computational aspects of queueing models.

To use the formulas derived in the note, a software package called **QSA** (Queueing Systems Assistance) was developed in 2021 and it is embedded into his lecture note with the purpose to calculate and visualize the principal operational characteristics. In addition, it helps to minimize a quite general mean total cost per unit time with linear objective function.

The greatest advantage of this software is that these scripts can run in all modern devices including smart phones, too, thus the software is very comfortable for students and improve the effectiveness of a teacher.

To deal with problems which occurred in different fields of application the initial step is to identify the appropriate queueing system and then to determine the performance measures. Of course, the mathematical level of modeling greatly depends on distribution functions of the involved random variables, such as time between arrivals, and service times. Our recommendation is to begin with a simple system and then if the results do not fit in with the problem carry on with a more complicated one. Different software tools offer solutions to interested readers on various levels. We propose the next link to visit where the tools are collected

<http://web2.uwindsor.ca/math/hlynka/qsoft.html>

We have found some fundamental books on QT in which software support was provided, for example, **Mathematica** in Allen [2], Harchol-Balter [3], **MatLab** in Bhat [4], Kobayashi and Mark [5], Kulkarni [6], Stidham [7].

The usage of spreadsheets is good advice for calculations of the formulas. Our recommendation is an Excel-based tool called QTSPPlus to determine the principal operational characteristics of the related queueing systems. It is connected to the book of Gross, Shortle, Thompson and Harris [8] and can be obtained from the following link

ftp://ftp.wiley.com/public/sci_tech_med/queueing_theory/

For problem-solving oriented teaching lectures we have also developed our own software tool called **QSA (Queueing Systems Assistance)** see, Szilágyi *et. al.* [9] to calculate and visualize the operational characteristics of the systems together with optimal decisions not only for elementary but more advanced queueing systems as well. It is available at

<https://qsa.inf.unideb.hu>

- The **main advantages** of QSA over QTSPPlus are the following
- It runs on desktops, laptops, and mobile devices
- It determines not only the average but the variance of the random variables in question
- It derive the distribution function of the waiting/response times (if possible)
- It demonstrates all the main operational characteristics
- It supports decision making graphically

3. QSA in action, problem solving

QSA is a user interface, a web-based application written in TypeScript. Any browser (Firefox, Chrome, Edge, etc.) on every platform (Windows, Linux, Android, iOS) is supported, which means one can apply mobile and desktop devices for performing any calculations which are executed on the server. There are no hardware limitations, the source code is available on GitHub, under the MIT license, so anyone interested can check out the code or help to develop the application.

QSA is embedded into the lecture note of Sztrik [1].

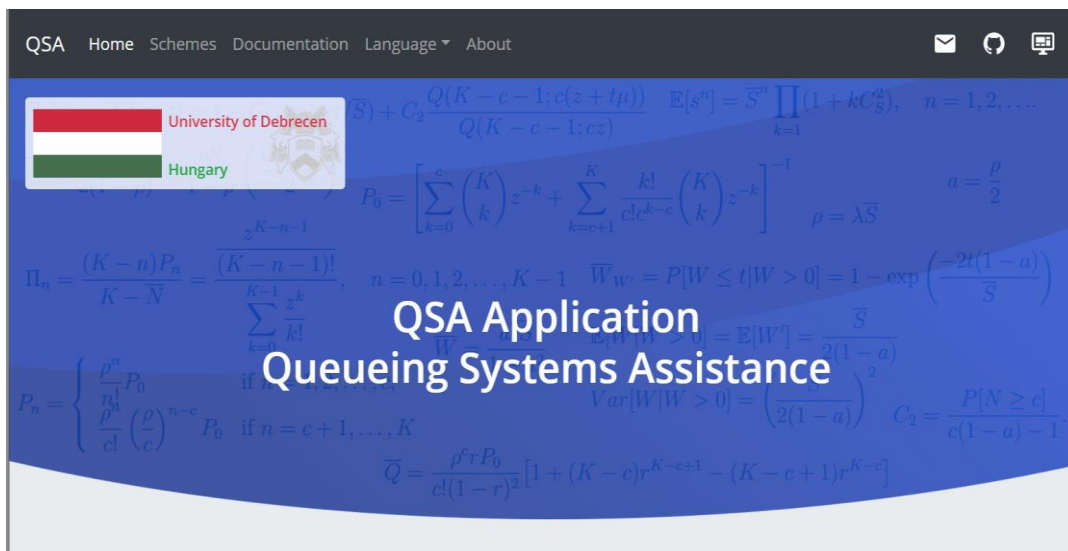


Fig. 1. Opening page of QSA

In this part we introduce different examples demonstrating how to use the software. After the opening one can select between the following modules

Table - to calculate selected operational characteristics based on input values. The result is exportable into different file formats so that one can use it for further work

Chart - to generate figures and compare with each other. Also, it is useful for demonstration or learning purposes.

Compare Tables - to compare two systems' operational characteristics with each other

In the **Table** module the operational characteristics can be determined in a tabular form after giving the required input parameters depending on the system (arrival rate, service rate, number of servers, capacity, number of sources), non-required input parameters (number of customers in the system, time slot for the distribution functions of waiting/response time, quantile values) and different costs.

The **Chart** module helps to demonstrate the results and it supports the teaching most. Entering this module, we need to select a system and to give the desired variable of the operational characteristic, the starting, ending values of the interval and the steps. Students can see the effect of different input values on the performance measures. These characteristics can be switched on/off by clicking of the mouse to the required one.

Using this function we can solve graphically several decision problems, for example, to find the number of servers, the capacity of the system, service intensity, arrival intensity, percentage values. The plot of the cost function can be drawn. The screen can be downloaded into 4 file forms (PNG, JPEG, PDF, SVG) with and without grids. One can see it in full screen and can print directly. Moving the mouse on the curve the actual values of the variable and the operational characteristics can be seen to help the decision. Moreover, one can zoom in/out of a certain part of the interval.

The **Compare** module supports comparisons of tables. Before using it, you should create several tables and then can select which ones are to be compared. The operational characteristics are listed, and it is easy to analyze the systems.

One of the special features of the software is that the operational characteristics of $M/G/1/K/K$ systems with deterministic, Erlang, Hypo-exponential, Hyper-exponential, and gamma distributed service times are determined. The distribution function of the waiting/response times of the $M/M/c/K$, $M/M/c/m/K$ systems and the operational characteristics of $M/M/c/K$, $M/M/c/m/K$ with balking and reneging are calculated as well. It was our goal to derive, where it is possible, the distribution function of the waiting/response time to solve decision problems. Furthermore, not only the average but the variances of the measures are calculated. What is also unique is the calculation of the mean total cost per unit time in steady state.

For illustration let us see the following examples.

Example 1: Customers arrive at a 4-server system according to a Poisson process with rate 5. The service times are exponentially distributed with parameter 2. Find the minimum capacity of the system for which the probability of blocking is less than 0.01 and the probability that the waiting time exceeds 0.5 minutes is less than 0.05.

Solution: It is an $M/M/4/K$ system, and the problem is that by increasing the capacity the blocking probability is decreasing but the waiting time is increasing thus the probability that it exceeds a certain level is increasing. First, we must switch to the distribution function of the waiting time and that is why its value should be at least 0.95 at 0.5. It should be mentioned that for this system there is no closed-form analytical expression for the distribution function of the waiting time as in $M/M/c$ systems. However, it can be computed by the following formula, see Sztrik [1]

$$F_W(t) = 1 - \sum_{n=c}^{K-1} \Pi_n \sum_{i=0}^{n-c} \frac{(c\mu t)^i e^{-c\mu t}}{i!}, \quad \Pi_n = \frac{P_n}{1 - P_K}, \quad (n \leq K - 1).$$

Clearly, we must use the **Chart** module and visualize the curves as the function of the capacity K .

Of course, the step is 1, after giving the required parameters λ , μ , c and time slot $t = 0.5$ we generate the chart showing only the measures in question.

We can switch on/off the grid, too. Then we get the following Figure 1 showing that there is no solution under these conditions. However, if we change the blocking probability to 0.012 the solution is $K = 9$. Similar questions could be asked about the service intensity, and the number of servers, too.

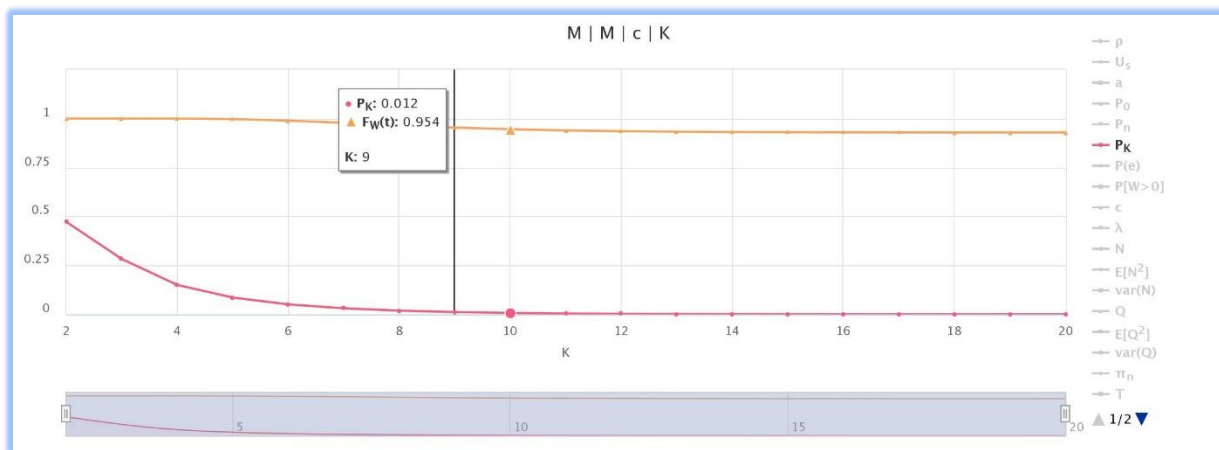


Fig. 2. Solution to the $M/M/4/K$ system

Example 2: We have a finite-source system with 40 sources, the request generation times are exponentially distributed with rate 1.5. The service times are exponentially distributed for all the 5 servers with intensity 2.4. Find the minimum capacity of the system for which the probability of blocking is less than 0.01 and the probability that the waiting time exceeds 2.4 minutes is less than 0.05.

Solution: It is an M/M/5/m/40 system and the problem is that by increasing the capacity the blocking probability is decreasing but the waiting time is increasing thus the probability that it exceeds a certain level is increasing. First of all we have to switch to the distribution function of the waiting time and that is why its value should be at least 0.95 at 2.4.

It should be mentioned that for this system there is no closed-form analytical expression for the distribution function of the waiting time as in M/M/c/K/K systems.

However, it can be computed by the following formula, see Sztrik [1]

$$P(W > x) = \sum_{k=r}^{K-1} \sum_{j=0}^{k-r} \frac{(r\mu x)^j}{j!} e^{-r\mu x} \Pi_k(n, r, K), \quad P(W \leq x) = 1 - P(W > x),$$

$$P(W = 0) = \sum_{k=0}^{r-1} \Pi_k(n, r, K).$$

where the probability that a customer arriving into the systems finds k customers there is

$$\Pi_k(n, r, K) = \frac{(n-k)P_k(n, r, K)}{\sum_{i=0}^{K-1} (n-i)P_i(n, r, K)}, \quad k = 0, \dots, K-1.$$

It should be noted that the notation of the lecture note and QSA is different concerning the number of servers, capacity and sources but the meaning is the same according to Kendall's notation. Here $P_k(n, r, K)$ denotes the steady-state probability of a M/M/r/K/n system which is denoted by M/M/c/m/K in QSA.

Clearly, we have to use the Chart module and to visualize the curves as the function of the capacity m . Of course, the step is 1, after giving the required parameters λ, μ, c, K and time slot $t=2.4$ we generate the chart showing only the measures in question.

Then we get the following Figure 3 showing that there is no solution under these conditions. However, if we change the blocking probability to 0.12 the solution is $m=34$. Similar questions could be asked about the service intensity, the number of servers, and number of sources, too.

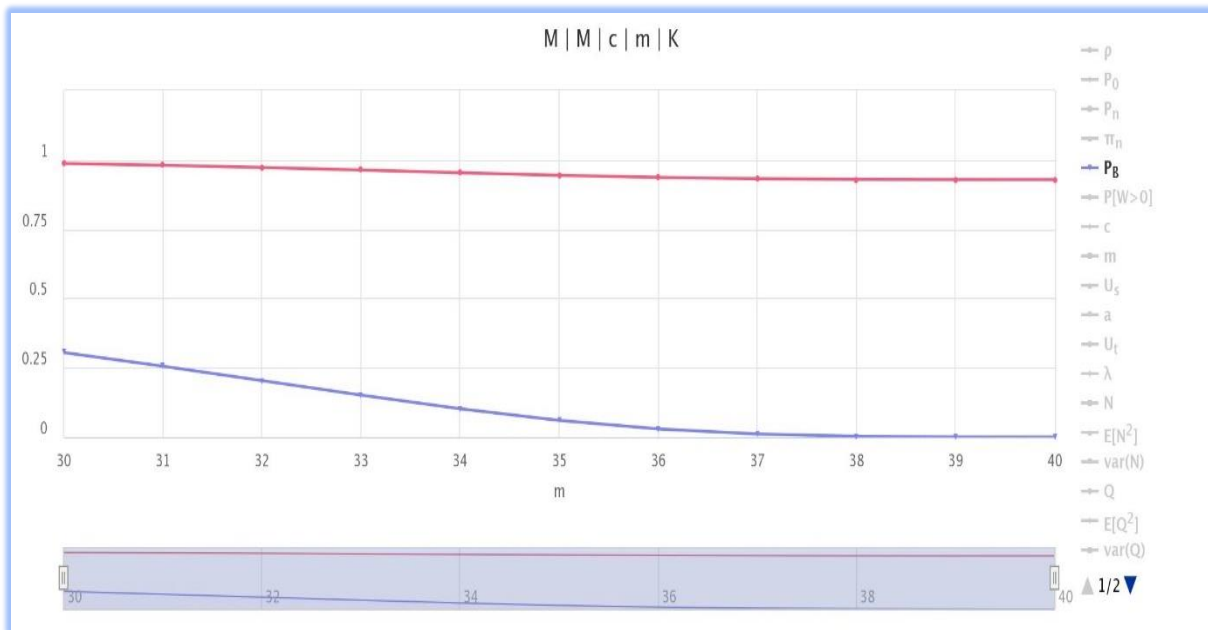


Fig. 3. Solution to the M/M/5/m/40 system

Example 3: Let us see an M/M/1 system with $\lambda = 1.5$ arrival intensity and the following costs, cost of service per server per unit time $CS = 6$, cost of waiting in the system per customer per unit time $CWS = 5$, cost of idleness per server per unit time $CI = 20$, cost of service rate per server per unit time $CSR = 25$, reward per customer per unit time $R = 10$.

Find the optimal value for μ which minimizes the expected total cost per unit time with linear objective function.

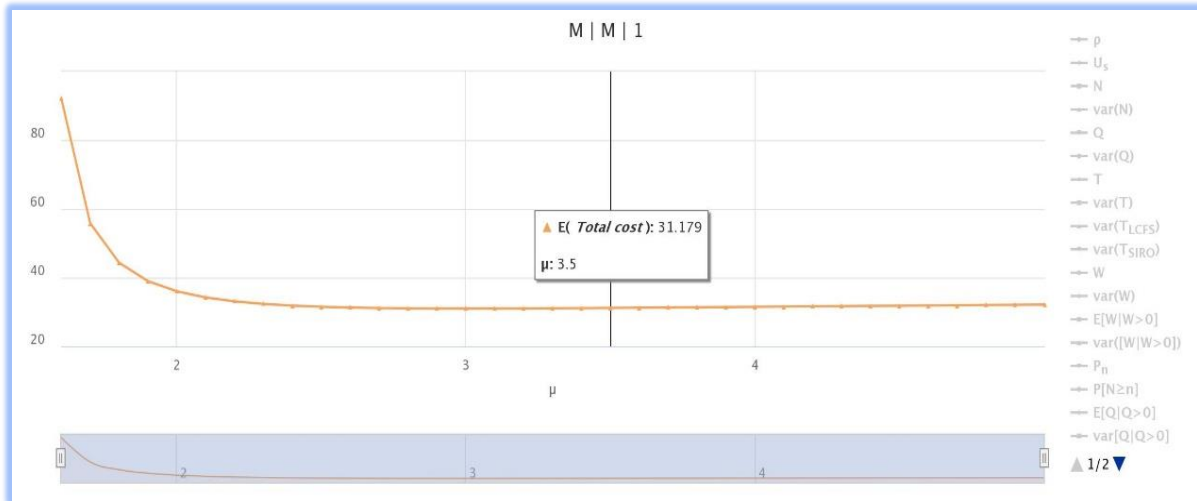


Fig. 4. Solution to the M/M/1 system

Solution: It is an M/M/1 system and clearly we have to use the Chart module and to visualize the curves as the function of service intensity μ . Of course, the step is quite fine, let us say 0.1, after giving the required parameter λ and the costs mentioned before we generate the chart showing only the expected total cost. Then we get the following Figure 4 showing the optimal value at $\mu = 3.5$ which equals 31.179.

Besides these options we can ask for statistics concerning the usage of the software by clicking the monitor icon. The application was released on 19.02.2021 and at present we have the following data:

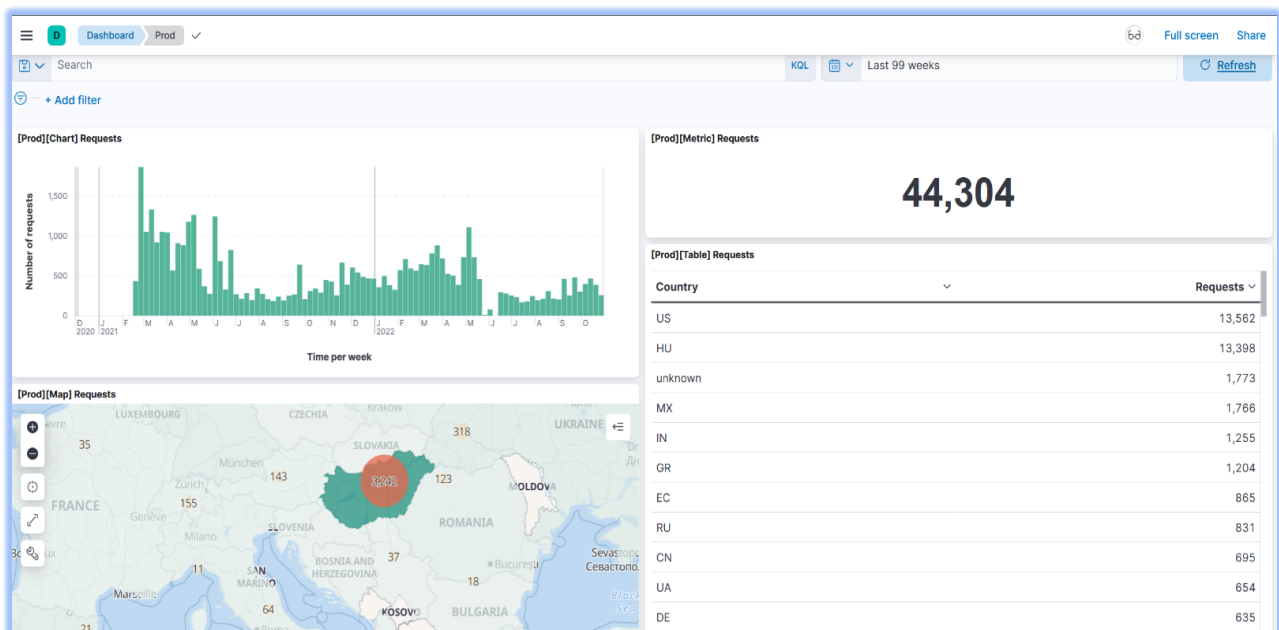


Fig. 5. Elastic statistics

4. Conclusion

In this paper we introduced a new application to help teach Queueing Theory. One of the main advantages of the software is that it runs on most platforms including smart phones and became very popular among the students. It is easy to use and in addition to the calculation of the main steady-state operational characteristics it visualizes the results and thus supports decision making and optimization of cost functions. The application is embedded into a lecture note where the theoretical part, formulas, and proofs can be found.

REFERENCES

1. Sztrik, Basic Queueing Theory, https://irh.inf.unideb.hu/~jsztrik/education/16/SOR_Main_Angol.pdf
2. A.O. Allen, Probability, statistics, and queueing theory with computer science applications, 2nd ed., Academic Press, Inc., Boston, MA, 1990.
3. M. Harchol-Balter, Performance modeling and design of computer systems: queueing theory in action, Cambridge University Press, 2013.
4. U.N. Bhat, An introduction to queueing theory: modeling and analysis in applications, Birkhauser, 2015.
5. H. Kobayashi, B. Mark, System modeling and analysis: Foundations of system performance evaluation, Pearson Education Inc., Upper Sadle River, 2008.
6. V. Kulkarni, Modeling, analysis, design, and control of stochastic systems, Springer, New York, 1999.
7. S. Stidham, Optimal design of queueing systems, CRC Press/Taylor & Francis, 2009.
8. D. Gross, J. Shortle, J. Thompson, C. Harris, Fundamentals of queueing theory, 4th edition, John Wiley & Sons, New York, 2008, ftp://ftp.wiley.com/public/sci_tech_med/queueing_theory/.
9. Z. Szilagyi, S. Szaszi, C. Kolcsei, J. Sztrik, Queueing Systems Assistance (QSA)

ინოვაცია IT განათლებაში – ინოვაციების საფუძველი

იანოშ შტრიქი

დებრეცენის უნივერსიტეტი, დებრეცენი 4032, უნგრეთი

sztrik.janos@inf.unideb.hu

რეზიუმე

სტატიის მთავარი მიზანია შემოგთავაზოთ რამდენიმე პროგრამული პაკეტი, რომელიც დაგვეხმარება რიგების თეორიის (მასობრივი მომსახურების სისტემა) გაგებაში და იმის ჩვენება, თუ როგორ მუშაობს ჩვენი ახლახან შემუშავებული აპლიკაცია Queueing Systems Assistance (QSA). ეს პაკეტი შერწყმულია სალექციო კონსპექტთან, რომლის მიზანია გამოთვალოს და აჩვენოს მასობრივი მომსახურების სისტემების ძირითადი საექსპლუატაციო მახასიათებლები. გარდა ამისა, საშუალებას გვაძლევს ვიპოვოთ საკმაოდ ზოგადი საშუალო ჯამური ღირებულების მინიმუმი დროის ერთეულზე წრფივი დანახარჯების ფუნქციით. წარმოდგენილია რამდენიმე ნიმუში, აპლიკაციაში ჩაშენებული გრაფიკული მოდულის უპირატესობის ილუსტრაციისთვის.

AUTOMATED CLUSTERING OF NOSQL DATABASES USING AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHM

Tamar Lominadze, Lily Petriashvili, Taliko Zhvania

Georgian Technical University

t.lominadze@gtu.ge; l.petriashvili@gtu.ge; t.zhvania@gtu.ge

Abstract

In the paper is proposed an automatic clustering approach for NoSQL databases using an artificial intelligence algorithm based on k-means clustering. The algorithm analyzes the database schema and data characteristics to determine the optimal number of clusters and their assignments, considering the data distribution and the database structure. The approach can effectively group the data into meaningful clusters, reducing the query response time and improving the overall performance of the database. It outperforms traditional manual clustering in terms of accuracy, efficiency, and scalability. The proposed approach offers a promising solution to the problem of manual clustering of NoSQL databases.

Keywords: NoSQL. AI. Kmeans. Clustering. Algorithm. Python.

1. Main Part

The process of organizing and grouping data in a database is known as clustering. Clustering helps to improve the efficiency of data retrieval and analysis by grouping similar data together. In recent years, NoSQL databases have become increasingly popular due to their flexibility and scalability. However, clustering NoSQL databases can be challenging due to the lack of a fixed schema and the large volume of data. To address this challenge, an automated clustering algorithm can be used. In particular, an artificial intelligence algorithm can be used to automatically group similar data in a NoSQL database. This algorithm can analyze the data in the database and identify patterns and similarities between the data.

The algorithm can use machine learning techniques such as clustering algorithms, neural networks, or decision trees to group the data. For example, the k-means clustering algorithm can be used to group data into a fixed number of clusters based on the similarity of the data points. The algorithm can also use neural networks to identify patterns in the data and group them accordingly.

Once the algorithm has grouped the data into clusters, it can assign labels or tags to each cluster based on the characteristics of the data within the cluster. This can help to make it easier to retrieve and analyze data in the database. Overall, the automated clustering of NoSQL databases using an artificial intelligence algorithm can improve the efficiency and effectiveness of data retrieval and analysis. By using machine learning techniques to identify patterns and similarities in the data, this algorithm can help to automate the process of clustering NoSQL databases, which can save time and effort for database administrators and data analysts.

The algorithm analyzes the database schema and data characteristics to determine the optimal number of clusters and their assignments, considering the data distribution and the database structure. The approach can effectively group the data into meaningful clusters, reducing the query response time and improving the overall performance of the database. It outperforms traditional manual clustering in terms of accuracy, efficiency, and scalability. The proposed approach offers a promising solution to the problem of manual clustering of NoSQL databases. Future work can extend the approach to handle other clustering algorithms and incorporate more data characteristics.

The algorithm, based on k-means clustering, analyzes the database schema and data characteristics to automatically determine the optimal number of clusters and cluster assignments. The approach was tested on real-world datasets, and the results show that it can effectively group the data into meaningful clusters, reducing query response time and improving overall database performance. This approach offers a promising solution to the problem of manual database clustering, which can be time-consuming and error-prone, especially in large and complex NoSQL databases.

NoSQL databases are widely used to handle large amounts of unstructured and semi-structured data, and their performance depends on how well the data is organized and clustered. Traditional manual clustering of NoSQL

databases can be difficult and time-consuming, as it requires a deep understanding of the data and the database structure.

The proposed algorithm takes into account the dynamic nature of NoSQL databases, as it can adjust the clustering in real-time based on the data changes.

Kmeans algorithm is an iterative algorithm that tries to partition the dataset into K pre-defined distinct non-overlapping subgroups (clusters) where each data point belongs to only one group. It tries to make the intra-cluster data points as similar as possible while also keeping the clusters as different (far) as possible. It assigns data points to a cluster such that the sum of the squared distance between the data points and the cluster's centroid (arithmetic mean of all the data points that belong to that cluster) is at the minimum. The less variation we have within clusters, the more homogeneous (similar) the data points are within the same cluster.

The working principals kmeans algorithm is presented of Below:

Specify number of clusters K.

1. Initialize centroids by first shuffling the dataset and then randomly selecting K data points for the centroids without replacement.
 2. Keep iterating until there is no change to the centroids. i.e assignment of data points to clusters isn't changing.
 - Compute the sum of the squared distance between data points and all centroids.
 - Assign each data point to the closest cluster (centroid).
 - Compute the centroids for the clusters by taking the average of the all data points that belong to each cluster.
- The approach kmeans follows to solve the problem is called Expectation-Maximization. The E-step is assigning the data points to the closest cluster. The M-step is computing the centroid of each cluster. Below is a break down of how we can solve it mathematically (feel free to skip it).

The objective function is:

$$J = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K w_{ik} \|x^i - \mu^k\|^2$$

where $w_{ik}=1$ for data point x_i if it belongs to cluster k ; otherwise, $w_{ik}=0$. Also, μ_k is the centroid of x_i 's cluster.

It's a minimization problem of two parts. We first minimize J w.r.t. w_{ik} and treat μ_k fixed. Then we minimize J w.r.t. μ_k and treat w_{ik} fixed. Technically speaking, we differentiate J w.r.t. w_{ik} first and update cluster assignments (E-step). Then we differentiate J w.r.t. μ_k and recompute the centroids after the cluster assignments from previous step (M-step). Therefore, E-step is:

$$\begin{aligned} \partial J &= \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K \|x^i - \mu_k\|^2 \\ \Rightarrow w_{ik} &= \begin{cases} 1 & \text{if } k = \operatorname{argmin}_j \|x^i - \mu_j\|^2 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \end{aligned}$$

In other words, assign the data point x_i to the closest cluster judged by its sum of squared distance from cluster's centroid.

And M-step is:

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \mu_k} &= 2 \sum_{i=1}^m w_{ik} (x^i - \mu_k) = 0 \\ \Rightarrow \mu_k &= \frac{\sum_{i=1}^m w_{ik} x^i}{\sum_{i=1}^m w_{ik}} \end{aligned}$$

Which translates to recomputing the centroid of each cluster to reflect the new assignments.

Few things to note here:

- Since clustering algorithms including kmeans use distance-based measurements to determine the similarity between data points, it's recommended to standardize the data to have a mean of zero and a standard deviation of one since almost always the features in any dataset would have different units of measurements such as age vs income;
- Given kmeans iterative nature and the random initialization of centroids at the start of the algorithm, different initializations may lead to different clusters since kmeans algorithm may stuck in a local optimum and may not converge to global optimum. Therefore, it's recommended to run the algorithm using different initializations of centroids and pick the results of the run that that yielded the lower sum of squared distance;
- Assignment of examples isn't changing is the same thing as no change in within-cluster variation:

$$\frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} \|x^i - \mu_c^k\|^2$$

Implementation. We'll use simple implementation of kmeans here to just illustrate some concepts. Then we will use sklearn implementation that is more efficient take care of many things for us.

kmeans algorithm is very popular and used in a variety of applications such as market segmentation, document clustering, image segmentation and image compression, etc. The goal usually when we undergo a cluster analysis is either (Fig.1).

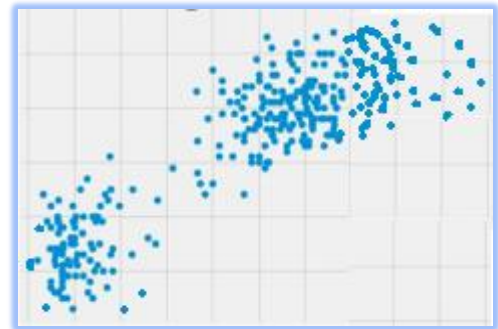


Fig. 1

The above graph shows the scatter plot of the data colored by the cluster they belong to. We can think of those 2 clusters as geysers had different kinds of behaviors under different scenarios.

Next, we'll show that different initializations of centroids may yield to different results (Fig.2).

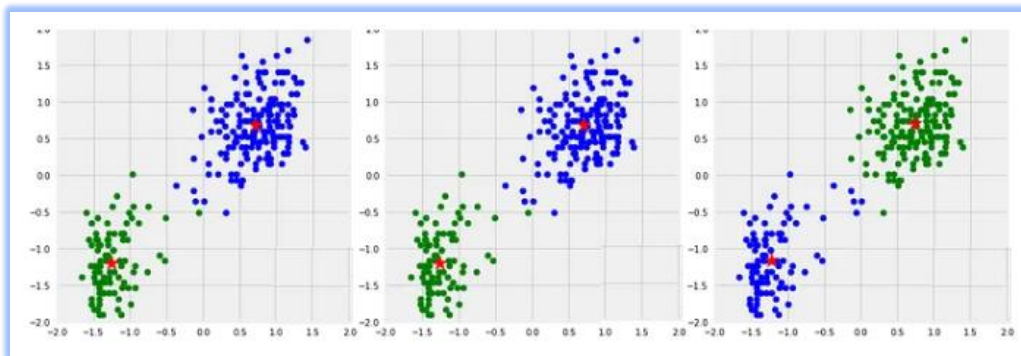


Fig. 2.

As the graph above shows that we only ended up with two different ways of clusterings based on different initializations. We would pick the one with the lowest sum of squared distance.

The paper presents a detailed evaluation of the proposed approach, using real-world datasets from different domains, such as healthcare, social media, and finance. The results show that the automatic clustering approach can effectively group the data into meaningful clusters, reducing the query response time and improving the overall performance of the database. The evaluation also shows that the approach outperforms traditional manual clustering in terms of accuracy, efficiency, and scalability.

In conclusion, the proposed automatic clustering approach offers a promising solution to the problem of manual clustering of NoSQL databases, which can be time-consuming, error-prone, and difficult, especially in large and complex databases. The approach can improve the performance of NoSQL databases, and it can be adapted to different types of NoSQL databases and data domains. Future work can extend the approach to handle other clustering algorithms and incorporate more data characteristics, such as temporal and spatial information.

Data clustering is a popular technique that groups data points into clusters based on their similarities. Artificial intelligence (AI) algorithms can be used to cluster data automatically, without the need for human input. We have developed the steps for clustering data with AI:

Collect and preprocess data: The first step is to collect data from various sources, such as databases, spreadsheets, and websites. The data should be preprocessed to remove any missing values, outliers, and noise. Preprocessing may also include normalization and feature scaling to ensure that all features have the same scale.

Choose a clustering algorithm: There are various clustering algorithms to choose from, such as K-means, hierarchical clustering, DBSCAN, and Gaussian mixture models. Each algorithm has its own strengths and weaknesses, and the choice will depend on the nature of the data and the specific clustering requirements.

Determine the number of clusters: The number of clusters required for the data can be determined using techniques such as the elbow method or silhouette score. The elbow method involves plotting the sum of squared distances of the data points to their closest centroid for different numbers of clusters and selecting the point where the curve bends as the optimal number of clusters. The silhouette score is a measure of how well each data point belongs to its assigned cluster and ranges from -1 to 1.

Run the clustering algorithm: Once the number of clusters is determined, the chosen clustering algorithm can be applied to the data. The algorithm will group the data points into clusters based on their similarities.

Evaluate the clustering results: The quality of the clustering results can be evaluated using metrics such as the Silhouette coefficient, the Dunn index, or the Davies-Bouldin index. These metrics provide a quantitative measure of the compactness and separation of the clusters.

Visualize the clustering results: The clustering results can be visualized using various techniques such as scatter plots, heatmaps, and dendrograms. Visualization can provide insights into the structure of the data and the quality of the clustering.

Refine and iterate: Depending on the results of the clustering, further refinement or iteration may be required. This may involve revisiting the choice of algorithm or adjusting the parameters of the chosen algorithm. In summary, clustering data with AI involves collecting and preprocessing data, choosing a clustering algorithm, determining the number of clusters, running the algorithm, evaluating the results, visualizing the results, and refining and iterating as necessary. Clustering can be a powerful tool for uncovering patterns and insights in large datasets.

Also we have developed an algorithm written in Python, which uses the KMeans clustering algorithm from the scikit-learn library to cluster the data into a specified number of clusters.

Step 1: Import necessary libraries and modules

```
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans
from pymongo import MongoClient
```

Step 2: Connect to the NoSQL database and fetch the data

```
client = MongoClient('mongodb://localhost:27017/')
db = client['mydatabase']
collection = db['mycollection']
data = np.array(list(collection.find()))
```

Step 3: Preprocess the data if necessary

```
# Perform data preprocessing if necessary, such as normalization or feature scaling
```

Step 4: Use an artificial intelligence algorithm (e.g. KMeans) to cluster the data

```
    # Set the number of clusters
    n_clusters = 3
    # Instantiate the KMeans clustering algorithm
    kmeans = KMeans(n_clusters=n_clusters, random_state=0)
    # Fit the data to the KMeans model
    kmeans.fit(data)
    # Get the labels assigned to each data point
    labels = kmeans.labels_
```

Step 5: Save the clustering results back to the NoSQL database

```
# Save the clustering results back to the NoSQL database
for i, label in enumerate(labels):
    collection.update_one({'_id': data[i]['_id']}, {'$set': {'cluster': int(label)}}
```

The resulting cluster labels are saved back to the NoSQL database for future reference or analysis. This algorithm assumes that the NoSQL database is a MongoDB database, but it can be easily modified to work with other types of NoSQL databases

3. Conclusion

The proposed automatic clustering approach offers a promising solution to the problem of manual clustering of NoSQL databases, which can be time-consuming, error-prone, and difficult, especially in large and complex databases. The approach can improve the performance of NoSQL databases, and it can be adapted to different types of NoSQL databases and data domains. The text suggests that future work can extend the approach to handle other clustering algorithms and incorporate more data characteristics, such as temporal and spatial information.

References - ლიტერატურა

1. Augmented analytics Added analytics [Electronic resource]. *Tadviser.*, 2021, [online] Available: [https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Extended_analytics_\(Augmented_analytics\)_Added_analytics](https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Extended_analytics_(Augmented_analytics)_Added_analytics). Show in Context [Google Scholar](#)
2. J. Sultana and A Jimoh, "Business Intelligence", *Handbook of Research on Applied AI for International Business and Marketing.*, pp. 191-206, 2021. Show in Context [CrossRef](#) [Google Scholar](#)
3. A. Jain, D. Shah and P Churi, "A review on business intelligence systems using artificial intelligence", *Adv. Intell. Syst. Comput. 2020. T. 1108 AISC*, pp. 1023-1030. Show in Context [CrossRef](#) [Google Scholar](#)
4. P Mehrotra, "Applications of Artificial Intelligence in the Realm of Business Intelligence", *Res. Anthol. Artif. Intell. Appl. Secur. IGI Global*, pp. 358-386, 2021. Show in Context [Google Scholar](#)

NoSQL მონაცემთა ბაზის ავტომატური კლასტერირება ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმის გამოყენებით

თამარ ლომინაძე, ლილი პეტრიაშვილი, თალიკო ჟვანია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
რეზიუმე

განხილულია NoSQL მონაცემთა ბაზების ავტომატური კლასტერიზაციული მიდგომა ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმის გამოყენებით, რომელიც დაფუძნებულია k-means კლასტერირებაზე. ალგორითმი ანალიზებს მონაცემთა ბაზის სტრუქტურას და მონაცემთა მახასიათებლებს, რათა, მონაცემთა განაწილებისა და მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის გათვალისწინებით, დადგინდეს კლასტერების ოპტიმალური რაოდენობა და დანიშნულება. აღნიშნულ მიდგომას შეუძლია მონაცემების ეფექტურად დაჯგუფება მნიშვნელოვან კლასტერებად, შეამციროს შეკითხვის პასუხის დრო და გააუმჯობესოს მონაცემთა ბაზის საერთო შესრულება. ის აღემატება ტრადიციულ ხელით კლასტერირებას სიზუსტის, ეფექტურობისა და მასშტაბურობის თვალსაზრისით. შემოთავაზებული მიდგომა პერსპექტიული გადაწყვეტაა NoSQL მონაცემთა ბაზების ხელით კლასტერიზაციის პრობლემისთვის.

რატომ ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედება ?

ქეთევან კვესელავა, ირაკლი ბოჭორიშვილი, ლევან ჯიქიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

q.kveselava@gtu.ge; irakli.bochorishvili@gtu.ge; levan@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედების მნიშვნელობის საკითხები (HCI) ტექნოლოგიაში. ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების მიზანია გააუმჯობესოს ინტერაქცია მომხმარებლებსა და კომპიუტერებს შორის, ასევე ურთიერთქმედების ფიზიკური მახასიათებლები, კარგად მორგებული და უფრო მოსახერხებელი გახადოს მომხმარებლისათვის კომპიუტერთან ურთიერთობა. HCI დაინტერესებულია ინტერფეისების დიზაინის მეთოდოლოგიებით და პროცესებით, ინტერფეისების განხორციელების მეთოდებით, ახალი ინტერფეისებისა და ურთიერთქმედების ტექნიკის შემუშავებით, კომპიუტერის მიერ მომხმარებლის დავალების გაგებით.

საკვანძო სიტყვები: ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედება; დიზაინერი; ინფორმაციული ტექნოლოგიები.

1. შესავალი

ტერმინი „ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედება“ ფართოდ გამოიყენება 1980-იანი წლების დასაწყისიდან, მაგრამ მისი ფესვები უფრო დამკვიდრებულ დისციპლინებშია. ადამიანის მუშაობის სისტემური შესწავლა სერიოზულად გასული საუკუნის დასაწყისში ქარხნებში დაიწყო. მეორე მსოფლიო ომმა ბიძგი მისცა ადამიანებსა და მანქანებს შორის ურთიერთქმედების შესწავლას, რადგან თითოეული მხარე ცდილობდა უფრო ეფექტური იარაღის სისტემების წარმოებას. ამან 1949 წელს მკვლევართა შორის ინტერესის ტალღა და ერგონომიკის კვლევის საზოგადოების ჩამოყალიბება გამოიწვია. ტრადიციულად, ერგონომისტებს უპირველესად აინტერესებთ მანქანებისა და სისტემების ფიზიკური მახასიათებლები და მათი მოქმედება მომხმარებლის მუშაობაზე. ადამიანის ფაქტორები აერთიანებს ამ საკითხებს და უფრო კოგნიტურ საკითხებსაც. ტერმინები ხშირად გამოიყენება ურთიერთშენაცვლებით. ერგონომიკა არის სასურველი ტერმინი გაერთიანებულ სამეფოში და ადამიანური ფაქტორები ჩრდილოეთ ამერიკის ინგლისურენოვან ნაწილებში. ორივე ეს დისციპლინა ეხება მომხმარებლის მუშაობას ნებისმიერი სისტემის კონტექსტში, იქნება ეს კომპიუტერი, მექანიკური თუ სახელმძღვანელო. რაც უფრო ფართოდ გავრცელდა კომპიუტერის გამოყენება, მკვლევართა მზარდი რაოდენობა სპეციალიზებული იყო ადამიანებსა და კომპიუტერებს შორის ურთიერთქმედების შესწავლაში, ამ პროცესის ფიზიკურ, ფსიქოლოგიურ და თეორიულ ასპექტებთან დაკავშირებით. ეს კვლევა თავდაპირველად ატარებდა კაც-მანქანის ურთიერთქმედების სახელს, მაგრამ ეს გახდა ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედება კომპიუტერებისადმი განსაკუთრებული ინტერესისა და მომხმარებლის პოპულაციის შედგენილობის აღიარების მიზნით!

კვლევის კიდევ ერთი მიმართულება, რომელმაც გავლენა მოახდინა *ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების* განვითარებაზე, არის ინფორმაციული მეცნიერება და ტექნოლოგია. ესეც ძველი დისციპლინაა, რომელიც იყო ტექნოლოგიის დანერგვამდე და ეხება ორგანიზაციის შიგნით ინფორმაციის მართვასა და მანიპულირებას. ტექნოლოგიის დანერგვამ დიდი გავლენა მოახდინა ინფორმაციის შენახვაზე, წვდომაზე და გამოყენებაზე და, შესაბამისად, მნიშვნელოვანი გავლენა – ორგანიზაციისა და სამუშაო გარემოზე. სისტემების ანალიზი ტრადიციულად ეხებოდა სამუშაო ადგილზე ტექნოლოგიების გავლენას და ტექნოლოგიის მორგებას სამუშაოს მოთხოვნებსა და შეზღუდვებთან. ეს საკითხები ასევე აწუხებს HCI-ს [1].

HCI ბევრ დისციპლინას ეყრდნობა, მაგრამ სწორედ კომპიუტერულ მეცნიერებასა და სისტემების დიზაინში ისე უნდა იქნას მიღებული, როგორც ცენტრალური საზრუნავი. ყველა სხვა დისციპლინისთვის ეს შეიძლება იყოს სპეციალობა, რომელიც უზრუნველყოფს გადამწყვეტ წვდომას; სისტემების აგებისას ეს დიზაინის პროცესის არსებითი ნაწილია. ამ პერსპექტივიდან HCI მოიცავს ინტერაქტიული სისტემების დიზაინს, დანერგვას და შეფასებას მომხმარებლის ამოცანისა და მუშაობის კონტექსტში.

როდესაც ვსაუბრობთ ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედების შესახებ, სულაც არ განვიხილავთ ერთ მომხმარებელს კომპიუტერთან. მომხმარებელში შეიძლება ვიგულისხმოთ ინდივიდუალური მომხმარებელი, მომხმარებელთა ჯგუფი, რომლებიც მუშაობენ ერთად ან მომხმარებელთა თანამიმდევრობა ორგანიზაციაში, თითოეული ეხება ამოცანის ან პროცესის გარკვეულ

ნაწილს. მომხმარებელი არის ის, ვინც ცდილობს სამუშაოს შესრულებას ტექნოლოგიის გამოყენებით. კომპიუტერში ვგულისხმობთ ნებისმიერ ტექნოლოგიას, დაწყებულს ზოგადი კომპიუტერიდან, ფართომასშტაბიანი კომპიუტერული სისტემით, პროცესის კონტროლის სისტემამდე ან ჩაშენებულ სისტემამდე. სისტემა შეიძლება შეიცავდეს არაკომპიუტერიზებულ ნაწილებს, მათ შორის სხვა ადამიანებს. ინტერაქციაში ვგულისხმობთ ნებისმიერ კომუნიკაციას მომხმარებელსა და კომპიუტერს შორის, იქნება ეს პირდაპირი თუ არაპირდაპირი. პირდაპირი ურთიერთქმედება მოიცავს დიალოგს უკუკავშირსა და კონტროლთან ერთად დავალების შესრულებისას. არაპირდაპირი ურთიერთქმედება შეიძლება მოიცავდეს ჯგუფურ დამუშავებას ან ინტელექტუალურ სენსორებს, რომლებიც აკონტროლებს გარემოს. მთავარია, რომ მომხმარებელი ურთიერთქმედებს კომპიუტერთან რაღაცის მისაღწევად.

HCI უდავოდ მულტიდისციპლინური საგანია. ინტერაქტიული სისტემის იდეალურ დიზაინერს გამოცდილება ექნება შემდეგ თემებში: ფსიქოლოგია და შემეცნებითი მეცნიერება, რათა მისცეს ცოდნა მომხმარებლის აღქმის, კოგნიტური და პრობლემის გადაჭრის უნარების შესახებ; ერგონომიკა მომხმარებლის ფიზიკური შესაძლებლობებისთვის; სოციოლოგია, დაეხმაროს ურთიერთქმედების ფართო კონტექსტის გაგებაში; კომპიუტერული მეცნიერება და ინჟინერია, რათა შეძლონ საჭირო ტექნოლოგიების აგება; ბიზნესს შეეძლოს მისი მარკეტინგი; გრაფიკული დიზაინი ეფექტური ინტერფეისის პრეზენტაციის შესაქმნელად; ტექნიკური წერა სახელმძღვანელოების დასამზადებლად და ასე ა.შ. აშკარაა, რომ აქ ძალიან ბევრი ექსპერტიზაა ერთი ადამიანის ან შესაძლოა ძალიან ბევრიც კი საშუალო დიზაინის გუნდისთვის. მართლაც, მიუხედავად იმისა, რომ *HCI* აღიარებულია, როგორც ინტერდისციპლინური საგანი, პრაქტიკაში ადამიანები მიდრეკილი არიან მტკიცე პოზიცია დაიკავონ ამა თუ იმ მხარე. თუმცა, შეუძლებელია ეფექტური ინტერაქტიული სისტემების დაპროექტება ერთი დისციპლინისგან იზოლირებულად. შეეყვანა საჭირო ყველა მხრიდან. მაგალითად, ლამაზად დაპროექტებული გრაფიკული დისპლეი შეიძლება გამოუსადეგარი იყოს თუ ის უგულვებელყოფს დიალოგის ან მომხმარებლის ფსიქოლოგიურ შეზღუდვებს.

ამ სტატიაში გვინდა გავამხნევოთ *HCI*-ის მრავალდისციპლინური შეხედულება, მაგრამ გვაქვს ჩვენი „პოზიცია“, როგორც კომპიუტერის მეცნიერები. დაინტერესებული ვართ კონკრეტულ კითხვაზე პასუხის გაცემით. როგორ გვეხმარება *HCI*-ში თითოეული ამ ხელშემწყობი დისციპლინის პრინციპები და მეთოდები უკეთესი სისტემების შემუშავებაში? ამაში უფრო პრაგმატისტები უნდა ვიყოთ, ვიდრე თეორეტიკოსები: გვსურს ვიცოდეთ, როგორ გამოვიყენოთ თეორია პრობლემაზე, ვიდრე უბრალოდ შევიძინოთ თეორიის ღრმა გაგება. ამრიგად, ჩვენი მიზანია ვიყოთ მრავალდისციპლინური, მაგრამ პრაქტიკული. განსაკუთრებით კონცენტრირებულნი ვართ კომპიუტერულ მეცნიერებებზე, ფსიქოლოგიასა და შემეცნებითი მეცნიერებებზე, როგორც ძირითად საგნებზე და მათ გამოყენებაზე დიზაინში; საჭიროების შემთხვევაში, სხვა დისციპლინებთან კონსულტაციაც ხდება.

სამწუხაროდ, არ არსებობს *HCI*-ის ზოგადი და ერთიანი თეორია, რომელიც შეიძლება წარმოვადგინოთ. თუმცა, არსებობს ძირითადი პრინციპი, რომელიც აყალიბებს ჩვენი შეხედულებების საფუძველს *HCI*-ს შესახებ და ეს დაფიქსირებულია ჩვენს განცხადებაში, რომ ადამიანები იყენებენ კომპიუტერებს სამუშაო. ეს ასახავს სამ ძირითად საკითხს: ხალხი, კომპიუტერები და შესრულებული ამოცანები. სისტემამ მხარი უნდა დაუჭიროს მომხმარებლის ამოცანას. თუ სისტემა აიძულებს მომხმარებელს მიიღოს მუშაობის მიუღებელი რეჟიმი, მაშინ ის არ არის გამოსაყენებელი.

თუმცა, არიან ისეთებიც, რომლებიც უარყოფენ ჩვენს კონცენტრაციას ამოცანაზე და ამბობენ, რომ ჩვენ არც ვიცით საკმარისად ადამიანური ამოცანების თეორიის შესახებ, რათა მხარი დაუჭიროს მათ დიზაინში. აქ არის კარგი არგუმენტი, თუმცა, შეგვიძლია ვიცხოვროთ ამ დაბნეულობით იმის შესახებ თუ რა არის რეალური ამოცანები, რადგან ჩვენი ამჟამინდელი ამოცანების გაგება საკმარისია, რომ დიზაინის მიმართულება მოგვცეს.

მომხმარებლის ამჟამინდელი ამოცანები შესწავლილია და მხარდაჭერილია კომპიუტერებით, რამაც, თავის მხრივ, შეიძლება გავლენა მოახდინოს თავდაპირველი ამოცანის ბუნებაზე და გამოიწვიოს მისი განვითარება. საილუსტრაციოდ, ტექსტის დამუშავებამ გააადვილა აზრების მანიპულირება და დოკუმენტების გადალაგება, რაც მწერლებს ახალი თავისუფლების საშუალებას აძლევს, რამაც გავლენა მოახდინა წერის სტილზე. აღარ არის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ტექსტის მოწესრიგებული წესით დაგეგმვა და აგება, რადგან თავისუფლად მიმავალი პროზის ადვილად რესტრუქტურირება შესაძლებელია მოგვიანებით. ამოცანის ეს ევოლუცია გავლენას ახდენს იდეალური სისტემის დიზაინზე, თუმცა, ვხედავთ ამ ევოლუციას, როგორც სისტემის განვითარების ციკლის მიღმა მოტივირებულ ძალას და არა დამხმარე დიზაინის მთელი იდეის უარყოფას [2].

სიტყვა „ამოცანა“ ან „სამუშაოს“ შესრულებაზე ფოკუსირება ასევე პრობლემურია, როდესაც ვფიქრობთ ისეთ სფეროებზე, როგორცაა საყოფაცხოვრებო ტექნიკა, სამომხმარებლო ელექტრონიკა და ელექტრონული კომერცია. არსებობს სამი „გამოყენების“ სიტყვა, რომლებიც ჭეშმარიტი უნდა იყოს, რომ პროდუქტი იყოს წარმატებული. ის უნდა იყოს:

- სასარგებლო – შესრულებული იქნება, რაც გჭირდებათ: დაუკაროთ მუსიკა, მოამზადეთ ვახშამი, გააფორმეთ დოკუმენტი;

- გამოყენებადი – ამის გაკეთება მარტივად და ბუნებრივად, მეცდომის საფრთხის გარეშე და ა.შ.;

- გამოყენებული – ხალხს აიძულებს გამოიყენოს იგი, იყოს მიმზიდველი, მხიარული და ა.შ.

კითხვა იმის შესახებ, არის თუ არა *HCI* ან, რაც უფრო მნიშვნელოვანია, ინტერაქტიული სისტემების დიზაინი და კონკრეტულად მომხმარებლის ინტერფეისი, მეცნიერება თუ ხელოვნური დისციპლინა, საინტერესოა. მოიცავს ის მხატვრულ უნარს და შემთხვევით გამჭრიახობას თუ დასაბუთებულ მეთოდურ მეცნიერებას? აქ შეგვიძლია ანალოგის გაკეთება არქიტექტურასთან. ყველაზე შთამბეჭდავი სტრუქტურები, ულამაზესი შენობები, ინოვაციური და წარმოსახვითი შემოქმედება, რომელიც უზრუნველყოფს ესთეტიკურ სიამოვნებას, მოითხოვს დიზაინში გამოგონებელ შთაგონებას და მხატვრობის გრძნობას და ამ თვალსაზრისით დისციპლინა ხელობაა. თუმცა, ამ სტრუქტურებს ასევე უნდა შეეძლოს წინ აღუდგეს მიზნის წარმატებით შესრულებას და ამის შესასრულებლად არქიტექტორმა უნდა გამოიყენოს მეცნიერება. ასეა *HCI*-სთვისაც: ლამაზი და/ან ახალი ინტერფეისები მხატვრულად სასიამოვნოა და შეუძლია შეასრულოს საჭირო ამოცანები - ხელოვნებისა და მეცნიერების წარმატებულ მთლიანობაში შერწყმა. გვსურს ხელახლა გამოვიყენოთ წარსულიდან მიღებული გაკვეთილები იმის შესახებ, თუ როგორ მივადწიოთ კარგ შედეგებს და თავიდან ავიცილოთ ცუდი. ამისათვის გვჭირდება როგორც ხელობა, ისე მეცნიერება. ინოვაციურ იდეებს მივყავართ უფრო გამოსაყენებელ სისტემებთან, მაგრამ იმისათვის, რომ იდეებიდან პოტენციური სარგებელი მაქსიმალურად გამოვიყენოთ, უნდა გვესმოდეს არა მხოლოდ, რომ ისინი მუშაობენ, არამედ როგორ და რატომ მუშაობენ. ეს მეცნიერული რაციონალიზაცია საშუალებას გვაძლევს ხელახლა გამოვიყენოთ დაკავშირებული ცნებები მსგავს სიტუაციებში ისევე, როგორც არქიტექტორებს შეუძლიათ აწარმოონ ხიდი და იცოდნენ, რომ ის დადგება, რადგან დაფუძნებულია აპრობირებულ პრინციპებზე [3].

ხელოსნობა-მეცნიერების დამაბულობა კიდევ უფრო რთული ხდება, როდესაც განვიხილავთ ახალ სისტემებს. მათი მზარდი სირთულე ნიშნავს, რომ ჩვენი პირადი იდეები კარგისა და ცუდის შესახებ აღარ არის საკმარისი; იმისათვის, რომ რთული სისტემა კარგად იყოს შემუშავებული, უნდა დავეყრდნოთ უფრო მეტს, ვიდრე უბრალოდ ინტუიციას. დიზაინერებს შეუძლიათ იფიქრონ იმაზე, თუ როგორ უნდა მოიქცეს ერთი მომხმარებელი, მაგრამ რა შეიძლება ითქვას ჯგუფებზე? და რაც შეეხება ახალ მედიას? ჩვენი იდეები იმის შესახებ, თუ როგორ გავაზიაროთ სამუშაო დატვირთვა ან წარმოვადგინოთ ვიდეო ინფორმაცია, ღია კამათისა და კითხვისთვის არაგამოთვლით სიტუაციებშიც კი და კარგი დიზაინის ერთი ვერსიის კომპიუტერულ სისტემაში ჩართვა, სავარაუდოდ სხვისი ვერსიისგან განსხვავებით. სხვადასხვა ადამიანი მუშაობს სხვადასხვა გზით, ხოლო სხვადასხვა მედია აფერადებს ურთიერთქმედების ბუნებას; ორივეს შეუძლია მკვეთრად შეცვალოს თავდაპირველი ამოცანის ბუნება. დიზაინერების დასახმარებლად არარეალურია ვივარაუდოთ, რომ მათ შეუძლიათ დაეყრდნონ მხატვრულ უნარს და სრულყოფილ აზროვნებას გამოსაყენებელი სისტემების შესაქმნელად. ამის ნაცვლად უნდა მივცეთ ჩართული ცნებების გაგება, მეცნიერული შეხედულება იმ მიზეზების შესახებ, თუ რატომ არის ზოგიერთი რამ წარმატებული, ხოლო სხვები არა და შემდეგ მივცეთ საშუალება მათ შემოქმედებით ბუნებას გამოკვებოს ეს ინფორმაცია – შემოქმედებითი ნაკადი, მეცნიერებით დაფუძნებული. შესაძლოა მეცნიერული მეთოდი, რომელიც დაჩქარებულია მხატვრული გამჭრიახობით. სიმართლე ის არის, რომ *HCI* უნდა იყოს როგორც ხელობა, ისე მეცნიერება, რათა წარმატებული იყოს.

2. პირითადი ნაწილი

კომპიუტერთან პიროვნების ურთიერთქმედება ქმნის კონკრეტულ რეალობას, რომელმაც მნიშვნელოვნად შეცვალა და აგრძელებს სამყაროს შეცვლას. ამ ტიპის ურთიერთობები არის კონსტრუირებული, მართვადი და ეფექტური, მაგრამ, როგორც ნებისმიერი რეალობა, ისინი უსაზღვრო ტრადიციული მრავალფეროვნებით, რაც ნიშნავს, რომ ღია კვლევისთვის, რომელიც მიმართულია მათ სრულყოფაზე.

ქვემოთ მოცემულია თვალსაზრისი კომპიუტერის როლზე საქმიან ურთიერთობებში:

- კომპიუტერი სხვა არაფერია, თუ არა ინსტრუმენტი, რომელსაც იყენებს სუბიექტი საქმიანობისათვის (პირი ან ადამიანთა ჯგუფი);

• კომპიუტერის კომპონენტები ასრულებს ფუნქციებს, რომლებიც საშუალებას აძლევს მას, რომ მიენიჭოს „ფსევდოსუბიექტის“ სტატუსი, რომელიც ადამიანთან ერთად ქმნის სამუშაო „ჯგუფს“ (გუნდი, საქმიანობისათვის შემდგარი სუბიექტები).

ორივე როლი გულისხმობს საშუალებების არსებობას, რომლებიც აკავშირებს ადამიანსა და კომპიუტერს ერთ მთლიანობაში. მეორე როლი საგრძნობლად მდიდარია, ვინაიდან მისი განხორციელება ითვალისწინებს, სულ მცირე, საერთო სამუშაოს გადანაწილებას ადამიანსა და კომპიუტერს შორის და განაწილებული შრომის კოორდინირებულ შესრულებას. ეს კი შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების გარკვეული სისტემა [4].

აღსანიშნავია კიდევ ორი თვალსაზრისი ადამიანისა და კომპიუტერის ურთიერთობაზე, რომლის მიხედვითაც:

• სამუშაო ჯგუფის წევრები. თითოეული მათგანის კოლეგებთან ურთიერთობის უნარი (ზოგადად მუშაობა) ძლიერდება კომპიუტერით. თანამიმდევრულად ასრულებს თითოეულ მათგანზე განაწილებულ სამუშაოს ნაწილს;

• ადამიანი იყენებს კომპიუტერს სამუშაოდ „საკუთარ თავთან ურთიერთობისთვის“, ცალსახად ან ირიბად ბაძავს „ჯგუფის“ მიერ სამუშაოს შესრულებას.

ეს ორი თვალსაზრისი შეესაბამება ურთიერთქმედების ისეთ ინტერპრეტაციას, რომელიც უფრო შეეფერება ინტელექტუალური კომპიუტერული საკომუნიკაციო არხის მეშვეობით ადამიანისა და ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედებას.

ზემოაღნიშნული თვალსაზრისი კომპიუტერული კომპონენტების გაგებისა და განხორციელების საშუალებას იძლევა ინტელექტუალური ხელსაწყოების ან "ფსევდოსუბიექტის" სახით ("შუამავალი" ინტერაქციაში), რომელიც ტრადიციულ თვალსაზრისს ინარჩუნებს.

აღსანიშნავია, რომ ზემოაღნიშნული თვალსაზრისის მიუხედავად, ურთიერთქმედების მეთოდები და საშუალებები, რომლებიც გამოიყენება (ან გამოიყენებოდა) კოლექტიურ მუშაობაში, უნდა იქნას აღიარებული, როგორც ბუნებრივი ანალოგები კომპიუტერულ გარემოში ურთიერთქმედების სისტემების შესაქმნელად. ანალოგების შერჩევა და მათგან სესხება, პირველ რიგში, ორიენტირებული უნდა იყოს ურთიერთქმედების უცვლელ საშუალებებზე, რაც საშუალებას მოგვცემს ჩამოვყალიბოთ პრობლემა:

საქმიანობის ურთიერთქმედება მდიდარ გამოცდილებაში, რომლის მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოიყენება არაცნობიერად, უცვლელი (ობიექტის საქმიანობაზე) ნაწილის იდენტიფიცირებისა და კონსტრუქციულად განსაზღვრისთვის, რომელიც პრაქტიკულად გამოსადეგია ადამიანისა და კომპიუტერის გარემოში ურთიერთქმედების უზრუნველსაყოფად.

ურთიერთქმედების გამოცდილების ძალიან მნიშვნელოვან ნაწილს შეიცავს ბუნებრივი (ბუნებრივ-პროფესიული) ენა და მისი აქტიური გამოყენების გამოცდილება, რომლის ფარგლებშიც ჩამოყალიბდა ფენომენი, რომელსაც დიალოგი ეწოდება. დიალოგის როლი, რომელიც განსაზღვრავს ადამიანის ცნობიერების საფუძვლებს, იმდენად დიდია, რომ ზემოთ ჩამოყალიბებულ პრობლემაში მიზანშეწონილია გამოვყოთ ქვეპრობლემა:

დიალოგის ფენომენის გამოკვლევა და გამოვლენა, რაც მასში კონსტრუქციულია, რომელიც შეიძლება იყოს პრაქტიკულად გამოსადეგი ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში ურთიერთქმედებისთვის.

ქვეპრობლემა გამომდინარეობს იქიდან, რომ დიალოგი არის ბუნებრივ-ხელოვნური წარმონაქმნი, რომლის სიმბოლური გამოხატულება მეორეხარისხოვანია. დიალოგის უპირველესი მიზანი, რომელმაც დაადასტურა მისი პრაქტიკული სარგებლობა კაცობრიობის ევოლუციურ განვითარებაში, ცნობიერების ფენომენშია გამოსახული. ცნობიერება და მისი მექანიზმები უცვლელია საქმიანობის ობიექტთან მიმართებაში. აქტივობის ურთიერთქმედების და დიალოგის ზემოაღნიშნული გაგება მიუთითებს ექსპერიმენტის ფუნდამენტურ როლზე ამ ტიპის რეალობის შესწავლაში. ამასთან დაკავშირებით, ნაჩვენებია მიდგომა აღნიშნული პრობლემების გადაჭრის მცდელობებთან დაკავშირებით .

კომპიუტერების გამოყენება ექსპერიმენტებში აქტივობის ურთიერთქმედების და დიალოგის ფენომენების შესასწავლად გამოიწვევს ისეთი ექსპერიმენტული საქმიანობის მეთოდებისა და საშუალებების შემუშავებას, რომლის შედეგნილობაში იქნება მეთოდებისა და საშუალებების სისტემა რითაც უზრუნველყოფს ურთიერთქმედებას და დიალოგს ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში.

აღსანიშნავია, რომ ექსპერიმენტის როლი შეიძლება შეასრულოს ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში საქმიანობის სპეციფიკურმა პროცესმა, მაგალითად, ობიექტის მოდელირების პრობლემების გადაჭრის პროცესი. საქმიანობის ეს როლი ხსნის იმ ურთიერთქმედებისა და დიალოგის შესწავლის შესაძლებლობას, რომლებიც გამოიყენება (ან გამოიყენებოდა) საქმიანობაში. ღია რჩება ზემოთ ჩამოყალიბებული მიდგომის

განხორციელების სხვადასხვა ვერსია, რომლებშიც ლოგიკურია ტრადიციული მიდგომების გამოყენებაზე ფოკუსირება: სისტემური, ფუნქციური, ევოლუციური და სხვა მიდგომების გამოყენებაზე.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია მიდგომის განხორციელების ევოლუციური ვერსია, რომელიც იყენებს ნაბიჯ-ნაბიჯ დეტალიზაციის მეთოდს, რომელიც მიზნად ისახავს აქტივობის ურთიერთქმედების მეთოდებისა და საშუალებების სისტემის ევოლუციური განვითარების განმეორებას. ამ ვერსიას „შინაარსობრივ-ევოლუციურ მიდგომას“ უწოდებდნენ, რომელიც შესწავლილი იყო სხვადასხვა პოზიციიდან [5-7], კერძოდ დიალოგის მეთოდებისა და საშუალებების სისტემის დასადგენად, რომლებიც უცვლელია საქმიანობის შინაარსში.

ეს ვერსია ეფუძნება:

- ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში კონკრეტული აქტივობის ინტერპრეტაციას, როგორც „ექსპერიმენტი“, რომელიც მიზნად ისახავს აქტივობის ურთიერთქმედების პრაქტიკულად სასარგებლო მეთოდებისა და საშუალებების გამოვლენას (ან მინიმუმ გამოცდასა და დადასტურებას);
- ასეთ „ექსპერიმენტში“ სასარგებლო პირველადი ინფორმაციის შეგროვებას პროტოკოლის სახით, რომელიც ჩაწერილია კითხვა-პასუხის სახით;
- საკითხს, როგორც რეალობის სპეციფიკური ფორმირების გაგებას, რომელიც შეუთავსებელია „ექსპერიმენტის“ ამჟამინდელ სიტუაციაში მოქმედებასა და ექსპერიმენტატორს (ან მისთვის ხელმისაწვდომ გამოცდილებას) შორის;
- შეუთავსებელი კითხვების დამუშავებას შესაბამისი პასუხების ფორმირებით (კითხვა-პასუხის სიმბოლური გამოხატვა მეორეხარისხოვნად ითვლება, მაგრამ ხელს უწყობს მათი პირველადი არსის დამიფვრასა და გამოვლენას);
- „ექსპერიმენტში“ მიღებული გამოცდილების სისტემატიზაციას, მათ შორის შინაარსობრივ-ევოლუციური ტიპის გამოყენებითი თეორიის სახით.

3. დასკვნა

მკვლევრებმა ჩაატარეს „ექსპერიმენტები“, რომელთაგან თითოეული დაკავშირებულია კონკრეტული პროგრამული სისტემის შემუშავებასთან (მაგალითად, CAD ტესტები მიკროპროცესორული სქემებისთვის, მონაცემთა ბაზის რელაციური პროექტირებისათვის, ავტომატიზებული სასწავლო კურსებისათვის). ასეთ „ექსპერიმენტებში“ გამოვლინდა უცვლელი მეთოდებისა და ინსტრუმენტების ნაკრები, კონსტრუქციულად განისაზღვრა და განხორციელდა, რაც ავტომატიზებულია შინაარსობრივ-ევოლუციური მიდგომის განხორციელებას.

მკვლევრების მიერ აგებული ნაკრების სტრუქტურა მოიცავს მეთოდებისა და საშუალებების ქვესისტემას, რომელიც ემსახურება დიალოგს ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში. ეს ნაკრები მნიშვნელოვნად განსხვავდება სისტემების აგებისა და გამოყენების ტრადიციული მეთოდებისა და საშუალებებისგან, რომლებსაც დიალოგური სისტემები ეწოდება. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ დიალოგი გაგებულია და განხორციელებული, როგორც ადამიანი-კომპიუტერის გარემოში წარმოდგენილი „გამოცდილების“ წვდომის საშუალება. აღმოჩნდა, რომ გამოცდილებაზე წვდომის კონტროლი ახორციელებს აქტივობის პროცესებში სპეციფიკურ კომპონენტს, რომელსაც ეწოდება „კითხვა-პასუხის კონტროლი“.

ლიტერატურა - References:

1. მ. ზაქარაშვილი ადამიანი კომპიუტერის ინტერაქცია გუშინ... დღეს... ხვალ... file:///C:/Users/Administrator.GO-ACA-LEN2-30/Downloads/20.pdf (31.10.22)
2. Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd, Russell Beale. Human-Computer Interaction Third Edition Third Edition Human-Computer Interaction. (1993-2004)
3. დარჩიაშვილი ა. სენსორული ტექნოლოგიები ადამიანი - კომპიუტერის ურთიერთქმედებაში. თსუ. სამაგისტრო ნაშრომი 2015
4. Alan Dix. What is Human-Computer Interaction (HCI)? <https://www.interactiondesign.org/literature/topics/human-computer-interaction>
5. Abowd Gregory.D., Beale Russel. Interaction Model. https://cio-wiki.org/wiki/Abowd_and_Beale_Framework

6. Bodker Susanne. When second wave HCI meets third wave challenges. 2006. https://www.researchgate.net/publication/221247920_When_second_wave_HCI_meets_third_wave_challenges;
7. Brad A. Myers) „A Brief History of Human Computer Interaction Technology“ (1998). <https://www.cs.cmu.edu/~bam/>; https://www.cc.gatech.edu/classes/AY2009/cs4470_fall/readings/myers-history-hci-tech.pdf

WHY HUMAN-COMPUTER INTERACTION?

Ketevan Kveselava, Irakli Bochorishvili, Levan Jikidze
Georgian Technical University
q.kveselava@gtu.ge; irakli.bochorishvili@gtu.ge; levan@gtu.ge

Summary

The article deals with the importance of human-computer interaction (HCI) in technology. The purpose of human-computer interaction [1] is to improve the interaction between users and computers, to improve the physical characteristics of the interaction as well as to make the interaction with the computer more convenient for the user. HCI is interested in methodologies and processes for designing the interfaces; methods for implementing the interfaces; developing new interfaces and interaction techniques, and making computers understand user tasks.

LEVERAGING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO MEET SDGs

Mariantonietta Fiore¹, Otar Zumburidze², Nino Adamashvili²
1-University of Foggia, Department of Economics,
2-Georgian Technical University

Abstract

Sustainable development has become main concern of the modern society. In the conditions of population's continuous growth, the demand for agri-food products is steadily increasing that is at variance with protection of environment and biodiversity. Certainly, the agriculture sector deals with a number of inefficiencies and constraints including food security and safety, transparency and efficiency problems along supply chains, increasing number of intermediaries and inefficient communication between actors, paper documentations, unqualified human capital, conscious consumers, as well as fraud and counterfeiting. Companies' ability to overcome abovementioned challenges is in correlation with the innovation transfer in managerial and production strategies. From this point of view, the benefit of Blockchain Technology (BCT) is commonly agreed by academic society, underlining its capability of product traceability and advancement in companies' sustainable performance. In accordance with this, many businesses started to examine BCT in their activities. This work seeks to highlight the main drivers for BCT adoption in agri-food industry as well as the principal aspects that should be taken into consideration in this process. In order to reach the research aim, the business case of Italian winery Placido Volpone is described. It is a popular method of qualitative analysis on the basis of real occasions and it allows revealing, describing, explaining, evaluating and understanding the phenomenon from multiple sides and within its real-life context. The results of the study encourage researchers and practitioners to comprehend how to adopt the BCT through a business case.

Keywords: Blockchain. Agriculture. Winery. Case study.

რეგიონის მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი და მეთოდოლოგია

ზურაბ გასიტაშვილი, მზია კიკნაძე, ნინო წიკლაური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განსაზღვრულია ორგანიზაციულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი რეგიონის მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების მაგალითზე. აგებულია ამ ფაქტორებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების ხე. შემოთავაზებული მეთოდოლოგიისა და დამუშავებული მათემატიკური მოდელების საფუძველზე, რომლებიც მდგრადი განვითარების მიზნების შორის კავშირის განტოლობებია, მიღებულია მდგრადი განვითარების მიზნების წონები. მათემატიკური მოდელის საფუძველზე ჩატარებულია ლოკალური მიზნების მინიმუმაცია. ლოკალურ მიზნებს შორის შერჩეულია შედარებით მაღალი მნიშვნელობების მიზნები, რომელნიც კოგნიტიური მოდელის დამუშავების ეტაპზე იმ ცვლადებს განსაზღვრავს, რომელთა ვარიანტით უნდა მოვძებნოთ რეგიონალური მდგრადი განვითარების ის სცენარი, რომელიც რესურსების შესაძლებლობის შეზღუდვისა და დროში განვითარების ეტაპობრიობის პირობებში უწყვეტ სინერგიას წარმოშობს.

საკვანძო სიტყვები: მოქმედი ფაქტორები; ფაქტორების ანალიზი; ფაქტორების მინიმუმაცია.

1. შესავალი

რთული ორგანიზაციული სისტემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სისტემაზე ბევრი ფაქტორი მოქმედებს. ეს ფაქტორები სტრუქტურირებულია, ე.ი. შედგება ქვემიზნებისგან, თითოეული ქვემიზანი, თავის მხრივ, კვლავ ქვემიზნებისგან და ა.შ. შედეგად მიიღება ატომარული მიზნების სია. რთულ სისტემაზე მოქმედი ფაქტორები (მიზნები, ქვემიზნები) შეიძლება იყოს ძალიან ბევრი და მათი ყველას გათვალისწინება, რა გავლენას მოახდენს მთავარ მიზანზე, ძალიან რთულია, შეუძლებელიც კი. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ატომარული მიზნების ცალკეული ელემენტები ერთნაირად არ მოქმედებს მთავარ მიზანზე. სტატიაში განხილულია, ალგორითმი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ამ ძალიან ბევრი ფაქტორიდან ამოვარჩიოთ ის, რომელიც უფრო მეტ გავლენას მოახდენს მთავარ მიზანზე.

2. ძირითადი ნაწილი

სისტემაზე მოქმედი მიზნების ოპტიმალური ნაკრების არჩევა და სისტემის ფუნქციონირების ინფორმაციული ტექნოლოგია რამდენიმე ეტაპისაგან შედგება:

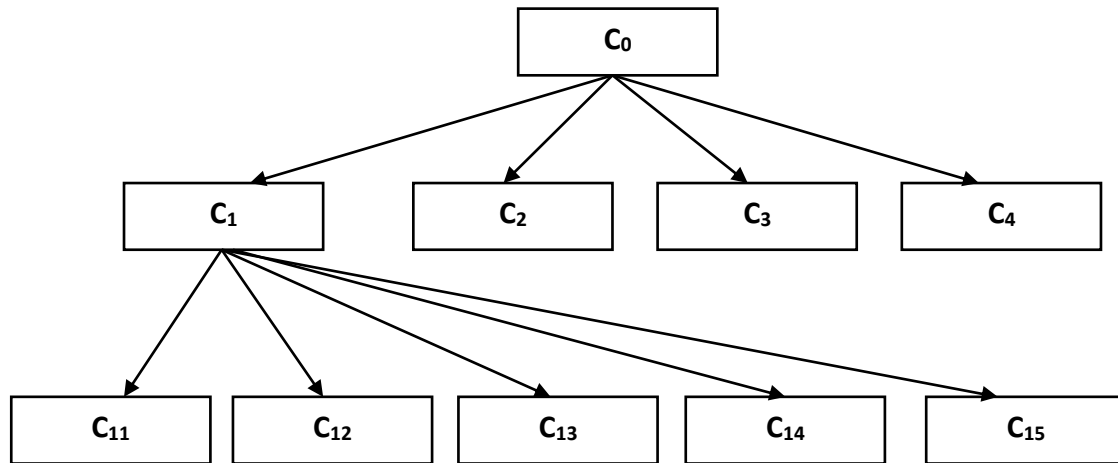
პირველ ეტაპზე ხორციელდება სისტემის მიზნის სტრუქტურირება. სტრუქტურირებული ინფორმაციული მოდელის შესაქმნელად გამოიყოფა მთავარი მიზანი (გლობალური მიზანი). სტატიაში რთულ სისტემაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი განხორციელებულია რეგიონის მდგრადი განვითარების მაგალითზე, რომელიც აღნიშნულია C_0 და მას ვანჭვებთ ნულოვან დონეს. შემდეგ ანუ პირველ დონეზე მოვახდინოთ ამ მიზნის დეკომპოზიცია C_1, C_2, C_3 და C_4 ქვემიზნებად, მეორე დონის ქვემიზნები იყოფა $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{21}, \dots, C_{31}, \dots$ ქვემიზნებად.

1-ელ ცხრილში მოყვანილია რეგიონის მდგრადი განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების მიზნებისა და მისი ქვემიზნების მნიშვნელობები (ასეთი ფაქტორები 123-ია აქ მოყვანილია მხოლოდ ნაწილი).

აღნიშვნა	მნიშვნელობა
C_0	რეგიონის მდგრადი განვითარება
C_1	სოციალური ინდიკატორი
C_{11}	სიღარიბესთან ბრძოლა (%)
C_{12}	დემოგრაფიული დინამიკა (%)
C_{13}	განათლების, კადრების მომზადების და საზოგადოების ინფორმაციულობისთვის ხელშეწყობა (%)
C_{14}	მოსახლეობის ჯამრთელობის დაცვა (%)
...	
C_{134}	უფროსი ასაკის ადამიანებს შორის განათლებულობის წილი (%)

C ₁₃₄₁	მოსახლეობა, რომელსაც აქვს განათლება 5 კლასის დონეზე (%)
C ₁₃₄₂	სკოლაში სწავლების წლების საშუალო რაოდენობა
C ₁₃₂₁	ერთ სულ მოსახლეზე ეროვნული შემოსავლის თანხის წილი (%)
C ₁₃₃₁	გოგონების რიცხვი 100 ბიჭზე საშუალო სკოლაში
C ₁₃₃₂	მოსამსახურეებს შორის 100 კაცზე ქალთა წილი

მიზნებისა და ქვემიზნების მიზნის ხეს აქვს ნახაზზე მოცემული სახე (ფრაგმენტი) (ნახ.1).



ნახ.1. მთავარ მიზანზე მოქმედი ფაქტორების ხე

მიზნების ხეზე ვახდენთ ზემოდან ქვემოთ ორდონიანი ფრაგმენტების გამოყოფას, რომლებიც შედგება ძირეული წვეროსა და ამ წვეროს ინცინდენტური წვეროებისგან. იმ ფრაგმენტს, რომელშიც შედის ხის ძირეული წვერო, ვანიჭებთ ნულოვან რანგს.

ნულოვანი რანგი აქვს მიზნის ხიდან ფრაგმენტს (C₀, C₁, C₂, C₃, C₄). პირველი რანგი აქვს მიზნის ხიდან ფრაგმენტებს: (C₁, C₁₂, C₁₃, C₁₄, C₁₅), (C₂, C₂₁, C₂₂, C₂₃), (C₃, C₃₁, C₃₂, C₃₃, C₃₄, C₃₅) და ა.შ.

შემდეგ ეტაპზე ვახდენთ სისტემის მიზნისთვის წონის გამოთვლას. ამით მიზნების ურთიერთქმედება ფასდება. იმის დასადგენად, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მიზანი, ექსპერტთან შეთანხმებით შემოვიღოთ შეფასების ქულები. C_i და C_j მიზნების ურთიერთქმედების ძალა შევაფასოთ სიტყვიერი (ლინგვისტური) ფორმულირებით და გამოვხატოთ რაოდენობრივად [1-10] ინტერვალში (ცხრილი 2).

შეფასების ქულების განსაზღვრა

ცხრ.2

ლინგვისტური მნიშვნელობები	რიცხვითი (ქულები) მნიშვნელობები
C _i და C _j მიზნების ერთნაირი მნიშვნელობისას	1
როდესაც C _i სუსტად არის დამოკიდებული C _j მნიშვნელობაზე	3
როდესაც C _i ძლიერად არის დამოკიდებული C _j მნიშვნელობაზე	5
როდესაც C _i ძალიან ძლიერად არის დამოკიდებული C _j მნიშვნელობაზე	7
აბსოლუტური დამოკიდებულება C _i C _j -ის მნიშვნელობაზე	9
შეფასება მდებარეობს ორ ლინგვისტურ შეფასებას შორის	2,4,6,8

შემდეგ ვახდენთ მთავარ მიზანზე მოქმედი ფაქტორების ხის ფრაგმენტებად დაყოფას. მიზნის ხის ყოველი ფრაგმენტისთვის, ნულიდან დაწყებული, ვადგენთ კვადრატულ მატრიცას $R=||r_{ij}||$, სადაც მატრიცის სვეტები შეესაბამება ხის წვეროებს C₀ გლობალური მიზნისთვის, წონა W₀ = 1. C_i სტრიქონსა და C_j სვეტს ეთითება r_{ij} -ის მნიშვნელობა, ეს მნიშვნელობა 1-ის ტოლია თუ C_i = C_j, თუ C_i უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე C_j მაშინ მიეთითება b_{ij}; თუ C_i ნაკლებად მნიშვნელოვანია, მაშინ 1/ b_{ij}.

დავუშვათ მატრიცის სტრიქონები (სვეტები) შეესაბამება C₁, ..., C_p მიზანს, შეფასებულია W₁, ..., W_p წონებით. ძირეულ წვეროს აქვს W₀ წონა, მაშინ ჭეშმარიტია პირობა:

$$W_q = \sum_{i=1}^p W_i$$

W_i წონები შემდეგი განტოლებათა სისტემების ამონახსნია:

$$w_I = \frac{1}{P_I} \sum_{j=1}^p r_{Ij} W_j \quad \dots \quad w_{p-1} = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p r_{p-1,j} W_j$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით მიიღება C_1, C_2, C_3, C_4 მიზნების წონები.

მიღებული წონების მიხედვით ვახდენთ სისტემის ლოკალური მიზნების რაოდენობის მინიმიზაციას.

მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების მიზნების ურთიერთგავლენის რიცხვითი მნიშვნელობები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრ.3

ლინგვისტური მნიშვნელობები	მიზნების ურთიერთგავლენის რიცხვითი მნიშვნელობები
გავლენას არ აქვს ადგილი	0
ძალიან სუსტი გავლენა	0,1
სუსტი გავლენა	0,3
საშუალო გავლენა	0,5
ძლიერი გავლენა	0,7
გავლენა	1

მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების საფუძველზე აიგება კოგნიტიური რუკა. კოგნიტიურ რუკაზე მიზნებს შორის ურთიერთგავლენის დასადგენად შემოგვაქვს რიცხობრივი მაჩვენებლები – გლობალური (C_0) და ლოკალური მიზნების (C_j) მიღწევადობის ხარისხი, ისინი გამოითვლება ფორმულებით[1]:

$$J(C_0) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} \cdot W_i$$

$$J(C_j) = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_{ij} \cdot W_i}{J(C_0)} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_{ij} W_i}{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} \cdot W_i}$$

აღნიშნული გამოთვლების შემდეგ $J(C_0)J(C_0) = 2,0021$, ხოლო $J(C_j)J(C_j)$ სხვა მნიშვნელობების მიხედვით.

მათი ურთიერთგავლენის გათვალისწინებით გამოვთვლით ფორმულით:

$$J(C^*) = J(c_{ji}) + \dots + J(c_{jk})$$

$J(C^*)$ მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობას - Δ , რომელიც 0.2101-ის ტოლია.

მინიმიზაციის ამოცანით განვსაზღვრავთ C^* C ისე, რომ ერთდროულად შესრულდეს პირობები:

$$J(C^*) \leq \Delta,$$

$$|C^*| = \max$$

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ლოკალური მიზნების მინიმიზაციის ამოცანა განისაზღვრება შემდეგი ალგორითმის მიხედვით:

1) სიმრავლეში ავარჩიოთ მიზანი c_{ij} ისეთი, რომელსაც აქვს მიღწევადობის მინიმალური ხარისხი ($J(c_{ij}=\min)$). თუ ასეთი მიზნები ერთზე მეტია, მათგან უნდა ავარჩიოთ ნებისმიერი. ჩავართოთ არჩეული მიზანი C^* ქვესიმრავლეში და გავზარდოთ მიღწევადობის ხარისხი:

$$J(C^*) = J(C^*) + J(c_{j1});$$

2) შევამოწმოთ $I(C^*) \leq \Delta$ პირობა, თუ ის სრულდება, მაშინ წავშალოთ c_1 C -დან და დავბრუნდეთ პირველ ბიჯზე. თუ აღნიშნული პირობა არ სრულდება არც ერთი მიზნისთვის, ე.ი. C არ შეიძლება მიუერთდეს არც ერთ სხვა მიზანს, ეს ნიშნავს, რომ ალგორითმი მუშაობას ასრულებს.

ჩვენ მიერ განხილული მაგალითისთვის $\Delta=0,29$, მაშინ ლოკალური მიზნების მინიმიზების შედეგი იქნება შემდეგი სიმრავლე: $E=\{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8\}$, სადაც:

- b_1 - სოციალური ინდიკატორი;
- b_2 - ეკონომიკური ინდიკატორი;
- b_3 - ეკოლოგიური ინდიკატორი;
- b_4 - დემოგრაფიული დინამიკა;
- b_5 -განათლების, კადრების მომზადებისა და საზოგადოების ინფორმაციულობისთვის ხელშეწყობა;
- b_6 -ეკონომიკური განვითარება;
- b_7 -მოთხოვნის ხასიათის ცვლილება;
- b_8 -ფინანსური მექანიზმები და რესურსები.

3. დასკვნა

სტატიაში რთულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი შემოთავაზებულია მათემატიკური მოდელის საფუძველზე – ლოკალური მიზნების მინიმიზება. შერჩეულია ლოკალურ მიზნებს შორის შედარებით მაღალი მნიშვნელობის მიზნები, დამუშავებული ფაქტორების ურთიერთქმედების ხარისხის შეფასების მოდელი, რომელიც ექსპერტების მონაწილეობას მოიცავს და სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებას ეყრდნობა.

ლიტერატურა - References :

1. Yuditsky S.A. Fundamentals of pre-project analysis of organizational systems. M. Finance and statistics. 2005
2. Vladislavlev P.N. Selection of the optimal scenario for the behavior of organizational systems. Management of large projects. Collection of works. Ed. YES. Novikov IPU RAN, M.: 2005,
3. Butch G. Object-Oriented Analysis and Design with Sample Applications in C++. 2nd edition: Per. from English. Moscow: Binom Publishing House. St. Petersburg: Nevsky dialect, 1998
4. Gubko M.V., Novmkov D.A. Game theory in the management of organizations by systems. M. SYNTHET. 2002
5. Larichev O.I. Theory and methods of decision-making, as well as a chronicle of events in the Magical Lands. M.: Logos, 2000.

ANALYSIS AND METHODOLOGY OF FACTORS AFFECTING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION

Zurab Gasitashvili, Mzia Kiknadze, Nino Tsiklauri
Georgian Technical University
zur_gas@gtu.ge; m.kiknadze@gtu.ge; n. tsiklauri@gtu.ge

Summary

The article defines the analysis of factors affecting organizational systems on the example of factors affecting regional sustainable development. A tree of interdependence between these factors is built. Based on the proposed methodology and developed thematic models, which represent the equations of the relationship between the sustainable development goals, the weights of the sustainable development goals are obtained. Based on the mathematical model, the minimization of local goals is carried out. Relatively high importance goals are selected among the local goals, which determine the variables at the stage of processing the cognitive model, the variations of which should be used to find the scenario of regional sustainable development, which generates continuous synergy in the conditions of limited resources and gradual development in time.

კიბერუსაფრთხოების გამოწვევების შესახებ

ოთარი შონია, ლოლიტა ბეჟანიშვილი, ლუკა შონია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.shonia@gtu.ge; lolita.bejanishvili@gtu.ge; shonia@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია კიბერსივრცეში საფრთხეების ზრდის მიზეზები და მოყვანილია შესაბამისი სტატისტიკური მონაცემები. ასახულია მასშტაბური საომარი მოქმედებების გავლენა არა მარტო კონფლიქტში უშუალოდ მონაწილე მხარეების კიბერაქტიურობაზე, არამედ სხვა ქვეყნებზეც ჰაკერული შეტევების გააქტიურებით, აგრეთვე ჰაკერულ დაჯგუფებებს შორის კონფლიქტების გაღვივებით. მოზღვაებული კიბერუსაფრთხოების ფონზე, მშვიდობიან პერიოდშიც კი, ნებისმიერი მასშტაბის სახელმწიფოსთვის დასაბუთებულია კიბერარმიის არსებობის აუცილებლობა კიბერსარდლობის დანიშვნის პერსპექტივით. ქვეყანაში კიბერუსაფრთხოების დონის შესაფასებლად ყურადსაღებია გლობალური კიბერუსაფრთხოების ინდექსი (GCI), რომელიც საერთაშორისო სატელეკომუნიკაციო კავშირის (ITU) ინიციატივაა. ვინაიდან განვითარების ახალი ეტაპის ტრენდების გათვალისწინებით სხვადასხვა კლასის კიბერდამნაშავეების არსენალი იხვეწება, უსაფრთხოების სფეროში პერმანენტულად უნდა ხდებოდეს მრავალი პროფილის კიბერსპეციალისტების მომზადება და გადამზადება, მათი სერტიფიცირება, კიბერუსაფრთხოების ანბანური ცოდნის გავრცელება, კიბერუსაფრთხოების თანამედროვე მოდელების დანერგვა, ყველა დონეზე რეგლამენტირებული შიგა და გარე აუდიტების ამოქმედება. ნათელია, კიბერუსაფრთხოების ფრონტი გაშლილია და ბრძოლა აუცილებლად უნდა ატარებდეს სისტემურ და სისტემატურ ხასიათს.

საკვანძო სიტყვები: კიბერუსაფრთხოება; ინფორმაციული უსაფრთხოება; კიბერსივრცე; კიბერდამნაშავე; ჰაკერი; კიბერშეტევა; კიბერდაცვა; კიბერომი; კიბერარმია; კიბერსარდლობა.

1. შესავალი

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის პერიოდში, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი, რობოტები, ჰკვიანი მოწყობილობები აღწევს მრეწველობაში, კერძო და საჯარო ორგანიზაციებში, აგრეთვე სახლებში და უკვე ადამიანის სხეულშიც, ქმნის რა ღრმად სტრუქტურირებულ მსოფლიო აზღაბუდას, აუცილებელია ყურადღებით განიხილებოდეს საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია ამგვარი გლობალური ცვლილებების საშიშროებასთან. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ მიმდინარე პროგრესი ქმნის ხელსაყრელ პირობებს კიბერუსაფრთხოების მზარდი ნაკადის აღმოცენებისთვის, მაგრამ ამავდროულად ისიც შეინიშნება, რომ არასაკმარისი ყურადღება ეთმობა ყოვლისმომცველი კიბერშეტევების სცენარს, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს ენერგომომარაგების, ტრანსპორტის, ჰოსპიტალური მომსახურების და მთლიანად ჩვენი საზოგადოების სრული გათიშვა, რაც კიბერპანდემიის გაჩენას მიესადაგება.

"Check Point Research"-ის (<https://www.checkpoint.com>) სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, გლობალური თავდასხმები 2022 წლის მესამე კვარტალში 28%-ით გაიზარდა 2021 წლის ანალოგიურ პერიოდთან შედარებით – განათლებისა და კვლევების სექტორი იყო თავდასხმების ყველაზე მიზნობრივი დარგი, ხოლო ჯანდაცვის სექტორი – გამომძალველი პროგრამების სამიზნე (ყოველი 42-ე ორგანიზაცია დაზარალდა გამოსასყიდის გადახდით, რაც 5%-ით მეტია, ვიდრე წინა წელს).

2022 წელს რუსეთ-უკრაინის ომის დომინირება, გარდა მასშტაბური ჰუმანიტარული და ეკონომიკური კრიზისისა, სერიოზულ შემოფოთებას იწვევს გლობალური ინფორმაციული საფრთხის დონეზე. უკრაინაში შეჭრიდან სულ რაღაც სამი დღის შემდეგ, 27 თებერვალს, „Check Point Research“-მა აღნიშნა უკრაინის მთავრობასა და სამხედრო სექტორზე კიბერშეტევების 196%-ით ზრდა, ხოლო რუსეთში – მხოლოდ 4%-ით. Check Point Research აღნიშნავს, რომ ბოლო რამდენიმე თვის განმავლობაში კიბერაქტივობა გაიზარდა არამარტო საომარ მოქმედებებთან დაკავშირებით და, როგორც ჩანს, ჰაკერებმა და თავდასხმის ჯგუფებმა მოიპოვეს ძალა და თავდაჯერებულობა, ისინი თავს ესხმიან ერთი შეხედვით „გაუთავებელ“ სამიზნეებს მთელს მსოფლიოში, კერძოდ კიბერშეტევები ინტენსიურად მიმდინარეობს ევროპის მასშტაბით, დანარჩენი ქვეყნების ინფრასტრუქტურებზე კი კიბერშეტევები ხორციელდება დაწყებული ლოს-ანჯელესის სასკოლო ოლქიდან და დამთავრებული ავსტრალიის უმსხვილესი სადაზღვევო კომპანიით Medibank.

2022 წლის 11 ოქტომბერს მაიკროსოფტის სპეციალისტებმა დააფიქსირეს გამომძალველი პროგრამის „Prestige ranusomeware“ ჩანერგვა უკრაინისა და პოლონეთის სატრანსპორტო და ლოჯისტიკურ

კომპანიებში, რაც დაემთხვა კრიტიკული ინფრასტრუქტურისა და უკრაინის მრავალი ქალაქის ორდღიან ფართომასშტაბიან დაბომბვას. დიდი ჰაკერული ჯგუფი Killnet, თავისი განვითარებული ბოტნეტ-რესურსის გამოყენებით, რეგულარულად ახორციელებს DDoS შეტევებს უკრაინისა და მისი მხარდამჭერი ქვეყნების მნიშვნელოვან რესურსებზე, მაგალითად თავდასხმები განხორციელდა ლოს-ანჯელესის საერთაშორისო აეროპორტის (LAX) ვებსაიტზე, ამერიკის რამდენიმე შტატის სამთავრობო ვებსაიტზე, იაპონურ ადმინისტრაციულ პორტალზე e-Gov Digital Agency, ისრაელის ქნესეტისა და ლატვიის სეიმის ოფიციალურ ვებსაიტებზე, მანვე ჩაშალა კენჭისყრის პროცედურები პოლონეთის სენატსა და სლოვაკეთის პარლამენტში.

საპირისპიროა ცნობილი საერთაშორისო ჰაკერული ჯგუფის Anonymous ქმედებები, რომელმაც ოფიციალურად გამოაცხადა, რომ 25 თებერვლის ღამეს შევიდოდა საინფორმაციო ბრძოლის ველზე რუსეთთან და ნახევარი საათის შემდეგ მათ გათიშეს RT ტელეარხის ვებგვერდი, ხოლო მომდევნო რამდენიმე დღეში გატეხეს უმსხვილესი რუსული გამოცემების ინტერნეტრესურსები, მათ შორის იყო „კომერსანტი“, „იზვესტია“, TASS და სხვა წამყვანი მედიასაშუალებები, ყურადღების გარეშე არც ზოგიერთი ფედერალური უწყება დარჩენიათ. მოგვიანებით, 2022 წლის 21 მაისს Anonymous ჯგუფმა გამოაცხადა, რომ Killnet ჯგუფს ომს უცხადებდა.

ზოგადად, 2022 წელს რუსეთზე კიბერშეტევების რაოდენობა 80%-ით გაიზარდა, კერძოდ კაპიტალურად დაცულმა ზბერბანკმა 7 ოქტომბერს გაუძლო ყველაზე დიდ კიბერშეტევას, რომელიც ერთ დღეზე მეტხანს გაგრძელდა. იმავე დღეს უკრაინის IT არმიამ კოლექტიური უსაფრთხოების ხელშეკრულების ორგანიზაციის (ODKB) ვებგვერდი გატეხა და გამოაქვეყნა მოწინააღმდეგე ქვეყნის პრეზიდენტის "მისალოცი", რომელმაც იუბილე ზუსტად 7 ოქტომბერს აღნიშნა. მათ აგრეთვე „გატეხეს“ რუსეთის ცენტრალური ბანკის ქსელი და მიიღეს წვდომა პერსონალის მონაცემებზე, ბანკის ავტომატიზებულ სისტემებზე, მათ ფაილებსა და სხვა ინფორმაციაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ დიდი ხანია საუბარი აღარ არის მხოლოდ პერიოდულ ჰაკერულ შეტაკებებზე, არამედ საუბარია ცალკეული სახელმწიფოების და არა მარტო ზესახელმწიფოების (მაგალითად, კორეის სახალხო-დემოკრატიული რესპუბლიკა, ირანი) კიბერარმიებსა და კიბერსარდლობაზე. კერძოდ, შეერთებულმა შტატებმა დაიწყო თავისი კიბერჯარების ფორმირება ჯერ კიდევ 21-ე საუკუნის პირველ ათწლეულში, მაშინ ეს სტრუქტურა მოქმედებდა ეროვნული უსაფრთხოების სააგენტოს ბაზაზე (National Security Agency) და თუ თავდაპირველად საუბარი იყო მხოლოდ ამ დანაყოფის თავდაცვით ფუნქციაზე, 2018 წლიდან მისი მისია გაფართოვდა და დაემატა შემტევი ფუნქცია. საინტერესოა, რომ ჯერ კიდევ 2009 წელს ოფიციალურ დოკუმენტებში გამოჩნდა "კიბერსარდლობის" კონცეფცია, რომელიც ამჟამად აშშ-ის შეიარაღებულ ძალებში ათი სარდლობიდან ერთ-ერთია თავდაცვის სამინისტროს გაერთიანებულ სარდლობაში.

გამომცემლობა The Japan Times-ის პუბლიკაციით იაპონიის თავდაცვის სამინისტრო 2027 ფისკალური წლისთვის გეგმავს კიბერთავდაცვის პერსონალის ხუთჯერ გაზრდას 890-დან 5000 პროფესიონალამდე — მეზობელი ქვეყნების გაზრდილი ქმედებების საპასუხოდ კიბერომში საკუთარი შესაძლებლობების გასაძლიერებლად. თავდაცვის სამინისტროს 2022 წლის „თეთრი წიგნი“ იუწყება, რომ ჩინეთს ჰყავს 175000 სახელმწიფო დონის კიბერუსაფრთხოების პროფესიონალი, მათ შორის 30000 კიბერთავდასხმებზეა სპეციალიზებული, ხოლო კორეის სახალხო დემოკრატიულ რესპუბლიკას – 6800 შესაფერისი სპეციალისტი.

ცხადია, კიბერარმიის ყოლა არსებითი საჭიროებაა ნებისმიერი, თუნდაც პატარა სახელმწიფოსთვის. ასეთი არმია მონაწილეობს, სულ მცირე, საკუთარი ქვეყნის სამართალდამცავი ორგანოების ოპერაციებში, რათა აღმოფხვრას კიბერდანაშაულები ქვეყნის მასშტაბით, აგრეთვე სავალდებულოა საერთაშორისო ორგანიზაციების (ინტერპოლი, ევროპოლი და გაერო) ოპერაციებში ჩართულობა, კრიმინალური კიბერთანამეგობრობის ლიკვიდაციის მიზნით. ადგილობრივი მასშტაბის მარტივ მაგალითად გამოდგება ორგანიზებული ფიშინგი, ასევე სოციალური ქსელის ნეგატიური ფენომენი „ლურჯი ვეშაპი“. გლობალური მასშტაბის მაგალითები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ქვეყნის კრიტიკულ საინფორმაციო ინფრასტრუქტურაზე თავდასხმები და ფინანსური და საინფორმაციო რესურსების ფართომასშტაბიანი ქურდობა.

აგრეთვე უნდა აღინიშნოს, რომ სახელმწიფო დონეზე ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მასშტაბური საომარი თუ ბუნებრივი კატაკლიზმების შემთხვევისთვის გასათვალისწინებელია ქვეყნის მასშტაბის საგანგებოდ დაცული ავარიული ინფორმაციული რესურსების

არსებობა (სათადარიგო საიმედო, თუნდაც არც ისეთი მწარმოებლური, საკომუნიკაციო ქსელი და მოსახლეობის საყოველთაოდ ინფორმირების სპეციალური ტექნიკური საშუალებები).

ქვეყანაში კიბერუსაფრთხოების დონის შესაფასებლად ყურადსაღებია გლობალური კიბერუსაფრთხოების ინდექსი (GCI), რომელიც საერთაშორისო სატელეკომუნიკაციო კავშირის (ITU, <https://www.itu.int>) ინიციატივაა. ITU გაეროს საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების სპეციალიზებული სააგენტოა, რომელიც ჩამოყალიბდა და განვითარდა სხვადასხვა ქვეყნისა და საერთაშორისო ორგანიზაციების ექსპერტებისა და კონტრიბუტორების ჩართულობით. GCI-ინდექსი წვერი სახელმწიფოებისთვის ასახავს 82 კითხვას კიბერუსაფრთხოების სფეროში 5 საყრდენი საკითხის მიხედვით: სამართლებრივი აქტები, ტექნიკური ზომები, ორგანიზაციული ღონისძიებები, პოტენციალის განვითარების გეგმები, კოოპერირებაში ჩართულობა. უკანასკნელად გამოქვეყნებული შედეგების თანახმად, მხოლოდ ოთხმა ქვეყანამ დაიმსახურა 99 ქულაზე მეტი 100-დან: აშშ — 100, დიდი ბრიტანეთი — 99.54, საუდის არაბეთი — 99.54, ესტონეთი — 99.48, ხოლო საქართველო 81.07 (17.75+17.13+14.67+15.89+15.63) ქულით რეიტინგში 62 ქვეყნის შემდეგ აღმოჩნდა.

ქვემოთ განვიხილოთ კიბერუსაფრთხოების ზოგიერთი მნიშვნელოვანი სამუშაო მხარე.

კონკრეტულ სიტუაციაში კონტრზომების მიღებისას, პირველ რიგში, საჭიროა მოქმედი თუ პოტენციური თავდასხმელის, კიბერდამნაშავეს დონის განსაზღვრა: კიბერხულიგნები (ავრცელებენ ფიკებს სოციალურ ქსელებში ან პრივატულ თუ კორპორაციულ საიტებზე), კიბერაფერისტები (ფიშინგის ან შეტყუების ხერხებით სოციალურ ქსელებში დებულობენ ფინანსურ სარგებელს), ჰაკერები-ინდივიდუალისტები (ერთი ან რამდენიმე ჰაკერი ინტერნეტრესურსების ხვრელებში შეღწევით პოულობენ პირდაპირ ან ირიბ სარგებელს), ჰაკერთა დამოუკიდებელი ჯგუფები (დამკვეთთან დადებული კონტრაქტით მუშაობენ სხვადასხვა სირთულისა და პროფილის შეკვეთების შესრულებაზე), კიბერ-მეომრები (აწარმოებენ მასიურ კიბერშეტევებს მოწინააღმდეგის კრიტიკულ ინფრასტრუქტურაზე ან სხვა მნიშვნელოვან ობიექტებზე).

როგორც არ უნდა განვავითაროთ კიბერუსაფრთხოების დონე სახელმწიფო თუ კომერციულ სტრუქტურებში, ყოველთვის უნდა გვახსოვდეს, რომ კიბერდამნაშავეების არსენალი იხვეწება და უსაფრთხოების სფეროში პერმანენტულად უნდა ვხელმძღვანელობდეთ შემდეგი დებულებებით :

— სახელმწიფო და კომერციულ პლატფორმებს არ აქვს დაცვის თანამედროვე დონე;

— სახელმწიფო დონეზე არ არსებობს სათანადო კოორდინაცია უწყებებს შორის კიბერდამნაშავეთა მუქარებთან საბრძოლველად;

— IT-ადმინისტრაციას არ აქვს შესაბამისი კვალიფიკაცია ან შესუსტებულია აუდიტი;

— კიბერუსაფრთხოების სპეციალისტების მნიშვნელოვანი დეფიციტია ან არარეგულარულია კიბერპერსონალის თანადროული წვრთნები;

— უსაფრთხოების ინსტრუმენტები მოძველებულია და არ არის განახლებული, მიუხედავად იმისა, რომ ძველები ფართოდაა ხელმისაწვდომი დამნაშავეებისთვის;

— კრიტიკული განახლებები თითქმის არ არის დაინსტალირებული არა მარტო რეგიონებში, არამედ ხელისუფლების ზოგიერთ ცენტრალურ ორგანოშიც;

— ორგანიზაციის ძირითად პერსონალს ამ დროისთვის არასაკმარისი მომზადება აქვს, ზოგიერთის მზადყოფნა კი არ შეესაბამება უსაფრთხოების ელემენტარულ მოთხოვნებს;

— სახსრების ნაკლებობის ან გაუაზრებელი დანაზოგის გამო, პროგრამული უზრუნველყოფა და აპარატურა დროულად არ განახლებულა, მათ შორის კიბერუსაფრთხოებისგან დაცვის საშუალებები.

ასევე აღსანიშნავია, რომ გამოუყენებელია და ხშირად უცნობიც კი კიბერუსაფრთხოების ისეთი ეფექტური მოდელები, როგორებიცაა: Zero Trust და Threat Hunting. ნულოვანი ნდობის მოდელი Zero Trust ნიშნავს, რომ ქსელთან დაკავშირებულ ნებისმიერ მომხმარებელსა და მოწყობილობას აქვს ნდობის ნულოვანი დონე და მათ იდენტიფიცირებით მუდმივად უნდა ამტკიცონ, რომ აქვთ სისტემაში წვდომის უფლება, თანაც არ აქვს მნიშვნელობა საიდან და ქსელის რომელ სეგმენტთან მყარდება კავშირი, ამასთანავე იგულისხმება, რომ უსაფრთხოების სამსახური ვალდებულია აკვირდებოდეს ნებისმიერ საეჭვო სიგნალს ქსელში შესვლისას. უფრო რთულია Threat Hunting-მოდელის დანერგვა, ვინაიდან საჭიროა ერუდირებული სპეციალისტების გუნდური მუშაობა საფრთხეების მოსაძიებლად Threat Intelligence ტექნოლოგიით, რაც გულისხმობს გააზრებული ჰაპოთეზების პერმანენტულ გენერირებას და რეალობასთან გადამოწმებას. თანამედროვე კბილებამდე შეიარაღებულ კიბერდამნაშავეებთან საბრძოლველად მოდელები Zero Trust, Threat Hunting და სხვა მიდგომები მოითხოვს ხელოვნური ინტელექტის (AI) კომპონენტების შექმნას, განვითარებას და ამოქმედებას.

ნებისმიერი მასშტაბის თუ ცალკეული ორგანიზაციის კიბერუსაფრთხოების სისტემის საკითხი იწყება საფრთხეების რისკების შეფასებით, შემდგომ რისკებთან თანაწონადი არქიტექტურული გადაწყვეტილების მიღება და განხორციელება, შექმნილი კიბერუსაფრთხოების მექანიზმის უწყვეტი მართვა კიბერმენეჯმენტის მხრიდან და ბოლოს აუცილებლად რეგლამენტირებული შიგა და ყოველწლიური გარე აუდიტის მოწყობა, რასაც, შუჭართ-დემინგის კლასიკური ციკლის (PDCA) თანახმად, კვლავ უწყვეტად უნდა მოჰყვებოდეს მდგომარეობის და ახალთახალი რისკების შეფასება და ხსენებული ეტაპების მოდიფიცირებით გავლა.

დიდი დრო გავიდა მას შემდეგ, რაც 1988 წელს ასპირანტი რობერტ მორისონი ცდილობდა პირველ გლობალურ ქსელში გაერთიანებული კომპიუტერების რაოდენობის გამოკვლევას INIX-პლატფორმაში არსებული დაუცველობის გამოყენებით, როცა იგი, პროგრამაში უნებლიედ დაშვებული შეცდომის გამო, ისტორიაში შევიდა, როგორც „მორისონის ჭიის“ ავტორი, თანაც მან პირველი და სერიოზული ზარალი (96 მილიონი დოლარი) მიაყენა თითქმის 20 წლის წინ შექმნილ ARPANET-ს. საკმაოდ მშვიდობიანი წარსულისგან განსხვავებით, კიბერუსაფრთხოების სფეროს პრაქტიკა ამჟამად აღსავსეა ყოველწამიერი მოულოდნელობებით და შეუძლებელია სტანდარტული პრაქტიკების (PDCA, ISO 27001 და სხვათა) სწორხაზოვნად გამოყენება, ხშირად აუცილებელია საკითხისადმი შემოქმედებითი და ოპერატიული მიდგომა. თუმცა ასევე ცხადია, რომ პრობლემის სირთულემ და კომპლექსურობამ კიბერუსაფრთხოების სფეროში გამოიწვია მცოდნე და ვიწრო სპეციალიზებული კადრების საჭიროება, ზოგიერთ უნივერსიტეტში შესაბამისი დეპარტამენტებისა და ფაკულტეტების გახსნა, კიბერსპეციალისტების მოსამზადებელი კურსების და სერტიფიცირების კომპანიების აღმოცენება. სასწავლო სპეციალიზაციების და სერტიფიცირების მრავალფეროვნების მაგალითად გადავხედოთ ერთ-ერთი კომპანია „The International Information System Security Certification Consortium“-ს, რომელიც სარგებლობს ლოგოტიპით (ISC)² (<https://www.isc2.org>), სერტიფიკატების ნუსხა:

- CC — სერტიფიცირებული დამწყები კიბერუსაფრთხოებაში;
- SSCP — სისტემების უსაფრთხოების სერტიფიცირებული პრაქტიკოსი;
- CCSP — ღრუბლოვანი სისტემების უსაფრთხოების სერტიფიცირებული პროფესიონალი;
- ISSEP — ინფორმაციული სისტემების უსაფრთხოების პროფესიონალი ინჟინერი;
- CSSLP — უსაფრთხო პროგრამული უზრუნველყოფის სერტიფიცირებული პროფესიონალი;
- ISSMP — ინფორმაციული სისტემების უსაფრთხოების პროფესიონალი მენეჯერი;
- ISSAP — ინფორმაციული სისტემების უსაფრთხოების პროფესიონალი არქიტექტორი;
- CAP — ავტორიზაციის/აუდიტის სერტიფიცირებული პროფესიონალი.

ზოგიერთი კომპანია გვთავაზობს უფრო ვიწრო სპეციალიზაციებს. ცხადია, ამ ეტაპზე ყველა ვერ გახდება „სერტიფიცირებული დამწყები კიბერუსაფრთხოებაში“, მაგრამ ყველას და ყველგან უნდა შევახსენოთ უსაფრთხოების ზოგიერთი საწყისი წესი და მოვუწოდოთ მათი დაცვა: ორეტაპიანი აუთენტიფიკაცია; რთული და განსხვავებული პაროლები სხვადასხვა რესურსზე და მათი პერიოდული ცვლილება; პაროლების დამახსოვრების გამორიცხვა კომპიუტერში და გაჯეტებზე; სინქრონიზაციის მექანიზმების მიზანდასახულად გამოყენება; cookie-ფაილების პერიოდულად გაუქმება; კონფიდენციალურობის პოლიტიკის შესწავლა პროგრამების, ბრაუზერების გაფართოების დაყენებამდე, აგრეთვე რესურსებზე რეგისტრაციამდე; ღია საზოგადოებრივ, კერძოდ Wi-Fi ქსელებში შესვლისგან და უცნობი USB-მოწყობილობების გამოყენებისგან თავის შეკავება; ელექტრონული ფოსტით ან სოციალური ქსელით მოსული საეჭვო ინფორმაციისა და ბმულების იგნორირება; ხარისხიანი ანტივირუსული პროგრამის მოხმარება და რეგულარული განახლება.

დაბოლოს, განვითარების ყოველ ეტაპს ახლავს ტრენდები, ამჟამად კი ყურადსაღებია ზოგიერთი მათგანი:

— ღრუბლოვანი სტრუქტურების პოპულარიზაციამ შექმნა დილემა, როცა, ერთი მხრივ, მიდგომა მოხერხებულია, მაგრამ ინფორესურსის უსაფრთხოებაზე მისი მფლობელი სრულად ვერასოდეს ზრუნავს და დამოკიდებულია ღრუბლის ოპერატორი კომპანიის კეთილსინდისიერებაზე;

— დიპფეიკტექნოლოგიის შექმნის შედეგად დიდი ზარალი მიადგა არაერთი პიროვნების რეპუტაციას, ხოლო მისი პერმანენტული სრულყოფა სავარაუდოდ დაემუქრება დაცვის თანამედროვე ბიომეტრიული სისტემების საიმედოობას;

— რთულდება გამომძალველი პროგრამების ალგორითმები, მათ მიერ დაშიფრული მონაცემების დეშიფრაციას ხშირად ესაჭიროება პრაქტიკულად არარსებული რესურსები;

— კიბერდამნაშავეების კვალიფიკაცია, რიცხოვნება და კოოპერირება მზარდია და ხელოვნური ინტელექტის ელემენტები არც მათთვისაა უცხო.

ნათელია, კიბერუსაფრთხოების ფრონტი გაშლილია და ბრძოლა აუცილებლად უნდა ატარებდეს სისტემურ და სისტემატურ ხასიათს.

ლიტერატურა - References:

1. ოთარ შონია, სახელმწიფო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდამჭერი ავტომატიზებული სისტემა, მონოგრაფია, სტუ, 2004.
2. Recognition of symbols using the method of gravity center, Nova science publishers computer, Tecnology and Applications 2017 -3rd Quarter ISBN:978-1-53612-094-3 Chapter 41, O. Shonia, I. Kartvelishvili, N. Chorkhauri, L. Shonia
3. <https://www.itu.int/epublications/publication/D-STR-GCI.01-2021-HTM-E>
4. <https://blog.checkpoint.com/2022/10/26/third-quarter-of-2022-reveals-increase-in-cyberattacks>
5. ლუკა შონია, კორპორაციული ქსელის მრავალდონიანი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მეთოდების და საშუალებების კვლევა, მონოგრაფია, სტუ 2020.
6. <https://www.japantimes.co.jp/news/2022/10/30/national/japan-cyber-defense>

ABOUT THE CYBERSECURITY CHALLENGES

Otari Shonia, Lolita Bejanishvili, Luka Shonia

Georgian Technical University

o.shonia@gtu.ge; lolita.bejanishvili@gtu.ge; shonia@gtu.ge

Summary

The reasons for the growth of threats in cyberspace are discussed and relevant statistical data are provided. The influence of large-scale hostilities is reflected not only on the cyber activity of the parties directly participating in the conflict, but also on other countries by activating hacker attacks on them, as well as by inciting conflicts between hacker groups. Against the backdrop of increasing cyber threats, even in peacetime, the necessity of having a cyber army is justified for a state of any size with the prospect of appointing a cyber command. The Global Cybersecurity Index (GCI), which is an initiative of the International Telecommunication Union (ITU), is worth noting to assess the level of cyber security in a country. Since the arsenal of different classes of cybercriminals is improving, taking into account the trends of the new stage of development, the following should be constantly implemented in the field of security: training/retraining of cyber specialists of many profiles, their certification, delivery of cybersecurity primary knowledge in society, inclusion of modern models of cybersecurity, implementation of regulated internal and external audits at all levels. It is clear that the cyber security front is open and the fight must be systemic and systematic.

ფუნქციურ-სისტემური მიდგომა პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობის განსამტკიცებლად

ნუგზარ ამილახვარი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობის გაუმჯობესების ფუნქციური და სისტემური მიდგომების ეტაპობრივად გატარების საკითხები. ფუნქციური მიდგომის გამოყენებისას, პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობა მიიღწევა თითოეული ფუნქციური ერთეულის საიმედოობით, რომელსაც, თავის მხრივ, აქვს შესაძლო წარუმატებლობისა და წარუმატებლობის საკუთარი სპეციალური ნაკრები. ამ შემთხვევაში, ფუნქციურ ბლოკში არის ლოგიკურად დაკავშირებული ბრძანებების სტრუქტურირებული ნაკრები, რომელიც ასრულებს იმავე ხასიათის ამოცანების გარკვეულ სპექტრს. პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობის შეფასების მეთოდი ეფუძნება ფუნქციური ერთეულების განაწილებას. შეფასება არ ტარდება პროგრამული უზრუნველყოფის პროდუქტის ტესტირების ეტაპზე, არამედ მისი საბოლოო შედეგი ფასდება შემდეგი ფორმულით:

$$N = \frac{1}{m_i} \sum_{i=1}^n N_i ,$$

—სადაც N პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობის ინტეგრალური მაჩვენებელია, n - პროგრამულ უზრუნველყოფაში გამოყოფილი ფუნქციური ბლოკების რაოდენობა, N_i - i -ური ბლოკის ფუნქციონირების საიმედოობის მაჩვენებელი, რომელიც ფასდება ბლოკში ყველა გამოყოფილი მტყუნების ალბათობით:

$$N_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} p_j^i ,$$

სადაც m_i არის i -ურ ბლოკში შესაძლებელი მტყუნებების რაოდენობა, p_j^i - i -ურ ბლოკში j -ური მტყუნების განხორციელების ალბათობა.

ფუნქციური მიდგომის გამოყენების შემდეგ გამოიყენება სისტემური მიდგომა, რომელიც ეფუძნება პროგრამული უზრუნველყოფის ცალკეულ ნაწილებს შორის ურთიერთობას და განსაზღვრავს პროგრამული უზრუნველყოფის პროდუქტების საიმედოობის მართვის ახალ გზებს.

ფუნქციური და სისტემური მიდგომების ერთად გამოყენებისას საიმედოობის გაუმჯობესების გზების დასადგენად, შესაძლებელია გათვალისწინებულ იქნას პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურული ელემენტების მახასიათებლები და მათ შორის ურთიერთობა.

საკვანძო სიტყვები: პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობა; საიმედოობის შეფასება; საიმედოობის უზრუნველყოფა; საიმედოობის გაუმჯობესება; ფუნქციური მიდგომა; სისტემური მიდგომა.

FUNCTIONAL-SYSTEMIC APPROACH TO SOFTWARE RELIABILITY ASSURANCE

Nugzar Amilakhvari
Georgian Technical University
n.amilakhvari@gtu.ge

Abstract

This article discusses improving the reliability of software by phasing in functional and system approaches. When applying a functional approach, program reliability is achieved by the reliability of each functional unit, which in turn have its own special set of possible failures and failures. In this case, in a functional block, we have a structured set of logically related commands that perform a certain range of tasks of the same nature.

The method of assessing software reliability is based on the allocation of functional units. Evaluation is not carried out at the stage of testing the software product, but its final result is evaluated with the following formula:

$N = \frac{1}{m_i} \sum_{i=1}^n N_i$, where N - is the integral indicator of software reliability, n - is the number of functional blocks allocated in the software, and N_i - is the reliability indicator of the functioning of the i th block, which is evaluated With the probability of all allocated liars in the block:

$N_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} p_j^i$, where m_i - is the number of possible liars in the i -th block, and p_j^i - is the probability of the j -th liars in the i -th block.

A system approach is then applied that is based on the relationship between individual parts of the program and defines new ways to manage the reliability of software products.

When using functional and system approaches together to identify ways to improve reliability, we can take into account the features of the structural elements of the program and the relationships between them.

Keywords: Software reliability; Reliability assessment; Ensuring reliability; Improving reliability; Functional approach; A systemic approach.

რისკების მართვის პრობლემები პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებაში

დალი მაგრაქველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

თავისი ბუნებით ყოველი პროგრამული პროექტი უნიკალურია და შეიცავს მრავალ გაურკვეველობას სხვადასხვა პერსპექტივიდან გამომდინარე, როგორცაა ბაზარზე გასვლის დროის ხანგრძლივობა, ბიუჯეტისა და გრაფიკის შეფასება, პროდუქტის განთავსება ან ტექნიკური მომსახურება. ამ განუსაზღვრელობების გაუკონტროლებლობა იწვევს პოტენციურ რისკებს არა მარტო განვითარების ფაზებზე, არამედ პროდუქტის სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში. პროგრამული რისკების მართვა ეფექტური ინსტრუმენტია ამ რისკების გასაკონტროლებლად და ხელს უწყობს პროექტის წარმატების ალბათობის გაზრდას. რისკის მენეჯმენტი რაც შეიძლება დროულად უნდა ჩაერთოს განვითარების მთლიანი პერსპექტივიდან გამომდინარე.

საკვანძო სიტყვები: პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების რისკი; პროგრამული რისკების მართვა.

1. შესავალი

რისკი არის პრობლემა, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს სხვადასხვა ორგანიზაციული პროცედურის დიდი დანაკარგი და საფრთხე. კომპიუტერულ მეცნიერებასთან დაკავშირებულ სფეროებში, რისკები შეიძლება მოდიოდეს ქსელებიდან, ინტერნეტიდან, მავნე კოდებიდან ან მომხმარებლებიდან, ხარვეზებიდან და ფიზიკური უსაფრთხოებიდან. შეიძლება ბევრი რისკი წარმოიშვას მაღალხარისხიანი პროგრამული სისტემების შექმნისას. მათი სრულად აღმოფხვრა შეუძლებელია, მაგრამ პროექტის მენეჯერებს შეუძლიათ შეამცირონ ეს რისკები და პროდუქტებზე მათი გავლენა ამ რისკების გაანგარიშებით IT რესურსებზე. რისკის მართვის სისტემები უზრუნველყოფს გადაწყვეტილების მიღების დინამიკურ გზას, რისკების პრიორიტეტებისა და რანჟირების გზით. ჩვეულებრივ, რისკების მართვის სისტემა ეფუძნება რისკების იდენტიფიკაციას და შეფასებას.

2. ძირითადი ნაწილი

დღევანდელ ეპოქაში პროგრამული სისტემები უფრო რთული გახდა და ცნობილია, რომ ისინი ფართომასშტაბიანი სისტემებია. პროექტის ზომისა და სირთულის ზრდა სხვადასხვა რისკის იწვევს ზრდას. პროგრამული უზრუნველყოფის ინდუსტრია მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესია. როგორც წესი, რისკი შეიძლება კლასიფიცირდეს სისტემურ და არასისტემატურ რისკებად. სისტემური რისკი მოიცავს გარე ფაქტორებით გამოწვეულ რისკებს, მათ შორის ჰაკერებს, ვირუსებს, სტიქიურ უბედურებებს და ენერჯის დაკარგვას. სისტემური რისკის მაგალითია დაუცველი ბრაუზერი, რომელშიც ნებისმიერი სახის ხარვეზმა შეიძლება გამოიწვიოს უსაფრთხოების დარღვევა და ზიანი მიაყენოს ამ ორგანიზაციის რესურსებს. გარდა ამისა, არასისტემური რისკი იწვევს ფირმისთვის უნიკალურ რისკებს, მათ შორის კონფიდენციალური მონაცემების არასანქცირებულ გამოყენებას, აპლიკაციის შეცდომებს, შიგა შეტევებს, მონაცემთა დაკარგვას, აღჭურვილობის გაუმართაობას და ადამიანებთან ურთიერთქმედებას.

რისკის მართვა მნიშვნელოვანია ნებისმიერი ორგანიზაციისთვის და დიდი ყურადღება ეთმობა რისკის უარყოფითი ასპექტების შესწავლას. თუმცა, რისკის უარყოფით მახასიათებლებზე მუდმივი კონცენტრირება, მისი დადებითი მხარის გათვალისწინების გარეშე, შეიძლება არაგონივრული იყოს. ყოველთვის უსაფრთხო გზის არჩევით შეიძლება მნიშვნელოვანი შესაძლებლობები დაიკარგოს.

პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება არის საქმიანობა, რომელიც იყენებს სხვადასხვა ტექნოლოგიურ მიღწევას და მოითხოვს მაღალი დონის ცოდნას. ამ და სხვა ფაქტორების გამო, პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების ყველა პროექტი შეიცავს განუსაზღვრელობის ელემენტებს. ეს ცნობილია, როგორც პროექტის რისკი. პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების პროექტის წარმატება დიდწილად დამოკიდებულია რისკის რაოდენობაზე, რომელიც შეესაბამება თითოეულ პროექტთან დაკავშირებულ საქმიანობას. პროექტის მენეჯერისთვის საკმარისი არ არის მხოლოდ რისკების გაცნობიერება. წარმატებული შედეგის მისაღწევად, პროექტის ხელმძღვანელობამ უნდა დაადგინოს, შეაფასოს, პრიორიტეტულობა განსაზღვროს და მართოს ყველა ძირითადი რისკი.

პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების პროექტები ყოველთვის შეიცავს რისკის გარკვეულ ელემენტს. ამ რისკების თავიდან აცილება და შემსუბუქება უნდა იყოს თითოეული პროექტის გეგმის ნაწილი დასაწყისშივე. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ეხება განვითარების პროექტების უმეტესობას, პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისას ყველა რისკის თავიდან აცილება ყოველთვის არ არის კარგი.

პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიის პროექტების უმეტესობის მიზანია იყოს გამორჩეული, ხშირად ახალი ფუნქციების, მეტი ეფექტურობის ან პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიის მიღწევების გამოყენებით. ნებისმიერი პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის ხელმძღვანელი დაადასტურებს, რომ ასეთი შესაძლებლობების მიღწევა შეუძლებელია რისკის გარეშე.

პროგრამული რისკების მენეჯმენტი მოიცავს ტექნიკური, პროგრამული და პროცესის რისკების იდენტიფიკაციას და კლასიფიკაციას, რომლებიც ხდება გეგმის ნაწილი, რომელიც თითოეულს აკავშირებს რისკის გავლენის შემსუბუქების სტრატეგიასთან. პროექტის მენეჯერი აკონტროლებს რისკს პროექტის განმავლობაში. თუ რომელიმე რისკი დადგა, მაშინ კონკრეტული მფლობელი ახორციელებს ზემოქმედების შემამსუბუქებელ მოქმედებას. მნიშვნელოვანია გაირკვეს ეფექტური პროგრამული რისკის მართვის გეგმის ელემენტები და უზრუნველყოს გეგმის ელემენტების სწორად შესრულება.

პროგრამული რისკების მენეჯმენტი არის რისკისა და ჯილდოს ბალანსი, ამიტომ აუცილებელია, რომ როდესაც გუნდი განიხილავს მოთხოვნებს (მოთხოვნების შეუსრულებლობის მონაცემებს), მან ასევე უნდა შეაფასოს რისკი თითოეული მათგანისთვის. პროგრამულ უზრუნველყოფაში მაღალი რისკი ხშირად არ შეესაბამება მაღალ ჯილდოს. ამის ნაცვლად, რისკის მართვის მამოძრავებელი კითხვა უნდა იყოს: განაპირობებს თუ არა პოტენციური ჯილდო თითოეული მოთხოვნისთვის რისკის დონეს, რომელსაც გუნდი იღებს პროგრამის შემუშავების პროცესში? ალტერნატივების განხილვით, შემუშავებლების გუნდს ხშირად შეუძლია მიაღწიოს ჯილდოს (თითქმის) იმავე დონეს თითქმის იმდენივე რისკის გარეშე. ამ პოზიის მიღება ხელს შეუწყობს მოთხოვნების პრიორიტეტულობის გაუმჯობესებას.

პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიის პროექტების უმეტესობა არსებითად სარისკოა, რადგან შეიძლება წარმოიშვას სხვადასხვა პოტენციური პრობლემა. პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიის სხვა პროექტების გამოცდილება მენეჯერებს შეიძლება დაეხმაროს რისკის კლასიფიკაციაში. აქ მნიშვნელოვანია არა კლასიფიკაციის ელევანტურობა ან დიაპაზონი, არამედ პროექტის წარმატების ყველა რეალური საფრთხის ზუსტად იდენტიფიცირება და აღწერა. მარტივი, მაგრამ ეფექტური კლასიფიკაციის სქემაა რისკების დალაგება ზემოქმედების სფეროების მიხედვით.

პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების პროექტების უმეტესობისთვის განსაზღვრულია რისკის ზემოქმედების ხუთი ძირითადი სფერო: 1. ახალი, გამოუცდელი ტექნოლოგიები; 2. მომხმარებლური და ფუნქციური მოთხოვნები; 3. აპლიკაციისა და სისტემის არქიტექტურა; 4. შესრულება; 5. ორგანიზება.

პროგრამული პროექტების უმეტესობა გულისხმობს ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებას. მუდმივად ცვალებადი ხელსაწყოები, ტექნიკა, პროტოკოლები, სტანდარტები და განვითარების სისტემები ზრდის ალბათობას, რომ ტექნოლოგიური რისკები წარმოიქმნება პროგრამული ინჟინერიის პრაქტიკულად ნებისმიერი მნიშვნელოვანი ძალისხმევის მიუხედავად. მომზადებასა და ცოდნას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, ხოლო ახალი ტექნოლოგიების არასათანადო გამოყენება ყველაზე ხშირად იწვევს პროექტის წარუმატებლობას.

პროგრამული უზრუნველყოფის მოთხოვნები მოიცავს პროგრამული სისტემის მახასიათებლების, ფუნქციებისა და მომსახურების ხარისხთან დაკავშირებულ მომხმარებლის ყველა საჭიროებას. ხშირად მოთხოვნების განსაზღვრის პროცესი ხანგრძლივი, დამლელი და რთულია. უფრო მეტიც, მოთხოვნები ჩვეულებრივ იცვლება აღმოჩენის, პროტოტიპების შექმნისა და ინტეგრაციის აქტივობებით. ელემენტარული მოთხოვნების ცვლილება სავარაუდოდ გავრცელდება მთელ პროექტზე და მომხმარებლის მოთხოვნების ცვლილებები შესაძლოა არ გარდაიქმნას ფუნქციურ მოთხოვნებად. ამ შეფერხებებს ხშირად მიეყვართ არასწორად დაგეგმილი პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის ერთ ან მეტ კრიტიკულ წარუმატებლობასთან.

პლატფორმის, კომპონენტის ან არქიტექტურის არასწორი მიმართულებით შერჩევას დამლუპველი შედეგები შეიძლება ჰქონდეს. როგორც ტექნოლოგიური რისკების შემთხვევაში, სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, რომ გუნდში შედიოდნენ ექსპერტები, რომლებსაც ესმით არქიტექტურა და უნარი აქვთ გააკეთონ სწორი დაპროექტება.

მნიშვნელოვანია იმაში დარწმუნება, რომ რისკის მართვის ნებისმიერი გეგმა მოიცავს მომხმარებლისა და პარტნიორის შესრულების შესახებ მოლოდინებს. მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული კრიტერიუმები და ზღვრული ტესტირება მთელი პროექტის განმავლობაში, რათა დავრწმუნდეთ, რომ სამუშაო პროცესი სწორი მიმართულებით მიდის.

ორგანიზაციულმა პრობლემებმა შეიძლება უარყოფითი გავლენა მოახდინოს პროექტის შედეგებზე. პროექტის მენეჯმენტმა უნდა დაგეგმოს პროექტის ეფექტური შესრულება და იპოვოს ბალანსი განვითარების ჯგუფის საჭიროებებსა და მომხმარებელთა მოლოდინებს შორის. რა თქმა უნდა, ადეკვატური საკადრო პოლიტიკა მოიცავს გუნდის წევრების არჩევას იმ უნარების მიხედვით, რომლებიც კარგად ემთხვევა პროექტს.

რისკის მართვა უზარმაზარი გამოწვევაა, რომელსაც ყველა ორგანიზაცია აწყდება. წარმოშობილი რისკების საერთო მახასიათებლების გაგებამ შეიძლება უზრუნველყოს ორგანიზაციების შემდგომი საფრთხეებისა და შესაძლებლობების იდენტიფიცირება. ამ საერთო მახასიათებლების გაგებით, რისკების ანალიტიკას და პროფესიულ მენეჯმენტს შეუძლია დაეხმაროს დამატებითი დაფარული რისკების ამოცნობაში და იყოს სასარგებლო ორგანიზაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფასა და ზრდაში [1]. რისკის შეფასება მოითხოვს ძალისხმევას, ნაწილობრივ იმიტომ, რომ ის მოიცავს განუსაზღვრელობას. ორგანიზაცია ხშირად თავს არიდებს რისკს, რითაც აზიანებს სამომავლო შესაძლებლობებს. მიუხედავად იმისა, რომ რისკი ხშირად არასასურველად აღიქმება, პროპორციული წონა ასევე უნდა მიენიჭოს პოტენციურ ჯილდოს ახალი წამოწყების შეფასებისას.

პროგრამული უზრუნველყოფის რისკი მიუთითებს შემუშავების ამოცანის, პროცესის ან გარემოს კონკრეტულ ასპექტზე, რომელიც, თუ შეუმჩნეველი დარჩა, გაზრდის პროექტის წარუმატებლობის ალბათობას (Lyytinen, Mathiassen and Ropponen 1998). აღსანიშნავია, რომ რისკის განსაზღვრის ორი გზა არსებობს, ერთია რაოდენობრივი და მეორე ხარისხობრივი. რისკის რაოდენობრივი განმარტება მომდინარეობს Boehm-იდან (1989):

$$RE = Prob(UO) * Loss(UO),$$

სადაც RE არის რისკის ზემოქმედება, Prob(UO) – არადაამაკმაყოფილებელი შედეგის ალბათობა; Loss(UO) – ზარალი შემხებლობაში მყოფი მხარეებისთვის, თუ შედეგი არადაამაკმაყოფილებელია. შემკვეთი, დეველოპერი, მომხმარებელი და შემსრულებელი მონაწილეთა პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების განვითარების სხვადასხვა კლასია. თითოეულს აქვს დაკმაყოფილების კონკრეტული კრიტერიუმები.

„არადაამაკმაყოფილებელი შედეგის“ განმარტება მონაწილეებზე დაყრდნობით

მონაწილეები	არადაამაკმაყოფილებელი შედეგის განმარტება
მომხმარებლები და დეველოპერები	ბიუჯეტის გადაჭარბება და დროულად მიწოდების შეფერხება
გამომყენებლები	პროდუქტები არასწორი ფუნქციონირებით, სამომხმარებლო ინტერფეისის ხარვეზებით ან სანდოობის ნაკლებობით
შემსრულებლები	დაბალი ხარისხის პროგრამა

3. დასკვნა

პროგრამული რისკების მენეჯმენტი ერთ-ერთი დადებითი მიდგომაა სისტემის წარუმატებლობის მოსაგვარებლად. პროგრამულ პროექტებში რისკის მენეჯმენტი პრაქტიკოსებს ეხმარება ფოკუსირება მოახდინონ პრობლემურ ასპექტებზე, ხაზს უსვამს წარუმატებლობის პოტენციურ მიზეზებს, აკავშირებს პოტენციურ საფრთხეებს შესაძლო ქმედებებთან და ხელს უწყობს პროექტის საერთო აღქმას მონაწილეებს შორის. რისკების მენეჯმენტი გამოიყენება პროექტის პორტფელის რისკების, სისტემის განვითარების რისკების, მოთხოვნების რისკების იდენტიფიკაციის, ანალიზისა და დამლევის მიზნით და ასევე რისკის განხორციელებისას.

ლიტერატურა - References:

1. K. Engemann. "Emerging Developments in Organizational Risk," Continuity and Resilience Review, Vol.1 No. 1, pp. 26–35, 2019.
2. M. Chowdhury, A, Al, and S. Arefeen, „Software risk management: Importance and practices“, in Proc.IJCIT ISSN, 2011.

3. დ.მაგრაქველიძე. ფინანსური რისკები და მათი ხარისხის დაწვევის მათემატიკური მოდელები, თბ,2015წ.

RISK MANAGEMENT PROBLEMS IN SOFTWARE DEVELOPMENT

Dali Magrakvelidze
Georgian Technical University
d.magrakvelidze@gtu.ge

Summary

Every software project by its inherent nature is unique and contains significant numbers of uncertainties from various perspectives such as time-to-market, budget and schedule estimation, product deployment or maintenance. If failing to control these uncertainties, it imposes potential risks not only during the development phases but also throughout the life cycle of the product. Software risk management is an effective tool to control these risks and contributes to increase the likelihood of project success. Risk management needs to be integrated as early as possible from a holistic perspective into the development.

ბიზნესპროცესების მოდელირების საშუალებები მართვის სისტემების ასაგებად

თეიმურაზ სუხიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ბიზნესპროცესების მართვის სისტემის ასაგებად საჭიროა არსებული მართვის სისტემის შესწავლა და მისი ფუნქციონირების ადეკვატური მოდელის შექმნა. თანამედროვე მართვის თეორიაში ამჟამად უამრავი მოდელი არსებობს, რომლებიც საპრობლემო სფეროს აღწერს სხვადასხვა ინსტრუმენტული საშუალებებით. ნებისმიერი შეიძლება მეტ-ნაკლებად მოერგოს დასამუშავებელ სისტემას, მაგრამ ამავე დროს თითოეული გავლენას ახდენს მართვის სისტემის საბოლოო სახეზე და გასათვალისწინებელია, რამდენად დააკმაყოფილებს მომხმარებელს.

საპრობლემო სფეროს პროგრამული უზრუნველყოფის დასამუშავებლად ყველაზე მიღებულია ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომა. ეს განპირობებულია იმით, რომ ისინი მარტივად ადაპტირდება მოთხოვნილების ცვლილებისას ან განზომილების გაზრდისას. გარდა ამისა, თანამედროვე დაპროგრამების ენების უმრავლესობა, ინსტრუმენტული საშუალებები და ოპერაციული სისტემები ამა თუ იმ ზომით ობიექტ-ორიენტირებულია. ამიტომ მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომით მოდელირების რა საშუალებები გამოიყენება ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემების ასაგებად.

საკვანძო სიტყვები: მოდელირება; UML; უნიფიცირებული პროცესი(UP); ბიზნესპროცესი; ფაზა; კლასი; ობიექტი; ურთიერთქმედება; მიმდევრობის დიაგრამა; კოოპერაცია(Collaboration); ნიმუში(Pattern); მექანიზმი(Mechanism); კარკასი(Framework).

1. შესავალი

პროგრამული სისტემის დამუშავებისას, ბიზნესპროცესების თავისებურებიდან გამომდინარე, შეიძლება დაგვიჭირდეს საპრობლემო სფეროს განზოგადებული წარმოდგენა, ხოლო სხვა შემთხვევაში – მისი დეტალური აღწერა. ნებისმიერ შემთხვევაში უკეთესი მოდელი იქნება ის, რომელიც უზრუნველყოფს დეტალიზაციის საჭირო დონის ამორჩევას იმაზე დამოკიდებულებით, ვინ და რა დანიშნულებით უყურებს სისტემას.

ცხადია, ყველაზე უკეთესი შემთხვევაა, როდესაც აგებული მოდელი რეალობას შეესაბამება. მაგრამ იმ შემთხვევაში, როდესაც ასეთი შესაბამისობა დარღვეულია, უნდა შეგვეძლოს იმის დადგენა, რაში გამოიხატება განსხვავება და რა გამომდინარეობს აქედან. რამდენადაც მოდელი ყოველთვის ამარტივებს რეალობას, ამოცანა იმაშია, რომ ამ გამარტივებამ არ გამოიწვიოს რაიმე არსებითი დანაკარგი.

ბიზნესპროცესების მოდელირებისას, ცალკეულ შემადგენელ ელემენტებს შორის რთული სემანტიკური კავშირების არსებობის გამო, მათი სრულყოფილი ასახვისათვის მიზანშეწონილია რამდენიმე მოდელის შექმნა, რომელიც საპრობლემო სფეროს აღწერს სხვადასხვა ხედვით და აბსტრაქციით.

ყველას, ვისაც კავშირი აქვს დასამუშავებელ სისტემასთან – მომხმარებლები, ანალიტიკოსები, დამმუშავებლები, მატესტირებლები, ტექნიკოსები, პროექტის მენეჯერები, აქვთ საკუთარი ინტერესები და თითოეული მათგანი უყურებს შესაქმნელ სისტემას თავისებურად, სასიცოცხლო ციკლის სხვადასხვა მომენტში. ეს მიგვანიშნებს იმ ფაქტზე, რომ სისტემის სრულყოფილი აღწერისა და შესწავლისათვის აუცილებელია საპრობლემო სფეროს განხილვა სხვადასხვა თვალსაზრისით.

პროგრამულ სისტემებთან მიმართებაში ეს ნიშნავს, რომ საჭიროა ენა, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი იქნება სხვადასხვა კუთხით აღწეროთ სისტემის არქიტექტურა, მისი დამუშავების ციკლის განმავლობაში.

ამჟამად სტანდარტული ინსტრუმენტი პროგრამული უზრუნველყოფის `მონახაზის` შესაქმნელად არის მოდელირების უნიფიცირებული ენა Unified Modeling Language (UML). მისი მეშვეობით შესაძლებელია პროგრამული სისტემების არტეფაქტების ვიზუალიზაცია, სპეციფიცირება, კონსტრუირება და დოკუმენტირება [2].

პროგრამული სისტემის არქიტექტურა ყველაზე ოპტიმალურად შესაძლებელია აღწერილი იყოს ხუთი ურთიერთდაკავშირებული სახით ან წარმოდგენით, პრეცედენტების, დაპროექტების, პროცესების, რეალიზაციისა და განლაგების თვალთახედვით. თითოეული მათგანი ითვალისწინებს სტრუქტურულ და ქცევით მოდელირებას, ე. ი. სტატიკური და დინამიკური არსებების მოდელირებას. ერთობლიობაში ეს სახეობები საშუალებას იძლევა გადავცეთ ყველაზე მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებები, რომლებიც ეხება სისტემას მთლიანობაში, ხოლო ცალკე თითოეული ყურადღებას ამახვილებს ერთ ასპექტზე, რომლის განხილვა ამ სახით მარტივდება. მთლიანობაში, სისტემის დამუშავების პროცესი გულისხმობს არქიტექტურის მიმდევრობით დაზუსტებას პრეცედენტების ანალიზის, იტერაციული და ინკრემენტული კვლევის საფუძველზე.

2. ძირითადი ნაწილი

პროგრამული უზრუნველყოფის (პუ) დამუშავების პროცესი (Software engineering Process, SEP), ასევე, პროგრამული უზრუნველყოფის წარმოების პროცესი (Software Development Process) პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავებაში განსაზღვრავს პასუხებს კითხვებზე: ვინ, რა, როდის და როგორ. SEP არის პროცესი, რომელშიც მომხმარებლის მოთხოვნები გარდაიქმნება პროგრამულ უზრუნველყოფაში და უწოდებენ უნიფიცირებულ პროცესს – UP. უნიფიცირებულ პროცესი(UP) მოიცავს დამუშავების ფაზებს, რომლებშიც სრულდება გარკვეული სამუშაოები საპრობლემო სფეროს გამოკვლევისა და მართვის სისტემის ასაგებად.

ფაზა დროის მონაკვეთია პროცესის ორ მნიშვნელოვან საყრდენ წერტილებს შორის, რომელშიც მიღწეული უნდა იქნას მკაფიოდ გამოხატული მიზნები, მომზადებულ იქნას ესა თუ ის არტეფაქტები და მიღებულ იქნას გადაწყვეტილება- საჭიროა შემდეგ ფაზაზე გადასვლა თუ არა?

UP-ში პროექტის სასიცოცხლო ციკლი ოთხ ფაზად იყოფა, რომელთაგან თითოეულს აქვს თავისი საკონტროლო წერტილები:

- დასაწყისი(**Inception**) – სასიცოცხლო ციკლის მიზნები;
- გამოკვლევა(**Elaboration**) - სასიცოცხლო ციკლის არქიტექტურა;
- აგება(**Construction**) – ბაზური ფუნქციონალობა;
- დანერგვა(**Transition**) – პროდუქციის გამოშვება.

ყოველ სამუშაო ნაკადში სრულდება შემდეგი სამუშაოები:

- მოთხოვნების განსაზღვრა – ყველა გაუთვალისწინებელი მოთხოვნის გამოკვლევა;
- ანალიზი – ანალიტიკური მოდელის დამთავრება;
- დაპროექტება – დასაპროექტებელი სისტემის მოდელის დასრულება;
- რეალიზაცია – ბაზური ფუნქციონალობის შექმნა;
- ტესტირება – ბაზური ფუნქციონალობის ტესტირება.

ეს სამუშაოები ძირითადად მიმართულია, რათა უზრუნველყოთ სისტემის წარმოდგენა სხვადასხვა თვალთახედვით, კერძოდ:

➤ *სისტემის სახის სპეციფიკაცია პრეცედენტების თვალსაზრისით.* იგი გულისხმობს მოთხოვნების დადგენას და მოდელირებას. ეფექტური პროგრამის დასამუშავებლად, რომელიც შეესაბამება თავის დასაშვებ დანიშნულებას, საჭიროა სისტემატურად შევხვდეთ და ვიმუშაოთ მომხმარებელთან იმისათვის, რომ დავადგინოთ რეალური მოთხოვნები სისტემისადმი.

➤ *სისტემის სახის სპეციფიკაცია დაპროექტების თვალსაზრისით.* მასში შედის კლასები, ინტერფეისები და კოპერაციები, რომლებიც საგნობრივი სფეროს ლექსიკონისა და წარმოდგენილი გადაწყვეტილების ფორმირებას ახდენს.

➤ *სისტემის სახის სპეციფიკაცია პროცესების თვალსაზრისით.* მასში შედის პროცესები, რომლებიც ახდენს სისტემაში პარალელიზმისა და სინქრონიზაციის მექანიზმის ფორმირებას.

➤ *სისტემის სახის სპეციფიკაცია რეალიზაციის თვალსაზრისით.* მასში შედის კომპონენტები, რომლებიც გამოიყენება მზა ფიზიკური სისტემის აწყობისა და გამოშვებისათვის. მათ რიცხვს მიეკუთვნება დინამიკურად დამაკავშირებელი ბიბლიოთეკები (DLL) და შესრულებადი პროგრამები (EXE). ისინი ძირითადად შეიცავს კლასიკურ ობიექტურ მოდულებს – COM+, CORBA და Enterprise JavaBeans. რაც შეეხება კომპონენტებს, მუშა პროდუქტებს, მასში შედის ფაილები პროგრამის საწყისი ტექსტებით და მონაცემებით.

➤ *სისტემის სახის სპეციფიკაცია განლაგების თვალსაზრისით.* მასში შედის კვანძები, რომლებიც ახდენს აპარატული საშუალებების ტოპოლოგიის ფორმირებას და რომლებზეც სისტემა სრულდება.

დასასრულ, უნიფიცირებული პროცესის (UP) მნიშვნელოვანი ეტაპია დაპროექტების ნიმუშების მოდელირება.

საპრობლემო სფეროს ცვლილების ან არსებულის გაფართოების შემთხვევაში წინა გამოცდილება და მიღებული შეთანხმებები დამპროექტებელს საფუძველს აძლევს გამოიყენოს ტიპური საშუალებები ტიპური პრობლემის გადაწყვეტისათვის. მაგალითად, მომხმარებელთან აქტიურ ურთიერთქმედებაში მყოფი სისტემის აგებისას, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მიდგომა „მოდელი-წარმოდგენა-მაკონტროლებელი“, რომელიც საშუალებას იძლევა მკაფიოდ გავმიჯნოთ ობიექტები(მოდელი) მათი წარმოდგენებისა (წარმოდგენა) და აგენტებისაგან, რომლებიც უზრუნველყოფს სინქრონიზაციას მას და სხვას(მაკონტროლებლები) შორის. ეს ნიმუშის მაგალითია ტიპურ გადაწყვეტასა და ტიპური ამოცანისათვის მოცემულ კონტექსტში.

ნებისმიერი კარგად სტრუქტურირებული ობიექტ-ორიენტირებული სისტემა მოიცავს ნიმუშებს აბსტრაქციის ნებისმიერ დონეზე. მკაფიოდ გამოყოფთ რა ნიმუშებს სისტემაში, იგი გახდება უფრო მარტივი და გასაგები. მაგალითად, თუ აიღებთ რომელიმე პროგრამის უცნობ საწყის ტექსტს და მოინდომებთ მის მოდიფიცირებას, დაგჭირდებათ საკმაოდ დიდი ჯაფა, რათა გაერკვიოთ თუ როგორაა მისი ნაწილები დაკავშირებული ერთმანეთთან. მაგრამ, თუ მოგცემენ იგივე ტექსტს და აგისნინან რა მექანიზმით ურთიერთქმედებს ჩამოთვლილი კლასები ერთმანეთთან, მიიღებთ უფრო მკაფიო წარმოდგენას იმის შესახებ, თუ როგორ მუშაობს სისტემა. იგივე შეიძლება ითქვას მთლიანად სისტემაზე. ამიტომ, სისტემის აგებისას სასურველი იქნება აღიწეროს მისთვის დამახასიათებელი ნიმუშები, რათა დავხმაროთ მათ, ვინც შემდგომში მოინდომებს მის ხელმეორედ გამოყენებას ან მოახდინოს მისი მოდიფიცირება. პრაქტიკაში ორი სახის ნიმუშებია: დაპროექტების (მექანიზმები) და არქიტექტურული ნიმუშები (კარკასები). დაპროექტების ნიმუშები აღწერს სტრუქტურას და ქცევას კლასების ნაკრებისათვის, ხოლო არქიტექტურული – სტრუქტურას და ქცევას მთლიანად სისტემისათვის.

მექანიზმების მოდელირებას ახდენენ კოპერაციის მეშვეობით[3]. კოპერაციას უწოდებენ კლასების და სხვა ელემენტების ერთობლიობას, რომლებიც მუშაობს ერთობლივად კოპერაციული ეფექტის უზრუნველსაყოფად, უფრო მნიშვნელოვანის, ვიდრე შემადგენელთა ჯამია. შესაბამისად, კოპერაციას აქვს სტრუქტურული და ქცევითი შემადგენელი[1].

კოპერაციის სტრუქტურული შემადგენელი ჩვეულებრივ გამოისახება კლასების დიაგრამის სახით, მისი ქცევითი შემადგენელი – ურთიერთქმედების დიაგრამის სახით. ეს დიაგრამა აღწერს ურთიერთქმედებას, რომელიც შეესაბამება ქცევას, შედგენილს შეტყობინებების გაცვლაში ობიექტებს შორის გარკვეულ კონტექსტში.

კოპერაციის მეშვეობით არა მარტო ასახელებენ სისტემურ მექანიზმებს, არამედ გამოიყენება პრეცედენტების და ოპერაციების რეალიზებისათვის. პრეცედენტების, რომლის მეშვეობითაც აღიწერება სისტემისადმი წაყენებული მოთხოვნები, რეალიზება ხდება კოპერაციის მეშვეობით.

თუ მექანიზმები (კოპერაციები) გამოსახავს დაპროექტების ნიმუშებს, რომლებიც არის სისტემური არქიტექტურის კონცეპტუალურად დამთავრებული ფრაგმენტები, კარკასები კი – არქიტექტურული

ნიმუშები, რომლებიც გარკვეულ სფეროში ქმნის დანართების გაფართოებად შაბლონებს.

კარკასი შეიცავს მექანიზმების სიმრავლეს, რომლებიც ერთობლივად მუშაობს მოცემულ საგნობრივ სფეროში არსებული პრობლემის გადაწყვეტისათვის. ასახელებენ რა კარკასს, ამით ფაქტობრივად აღწერენ არქიტექტურის ჩონჩხს მთელი თავისი მმართველი ორგანოებით, რომლებსაც მომხმარებელი გახსნის, როცა სურს მოახდინოს მოცემული კარკასის ადაპტირება სასურველ კონტექსტში. კარკასს გამოსახვენ სტერეოტიპული პაკეტის სახით. პაკეტის გახსნისას ჩანს მექანიზმები, რომლებიც არსებობს სისტემური არქიტექტურის ნებისმიერ სახეობაში.

მთლიანად კარკასის მოდელირება სისტემის არქიტექტურის მოდელირებაზე მარტივი ამოცანა არ არის. გარკვეულ მიმართებაში უფრო რთულიცაა, რამდენადაც იმისათვის, რომ კარკასთან შესაძლებელი გახდეს მუშაობა, უნდა გაიხსნას მისი მართვისა და შეთავსების ყველა ელემენტი, ასევე წარმოვადგინოთ მეტა-პრეცედენტები, რომლებიც ხსნის, თუ როგორ აიწყობა კარკასი და უბრალო პრეცედენტები, რომლებიც ასევე მის ქცევას ახსნის.

3. დასკვნა

ბიზნესპროცესების მოდელირების მოყვანილი მიდგომით ფაქტობრივად ხდება სისტემის კონსტრუირება რამდენიმე განზომილებაში. წარმოდგენის ერთობლიობის სწორი არჩევა საშუალებას მოგვცემს უფრო სწორად განვსაზღვროთ სისტემასთან დაკავშირებული საკითხები, გამოვავლინოთ რისკი, რომელიც უნდა იქნას გათვალისწინებული. დამუშავებული მოდელები კი მარტივად ადაპტირდება მოთხოვნილების ცვლილების ან განზომილების გაზრდისას.

ლიტერატურა – References – Література:

1. Arlow D., Neustadt A. (2008). UML2 and the unified process. 2nd ed., Practical Object-Oriented Analysis and Design. St. Petersburg-Moscow (in Russian)
2. Sukhiashvili T. (2020). Unified Modeling Language (UML2) and Unified Software Development Process (UP). Georgian Techn. Univ., (in Georgian). Internet resource: <https://gtu.ge/book/uml2.pdf>.
3. Sukhiashvili T. Development of implementation mechanisms for the computer system of civil proceedings (indisputable proceedings). Periodic scientific magazine "Intellecti", #2 (25), 2018, p. 90 - 92.

BUSINESS PROCESS MODELING TOOLS FOR BUILDING MANAGEMENT SYSTEMS

Teimuraz Sukhiashvili

Georgian Technical University
sukhiashviliteimuraz08@gtu.ge

Summary

To build a business process management system, it is necessary to study the existing management system and create an adequate model of its functioning. In modern management theory, there are currently a large number of models that describe the problem area with various instrumental means. Any of them may be less suitable for the system being processed, but at the same time each of them affects the final appearance of the control system and it is important to consider how much it will satisfy the user. The object-oriented approach is currently the most accepted approach to problem-solving software development. This is due to the fact that they easily adapt to changing needs or increasing dimensions. In addition, most modern programming languages, tools, and operating systems are object-oriented to one degree or another. Therefore, it is important to know what modeling tools are used to build business process management systems with an object-oriented approach.

ინფორმაციის უსაფრთხოების დაცვა ორგანიზაციის ციფრული ტრანსფორმაციის დროს

ნინო თოფურია¹, დემურ სიჭინავა², თინათინ ხატიაშვილი¹

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2-თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

nino.topuria@gtu.ge, demur.sichinava@tsu.ge, khatiashvili.t@gtu.ge

რეზიუმე

წარმოდგენილია საინფორმაციო სისტემაში ორგანიზაციის ციფრული ტრანსფორმაციის განსახორციელებლად აუცილებელი IoT გადაწყვეტილების ჩანერგვისა და მათი უსაფრთხოდ გამოყენების კონცეფცია. აღნიშნული სისტემა ბიზნესორგანიზაციებს საშუალებას მისცემს დაინერგოს მართვის თანამედროვე გადაწყვეტილებები, რომელიც გულისხმობს მრავალფეროვანი IoT სენსორებისა და მოწყობილობების განთავსებას სამეთვალყურეო პანელთან ერთად, რასაც, თავის მხრივ, აქვს ანალიტიკის, აღრიცხვისა და ანგარიშგების ფუნქცია. აღნიშნული გადაწყვეტილება რეალიზებულია Azure IoT Central-ის ბაზაზე. IoT გადაწყვეტილებების უსაფრთხოდ ფუნქციონირებისთვის შერჩეულია Azure Sphere Sample Device შაბლონი.

საკვანძო სიტყვები: ორგანიზაციის ციფრული ტრანსფორმაცია; ნივთების ინტერნეტი; IoT; ღრუბლოვანი გამოთვლები; IoT-ის უსაფრთხოება; Azure Sphere.

1. შესავალი

ცნობილია, რომ ციფრული ტექნოლოგიები ახალ შესაძლებლობებს ქმნის ყველა ტიპის ორგანიზაციისთვის. რეალურად, ეს არის ახალი მიდგომა, რომელიც აერთიანებს ადამიანებს, მონაცემებს და პროცესებს ერთი საერთო მიზნის მისაღწევად და უზრუნველყოფს წარმატებას ციფრულ სამყაროში. ციფრული ტრანსფორმაცია არის ბიზნესინოვაცია, რომელიც ემყარება ღრუბლოვან პლატფორმას, ხელოვნურ ინტელექტს (AI - ინგლ. artificial intelligence) და ნივთების ინტერნეტს (IoT - Internet of Things), რაც ორგანიზაციებს ბიზნესის მართვისა და გარდაქმნის ახალ გზებს სთავაზობს. საწარმოთა ლიდერებმა თანდათან დაიწყეს იმის გაცნობიერება, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ნივთების ინტერნეტი (IoT) მათი კომპანიებისთვის. IoT-ს აქვს მუდმივი უკუკავშირი ცენტრთან და ხელს უწყობს სწორი გადაწყვეტილების მიღებას ნებისმიერ ბიზნესში. IoT პლატფორმა გარდაქმნის ისეთ ინდუსტრიებს, როგორცაა ჯანდაცვა, ენერჯეტიკა, ავტომობილები, წარმოება, ტრანსპორტი და სხვა. IoT იძლევა ბიზნესპროცესების გამაღიერებისა და გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობას სენსორებით, მოწყობილობებით და პლატფორმებით. ყველა მონაცემის ერთ ადგილზე შეგროვებით, მწარმოებლებს შეუძლიათ მიიღონ გონივრული გადაწყვეტილებები და უფრო ეფექტური გახადონ საწარმოო პროცესები. ეს მათ საშუალებას აძლევს დააკმაყოფილონ პროდუქციის მაღალ ხარისხზე მზარდი მოთხოვნა შედარებით დაბალ ფასად.

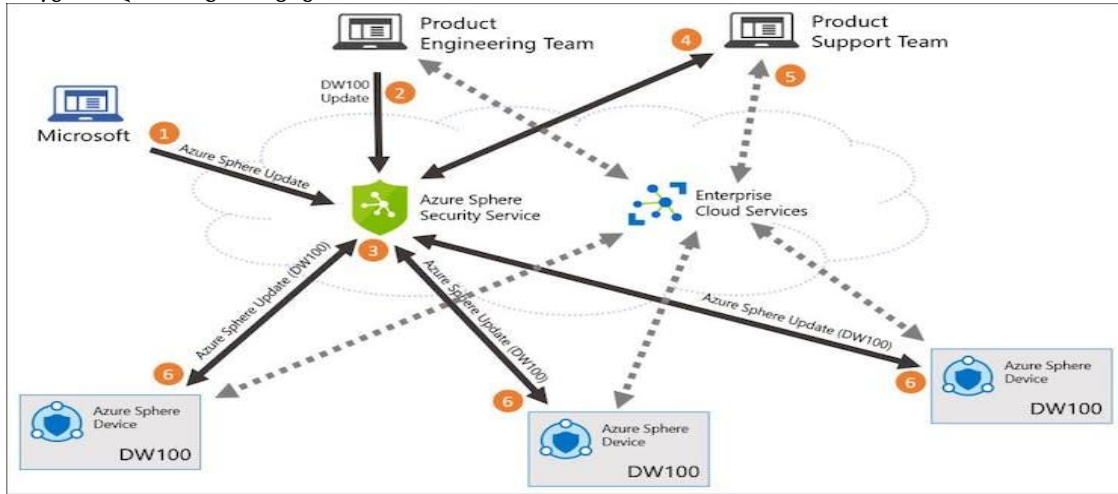
IoT გადაწყვეტილებებით შეგროვებული მონაცემები ასევე საჭიროებს გაანალიზებას, რათა მივიღოთ ისეთი ინფორმაცია, რომელზეც ბიზნესს შეუძლია იმოქმედოს. სწორედ აქ გვეხმარება ხელოვნური ინტელექტი, რომოტული პროცესების ავტომატიზაცია და ანალიტიკა. ხელოვნური ინტელექტით შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფა იყენებს ამ ინსტრუმენტებს ფარული ტენდენციების გამოსავლენად, ბიზნესპროცესების ოპტიმიზაციისათვის და თანამშრომელთა მხარდასაჭერად [1-2].

2. ძირითადი ნაწილი

ნივთების ინტერნეტისა და დაკავშირებული მოწყობილობების ბაზარი სწრაფად იზრდება. მილიონობით მოწყობილობა დაკავშირებულია ღრუბელთან, ხოლო დაკავშირებული მოწყობილობების უმთავრესი პრობლემა უსაფრთხოებაა. ჰაკერები და თავდამსხმელები იყენებენ დაუცველ მოწყობილობებს, რომლებიც დაკავშირებულია საჯარო ინტერნეტთან. 2016 წელს Mirai ბოტნეტმა შეაფერხა ინტერნეტის ფუნქციონირება. 2017 წელს, ლას-ვეგასის კაზინოში ინტერნეტთან დაკავშირებული თევზის ავზი გამოიყენეს მგრძობიარე მონაცემების მოსაპარად.

ფირმა მაიკროსოფტის გადაწყვეტილება - Azure Sphere ქმნის სრულიად ახალ დონეს მწარმოებლებისთვის ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქაში შესასვლელად. ეს საშუალებას აძლევს მათ გაამახვილონ ყურადღება IoT-ზე დაფუძნებულ პროდუქტებზე, სერვისებსა და ფუნქციებზე მთელი ფუნქციონირების განმავლობაში [3].

Azure Sphere - შედგება სამი კომპონენტისგან: დაცული სისტემისაგან უშუალოდ ჩიპზე (SoC), უსაფრთხო ოპერაციული სისტემისა და უსაფრთხო ღრუბლოვანი სერვისისაგან. 1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილი დიაგრამა გვიჩვენებს მთლიან არქიტექტურას და როლს, რომელსაც ასრულებს Azure Sphere Security Service უფრო დიდი IoT სცენარის ფარგლებში, სადაც შესაძლებელია ათასობით Azure Sphere მოწყობილობის განთავსება.



ნახ. 2 Azure Sphere მოწყობილობის არქიტექტურა

Azure Sphere შაბლონის ტესტირება შესაძლებელია IoT Central-ის საშუალებით [4], რომელიც IoT აპლიკაციების პლატფორმაა და საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ გადაწყვეტილებების შემუშავებისა და მომსახურების ხარჯები კორპორატიულ დონეზე. მისი საშუალებით შესაძლებელია გარკვეული მოვლენების მონიტორინგი, ობიექტებზე თვალყურის დევნება და მართვა, ასევე ჩაშენებული აქვს მოწყობილობების ანალიტიკის ფუნქციონალიც. IoT ინფრასტრუქტურის შესრულება მწარმოებლებს საბოლოოდ დაეხმარება გააძლიერონ და გააფართოონ თავიანთი სავსე სერვისები. Azure Sphere-ის ეკოსისტემა ამარტივებს პროგნოზირებადი ტექნიკური სისტემების განლაგებას, მართვასა და უსაფრთხოებას [5].

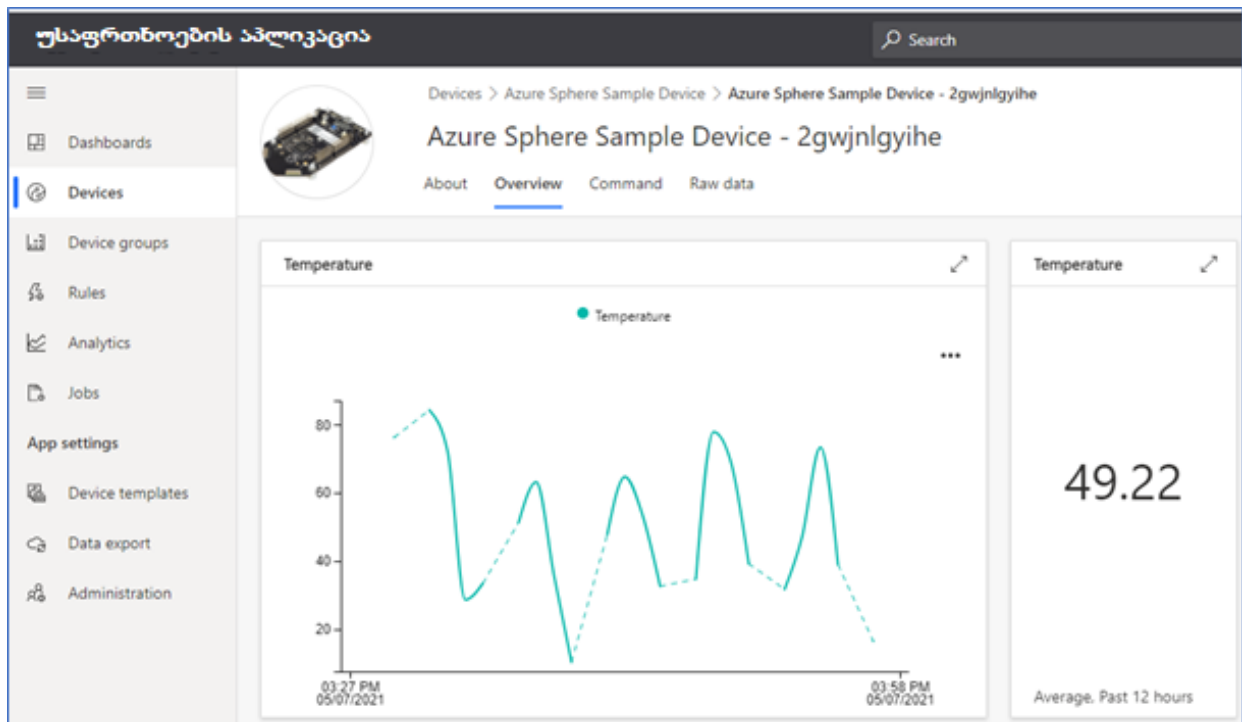
მაგალითისათვის, სტატიაში წარმოდგენილია შაბლონი, რომელიც განსაზღვრავს მოწყობილობის შესაძლებლობებს და უკავშირდება IoT Central Application-ს. მოწყობილობის შესაძლებლობებში შედის ტელემეტრია, რომელსაც მოწყობილობა აგზავნის, ასევე ის თვისებები და ბრძანებები, რომლებზეც მოწყობილობა რეაგირებს. მოწყობილობის შაბლონის საშუალებით აპლიკაციაში შესაძლებელია როგორც რეალური, ისე სიმულაციური მოწყობილობების დამატება. იმიტირებული მოწყობილობები სასარგებლოა IoT Central Application-ის ქცევის შესამოწმებლად, სანამ მოხდება რეალურ მოწყობილობებთან დაკავშირება (ნახ.1).

მოწყობილობის შაბლონი გეგმაა, რომელიც განსაზღვრავს მოწყობილობის ისეთ მახასიათებლებს და ქცევას, როგორცაა:

- ტელემეტრია ანუ მონაცემების ნაკადი, რომელსაც იგი აგზავნის;
- ბიზნესთვისებები, რომელთა შეცვლა ოპერატორს შეუძლია;
- მოწყობილობის თვისებები, რომლებსაც მოწყობილობა ადგენს;
- ოპერატორის მიერ დადგენილი თვისებები, რომლებიც განსაზღვრავს მოწყობილობის ქცევას;
- ბრძანებები, რომლითაც ოპერატორი მოწყობილობაზე მუშაობს.

3. დასკვნა

ამრიგად, სტატიაში მოცემულია ორგანიზაციის ციფრული ტრანსფორმაციის განვითარების ტენდენციები, ნივთების ინტერნეტის (IoT) გამოყენების პერსპექტივები და მათი უსაფრთხოების დაცვის შესაძლებლობა Microsoft Azure Sphere-ის საშუალებით. Azure Sphere-ის ეკოსისტემა აადვილებს პროგნოზირებადი ტექნიკური სისტემების ეფექტიან განთავსებას, მართვასა და უსაფრთხოებას სხვადასხვა გადაწყვეტილების მისაღებად. აღნიშნული გადაწყვეტილება რეალიზებულია Azure IoT Central-ის ბაზაზე, საიდანაც შესაძლებელია მოვლენების მონიტორინგი, თვალყურის დევნება და მართვა უშუალოდ აპლიკაციის საშუალებით ნებისმიერი ადგილიდან და მობილური მოწყობილობიდან.



ნახ.3 Azure Sphere-ის მუშაობის პროცესი Azure IoT Central-ის ზაზაზე

ლიტერატურა - References

1. გ. სურგულაძე, ა. გავარდაშვილი. შავი ზღვის ეკოლოგიური მონიტორინგის და კვლევის საინფორმაციო სისტემა, მონოგრაფია, თბილისი, 2018, ISBN 978-9941-8-0624-7.
2. ნ. თოფურია. ბიზნესპროცესების ავტომატიზაცია Sharepoint Server-ის ზაზაზე. მონოგრაფია, თბილისი: სტუ, 2017. ISBN 978-9941-20-912-3.
3. What Is Azure Sphere Security Service? <https://www.hackster.io/news/what-is-azure-sphere-security-service-e5708d999a84>
4. Azure IoT Central documentation, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-central>
5. What is Azure Sphere?, <https://learn.microsoft.com/en-us/azure-sphere/product-overview/what-is-azure-sphere>

PROTECTION OF INFORMATION SECURITY IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ORGANIZATION.

Nino Topuria¹, Demur Sichinava², Tinatin Khatiashvili¹

1-Georgian Technical University,

2-Tbilisi State University

nino.topuria@gtu.ge, demur.sichinava@tsu.ge, khatiashvili.t@gtu.ge

Summary

The article presents a description of the concept of implementing IoT solutions in the information system and using them safely to implement the digital transformation of the organization. The mentioned system will allow business organizations to implement modern management solutions, which involve placing various IoT sensors and devices together with a monitoring panel, which has built-in functions of analytics, accounting and reporting. This decision is implemented on the basis of Azure IoT Central. The Azure Sphere Sample Device template is selected for the secure operation of IoT solutions.

Big Data in Dangerous Hydrometeorological Events

Marika Tatishvili, Inga Samkharadze, Ana Palavandishvili
Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University

Abstract

In the presented article there are discussed atmospheric processes causing dangerous hydrometeorological events. Georgia is mountainous country with complex relief and variety of climatic zones. The country is prone to all kinds of dangerous hydrometeorological disasters: heavy rain, hail, thunderstorm, flooding, and landslide. Especially important is to investigate processes causing those catastrophic events using new data. This became possible after launch of Earth Observing System program that provides huge new satellite data which allows reanalyzing those physical processes. Many methods have been used to study their spatial-temporal characters; the approaches include numerical modeling, statistical analysis and analytical solutions, Big Data and Machine Learning. NASA THEMIS satellite data gives possibility to introduce quantum physics for explaining atmosphere processes. The results may be used in further studies and considered in early warning systems too.

Key words: Big Data, Natural hydrometeorological disasters, Earth Observing System, weather numerical modeling, geo-magnetic index, photon exchange.

1. Introduction

Meteorological and hydrological hazards are those resulting from the state and behavior of the Earth's atmosphere, its interaction with the land and oceans, the weather and climate it produces, and the resulting distribution of water resources. According to EM-DAT, from 1979 to 2019, 50% of all recorded disasters (including technological and 'complex' disasters), 56% of deaths and 75% of economic losses are attributed to weather, climate and water-related hazards. Some of the most devastating hazards include tropical cyclones, drought, reverie floods, and heatwaves. These hazards are observed, monitored, and forecasted by the national meteorological and hydrological services of each country [1].

Understanding of the natural environment is increasingly important to respond to the climate change negative impacts and anthropogenic pressures on finite natural resources, and their impacts on water, energy and food security, infrastructure, human health, natural hazards. This is also a major cross-disciplinary challenge involving almost all scientific fields

In 2013, the UK government announced large-scale investment in Big Data infrastructure for science, particularly in the environmental sector starting funding for a program called CEMS (Climate and Environmental Monitoring from Space). This allowed for the creation of larger databases to cope with the upcoming Big Data revolution and to allow research partner organizations to work with more data and produce more results. With a specific focus on climate change and planetary monitoring, CEMS storage removed the need to download enormous data sets while reducing the cost of access. Along with Cloud data, this is now the standard globally for some of the world's top research institutes.

2. Study area

The complex orographic conditions and influence of the Black Sea preconditioned the formation of great variety of climate and landscapes in Georgia. Here exist most of Earths climatic types, from marine wet subtropical climate of west Georgia and steppe continental climate of east Georgia up to eternal snow and glaciers of high mountain zone of Great Caucasus, and also approximately 40% of observed landscapes. Territory of country lies between of the Major Caucasian Ridge and the Lesser Caucasus mountains. About 85 percent of the total land area occupies complex mountain ranges divided with river's valleys and ravines of different exposition. For most of these rivers spring is high water period thus $\frac{3}{4}$ of Georgia's territory is especially vulnerable to foods, flash floods and mudflows. Georgia's orography and its interaction with airflows are the basic spotting factors of synoptic processes spread in the country. Peculiarities of locally developed weather phenomena at any time a year are often characterized with diversity and extremity. Convective storms, with attendant phenomena; fog and low clouds; locally forced precipitation events; wintertime weather (snow, ice, glazed frost, avalanches) this is a short list of synoptic processes nowcasting (**NWC**) and very short range forecast (**VSRF**) of which has a great importance for Georgia. The natural disasters in Georgia have to be considered as the standing negative factor for the sustainable development of the state. The importance of aroused problems from listed hazards stimulates the active investigation of reasons and physical processes involved in [2]. In the analysis of hazard and risk geo-information science and earth observation plays an increasingly important role. Remote Sensing is nowadays an essential tool in monitoring

changes in the earth's surface, oceans and atmosphere, and is increasingly used as the basis for early warning for hazardous events [3].

3. Data and Method

Environmental data comes from a wide variety of sources and this is increasingly rapidly with new innovations in data capture:

1) Large volumes of data are collected via remote sensing, typically from satellite sensing or aircraft-borne sensing devices, including an increasing use of drones. This includes passive sensing, such as photography or infrared imagery, and active sensing, e.g., RADAR/LIDAR. The increasing availability of open satellite data is a major trend in earth and environmental sciences. For example, the EU Copernicus program and the associated Sentinel missions, or NASA's Earth Observing System satellites, LandSat archive are regularly mined for data for a variety of applications [4];

2) Other data are collected via earth monitoring systems, which consist of a range of sensor technologies measuring various physical entities. Namely weather stations and monitoring systems;

3) Model output is also a significant generator of environmental data with results from previous model runs often stored for subsequent analysis.

The local circulation systems developed on the background of synoptical processes play significant role in the spatial-temporal distribution of weather determining parameters. The study of all those phenomena includes both the mathematical modeling and separate analysis of microphysical processes, important for precipitation formation, temperature and wind field distribution, also the processing of long-term observation series of those climatic parameters.

One of most important precipitation formation microphysical process – coagulation described by the integral-differential equations has been analytically solved considering income of cloud particles. The results evidently showed redistribution of ice crystals and rain drops in cloud dispersive medium. To investigate solid and liquid precipitation formation following analytical model has been created using the kinetic coalescence equation system for spatial heterogeneous Coachy type task that has the following type [5,6,11]

$$\begin{aligned} \frac{\partial n_1(v,t)}{\partial t} = & -n_1(V,t) \int_0^\infty \sigma_{11}(V,U)n_1(U,t)dU - n_1(V,t) \int_0^\infty \sigma_{12}(V,U)n_2(U,t)dU + \\ & + \frac{1}{2} \int_0^V \sigma_{11}(V-U,U)n_1(V-U,t)n_1(U,t)dU + \frac{M}{1-LN_2(0)t} n_1(V,t) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial n_2(V,t)}{\partial t} = & -n_2(V,t) \int_0^\infty \sigma_{21}(V,U)n_1(U,t)dU + \int_0^V \sigma_{21}(V-U,U)n_2(V-U,t)n_1(U,t)dU + \\ & + LN_2(t)n_2(V,t) \end{aligned} \quad (2)$$

With following initial conditions: $n_1(V,t)=n_1(V,0)$; $n_2(V,t)=n_2(V,0)$ when $t=0$, n_1 refers to water drops (rain) and n_2 -ice crystals (hail).

And the distribution function has following type : $n_i(V,t) = \frac{4N_i^3(0)}{w_i^2(0)} V \exp(-\frac{2N_i(0)}{w_i(0)} V)$, $i = 1,2$

The solution gives expressions for rain and hail concentrations, water and ice content and is able to identify dangerous size hail grains spectrum.

The results evidently showed redistribution of ice crystals and rain drops in cloud dispersive medium.

The mathematical modeling contain several local weather nonstationary mesoscale model to describe atmospheric processes [9] operational thermohydrodynamical convective cloud model [8,9,10], global forecasting model (WRF) [6], analytical model for microphysical processes (coalescence) [10], the newly proposed study of variation character of meteorological parameters (tem [8,9]perature, precipitation, pressure) depending on the geo-magnetic short-time disturbances [16]. Numerical forecasting models based on complete hydrothermodynamical equations give possibility to detail involve physical factors describing atmospheric phenomena that greatly influenced or sometimes define atmospheric circulation processes

For short-term operational forecasting the use of confined area models became available in several national meteorological services. The range of those models is quite diverse from which special attention deserve regional mesoscale models also atmosphere dynamical models with artificial boundaries where model variables are defined from coarse value grid from global model outputs. Such models can describe real weather conditions invisible for global models that form in atmosphere small-scale processes [7].

Numerical forecasting models based on complete hydrothermodynamical equations give possibility detail involve physical factors describing atmospheric phenomena that greatly influenced or sometimes define atmospheric

circulation processes. The consideration of those factors in numerical models provides improvement forecasting quality. Realization of weather forecasting issue on confined area is characterized by definite difficulties. Such is the formulation of boundary conditions on the borders of forecasting area. The lack of meteorological data on region borders influenced researches to seek problem solution different ways. By using telescoping or embedded grid method became one of the most effective mean for this [6, 7]. Except boundary conditions telescoping method gives possibility to solve those main issues that are essential for weather forecasting on confined area. Specifically reducing spatial grid step on target area in such way that didn't increase model realization time, also detail describe region orographic features, realize interconnection between largescale, regional and mesoscale meteorological processes using bilateral and unilateral interaction of solutions from different grids.

Another one is the operational one-dimensional thermohydrodynamical convective cloud model created for research of natural and artificial precipitation formation and can be used in weather modification [7]. In model for crystallization and melting processes have been introduced new parameterization schemes. The model inputs are radio probe data and outputs vertical development of meteorological parameters till cloud dissipation.

Weather research and forecasting model (WRF) is weather numerical forecasting and atmosphere simulation system created as for research as operational application. The model is elaborated USA National Center for Atmosphere Research (NCAR), Mesoscale and Microscale Meteorological Division (MMM), NOAA, NCEP, ESRL, AFWA, Naval Research Laboratory, CAPS, and etc. It is used in following fields: real-time numerical forecasting, data assimilation, physical parameterization research, regional climatic simulations and etc [3, 6,7,11]. ARW provides introduction of higher spatial-temporal resolution horizontal grid that focuses on target sub-region and significantly increases model resolution (from 15km to 2km) [7.11].

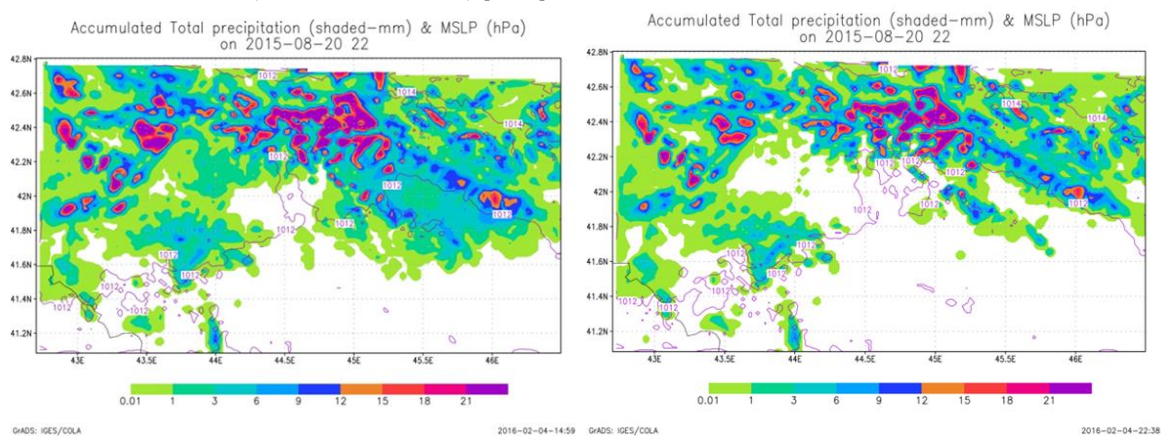


Fig.1. Forecasted 2.2km resolution gridded precipitation on August 20, 2015 [11].

4, Discussion

Despite all above listed approaches the origin and nature of most of atmospheric phenomena is still unknown.

The climatic observations often show quasi periodic variations similar to solar activity cycles over a wide range of time scale. However, the detailed mechanism and the extent of the influence of solar activity on climate change have not been clearly understood, several possible mechanisms are proposed; such as the forcing through total and spectral irradiance, solar wind and the galactic cosmic rays [2, 15]. The Earth Observation System (EOS) program is designed to examine the role of Earth-Sun connection in wide-scale global processes in order to determine the function of the Earth as a single system. The one of natural reason of global climate change are the Sun's insolation (light and heat), its magnetic flux, and the relative position and orientation of the Earth to the Sun. Geomagnetic storm is a major disturbance of Earth's magnetosphere that occurs when there is a very efficient exchange of energy from the solar wind into the space environment surrounding Earth. These storms result from variations in the solar wind that produces major changes in the currents, plasmas, and fields in Earth's magnetosphere. The largest storms that result from these conditions are associated with solar coronal mass ejections (CMEs) where a billion tons or so of plasma from the sun, with its embedded magnetic field, arrives at Earth. CMEs typically take several days to arrive at Earth.

The correlation between geomagnetic storms and 2014-19 year period meteorological elements (wind, pressure, temperature, precipitation) for Georgian region using meteorological observation and NASA's Solar

Dynamics Observatory and NOAA Space Weather Prediction Center data [13, 14] has been conducted [2, 15,16]. The results show that there exist dependence between weather parameters and income radiation. Especially important is wind parameter variability investigation. Such research hasn't been carried out yet in Georgia and is important for space weather researches.

The analysis has been conducted for current, pre and aftershock 3 and 5 days. For meteorological parameters current day is crucial and 3,5 day time lapse is reliable for circulation processes. It is ascertained that during all magnetic storms south-west or south-east wave processes have been formed and strong storms create high pressure areas. Depending on the synoptic situation wave processes leads the formation of thunderstorm and heavy showers.

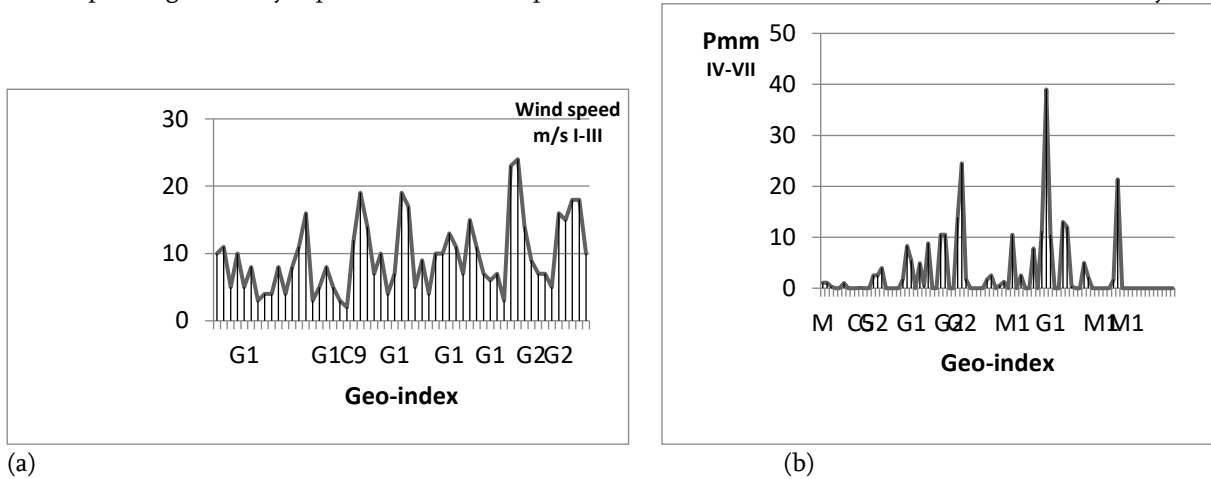


Fig.2. Precipitation and geo-index correlation in 2017 (IV-VII months) (a)and wind speed and geo-index correlation in 2017 (I-III) (b)for Tbilisi.

5. Conclusion

The Vere River tragedy in 13 June, 2015 is clear evidence of how meteorological disaster triggered geo-hazard. On this day, flash-flood on Vere River flooded part of Tbilisi city, destroyed buildings, infrastructure, Zoo, many Zoo habitats and 18 humans were dead. After analyzing satellite data and synoptical situation it became clear what happened. During several days from 9 to 14 June 2 MEV high energy electrons penetrate atmosphere [12, 15]. The abundant amounts of electrons create stable clusters in lower atmosphere resisting precipitation infall. After they became so massive that couldn't resist gravitation the great amount of rain water has been fallen out from clouds, causing flooding.

It is not fully clear the physical mechanism of this correlation and the issue needs further investigation applying quantum field theory that is more suitable for description of photon-photon or photon-charged particle interaction as during geomagnetic activity great amount of charged particles and photons penetrate atmosphere.

The most of water properties are preconditioned by the fact that three component atoms aren't placed on one line. Negative charge prevailed on oxygen atoms part and positive on hydrogen. Thus water molecule is electrically polarized. Among atoms and molecules acts force that always has attractive character. It is intermolecular dispersive or Van-Deer-Vaalse force [6,12]. It is only one of the expressions of electromagnetic force. It acts among electrically neutral systems such as dipole or quadruple. In dipoles force reduces by r^4 inverse proportional and in quadruple by r^6 . It is not temperature dependent and its nature is quantum. By increasing dipole number their interaction increases.

$$U(r) = -\frac{2}{3c^2} \sum_n r_n^{-1} |d_n|^2 \omega_n^2 \exp\left(\frac{\Gamma_n r}{c}\right) \cos\left(\frac{\omega_n r}{c}\right)$$

During cristalization and condensation the some portion of latent heat may be trasformed in characterized radiation. The transformation energy is distributed between existed and new energetic levels. They are called as phase radiation and is depended on medium optical properties. The cloud medium may be imagined as unity of clusters that are on different energetic levels, interacting through energy emition-absorbtion. According to this Earth surrounding environment is one of possible renewable energy source [16], the use of which gives chansen on transition into new energy transportation means.

References :

1. UNDRR / ISC SENDAI HAZARD DEFINITION AND CLASSIFICATION REVIEW. 2020
2. Marika Tatishvili, Nana Bolashvili, Ana Palavandishvili. Impact of short-term geomagnetic activity on meteorological parameters variability on the middle latitude region. GEORGIAN GEOGRAPHICAL JOURNAL, Volume 2 <https://doi.org/10.52340/ggj.2022.756> 2022
- 3 M Tatishvili, D Demetrashvili, I Mkurnalidze (2015) Weather forecasting modeling in Georgia. Proceedings of International Scientific Conference Dedicated to Academician I Prangishvili 85 Anniversary "Information and Computer Technologies, Modeling, Control" Georgian Technical University, Georgia.
4. M.Tatishvili, E.Elizbarashvili, R. Meskhia, Sh.Elizbarashvili.Natural hydrometeorological disasters, their causes and prevention measures . The Macrotheme Review. A multidisciplinary journal of global macro trends, 148-154, A Macrotheme Capital Management, LLC Academic Publication, Volume 2, Issue 1, Winter 2013 (January). ISSN 1848-4735, France
5. Application of Satellite Imaginary in Forestry for Georgia. Marika R. Tatishvili, Irine P. Mkurnalidze, Inga G. Samkharadze, Lasha N. Chinchaladze. Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.21(1), pp.18 -25 <https://openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/2484>. 2018
6. Tatishvili M (2017) Developing Weather Forecasting System in Georgia. MOJ Eco Environ Sci 2(7): 00046. DOI: 10.15406/mojes.2017.02.00046
7. Marika R.Tatishvili, Zurab V. Khvedelidze, Demur I. Demetrashvili. On some weather forecasting models in Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 23(2) *ISSN: 1512-1127*. 2020
- [8] N.Begalishvili, M.Tatishvili, G.Robitashvili. The investigation of precipitation efficiency of convective cloud. Bulletin of Georg. Acad. of Sci.V.172, N2. 2004
9. N.Begalishvili, M.Tatishvili, G.Robitashvili. Investigation of natural and artificial precipitation formation in convective clouds using operational thermohydrodynamical model.. Transactions of Institute of Hydrometeorology, #114.pp. 44-50. 2010
10. M.Tatishvili, N.Begalishvili. On the some investigation results of precipitation efficiency using analytical model of convective cloud. Transactions of Institute of Hydrometeorology, #114.pp. 38-43. 2010
11. Davitashvili T., Samkharadze I., Sharikadze M. (2020) Modeling of Extreme Events and Regional Climate Variability on the Territory of the Caucasus (Georgia). pp. 61-82, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol 334. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56356-1_5
- 12, MarikaTatishvili. Energy transformation in clouds according quantum principles. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. vol 3. 2014. pp. 7-9. Vienna, Austria, ISBN- 13: 978-1499721980; ISBN - 10: 1499721986. 2014
13. .www.spaceweather.gov
14. sdo.gsfc.nasa.gov
15. Marika R. Tatishvili, Ana M. Palavandishvili. Impact of Short-Term Geomagnetic Activity on Weather and Climate Formation in Georgian Region. Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 23(2) *ISSN: 1512-1127*. 2020
16. Marika Tatishvili, Tengiz Tsintsadze, Inga Samkharadze, Ana Palvandishvili. Dependence of meteorological parameters on geomagnetic storms in Georgia. International Scientific Journal. Environmental Studies, v.8. ISBN-9781671503274. 2019

USING THE ANN OVERLEARNING MECHANISM FOR CLASSIFICATION AND TRAINING ON LABELED DATA

Ibraim Didmanidze¹, Vladimir Zaslavski², Gregory Kakhiani¹, Anry Paghava¹

1-Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia

2-Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

Abstract

In recent years, artificial neural networks have found a fairly wide practical application in terms of data processing, statistical analysis and data classification. Currently, most of the information flow intended for neural networks is graphical data, so it is necessary to have a network of such a structure that will process a large amount of information, study and then go through the testing process with maximum accuracy, and during the testing process it will manage to fix indicators close to observed accuracy.

Keywords: neural networks, graphical data, testing process, learning process, strengthening algorithm.

1. Introduction

The accuracy obtained due to the architectural complexity of the network is in some cases accompanied by the problem of overfitting, due to which the neural network at the final stage of the comparative analysis on the last layer periodically gives a sharply different indicator of results obtained after processing the test data and the data to be learnt.

In order to avoid the problem of overfitting, an increase in the database is applied to train the network by processing each new information, so the duration of the learning process increases and the network receives so much information from each new material to be processed that it is no longer able to sort relevant and irrelevant information.

2. Main part

Taking all of this into account, it is necessary to have such software that, based on statistical analysis, provides not only the termination or assessment of the learning process, but also determines the optimal structural construction of the neural network based on the data to be processed and selects the appropriate one from the class of neural networks.

Usually, in order to visualize the problematic part of overfitting, it is enough to present two polynomials, the components of which are constants and constant members.

The same process is presented in relation to neural networks.

During the study of ensemble methods and the working principle of the GANs algorithm, based on a series of experiments, an opinion appeared regarding the effectiveness of the neural network created through their composition. Ensemble methods are one of the effective means for avoiding overfitting during data processing and for stability of the learning process. In ensemble methods, there are methods of laying, strengthening and collecting. During the operation of the laying algorithm, all models are created independently of each other, while in the case of the strengthening algorithm, each subsequent model is influenced by its previous model, accordingly, in the first case, the weights of neuron connections are equally assigned to each model, and in the second case, the weights are determined from the activation values of the previous model[1-2].

In contrast to the ensemble method, the method presented in the paper divides the database into labeled subcategories before the learning process and creates an identical neural network models of K number based on the number of subcategories. On each of them, the learning and testing process is carried out only for one subcategory. Accordingly, the data in any other category is completely unfamiliar to a specific neural network.

There are approximately 60,000 individual objects in the initial database. It should be noted that the number of objects located in each subgroup is not equal and varies from 5500 to 7000 objects. 80% of these objects were selected and allocated for the learning procedure and 20% -for the testing procedure. The duplicated variant of the data intended for the testing process was cleaned from the labeled data[3-4].

Since experiments were planned to prove the presented idea on the MNIST database of handwritten digits, a complex, multi-layered convolutional neural network was selected for data processing. The software code was implemented in PYTHON 3.9 programming language. The Pytorch library was used to directly select the optimal variant of the neural network architecture, size and principle of operation of the algorithm.

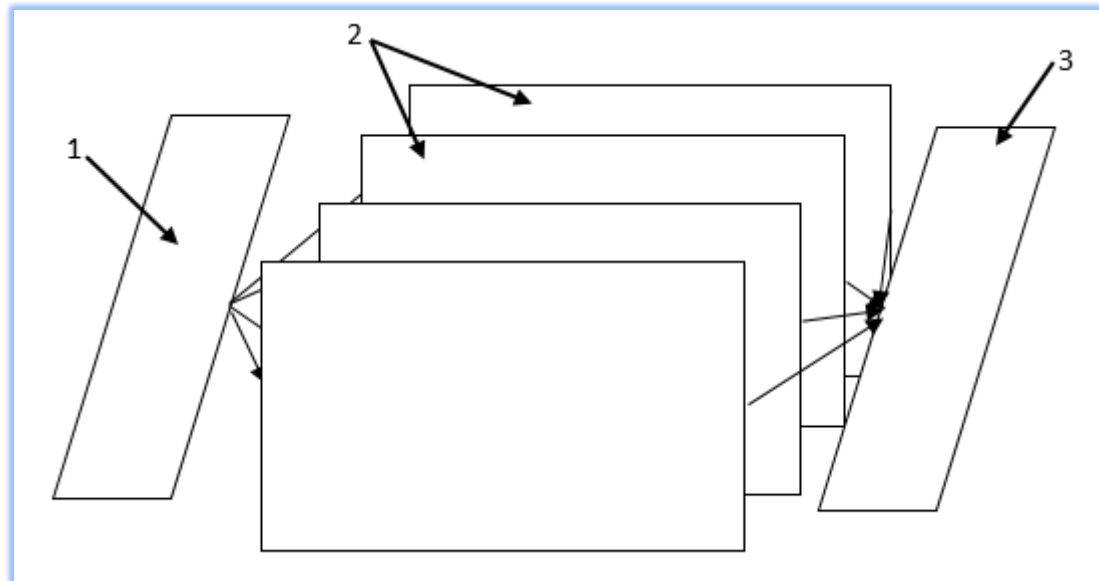


Fig. 1. Architecture of ensemble of neural networks (1 - input layer of the ensemble, 2 - individual networks of the ensemble, 3 - output layer of the ensemble).

As a result of research, a neural network of the following structure was developed (see Fig. 1), which in its turn represents an ensemble of parallel neural networks. Three structural layers are used here: 1- the input layer of the ensemble - provides data delivery to the member networks of the ensemble in parallel mode. 2 - Each model member of the ensemble ensures filtering and learning of the supplied data according to one specific class, so here we have as many models as there are classes known in the dataset. 3 - the overall output layer of the ensemble - ensures the delivery of integral results of the classification performed by the ensemble to the user[5-6].

As the numerical experiments showed, unlike classical architectures, despite occupying relatively more space in the RAM, this model provides 100% guarantee during classification of the provided data, and besides, its learning time is much less. These circumstances, against the background of a relative (in terms of 1 megabyte and 1 megahertz) decrease in the cost of modern computer equipment, create new perspectives in data classification problems.

3. Conclusion

The paper examines the parasitic effect of the overfitting event on the learning and work processes of artificial neural networks with different architectures during classification tasks. The results of the researches related to the issue are discussed. Analysis of the best results is performed.

An own model of the ensemble of neural networks is presented. Appropriate software has been created and the effectiveness of the presented model in the case of a finite number of classes has been empirically proven on the basis of numerical experiments.

References :

1. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Steven A. Siegelbaum 2012. Principles of Neural Science, Fifth Edition.
2. Jiawei Jiang, Bin Cui, Ce Zhang. Distributed Machine Learning and Gradient Optimization.
3. Chigozie Enyinna Nwankpa, Winifred Ijomah, Anthony Gachagan, and Stephen Marshall. Activation Functions: Comparison of Trends in Practice and Research for Deep Learning
4. Grégoire Montavon, Geneviève B. Orr, Klaus-Robert Müller. 2012. Neural Networks: Tricks of the Trade. Pages 9-38.
5. Sebastian Raschka , Yuxi (Hayden) Liu , Vahid Mirjalili. 2022. Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn.
6. Mikhail Belkina , Daniel Hsub , Siyuan Maa , and Soumik Mandala. 2019. Reconciling modern machine learning practice and the bias-variance trade-of

ლოკალური ქსელების კვლევა უსაფრთხოების ჭრილში

ოთარ შონია, რატი მანსურაძე, ირაკლი ჯამატაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია „ლოკალური ქსელების უსაფრთხოების“ ერთ-ერთი ძირითადი დარგი, რომელსაც უკაბელო ქსელისა და მისი მარშრუტიზატორების უსაფრთხოებას შეეხება. ლოკალური ქსელი, თავის მხრივ, ციფრული ქსელია, რომელიც აკავშირებს რამდენიმე კომპიუტერულ მოწყობილობას ერთმანეთთან. არსებობს სხვადასხვა ზომის ქსელები, რომლებიც შესაძლოა დაიყოს ზომისა და დანიშნულების მიხედვით. კერძო ლოკალური თუ კორპორატიული ქსელები დღესდღეისობით წარმოდგენილია უსაფრთხოების მაღალი სტანდარტებით, შიგა ქსელში არსებული ცეცხლოვანი კედლითა (Firewall) თუ ინფორმაციის მიმოცვლის დაშიფრული კრიპტოგრაფიული არხების გამოყენებით, რაც მათ შეუძლებს ქმნის, გარკვეულ შემთხვევებში. თუმცა მოწყვლადობის ძირითადი პრობლემა სწორედ უკაბელო ქსელურ მარშრუტიზატორებსა და მათი დაბალი სტანდარტის უსაფრთხოებას უკავშირდება. ხაზგასმულია უკაბელო ქსელური მარშრუტიზატორებისა და მათ მიერ მხარდაჭერილი, ძველი კრიპტოგრაფიული ალგორითმების სისუსტე, რაც, თავის მხრივ, მოწყვლადს ხდის როგორც თავად მარშრუტიზატორს, ისე „ლოკალური ქსელის უსაფრთხოების“ ფუნდამენტს.

საკვანძო სიტყვები: ლოკალური ქსელი; უკაბელო ქსელი; უსაფრთხოება.

1. შესავალი

დრო დაუნდობელია არა მარტო ადამიანის მიმართ, არამედ ცოდნის სხვადასხვა დარგის მიმართაც. ამავედროულად, დროს უყვარს სიახლეები და ის გამუდმებით აჩენს ახალ შესაძლებლობებს მათთვის, ვინც მას არ ჩამორჩება. უკანასკნელი ათწლეულების ასეთი სწრაფი განვითარება უშუალოდაა ასოცირებული კიბერტექნოლოგიების სწრაფ განვითარებასთან. უკანასკნელმა მოგვცა აურაცხელი ინფორმაციის აკუმულირების, მისი სწრაფი დამუშავების და გაზიარების შესაძლებლობა. თუ დავფიქრდებით, სწორედ ამ ინფორმაციის დამუშავებასთან დაკავშირებული სირთულეები აყვებდა მეცნიერულ და ტექნოლოგიურ პროგრესსაც. დღეს, პრაქტიკულად, თითოეულ ჩვენთაგანს ჯიბეში აქვს ხელსაწყო, რომელიც მას უხსნის თითქმის შეუზღუდავ წვდომას მრავალი საუკუნის განმავლობაში დაგროვებულ ცოდნასთან, იძლევა ამ ცოდნის ელვისებური სიჩქარით გაზიარების საშუალებას, რა დროსაც არ არსებობს ისეთი დაბრკოლება, როგორცაა ქვეყნის საზღვრები და ენის ცოდნის ბარიერები.

2. ძირითადი ნაწილი

იმ პერიოდში, როდესაც უკაბელო ქსელი ჯერ არ გამოიყენებოდა, ჰაკერს აფერხებდა ფიზიკური წვდომის სერიოზული ბარიერი. წარმოდგინეთ, მას უნდა მიეგნო თქვენი ქსელური კაბელისთვის და შეერთებოდა ფიზიკურად. ეს დაკავშირებულია საკმაოდ დიდ სირთულეებთან და, შესაბამისად, ჰაკერი ამ მეთოდს მიმართავდა მხოლოდ გამონაკლის, უაღრესად მნიშვნელოვან შემთხვევებში. თუმცა ტექნოლოგიის წინსვლასთან ერთად გამოჩნდა ახალი სისუსტე – უკაბელო ქსელი, რომელიც არ მოითხოვს ფიზიკურ კავშირს მარშრუტიზატორთან (Router-თან).

კომფორტმა გადაწონა უსაფრთხოება და დღეს პრაქტიკულად ყველგან ვაწყდებით უკაბელო ქსელების რადიოსიგნალებს, რომელთა ხელყოფა მარტივია.

მიუხედავად ქსელური უსაფრთხოების თანამედროვე ალგორითმებისა, უკაბელო ქსელის მარშრუტიზატორებს კვლავ აქვს სისუსტეები, რომლებსაც წარმატებით ხელყოფენ ჰაკერები იმ ადამიანების წინააღმდეგ, ვინც კიბერუსაფრთხოებაში სათანადოდ ვერ ერკვევა. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში უსაფრთხოების სისუსტე გამომდინარეობს უფრო ადამიანური ფაქტორიდან, ვიდრე პროგრამული უზრუნველყოფიდან [1].

სტანდარტულად WPA და WPA2 ტიპის უსაფრთხოება შედგება 8 ასო / ციფრი / სიმბოლოსგან. სტანდარტულ კონფიგურაციაში სიმბოლოები (!, \$, @, # და ა.შ.) პრაქტიკულად არ გამოიყენება, რადგან მათი დამახსოვრება საკმაოდ რთულია. ამიტომაც, მარშრუტიზატორების გამომშვები კომპანიები უპირატესობას ანიჭებს ასოებს და ციფრებს. სწორედ ეს არის ყველაზე დიდი სისუსტე უკაბელო ქსელის მოხმარებისას. 8 ასო / ციფრი / სიმბოლოსგან შემდგარი პაროლი საკმაოდ ადვილი „გასატეხია“, თუმცა ეს პროცესი მოითხოვს სპეციალიზებულ ცოდნას და შესაბამის აპლიკაციებს.

პროცესუალური თვალსაზრისით, WPA და WPA2 პაროლების „გასატეხად“ საჭირო პირველი და უმნიშვნელოვანესი ნაბიჯია კონტაქტის რადიუსში მყოფი Wi-Fi რადიოსიგნალების გაანალიზება, რომლებიც ამასთანავე დაშიფრული არხებია, ხოლო დაშიფვრის მეთოდები მოცემულია ცხრილში

უკაბელო ქსელური ინტერნეტის დაშიფვრისა და აუტენტიფიკაციის მეთოდები ცხრ.1

	ENCRYPTION	AUTHENTICATION
WPA-PERSONAL	TKIP	PSK
WPA- ENTERPRISE	TKIP	802.1X/EAP
WPA2- PERSONAL	AES	PSK
WPA2-ENTERPRISE	AES	802.1X/EAP

ცხრილში მოცემულია WPA და მისი სხვადასხვა ვარიანტი, რომლებიც მოიხმარს 256 - ბიტიან დაშიფვრის მეთოდს, ხოლო კრიპტოგრაფიული ალგორითმისათვის გამოიყენება როგორც TKIP (დროებითი გასაღების მთლიანობის პროტოკოლი), ისე AES (მაღალი დაშიფვრის სტანდარტი), ამასთანავე უსაფრთხოებისათვის დამატებულია PSK (წინასწარ გაზიარებული გასაღები) და EAP (გაფართოებული ავთენტიფიკაციის პროტოკოლი) ავთენტიფიკაციის მეთოდები.

Intelligence Gathering – ერთგვარი ინფორმაციის პირველ წყარო, შიგა ქსელზე წვდომის მოპოვებისათვის, რომელსაც აქვს სამი ძირითადი დონე, კერძოდ:

დონე 1: ნაკვალევი

აღნიშნული პირველი დონე ეხება სამიზნე ინფორმაციის მოპოვებასა და სამიზნე ქსელის დიაპაზონის შესწავლას. ეს არის პასიურ რეჟიმში ინფორმაციის შეგროვების საშუალება, რა დროსაც სამიზნეს არ შეუძლია მისი იდენტიფიცირება. აღნიშნული დონე ასევე მოიაზრებს სავარაუდო უკაბელო ქსელის გამოკვეთას MAC მისამართზე, მის დასახელებაზე ან რადიოსიხშირულ დაჭერაზე დაყრდნობით. აღნიშნული დონე მოითხოვს სამიზნე პირთან თუ ორგანიზაციასთან ფიზიკურ სიახლოვეს, უკაბელო ქსელის შესწავლის მიზნით [3].

დონე 2: სკანირება

სკანირება ძირითად შემთხვევაში ხორციელდება გლობალური ქსელიდან სამიზნე პირზე თუ ორგანიზაციაზე ღია ქსელური პორტების თუ აქტიური აპლიკაციების მოწყვლადობის მოძიების მიზნით, თუმცა ამასთანავე შიგა ქსელზე წვდომის შემთხვევაში თავის თავში გულისხმობს ამ ქსელის სრულ შესწავლას, რაც დაფუძნებულია შიგა ქსელის სკანირებით. დღესდღეობით არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ქსელის სრული შესწავლა როგორც შიგა ქსელში, ისე გლობალური ქსელიდან გარე რესურსებზე, მისი სკანირების საშუალებით და ასეთია მაგალითად: nmap.

დონე 3: გამოთვლა

აღნიშნული დონე მოითხოვს პირველი და მეორე დონის სიღრმისეულ შესწავლას, მათგან სრულფასოვანი ინფორმაციის მოპოვებას, უამრავ საათსა და ანალიტიკური ინფორმაციის დამუშავებას. შიგა ქსელში ყოფნის შემთხვევაში მოიაზრებს ავტორიზებული მომხმარებლის მონაცემების მოპოვებას, ნაკლებად დაცული რესურსების აღმოჩენას, ვებაპლიკაციის ნულოვანი სესიების ინიცირებას, საჯაროდ ცნობილი მოწყვლადობის აღმოჩენასა და მის რეალიზებას (განახლების არ ქონის შემთხვევაში) და ა.შ. [4].

Aircrack-NG ის პროგრამული უზრუნველყოფაა, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება EAPoL გასაღების მოპოვება და მისი უხეში ძალის (Brute Force) შეტევით, სიტყვათა ნუსხის მორგებით დეშიფრაცია. მარტივ ენაზე Aircrack-NG იღებს სავარაუდო პაროლების სიას, რომელიც გადაჰყავს WPA2-CCMP-PSK ალგორითმში და მონიტორინგის რეჟიმის დროს დაჭერილ კოდს ადარებს. თუ არ დაემთხვა ერთმანეთს, გადადის შემდეგ სიტყვაზე, სანამ იდენტურს არ იპოვის [2].

თუ არ გვინდა, რომ ჩვენ ან ჩვენი კომპანია გავხდეთ ჰაკერის მსხვერპლი, აუცილებელია საკუთარი თავის დაზღვევა.

გერმანიის მთავრობის რეკომენდაციაა, რომ პაროლის სიგრძე იყოს მინიმუმ 20 დიდი და პატარა ასოს, ციფრის და სასვენი ნიშნების შემცველი. შესაძლოა ეს მოგეჩვენოთ გადამეტებად, მაგრამ თუ თქვენთვის მნიშვნელოვანია უსაფრთხოება, ასეთი გადაწყვეტილებით ჰაკერებს ძალიან გაუართულებთ საქმეს. ასეთი ტიპის პაროლის გასატეხად კომპიუტერს მრავალი წელი დასჭირდება. გარდა ამისა, აუცილებელია უკაბელო მარშრუტიზატორის პაროლის შეცვლა მინიმუმ 2 თვეში ერთხელ. შედეგად,

ვიდრე ჰაკერი გატეხავს თქვენს ძველ პაროლს, თქვენ გექნებათ უკვე ახალი. პროცესი გახდება უსასრულო, რაც თქვენთვის ძალიან მომგებიანია [2].

გახსოვდეთ, რომ მხოლოდ რთული პაროლი არ არის საკმარისი საკუთარი თავის დასაცავად. გაითვალისწინეთ, რომ ჰაკერს შეუძლია მიმართოს კიბერთაღლითობის (Social Engineering) მეთოდს, რომლის მეშვეობითაც ის გაცილებით მცირე დროში დაეუფლება თქვენს პაროლს. ამიტომ, არ უთხრათ თქვენი WiFi-ს პაროლი ადამიანებს, რომლებსაც არ იცნობთ ან არ ენდობით.

ნიმანდობლივია, რომ ჩვენი კომპიუტერები ინახავს WiFi-ის პაროლებს, რომლებთანაც შეძლეს დაკავშირება. ამიტომაც, არ დატოვოთ თქვენი კომპიუტერი მეთვალყურეობის გარეშე. რამდენიმე მარტივი მოქმედების შედეგად ჰაკერი ადვილად დაეუფლება ყველა უკაბელო კავშირის პაროლს, რომელიც შენახულია თქვენს კომპიუტერულ სისტემაში (ნახაზი).



ნახ. 1: კომპიუტერული სისტემა

3. დასკვნა

მიუხედავად იმისა, რომ ლოკალური ქსელის გამართვა, ერთი შეხედვით, საკმაოდ მარტივი პროცესია, მთავარი პრობლემა ქსელის სწორ კონფიგურაციაშია. როგორც ნაშრომმა გვაჩვენა, იმისათვის, რომ ჩვენ, ჩვენმა კომპანიებმა ან ქვეყანამ თავი ვიგრძნოთ დაცულად კიბერ-თავდასხმისგან, ქსელის ინჟინერმა უნდა უზრუნველყოს შესაბამისი დაცვა – საჭიროა დაიხარჯოს საკმაოდ დიდი დრო და რესურსი სერვერის კონფიგურაციასა და მის ტესტირებაზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში ვნახავთ, რომ ქსელის დაცული კავშირის დარღვევა ან მისი საერთოდ გვერდის ავლა შესაძლებელია. [5].

მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ ძალიან ხშირად, ქსელის ადმინისტრატორების, სისტემური ადმინისტრატორების და კიბერუსაფრთხოების სპეციალისტების კვლევის არეალი განსხვავდება ერთმანეთისგან.

ქსელზე აქტიური შეტევების უმეტესობა, ხშირ შემთხვევაში, გამოწვეულია ქსელის კონფიგურაციისას ადმინისტრატორის მიერ უსაფრთხოების ნორმების დარღვევის ან არასაკმარისი ცოდნის გამო.

ყველაზე მნიშვნელოვანია მოხდეს ცოდნის გაზიარება შესაბამის დანაყოფებს შორის და ერთობლივი მუშაობა მსგავს საკითხებზე, რათა ეფექტურად იქნას დაძლეული არსებული პრობლემები და მოხდეს ისეთი ოქმებისა და გადაწყვეტილებების შემუშავება, რომელთა დაცულობა მაქსიმალურად იქნება გარანტირებული.

Wi-Fi Protection Access (WPA) უკაბელო უსაფრთხოების სტანდარტია, რომელიც შემუშავებულია Wi-Fi ალიანსის მიერ, WPA3 კი – მათი უახლესი უსაფრთხოების სტანდარტი. WPA ტექნოლოგია შიფრავს მომხმარებლის მონაცემებს, რათა დაიცვას უკაბელო ქსელები გარე საფრთხეებისგან. WPA3 Personal არის Wi-Fi უსაფრთხოების აუთენტიფიკაციის პროტოკოლი, რომელიც იყენებს სისტემას სახელწოდებით Wi-Fi Device Provisioning Protocol (DPP), რომელიც მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს გამოიყენონ NFC ტეგები ან QR კოდები, რათა დაუშვან მოწყობილობები ქსელში. პერსონალური აუთენტიფიკაციის ეს ვარიანტი უფრო უსაფრთხო ვარიანტია, ვიდრე WPA2.

WPA3 იყენებს თანაბარი დამიფვრის ერთდროულ ავტორიზაციას და ვირტუალური წვდომის წერტილთან შეერთების საშუალებას მხოლოდ იმ მოწყობილობებს აძლევს, რომლებსაც WPA3-ის მხარდაჭერა აქვს.

რა თქმა უნდა, ამ სტანდარტზე გადასვლა ერთიორად აუმჯობესებს ქსელის დაცულობას, თუმცა გადასვლა არც ისე მარტივია, როგორც ერთი შეხედვით ჩანს, რადგან დიდ კომპანიებსა თუ კერძო პირებს მოუწევთ შეცვალონ მთლიანი ქსელური ინფრასტრუქტურა, რომელიც გარკვეულ ხარჯებთანაა დაკავშირებული, თუმცა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამართული და უსაფრთხო ქსელისათვის აუცილებელია გავიღოთ გარკვეული ხარჯები და ენერჯია არ დავიშუროთ.

ლიტერატურა - References:

1. ო. შონია, გ. ნარეშელაშვილი, ი. ქართველიშვილი. უსადენო ქსელების უსაფრთხოება. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018. 115 გვ. CD-3975.
2. ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. ვირტუალური კერძო ქსელის (VPN) აგების კონცეფცია, ქსელის ფუნქციები და მათი კლასიფიკაცია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, N2(26), 2018
3. L. Shonia, S. Kvesitadze, I.Kartvelishvili. Use of Wireless Networks in Reference-Legal Systems and Ensure Information Security. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მოამბე ტ.15, N.2. თბილისი, 2021
4. O. Shonia, L. Kolbaia, I. Kartvelishvili. Wireless Networks, their Type and Methods of Use. International scientific journal AIR TRANSPORT. 1(12) ISBN:1512-4916. Tbilisi, 2017
5. O. Shonia, I. Kartvelishvili. Algorithm of Raising the Security of Routing of Wireless Local Networks. Georgian International Journal of Science and Technology, Nova Science Publishers, Volume 5, Issues 3-4 (2013), in press.

SECURITY OF LOCAL NETWORKS

Otar Shonia, Rati Maisuradze, Irakli Jamatashvili

Georgian Technical University
o.shonia@gtu.ge; maizuradze.rati@gtu.ge;
jamatashvili.irakli@gtu.ge

Summary

The main, key topic of our work is one of the branches of cyber security, "security of local networks", we will try to focus on this topic, however, it is impossible to talk about any specific branch in this field without touching on others, in our profession everything is interconnected and neglecting other fields is not allowed. Our work covers several areas of cyber security, each of which, together and separately, serves the cyber security of us, our companies and the country. When writing a paper, we are bound in certain frameworks (the paper should not exceed 4-5 pages), that is why it is impossible to write from scratch all the necessary aspects that will make our paper understandable to a representative of another field. Based on any research or personal experience, I can tell you that the easiest way to get into an internal network is to bypass the security of your wireless router. We decided to focus on this issue and make the main part of the paper on this topic. Therefore, in order to analyze our reasoning, the listener will need to have a basic level of knowledge of aspects of cyber security and computer networks.

ლარის კურსის ცვლილების დინამიკა 2012-2021 წლებში

ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი,
თემურ მდივნიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია 2012-2021 წლების ეროვნული ვალუტის გაცვლითი კურსის ანალიზი და გავლენა ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. ნაშრომის მიზანია, უცხოური ვალუტის კურსის ცვლილების ანალიზი გრძელვადიან პერიოდში და კვლევის საფუძველზე მათი გავლენის შეფასება საქართველოს მთლიან სამამულო პროდუქტსა და ფასების დინამიკაზე. კვლევისათვის გამოყენებულია ავტორეგრესიული ანალიზის მეთოდი, ასევე საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის, საქართველოს ეროვნული ბანკის, ფინანსთა სამინისტროს მონაცემები.

საკვანძო სიტყვები: ეროვნული ვალუტა; გაცვლითი კურსი; ფასების დონე; რეგრესიული ანალიზი.

1. შესავალი

ეროვნული ვალუტის გაცვლით კურსზე მრავალი მნიშვნელოვანი ფაქტორი ახდენს გავლენას. კონკრეტული ფაქტორის გამოვლენა, რომელიც იწვევს ვალუტის გაუფასურების ან გამყარების ტენდენციას, საკმაოდ რთულია. მნიშვნელოვანია ეროვნულ ვალუტაზე ზემოქმედების ჯამური ეკონომიკური ეფექტის გაანალიზება. გასათვალისწინებელია ასევე, რომ ეროვნული ვალუტის გაცვლით კურსზე გავლენა ახდენს როგორც საგარეო, ისე საშინაო ფაქტორები.

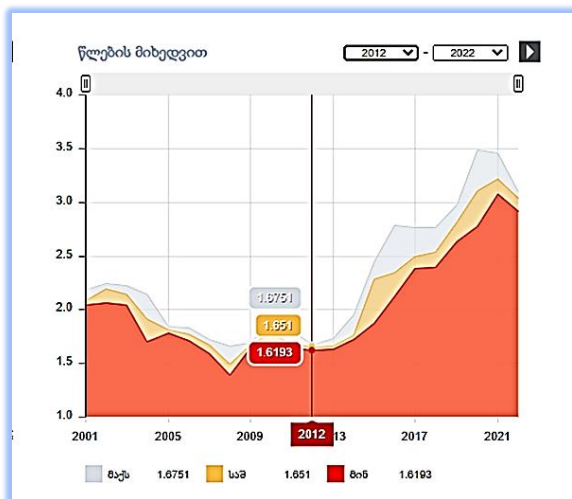
2. ძირითადი ნაწილი

გრძელვადიან პერიოდში ეროვნული ვალუტის გაცვლითი კურსის გაანალიზებისას მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რომ გრძელვადიანი ვალუტის ცვლილების შესწავლა საშუალებას იძლევა შევასოთ გაცვლითი კურსის სავარაუდო ცვლილება და დავადგინოთ ცვლილების დინამიკა მომავალი პერიოდისთვის.

გრძელვადიანი წონასწორობის მოდელები გამიზნულია რეალური გაცვლითი კურსის წონასწორობის შეფასებისთვის. ეკონომისტების მოსაზრებით, გრძელვადიან პერიოდში ინფლაცია და ნომინალური გაცვლითი კურსი ერთმანეთს აბალანსებს. ბოლო წლების მონაცემებით, ლარის რეალური გაცვლითი კურსი დოლართან მიმართებაში გამყარების ტენდენცია ავლენს.

გრძელვადიან პერიოდებში მაკროეკონომიკურ ცვლადებსა და გაცვლით კურსს შორის არსებული დამოკიდებულების დასადგენად, გაცვლითი კურსის მოსალოდნელი დინამიკის შესაფასებლად გამოვიყენოთ საქართველოში 2012-2021 წლების განმავლობაში ეკონომიკური ზრდის პოტენციალი, ტენდენციები, პრიორიტეტული მიმართულებები და მათზე გაცვლითი კურსის გავლენის დადებითი და უარყოფითი შედეგები.

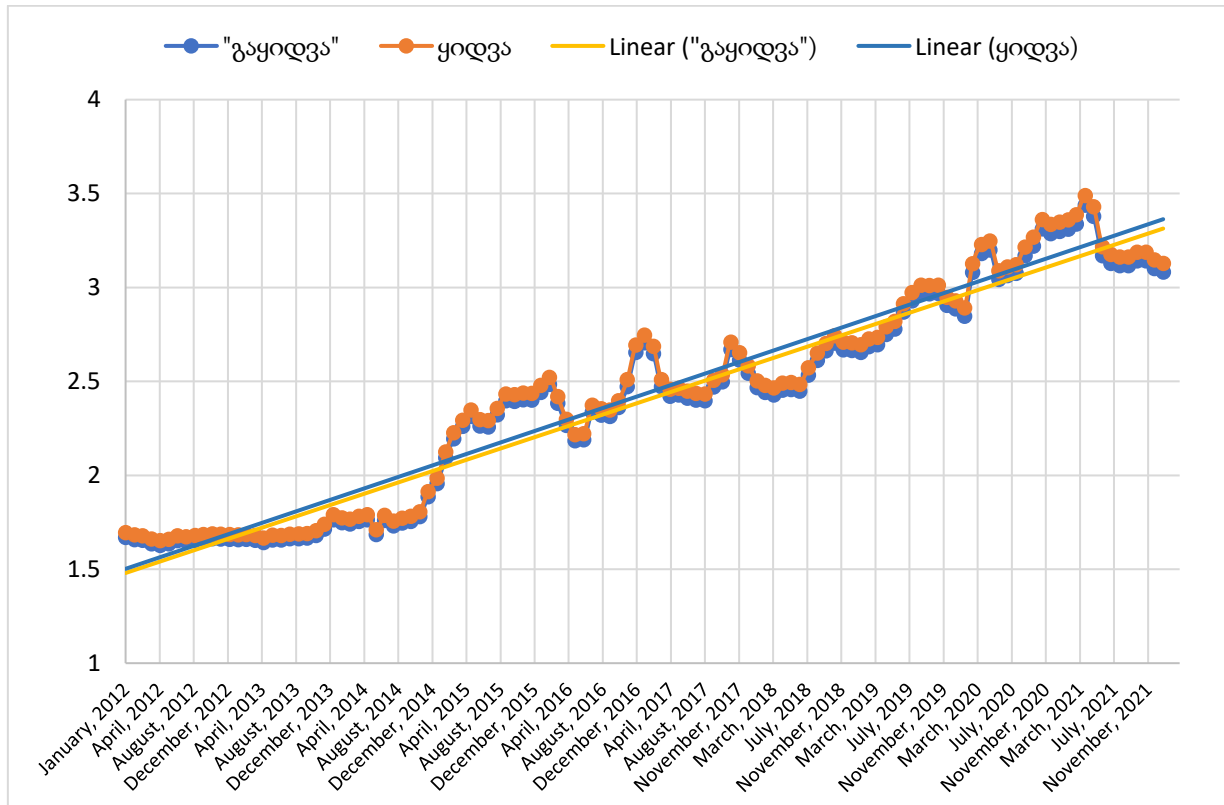
გაცვლითი კურსის ფორმირებაზე, ადგილობრივი ფაქტორების გარდა, გავლენას ახდენს შემდეგი საგარეო ფაქტორები: ფულადი გზავნილები, პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები, სახელმწიფო ბიუჯეტის ბალანსი, სახელმწიფო საგარეო ვალი, ექსპორტი, იმპორტი, ფულის მასა და ქვეყანაში შემოსული ტურისტების რაოდენობა (ნახ.1).



ნახ.1

მე-2 ნახაზზე მოცემული ნომინალური გაცვლითი კურსის დინამიკა 2012-2021 წლებში. გრაფიკზე ნათლად გამოკვეთილია ზრდადი ტენდენცია.

ეროვნული ვალუტის გაცვლითი კურსის ანალიზისათვის მონაცემები აღებულია გრძელვადიან პერიოდში.



ნახ. 2

2007 წელს მთლიანი სამამულო პროდუქტის ზრდის ტემპის შენელება უკავშირდება 2008 წლის რუსეთ-საქართველოს ომსა და გლობალურ ფინანსურ კრიზისს, რამაც საინვესტიციო ნაკადების შემოდინების მკვეთრი კლება განაპირობა, შედეგად 2009 წელს ეკონომიკის ზრდის მაჩვენებელი უარყოფითი იყო და 2012 წლამდე შენარჩუნდა.

2013 წელს მთლიანი სამამულო პროდუქტის საშუალო რეალურმა ზრდამ 3.6%, ხოლო, 2017 წლის ბოლოს ეკონომიკურმა ზრდამ 4.8% შეადგინა. აღნიშნული მატება განპირობებული იყო ვაჭრობის, მშენებლობის, ტრანსპორტის, დამამუშავებელი მრეწველობის, საფინანსო საქმიანობის, სასტუმროებისა და რესტორნების სექტორებში წილის ზრდით. მთლიანობაში, ქვეყნის ეკონომიკური ზრდა გამოწვეული იყო მსოფლიო ეკონომიკის გაჯანსაღებითა და პარტნიორ ქვეყნებში არსებული დადებითი ტენდენციებით, რაც პოზიტიურად აისახება ექსპორტის მაჩვენებლებზე. თუმცა კოვიდ-19 - ის გავრცელებამ ლარის მკვეთრი გაუფასურება გამოიწვია: 2020 წლის მარტის ბოლოს აშშ დოლარის ღირებულება 3.47 ლარს შეადგენდა. თუმცა 2021 წლის მეორე კვარტალში ლარის გაცვლითი კურსი დოლარის მიმართ გამყარდა და გამყარების დონეს ინარჩუნებს.

გრძელვადიან პერიოდში ვალუტის გაუფასურება უკავშირდება იმპორტირებულ და სამამულო საქონელზე ფასების დონეს და ეკონომიკურ ზრდას. აღსანიშნავია, რომ უცხოური ვალუტის შემოდინების მთავარი წყარო ქართველი ემიგრანტების გზავნილებაა.

ეკონომეტრიკული მოდელების უმთავრესი დანიშნულება პროგნოზირებაა და მათ უმრავლესობაში პროგნოზირების პროცედურა შემავალი ცვლადების დროით მწკრივებს ეყრდნობა. ნომინალურ გაცვლით კურზე მოქმედი ფაქტორების და მათი გავლენის ანალიზისათვის გამოვიყენოთ ვექტორული ავტორეგრესიული მოდელი. აღნიშნული მოდელი ითვალისწინებს დროითი მწკრივის მნიშვნელობებს და აფასებს ცვლადებს შორის ურთიერთკავშირს.

ვექტორ-ავტორეგრესიული (VAR) მეთოდოლოგიით წარსული მონაცემები შეიცავს ინფორმაციას მოცემული ცვლადის სამომავლო დინამიკის შესახებ, შესაბამისად პროგნოზი შესაძლებელია წარმოვადგინოთ როგორც წარსული მონაცემების ფუნქცია

$$Y_t = C_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + BX_t + e_t ,$$

სადაც Y_t ენდოგენური (დამოკიდებული) ცვლადების ვექტორი; C_0 - გადაკვეთის კოეფიციენტების ვექტორი; α - ენდოგენური ცვლადების დროითი ლაგების კოეფიციენტების მატრიცა; B - ეგზოგენური

ცვლადების კოეფიციენტების მატრიცა; X_t - ეგზოგენური (დამოუკიდებელი) ცვლადების ვექტორი; et - სტრუქტურული შოკების (გარე ზემოქმედების) ვექტორი.

ვექტორული ავტორეგრესიული ანალიზისთვის ვიყენებთ ყოველთვიურ მონაცემებს, რომელიც 2012 - 2021 წლის პერიოდებს მოიცავს. მოდელი მოიცავს სამ ენდოგენურ ცვლადს: ნომინალური გაცვლითი კურსის ლოგარითმი, სხვაობის (ექსპორტისა და იმპორტის) ლოგარითმი და სამომხმარებლო ფასების ინდექსი. ვექტორის ავტორეგრესიულ მოდელში ლაგების რაოდენობა განისაზღვრა LR-ით (Log Likelihood Ratio) და ინფორმაციის კრიტერიუმებზე დაყრდნობით. რეგრესიის ზომისა და მონაცემების შეზღუდულობის გათვალისწინებით, მოდელის სწორად შესაფასებლად საჭიროა მინიმალური ოდენობის ლაგების აღება. მთლიანობაში გვაქვს ცვლადების 120 დაკვირვება, გარდა რეალური გაცვლითი კურსის ცვლადისა, ვინაიდან დროითი მწკრივი არ არის დაბალანსებული და რეალური გაცვლითი კურსის ყოველთვიური ცვლილების ცვლადის შექმნისას დაიკარგა რამდენიმე დაკვირვება. ჩვენს მოდელში ოპტიმალური ლაგების რაოდენობა 3 ლაგით განისაზღვრა.

ცვლადებზე გავლენის შესაფასებლად შემუშავდა კლასიკური ვექტორული ავტორეგრესიული მოდელი ფიქსირებული კოეფიციენტებით (ნახ.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		თვე წელი	\$/ლარი	lag 1	lag 2	lag 3			თვე წელი	\$/ლარი	lag 1	lag 2	lag 3			
3		იან.2012	1,6690						აპრ.2012	1,6351	1,6531	1,6574	1,6690			
4		თებ.2012	1,6574	1,6690					მაი.2012	1,6269	1,6351	1,6531	1,6574			
5		მარ.2012	1,6531	1,6574	1,6690				ივნ.2012	1,6345	1,6269	1,6351	1,6531			
6		აპრ.2012	1,6351	1,6531	1,6574	1,6690			ივლ.2012	1,6522	1,6345	1,6269	1,6351			
7		მაი.2012	1,6269	1,6351	1,6531	1,6574			აგვ.2012	1,6477	1,6522	1,6345	1,6269			
8		ივნ.2012	1,6345	1,6269	1,6351	1,6531			სექ.2012	1,6531	1,6522	1,6345	1,6269			
9		ივლ.2012	1,6522	1,6345	1,6269	1,6351			ოქტ.2012	1,6598	1,6531	1,6477	1,6522			
10		აგვ.2012	1,6477	1,6522	1,6345	1,6269			ნოვ.2012	1,6620	1,6598	1,6531	1,6477			
11		სექ.2012	1,6531	1,6477	1,6522	1,6345			დეკ.2012	1,6601	1,6620	1,6598	1,6531			
12		ოქტ.2012	1,6598	1,6531	1,6477	1,6522			იან.2013	1,6598	1,6601	1,6620	1,6598			
13		ნოვ.2012	1,6620	1,6598	1,6531	1,6477			თებ.2013	1,6568	1,6598	1,6601	1,6620			
14		დეკ.2012	1,6601	1,6620	1,6598	1,6531			მარ.2013	1,6598	1,6568	1,6598	1,6601			
15		იან.2013	1,6598	1,6601	1,6620	1,6598			აპრ.2013	1,6539	1,6598	1,6568	1,6598			
16		თებ.2013	1,6568	1,6598	1,6601	1,6620			მაი.2013	1,6410	1,6539	1,6598	1,6568			
17		მარ.2013	1,6598	1,6568	1,6598	1,6601			ივნ.2013	1,6555	1,6410	1,6539	1,6598			
18		აპრ.2013	1,6539	1,6598	1,6568	1,6598			ივლ.2013	1,6650	1,6555	1,6410	1,6539			
19		მაი.2013	1,6410	1,6539	1,6598	1,6568			აგვ.2013	1,6614	1,6650	1,6555	1,6410			
20		ივნ.2013	1,6555	1,6410	1,6539	1,6598			სექ.2013	1,6621	1,6614	1,6550	1,6555			
21		ივლ.2013	1,6550	1,6550	1,6555	1,6410			ოქტ.2013	1,6650	1,6621	1,6614	1,6550			
22		აგვ.2013	1,6614	1,6550	1,6555	1,6410			ნოვ.2013	1,6788	1,6650	1,6621	1,6614			
23		სექ.2013	1,6621	1,6614	1,6550	1,6555			დეკ.2013	1,7137	1,6788	1,6650	1,6621			
24		ოქტ.2013	1,6650	1,6621	1,6614	1,6550			იან.2014	1,7627	1,7137	1,6788	1,6650			
25		ნოვ.2013	1,6788	1,6650	1,6621	1,6614			თებ.2014	1,7471	1,7627	1,7137	1,6788			
26		დეკ.2013	1,7137	1,6788	1,6650	1,6621			მარ.2014	1,7403	1,7471	1,7627	1,7137			
27		იან.2014	1,7627	1,7137	1,6788	1,6650			აპრ.2014	1,7545	1,7403	1,7471	1,7627			
28		თებ.2014	1,7471	1,7627	1,7137	1,6788			მაი.2014	1,7633	1,7545	1,7403	1,7471			
29		მარ.2014	1,7403	1,7471	1,7627	1,7137			ივნ.2014	1,6848	1,7633	1,7545	1,7403			
30		აპრ.2014	1,7545	1,7403	1,7471	1,7627			ივლ.2014	1,7593	1,6848	1,7633	1,7545			
31		მაი.2014	1,7633	1,7545	1,7403	1,7471			აგვ.2014	1,7301	1,7593	1,6848	1,7633			

ნახ. 3

ჩავატარეთ რეგრესიული ანალიზი ვალუტის კურსის ცვლილების დინამიკის შესაფასებლად. ცვლადების სტაციონარურობის შესაფასებლად ვიყენებთ კორელაციის დიაგრამებს.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	SUMMARY OUTPUT											
2												
3	Regression Statistics											
4	Multiple R	0,993982										
5	R Square	0,988										
6	Adjusted R	0,987791										
7	Standard Error	0,06054										
8	Observations	118										
9												
10	ANOVA											
11		df	SS	MS	F	Significance F						
12	Regression	2	34,70147	17,35073	4734,076	3,6E-111						
13	Residual	115	0,421483	0,003665								
14	Total	117	35,12295									
15												
16		Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%			
17	Intercept	0,033255	0,025133	1,323154	0,188409	-0,01653	0,08304	-0,01653	0,08304			
18	lag 1	1,327005	0,087781	15,11728	4,26E-29	1,153128	1,500881	1,153128	1,500881			
19	lag 2	-0,33752	0,087714	-3,84801	0,000196	-0,51127	-0,16378	-0,51127	-0,16378			
20												
21												
22												

ნახ. 4

მიღებული შედეგის მიხედვით, ავტოკორელაციური კავშირი უარყოფითია. აღნიშნული ადასტურებს მოსაზრებას, რომ ერთი ლაგი საკმარისია ანალიზისათვის. გრძელვადიან პერიოდში ეროვნული ვალუტის კურსის სტაბილურობა დამოკიდებულია საქართველოს ეკონომიკის ზრდაზე. ეკონომიკის სწრაფი ტემპით ზრდა გაამყარებს მოლოდინს, რომ ეროვნული ვალუტა გამყარდება.

3. დასკვნა

ნაშრომში განვიხილეთ VAR მოდელი, რომელიც გაცვლითი კურსისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზის საშუალებას იძლევა. სასურველია, ამ მიმართულებით მოხდეს კვლევის გაგრძელება ეკონომიკაზე ადაპტირებული მოდელის შესაქმნელად, რომელიც გაცვლითი კურსის დინამიკის მოდელირების საშუალებას მოგვცემს.

ლიტერატურა - References:

1. ი. ანანიაშვილი. ეკონომეტრიკა. სახელმძღვანელო. მეორე შევსებული და შესწორებული გამოცემა. თბილისი: მერიდიანი, 2012. 412 გვ.
2. Plata, P. A., & Herrero, A. G. , 2008. To Dollarize or De-dollarize. Consequences for Monetary Policy (No. 0808).
3. მონეტარული პოლიტიკის ანგარიში, 2021 წ. (აპრილი). საქართველოს ეროვნული ბანკი. <https://www.nbg.gov.ge/>
4. მონეტარული პოლიტიკის ანგარიში, 2020 წ. (ნოემბერი). საქართველოს ეროვნული ბანკი. <https://www.nbg.gov.ge/>

THE DYNAMICS OF THE EXCHANGE RATE OF GEL IN 2012-2021

Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Temur Mdivnishvili

Georgian Technical University

o.khutsishvili@gtu.ge; t_khutsishvili@gtu.ge; tmdivnishvili@bog.ge

Summary

Analysis of the exchange rate of the national currency in 2012-2021 and its impact on economic indicators are discussed. The aim of the paper is to analyze the changes in foreign exchange rates in the long term and to assess their impact on the total domestic product of Georgia and price dynamics based on research. The autoregressive analysis method is used for the research. The data of the National Statistical Service of Georgia, the National Bank of Georgia, and the Ministry of Finance were used for the analysis.

ქსელურ კომუნიკაციებში უსაფრთხოების პროტოკოლების დამუშავებასა და გავრცელებასთან დაკავშირებული პრობლემები

ნოდარ ლომინაძე, გიორგი ბარკავა, რუსუდან პაპიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

მოვემუღია ქსელური კომუნიკაციების განვითარების პროცესში წარმოქმნილი პრობლემები და მათი დაძლევის ახალ შესაძლებლობებთან დაკავშირებული საკითხები. განხილულია WEB სისტემის გამოყენებითი HTTP პროტოკოლი ინტერნეტის TCP/IP პროტოკოლების შუალედურ TLS პროტოკოლთან ურთიერთობის მაგალითზე, ასევე განხილულია TLS პროტოკოლის როლი სიმეტრიული შიფრაციის მეთოდების განვითარებაში, განსაკუთრებით AES და AES GCM შემთხვევებში. ნაჩვენებია კომუნიკაციის მხარეების მისაღმების (Handshake) პროცედურებში ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფიის უპირატესობა RSAW პროტოკოლთან შედარებით და მისი Web სისტემაში სწრაფად გავრცელების მნიშვნელობა.

საკვანძო სიტყვები: შიფრი; შიფრების კრებული; ტრანსპორტის დონის მისაღმება; კლიენტის და სერვერის აუთენტიკაცია; მონაცემთა მთლიანობა; ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფია.

1. შესავალი

კიბერუსაფრთხოებაში მიღწეული შედეგების მიუხედავად, ამ მიმართულებით დღეისათვის არსებობს გამოწვევები სხვადასხვა მიმართულებით, რომელთა დაძლევა მასშტაბურ კვლევასა და საინჟინრო სამუშაოების შესრულებას მოითხოვს. ამ სამუშაოთა შესრულების საჭიროება მოტივირებულია არსებული მდგომარეობით, რაც შეიძლება შემდეგნაირად დახასიათდეს:

1) ინფორმაციული უსაფრთხოების სისტემების დამუშავების საქმეში ერთ-ერთი ძირითადია მათემატიკური მოდელები, რომლებიც შემუშავებულ იქნა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში და რომლებიც ამჟამად გავრცელებული გამოთვლითი ტექნიკის პირობებში ქმნის საშუალებებს მონაცემთა დაცვის სისტემების დაპროექტირებისა და იმპლემენტაციის სფეროში. ამავე დროს მათემატიკა არ გამოირჩევა, რომ ამჟამად გამოყენებული მოდელებისათვის დამუშავებულ იქნას ახალი გამოთვლითი სქემები, რომელთა გამოყენება ძირს გამოუთხრის ამჟამად საიმედოდ მიჩნეულ მეთოდებს, რაც მოითხოვს მოძველებული ალგორითმების ახლით შეცვლას და ეს მასშტაბურ კომპიუტერულ ქსელებში დიდ დროსა და ძალისხმევასთან არის დაკავშირებული;

2) დღეისათვის უკვე ვრცელდება მოსაზრება, რომ მომავალ ხუთ წელში შეიძლება შეიქმნას ახალი ტექნოლოგიის კვანტური კომპიუტერი, რომელიც ამჟამად არსებულ კომპიუტერთან შედარებით რამდენიმე რიგით უფრო სწრაფი იქნება და მათი გამოყენების შემთხვევაში ალგორითმები, რომლებიც დღეისათვის ძნელად შესასრულებლად ითვლება მყარად გადაინაცვლებს ადვილად შესრულებულ ალგორითმების კატეგორიაში. რაც შეეხება ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხებს ბევრი მიმართულებით, ამჟამად მიმდინარეობს იმის შეფასება, თუ რამდენად ფართოდ გავრცელდება კვანტური კომპიუტერი და იმის დადგენას, თუ, მისი არსებობის პირობებში, რომელი ალგორითმები და რა პარამეტრებით შეინარჩუნებს ქმედითობას. ამგვარად, მიმდინარეობს მოსამზადებელი სამუშაოები სერიოზული გაურკვევლობის პირობებში;

3) ინფორმაციული უსაფრთხოების სფეროში ახალი პროტოკოლებისა და სტანდარტების შექმნა და გავრცელება დიდი მოცულობის და მრავალმხრივი სამუშაოების შესრულებას მოითხოვს. კერძოდ, სპეციალისტებმა გამოიკვლიონ ახალი ალგორითმის მახასიათებლები, რასაც წლები სჭირდება, უნდა შეიქმნას მისი გამოყენების სათანადო სტანდარტი და ამ სტანდარტს რეკომენდაცია მიეცეს რომელიმე ორგანიზაციისგან, როგორცაა, მაგალითად, NIST (National Institute of Standards and Technology) და დაიწყება მისი თანდათანობითი გავრცელება, რაც აგრეთვე წლებს მოითხოვს. როგორც ვხედავთ, ეს საკმაოდ ნელი პროცესია და ამას განაპირობებს ისიც, რომ ამ დროს ქსელში ერთდროულად გამოიყენება როგორც მოძველებული, ისე ახალი, გაუმჯობესებული სტანდარტები, რაც განპირობებულია იმით, რომ ორგანიზაციებს არ სურთ სტანდარტის შეცვლასთან დაკავშირებით დამატებითი სამუშაოს შესრულება. მეორე მხრივ, როგორც წესი, ქსელში უზრუნველყოფილი უნდა იქნას ნებისმიერ ორ კვანძს შორის კომუნიკაციების შესაძლებლობა; ამით კვანძებს იყენებენ როგორც მოძველებულ, ისე განახლებულ სტანდარტებს;

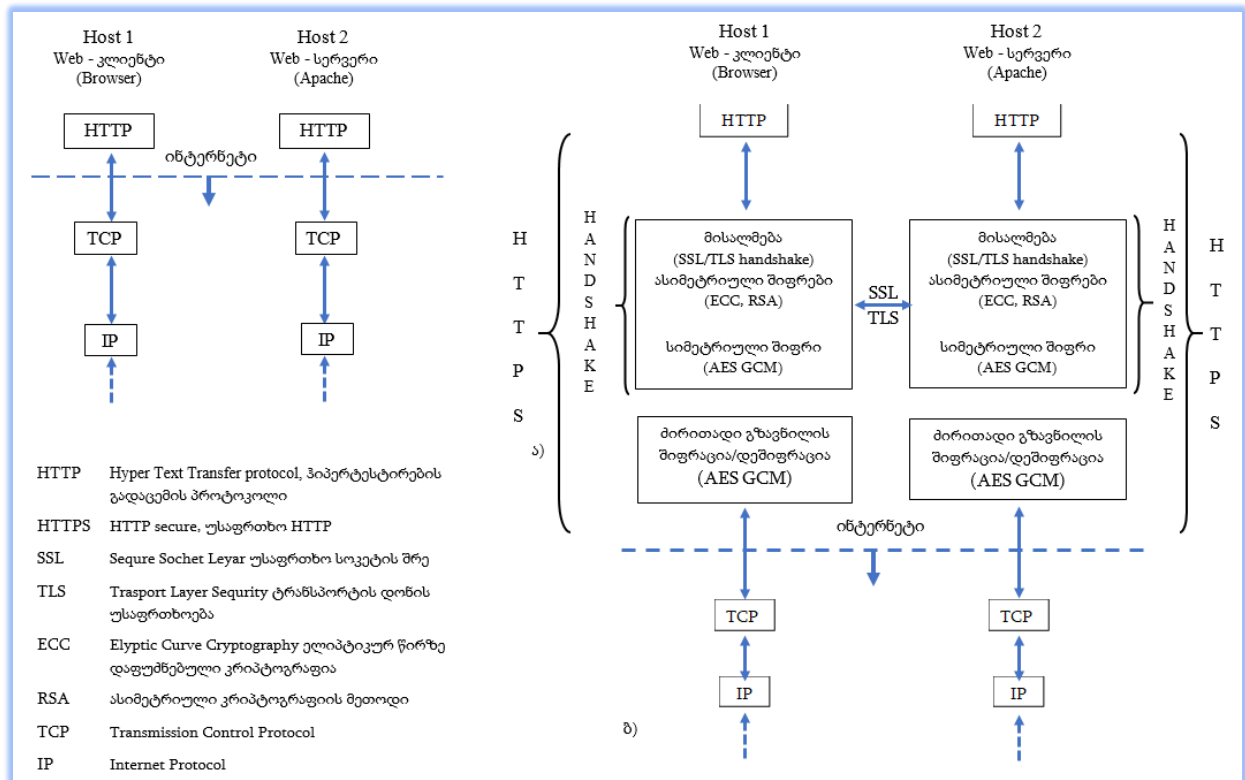
4) ტექნიკური საშუალებები, როგორც წესი, სპეციფიკაციის შესაბამისად, მდგრადად მუშაობს, მაგრამ სიტუაცია მკვეთრად იცვლება, როცა საქმეში სხვადასხვა მიზნის მქონე ადამიანები და ორგანიზაციები ერევიან. მაგალითად, ჰაკერები იკვლევენ პროტოკოლებში არსებულ სისუსტეებს და შეცდომებს მათი არამართებული გამოყენების მიზნით, ხოლო ზოგიერთი ორგანიზაცია პროგრამისტებისგან მოითხოვს, რომ პროტოკოლის განმარტებულ პროგრამულ უზრუნველყოფაში მათ გაითვალისწინონ ე.წ. „უკანა შესასვლელი“ (Back Doors), რაც მათ საშუალებას მისცემს ნაკლები დანახარჯებით მოახდინონ დიდი ზომის ინფორმაციიდან საჭიროს ამოღება.

2. ძირითადი ნაწილი

ზემოთქმულის და სხვა ფაქტების გათვალისწინებით განვიხილოთ ინფორმაციული უსაფრთხოების განვითარების ძირითადი ეტაპები და პერსპექტივები HTTPS გამოყენებითი სისტემის მაგალითზე, რომელიც HTTP პროტოკოლის გაუმჯობესებული ვერსიაა, (HTTP Sequare), რომლის ფუნქციონირების ზოგადი სქემა ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.

როგორც ვხედავთ, HTTP და HTTPS გამოყენებითი სისტემები ეყრდნობა ინტერნეტს TCP/IP პროტოკოლების საშუალებით. პროტოკოლი TCP, კლიენტსა და სერვერს შორის ლოგიკური კავშირის დამყარების გზით, უზრუნველყოფს მათ შორის მონაცემების საიმედო გადაცემას, მიუხედავად იმისა, მონაცემი დაუშიფრავია თუ დაშიფრული. იგი მონაცემს განიხილავს, როგორც დანომრილი ბაიტების მიმდევრობას და ქსელში მონაცემის დაკარგვის შემთხვევაში ახდენს მონაცემის აღდგენას განმეორებითი

გადაგზავნის გზით ე.წ. „მცურავი ფანჯარის“ გამოყენებით. რაც შეეხება 9P პროტოკოლს, იგი დაფუძნებულია ინტერნეტში მონაცემთა პაკეტების დეიტაგრამულ გადაცემაზე და აქაც შეცდომების შემთხვევაში ხდება მონაცემის აღდგენა განმეორებითი გადაცემის გზით. რამდენადაც TCP/9P პროტოკოლების სისტემა ეყრდნობა ლოკალურ და კორპორაციულ ქსელებს, მათში მონაცემთა გადაცემის უსაფრთხოება გავლენას ახდენს მთლიანობაში ინტერნეტის უსაფრთხოებაზე და გათვალისწინებულია მონაცემთა გადაცემისას შეცდომების აღმოჩენისა და გასწორების მეთოდები.



ნახ. 1

უნდა აღინიშნოს, რომ ინტერნეტის პროტოკოლების სტეკის ქვემო დონეებში, მოწყობილობის მნიშვნელობის მიხედვით, ხშირად გამოიყენება მონაცემთა კოდირების მეთოდები, რომლებიც იძლევა არა მარტო შეცდომების აღმოჩენის, არამედ მათი ავტომატურად გასწორების საშუალებას. ასეთებია, მაგალითად, კომპიუტერის ძირითად მეხსიერებაში ბიტური შეცდომის აღმოჩენა-გასწორება ჰემინგის კოდის (Hamming Code) და საკომუნიკაციო არხში პაკეტური შეცდომის აღმოჩენა-გასწორება კოდირების რიდ-სოლომონის (Reed-Solomon Encoding) მეთოდის გამოყენებით.

ამგვარად, შეიძლება ითქვას, რომ TCP/9P ინტერნეტის და სხვა ქვემდებარე პროტოკოლები უზრუნველყოფს მონაცემთა უსაფრთხო გადაცემის მახასიათებელს (Data Integrity), თუმცა მათში არ არის გათვალისწინებული მონაცემთა კონფიდენციალობის ანუ საიდუმლოების უზრუნველყოფის საშუალებები, რამაც წარმოქმნა HTTPS შექმნის საჭიროება.

როგორც მე-2 ნახაზი გვიჩვენებს, SSL/TLS პროტოკოლი განთავსებულია HTTP და TCP პროტოკოლებს შორის, როგორც პროტოკოლების შუალედური, დამატებითი შრე. მისი დანიშნულებაა განახორციელოს დიალოგი (მისალმება) კლიენტისა და სერვერის ამ დონეებს შორის კრიპტოგრაფიულ შესაძლებლობათა შეთანხმების მიზნით, რაც აუცილებელია შემდგომში HTTP პროტოკოლებს შორის მონაცემების გაცვლისათვის სიმეტრიული (სწრაფი) შიფრაციის ალგორითმის გამოყენებით. ამ მიზნის მისაღწევად მისალმების პროცედურებში გამოიყენება ასიმეტრიული კრიპტოგრაფია ღია გასაღებით, როგორცაა, მაგალითად, RSA და ECC.

მისალმების პროცედურის დანიშნულებაა შემდეგი სამი ძირითადი მიზნის მიღწევა:

- ✓ კლიენტსა და სერვერს შორის კომუნიკაციისთვის აუცილებელი შეთანხმებული შიფრების კრებულების დადგენა;
- ✓ კლიენტისა და სერვერის (უფრო ხშირად სერვერის) აუთენტიკაცია;

✓ მონაცემთა შიფრაცია/დეშიფრაციისთვის საჭირო სიმეტრიული ანუ სესიის გასაღების დადგენა.

ამ მიზნის მიღწევა ეფუძნება შიფრის და შიფრების კრებულის ცნებებს. შიფრი (Cipher) არის კრიპტოგრაფიაში გამოყენებული ისეთი ალგორითმები, როგორცაა, მაგალითად, შიფრაცია, დეშიფრაცია და სხვა. შიფრების კრებული (Cipher Suite) შიფრების ერთობლიობაა, რაც მხარეებს შორის კომუნიკაციას უზრუნველყოფს. მაგალითად, განვიხილოთ შიფრების შემდეგი კრებული:

TLS	ECDHE	ECDSA	with	AES 128 GCM	SHA 256
-----	-------	-------	------	----------------	------------

შიფრები ამ კრებულში:

- TLS განსაზღვრავს ერთ-ერთს ბოლო დროს მოქმედი ვერსიებიდან – TLS 1.2 ან TLS 1.3. ვერსია TLS 1.2 გამოიყენება ბოლო 15–20-წლიან პერიოდში და მრავალმხრივი გამოცდის შემდეგ ჩამოყალიბდა ისეთი ვერსია, რომელიც შეიცავს 37 შიფრთა კრებულს. რაც შეეხება TLS 1.3, იგი განახლებული ვერსიაა, ითვლება თვისობრივად გაუმჯობესებულად და მოიცავს შიფრების 5 კრებულს;

- ECDHE (Elliptic Curve Diffie – Hellman Ephemeral) დიფ-ჰელმანის ალგორითმი, რომელიც იყენებს ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებულ კრიპტოგრაფიას და განკუთვნილია ერთჯერადი გამოყენების სიმეტრიული გასაღების შესაქმნელად. ამგვარად, იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ე.წ. სრულყოფილი ფორვარდული კრიპტოგრაფია (Perfect Forward Cryptography), რაც კრიპტანალიზის შედეგია, რადგან ერთი და იმავე გასაღებით გზავნილების დაშიფვრა არ ხდება;

- ECDSA (Ellyptic Corve Digital კSignature Algorithm) ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული ციფრული ხელმოწერის ალგორითმი და დღეისათვის ითვლება საუკეთესო ალგორითმად;

- AES 128 GCM არის AES (Advanced Encryption Standard) სიმეტრიული შიფრაციის განსაკუთრებულად ეფექტური ალგორითმი, 128-ბიტანი სიმეტრიული გასაღებით და გალუას მთვლელის მეთოდით (Galois Counter Mode), რაც საშუალებას იძლევა გადაიგზავნოს მონაცემები, რომლებიც შეიცავს როგორც კონფიდენციალურ, დასაშიფრავ, ისე ღია ტექსტით გადასაცემ ნაწილებს;

- SHA 256 – კრიპტოგრაფიული ჰეშირების ალგორითმი, რომელიც გამოიყენება როგორც ციფრული ხელმოწერის, ისე მონაცემთა გადაცემის სისწორის კონტროლის საკითხებში.

რადგანაც როგორც კლიენტში (ბრაუზერში), ისე სერვერში შეიძლება ინსტალირებული იყოს რეკომენდებული შიფრთა კრებულიდან მხოლოდ რამდენიმე, მისაღმებისას საჭიროა, პირველ რიგში, გაირკვეს ის შიფრთა კრებულები, რომლებიც ინსტალირებულია როგორც კლიენტს, ისე სერვერის მხარეს და ამოირჩეს საერთო კრებული, რომლის გამოყენებით ხდება მონაცემების გაცვლა კომუნიკაციაში მონაწილე მხარეებს შორის. უკანასკნელ პერიოდში გავრცელებულია TLS პროტოკოლის ვერსია TLS 1.2 და TLS 1.3. TLS 1.2 მოიცავს 37 შიფრთა კრებულს, ხოლო TLS 1.3, რომელიც TLS 1.2-ის გაუმჯობესებული ვერსიაა, მოიცავს მხოლოდ 5 კრებულს, როგორც ეს მე-2 ნახაზზეა.

37 კრებული	{	1. TLS 1.2	ECDHE	ECDSA	with	AES_128_GCM	SHA256
		2. TLS 1.2	ECDHE	ECDSA	with	AES_256_GCM	SHA384
		.					
		.					
		.					
		36. TLS 1.2	DHE	RSA	with	AES_128_CBC	SHA256
		37. TLS 1.2	DHE	RSA	with	AES_256_CBC	SHA256

ა)

5 კრებული	1.	TLS 1.3	ECDHE ECDSA AES_256_GCM	SHA384
	2.	TLS 1.3	ECDHE ECDSA CHACHA20_POLY1305	SHA256
	3.	TLS 1.3	ECDHE ECDSA AES_128_GCM	SHA256
	4.	TLS 1.3	ECDHE ECDSA AES_128_CCM_8	SHA256
	5.	TLS 1.3	ECDHE ECDSA AES_128_CCM	SHA256

ნახ. 2

როგორც ნახაზი გვიჩვენებს, TLS 1.2 შემთხვევაში თითოეული შიფრთა კრებული ხასიათდება 5 მონაცემით, ხოლო TLS 1.3 შემთხვევაში მხოლოდ ორი მონაცემით. გარდა ამისა, TLS 1.2 მოიცავს 37 კრებულს, რომელთაგან ზოგიერთი მოძველებულია და ინერციით შემორჩენილი ბრაუზერებსა და სერვერებში. რაც შეეხება TLS 1.3, აქ განსაზღვრულია მხოლოდ 5 კრებული და ყველა მათგანი იყენებს ECDHE და ECDSA შიფრებს, რაც ამარტივებს ამორჩევის პროცესს (ნახ-ზე ეს ნაჩვენებია წყვეტილგვერდებიან მართკუთხედში მოქცეული ელემენტებით). გარდა ამისა, ელიპტიკური კრიპტოგრაფიის გამოყენება საშუალებას იძლევა განხორციელდეს სრულყოფილი ფორვარდული საიდუმლოება, რაც უზრუნველყოფილია ECDHE-ის გამოყენებით და სწრაფქმედებით, რაც მიიღწევა ECDSA-ის გამოყენებით.

ბოლო 10–15 წლებში შიფრების კრებულებში უფრო ხშირად გამოიყენებოდა RSA კრიპტოგრაფია, როგორც კარგად დამუშავებული და გავრცელებული. ამავე დროს ბოლო 10 წელში ვითარდებოდა ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული კრიპტოგრაფია, რომელიც, თუმცა გამოირჩევა შედარებით სირთულით და მოითხოვს მეტ ყურადღებას ინსტალაციის ეტაპზე, ხასიათდება RSA შიფრზე უკეთესი სწრაფქმედებით და ჰაკერების შეტევებისადმი მედეგობით. ამ ორი შიფრის შედარება მოცემულია ცხრილში:

Security (bits)	RSA (key length)	ECC (key length)
80	1024	160-223
112	2048	224-255
128	3072	256-383
192	7680	384-511
256	15360	512 +

აქ მახასიათებელი security მიუთითებს იმაზე, თუ რა ზომის გამოთვლები იქნება ჩასატარებელი შიფრის გასატეხად უხეში ძალის (Brute Force) გამოყენების შემთხვევაში, რაც იზომება, როგორც 2^{80} , 2^{122} და ა.შ. 2^{256} . როგორც ცხრილი გვიჩვენებს, RSA შიფრს გასაღებით 2048 ბიტი შეესაბამება ECC გასაღები სიგრძით დიაპაზონში 224-255, ხოლო RSA შიფრს გასაღებით 7680 ბიტი – ECC შიფრი გასაღებით დიაპაზონში 384-511 ბიტი, რაც მიუთითებს ECC შიფრის უპირატესობაზე, RSA შიფრთან შედარებით.

საზოგადოებაში გავრცელებულია მოსაზრება ინფორმატიკის მიღწევების სწრაფად გავრცელების შესახებ. მაგრამ აქ უნდა განსხვავდეს კარგად დამუშავებული საშუალებების გავრცელების სისწრაფე მათი დამუშავების ხანგრძლივობისაგან. მაგალითად, კარგად დამუშავებული მობილური ტელეფონები და ლეპტოპები სწრაფად ვრცელდება მთელ საზოგადოებაში. რაც შეეხება ახალი საშუალებების შექმნას, იგი დიდ დროს მოითხოვს. მაგალითად, TLS პროტოკოლის დამუშავება დაიწყო 2006 წლამდე და პირველი ვერსია TLS 1.1 შეიქმნა 2006 წელს. მომდევნო გაუმჯობესებული ვერსია შეიქმნა 2009 წელს და მოქმედია დღევანდლამდე მიღწევად რეჟიმში. რაც შეეხება საბოლოო ვერსიას TLS 1.3, იგი შეიქმნა 2009 წელს და დღეისთვის ძირითადი. მის შექმნასა და გავრცელებას დასჭირდა 10 წელი და 28 შუალედური პროექტის რეალიზება ინფორმატიკის სფეროში უმსხვილესი კორპორაციების მონაწილეობით.

3. დასკვნა

კრიპტოგრაფიაში გამოყენებული შიფრების საიმედოობა ეყრდნობა გამოთვლებთან დაკავშირებულ სირთულეებს, მაგრამ, როგორც წესი, არავის დაუმტკიცებია, რომ არ არსებობს ახალი ალგორითმები, რომლებიც, ამჟამად მოქმედ ალგორითმებთან შედარებით, გაცილებით სწრაფქმედია და, ამგვარად, მოხდება მოქმედი შიფრების ეფექტურობის კომპრომეტაცია. მაგალითად, RSA ალგორითმის სიმყარე დაფუძნებულია რიცხვების მარტივ მამრავლებად დაშლის სირთულეზე და ახალი, უფრო სწრაფი ალგორითმის დამუშავება გამოიწვევს მოქმედი ალგორითმის კომპრომეტაციას: საჭირო გახდება ძველის შეცვლა ან გასაღების სიგრძის გაზრდა, რაც გამოიწვევს შიფრაცია/დეშიფრაციის ოპერაციების შენელებას. რაც შეეხება ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებულ კრიპტოგრაფიას (ECC), აქ შიფრის სიმყარე დაფუძნებულია $P=nQ$ სკალარულ ნამრავლში n -ის პოვნის სირთულეზე, სადაც P და Q წირზე მდებარე წერტილებია, ხოლო n – ნატურალური რიცხვი. აქაც, ახალი, უფრო ეფექტური ალგორითმის შემუშავების შემთხვევაში, საჭირო გახდება მოქმედი ალგორითმის ახლით შეცვლა ან გასაღების სიგრძის გაზრდა.

ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები კრიპტოგრაფიული ფუნქციების ეფექტურობის გაზრდის მიმართულებით, პარალელური გამოთვლების ფართოდ გამოყენების გზით. მაგალითად, ადრე საუკეთესოდ მიჩნეული სიმეტრიული შიფრაციის AES პროტოკოლისათვის შემუშავებულ იქნა AES GCM ბლოკური შიფრი, რომელიც უზრუნველყოფს როგორც პარალელურ გამოთვლებს, ისე ერთდროულად რამდენიმე ფუნქციის შესრულების შესაძლებლობას. მაგრამ არ არის გამორიცხული ახლო მომავალში ახალი, უფრო ეფექტური ალგორითმების დამუშავება, რის გამოყენებაც კომპიუტერულ ქსელში მნიშვნელოვანი სამუშაოების ჩატარებასთან იქნება დაკავშირებული.

ისეთ სისტემებში, როგორცაა WEB, ათასობით და მილიონობით ბრაუზერები (კლიენტები) და სერვერები განთავსებული, რომლებიც იყენებს როგორც მოძველებულ, ისე ახალ, გაუმჯობესებულ შიფრების კრებულებს, რაც ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის შეთანხმებულობის პრობლემებს. ეს პრობლემა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არსებობს, რაც იწვევს სისტემის სწრაფქმედების შემცირებას და მაქსიმალური შეთანხმების მიღწევა მასშტაბური სამუშაოების ჩატარებას მოითხოვს.

საქმეს ართულებს ადამიანური ფაქტორი, რომელიც გამოიხატება არა მარტო ჰაკერული შეტევებით, არამედ იმითაც, რომ ხშირად დაინტერესებული სამთავრობო და კერძო ორგანიზაციები პროგრამისტებისაგან მოითხოვენ, რომ მათ სისტემებში გაითვალისწინონ საიდუმლო შესასვლელები (Back Door).

კიბერუსაფრთხოებისთვის მნიშვნელოვან მუქარას ქმნის კვანტური კომპიუტერები, რომლებიც ალბათ მომავალ ხუთ წელში შეიქმნება და მათი შესაძლებლობები ძირს გამოუთხრის ინფორმაციულ უსაფრთხოებას. ამჟამად უკვე მიმდინარეობს ამგვარი კომპიუტერებისთვის პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება და იმის შეფასება, თუ ამჟამად არსებული ალგორითმებიდან რომელი გაუძლებს მათთან კონკურენციას.

მთლიანობაში მდგომარეობა არც ისე მდგრადია და მომავალ ათწლეულში კაცობრიობის ძირითადი მუქარა კიბერუსაფრთხოებას უკავშირდება ისეთივე სიძლიერით, როგორც სასურსათო უსაფრთხოება.

ლიტერატურა - References:

1. Andrea Corellini. Elliptic Curve Cryptography: a gentle introduction.
2. Patrick Nohe. Taking a Closer Look at the SSL/TLS Handshake.
3. D. McGrew, J. Viega, The Galois/Counter mode of Operation

PROBLEMS RELATED WITH THE DEVELOPMENT AND DISTRIBUTION OF SECURITY PROTOCOLS IN NETWORK COMMUNICATIONS

Nodar Lominadze, Giorgi Barkava, Rusudan Papiashvili
Georgian Technical University
n.lominadze@gtu.ge; giorgi.barkava@gtu.ge; piashvili@gtu.ge

Summary

The paper discusses some problems of network communications and contemporary trends of overcoming them. The discussion is based on the example of interactions of Web application protocol HTTP and TCP/IP protocols using intermediate TLS protocol. The role of TLS in improving AES and AES GCM is analyzed. It is shown the advantage of elliptic curve cryptography over RSA and importance of it's fast propagation in WWW.

კვლევა ღრუბლოვანი სივრცეების უსაფრთხოებასა და გამოწვევებზე

ოთარ ლონია, მიქაელ მალანია, ლუკა შონია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

Web 2.0-ის შემოსვლის შემდეგ ღრუბლოვანი გამოთვლები კიდევ ერთი სპეციფიკური ტერმინი გახდა კომპიუტერულ სამყაროში. ტერმინი ღრუბლოვანი გამოთვლები მომდინარეობს დიაგრამებიდან, რომლებიც ინტერნეტის სიმბოლიზირებისათვის იყო გამოყენებული. ღრუბლოვანი გამოთვლები არ გახლავთ სრულად ახალი კონცეფცია. მას აქვს რთული კავშირი კომპიუტერული პარადიგმის ბადესა და სხვა შესაბამის ტექნოლოგიებთან, როგორცაა სარგებლიანობის გამოთვლები, კლასტერული გამოთვლები და ზოგადად განაწილებული სისტემები. ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარებასთან ერთად თავი იჩინა ახალმა თავდაცვითი პრობლემების კომპლექტმა. თავდაცვითი პრობლემები კი დიდი ბარიერია იმ მომხმარებლისათვის, ვისაც სურს ღრუბლოვანი გამოთვლებთან ადაპტაცია. ღრუბლოვანი სისტემებზე ჩატარებული კვლევებიდან ჩანს, რომ მათ, ვისაც სურს ღრუბლოვანი სისტემებთან ადაპტირება, თავდაცვით პრობლემებს ყველაზე დიდ დაბრკოლებად მიიჩნევენ. ნაშრომში ვეცნობით ღრუბლოვანი გამოთვლების სერვისმოდელს, ამასთან, რამდენიმე თავდაცვით პრობლემებსა და გამოწვევებს.

საკვანძო სიტყვები: ღრუბლოვანი გამოთვლები; ქსელური გამოთვლები; უსაფრთხოება.

1, შესავალი

ღრუბლოვანი გამოთვლები ახალი მოდელია, რომელიც გვამცხევს ერთიან წვდომას მოთხოვნად განაწილებულ რესურსებზე. გასული წლების განმავლობაში ღრუბლოვანი გამოთვლების აღმოცენებამ ინფორმაციული ტექნოლოგიების (IT) ინდუსტრიაზე უზარმაზარი გავლენა მოახდინა. სადაც ისეთი დიდი კომპანიები, როგორცაა Google, Amazon თუ Microsoft ისწრაფვის შექმნას რაც შეიძლება ძლიერი, სანდო და შეღავათიანი ღრუბლოვანი პლატფორმები, ბიზნესსაწარმოები კი ცდილობს შეცვალოს საკუთარი ბიზნესმოდელები, რათა მიიღოს მოგება ამ ახალი პარადიგმისგან[1]. მიუხედავად ამისა, თანამედროვე რეალობაში ჯერ კიდევ მრავალი პრობლემა გვხვდება. ღრუბლოვანი უსაფრთხოების ალენსის (CSA)[2]-ის მიერ ბოლოს ჩატარებული კვლევა აჩვენებს, რომ თავდაცვითი საკითხი გახდა მთავარი შემაშფოთებელი ნაწილი იმ ხალხისა, ვინც იყენებს ღრუბლოვანი გამოთვლით სისტემებს.

ნაშრომში ვიკვლევთ ღრუბლოვანი გამოთვლით სისტემებში არსებულ თავდაცვით საკითხებს. ღრუბლოვანი სივრცეები გამოიყენება როგორც ინტერნეტ-აპლიკაციებში კონკრეტული სერვისების მისაწოდებლად, ისე ინფრასტრუქტურებში, რომლებიც ამ სერვისებს აწვდიან. ჩვენ წარმოდგენილი გვაქვს თავდაცვითი საკითხები, რომლებიც შეიძლება ეხებოდეს მრავალფეროვან აპლიკაციებსა და ინფრასტრუქტურებს. ისეთი თავდაცვითი პრობლემები, როგორცაა ხელმისაწვდომობა, კონფიდენციალურობა, დაუზიანლობის კონტროლი, ავტორიზაცია და ა.შ ასევე საქმის ანგარიში უნდა იქნას შეტანილი.

ნაშრომის დანარჩენი ნაწილი დაყოფილია: მე-2 სექციაში ყურადღება ენიჭება ღრუბლოვანი გამოთვლების განსაზღვრებასა და არქიტექტურას, მე-3 და მე-4 ნაწილები – თავდაცვით პრობლემებსა და გამოწვევებს, ხოლო მე-5 სექციაში მოცემულია ნაშრომის შეჯამება.

ღრუბლოვანი სივრცეებთან დაკავშირებული თავდაცვითი პრობლემები

დღეს ღრუბლოვანი სივრცეებთან დაკავშირებული მრავალი თავდაცვითი პრობლემა არსებობს: თავდაცვითი ხარვეზები, რომლებსაც ღრუბლოვანი სივრცის მომწოდებლები აწყდებიან, ხარვეზები, რომლებსაც მათი მომხმარებლები აწყდებიან; უმეტეს შემთხვევაში, სერვისის მომწოდებელი ვალდებულია საკუთარი ინფრასტრუქტურა და მომხმარებლის მონაცემების დაცულობა უზრუნველყოფს, ხოლო მომხმარებელი ვალდებულია დარწმუნდეს, რომ სერვისის მომწოდებელმა გაიარა საჭირო თავდაცვითი ზომები საკუთარი ინფორმაციის დასაცავად.

ქვემოთ მოცემულია სია, რომელიც ხაზს უსვამს რამოდენიმე თავდაცვით პრობლემას:

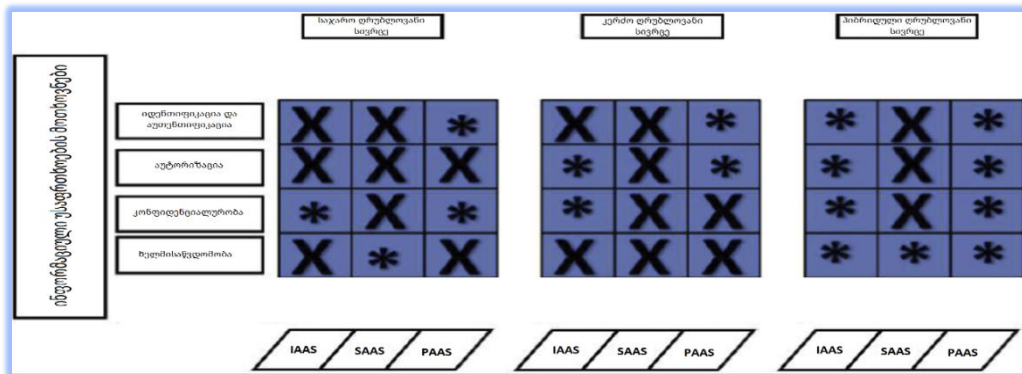
- პრივილეგირებული წვდომა: ვის ააქვს სპეციალიზებული/პრივილეგირებული წვდომა მონაცემებთან? ვინ წყვეტს ამ თანამდებობაზე მყოფი ადმინისტრატორების დასაქმებასა თუ მენეჯმენტს?
- მონაცემთა ლოკაცია: იძლევა თუ არა ღრუბლოვანი სივრცის მომწოდებელი ნებისმიერი სახის კონტროლს მონაცემების ლოკაციაზე?
- მონაცემთა სეგრეგაცია: ხდება მონაცემთა დაშიფრვა ყველა ეტაპზე? სად ხდება ამ შიფრაციის სქემების დიზაინი და მათი გატესტვა გამოცდილი პროფესიონალების მიერ?
- მონაცემთა ხელმისაწვდომობა: შეუძლია ღრუბლოვანი სივრცეების მომწოდებელს მომხმარებელთა მონაცემების სხვა სირველეში გადატანა? ხდება ძველი ღრუბლოვანი სივრცე ამ პროცესის შედეგად კომპრომეტირებული ან ხელმიუწვდომელი?
- მარეგულირებელი შესაბამისობა: აპირებს ღრუბლოვანი სივრცის მომწოდებელი დამატებით უსაფრთხოების აუდიტის ან/და თავდაცვითი სერტიფიკატების აღებას?
- აღდგენა: რა შემთხვევა მონაცემებს კატასტროფის შემთხვევაში და იძლევა თუ არა მომწოდებელი სრული მონაცემების აღდგენას და თუ კი, მაშინ რა დროს წაიღებს ეს პროცესი?
- საგამომძიებლო მხარდაჭერა: შეუძლია თუ არა მომწოდებელს გამოიძიოს ნებისმიერი შეუსაბამო ან არალეგალური აქტივობა?
- გრძელვადიანი სიცოცხლისუნარიანობა: რა მოხდება იმ შემთხვევაში თუ ღრუბლოვანი სივრცის მომწოდებელი კომპანია ბიზნესიდან გავა, უბრუნდება მომხმარებელს საკუთარი მონაცემები და თუ კი, მაშინ რა ფორმატში?

თავდაცვითი პრობლემები ღრუბლოვანი სივრცეების გადაცემისა და განთავსების მოდელზე დაფუძნებით

SaaS[6]-ის პრინციპების გათვალისწინებით, ღრუბლოვანი სივრცის მომწოდებლებს მნიშვნელოვანი პასუხისმგებლობა ეკისრებათ უსაფრთხოების წესების გატარებაზე. იქიდან გამომდინარე, რომ საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეები შედარებით ნაკლებად დაცულია ვიდრე პირადი ღრუბლოვანი სივრცეები, საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეებში მოითხოვება უფრო დიდი თავდაცვითი ნორმების გატარება. ასევე SaaS[6]-ში უფრო რთულია მომხმარებელი დარწმუნდეს, არის თუ არა საჭირო თავდაცვითი ნორმები შენარჩუნება. ასევე პირად ღრუბლოვანი სივრცეებს მომხმარებელზე მორგებული მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად შესაძლოა დასჭირდეს უფრო მეტი განვრცობადობა. შემდეგი მთავარი თავდაცვითი ელემენტები გათვალისწინებული უნდა იქნას როგორც არსებითი ნაწილი SaaS[6] აპლიკაციის განვითარების და განთავსების პროცესში: მონაცემთა უსაფრთხოება, მონაცემთა ადგილმდებარეობა, მონაცემთა მთლიანობა, მონაცემთა სეგრეგაცია, მონაცემებზე წვდომა, მონაცემთა კონფიდენციალურობა, ქსელური უსაფრთხოება, აუთენტიფიცირება და ავტორიზაცია, ხელმისაწვდომობა, იდენტურობის მენეჯმენტი და სისტემაში შესვლის პროცესი. რაც შეეხება PaaS[6]-ს, აქ უკვე მომხმარებლებს შეუძლიათ საკუთარი აპლიკაციების აგება მიწოდებულ პლატფორმებზე. ამრიგად, ეს მომხმარებლის პასუხისმგებლობაა, რომ დაიცვას საკუთარი აპლიკაციები, რამდენადაც მიწოდებლები არიან მათი პასუხისმგებელი იზოლირებისა სხვა მომხმარებლების აპლიკაციებისა თუ სამუშაო სივრცეებისაგან.

მაშასადამე, PaaS[8]-ის ფუნდამენტური უსაფრთხოების მოთხოვნები აპლიკაციების მთლიანობის შენარჩუნება და აუთენტიფიკაციის შემოწმებაა.

IaaS[7] კი უმეტესად გამოიყენება როგორც შესრულების მოდელი. თავდაცვით საკითხთან დაკავშირებული მთავარი ინტერესი კი ვლინდება იმაში, რომ შენარჩუნდეს კონტროლი მიმწოდებლის აპარატურაზე არსებული მომხმარებლის მონაცემებზე. მომხმარებლებს, ამ შემთხვევაში, ეკისრებათ ვალდებულება დაიცვან ოპერაციული სისტემები, აპლიკაციები და კონტენტი. ღრუბლოვანი სივრცეების პროვაიდერმა აუცილებლად უნდა წარადგინოს დაბალი დონის მონაცემების დაცვის შესაძლებლობები[3]. სისტემის გამართვის მოდელზე დაკვირვების შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეები ნაკლებადაა დაცული, ვიდრე სხვა ღრუბლოვანი სივრცის მოდელები, რადგან იგი მომხმარებლებს შესაძლებლობას აძლევს წვდომა ჰქონდეთ მონაცემების ფართო ქსელზე. საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეებში საჭიროა დამატებითი თავდაცვითი ნორმები იქნას შემოტანილი, როგორცაა ნდობა, რომელიც საჭიროა იმისთვის, რომ დარწმუნებული ვიყოთ იმაში, რომ საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეებში გავრცელებული ინფორმაცია არ გახდება მავნე თავდასხმების სამიზნე [4]. კერძო ღრუბლოვანი სივრცეები შესაძლებელია იყოს ბევრად უფრო დაცული, ვიდრე საჯარო, რადგან ამ შემთხვევაში იგი განკუთვნილი იქნება კონკრეტული ორგანიზაციისთვის. ჰიბრიდული ღრუბლოვანი სივრცე კერძო ღრუბლოვანი სივრცეა, რომელიც დაკავშირებულია ერთ ან მეტ ღრუბლოვანი სივრცესთან. ჰიბრიდული ღრუბლოვანი სივრცეები იძლევა მონაცემებისა და აპლიკაციების კონტროლის უკეთეს შესაძლებლობას, რადგანაც, ამ შემთხვევაში, ყველაფერი ცენტრალიზირებულად არის მართული. ნახ.1-ზე მოცემულია ინფორმაციის უსაფრთხოების მოთხოვნები დაწყვილებული ღრუბლოვანი გამოთვლების გამართვის და მიწოდების (delivery) მოდელთან, გრაფაზე აღნიშნული სიმბოლოებიდან: X, *, X აღნიშნავს აუცილებელ საჭიროებებს, ხოლო * – ნებაყოფლობით საჭიროებებს.



ნახ.1. ინფორმაციის უსაფრთხოების მოთხოვნები

ითოეთული თავდაცვითი საჭიროება აღწერილია ქვემოთ, ღრუბლოვანი გამოთვლების კონტექსტში:

- ავტორიზაცია

ავტორიზაციის გამართულობა ღრუბლოვანი გამოთვლებში ინფორმაციული უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი მოთხოვნაა. იგი საჭიროა, რათა რეფერენციული მთლიანობა იქნას შენარჩუნებული. მისი მეშვეობით ღრუბლოვანი გამოთვლებში ხდება კონკრეტული პროცესების ნაკადებისათვის პრივილეგიების მინიჭება. საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეებზე საუბრისას ეს გამოიხატება რამდენიმე მომხმარებლის მიერ ერთი სერვისის პროვაიდერისაგან მინიჭებული გამომთვლელი რესურსების გაზიარებით. აქედან გამომდინარე, მიწოდების მოდელის მიუხედავად, შესაბამისი ავტორიზაციის მეთოდია აუცილებელი. რაც შეეხება კერძო ღრუბლოვანი სივრცეებს, ავტორიზაციის პროცესებს მართავს სისტემური ადმინისტრატორი.

- იდენტიფიკაცია და აუთენტიფიკაცია

იქიდან გამომდინარე, რომ როგორც საჯარო, ისე კერძო ღრუბლოვანი სივრცეებში მოსალოდნელია შიგა და გარე საფრთხეები, მონაცემთა შეგროვება, კონფიდენციალურობა და შესაბამისობა. ეს არის ღრუბლოვანი სივრცის სერვისის პროვაიდერის პასუხისმგებლობა, რომ ჰქონდეს დაცული

ინფრასტრუქტურა საკუთარი მომხმარებლების მონაცემების დაცვისა და არავტორიზირებული წვდომის დამყარებისგან თავის დასაცავად. საჭიროა რაღაც სახის იდენტიფიკაციისა და აუთენტიფიკაციის პროცესი, რათა გადამოწმდეს და დადასტურდეს ინდივიდუალური ღრუბლოვანი სივრცის მომხმარებლების წვდომის მოთხოვნა, ისინი დაამყარებენ ნებისმიერი სახის კავშირს ღრუბლოვანი სივრცეებთან. სწორედ ამის გამოა აუცილებელი თავდაცვითი მოთხოვნის იდენტიფიცირება და აუთენტიფიცირება ღია თუ კერძო ღრუბლოვანი სივრცეებში.

- კონფიდენციალურობა

ღრუბლოვანი გამოთვლების სფეროში კონფიდენციალურობა ერთ-ერთ მთავარ როლს ასრულებს, როდესაც საუბარია სხვადასხვა მონაცემთა ბაზაებში გადანაწილებულ ორგანიზაციასთან დაკავშირებული მონაცემების კონტროლზე. იმ მომხმარებლების პროფილების თუ მონაცემების კონფიდენციალურობის დაცვა, რომლებიც ვირტუალურად ხელმისაწვდომია, ინფორმაციული უსაფრთხოების პროტოკოლებს საშუალებას აძლევს, რათა გატარდნენ ღრუბლოვანი აპლიკაციების სხვადასხვა შრეზე.

მონაცემის კონფიდენციალურობის შენარჩუნების გარანტია ერთ-ერთი ყველაზე რთული საკითხი, როდესაც საუბარია საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეებზე. ამისათვის რამდენიმე მიზეზი არსებობს: პირველი ის, რომ რადგან საჯარო ღრუბლოვანი სივრცეების რაოდენობა იზრდება, იზრდება ასევე იმ ხალხის რაოდენობაც, რომლებიც ამ ღრუბლოვანი სივრცის პროვაიდერთან მუშაობენ და აქვთ მომხმარებლის მონაცემებთან წვდომა (აქვთ თუ არ აქვთ მათ ამის უფლება), რაც საბოლოო ჯამში ზრდის კონფიდენციალურობის დარღვევის პოტენციური წყაროების რაოდენობას. მეორე ის, რომ, ადაპტაციის შესრულებადობის და სისტემური გაუმართაობის გამო, იზრდება დუბლირებული მონაცემების რაოდენობა, რაც საბოლოო ჯამში ითხოვს მონაცემების აგრესიულ ქეშირებას, რომელიც, თავის მხრივ, ამრავლებს სამიზნეთა იმ რაოდენობას, რომელსაც შეიძლება მონაცემთა ქურდი გაკვიდოს.

- ხელმისაწვდომობა

ხელმისაწვდომობა ერთ-ერთი ყველაზე კრიტიკული ინფორმაციული უსაფრთხოების მოთხოვნაა ღრუბლოვანი გამოთვლით სივრცეებში, რადგან იგი არის მთავარი გადამწყვეტი ფაქტორია საჯარო, კერძო თუ ჰიბრიდული ღრუბლოვანი სივრცეების მომწოდებლებს შორის არჩევანის გაკეთებისას. მომსახურების დონის ხელშეკრულება ყველაზე მნიშვნელოვანი დოკუმენტია, რომელშიც ხაზია გასმული ღრუბლოვანი სივრცეებისა და რესურსების ხელმისაწვდომობაზე, ღრუბლოვანი სივრცის პროვაიდერსა და კლიენტს შორის.

ხელმისაწვდომობის მთავარი მიზანია ის, რომ ღრუბლოვანი სივრცით (აპლიკაციებისა და ინფრასტრუქტურების ჩათვლით) სარგებლობა მომხმარებელს შეეძლოს ნებისმიერ დროს, ნებისმიერ ადგილას. ღრუბლოვანი სივრცის მომსახურების მიმწოდებლები ღრუბლოვანი სივრცის ინფრასტრუქტურებს და პლატფორმებს აწვდიან ვირტუალური მანქანების მეშვეობით. აქედან გამომდინარე, ხელმისაწვდომობა მთავარი თავდაცვითი მოთხოვნაა "IaaS"[7]-სა და „PaaS“[8]-თვის, მიუხედავად იმისა, საჯარო თუ კერძო ღრუბლოვანი სივრცეა გამოყენებული. იქიდან გამომდინარე, რომ კერძო ღრუბლოვანი სივრცეში ყველა სერვისები შიდაა, ხელმისაწვდომობა ასევე საჭირო ხდება, როდესაც გადაწყვეტილია "SaaS"[6]-ის გამოყენება.

- თავდაცვითი გამოწვევები

ღრუბლოვანი გამოთვლების სამუშაო სივრცეები მრავალწევრიანი სამუშაო სივრცეებია, რომლებშიც თითოეულ დომენს შეუძლია გამოიყენოს განსხვავებული კონფიდენციალური და თავდაცვითი მოთხოვნები და პოტენციურად ჩართოს მრავალი მექანიზმი, ინტერფეისი და სემანტიკა. მთავარი თავდაცვითი გამოწვევები ღრუბლოვანი სივრცეებში და მათი გადაჭრის გზები განხილულია ქვემოთ.

- მომსახურების დონის ხელშეკრულება

მომსახურების დონის ხელშეკრულება (SLA) [14] სერვისების კონტრაქტის ნაწილია მომხმარებელსა და პროვაიდერს შორის, რომელიც ფორმალულად განსაზღვრავს მომსახურების დონის ხელშეკრულებას. გამოიყენება მომხმარებლის საჭიროების გამოსავლენად და განსასაზღვრად, ასევე იმისათვის, რომ შემცირდეს კონფლიქტური სიტუაციები, მაგალითად: იურიდიული შესაბამისობა, იურიდიული დავების გადაწყვეტა, მომხმარებლის ვალდებულებებისა და პასუხისმგებლობების განსაზღვრა, ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების დაცვა, კონფიდენციალურ მონაცემებთან წვდომის შეწყვეტა.

- აუთენტიფიკაცია და იდენტიფიკაციის მენეჯმენტი

დრუბლოვანი სივრცეები ინტერნეტის მეშვეობით მომხმარებელს შესაძლებლობას აძლევს ჰქონდეს წვდომა ინფორმაციაზე მრავალი ადგილიდან. აქედან გამომდინარე, ჩნდება საჭიროება, რომ არსებობდეს რაღაც სახის იდენტიფიკაციის მენეჯმენტის მექანიზმი (IDM), რომელიც მომხმარებლების აუთენტიფიკაციას მოახდენს და მიაწვდის მათ იმ სერვისებს, რომლებიც მათი „შესვლის პარამეტრებითა“ თუ მახასიათებლებით იქნება განპირობებული. იდენტიფიკაციის მენეჯმენტის მექანიზმს უნდა შეეძლოს მომხმარებელთან და პროცესებთან დაკავშირებული კერძო და სენსიტიური ინფორმაციის დაცვა. ყველა საწარმოს უნდა ჰქონდეს საკუთარი იდენტიფიკაციის მენეჯმენტის სისტემა, რათა მოხდეს ინფორმაციასთან წვდომისა და კომპიუტერული რესურსების კონტროლი.

- მონაცემები - ცენტრალური უსაფრთხოება და დაცვა

დრუბლოვანი სივრცეებში მომხმარებლებს მონაცემებთან წვდომის, მონაცემების გაზიარების და შენახვის საშუალება ეძლევათ. აქედან გამომდინარე, მონაცემების გადაგზავნის პროცესში ერთი მომხმარებლის მონაცემებიდან ზუსტად და სწორად უნდა მოხდეს მონაცემების დაშორება და შემდგომში მათი დაცულად გადატანა ერთი ადგილიდან მეორეში [3]. ამისთვის დრუბლოვანი სივრცეების პროვაიდერებს ევალებათ შესაბამისი თავდაცვითი ნორმების გატარება, რაც გამოყენებული პროცესების დაცვას მოიცავს არაავტორიზირებული წვდომისგან თუ არასასურველი გარე აპლიკაციის მეშვეობით წვდომის დამყარებით. დრუბლოვანი სივრცის პროვაიდერმა მომხმარებელს ფრთხილად უნდა მიანიჭოს პრივილეგიები და ასევე დარწმუნდეს, რომ მინიჭებული ფუნქციების დარღვევა შეუძლებელი იქნება, თუნდაც პრივილეგილებული მომხმარებლების მიერ. წვდომის კონტროლის პოლიტიკა სათანადოდ უნდა იქნას იმპლემენტირებული. როდესაც ვიღაცას სჭირდება მონაცემებთან წვდომა, სისტემამ უნდა შეამოწმოს საკუთარი წვდომის პოლიტიკის წესები და მხოლოდ მისი დაკმაყოფილების შემთხვევაში დაამყაროს წვდომა. მონაცემებთან დაცვისათვის არსებული კრიპტოგრაფიული ტექნიკაც შეიძლება იქნას გამოყენებული.

- წვდომის კონტროლი და სააღრიცხვო პოლიტიკა

დრუბლოვანი გამოთვლითი სერვისების მრავალფეროვნებისა და ჰეტეროგენულობის გამო, აუცილებელი ხდება მეტად დახუნძლული წვდომის კონტროლის პოლიტიკის გატარება. წვდომის კონტროლის სერვისები უნდა იქნას იმდენად მორგებადი, რომ შეეძლოს დინამიური, ატრიბუტზე ან სისტემაში შესასვლელ რეკვიზიტებზე დაფუძნებული წვდომის მოთხოვნების დაჭერა. წვდომის კონტროლის მოდელებს ასევე უნდა შეეძლოს SLA-ის შესაბამისი ასპექტების დაჭერა. რადგან დრუბლოვანი გამოთვლების მოდელი მუშაობს „გადახდა თითო გამოყენებაზე“ მოდელით, მომხმარებლების გადახდების სააღრიცხვოდ, საჭირო ხდება სათანადო სააღრიცხვო პოლიტიკა. როგორც წესი, დრუბლოვანი სივრცეებში პროვაიდერები წინასწარ არ იცნობენ საკუთარ მომხმარებლებს, რის გამოც რთული ხდება მომხმარებლისათვის როლების პირდაპირ მინიჭება. ამიტომაც სისტემაში შესასვლელი რეკვიზიტების ან ატრიბუტებზე დაფუძნებული პოლიტიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ამ შესაძლებლობის გასაუმჯობესებლად. უსაფრთხოების მტკიცების მარკირების ენა (SAML), გაფართოებადი წვდომის კონტროლის მარკირების ენა (XACML) და ვებსერვისების სტანდარტები გამოიყენება უსაფრთხო წვდომის პოლიტიკის გასამყარებლად. ჩამოთვლილ რამდენიმე მეთოდს შორის, როლებზე დაფუძნებული წვდომის კონტროლი (RBAC) [3] ფართოდ არის მიღებული მისი სიმარტივის, დინამიური მოთხოვნების მოქნილად დაჭერის და მეტ-ნაკლებად პრივილეგირებული უსაფრთხოების ცნების მენეჯმენტის მხარდაჭერის გამო.

3. დასკვნა

ნაშრომში განხილული იყო დღესდღეისობით დრუბლოვანი სივრცეებში არსებული ძირითადი თავდაცვითი პრობლემები, გამოწვევები და მათი გადაჭრის გზები. დრუბლოვანი სივრცეების ადაპტაციის მზარდი ტენდენციებიდან გამომდინარე, საჭირო ხდება არსებული გადაწყვეტილებების გაძლიერება, ასევე ზუსტი და ახალი გადაწყვეტილებების ძიება და შემოტანა, რითაც დრუბლოვანი სივრცეების სარგებელი ბოლომდე რეალიზდება.

ლიტერატურა - Reference :

1. ო. შონია, ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტებში აგენტურ-ორიენტირებული მიდგომა და აგენტთა სისტემების თეორია. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია – საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები. სტუ, 2021.
2. ო. შონია, ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. საცნობარო-სამართლებრივ სისტემებში უსადენო ქსელების გამოყენება და ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია – საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები. სტუ, 2021.
3. ო. შონია, ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. კორპორაციული სისტემების ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული რისკების ანალიზი. სტუ, სამეცნიერო შრომები №1(30), თბ. 2020.
4. ო. შონია, ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. უსადენო ქსელების უსაფრთხოების საკითხები და მათი ანალიზი. სტუ, სამეცნიერო შრომები №1(30), თბ. 2020.

RESEARCH ON THE SECURITY AND CHALLENGES OF CLOUD SPACES

Otar Shonia, Mikael Malania, Luka Shonia
Georgian Technical University

Summary

After the establishment of Web 2.0, cloud computing became another specific term in the digital world. The term cloud computing originated from the diagrams used to symbolize the internet. Cloud computing is not entirely a new concept. It has a complex relationship with the grid of the computer paradigm and other relevant technologies such as cluster computing, utility computing and distributed systems in general. As cloud computing advanced, a set of security problems appeared. Which later on presented a strong barrier for users who wanted to adapt Cloud Computing systems. Conducted studies by potential cloud adopters show that security is the biggest concern obstructing its adoption. This paper gives introduction to the background and service model of cloud service. In addition to this, a few of security subjects and challenges are also highlighted.

API ტესტირების ინსტრუმენტების გამოყენების პრაქტიკა SEO ოპტიმიზაციაში

ეკატერინე პაპავა, თამარ ლომინაძე, მირანდა ღვალაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია: საძიებო სისტემების ალგორითმების, პროგრამული უზრუნველყოფის, ვებდეველოპმენტის, SEO-სა და მომხმარებლის ურთიერთგადაკვეთის ჰარმონიზაციის განუსაზღვრელად დიდი როლი, ადგილი და სასიცოცხლო მნიშვნელობა როგორც სპეციალისტებისთვის, რომლებიც ინფორმაციული ტექნოლოგიების სფეროებში მუშაობენ, ისე ექსპერტებისთვის, რომელთაც ერთი კონკრეტული ბიზნესის ციფრული ფორმის, ვებგვერდის განვითარება და პოზიციების გამყარება სურთ კონკურენტულ ბაზარზე. ამ სფეროების სინქრონიზაციის ფორმა და საჭიროება განხილულია წარსულის ჭრილში, ასევე განმარტებულია მისი მიმდინარე აქტუალურობის საკითხი და დასახულია ხედვები სამომავლო განვითარებისთვის. საუბარია მიზნებზე, რომელსაც ექსპერტების აზრითა და რეკომენდაციით ადგილი უნდა ჰქონდეს ინფორმაციული ტექნოლოგიების სპეციალისტების ყოველდღიურობაში, იქნებინ

ისინი SEO ექსპერტები, პროგრამული უზრუნველყოფის თუ ვებების სპეციალისტები. საბოლოოდ, აღნიშნულ პრობლემას ემატება ვებგვერდის ოპტიმიზაციის ავტომატიზების საკითხი, რომლის გადაჭრის გზად API ტესტირების ინსტრუმენტებია წარმოდგენილი. ხოლო სტატისტიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით განხილული და გამორჩეულია რამდენიმე, დღეს, ბაზარზე არსებულ ხელსაწყოთაგან ყველაზე ოპტიმალური და რელევანტური, გამოყენების, ეფექტურობის თანამედროვე სტანდარტებსა და საჭიროებებთან შესაბამისობის თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: API Tools; SEO; SERP; საძიებო სისტემების ოპტიმიზაცია; Keywords; Google; Linkbuilding; ვებგვერდი; პროგრამული უზრუნველყოფა.

1. შესავალი

კანონზომიერია, რომ ერთ პროცესს მეორე მოჰყავს მოძრაობაში. თანამედროვე ტექნოლოგია აყალიბებს ჩვენს ცხოვრებას, ცნობიერებას, სამყაროს აღქმას, შრომის კულტურას, ბიზნესის კეთების გზებს და განსაზღვრავს ახალ მიდგომებს, რომლებიც მიზნად პროგრესს ისახავს. ამ მიმდევრობიდან გამომდინარე, გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს დღევანდელი მოთხოვნების ხვალისდელთან სინქრონიზაციას.

ტექნოლოგიების განვითარების ადრეულ პერიოდში საათები იხარჯებოდა იმაზე, რისი გაკეთებაც ახლა რამდენიმე დაწკაპუნებითაა შესაძლებელი. აღარ ვცხოვრობთ იზოლირებულ გარემოში, სადაც არ გვაქვს დროული ინფორმაცია ან იძულებული ვართ დავეკრდეთ იმას, რაც გვაქვს. ჩვეულ, ციფრულ გარემოში არ ვაანალიზებთ რა ადგილი უჭირავს API (Application Programming Interface) უკიდურესად მნიშვნელოვან მოვლენას, ვინაიდან შეუძლებელია წარმოვიდგინოთ დღევანდელი სამყარო მყისიერი შეტყობინებების, ონლაინ ბანკინგის, შოპინგის ან დაჯავშნების გარეშე. ის ჩვენთვის უბრალოდ არის და არც ვფიქრობთ, რომ ამ ყველაფერს პროგრამულ უზრუნველყოფას უნდა ვუმადლოდეთ, რომელიც ინტერპრეტაციას უკეთებს ერთ პროგრამას ან აპლიკაციას მეორეზე.

API-ები აშენებს მოსახერხებელ „ხიდს“ არათავსებად აპლიკაციებს შორის, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეს განსხვავებული დაპროგრამების არქიტექტურა. მნიშვნელოვანი აღარ არის რამდენად განსხვავებულ აპლიკაციებთან გვიხდება მუშაობა, აღარ გვიხდება ფიქრი ამოცანებზე, რომელიც ერთ ენაზე შექმნილ პროგრამას გაარჩევს, მონაცემებს დააგროვებს და შემდეგ მეორისთვის მორგებულ ფორმატში გადაიტანს, ვინაიდან API-ები თავად ქმნის კავშირს პროგრამული უზრუნველყოფის იმ ნაწილებს შორის, რომლებიც მონაცემთა ერთმანეთთან გაცვლას საჭიროებს, მარტივად რომ ვთქვათ, API-ინტერფეისები პროგრამისტებს საშუალებას აძლევს სერვისების სრულ სისტემაზე მოიპოვოს წვდომა კოდის მხოლოდ რამდენიმე ხაზის საშუალებით, კოლოსალური მონაცემების დამუშავების, გაფილტვრის და დახარისხების გარეშე.

2. ძირითადი ნაწილი

დღეს ინტერნეტი ყველაზე ფართოდ გამოყენებადი და მუდმივად მზარდი მონაცემთა წყაროა. მომხმარებლის მიერ კომპიუტერული თუ მობილური აპლიკაციების საშუალებით საძიებო სისტემებში წამოწყებული მოთხოვნა პროდუქტებზე, სერვისებზე ან რაიმე კონკრეტულ თემაზე ინფორმაციის მისაღებად თუ მოსაზრებების გამოსახატად ყოველწამიერად აგენერირებს მონაცემთა უზარმაზარ ნაკადს, რომელიც, თავის მხრივ, ანალიზდება პროგრამული ალგორითმებით და შემდეგი ცვლილებების მიზეზშედეგობრივ კავშირებს მართავს. ადამიანები, მოვლენები, სერვისები, ფიზიკური თუ ვირტუალური ობიექტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ციფრული ალგორითმებით, შესაბამისად, იქმნება მონაცემთა კოლოსალური ბაზა, რომელიც ადრესატამდე მოთხოვნის შესაბამის ფორმატში საძიებო სისტემების მეშვეობით მიედინება. ხოლო ამ მოთხოვნა-პასუხის ანალიზს პროგრამული ალგორითმები შემდეგი ცვლილებებისთვის იყენებს. დღეს ყველაზე პოპულარული საძიებო სისტემებია: Google, Yahoo! Bing, და Baidu (აზიაში). ბიზნესები ამ მონაცემებს შეუფერხებლად უნდა იყენებდეს საკუთარი წარმოების ზრდისთვის და წინაღობა, რომ მონაცემები განსხვავებულ პლატფორმებზე გროვდება, 21-ე საუკუნისთვის დაბრკოლება აღარ იქნება.

საძიებო სისტემა ე.წ. SERP არის ვებსაიტი, რომელიც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს განახორციელოს ნებისმიერი პროდუქტის, სერვისის, ინფორმაციის ძიება ნებისმიერი თემის გარშემო, ხოლო ამ სისტემების ალგორითმები წამის რამდენიმე მეათასედში აბრუნებს უამრავ შედეგს იმ ვებგვერდებიდან, რომლებიც მომხმარებლის მიერ მოძებნილ რელევანტურ საკვანძო სიტყვებს შეიცავს. განსხვავება ისაა, რომ ეს საკვანძო სიტყვები უპირობოდ მოედინება ხოლმე იმ ვებგვერდიდან, რომელიც

დაინდექსებულია საძიებო სისტემებში. ინდექსაციისთვის საძიებო სისტემების ალგორითმებს საკუთარი მკაცრი სტანდარტები და მოთხოვნები აქვს.

ვებსაიტის გაშვება სწორი მარკეტინგული თუ პროგრამული სტარტის, მიუხედავად შეიძლება წარუმატებელ წამოწყებად დარჩეს საძიებო სისტემების ოპტიმიზაციის (SEO) ინსტრუმენტების ცოდნის გარეშე. ეს ინსტრუმენტები დღეს უპირობოდ განაპირობებს ვებსაიტების ხილვადობას საძიებო სისტემებში, რომლის ალგორითმები იყენებს არცთუ ისე მცირერიცხოვან ინდიკატორს შედეგების ჩამონათვალში (SERP) ვებგვერდების განსათავსებლად. ვებსაიტის დეველოპერის მთავარი ამოცანაა, დაიცვას ოპტიმიზაციის სახელმძღვანელო მითითებები გვერდის „რანგის“ საუკეთესო შედეგებისთვის.

SEO ეხება საძიებო სისტემის ოპტიმიზაციას. ციფრული მარკეტოლოგები იყენებენ ამ პროცესს ვებსაიტების ხილვადობისა და რეიტინგის გასაზრდელად სხვადასხვა საძიებო სისტემაში, როგორცაა Google, Bing, Yahoo აზიში Baidu. SEO მიზნად ისახავს უფრო მაღალი და უკეთესი ტრაფიკის მიღებას საძიებო სისტემებიდან ვებსაიტებამდე, რისთვისაც 280-ზე მეტპუნქტიანი ამოცანების და მათი ქვეამოცანების გადაჭრა/დანერგვის საჭიროება ხდება.

ინტერნეტში დაგროვებული ზღვა მონაცემების, ბიზნეს-ამოცანების, სტრატეგიული გეგმების, SEO-ს, ვებ-დეველოპმენტის და დაპროგრამების დიდი წილის თანხვედრა კი, რაც უნდა საოცრად ჟღერდეს, SEO API TOOLS-ის საშუალებით არის შესაძლებელი.

SEO API-ს შეუძლია SEO ამოცანები ერთ კომპლექსურ აპლიკაციაში გააერთიანოს და შრომა ეფექტური და პროდუქტიული გახადოს. SEO API ნიშნავს API-ებს ან აპლიკაციის დაპროგრამების ინტერფეისებს, რომლებსაც სტრატეგიული ჯგუფები იყენებს მონაცემთა შეგროვებისთვის სხვადასხვა პლატფორმიდან ან API-ებიდან და იღებს საკუთარ ინტერფეისში. SEO-სთვის API-ს გამოყენებით სტრატეგებს შეუძლიათ სწრაფად მოიპოვონ მოთხოვნილი მონაცემები ხელსაწყოების ინტერფეისში ნავიგაციის გარეშე.

SEO ექსპერტისთვის სწორი API-ების ქონა უდრის სწორ გასაღებს, რომლებიც ხსნის კარს, რომლის უკანაც ინახება საჭირო მონაცემები. API პროვაიდერები ქმნიან საჭირო კავშირებს საჭირო მონაცემთა მოსაპოვებლად, აერთიანებენ ერთ აპლიკაციაში, ზრუნავენ ამ მონაცემების ეფექტურად გადაცემის შესაძლებლობასა და ხარისხზე. სწორი API-ებით შესაძლოა:

- 1) ერთი ხელსაწყოდან მოვარგოვით და გადავიტანოთ მონაცემები სასურველ პლატფორმაზე;
- 2) ჩამოვტვირთოთ მონაცემები CSV ფაილებით და დავამუშავოთ API ავტომატიზაციის გამოყენებით;
- 3) დავზოგოთ დრო ბევრი იდენტური მონაცემის განმეორებით კეთების ნაცვლად ვინაიდან მორგებული API-ით შესაძლებელი ხდება მონაცემთა სერიული ანალიზი, თითოეულის სათითაოდ გარჩევის გარეშე.

როგორ ამოვიცნოთ საუკეთესო API-ები გამოსაყენებლად, როდესაც მონაცემებს ვაგროვებთ SEO-სთვის? არის რამდენიმე ასპექტი, რომელსაც სტატისტიკური მონაცემების თანახმად, სეო, სპეციალისტები პრიორიტეტად განსაზღვრავენ:

სიჩქარე: API მონაცემებს სწრაფად უნდა ამუშავებდეს, არ უნდა სჭირდებოდეს რამდენიმე საათი სრული ინფორმაციის ამოღებას, ეს არაეფექტურია.

მოთხოვნის მოცულობა: ამუშავებდეს მეტ მოთხოვნას. ზოგიერთი API ზღუდავს მოთხოვნის გარკვეულ რაოდენობას დღეში, ზოგიერთს კი ლიმიტი აქვს და შესაძლებელია ერთდროულად გაგზავნოთ მხოლოდ შეზღუდული რაოდენობის მოთხოვნები.

დროის დიაპაზონი: SEO API-ის გამოყენების მთავარი მიზანია განახლებული მონაცემების შეგროვება. ყველაზე ოპტიმალურია API, რომელიც საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ მოთხოვნები კონკრეტული დროის შუალედისთვის. ამ გზით შეგვეძლება მოვითხოვოთ მონაცემები რეალურ დროში ან ჩვენთვის ხელსაყრელი კონკრეტული პერიოდისთვის.

UX და ფაილების ამოღება: სათანადო დოკუმენტაცია და მარტივი ინტერფეისი ძალიან მნიშვნელოვანია API-ის ინტეგრაციისთვის. თუ API ცუდად არის აღწერილი ან არასწორად დოკუმენტირებული, მისი გამოყენება ბევრად უფრო რთული და არაეფექტურია.

რა შესაძლებლობებს უნდა იძლეოდეს?

მონაცემები, რომელსაც API გვაწვდის, იმ SEO სტრატეგიასთან უნდა მოდიოდეს თანხმობაში, რომელიც დავსახეთ. ამის მიუხედავად, მონაცემებზე დაყრდნობით, SEO-ს სპეციალისტები გამოყოფენ რამდენიმე მნიშვნელოვან, ძირითად ასპექტს, რომლის გარეშეც API-ს ღირებულება არ აქვს, ესენია:

- 1) კონკურენტების ანალიზი: API-ს გამოყენებით, ბიზნესს შეუძლია შეაგროვოს ყველა შესაბამისი/სასურველი მონაცემი მათი კონკურენტების ვებსაიტებზე.

2) საკვანძო სიტყვების კვლევა: SEO API-ები სპეციალისტებს საკვანძო სიტყვების ძიების სირთულის, მოცულობის, ტიპის და სხვა ასპექტების მიხედვით მოგროვების საშუალებას აძლევენ.

3) ქონტენტის მართვა: API-ებს შეუძლიათ მოიძიონ ტრენდული თემები და საუკეთესო სტატიები. შემოგთავაზონ საუკეთესო სტატიის დაწერის გზები და გიკარნახონ გამოსაყენებელი ქივორდების წილი, აგრეთვე შეაფასონ SEOability, თხრობის ტონი (tone of voice), პლაგიატი და სხვა.

4) Backlink Monitor: იმ SEO API-ით რომელიც ბექლინკების მონიტორინგის შესაძლებლობებს იძლევა, SEO სპეციალისტებს შეუძლიათ გააანალიზონ ნებისმიერი ვებსაიტის backlink სხვა მონაცემებთან ერთად, როგორცაა „ანქორ“ ტექსტი, dofollow ან nofollow ბმულები და დაკარგული ბმულები.

5) ვებსაიტის დომენის ავტორიტეტი DA: API ასევე სასარგებლოა ვებსაიტის დომენის ავტორიტეტის შესაფასებლად,

SEO სტრატეგიაში API-ების გამოყენებისას გასათვალისწინებელი ფაქტორები:

ლოკაცია: ძალიან მნიშვნელოვანია გეოგრაფიული საკითხები. SEO სტრატეგია იყოფა ორ გეოგრაფიულ ნაწილად: ლოკალური და გლობალური SEO. იმის მიხედვით, თუ სად არიან ჩვენი მომხმარებლები, უნდა განვახორციელოთ ინვესტიცია ორივედან ერთ-ერთში. საამისოდ SEO API-ს დახმარებით უნდა დავაყენოთ უწყვეტი SEO scrape მკითხველების ადგილმდებარეობაზე. გამოვიყენოთ API, რომელიც პირდაპირ მოგვცემს მდებარეობის მონაცემებს Google-ის მდებარეობის API-დან (მაგ., Google Analytic). ასევე შეგვიძლია API SEO-ს საკვანძო სიტყვების რეიტინგის გაგება და მათზე მონაცემების შეგროვება მდებარეობის მიხედვით.

დემოგრაფიული მონაცემები: სწორი დემოგრაფიული ანგარიში ძალიან ღირებულია SEO-სთვის. თუ კომპანია ყიდის პროდუქტს 20 წლის ადამიანისთვის, მაგრამ წერს სტატიებს 40 წლის ადამიანისთვის, მისი შინაარსი არ იქნება დიდად პოპულარული. ბიზნესმა უნდა იცოდეს ვინ არის, რა ბაზარზე შედის, რაზე აწკაპუნებს მისი მომხმარებელი; ესმოდეს არა მარტო მისი ასაკი, არამედ ეროვნება, რელიგია, კანის ფერი, ინტერესების არეალი. ეს მონაცემები მარტივად შეიძლება ამოღებულ იქნას SEO ინსტრუმენტების API-ის დახმარებით. API-ების დახმარებით შესაძლებელია თვალი მიედევნოს აუდიტორიის ცვალებად მონაცემებს, რეალური დროის ინტერვალებში ინფორმაციის ავტომატურად მიღების გზით.

ვებსაიტზე წვდომის საშუალებები: ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი, რომელსაც Google იყენებს ვებსაიტის რეიტინგის შესაფასებლად, არის მობილური გაფართოება. “მომხმარებლების უმეტესობას დღეს ინტერნეტზე წვდომა მობილური ტელეფონის საშუალებით აქვს”(Statista, Mobile internet usage worldwide - statistics & facts). თუ ვებსაიტი არ არის მობილური მოწყობილობისთვის ოპტიმიზებული, მისი რეიტინგი დაეცემა. გუგლის ალგორითმის 2019 წლის განახლების შემდეგ, ის ვებგვერდები, რომლებსაც მობილური ინტერფეისი არ აქვს, საერთოდ არ ჩანს საძიებო სისტემაში. SEO API-ის გამოყენებით, შეიძლება მარტივად გაიგო, როგორ წვდება თქვენი აუდიტორიის უმრავლესობა თქვენს ვებსაიტს. თუ მეტი მომხმარებელი გპოულობთ დესკტოპის ან ლეპტოპის საშუალებით, ეს შეიძლება ნიშნავდეს, რომ თქვენი მობილურის დიზაინი ცუდია, ამიტომ მობილური მომხმარებლები მას არ იყენებენ ან მობილური მოწყობილობით ვერ შედიხართ კონკურენციაში სხვა საიტებთან და საძიებო სისტემების ალგორითმები პირველ პოზიციებზე არ გაჩენენ.

Link-building: ლინკ-ბილდინგი SEO-ს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტია, რომელზეც SEO API-ს სასწაულების მოხდენა შეუძლია. ცუდი ბმულები, გატეხილი ბმულები, შემომავალი ბმულები შეუსაბამო ვებსაიტებიდან, გამავალი ბმულები არარელევანტურ ვებსაიტებზე, მათ შეუძლიათ ზიანი მიაყენონ საიტის რეიტინგს. შესაძლებელია დავაყენოთ API ავტომატური სკრაპინგის მოთხოვნის გასაგზავნად, რათა მოვახდინოთ გაფუჭებული ბმულების (400, 404, 403, 410, 408, 500..) იდენტიფიცირება (“What Are Broken Links? And How Do You Find and Fix Them? - SEOptimer.”). ამ გზით შეგვიძლია ამოვიღოთ ზიანის მომტანი ბმულები და შეცვალოთ ისინი. ასევე, შეგვიძლია გამოვიყენოთ იგივე API ბმულების შექმნის შესაძლებლობების დასადგენად ახალ პლატფორმებთან ან ძველ პლატფორმებთან მიმართებაში.

ყოველ შემთხვევაში, API-ების შერჩევისას უნდა გვახსოვდეს 3 რამ:

1) მონაცემთა ხელმისაწვდომობა (იგულისხმება ის გზა, რომლის საშუალებითაც გვსურს მონაცემების ამოღება და რამდენად არ გამოდის ამ მონაცემების უფასო ხელსაწყოებით მიღება);

2) მონაცემთა სიახლე და მთლიანობა (ყოველთვის უკეთესია საცდელი ანგარიშის შექმნა იმ სერვისისთვის, რომლის შეძენასაც ვაპირებთ და მონაცემების პირადი გამოცდილებით გადათვალთვალება);

3) ხარჯები (ყოველთვის კარგი იდეაა მოვიძიოთ API გადაწყვეტილებები მოქნილი და მასშტაბური ფასების გეგმებით).

SEO API - ები:

1. Ahrefs

მას ცალკე პერსონალურ crawler-ს AhrefsBot - საც უწოდებენ, რომელიც ყოველდღე 6 მილიარდ ვებგვერდს ანალიზებს. ამ დრომდე მას დაინდექსებული აქვს მილიარდობით უნიკალური გვერდი, საიდანაც საჭირო მონაცემების დიდი სიჩქარით ამოღება შესაძლებელია. API მუდმივად იხვეწება ინდექსის ზომის, ხარისხისა და სიჩქარის თვალსაზრისით. მისი გამოყენებით შეგვიძლია Backlink -ების სრული მონაცემების მოგროვება კლიენტის მხარის მუშაობის გაუმჯობესების, თუ SEO გეგმების გასახორციელებლად. აგრეთვე ამ „აჰის“ საშუალებით შესაძლებელია:

საიტის აუდიტი, საკვანძო სიტყვების კვლევა, საძიებო სისტემების კვლევა, კონკურენტების ანალიზი, ბექლინკების კვლევა, ქონთენტის შესწავლა.

2. Semrush

Semrush API საშუალებას იძლევა მივიღოთ სასარგებლო ინფორმაცია ჩვენი კონკურენტების ციფრული მარკეტინგის აქტივობებზე, Semrush ინსტრუმენტის ინტერფეისის გახსნის გარეშე. API ხელმისაწვდომია ნებისმიერი მართვის პანელს, ვიჯეტსა და შიგა აპლიკაციაში მარტივი ინტეგრაციით. ამ აპის გამოყენებით შეგვიძლია მხოლოდ კონკურენტების შესახებ მონაცემების ამოღება, კონკურენტების სტრატეგიების გაანალიზება, მათი ბმულების, რეკლამებისა და ორგანული ძიების რეიტინგის შემოწმება და არ გვჭირდება დროს დახარჯვა არასაჭირო მონაცემებზე. ასევე Semrush-ში არაჩვეულებრივად მუშაობს ლოკალურ ანალიტიკასა და კვლევაზე, ქონთენტმარკეტინგსა და სტრატეგიაზე კონკურენტების კვლევის საფუძველზე.

3. Moz (Mozscape) API გვამძლევს მეტრიკას, როგორცაა DA(დომინანტორიტეტი) & PA (გვერდის ავტორიტეტი) და ბმულის მონაცემები, რომელიც ეფექტურია SEO-ზე მუშაობისას.

შესაძლებელია გამოვიყენოთ Moz API დომენის პოტენციალის გასაგებად (დომენის ავტორიტეტზე დაყრდნობით), დავთვალოთ დამაკავშირებელი ძირი დომენები, URL-ის ანქორტექსტები, followed ან no-followed ლინკები და სხვ.

4. Frase

Frase შესანიშნავი AI ინსტრუმენტია, რომელიც ეხმარება ქონთენტმარკეტოლოგებს შინაარსის კვლევის ავტომატიზაციაში. ისინი უზრუნველყოფენ API წვდომას NLP ინსტრუმენტების კომპლექტზე, მათ შორის Article API - URL-დან 15+ მონაცემთა სტრუქტურირებული პუნქტის ამოღება (როგორცაა სუფთა ტექსტი, ქვეთემები, შეჯამება, კატეგორიის კლასიფიკაცია და სხვა), Search API- სრულ Frase ინდექსში ძიება.

5. Google Search Console

Google Search Console არის ყველაზე ხშირად გამოყენებული და გავრცელებული SEO პროგრამული უზრუნველყოფა. ის არის უფასო, შემუშავებული Google-ის მიერ. ამ ინსტრუმენტიდან ვიღებთ კარგ, პირველად მონაცემებს საკუთარი ვებგვერდების გაანალიზების საფუძველზე.

Search Console-ის ხელსაწყოები და ანგარიშები გვეხმარება გაზომოთ ჩვენი საიტის საძიებო ტრაფიკი და წარმადობა, მოვახდინოთ პრობლემების იდენტიფიცირება, აღმოვფხვრათ და დავგვემოთ საიტის წარმატება Google Search-ის შედეგებში.

მისი საშუალებით შეგვიძლია თვალყურის ვადევნოთ რეიტინგებს და შთაბეჭდილებებს მოცემული გვერდებისა და შეკითხვებისთვის, ასევე SEO-ის პრობლემების დიაგნოსტიკას თქვენს საიტზე.

6. Google Analytics

Google Analytics ასევე Google-ს ინსტრუმენტია და არის ყველაზე გავრცელებული ვებსაზომი პროგრამა და ანალიზის ხელსაწყოების უფასო ნაკრები.

აქ შეგვიძლია ამოვიღოთ ყველა ტიპის ინფორმაცია ინტეგრირებული ვებსაიტებიდან SEO-ს კონტექსტში და მოვახდინოთ ავტომატიზება ორგანული ტრაფიკის მართვაზე. თვალყურის ვადევნოთ რომელი გვერდი აკონვერტირებს ყველაზე მაღალ და ყველაზე დაბალ ნაკადს, რომელი გვერდი კარგავს მომხმარებელთა ნაკადს დროთა განმავლობაში (ქონთენტის გაფუჭება), რომელი იძენს ნაკადს და ვიზიტებს, ასევე გამოვიკვლიოთ სხვადასხვა გვერდთან დაკავშირებული მომხმარებლის ინტერესის მეტრიკა, აგრეთვე შეგვიძლია მივიღოთ (ერთგვარი) მომხმარებლის ანალიტიკა რეალურ დროში, რომელიც დაგვეხმარება ვებგვერდის პრობლემების გამართვაში.

7. Google Trends

კიდევ ერთ გუგლის ხელსაწყო. ის გვაჩვენებს ძიების მოცულობას, მაგრამ საერთო ტენდენციებთან მიმართებაში.

8. Yoast SEO

სიემესების, ძირითადად, ვორდპრესის Plug-in SEO ხელსაწყოებით, გვეხმარება გვერდის ქონტენტის ოპტიმიზაციაში მოცემული საკვანძო სიტყვისთვის და აგრეთვე ხელს უწყობს ტექნიკური საკითხების გაშლასაც, როგორცაა გვერდების გადამისამართება და URL slugs და მეტააღწერის (meta description) არჩევა.

9. BuiltWith

ეს არის ვებტექნოლოგიის შესახებ საინფორმაციო პროფილის შექმნის ინსტრუმენტი. ამ „აპის“ გამოყენებით ვიგებთ როგორაა აგებული ვებსაიტი.

10. CognitiveSEO

ეს SEO API განკუთვნილია მარკეტოლოგებისთვის, ვისაც სურს cognitiveSEO მონაცემების ინტეგრირება საკუთარ ინსტრუმენტებში ან მართვის პანელში.

API შეიძლება გამოყენებულ იქნას ისეთი მონაცემების დასამუშავებლად, როგორცაა:

- ნებისმიერი არაბუნებრივი მეტსახელის ამოღება ნებისმიერი საიტისთვის;
- საკვანძო სიტყვების რეიტინგის (Google + Bing-ზე) თვალყურის დევნება;
- ყველაზე გაზიარებული ქონტენტის იდენტიფიცირება;
- ყოველდღიური განახლებები ახალი/დაკარგული ბმულების შესახებ;
- ცოცხალი/გატეხილი ბმულების შესახებ განახლების მიღება.

11. MySiteAuditor

API აუდიტორის ინტეგრირება იმ გვერდზე, რომლის დაინდექსებაც გვსურს. მთავარ გვერდებზე აუდიტებს დაახლოებით 30 წამი სჭირდებათ გენერირებისთვის და იგზავნება JSON ფორმატში, ასევე PDF-ის სახით callback URL მისამართზე.

12. Seobility

ეს API აბრუნებს SEO მონაცემებს (როგორცაა საიტის აუდიტი, backlinks, რეიტინგები) და მარტივად ინტეგრირდება პროგრამულ უზრუნველყოფაში.

13. Website Worth API

Siteprice არის SEO კომპანია, რომელიც სთავაზობს Website Worth APITrack this API-ს, რათა შეამოწმოს ვებსაიტის და დომენის ღირებულება, იპოვოს ინფორმაცია, როგორცაა გვერდის რანგი, საძიებო სისტემის ხილვადობა, სოციალური მედიის სტატისტიკა, ვიზიტორთა სავარაუდო რაოდენობა, რეკლამის შემოსავალი და ჰოსტინგის პროვაიდერი.

14. SEO Explorer API

SEO Explorer გთავაზობთ მარკეტინგის და საძიებო სისტემის ოპტიმიზაციის ინსტრუმენტებს, მათ შორის საკვანძო სიტყვების ძიებას, backlink-ის კვლევას, URL კლასიფიკაციას და სხვა. SEO Explorer REST APITrack this API დეველოპერს საშუალებას აძლევს მოიძიოს SEO ინფორმაცია, რომელიც დაკავშირებულია დომენტან, საკვანძო სიტყვასთან ან backlink-თან. API აბრუნებს უნიკალურ ბმულებს მთავარ გვერდზე, დომენის ქულას და მთავარ ორგანულ კონკურენტებს.

Chrome Extensions: Seoquake, Keywords Everywhere, H Tag, SEO Minion, Run Link Ckeckr, Image Alt Text Viewer, Word Counter Plus, Similar Web, Google Page Speed Insights, Alexa Traffic Rank Etc.

3. დასკვნა

ყოველი ახალი პროექტის დროს სტრატეგიული ჯგუფის ექსპერტებისთვის უმთავრესი პრობლემა სხვის მიერ დამუშავებული კოდის ფუნქციების, ლოგიკის, გეგმების, მიზნების ძნელად აღქმა ან გაუგებრობაა. ამას დავუმატოთ ინფორმაციის უზარმაზარი ნაკადების მართვა სხვადასხვა სისტემას შორის, არასტრუქტურირებულ მონაცემებთან დაკავშირებული გამოწვევები, შესამუშავებელი ბიზნესსტრატეგია, გეგმები, ხედვები, ინტერნეტსივრცეში ლავირება, ბიზნესის გაციფრულება და ვებგვერდის სიცოცხლისუნარიანობისთვის მასა და SERP-ებს შორის საკმარისი თავსებადობის შესაბამისობის დაგეგმვა. საბოლოოდ, მორიგ გამოწვევას A წერტილიდან B წერტილამდე მონაცემების მნიშვნელოვანი მოცულობის მიმოცვლა, დახარისხება და კომპლექსურად ათვისებაა, საბოლოო სტრატეგიული ნაბიჯების გადადგმისა და წარმატებისათვის.

აღნიშნული გამოწვევების პირობებში ვნახეთ, რომ საქმეს ძალიან ამარტივებს აპლიკაციის დაპროგრამების თანმიმდევრული ინტერფეისი. მიმოვიხილეთ სხვადასხვა API და შევეცადეთ შეგვექმნა ძირითადი წარმოდგენა, თუ როგორ მოქმედებს. ასევე განვიხილეთ რამდენიმე API-ის გადაწყვეტა და განვმარტეთ, თუ როგორ შეიძლება გამოყენებულ იქნას აპლიკაციის დაპროგრამების ინტერფეისები SEO პროგრამულ უზრუნველყოფაში.

ლიტერატურა - Reference:

1. "Topic: Mobile Internet Usage Worldwide." *Statista*, www.statista.com/topics/779/mobile-internet/#dossierKeyfigures
2. "20 Top Picks for Best Seo Apis & Free Alternatives List - May 2022." RapidAPI, rapidapi.com/collection/seo-api
3. "Top 7 Must-Have SEO Apis for Marketing Agencies in 2022." SendPulse Blog, 24 Mar. 2022, sendpulse.com/blog/seo-apis
4. "20 SEO APIs to Automate Boring Marketing Tasks in 2022." *Sheets for Marketers*, Accessed 8 May 2022. sheetsformarketers.com/marketing-apis/seo-apis/
5. "The 12 Best Local SEO Tools." *Semrush Blog*, www.semrush.com/blog/local-seo-tools/
6. "SEO Data: Best Datasets, Databases & APIs 2022 | Datarade." *Datarade.ai*, datarade.ai/data-categories/seo-data
7. "14 Powerful SEO API for Marketers and Businesses." Geekflare, 11 Apr. 2022, geekflare.com/seo-api-for-marketers/. Accessed 8 May 2022
8. "20 SEO APIs to Automate Boring Marketing Tasks in 2022." Sheets for Marketers, sheetsformarketers.com/marketing-apis/seo-apis
9. "20 Top Picks for Best SEO APIs & Free Alternatives List - May 2022." RapidAPI, apidapi.com/collection/seo-api
10. "A Beginner's Guide to SEO APIs." Moz, moz.com/blog/api-blog-post-10970. Accessed 8 May 2022
11. Birkett, Alex. "The 18 Best SEO Software & Tools in 2021." Alex Birkett, 2 June 2021, www.alexbirkett.com/best-seo-software/. Accessed 8 May 2022
12. Drake, Nate, et al. "Best SEO Tools of 2021: Free and Paid Search Engine Optimization Services." TechRadar, www.techradar.com/news/best-seo-tool
13. "What Are Broken Links? And How Do You Find and Fix Them? - SEOptimer." *SEOptimer: SEO Audit & Reporting Tool. White Label Option.*, 26 Sept. 2018, www.seoptimizer.com/blog/broken-links/.
14. "How to Speed up SEO Analysis: API Advantages for SEO Experts." Search Engine Watch, 14 Mar. 2019, www.searchenginewatch.com/2019/03/14/speed-up-seo-analysis-with-api-advantages/. Accessed 8 May 2022.
15. Introduction to APIs for SEO Software – DataForSEO. 16 Mar. 2018, dataforseo.com/blog/introduction-to-apis-for-seo-software.
16. "SEO API - Create Your SEO Report / Dashboard / Tools." SEO Review Tools, 23 Jan. 2020, www.seoreviewtools.com/seo-api/. Accessed 8 May 2022.
17. "SEO APIs - Site Audit, Rankings, Backlinks by Seobility." Wwww.seobility.net, www.seobility.net/en/seo-api/. Accessed 8 May 2022.
18. "SEO APIs: Ranked and Reviewed · Coding Is for Losers." Coding Is for Losers, codingisforlosers.com/seo-apis/. Accessed 8 May 2022.
19. "Top 10 Best SEO APIs: Alexa, Moz, SEMRush, and Others." Rakuten RapidAPI Blog, 1 Mar. 2019, blog.api.rakuten.net/top-10-best-seo-apis/. Accessed 8 May 2022.
20. "Ultimate List of APIs to Enhance Your SEO." AnnexCore, 9 Jan. 2015, annexcore.com/blog/ultimate-list-apis-enhance-seo/. Accessed 8 May 2022.

PRACTICE USING API TESTING TOOLS IN SEO OPTIMIZATION

Ekaterine Papava, Tamar Lominadze, Miranda Gvaladze

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN JUICES PRODUCED FROM RED GRAPE VARIETIES VIA INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ENRICHMENT IN PHENOLIC SUBSTANCES

Nana Ebelashvili, Eteri Uturashvili, Inessa Kekelidze

Agricultural University of Georgia,
Scientific-Research Institute of Viticulture and Winemaking
Georgian Technical University, Scientific-Research Institute of Food Industry

Abstract

There is great demand in the World market on products rich with biologically active substances. We have developed and offered the technology for preparation of polyphenol concentrated juices from the local red grape varieties. The research objects were juice samples: control - prepared using the existing technology and test – using the technology elaborated by us. It has been established that compared with the control in the test samples the amount of common phenolics increases by 53-57%; catechins by 71-106%; phenolcarbonic acids - 1.9-2.2 times; flavonols by 56-98%; organic acids by 52%; mineral substances increase twice. High concentration of biologically active substances increases antioxidant effect and nutritive value of the test samples that naturally will have positive effect on their cost price.

Key words: grape juice. Phenolics. Organic acids. Mineral substances.

1. Introduction

For evaluation of food products quality of a crucial importance are biologically active substances: polyphenols, organic acids, mineral substances, etc. They take an active part in regulation of normal functioning of human organism and its restoration. In the World market it is the great demand on products rich with these substances.

Red grape varieties contain a broad spectrum of biologically active substances from which polyphenols are distinguished by various medicinal properties. Numerous researches conducted in various countries in the World evidence strong antioxidant effect of polyphenols. Phenolic compounds inhibit free radicals development, generated in a wide range in human body, significantly reduce the risk of development of cardiovascular disease, diabetes 2, various types of cancer and variety of other diseases. Among phenolic substances with high antioxidant activity are outlined: (+)-catechin, (-)-epicatechin; caffeic, chlorogenic, protocatechuic, ellagic, syringic, sinapic and ferulic acids; quercetin, resveratrol [1-8].

The elaboration of preparation technology of grape products concentrated with polyphenols, including juices is a topical issue in food industry. We have developed new technology for production of grape juice concentrated with polyphenols from the local red grape varieties.

The aim of this work was to investigate biologically active substances (polyphenols, organic acids and mineral substances) in wine samples prepared using the innovative technology offered by us and according to the existing technology.

2. Material and Methods

The research objects were juice samples prepared from Saperavi and Meskhuri Shavi grape varieties:

Control – using the existing technology [9]; Test – using the technology developed by us [10].

The research conducted in the samples was: determination of total amount of phenolics using Folin-Ciocalteu reagent; flavonoids, non-flavonoids and organic acids amount - with HPLC method [11], on the apparatus Pro Star, firm „Varian“. Standards of gallic, chlorogenic, vanillic, caffeic and ellagic acids, (+)-catechin, (-)-epicatechin, quercetin, quercetin-3-glucoside were purchased from Sigma-Aldrich (Germany). All chemicals used (methanol, acetonitrile and phosphoric acid) were of HPLC grade and purchased from Sigma-Aldrich (Germany). Separation of the components was conducted on the Microsorb 100-S C18 column. The following solutions were used: Solution A- water/phosphoric acid (in the ratio of 99.5/0.5); solution B -acetonitrile/water/phosphoric acid (in the ratio 50/49.5/0.5). Before analysis by the HPLC, all the samples were diluted five times with Methanol (99.9%) and filtered through membrane filter (pore diameter 0.45 mm, Sartorius, Goettingen, Germany). A volume of 20 ml was direct injected. The detection was performed at wavelengths: 280 nm (gallic, chlorogenic, vanillic and caffeic acids, (+)-catechin, (-)-epicatechin), 360 nm (quercetin, quercetine-3-glucoside and ellagic acid). Elution was performed in

gradient mode at the rate of mobile phase feed equal to 1 ml/min. Identification was conducted by comparison of retention time of standard substances and defined components, as well as by using the method of standard substances addition; detection of the organic acids (tartaric, malic and citric) was conducted at 210 nm wave length. Investigation of the mineral substances was performed via atomic absorption spectrometry („Parkin Elmer” Aanalyst 400”) at wave lengths: 766.49 nm (K); 589 nm (Na); 422.7 nm (Ca); 285.21 nm (Mg).

3. Results and Discussion

The research results are given in the Table and Figs. 1-3.

It has been revealed that the research objects contain (-) – epicatechin; chlorogenic, caffeic and gallic acids, quercetin-3- β -D-glucoside in high concentrations. The amount of mentioned components in the test samples prepared by our technology is far more than in those prepared according to the existing technology.

The total amount of common phenolics in the test samples (3880 mg/l; 3 072 mg/l) in comparison with control (2 475 mg/l; 2 008 mg/l) increases by 53-57%. The total of phenolcarboxylic acids in the test sample of juice (85.638 mg/l; 46.619 mg/l) compared with the control (45.40 mg/l; 20.591 mg/l) is higher 1.9-2.2 times.

In the juice test samples the total of catechins (299.33 mg/l ; 244.308 mg/l) compared with the control (145.024 mg/l; 142.831 mg/l) increases by 71-106%.

An increase of catechins total amount occurs at the expense of the increase of both forms of catechins.

In the juice test samples the total of phenolcarboxylic acids increases mainly at the expense of increase of the amount of chlorogenic and caffeic acids. The amount of the mentioned acids in the juice test samples (74.28 mg/l; 21.012 mg/l; 7.288 mg/l; 25.607 mg/l, respectively) was much higher compared with the control samples (41.932 mg/l; 16.286 mg/l; 3.221 mg/l; 7.288 mg/l, respectively).

Ellagic acid has not been detected in the control sample of the Meskhuri Shavi and in the test sample its amount was 0.26 mg/l; in the test sample of Saperavi juice its amount (4.076 mg/l) was much increased compared with the control (0.249 mg/l). Increase of the total amount of flavonols in the test samples (63.753 mg/l; 71.764 mg/l) compared with the control (32.187 mg/l; 46.102 mg/l) makes 56 - 98%. The total amount of flavonols increases at the expense of both forms of quercetin increase.

As is known among phenolcarboxylic acids, caffeic acid (the amount of which compared with the test sample increases by 2.2-5.5 - times) is distinguished with strong antioxidant capacity. Along with this, it is characterised with bactericidal effect which is so high that its activity is often expressed with certain unit of penicillin [13,14].

In the juice test sample fixed increase of phenolcarboxylic acids, catechins and flavonols must be explained by the fact of application of the technology developed by us. By the means of the offered technology before the process of grape crushing occurs the inactivation of oxidising enzymes on the basis of which happens the maintenance of phenolic components in non-oxidized form in the grape must. Along with this, it is known that the skins of red grape varieties and grape seeds also contain acetylated forms of phenolcarboxylic acids [12,13].

The offered technology causes hydrolysis of acetylated forms and extraction of non-oxidising monomeric phenolics with maximal amount.

As the result of the mentioned processes, in the test samples their amount increases.

In the test samples the amount of organic acids and mineral substances increases, it should be explained by their better extraction from the grape must.

The concentration of tartaric acid increases by 47%, of malic acid – by 47-56% (5.328; 3.752 g/l in contrast to 3.631; 2.409 g/l, respectively).

An increase of total amount of mineral substances occurs at the expense of increase of potassium, calcium and magnesium amount.

As is known, these elements have an important role in human organism for normal functioning.

3. Conclusions

In the test samples by the increase of biologically active substances content, increase the antioxidant effect and the nutritive value of the products, that will have positive impact on their cost price. For the innovative technology we have patent P 5238. For today, these grape juices have no analogues in the market with such high contents of biologically active substances. There is expected a high consumer demand on these products and competitiveness with them will be very low. The application of the technology offered by us will bring a high profit to the companies producing grape juices.

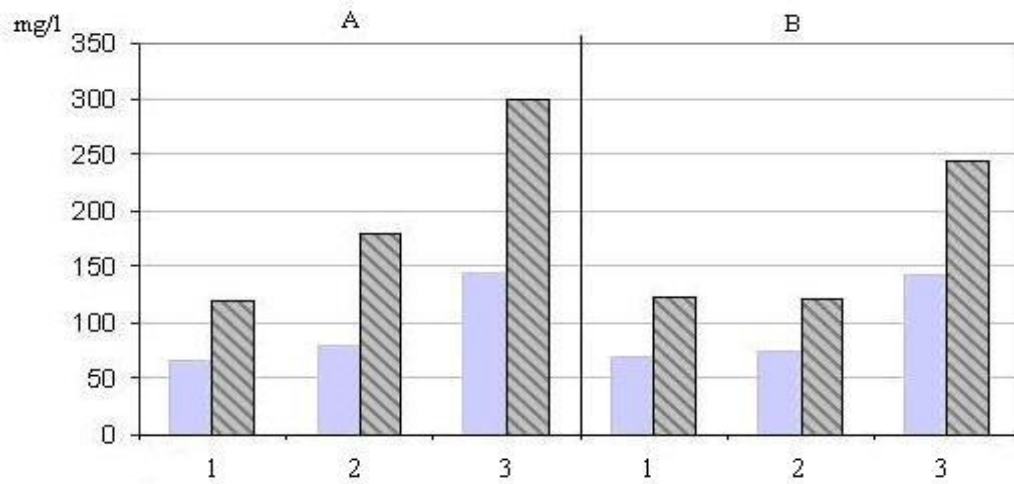


Fig.1. (+) – Catechin; 2 - (-) – Epicatechin; 3 – Total of Catechins.

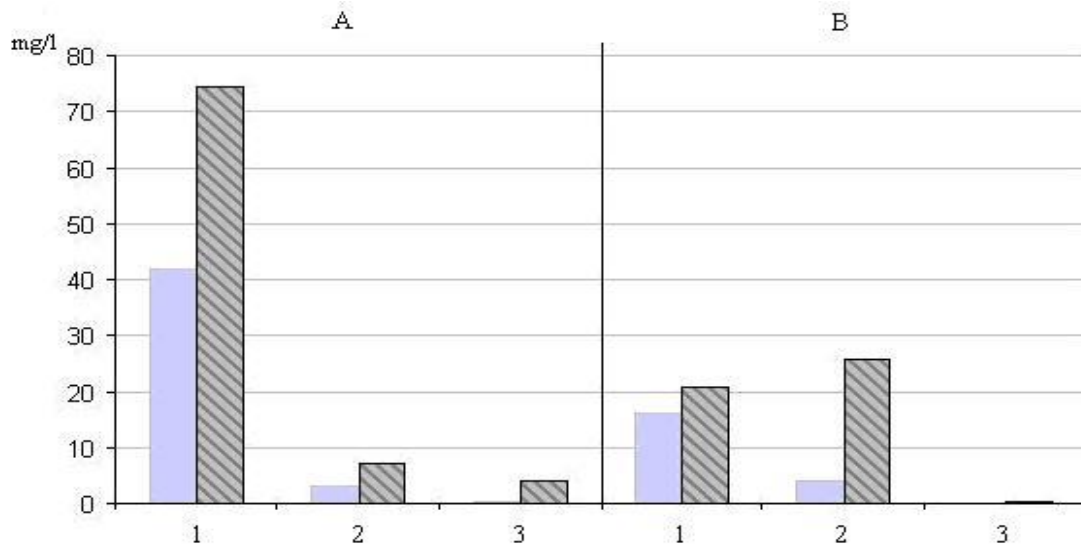


Fig.2. – Chlorogenic acid; 2 – Caffeic acid; 3 - Ellagic acid.

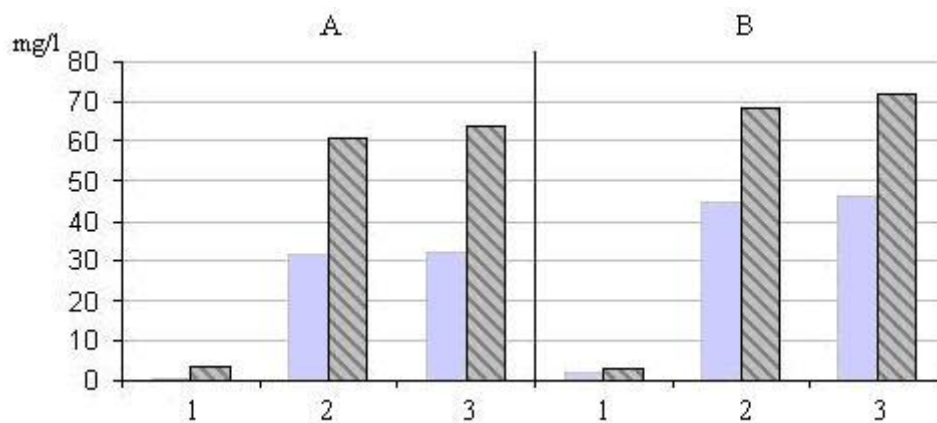


Fig.3. Quercetin; 2 – Quercetin-3- β -glucoside; 3 – Total of Flavonols.

A – Saperavi; B – Meskhuri Shavi

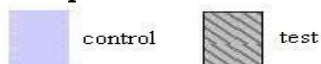


Table. Mineral substances in juice samples prepared from Saperavi and MeskhuriShavi

Mineral substances, mg/l	Saperavi		MeskhuriShavi	
	control	test	control	test
K	2 354.1	4 852	2 013	4 458
Na	45	57.8	40.2	55.8
Ca	67.2	165	95.52	212
Mg	40.8	97.2	91.2	134
Total amount of mineral substances	2 507.1	5172	2239.92	4859.8

References:

1. Mirella Nardini, Massimo D'Aquino, Gianni Tomassi, Vincenzo Gentili, Maurizio Di Felice, Cristina Scaccini, Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation by caffeic acid and other hydroxycinnamic acid derivatives. *Free Radical Biology and Medicine*, Vol. 19, Issue 5, November 1995, pp. 541-552.
2. Li, H.; Wang, X.; Li, Y.; Li, P.; Wang, H. Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. *Food Chem.* 2009, 112, p. 454-460
3. Perez-Vizcaino, F.; Duarte, J. Flavonols and cardiovascular disease. *Mol. Aspects Med.* 2010, 31, p. 478-494.
4. Ferrazzano, G.F.; Amato, I.; Ingenito, A.; Zarrelli, A.; Pinto, G.; Pollio, A. Plant polyphenols and their anti-cariogenic properties: A review. *Molecules* 2011, 16, p.1486-1507.
5. S.A. Palma-Duran, A. Vlassopoulos, M. Lean, L. Govan, E. Gombet, Nutritional intervention and impact of polyphenol on glycohemoglobin (HbA1c) in non-diabetic and type 2 diabetic subjects: systematic review and meta-analysis, *J. Critic. Rev. Food Sci. Nutrit.* 57, 2017, p. 975-986.
6. J. Guilford, J.M. Pezzuto, Wine and health: A review, *Am. J. Enol. Vitic.* 62, 2011, p. 471-486.
7. Castaldo L., Narvaez A., Izzo L., Graziani G., Gaspari A., Di Minno G., Ritieni A. Red wine consumption and cardiovascular health. *Molecules.* 2019; 24:3626. p.1-20.
8. Rocio Gutierrez-Escobar, Maria Jose Aliano-Gonzalez, and Emma Cantos-Viller, Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. *Molecules.* 2021 Feb; 26(3): 718. doi: 10.3390/molecules26030718
9. Daskalov P., R.Aslanian, P.Tenov, M.Zhivkov, P.Voiadzhiev, 1969, "Vegetable and Fruit Juices". Translated from Bulgarian into Russian. "Pischevayapromyshlennost". Moscow, p. 421.
10. Ebelashvili N., Mujiri L., Chkhartishvil N., Jorjikia N., Asashvili T. 2012. Production Technology of Grape Juice Concentrated with Polyphenols. Patent # 5238. "Georgian patent".
11. Bonerz D., Nikfardjam M. and Creazy G., 2008. A New RP-HPLC Method of Polyphenols, Anthocyanins and Indole-3-Acetic Acid in Wine. *Am.J.Enol.Vitic.* 59:1. P. 106-109.
12. Durmishidze S., Khachidze O. 1985. Grape Biochemistry. "Metsniereba", Tbilisi Ed. T.Kezeli. (Georgian), p. 405.
13. Valuiko G. G. 1973. Biochemistry and technology of red wines. "Pischevayapromyshlennost" Moscow. Ed. Drboglav E.C (Russian), p. 285.
14. Rodopulo A.K., 1983. Foundations of Winemaking Biochemistry.. "Pischevayapromyshlennost" Moscow. Ed. A.S.Vecher (Russian), p. 234.

წითელყურძნიანი ჯიშებიდან ფენოლური ნივთიერებებით გამდიდრების ინოვაციური ტექნოლოგიით დამზადებული წველების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები

ნანა ებელაშვილი ^{1,2}, ეთერი უთურაშვილი ², ინეზა კეკელიძე ²

1-საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

2-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

რეზიუმე

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით მდიდარ პროდუქტებზე დიდია მოთხოვნა საერთაშორისო ბაზარზე. ჩვენ მიერ შემუშავებულია ადგილობრივი წითელყურძნიანი ჯიშებიდან ფენოლური ნივთიერებებით გამდიდრებული წველების წარმოების ინოვაციური ტექნოლოგია. კვლევის ობიექტები იყო წველების ნიმუშები დამზადებული: **საკონტროლო** - სტანდარტული ტექნოლოგიით; **საცდელი** - ჩვენ მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიით. დადგენილია, რომ საცდელ ნიმუშებში, საკონტროლოსთან შედარებით, მატულობს ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობა – 53-58%-ით; ფენოლკარბონმჟავების – 109-134%-ით; კატეხინების – 71-106%-ით; ფლავანოლების – 56-98%-ით, ორგანული მჟავების – 52%-ით; მინერალური ნივთიერებების – ორჯერ. ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია ზრდის ინოვაციური ტექნოლოგიით დამზადებული წველების ნიმუშების ანტიოქსიდანტურ ეფექტს და კვებით ღირებულებას, რაც, თავის მხრივ, დადებითად აისახება მის თვითღირებულებაზე.

მონაცემთა ცენტრის არქიტექტურის აგება და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა

ნუგზარ ყოჩიაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

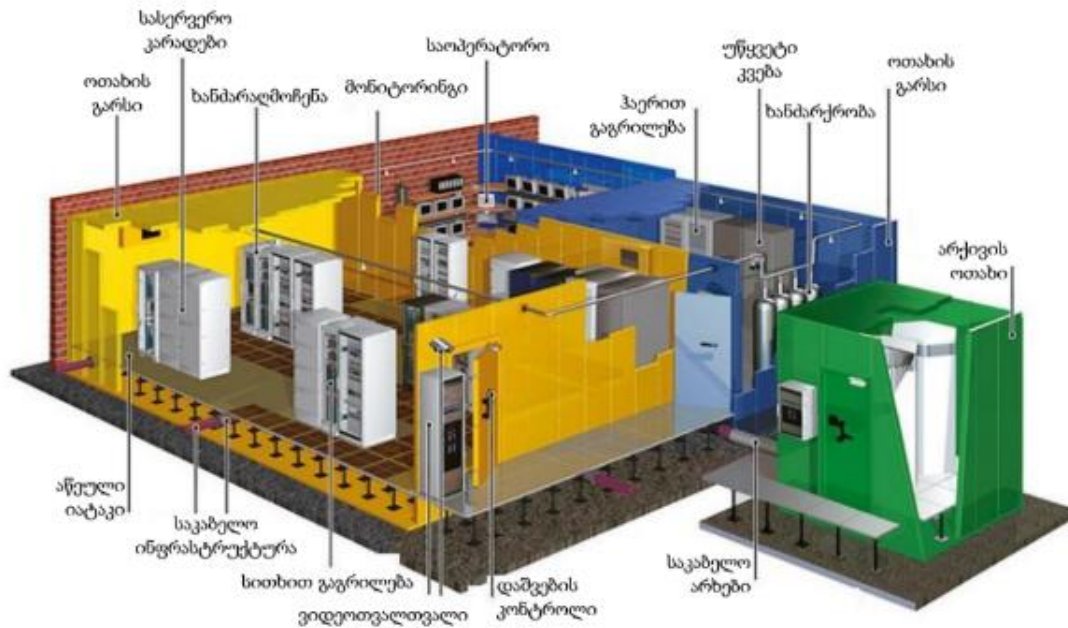
რეზიუმე

მონაცემთა ცენტრი დაწესებულებათა, რომელიც ორგანიზაციის საერთო IT ოპერაციებსა და მოწყობილობებს წარმოადგენს მონაცემთა და აპლიკაციათა შენახვის, დამუშავებისა და გავრცელების მიზნით. იქედან გამომდინარე, ისინი მოიცავს ორგანიზაციის ყველაზე მნიშვნელოვან აქტივებს. მონაცემთა ცენტრების სიცოცხლისუნარიანობა მნიშვნელოვანია ყოველდღიური ოპერაციების უწყვეტობისთვის. ნებისმიერი ორგანიზაციის მთავარი პრიორიტეტია მონაცემთა ცენტრების აგება, უსაფრთხოება და საიმედოობის უზრუნველყოფა.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა ცენტრი, უსაფრთხოება, არქიტექტურა.

1. შესავალი

მონაცემთა ცენტრებს წაეყენება მაღალი მოთხოვნები, რომელთაგანაც უმთავრესია მონაცემებზე უწყვეტი წვდომა, დამუშავების მაღალი სიჩქარე და მაქსიმალური უსაფრთხოება. მონაცემთა ცენტრი დღეს ინფორმაციის დამუშავების მთავარი სამუშაო პლატფორმაა. მას შემდეგ, რაც ინტერნეტი გახდა ყოველდღიური აუცილებლობა, თითქმის ყველა ჩვენთაგანის ცხოვრების უმეტესი ნაწილი დაკავშირებულია ინტერნეტთან. სწორედ მონაცემთა ცენტრებშია განთავსებული და ცენტრალიზებული კომპიუტერული ობიექტები და ქსელური მოწყობილობების განაწილება. მონაცემთა ცენტრები ასევე პასუხისმგებელია მონაცემთა სარეზერვო შენახვასა და აღდგენაზე. ამ ცენტრებში ასევე არის ვებ-გვერდები, ელექტრონული ფოსტის მართვა და მყისიერი შეტყობინებების სერვისები. კორპორაციები, ყველა ორგანიზაცია, რომელიც აწარმოებს და იყენებს მონაცემს, საჭიროებს მონაცემთა ცენტრებს, რომელთა გარეშე, ვერ მოხდება მონაცემთა სწრაფი და უსაფრთხო ხელმისაწვდომობა (ნახ.1) [1].



ნახ.1. მონაცემთა ცენტრის ფიზიკური სქემა

2. ძირითადი ნაწილი

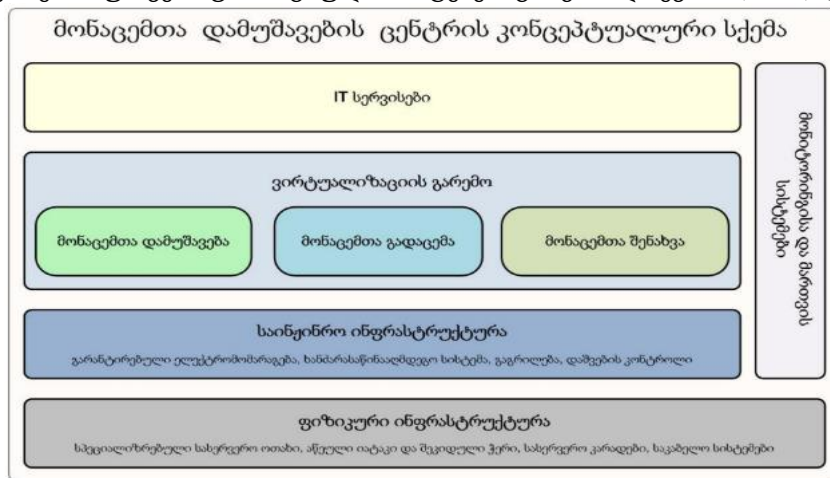
მონაცემთა ცენტრი შეიძლება ითქვას, რომ არის „სპეციალური ნაგებობა ან ნაგებობათა სისტემა, რომელშიც მოთავსებულია სპეციალური კომპიუტერული სისტემა და მასთან დაკავშირებული კომპონენტები“. მასში შედის, როგორც ზემოხსენებული სისტემები, ისე პერსონალი, ვინც მის მუშაობას და უსაფრთხოებას უზრუნველყოფს და მონაცემთა ცენტრის გამართულად მუშაობისთვის შესაბამის გარემოს უნარჩუნებს. ამ ყველაფერთან ერთად ცენტრი მოიცავს ასევე ელექტრონული მიწოდების კომპონენტებს, სარეზერვო კვებას, გამაგრილებელ სისტემებს, ხანძარსაფრთხიანადმოძენო მოწყობილობებს, უსაფრთხოების წერტილებს პერსონალისთვის. რაც შეეხება ინფრასტრუქტურას, ის შეიცავს ქსელით ერთმანეთთან დაკავშირებულ სერვერების განსაზღვრულ რაოდენობას და ეს რაოდენობა, ორგანიზაციის სპეციფიკურიდან გამომდინარე, ისაზღვრება. მონაცემთა ცენტრების ყველაზე დიდი პროცენტი ბიზნესზე მოდის და ასეთი ცენტრები გააჩნია ყველა ქვეყანას, დაწყებული პატარა, დამთავრებული ზესახელმწიფოთი, ხოლო ვისაც არ აქვს მონაცემთა ცენტრის გაკეთების საშუალება, მათი დამხმარეა ზუსტად ის ღრუბლოვანი სერვისები, რომელთა საშუალებითაც ორგანიზაცია ვირტუალურ, დამორეზულ მონაცემთა ცენტრს მართავს და ეს უფრო იაფი და უსაფრთხო გამოდის, კერძოს აწყობასთან შედარებით, უსაფრთხოებას კი ის უზრუნველყოფს, რომ „ღრუბლოვანი სერვისების ყველაზე დიდ ცენტრებს მართავენ ისინი, რომელთაც დიდი ბიუჯეტი აქვთ იმისთვის, რომ უსაფრთხოების მაქსიმუმი უზრუნველყონ. ასეთ კომპანიებს განეკუთვნება Google, Amazon, Microsoft და ბევრი სხვა.

წარმოგიდგინოთ სამ პრინციპს, რომელთა სწორად შესრულებით მონაცემთა ცენტრის ოპერირებისას ნახავთ სარგებელს და გააკეთებთ მნიშვნელოვან დანაზოგს კომპანიის ბიუჯეტში. ესენია: საიმედოობა; სივრცის დაზოგვა; მართვადობა.

თანამედროვე მონაცემთა ცენტრების სტანდარტული შეთავაზების ნაწილია ბევრი ახალი ტექნოლოგია, სერვისი და ობიექტი. ეს სერვისები ცვლის ბიზნესის ფუნქციონირების პროცესს. კიდევ ერთი ტენდენციაა მე-4 თაობის მოდულური მონაცემთა ცენტრების გაჩენა, რომლებიც მოიცავენ მოდულურ ერთეულებს და ხელს უწყობენ ინფრასტრუქტურის სწრაფ გაფართოებას. გარდა იმისა, რომ თაროების კომპონენტები მოდულურია, თავად შენობა შეიძლება იყოს მოდულური. მაგალითად, ზოგიერთი მონაცემთა ცენტრის აგება შეიძლება გადაზიდვის კონტეინერებში. მასშტაბის გაზრდა ნიშნავს მეტი გადაზიდვის კონტეინერის დამატებას მონაცემთა ცენტრის ერთეულების შემცველობით.

დღეს მონაცემთა ცენტრის ფუნქციური არქიტექტურა ხუთი ძირითადი ინფრასტრუქტურული კომპონენტის ერთობლიობაა, ესენია: ფიზიკური ინფრასტრუქტურა; საინჟინრო ინფრასტრუქტურა; მონაცემთა გადაცემის ინფრასტრუქტურა; მონაცემთა შენახვის ინფრასტრუქტურა; მონაცემთა დამუშავების ინფრასტრუქტურა.

მონაცემთა ცენტრის აგების პროცესი ხორციელდება ქვევიდან ზევით. მუშაობის დაკვირვების წარმოება შესაძლებელია ყველა დონეზე, გარდა ფიზიკურისა. თანამედროვე მონაცემთა ცენტრების აპარატული უზრუნველყოფა მეტწილად ვირტუალიზებულია, თუმცა ფიზიკურ სერვერებსა და მონაცემთა საცავებზე მომუშავე ინფორმაციული სისტემებიც საკმაოდ ბევრია (ნახ.2). [2]



ნახ.2. კონცეპტუალური სქემა

მონაცემთა ცენტრის აშენების და მოხმარების სტანდარტების დაცვა ეს საქმის ერთი ნაწილია, შემდგომი კი ამ სტანდარტების შესრულებაა. დროის ცვლამ და ტექნოლოგიების განვითარებამ პირველი მონაცემთა ცენტრის შექმნიდან დღემდე დაგვანახა, რომ არც ისე დაბალია იმ შემთხვევათა რაოდენობა, როდესაც უზუსტობების გამო დაზიანდა ამ ცენტრების ფიზიკური ან სისტემური ნაწილი. საჭირო გახდა სისტემის და წესების შემუშავება, რომელსაც ყველა განიხილავდა და ყურს დაუგდებდა, ამიტომ შეიქმნა სტანდარტული პროტოკოლები და მსოფლიოში აღიარებული სტანდარტები. დანიშნულების მიხედვით ყველა ცენტრს შესაძლოა სხვადასხვა სტანდარტი ერგებოდეს, მაგრამ ისინი დიდად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ერთ-ერთი ფართოდ ცნობილი სტანდარტებია TIA, CENELEC და ISO/IEC, რომელთაც ქვეყნების უმრავლესობა იყენებს. რაც შეეხება "Tia-942", მასში არის ყველა ის მოთხოვნა და რეკომენდაცია, რა უნდა გაკეთდეს მონაცემთა ცენტრის აგებისთვის და შემდეგ მის რომელიმე კლასში გადანაწილებისთვის. ზემოხსენებულ სტანდარტს აქვს რამდენიმე დონე, რომლითაც ხასიათდება და შემდგომში კლასიფიცირდება მონაცემთა ცენტრი.

უსაფრთხოების კუთხით სისტემური ადმინის მოვალეობაა „firewall“-ის დაყენება და კონფიგურირება. ზემოხსენებული კომპანიის ქსელის მნიშვნელოვანი კომპონენტია სისტემის დაცვა და უსაფრთხოება. ქსელის უსაფრთხოება საჭიროებს დაცვას შიდა და გარე საფრთხეებისაგან, „firewall“-ს კი შეუძლია უზრუნველყოს ორივე უსაფრთხოება ყველა ასპექტისათვის. არანაკლებ მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მარშუტიზატორს. ესაა მოწყობილება, რომელიც აერთებს ან ასრულებს ხიდის როლს ორ ან მეტ ქსელს შორის. როდესაც მონაცემთა ცენტრი შეერთებულია ქსელში, არსებობს საფრთხე, რომ ის გახდეს გარე შემოტევის მსხვერპლი.

მონაცემთა ბაზის უსაფრთხოების პოლიტიკა ისე უნდა იყოს ინტეგრირებული, რომ მხარს უჭერდეს თქვენს ბიზნესმიზნებს, ესენია: კრიტიკული ინტელექტუალური საკუთრების დაცვა, კიბერუსაფრთხოების პოლიტიკა და ღრუბლოვანი უსაფრთხოების პოლიტიკა, ასევე დარწმუნებული უნდა იყოს, რომ გაქვთ განსაზღვრული პასუხისმგებლობა თქვენს ორგანიზაციაში უსაფრთხოების კონტროლის შენარჩუნებასა და აუდიტზე, და რომ თქვენი პოლიტიკა ავსებს თქვენი ღრუბლოვანი პროვაიდერის პოლიტიკას საერთო პასუხისმგებლობაში.

3. დასკვნა

საბოლოო ჯამში, აღნიშნული ნაშრომი გვიქმნის წარმოდგენას იმაზე, თუ რა არის მონაცემთა ცენტრი, რა შეუძლია, როგორი ისტორია აქვს, როგორ ავაშენოთ, რა უნდა გავითვალისწინოთ, რა რისკებთან არის დაკავშირებული ჩვენი გადაწყვეტილება და რა უნდა მოვიმოქმედოთ, რომ ამ რისკების აღბათობა მინიმუმამდე დავიყვანოთ.

ლიტერატურა - Reference:

1. ი. ქართველიშვილი, თ. ელიზბარაშვილი. კომპიუტერულ ქსელში უსაფრთხოების კუთხით ქსელური მოწყობილობების დაკონფიგურირების საკითხები. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები N1(33), 2022
2. ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. ვირტუალური კერძო ქსელის (VPN) აგების კონცეფცია, ქსელის ფუნქციები და მათი კლასიფიკაცია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები N2(26), 2018.

BUILDING A DATA CENTER ARCHITECTUR AND SECURITY

Nugzar Kochiashvili, Joseb Kartvelishvili

Georgian Technical University
Nugzrari16@gmail.com; s.kartvelishvili@gtu.ge**Summary**

A data center is a facility that embodies an organization's overall IT operations and facilities for the storage, processing, and distribution of data and applications. Data centers are essential to the continuity of daily operations since they store the most valuable assets of an organization. Therefore, the building of data centers, security, and reliability are the main priorities of any organization.

ჰაერის ნაკადების მართვა სამედიცინო დაწესებულებებში

მარინა მესხია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
meskhia.marina@gtu.ge**რეზიუმე**

ხარისხიანი სამედიცინო სერვისების მიწოდებაზე მზარდი მოთხოვნის გამო, აქტიურად ვითარდება ტექნოლოგიები და პერსონალის უსაფრთხო მუშაობის სისტემები. დღევანდელ დროში ერთ-ერთი აქტუალური თემაა სავენტილაციო სისტემების მოთხოვნები საავადმყოფოებში, კლინიკებში, სამედიცინო ცენტრებსა, და სხვა სამედიცინო დაწესებულებებში, რადგან აქ ჰაერის ხარისხი უშუალო გავლენას ახდენს ადამიანების ჯანმრთელობაზე. განხილულია ჰაერის კონდიციონირების სისტემების მუშაობის რეჟიმი და რეგულირების მეთოდები; მოცემულია საკვლევი სივრცე და მისი მოდელი და ასევე მართვის სისტემა Matlab & Simulink-ის გამოყენებით. განხილულია დიფერენციალური წნევის გამზომი მოწყობილობა, რომელიც სავენტილაციო სისტემასთან ერთად ამცირებს ინფექციური დაავადებების გავრცელების რისკს და ხელს უწყობს სტერილური სამუშაო გარემოს შენარჩუნებას. ჩატარებულია წნევის სენსორების მიმოხილვითი ანალიზი, კომპიუტერული სიმულაციური პროგრამა Proteus-ის ბაზაზე აგებული მოწყობილობის სქემოტექნიკური მოდელი, რომლის საშუალებითაც ჩატარებულია, შემუშავებული ალგორითმის მიხედვით, ინფორმაციის გაცვლის პროცესის ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: სამედიცინო დაწესებულება; მიკროკლიმატი; ტემპერატურა; ვენტილაცია; კონდიციონირება; ფილტრაცია; წნევა; გამზომი მოწყობილობა; წნევის სენსორი; რეგისტრი.

1. შესავალი

გაერთიანებული კომისია (**The Joint Commission**) მუდმივად ცდილობს გააუმჯობესოს ჯანდაცვა საზოგადოებისათვის, აქვს მკაცრი მოთხოვნები პაციენტების, თანამშრომლებისა და ვიზიტორების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად. ერთ-ერთი ასეთი მოთხოვნაა ვენტილაცია სამკურნალო დაწესებულებებში. ვენტილაციის სისტემა ეფექტურია საავადმყოფოს ინფექციების შესამცირებლად. ეს სისტემები შექმნილია იმისთვის, რომ შენარჩუნდეს შენობაში არსებული უსაფრთხო ჰაერის ხარისხი (IAQ) პაციენტების ჯანმრთელობისათვის. ჰაერის ნაკადის სტანდარტების გამო, აღჭურვილობა უნდა აკმაყოფილებდეს მაღალი ვენტილაციის სიჩქარეს და ფილტრაციის მოთხოვნებს.

საავადმყოფოების ვენტილაციის სისტემა ითვალისწინებს უარყოფით წნევას იზოლირებულ ოთახებში, დადებით წნევას – საოპერაციო ოთახებში.

დადებითი წნევის მიზანია იმის უზრუნველყოფა, რომ ჰაერის პათოგენებმა არ დააბინძუროს ოთახი, სადაც პაციენტი იმყოფება და იქ არსებული აღჭურვილობა. ამრიგად, ამ ოთახებში დამატებითი ჰაერი შეედინება, რათა დაბინძურებული ნივთიერებები არ შევიდეს.

ნეგატიური წნევა, მეტი რაოდენობის ჰაერის გაწოვა ოთახიდან, გამოიყენება ნებისმიერი პოტენციური დამაბინძურებელი ტერიტორიისათვის, რათა არ მოხდეს ამ სივრციდან ჰაერის შენობის სხვა ნაწილში გასვლა. ოთახის უარყოფითი წნევა არის იზოლაციის ტექნიკა, რომელიც გამოიყენება საავადმყოფოებში ოთახიდან ოთახში ჯვარედინი დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად.

2. ძირითადი ნაწილი:
ჰაერის ნაკადების მართვა ჯანდაცვის დაწესებულებებში
საკვლევი სივრცის მოდელზე

- საკვლევი სივრცის წნევასა და მის კონტროლზე მოქმედებს შემდეგი პარამეტრები და ფაქტორები:
- ოთახის მოცულობა - სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე;
 - ოთახის ტემპერატურა - ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში ოთახში წნევა იმატებს, ხოლო დაკლების შემთხვევაში - მცირდება;
 - ოთახის ჟონვის კოეფიციენტი - მომარაგებული ჰაერიდან რა რაოდენობის ჰაერი იკარგება;
 - ჰაერის მოცულობა ოთახში მაღალი წნევის დროს - მოცულობა, რომელიც საჭიროა, რათა მუდმივად შევინარჩუნოთ ოთახში ჩვენთვის სასურველი წნევა;
 - ჰაერის გამწოვი/შემომტანი მოწყობილობები - რა რაოდენობის ჰაერით შეუძლია მოამარაგოს, ან რა რაოდენობის ჰაერი შეუძლია გაიწოვოს ოთახიდან წუთში.

მოცემულობა: ჰაერის ნაკადთა ცვლილება საათში: $x = 15$

საოპერაციო ოთახის პარამეტრები						ცხრ.1
სიგრძე $a(\text{მ})$	სიგანე $b(\text{მ})$	სიმაღლე $h(\text{მ})$	მოცულობა $v (\text{მ}^3)$	დანაკარგი $i\%$	ნორმალური ატმოსფერული წნევა P_0	ტემპერატურა ნორმალურ პირობებში $T_0 (k)$
6	4	3	72	3	101325	297

საოპერაციო ოთახის პარამეტრების შენარჩუნება		ცხრ.2
წნევა P	ტემპერატურა $T(k)$	
101340	291	

გამოთვლები:
 წუთში გარეთ გამოსული ჰაერის მოცულობა:

$$V_{\delta} = \frac{(x * V)}{60} = \frac{(15 * 72)}{60} = 18\text{მ}^3$$

ოთახში ჰაერის საჭირო მოცულობა 15პა დადებითი წნევის შესანარჩუნებლად ($V_{\text{ჰაერ.}}$):

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$V = \frac{P_0 V_0 T}{PT_0} = \frac{101325 * 72 * 291}{101340 * 297} = \frac{2122961400}{3009780} = 70.5$$

$$V_{\text{ჰაერ.}} = \frac{72 * 72}{70.5} = 73.53$$

$73.53 - 72 = 1,53$ (მ^3 -ით მეტი ჰაერის მოცულობა ნორმალურ პირობებთან შედარებით)
 ჰაერის 3%-იან დანაკარგის პირობებში:

$$19,53 * 0.03 = 0.586 \text{მ}^3.$$

მართვის სისტემა სიმულინკის გამოყენებით

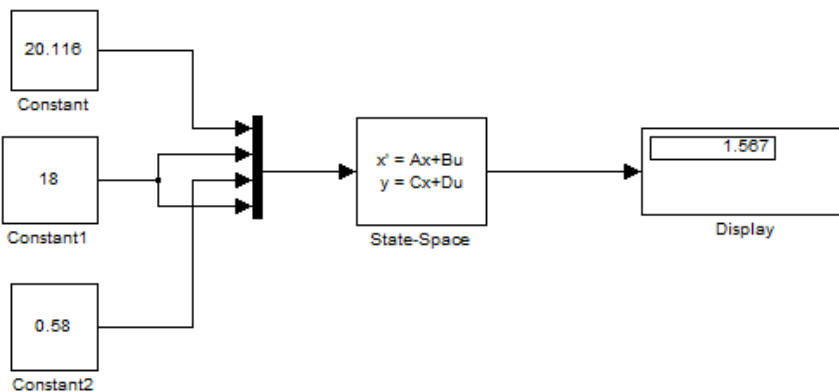
$$X1 = -x_1 + g_1 - g_2 - g_3$$

$$X2 = -x_2 + g_2 - g_4$$

სისტემის ცვლადები

ცხრ.3

x1	პირველი ოთახის მოცულობა
x2	მეორე ოთახის მოცულობა
g1	საოპერაციო ოთახში შემავალი ჰაერი
g2	გამავალი ჰაერი
g3	საოპერაციო ოთახის დანაკარგი (გაჟონვა)
g4	დერეფანში შემავალი ჰაერი



ნახ. 1. მართვის სისტემის მოდელირება სიმულინკში

ე.ი. ოთახებს შორის ჰაერის მოცულობის სხვაობა იქნება 1,567, რაც მოგვცემს ჩვენთვის სასურველ 15 პასკალ წნევის სხვაობას.

გამოყენებული მატრიცები:

$$A = [-1 \ 0; \ 0 \ -1]$$

$$B = [1 \ -1 \ -1 \ 0; \ 0 \ -1 \ 0 \ 1]$$

$$C = [1.02 \ -1]$$

მდგრადობისა და მართვადობის განსაზღვრა Matlab-ში

$$\det(A) - \det \begin{bmatrix} -1-x & 0 \\ 0 & -1-x \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

$$(-1-x) * (-1-x) = 0$$

$$x^2 + 2x + x = 0$$

$$x = -1$$

მახასიათებელი განტოლების ფესვთა ნამდვილი ნაწილი უარყოფითი მივიღეთ, შესაბამისად ეს სისტემა მდგრადია.

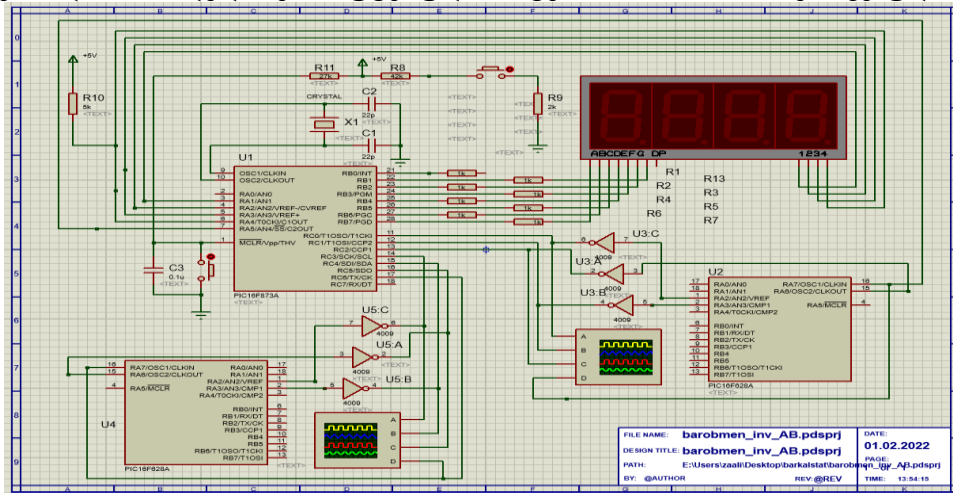
Matlab-ის გამოყენებით ჯერ დავთვალეთ W მატრიცის რანგი. ეს უკანასკნელი უნდა ემთხვეოდეს C მარტივის სტრიქონების რაოდენობას, რაც ჩვენს შემთხვევაში იყო 1-ის ტოლი. შესაბამისად, ეს სისტემა მართვადია.

დიფერენციალური წნევის გამოზომი მოწყობილობა

სამედიცინო დაწესებულებებში აირწვეთოვანი დაავადებების პრევენციისას უმნიშვნელოვანესია ჰაერის ნაკადის კონტროლი ოთახებს შორის წნევათა სხვაობით, რაც დიფერენციალური წნევის სენსორების გამოყენებით მიიღწევა.

ქვემოთ განხილულია დიფერენციალური წნევის გამოზომი მოწყობილობის სქემოტექნიკური

მოდელი, რომელიც დიფერენციალური წნევის მონიტორინგის შემადგენელი ნაწილია. შემოთავაზებული გამზომი მოწყობილობის მოდელის კომპიუტერული სისტემა Proteus-ის ბაზაზე მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 2. დიფერენციალური წნევის გამზომი მოწყობილობის სქემოტექნიკური მოდელი

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: გამზომი მოწყობილობის ძირითად მიკროკონტროლერს U1 მიეწოდება გაზომილი და ციფრულ ფორმაში გარდაქმნილი მონაცემები ორი იდენტური წნევის გამზომ-სენსორული ბლოკიდან, რომელიც აგებულია U2 და U4 მიკროკონტროლერზე. თითოეული აღნიშნული ბლოკი, თავის მხრივ, შეიცავს წნევის სენსორს, მიკროკონტროლერს და მონაცემთა შეუფერხებელი გადაცემის სინქრონიზაციის სქემას. აღნიშნული მიკროკონტროლერები უზრუნველყოფს წნევის სენსორიდან (ქარხნულად დაკალიბრებული) პარამეტრებისა და კონსტანტების წინასწარ გადამუშავებას, მიღებული საზომი ინფორმაციის სტატისტიკურ დამუშავებას და მონაცემთა შეუფერხებელ მიწოდებას ძირითადი კონტროლერისათვის, რომელიც შეიძლება დამორებული იყოს რამდენიმე ათეული ან ასეული მეტრით. ამრიგად, გაზომილი წნევის შედეგები სხვადასხვა ადგილზე განთავსებულ-სენსორული ბლოკებიდან (აგებულს U2 და U4 მიკროკონტროლერზე) მიეწოდება ძირითად მმართველ ბლოკს – წამყვან მიკროკონტროლერს U1.

ძირითადი მართვის ბლოკი განაპირობებს მიღებული ინფორმაციის დამუშავებას და წნევათა სხვაობის ციფრულ ინდიკატორზე გამოტანას. გარდა ამისა, აღნიშნული მართვის ბლოკი, წნევათა სხვაობის უარყოფითი მნიშვნელობისას (ოპციონალურად), უზრუნველყოფს ანალოგური ან ციფრული გამომავალი სიგნალის ფორმირებას.

3. დასკვნა

აღსანიშნავია, რომ სამედიცინო დაწესებულების ვენტილაციისა და კონდიციონირების სისტემამ, უპირველეს ყოვლისა, უნდა უზრუნველყოს საჭირო მიკროკლიმატი და აგრეთვე სამუშაო ჯანსაღი პირობები, ჰაერი უნდა გაიწმინდოს თითოეულ ოთახში ინდივიდუალურად, დანიშნულების მიხედვით. ასევე ჩატარებული წნევის სენსორების მიმოხილვითი ანალიზის შედეგად, არჩეულია მოთხოვნილი პარამეტრების შესაბამისი წნევის ინტელექტუალური სენსორი, შემუშავებულია დიფერენციალური წნევის გამზომი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა და მოქმედების ალგორითმი. დიფერენციალური წნევის გამზომი მოწყობილობა გამოიყენება სავენტილაციო სისტემასთან ერთად, ამცირებს ინფექციური დაავადებების გავრცელების რისკს და ხელს უწყობს სტერილური სამუშაო გარემოს შენარჩუნებას.

ლიტერატურა

1. <https://www.chthealthcare.com/blog/ventilation-requirements-for-healthy-hospitals>. (6.08.2022)
2. <https://ru.scribd.com/doc/48005666/Technical-Bulletin-Calculation-of-Room-Pressure>. (8.07.2022)
3. Sammy Al-Benna. Negative pressure rooms and COVID-19. Journal: Jour. of Perioperative Practice 2020, pp. 18–23.
4. Knowles Middleton W.E. A Brief History of the Barometer
5. ზ. აზმაიფარაშვილი, ო. ტომარაძე. სენსორები და ინტელექტუალური საზომი საშუალებები. სტუ-ის „საგამომცემლო სახლი“, 2017. -498 გვ. ISBN:978-9941-20-754-9

AIRFLOW PATHS IN HEALTHCARE FACILITIES

Marina Meskhia

Georgian Technical University
meskhia.marina@gtu.ge

Summary

Due to the growing demand for the provision of quality medical services, technologies and systems for safe work of personnel are actively developing. One of the current topics today is the arrangement of ventilation systems in hospitals, clinics, medical centers and other medical institutions, because the quality of the air here has a direct impact on people's health. Airflow management systems in medical institutions are discussed in the paper. The research space and its model as well as the control system using Simulink are given. A differential pressure measuring device is discussed, together with the ventilation system, which reduces the risk of spreading infectious diseases and helps maintain a sterile working environment. Analysis of pressure sensors is performed. Schematic model of the device is built on the basis of computer simulation program Proteus.

Keywords: Medical institution, microclimate, temperature, Ventilation, air conditioning, filtration, pressure, measuring device, pressure sensor, registers.

პანდემიასთან დაკავშირებული მონაცემების ინტეგრირება და ანალიზი

ალბერტ მირიანაშვილი, გულნარა ჯანელიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
albert.mirianashvili@gtu.ge; janelidzegulnara08@gtu.ge

რეზიუმე

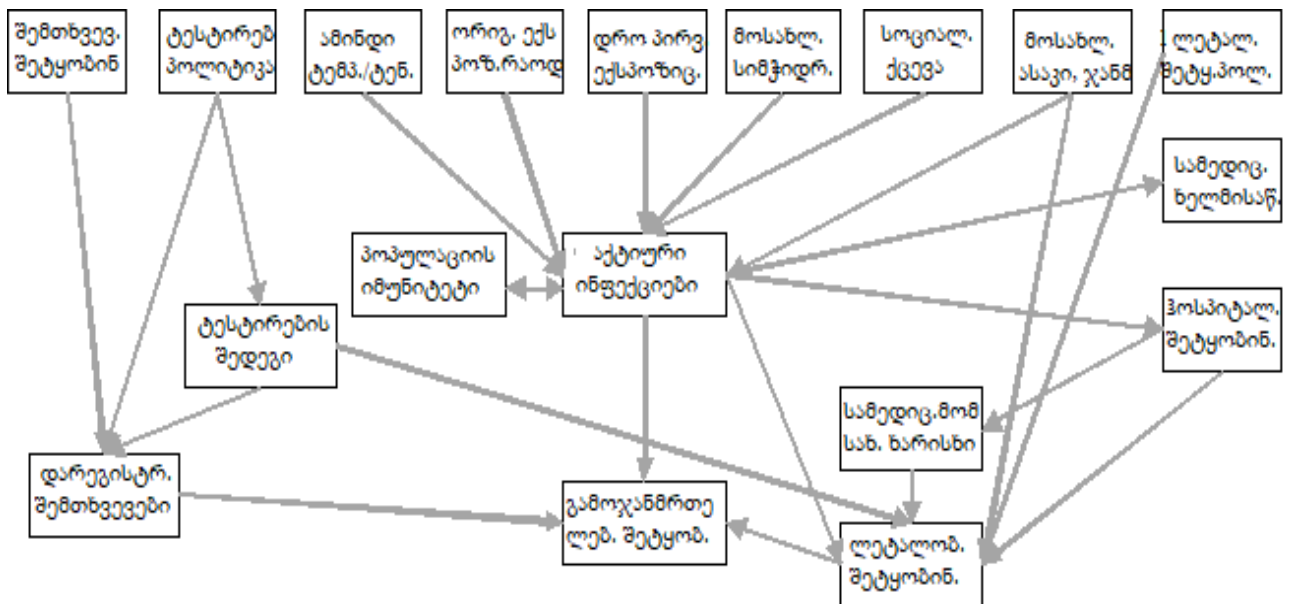
COVID-19 გლობალური პანდემიის გავრცელებამ დიდი მოცულობის სხვადასხვა ტიპის მონაცემები დააგროვა, რომელიც დღითიდღე სწრაფად იზრდება. მათი გამოყენება, დიდი მონაცემების ანალიზის მეთოდების საშუალებით, შესაძლებელია მრავალ სფეროში, მათ შორის დიაგნოსტიკაში, რისკების შეფასებაში ან შეფასების პროგნოზირებაში, ჯანმრთელობის დაცვის სფეროში გადაწყვეტილების მიღებაში, ფარმაცევტულ ინდუსტრიაში. აღწერილია COVID-19-თან დაკავშირებული სხვადასხვა მონაცემი. მოცემულია მონაცემთა შეგროვებისა და ინტეგრირების ტექნოლოგია, მონაცემთა მაინინგის სისტემის სტრუქტურა და ფუნქციონირება. OLTP (Online Analytical Processing) რეალიზებულია რელაციურ მონაცემთა საფუძველზე აგებული მრავალგანზომილებიანი მონაცემთა ბაზით. აგებულია OLAP კუბი და შესრულებულია ოპერაციები, რაც სხვადასხვა ჭრილში მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზის ჩატარების საშუალებას იძლევა.

გასაღებური სიტყვები: მონაცემთა ინტეგრირება, მონაცემთა მაინინგი, მონაცემთა ანალიზი.

1. შესავალი

COVID-19 ეპიდემიამ გამოიწვია როგორც დიდი რაოდენობის ადამიანური მსხვერპლი, ისე რყევები ეკონომიკურ, სოციალურ, ჯანმრთელობის დაცვის სისტემებში მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. ასეთ ეპიდემიასთან ბრძოლა მოითხოვს მისი ქცევისა და ხასიათის შეცნობას, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს შესაბამისი დიდი მონაცემების შეგროვებითა და ანალიზით. რეგულარული მონიტორინგისა და დისტანციური აღმოჩენის სისტემა დიდ სამსახურს გაუწევს COVID-19 საეჭვო შემთხვევებზე დაჩქარებულად თვალყურის მიდევნებას. ასეთი სისტემების გამოყენება ქმნის უზარმაზარი რაოდენობის მონაცემებს, რომელიც უამრავ შესაძლებლობას იძლევა დიდი მონაცემების ანალიზის ინსტრუმენტების გამოყენებისთვის, რაც, თავის მხრივ, აამაღლებს სამედიცინო მომსახურების დონეს [1]. ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესახებ მონაცემთა ანალიზს რეალურ დროში, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებით საციცოცხლო მნიშვნელობა ექნება ჯანმრთელობის დაცვის პროგნოზირებისა და პროფილაქტიკისთვის. მაგალითად, მას შეუძლია იწინასწარმეტყველოს ინფიცირების ადგილი და ვირუსის ნაკადი. ყოველივე ეს დაეხმარება წინასწარ განისაზღვროს მოთხოვნილება საწოლებზე, სპეციალისტების რაოდენობაზე, სამედიცინო რესურსებზე პანდემიური კრიზისის პერიოდში, ასევე დიაგნოსტიკასა და ვირუსის მახასიათებლების განსაზღვრაში [2,3,4].

პანდემიასთან დაკავშირებული მონაცემების სწორად განსაზღვრა და შეგროვება მეტად მნიშვნელოვანია მისი შემდგომი ანალიზისთვის. აღნიშნული მონაცემების ურთიერთკავშირის დიაგრამა მოცემულია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ. 1. პანდემიასთან დაკავშირებული მონაცემების ურთიერთკავშირი

მოცემულ სტატიაში განხილულია COVID-19-თან დაკავშირებული რამდენიმე ტიპის მონაცემი, როგორცაა სიმპტომები და კომპიუტერული ტომოგრაფია, დემოგრაფიული მონაცემები, სამედიცინო მონაცემები. ძირითადი ყურადღება გამახვილებულია კვლევების მიმოხილვაზე, რომლებმაც განსაზღვრა გადაწყვეტილებები, რათა გააკონტროლონ COVID-19 პანდემია და მიეკუთვნება ოთხი სფეროდან ერთ-ერთს, კერძოდ დიაგნოსტიკა, რისკის შეფასება ან პროგნოზირება, ჯანდაცვის გადაწყვეტილების მიღება და ფარმაცევტული სფერო.

სტატისტიკური ანალიზის დახმარებით სამედიცინო მონაცემები ფართოდ გამოიყენება კვლევებში, რომლებიც მიმართულია COVID-19-თან საბრძოლველად. მათი მეშვეობით შეიძლება განისაზღვროს დაავადების თავისებურებები, რომელიც ეხმარება არა მარტო დაავადების დიაგნოსტიკის პროცესს, არამედ მის წარმოშობა. გარდა ამისა, გამოიყენება COVID-19-ის შესახებ დამატებითი მონაცემები, რომლებიც გვხმარება გავიგოთ რაოდენობა, შემთხვევების სტატუსი და PCR ტესტის შედეგები. სხვა ტიპის მონაცემები დაფუძნებულია ნიმუშების გადარჩევაზე ვირუსის ინკუბატორისა და დაავადებული ადგილის გამოსავლენად. გარდა ამისა, სტატისტიკური მონაცემები გამოიყენება რესურსების მართვისა და რისკების პროგნოზირებისთვის, როგორცაა ინტენსიური თერაპიის სიმძლავრეების სრული გამოყენება აქტიური გადაწყვეტების დასამუშავებლად. ასევე, გარემოს მონაცემები, რომლითაც დაინტერესდა ზოგიერთი კვლევა – შეფასდეს პანდემიის გავრცელების რისკი და განისაზღვროს რაიონები, რომლებშიც მოსახლეობა იქნება გაცილებით მოწყვლადი ინფექციის მიმართ.

მონაცემთა ტიპების თვალსაზრისით, COVID-19 ეპიდემიოლოგიური მონაცემები ჩვეულებრივ მოიცავს შემდეგს:

- ადმინისტრაციული ინფორმაცია, თავის მხრივ, მოიცავს: უნიკალურ იდენტიფიკატორს, რომელიც ინახავს ცალკეული შემთხვევების კონფიდენციალობას; მის ადგილმდებარეობას; ეპიზოდის დღეს (სიმპტომის გამოვლენის ან მასთან მიახლოებულ დღეს);
- საქმის დეტალები, მოიცავს: სქესს; ასაკს; საქმესთან დაკავშირებულ კონკრეტულ მონაცემებს;
- მონაცემები სიმპტომებზე, შეიცავს დამატებით ინფორმაციას სიმპტომების ერთობლიობაზე, როგორცაა ხველა, ცხელება, შემცივნება, ყელის ტკივილი, სურდო, ქოშინი, გულისრევა, თავის ტკივილი, სისუსტე, სახსრების ტკივილი, გაღიზიანება, დიარეა და სხვა;
- კლინიკური მიმდინარეობა და შედეგები, მოიცავს ავადობის სტატუსს, როგორცაა ჰოსპიტალიზებულია ინტენსიური თერაპიის განყოფილებაში ან არ არის ჰოსპიტალიზებული;
- ჯანმრთელობის აღდგენის შემთხვევებს, ასევე შეიცავს დამატებით ინფორმაციას, როგორცაა:

აღდგენის დღე, პაციენტის მდგომარეობა, რომელიც არ გამოჯანმრთელდა, მიუთითებს, რომ გარდაიცვალა COVID-19-ით ინფიცირებით.

მაგალითი COVID-19-ის შესახებ რეალური მონაცემებიდან. მონაცემთა შეგროვება და ინტეგრირება.

მოცემულ ამოცანაში მანქანური სწავლების ინსტრუმენტის დემონსტრირებისთვის, COVID-19 დავტესტეთ სხვადასხვა ეპიდემიოლოგიური მონაცემისთვის. ამ მონაცემთა ნაკრების დახმარებით იყო შეგროვებული და ინტეგრირებული მონაცემები სხვადასხვა რეგიონიდან. ჩვენ მიერ გამოყენებული ინსტრუმენტი წინასწარ ამუშავებს მონაცემებს და ჩართავს NULL მნიშვნელობას 11 ატრიბუტიდან 9-ში:

- 1) უნიკალური იდენტიფიკატორის აუცილებელი ატრიბუტი, რომელიც ინახავს კონფიდენციალობას ცალკეული შემთხვევებისთვის;
- 2) აუცილებელი ატრიბუტი რეგიონის განზოგადებული დაფარვისთვის;
- 3) ეპიზოდური კვირა ან სიმპტომის გამოვლენის კვირა მიმდინარე დრომდე;
- 4) სქესი, NULL ჩათვლით;
- 5) ასაკობრივი ჯგუფი: ≤ 19 , 20, 30, 40, 50, 60, 70, ≥ 80 და NULL (თუ უცნობია, უმჯობესია არ გამოცხადდეს);
- 6) საოკუპაციო ჯგუფი, მათ შორის: ჯანდაცვის მუშაკი, სკოლის ან საბავშვო ბაღის თანამშრომელი, გრძელვადიანი მოვლის რეზიდენტი, სხვა პროფესია და NULL;
- 7) უსიმპტომო: დიახ, არა ან NULL;
- 8) საავადმყოფოს სტატუსი, მათ შორის: ჰოსპიტალიზებულია ინტენსიურ თერაპიაში, ჰოსპიტალიზებულია არაინტენსიურ თერაპიაში, არ არის ჰოსპიტალიზებული და NULL;
- 9) გადაცემის მეთოდი, მათ შორის: საზოგადოების ექსპოზიციები, მოგზაურობის ექსპოზიციები და NULL;
- 10) კლინიკური შედეგი: გამოჯანმრთელება, ლეტალობა და NULL;
- 11) აღდგენის კვირა NULL ჩათვლით.

სტატისტიკური ანალიზის (Data Mining) სისტემა ძირითადად აიგება შემდეგის საფუძველზე:

- 1) საინფორმაციო-სადიებო ანალიზის ქვესისტემები რელაციური მბმს და სტატისტიკური მოთხოვნების ბაზაზე SQL ენის გამოყენებით;
- 2) ოპერატიული ანალიზის ქვესისტემები. მათი რეალიზებისთვის გამოიყენება OLAP (Online Analytical Processing), რომელიც იყენებს მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი სახით წარმოდგენის კონცეფციას;
- 3) ინტელექტუალური ანალიზის ქვესისტემები, რომლებიც Data Mining ტექნოლოგიების მეთოდებისა და ალგორითმების რეალიზებას ახდენს.

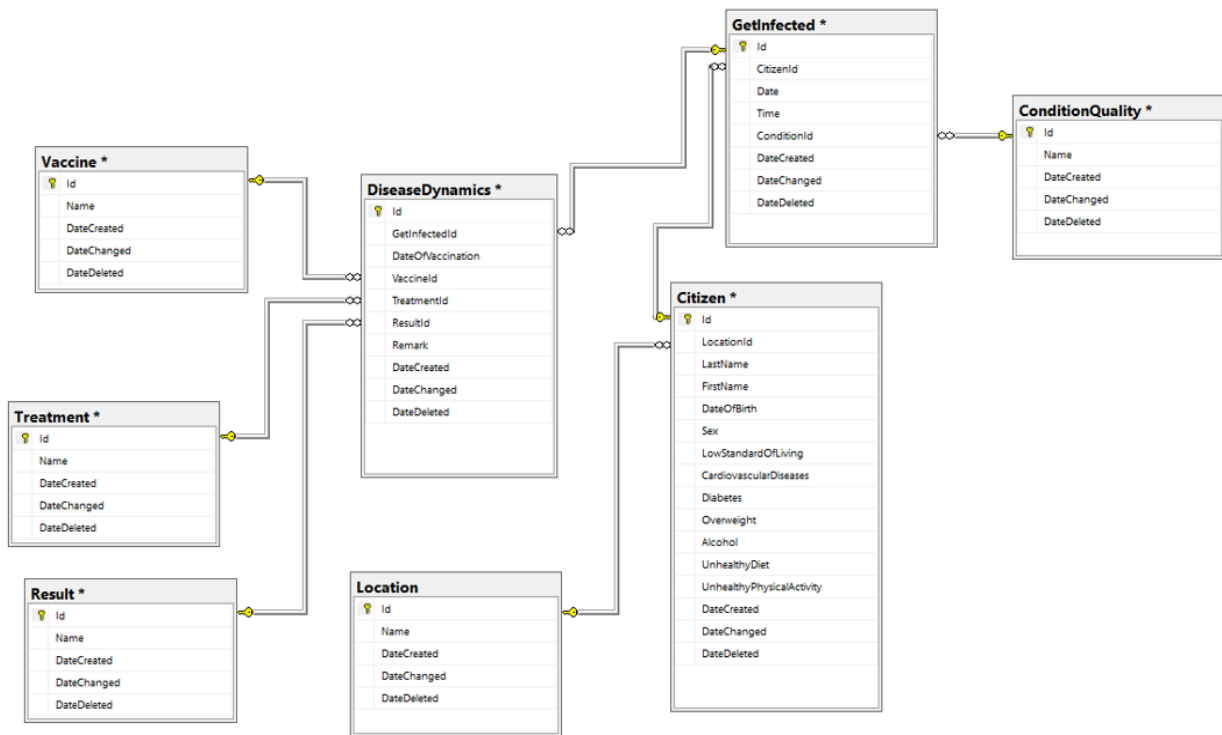
დიდი მონაცემების უზარმაზარი მოცულობა გროვდება სხვადასხვა მონაცემთა წყაროდან. ასეთ მონაცემებში ჩაშენებულია სასარგებლო ინფორმაცია და ღირებული ცოდნა, რომლის გახსნაც საჭიროა. მაგალითად, ეს მონაცემები შეიძლება იყოს: სამედიცინო და ეპიდემიოლოგიური, როგორცაა პაციენტის მონაცემები, რომლებსაც ჰქონდა ეპიდემიოლოგიური დაავადებები, ისეთი, როგორცაა კორონავირუსული დაავადება (COVID-19). აღნიშნული ეპიდემიოლოგიური მონაცემებიდან მიღებული ცოდნა მანქანური სწავლების, მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზით და OLAP მეთოდების დახმარებით მკვლევარებსა და ეპიდემიოლოგებს საშუალებას აძლევს უკეთ გამოიკვლიონ დაავადება. კერძოდ, კვლევის ინსტრუმენტული საშუალებები ძალიან მიზანმიმართულად იყენებს OLAP ტექნოლოგიას, კონკრეტული ატრიბუტის განზოგადების მიზნით დიდი მონაცემების ეფექტური ანალიზისთვის.

დიდი მონაცემებში ჩაიდება სასარგებლო ინფორმაცია და ღირებული ცოდნა. ეს მოითხოვს მონაცემთა მეცნიერებას [6], რომელიც მიმართულია ცოდნის აღმოჩენაზე რეალურ დროში ანალიტიკური დამუშავების მეთოდებიდან [7,8], მათემატიკური და სტატისტიკური მოდელებიდან [9], ასევე მოითხოვს მონაცემთა ანალიზს და ვიზუალურ ანალიტიკას.

მონაცემთა კონვეიერი არის OLTP (Online Analytical Processing), ETL, OLAP კუბის უწყვეტი ციკლი ანალიტიკიდან მონიტორინგამდე და მართვამდე. ნაშრომში განხილულია ოპერატიული ანალიზის ქვესისტემები. OLTP რეალიზებულია რელაციურ მონაცემთა (RDB) საფუძველზე აგებული მრავალგანზომილებიანი მონაცემთა ბაზით (MDB) შემდეგი ცხრილების მიხედვით: ლოკაცია, მოქალაქე, ქრონიკული დაავადებები, ვაქცინაცია, ვაქცინების სახეობები, ინფიცირება, მკურნალობა, შედეგები და ა.შ.

შემდგომ ETL-ის (Extraction, Transformation, Loading) გამოყენებით აგებულია OLAP კუბი. OLAP ოპერაციებით (Slice, Dice, Rollup) აიგება შემდეგი ჯაჭვები: ქრონიკული დაავადება-ინფიცირება-შედეგი,

ინფიცირება-ძირითადი სიმპტომები, მკურნალობის მეთოდი-შედეგი, ვაქცინის სახეობა-ინფიცირება-შედეგი და სხვა, რომელთა მიხედვითაც შესაძლებელი გახდება მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზის ჩატარება სხვადასხვა ჭრილში: ლოკაციის, ასაკობრივი ჯგუფის, ქრონიკული დაავადების, სქესის და ა.შ.



ნახ. 2. მონაცემთა ბაზის დიაგრამა

OLAP კუბის გამოყენების უპირატესობა ისაა, რომ მონაცემები კუბში წარმოდგენილია სტატისტიკური, აგრეგირებული სახით. შეიძლება ითქვას, რომ კუბი შეიცავს წინასწარ გამოთვლილი მნიშვნელობების სიმრავლეს და მყის აბრუნებს პასუხებს მოთხოვნილი ინფორმაციის ფართო სპექტრზე.

3. დასკვნა

სტატიაში წარმოდგენილია პანდემიასთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვებისა და ინტეგრირების ტექნოლოგიები. მოცემულია მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) სისტემის აგების ძირითადი ასპექტები, ასევე, დიდი მონაცემების ანალიტიკის მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობები დაავადების დიაგნოსტიკისა და პროგნოზირებისთვის, პანდემიის ეფექტური მართვის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა:

1. Ajah, I.A.; Nweke, H.F. Big Data and Business Analytics: Trends, Platforms, Success Factors and Applications. *Big Data Cogn. Comput.* **2019**, *3*, 32. [CrossRef]
2. Ponikowski, P.; et al. Heart Failure: Preventing Disease and Death Worldwide. *ESC Hear. Fail.* **2014**, *1*, 4–25. [CrossRef]
3. Vaishya, R.; Javaid, M.; Khan, I.H.; Haleem, A. Artificial Intelligence (AI) Applications for COVID-19 Pandemic. *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.* **2020**, *14*, 337–339. [CrossRef] [PubMed]
4. PEX Process Excellence Network 6 Ways Pharmaceutical Companies are Using Big Data to Drive Innovation & Val. Available online: <https://www.processexcellencenetwork.com/tools-technologies/whitepapers/6-ways-pharmaceutical-companies-are-using-big-dat> (accessed on 28 December 2020).
5. Villanustre *et al.*, Modeling and tracking Covid-19 cases using Big Data analytics on HPCC system platform *J Big Data* (2021) <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00423-z>
6. C.K. Leung, F. Jiang, "A data science solution for mining interesting patterns from uncertain big data," in IEEE BDCLOUD 2014, pp. 235-242.
7. A. Cuzzocrea, et al., "OLAP analysis of multidimensional tweet streams for supporting advanced analytics," in ACM SAC 2016, pp. 992-999.
8. A. Cuzzocrea, C.K. Leung, "Efficiently compressing OLAP data cubes via R-tree based recursive

partitions," in ISMIS 2012, pp. 455-465.

9. S. Hirai, K. Yamanishi, "Detecting model changes and their early warning signals using MDL change statistics," in IEEE BigData 2019, pp. 84-93.

INTEGRATING AND ANALYZING PANDEMIC-RELATED DATA

Albert Mirianashvili, Gulnara Janelidze

Georgian Technical University

albert.mirianashvili@gtu.ge; janelidzegulnara08@gtu.ge

Summary

The spread of the COVID-19 global pandemic has led to the accumulation of large volumes of different types of data, which is growing rapidly day by day. Their use, through big data analysis methods, is possible in many fields, including diagnostics, risk assessment or predictive assessment, decision making in the field of health care, pharmaceutical industry. The paper describes different types of data related to COVID-19. Data collection and integration technology is provided. The structure and functionality of the data mining system are presented. OLTP (Online Analytical Processing) is implemented, with a multidimensional database built on the basis of relational data. An OLAP cube is built and operations are performed on it, which allows statistical analysis of data in various ways.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ეფექტურობის შეფასება

არჩილ ფრანგიშვილი, ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

a_prangi@gtu.ge; l.imnaishvili@gtu.ge; m.bedineishvili@gtu.ge

რეზიუმე

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სასწავლო პროცესში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება. სამუშაოში განსაზღვრულია, თუ რამდენად ეფექტურია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი „დასწრებულთან“ შედარებით. ამ მიზნით შემუშავებულია ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობის შეფასების მოდელი, შეფასებულია „დასწრებული“ და დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ეფექტურობა.

საკვანძო სიტყვები: დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობა.

1. შესავალი

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების იდეა ახალი არ არის [1,2]. ძირითადად, მისი გამოყენება ხდება დისტანციური სწავლების პროცესში [3]. ამ მიზნით ხდება ლაბორატორიული დანადგარის აღჭურვა სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რაც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა დისტანციურად მართოს ფიზიკურ ექსპერიმენტზე მოქმედი ფაქტორები.

ვინაიდან პანდემიის პირობებში უნივერსიტეტების მიერ და მათ შორის, ჩვენ მიერაც, ფართოდ იქნა გამოყენებული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ტექნოლოგიები, დღეს უკვე უფრო თამამად შეიძლება საუბარი ამ მეთოდის ეფექტურობის შესახებ.

მოცემულ სამუშაოში მიზნად დავისახეთ შევქმნათ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობის შეფასების მოდელი, რაც საშუალებას მოგვცემს ობიექტურად შევაფასოთ როგორც დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, ისე დასწრებული.

2. ძირითადი ნაწილი

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების ტექნოლოგიები

თავიდანვე ვთქვათ, რომ საკითხი ეხება კომპიუტიზირებულ ლაბორატორიულ დანადგარებს.

კომპიუტიზირებულ ლაბორატორიულ სტენდზე „დასწრებულად“ ექსპერიმენტის ჩატარება გარკვეული თავისებურებით გამოირჩევა:

- კონკრეტული ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მიზნებიდან გამომდინარე, სტუდენტი ახდენს ლაბორატორიული სტენდის კონფიგურირებას, სქემის აწყობას.

- სტუდენტი ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს წარმართავს კომპიუტერში არსებული სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. შემდეგ, ლაბორატორიული სამუშაოს წარმართვის სცენარიდან გამომდინარე, ისევ გადააწყობს ლაბორატორიულ სტენდს და ა.შ.

- ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მონიტორინგი (მონაცემთა აღება) და მონაცემთა დამუშავება ხდება იგივე პროგრამული უზრუნველყოფით გამოყენებით.

მეთოდური თვალსაზრისით, ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების ეს სქემა გამართულია, იძლევა კარგ შედეგებს, აპრობირებულია და დროში გამოცდილი.

დისტანციური ექსპერიმენტის მრავალ დამუშავებულ ტექნოლოგიას შორის შეიძლება გამოვყოთ სამი მიმართულება:

- 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 [4].

- როცა ცდილობენ გამოყენებულ იქნას არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდები და ისინი აღჭურვონ სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ჩაატაროს წინასწარ აწყობილი საექსპერიმენტო სქემის ფარგლებში [5].

- როცა ცდილობენ გამოყენებულ იქნას არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდები და ისინი აღჭურვონ სპეციალური აპარატურულ/პროგრამული საშუალებებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სტუდენტმა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ჩაატაროს ლაბორატორიაში მყოფი ინსტრუქტორის დახმარებით [6,7].

პირველი მიმართულება საშუალებას იძლევა სრულყოფილად წარიმართოს ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, რამდენადაც უზრუნველყოფს საექსპერიმენტო სქემის დისტანციურად აწყობის პროცესს, ასევე ექსპერიმენტის დისტანციურად წარმართვას, მაგრამ მოითხოვს ძვირადღირებული აღჭურვილობის გამოყენებას. ამ მიმართულებით მრავალი ტექნოლოგიაა შექმნილი და განხორციელებული. შეიძლება ითქვას, რომ ეს მიმართულება სრულად აკმაყოფილებს „დასწრებულ“ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის თავისებურებებს.

მეორე მიმართულება იმაში მდგომარეობს, რომ ცდილობენ ექსპერიმენტისთვის გამოიყენონ არსებული კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდი და მას „დაამონონ“ სტუდენტის დისტანციური წვდომის საშუალებები. ასეთი მიდგომა უფრო იაფია, მაგრამ საშუალებას არ იძლევა, ლაბორატორიული ექსპერიმენტი წარიმართოს სრულყოფილად, რამდენადაც სტუდენტს შეუძლია ექსპერიმენტი ჩაატაროს მხოლოდ ერთი კონკრეტული, წინდაწინ აწყობილი, სქემის ფარგლებში.

მეორე მიმართულება გულისხმობს დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარებას კომპიუტიზირებული ლაბორატორიული სტენდის გამოყენებით. წინდაწინ ხდება სტენდზე გამოსაკვლევი სქემის აწყობა და სტუდენტს ეძლევა ლაბორატორიული სტენდის კომპიუტერთან პირდაპირი წვდომა. ამდენად, შემოთავაზებული ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა, სტუდენტმა დისტანციურად ჩაატაროს ექსპერიმენტი, მაგრამ „დასწრებულ“ ლაბორატორიასთან მიმართებაში ტექნოლოგიას აქვს ხარვეზები:

- არ გამოირჩევა გამოყენების უნიფიცირების დიდი ხარისხით და ფუნქციონირებს მხოლოდ ელექტრონიკის, ელექტრონული და მართვის სქემების ფარგლებში;

- ვერ უზრუნველყოფს სტუდენტის გეგმით ლაბორატორიული სქემის აწყობას ექსპერიმენტის დაწყებამდე, გადააწყობს ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას;

- ვერ უზრუნველყოფს სტუდენტის მიერ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე ვიზუალურ/აუდიო დაკვირვებას რეალურ დროსა და ლაბორატორიაში „ფიზიკურად ყოფნის“ შეგრძნებას;

- ვერ უზრუნველყოფს ლაბორატორიული სამუშაოს მიმდინარეობისას ინსტრუქტორთან ინტერაქციას და ლაბორატორიაში „ფიზიკურად ყოფნის“ შეგრძნებას.

გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია ფსიქოლოგიური ფაქტორიც. მომხმარებელს მიერ დისტანციური ლაბორატორიის გამოყენებისას უჩნდება აღჭურვილობასთან ფიზიკური და ფსიქოლოგიური იზოლირების შეგრძნება. ამრიგად, აუცილებელი ხდება თანამედროვე ტექნოლოგიების შესაძლებლობებით უზრუნველყოფილი სასწავლო ინტერფეისების გამოყენება, რომელიც ხელს შეუწყობს იზოლირების შეგრძნების შემცირებას [8] ანუ დისტანციური ლაბორატორია ფსიქოლოგიურად მაინც

მაქსიმალურად იქნას მიახლოებული მომხმარებელთან. სტუდენტები, რომლებიც სარგებლობენ დისტანციური ლაბორატორიით, აღნიშნავენ: მიუხედავად იმისა, რომ მათ ჩაატარეს „ნამდვილი“ ლაბორატორიული სამუშაო და მიღებული მონაცემები ნამდვილია, უპირატესობას ანიჭებდნენ მაინც ფიზიკურ ლაბორატორიას, რამდენადაც, დისტანციური ლაბორატორიის შემთხვევაში, ფიზიკურ ექსპერიმენტში ჩართულობის შეგრძნება უფრო ნაკლებია, ვიდრე ფიზიკური ლაბორატორიის შემთხვევაში [9].

მესამე მიმართულებას არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ცდილობენ ექსპერიმენტისათვის გამოიყენონ არსებული კომპიუტერიზებული ლაბორატორიული სტენდი და მას „დააშენონ“ სტუდენტის დისტანციური წვდომის საშუალებები. ასევე გამოიყენება სტუდენტისა და ლაბორატორიაში მყოფი ინსტრუქტორის კომუნიკაციის საშუალებები, რის შედეგადაც სტუდენტი ინსტრუქტორის დახმარებით ახდენს საექსპერიმენტო სქემის აწყობას/გადაწყობას. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა შერბილებულ იქნას „ფსიქოლოგიური“ ფაქტორიც. მესამე მიმართულებას ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების ტექნოლოგია შემდეგში მდგომარეობს:

- სტუდენტს თავისი კომპიუტერის გავლით წვდომა აქვს დისტანციური კომპიუტერიზებული ლაბორატორიული სტენდის კომპიუტერში არსებულ სტენდის მართვის პროგრამის ინტერფეისთან. შესაბამისად, სტუდენტს აქვს იმის განცდა, რომ ის მუშაობს ლაბორატორიული სტენდის კომპიუტერთან. სხვადასხვა დისტანციური ლაბორატორიული სტენდისთვის მართვის პროგრამული ინტერფეისი განსხვავებულია, მაგრამ მასთან წვდომის ინსტრუმენტები უნიფიცირებული.
- სტუდენტი აუდიო-ვიდეო ინტერაქციაში იმყოფება ლაბორატორიაში მყოფ ინსტრუქტორთან და რეალურ დროში წყვეტს მისთვის საჭირო პრობლემურ საკითხებს, რაც დაკავშირებულია საექსპერიმენტო სქემის აწყობა/გადაწყობასთან. საექსპერიმენტო სქემის აწყობა/გადაწყობისთვის თეორიულ (გონებრივ) სამუშაოს სტუდენტი ასრულებს, ხოლო მექანიკურ სამუშაოს – ასრულებს ინსტრუქტორი.
- სტუდენტი ლაბორატორიული ექსპერიმენტისთვის საჭირო სქემის აწყობას აკვირდება ვიზუალურად ვებკამერის გამოყენებით.
- სტუდენტი ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს აკვირდება აუდიო-ვიდეო საშუალებებით.
- ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შედეგების შეფასება ექსპერტული სისტემის გამოყენებით ხდება.

მეორე მიმართულებებისგან განსხვავებით, მოცემულ შემთხვევაში სტუდენტს შესაძლებლობა აქვს მისი გეგმით დისტანციურად იქნას აწყობილი/გადაწყობილი საექსპერიმენტო სქემა და ექსპერიმენტზე აუდიო-ვიზუალური დაკვირვება განახორციელოს რეალურ დროში.

როგორც „დასწრებულნი“, ისე დისტანციური ექსპერიმენტის ტექნოლოგიებით შეიძლება შემოთავაზებულ იქნას ექსპერტული სისტემის გამოყენება, რომელსაც სტუდენტი შეაფასებს.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების განხილული ტექნოლოგიის შეფასების მოდელი

მოცემული შედარებითი და სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზით შემოთავაზებულია ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების ეფექტურობის შეფასების მოდელი, რომელიც იყენებს შეწონილი მატრიცის მეთოდს [10]. მოდელი ითვალისწინებს შემდეგი კრიტერიუმების და ქვეკრიტერიუმების გამოყენებას:

- **გამოყენების უნიფიცირებულობა:** ნებისმიერ კომპიუტერიზებული ლაბორატორიული დანადგარის პირობებში გამოყენების შესაძლებლობა; ერთი და იგივე ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების შესაძლებლობა როგორც „დასწრებულად“, ისე დისტანციურად; ერთი და იგივე ლაბორატორიული დანადგარის გამოყენების შესაძლებლობა რამდენიმე საგანმანათლებლო დაწესებულების მიერ;
- **ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მოდელში ჩადებული ცოდნის სისრულე:** მეთოდური ლიტერატურით განსაზღვრული ექსპერიმენტი ტარდება სრულად;
- **ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ხარისხი:** ინსტრუქტორსა და სხვა სტუდენტებთან უშუალო კონტაქტში ყოფნის შესაძლებლობა; ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე ვიზუალური და აუდიოდაკვირვების შესაძლებლობა რეალურ დროში; სტუდენტის იდენტიფიცირების შესაძლებლობა ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების დროს;
- **სწავლის შედეგების სისრულე:** სილაბუსით გათვალისწინებული სწავლის შედეგების უზრუნველყოფის შესაძლებლობა;
- **სწავლების პროცესის ხარისხი:** მომხმარებლის მიერ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ინდივიდუალურად ჩატარების შესაძლებლობა; ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სრულად მოიცავს

მეთოდური სახელმძღვანელოთი გათვალისწინებულ ქმედებებს; სტუდენტის ნამუშევრის ექსპერტული სისტემით შეფასების შესაძლებლობა; ექსპერტული სისტემით მომხმარებლის კონსულტირების შესაძლებლობა; მომხმარებლის მიერ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მრავალჯერ ჩატარების შესაძლებლობა; ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ვიდეოჩაწერის და მომხმარებლის მიერ ნახვის უზრუნველყოფის შესაძლებლობა;

- ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე ტექნიკური წვდომის შესაძლებლობა;
- გამოყენების კომფორტულობა: ლაბორატორიული ექსპერიმენტის „დასწრებულად“ ან დისტანციურად ჩატარების არჩევანის შესაძლებლობა; ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ნებისმიერ დროს, ნებისმიერ ადგილას ჩატარების შესაძლებლობა;
- ღირებულება: ლაბორატორიული საექსპერიმენტო დანადგარების რაოდენობა; საექსპერიმენტო დანადგარის ღირებულება; დამხმარე პერსონალის საჭიროება.

შეფასებისათვის აღებულ იქნა „დასწრებული“, პირველი მიმართულების დისტანციური [4], მეორე მიმართულების დისტანციური [5], მესამე მიმართულების დისტანციური [6] ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ტექნოლოგიები. შეფასების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში.

შეფასებაში მონაწილეობდა პროფესორთა ჯგუფი, რომლებიც ხელმძღვანელობდნენ სტუდენტების მიერ „დასწრებულ“ და დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებს პანდემიის დროს. ამ ჯგუფმა ასევე განსაზღვრა გამოყენებული კრიტერიუმების წონები. პროფესორების პოზიციიდან გამომდინარე, გასაგებია, რომ ისინი უპირატესობას ანიჭებენ იმ კრიტერიუმებს, რომლებიც პირდაპირ თუ ირიბად დაკავშირებულია სწავლების ხარისხთან, შესაბამისად მათი წონებიც მაღალია.

ცხრილის საშუალებით შესაძლებელია ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მიმართულებების ურთიერთმედარება როგორც ცალკეული კრიტერიუმების, ისე ჯამური მაჩვენებლების მიხედვით.

ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარების სხვადასხვა ტექნოლოგიის ექსპერტული შეფასება

შეფასების კრიტერიუმი	წონა	„დასწრებული“ ექსპერიმენტი		დისტანციური ექსპერიმენტი					
				პირველი მიმართულება		მეორე მიმართულება		მესამე მიმართულება	
		ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება	ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება	ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება	ექსპერტული შეფასება	შეწონილი შეფასება
ტექნოლოგიის გამოყენების უნიფიცირებულობა	0.1	10	1	7	0.7	7	0.7	3	0.3
მოდელში ჩადებული ცოდნის სისრულე	0.1	10	1	9	0.9	5	0.5	7	0.7
ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ხარისხი	0.2	10	2	8	1.6	6	1.2	7	1.4
სწავლის შედეგების სისრულე	0.2	10	2	9	1.8	6	1.2	8	1.6
სწავლების პროცესის ხარისხი	0.15	7	1.05	8	1.2	5	0.75	7	1.05
ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე წვდომის შესაძლებლობა	0.05	10	0.5	7	0.35	7	0.35	7	0.35
გამოყენების კომფორტულობა	0.1	3	0.3	7	0.7	10	1	10	1
ღირებულება	0.1	4	0.4	7	0.7	8	0.8	5	0.5
ჯამი	1		8.25		7.95		6.5		6.9

სწავლების პროცესის ხარისხის თვალსაზრისით, უპირატესობა აქვს მესამე მიმართულების დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს, რამდენადაც იგი ითავსებს დისტანციური ექსპერიმენტიდან მომხმარებლის ინდივიდუალობაზე მორგებულ მომენტებს და „დასწრებულის“ ლაბორატორიაში ფიზიკურად ყოფნის შეგრძნებებს.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ხარისხი ძირითადად გულისხმობს ისეთ ქვეკრიტერიუმებს, რომელიც ახლოებს დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს „დასწრებულთან“. ამ თვალსაზრისით, არ არის გასაკვირი, რომ მესამე მიმართულების დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტს უპირატესობა აქვს.

ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე სტუდენტის წვდომის შესაძლებლობა დისტანციური ექსპერიმენტის დროს შედარებით შეზღუდულია „დასწრებულ“ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტთან შედარებით, რაც დაკავშირებულია სტუდენტის ინფორმაციულ ტექნოლოგიებთან ურთიერთობის უნარ-ჩვევებით ან შეიძლება გამოწვეული იყოს ტექნიკური შეფერხებებით.

გამოყენების კომფორტულობის თვალსაზრისით, მაღალი შეფასებით აღინიშნა დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, რამდენადაც სტუდენტს აქვს არჩევანის საშუალება ექსპერიმენტი ჩაატაროს დისტანციურად ან „დასწრებულად“, ამასთან, არ არის შეზღუდული დროსა და სივრცეში. ასევე, შესაძლებელია სტუდენტმა თვითონ განსაზღვროს საექსპერიმენტო დროის ხანგრძლივობა. მესამე მიმართულების დისტანციური ექსპერიმენტის შეფასების შედარებით დაბალი ქულა განპირობებულია ლაბორატორიული სტენდის გადაწყობის წრედში ინსტრუქტორის არსებობით, რომელმაც სტუდენტისთვის შეიძლება შემოიტანოს გარკვეული სუბიექტური შემოფოთებები.

დისტანციური ექსპერიმენტები შეიძლება განაწილდეს დროში. ამდენად, ექსპერიმენტების ნაკადურად ჩატარების აუცილებლობა არ არის. აქედან გამომდინარე, დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისთვის ლაბორატორიული დანადგარების რაოდენობა შეიძლება მნიშვნელოვნად მცირე იყოს „დასწრებულთან“ შედარებით. პირველი მიმართულების დისტანციური ექსპერიმენტის ლაბორატორიული დანადგარი ძვირადღირებულია, ამიტომაცაა მისი შეფასება დაბალი. „დასწრებული“ ლაბორატორიული ექსპერიმენტი მოითხოვს იმდენ ლაბორატორიულ დანადგარს, რამდენი სტუდენტიცაა ნაკადში, ამიტომ ძვირადღირებულია.

4. დასკვნა

გამოკვეთილია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის სამი მიმართულება.

შემუშავებულია „დასწრებული“ და დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ეფექტურობის შეფასების მოდელი.

შეფასებულია „დასწრებული“ და სამი დისტანციური ექსპერიმენტის ეფექტურობა.

შეფასების შედეგად დადგინდა, რომ, ეფექტურობის თვალსაზრისით, უმჯობესია „დასწრებული“ ლაბორატორიული ექსპერიმენტი. მაგრამ მას ეფექტურობით მცირედით ჩამოუვარდება დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ის მიმართულება, როცა ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მენეჯმენტის რგოლში შემოტანილია ინსტრუქტორის ფაქტორი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. M. Albu, G. Heydt, and K. Holbert, (2003). Embedding remote experimentation in power engineering education. IEEE Transactions on Power Systems: TPWRS-00168.
2. F. Barrero, S. Toral, and S. Gallardo, (2008). eDSPLab: remote laboratory for experiments on DSP applications. Internet Research 18, 1: 79-92
3. Javier GarcíaZubía and Gustavo R. Alves (eds.). Using Remote Labs in Education. Two Little Ducks in Remote Experimentation. 2011, University of Deusto Bilbao.
4. US6813473B1, Remote laboratory, G09B7/02
5. CN111325362A, Remote laboratory system for electrical, electronic and control circuit learning and method for implementing same, G06Q10/02.
6. ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინიშვილი, გ. ზედგინიძე დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა. პატენტი გამოგონებაზე # U 2022 2123 Y, 2022 წ.
7. ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინიშვილი, გ. გოდერძიშვილი, გ. ზედგინიძე, ჭოველიძე. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციური ჩატარების ტექნოლოგია. ჟურნალი „ენერჯია“. №4(96), თბილისი: სტუ, 2020 წ., გვ 141-145.

8. Jianye Wei, David F. Treagust, Mauro Mocerino, Anthony D. Lucey, Marjan G. Zadnik & Euan D. Lindsay . Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* volume 1, Article number: 14 (2019).
9. D. Lowe, P. Newcombe, & B. Stumpers, (2012). Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education*, 43(3), 1197–1219).
10. Weighted Decision Matrix. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/essentialsofprojectmanagement/chapter/4-3-weighted-decision-matrix/>

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A REMOTE LABORATORY EXPERIMENT

Archil Prangishvili, Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili
Georgian Technical University
a_prangi@gtu.ge; l.imnaishvili@gtu.ge; m.bedineishvili@gtu.ge

Summary

Remote laboratory experiments are increasingly used in the educational process. The work is an attempt to answer the question of how effective a remote laboratory experiment is compared to an face to face one. For this purpose, a model for evaluating the efficiency of laboratory experiments has been developed, the efficiency of face to face and remote laboratory experiments have been evaluated.

Key words: remote laboratory experiment, efficiency of laboratory experiment.

სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ფიზიკური სტრუქტურის ფუნქციონირებისა და შეფასების ძირითად კრიტერიუმთა ფორმულირება

მარინა ქურდაძე, გივი მურჯიკნელი, გედევან მურჯიკნელი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია სატელეკომუნიკაციო ქსელებში დაჯგუფებული სტრუქტურები, რომლებიც როგორც აპარატურულად, ისე ლოგიკურად ერთი და იგივე კონფიგურაციისა და მათი ფუნქციებიც, გადაწყობის ალგორითმის მიხედვით, ერთნაირია. ასევე, განხილულია აპარატურული ფუნქციონირების და გამოყენების ეფექტურობის საკითხები. კერძოდ ნაჩვენებია ქმედუნარიანობის შენარჩუნების შესაძლებლობა მათი ცალკეული ქვესტრუქტურებისათვის. ნაჩვენებია და ფორმულირებულია თითოეული ქვესტრუქტურის ფუნქციონირების მახასიათებლები და კრიტერიუმები.

საკვანძო სიტყვები: სტრუქტურა; ეფექტურობა; ალგორითმი; კრიტერიუმი; მოდელირება; კონფიგურაცია.

1. შესავალი

ფუნქციურად დაჯგუფებული სტრუქტურების მქონე სატელეკომუნიკაციო ქსელების ეფექტურობის ანალიზის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თვით ამ ქვეჯგუფებისა და ოპერაციული კვანძების ეფექტურობის შეფასებას კონკრეტული კრიტერიუმების მხედველობაში მიღებით. საიმედოობის მეთოდების გამოყენების მიხედვით, ქვეჯგუფებად გამოყოფილ მოწყობილობებს მთლიანობაში წაეყენება მთელი რიგი მოთხოვნები, რადგან მათი რეალიზაციისთვის საუკეთესო (ოპტიმალური) ვარიანტის შერჩევა საკმაოდ რთული და სპეციფიკური ამოცანაა. ეს მოთხოვნები შეიცავს გარკვეულ პუნქტებს, რომლებიც ეხება მოწყობილობის დაგეგმარებას, სერიულ წარმოებასა და ექსპლუატაციის პირობებსაც კი. სატელეკომუნიკაციო ქსელების ფუნქციონირების ეფექტურობის შეფასებაში მთავარი საკვანძო მომენტია თვით ეფექტურობის კრიტერიუმების დაკონკრეტება და ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით ეფექტურობის შეფასება, რომელიც მეტად გამწვანებულია. ასეთ შემთხვევებში ყველაზე მოსახერხებელია ეფექტურობის კონკრეტული მოდელის დამუშავება.

2. ძირითადი ნაწილი

ზოგადად ცნობილია, რომ ეფექტურობის მოდელი შეიცავს, უპირველს ყოვლისა, გამოსავალ ეფექტს (მაგალითად, ფუნქციის შესრულების მაღალი წრაფქმედება, ფუნქციების რაოდენობის გაზრდა და მათი

რეალიზაციის საიმედოობის გაზრდა, ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების სტრუქტურის გამარტივება შესასრულებელი ალგორითმების მიხედვით, დანახარჯების შემცირება და ა.შ.). დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საჭირო დანახარჯების შეფასებას ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების შესაქმნელად და მათი ექსპლუატაციაში დასაწერად. ამგვარად, დანახარჯები დიდ გავლენას ახდენს ეფექტურობაზე, კერძოდ მისი დაპროექტებისა და რეალიზაციის დროს საუკეთესო ვარიანტის შერჩევაზე. ეფექტურობის განსაზღვრისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სტრუქტურების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების შეფასებას. ხარისხობრივი ფუნქცია რაოდენობრივად შეიძლება შეფასდეს ეფექტურობის შეფასების სხვადასხვა საინფორმაციო-სტატისტიკური კრიტერიუმებით. ერთ-ერთი ასეთი კრიტერიუმი გამომთვლელი სტრუქტურებისათვის ვ.მ. გლუშკოვის კრიტერიუმ-მანქანური ოპერაციის ღირებულების კრიტერიუმი $q=S(T)/N(T)$, რომელიც ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობებისათვის განზოგადებულია [1]. $S(T)$ - ამორტიზაციული ანარიცხების ჯამი $N(T)$ - T არის დროში შესრულებული ოპერაციათა რაოდენობა. ამ კრიტერიუმის მიხედვით ორი მოწყობილობიდან ეფექტურად ითვლება ის, რომელსაც q -ს შედარებით მცირე მაჩვენებელი აქვს. მის მიერვეა შემოღებული უფრო ხელსაყრელი კრიტერიუმები – ეფექტური სწრაფქმედება $C=S/V$ თანხა.წმ/ოპერაცია, სადაც S მოწყობილობის ფასია, ხოლო V -სწრაფქმედება, რომელიც, თავის მხრივ, განისაზღვრება, როგორც $V=1/\sum_{i=1}^n P_i \tau_i$. ამ გამოსახულებაში P_i მოწყობილობის ფუნქციის შესრულების დროა, ხოლო τ_i – i -ური კონკრეტული ოპერაციული შესრულების დრო.

ეფექტურობის შეფასების მეორე საინფორმაციო-სტატისტიკური კრიტერიუმი ი.ვ. კუზმინის კრიტერიუმი, რომლის მიხედვითაც მოწყობილობის ეფექტურობა $\Xi(t)$ განისაზღვრება, შემდეგი ფორმულით [4]

$$\Xi(t) = \left\{ \sum_{i=1}^m [H_{io}(t) - H_i(t)] C_{i \min}(t) \right\} / m \sum_{i=1}^m C_i(t), \quad (1)$$

სადაც $C_{i \min}(t)$ იდეალური (პირობითად) მოწყობილობის მინიმალური ფასია; $C_i(t)$ – რეალური მოწყობილობის ფასის მათემატიკური მოლოდინი. შემავალი პარამეტრები განზოგადებულია შერჩეული ნიშნით დაჯგუფებული მოწყობილობებისათვის, კერძოდ $H_{io}(t) - H_i(t) = I_{\max}(t)$ ინფორმაციის მაქსიმალური რაოდენობაა, რომელზეც ოპერირებს ფუნქციურად დაჯგუფებული სტრუქტურა და მდგომარეობის ენტროპია გამოთვლილია ფორმულით [5]:

$$H_{io}(t) = [P_{io}(t) \log P_{io}(t) + [1 - P_{io}(t)] \log [1 - P_{io}(t)]], \quad (2)$$

სადაც შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა ბინარულ ინფორმაციაზე ოპერირების დროს იქნება $P_{io}(t) = 0.5$ (ითვლება, რომ ინფორმაციის ნებისმიერი ფორმით წარმოდგენის დროს 1 და 0-ის წარმოქმნის ალბათობა თანაბარი მნიშვნელობებისაა) [10].

ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტექნიკური პარამეტრები, რომელთაგან ძირითადია: გამომთვლელ სტრუქტურაში ალგორითმების (მათ შორის გადაწყობის ალგორითმების) შედეგი, რომელიც განსაზღვრავს გამოთვლის სიზუსტეს (აპარატურული დანახარჯები; მახსოვრობის მოცულობა; საექსპლუატაციო საიმედოობა, აპარატურის სასარგებლო გამოყენების ხარისხის მაჩვენებელი, ღირებულება და ა.შ.).

ერთიანი მთლიანი სისტემის ფუნქციონირების დროს თუ სტრუქტურები შეიცავს მინიმუმ 9 ქვესტრუქტურას, რომლებიც ინფორმაციის გარდაქმნისა და შენახვისას ატარებს არათანაბარ დატვირთვას, მათი უმტყუნო მუშაობის ალბათობების მაღალი მნიშვნელობები განაპირობებს ფუნქცია-ჩანაცვლებადი მოწყობილობების გამოყენების მაღალ ეფექტურობას. საიმედოობის მოდელების აგების დროს ასეთი ქვესტრუქტურების უმტყუნო მუშაობის ალბათობების საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობების გამო, იზრდება ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების გამოყენების ეფექტურობა [7].

განხილულმა ალგორითმმა და კვლევის მეთოდმა კონკრეტული მონაცემების მაჩვენებლების მიხედვით აჩვენა, რომ ფიზიკური და ლოგიკური სტრუქტურის გამოყენების ეფექტურობა, გადაწყობადი

სტრუქტურების დონეზე და მათი საიმედოობის შეფასების მაგალითები, ქვესტრუქტურების ფუნქციების გამოყენების ჯამური ალბათობებით იანგარიშება.

კონკრეტული მონაცემების მიხედვით ამ კენტი (9) დაჯგუფებულ ქვესტრუქტურებში ინფორმაციის მართვისას (გადაცემა-მიღება კომპუტირებულ ქსელში) უმტყუნო მუშაობის ალბათობა შეიძლება გამოითვალოს შემდეგნაირად [10]

$$P_{\text{ნაწ}}(t) = \sum_{i=1}^9 P(H_r) P(A/H_r)_i = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 P_K^i \quad (3)$$

რაც შემდეგნაირად იშიფრება: დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა ამჟღავნებს მაღალი ფუნქციური დატვირთვის უნარს (მით უმეტეს თითოეული კვანძი ფუნქციურად მეტად დატვირთული კრიტერიუმის მქონეა). აქედან გამომდინარე, იზადება სრულიად ახალი მიდგომა საიმედოობის ანალიზისათვის. კერძოდ, ასეთ ფუნქციურად დაჯგუფებულ მოწყობილობაში, სხვადასხვა კვანძზე არის შემდეგნაირი მიდგომა: A და B (აქედან გამომდინარე, რამდენიმე) ფუნქციის შესრულებისას არსებობს შედეგის მიღების რამდენიმე კომბინაცია (განვიხილოთ 9 (კენტი) კომბინაცია) $i = A+B=0 \vee 1 \vee 2 \vee \dots \vee 17 \vee 18$. კერძოდ, 0 (არ შესრულდა) მიიღება მხოლოდ ერთ შემთხვევაში (კომბინაციაში): როცა $A=0$ და $B=0$; 1 (შესრულდა) მიიღება ორი ხერხით: როცა $A=1, B=0$, ან $A=0, B=1$; 2 – სამი ხერხით: როცა $A=0, B=2$, ან $A=1, B=1$, ან $A=2, B=0$ და ა.შ აქედან 0 და 1 გარკვეულია; (არა და კი) დანარჩენი კომბინაციები, როცა ერთ-ერთი კომბინაციით მაინც სრულდება დანარჩენი გადადის მოლოდინის რეჟიმში (ფუნქციის სავარაუდო შესრულების რეჟიმი) და ფუნქციის შესრულების ალბათობა ამით იზრდება [4].

პრაქტიკულად ჩატარებული ანალიზისას ალბათობა იმისა, რომ არც ერთი ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა არ იმუშავებს $P(0)=0.01$ -ის ტოლია, ხოლო ალბათობა იმისა, რომ იმუშავებს – $P(1)=0.99$ -ის. იმ მოვლენის ალბათობა, როცა უმტყუნოდ იმუშავებს არაუმეტეს ერთი ქვესტრუქტურა არის $P_s(1)=P(0)+P(1)=0.01+0.99=1.00$, მაშინ ალბათობა იმისა, რომ იმუშავებს მეორე ქვესტრუქტურა იქნება: $P_s(2) = 1 - P(1) = 0.97$. ასეთი ლოგიკით და მიდგომით შეიძლება განისაზღვროს არსებული დანარჩენი ქვესტრუქტურების ფუნქციონირების ალბათობები [2,8].

ფორმულაში $P(i)$ ალბათობა მიუთითებს იმაზე, რომ ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების მუშაობა მოცემული დროის შემთხვევაში (ერთი ციკლის დროს) ფუნქციონირების დადებით რეჟიმში იქნება, ხოლო დანარჩენი – გაჩერებული (მოლოდინის რეჟიმში). ზემოთ მოყვანილი მსჯელობით, ქვესტრუქტურათა დადებითი ფუნქციონირების ალბათობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით [8]:

$$P_m(t) = \prod_{i=1}^9 e^{-\lambda_i t} = e^{-0.99\lambda t - 0.97\lambda t} \dots e^{-0.55\lambda t} = e^{-0.75\lambda t} \quad (4)$$

მთლიანობაში ქვესტრუქტურის საიმედოობაზე მსჯელობისას, ერთ-ერთის მტყუნების დროს, სისტემას შეუძლია იმუშაოს ნორმალურად იმ ქვესტრუქტურების გარკვეული სიმრავლისთვის, რომლებზეც დატვირთვა არ არის მტყუნების ზოლში (გასათვალისწინებელი ტოპოლოგიით). აქედან გამომდინარე, როცა ცალკეული ქვესტრუქტურები მოგვცემს მტყუნებას, მთლიანი სისტემა, ზოგ შემთხვევაში, მაინც იმუშავებს კორექტულად, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ფუნქციონირების შემოთავაზებული საიმედოობის ამაღლების ასეთი მოდელით ეფექტურობა საკმაოდ მაღალ მაჩვენებელს აღწევს.

თუ ზემოთ შემოთავაზებული ალგორითმის მიხედვით ვიმსჯელებთ, სატელეკომუნიკაციო ქსელებში თითოეული ქვესტრუქტურის საიმედოობის შეფასების სიზუსტის გაზრდის მიზნით, ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს ანალიზი ჩატარდეს ისეთი გამოსახულების მიხედვით, სადაც, საიმედოობის შეფასების ამჯერად არსებულ ცნობილ მეთოდებთან შედარებით, გათვალისწინებულია ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების ჯამური ალბათობა. ეს ანალიზური გამოსახულება საშუალებას მოგვცემს შეფასდეს მთლიანი მოწყობილობის (ან სისტემის) მზადყოფნის კოეფიციენტი. პრაქტიკული გამოთვლების ჩატარების მიზნით და მსჯელობიდან გამომდინარე, ყველა ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებას შეიძლება მიეცეს უფრო მოხერხებული ფორმა[9]:

$$Kr(P) = \frac{\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{k=1}^{K \max} [(Pi + 1) - Pi] k_m}{\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{k=1}^{K \max} [(Pi + 1) - Pi] Km + Ko \sum_{j=0}^{j \max} Q_j}, \quad (5)$$

სადაც $Ko \sum_{j=0}^{j \max} Q_j(P)$, $Q_j (j = 0, 1, 2, \dots)$ აღნიშნავს ერთი ფუნქციის შემსრულებელ ქვესტრუქტურას, $K_{o \min} < K_0 < K_{o \max}$ კოეფიციენტი, რომელიც მიუთითებს ფუნქციის გადაწყობის საჭიროების ალბათობაზე აპარატურულ სტრუქტურაში (რეალური პირობებისათვის K_0 საკმაოდ მცირეა და სავსებით საკმარისია, რომ იგი მდებარეობდეს საზღვრებში $K_0 = 0,001 - 0,1$).

იმ შემთხვევაში, როცა ყველა ქვესტრუქტურა გამართულად მუშაობს ე.ი. ისინი თავის ფუნქციებს ასრულებს სრულად წინასწარ მოცემული დამაკმაყოფილებელი ალბათობით, მაშინ პრაქტიკული გამოთვლებისათვის პირობითად შეიძლება დავუშვათ, რომ (5) გამოსახულებაში $P_i = P_i$; ეს მიუთითებს იმაზე, რომ (5) ფორმულაში მრიცხველი მიისწრაფვის ერთისკენ, ე.ი. [11]

$$\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{K=1}^{K \max} [(P_i + 1) - P_i]_{Km} \xrightarrow{\max} 1. \quad (6)$$

3. დასკვნა

(5) გამოსახულების მხედველობაში მიღებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქვესტრუქტურების გარანტირებული ფუნქციონირებისათვის ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს თითოეული ქვესტრუქტურის ფუნქციების რეალურ გამოყენებას, რომლებსაც შესწევთ ერთმანეთის ჩანაცვლების უნარი. ამ თეორიული კვლევიდან გამომდინარე, შეგვიძლია მრავლად მოვიყვანოთ მთლიან სისტემაში გადაწყობადი სტრუქტურების მქონე სატელეკომუნიკაციო ქსელების საიმედოობის შეფასების მაგალითები. ამგვარი შეფასების მეთოდები მნიშვნელოვნად ზრდის გამოთვლების სიზუსტეს, ჩვეულებრივ მეთოდებთან შედარებით. როდესაც სატელეკომუნიკაციო ქსელების აპარატურულ სტრუქტურაში ფუნქციების შესასრულებლად მატულობს მის სტრუქტურებში არსებული ქვესტრუქტურების გამოყენების ჯამური ალბათობა, მაშინ მის პროპორციულად კლებულობს უნარი შეასრულოს ეს ჩანაცვლების გარეშე, წინასწარ გამოთვლილ საიმედოობის დამაკმაყოფილებელ საზღვრებში, რაც ნიშნავს, რომ შესასრულებელი ფუნქციების რაღაც ხარისხით გამოყენების ალბათობის გაზრდა, შესაბამისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით, მიუთითებს მთლიან სისტემაში გარანტირებული ფუნქციის რეალიზაციის ალბათობის შემცირებაზე. ეს კი ასევე ნიშნავს იმას, რომ ფუნქციის გარანტირებული რეალიზაციის რაღაც ხარისხით შემცირება მოითხოვს შესაბამისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით ქვესტრუქტურების ფუნქციების გამოყენების ალბათობის გაზრდას.

ლიტერატურა

1. Алексеев, Д.В. Введение в компьютерное моделирование физических задач: Использование Microsoft Visual Basic / Д.В. Алексеев. - М.: Ленанд, 2019. - 272 с
2. Афонин, В.В. Моделирование систем: учебно-практическое пособие / В.В. Афонин, С.А. Федосин. - М.: Интуит, 2016. - 231 с.
3. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование радиотехнических систем: Учебное пособие / Н.Н. Данилов. - СПб.: Лань, 2016. - 144 с.
4. Дубейковский, В.И. Эффективное моделирование с AllFusion Process Modeler (BPwin) / В.И. Дубейковский. - М.: Диалог-МИФИ, 2009. - 384 с.
5. Душкин, А.В. Моделирование систем управления и информационно-технического обеспечения: Учебное пособие для вузов / А.В. Душкин, В.И. Новосельцев, В.И. Сумин. - М.: РиС, 2015. - 192 с.
6. Под ред. А.В. Рослякова. Сети следующего поколения NGN. М., Эко-трендз, 2008 г. 621.39.
7. Bosse van John G. Signaling in Telecommunication Network. John Wiley & Sons. 2010;

8. Труды ИСА РАН: Алгоритмы. Решения. Математическое моделирование. Управление рисками и безопасностью / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2014. - 102 с.
9. Голиков, А.М. Модуляция, кодирование и моделирование в телекоммуникационных системах. Теория и практика: Учебное пособие / А.М. Голиков. - СПб.: Лань, 2018. - 452 с.
10. Рудаков П.И., Сафонов В.И. Обработка сигналов и изображений. Matlab 5x. М.: „Диалог-мифи”, 2000.
11. Шлома А. М. и др. Новые алгоритмы формирования и обработки сигналов в системах подвижной связи. М.: „Горячая линия-телеком”, 2008.

FORMULATION OF THE MAIN CRITERIA FOR THE FUNCTIONING AND ASSESSMENT OF THE PHYSICAL STRUCTURE IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

Marina Kurdadze. Givi Murjikneli. Gedevan Murjikneli

Georgian Technical University

m.kurdadze@gtu.ge; g.murjikneli@gtu.ge; ged.murjikneli@gmail.com

Summary

Structures grouped in telecommunication networks are discussed in the paper, which both hardware and logically have the same configuration and their functions are the same according to the rearrangement algorithm. Issues of hardware functionality and usage efficiency are also discussed. In particular, the ability to maintain capacity for their individual substructures is shown. The performance characteristics and criteria of each substructure are shown and formulated.

PARAMETER IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEM USING LINEAR MODEL WITH NONLINEAR FEEDBACK

Besarion Shanshiashvili

Georgian Technical University

b.shanshiashvili@gtu.ge

Abstract

A problem of parameter identification of the nonlinear systems with feedback in the frequency domain is considered. The system is represented by a linear model with nonlinear feedback, the linear element of which is described by the ordinary differential equation and the nonlinear element – by a polynomial function of the second degree. The solution of the problem of parameter identification is reduced to the solution of the algebraic equation using the Fourier approximation. The identification method allows to determine the static characteristics in the stationary state, and dynamic characteristics in the steady state, based on the method of the least squares. The parameter identification method is investigated in terms of accuracy.

Keywords: nonlinear system, feedback, identification, parameter, equation.

1. INTRODUCTION

Nonlinear systems that function with feedback are widespread in industrial processes, in particular in mining and smelting, chemicals, the pulp-and-paper industry, ecology, etc. One class of such systems is defined by the fact that a part of the initial material remains unprocessed up to the required condition, when passing through to the working part of the object, returns to the entry of this object for re-processing. Such systems with positive feedback are characterized by the maximum raw material utilization and comparatively high efficiency [1].

In order to determine the regularity of current processes and for their control in nonlinear systems, the block-oriented models are commonly used [2] or general models, in particular, the Volterra [3] and Wiener [4] series and the Kolmogorov-Gabor [5, 6] continuous and discrete polynomials.

The circumstance at the construction of models of such systems with feedback of industrial processes is that there is a certain a priori information about the system that should be taken into consideration. For example, for the mill of ore-dressing plant working with feedback, proceeding from their functioning conditions, there is certain information about the static characteristics of the system, which can be approximated by a polynomial function of the second degree. As to system inertance, it is considered in the form of linear dynamic - in particular, aperiodic elements [7]. Therefore, we can use block-oriented models for modeling such nonlinear systems.

During the construction of the system's mathematical model, by using the system identification methods it is necessary to solve different problems depending on the a priori information about the system [8]. The construction of the system's adequate model in many respects depends on successfully solving parameter identification problems at known model structure.

Due to the functioning peculiarities of nonlinear systems with feedback mathematical difficulties at the solution of nonlinear differential equations, which describe processes in the systems, identification problems in such systems are much more complex than the same problems of open nonlinear systems.

At the representation of nonlinear systems by block-oriented models, most of the methods of the parameter identification are developed for open models (e.g., [9-10]).

The majority of block-oriented models with the feedback are nonlinear concerning the parameters and the analytical solution of the parameter identification problem is possible for some low order models.

In some works [11-12] offered method of parameter identification of nonlinear systems with feedback allows us to define parameters, but when determining the dynamic characteristics, it is necessary to calculate the derivatives based on experimental data, which related to the acceptance of errors. It is necessary to notice that there are also other approaches (e.g., [13-14]) to identification of nonlinear systems by using feedback.

In the given work, the problem of parameter identification of the nonlinear systems with feedback on their representation by a linear model with nonlinear feedback at the input harmonic influences is considered.

The offered method allows to determine the first part of parameters – static characteristics in the stationary state, and the second part of parameters – dynamic characteristics in the steady state in the frequency domain, by using the Fourier approximation based on the method of the least squares.

The developed method of parameter identification can be used for the construction of mathematical models for industrial systems with positive feedback. For example, for the grinding units working with the closed cycle in the mining industry and metallurgical production.

2. SOME FUNCTIONING PECULIARITIES OF ONE CLASS OF SYSTEMS WITH FEEDBACK

In complex nonlinear systems functioning with positive feedback, the steady movement at their output is reached only at certain values of the parameters of the system and under the change of the input influence within certain limits.

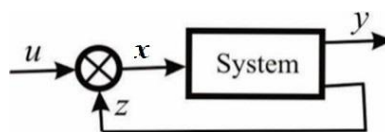


Fig.1. Structural scheme of system with feedback.

The initial product u feeds into the systems input, in the system output a new product y and unprocessed part of raw material z (a recycle), which again feeds into the input, are produced. A total feeding implying an output value and recycle, is signed by x . According to their nature, none of the variables u, x, y, z can be negative. According to the above

$$x = u + z . \tag{1}$$

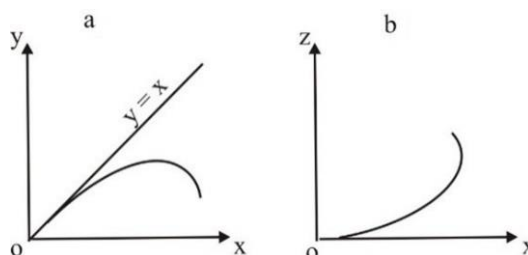


Fig.2. Open system static characteristics: (a) for a direct channel, (b) for a feedback channel.
 In the steady state for an open system an equation

$$x = y + z \quad (2)$$

is true (here of course $x=u$), and for a system with feedback an equality

$$u = y, \quad (3)$$

that follows from the balance of the materials weighting quantities, incoming and out coming from the system in the time unit.

For an open system a characteristics $y=f(x)$ and $z=q(x)$ (fig. 2, (a), (b)) are essentially nonlinear and are static characteristics. The characteristic $z=q(x)$ is the addition to $y=f(x)$ up to a straight-line $y=x$.

Proceeding from the features of systems with feedback, it is conditionally possible to pick out the direct channel and the channel of a feedback. There is a transformation of initial material to the ready product with the direct channel, and there is a movement of a recycle in the system with the channel of a feedback. The knowledge of mathematical model of the channel of a feedback enables constructions of model for the whole system.

3. CLASSES OF MODEL AND INPUT SIGNALS

Linear model with nonlinear feedback is described by the equations:

$$y(t) = W(p) \{u(t) + f[y(t)]\}. \quad (4)$$

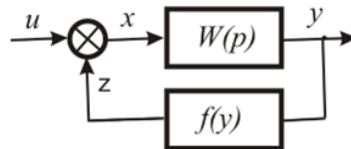


Fig. 3. Linear model with nonlinear feedback

On the basis of the a priori information, it is supposed that the nonlinear static element, which is part of block-oriented models with feedback, is described by the polynomial function of the second degree:

$$f(x) = c_1 x + c_2 x^2, \quad (5)$$

where c_1, c_2 are constant coefficients, and the free member c_0 is absent since there is no signal on the output of the system with feedback at the zero input signal.

The transfer function of the linear dynamic element has the following form:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1}, \quad (6)$$

where T - time constant, p designates the differentiation operation: $p \equiv d/dt$.

If we consider expressions (5) and (6) in expression (4) after several transformations, we get that the linear model with nonlinear feedback is described by equations:

$$\dot{y}(t) = -\frac{1-c_1}{T} y(t) + \frac{c_2}{T} y^2(t) + \frac{1}{T} u(t), \quad (7)$$

For solving the problem of parameter identification of nonlinear systems it is supposed that the input variable of the system $u(t)$ is a harmonic function:

$$u(t) = A \sin \omega t. \quad (8)$$

4. PARAMETER IDENTIFICATION

4.1. Identification of static parameters

For the linear model with nonlinear feedback the connection between the input and output variables in the stationary state is determined by the equation

$$(1 - c_1)x(t) - c_2x^2(t) = u(t), \quad (9)$$

where the connection between the variables x and y is defined by (2).

Static parameters estimates by the least squares method were previously obtained [11] using expressions (9).

$$\hat{c}_1 = 1 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i\right) + \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i^2\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)^2}, \quad \hat{c}_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i^2\right) + \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)\left(\sum_{i=1}^n u_i x_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n x_i^4\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i^3\right)^2}, \quad (10)$$

where $u_i, y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ are the values of system's input and output variables in the steady state at the moments $t_i (i = 1, 2, \dots, n)$.

4.2. Identification of dynamic parameters

When estimating dynamic characteristics - time constants, it is assumed, that the estimations of static characteristics and the values of $u_i, y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ in the transitive state are known. In order to solve the parameter identification problem, it is necessary to solve the differential equation (7), and also to consider stability conditions of the steady motion at the output of nonlinear systems with feedback.

For nonlinear systems with feedback, it was obtained (Arefiev, 1969), that the implementation of the following conditions:

$$0 < c_1 < 1, \quad 0 < c_2, \quad \bar{u} < \frac{1 - c_1}{c_2}, \quad (11)$$

where \bar{u} - a value of the input signal for some steady state, guarantees the system stability. Therefore, for the linear model with nonlinear feedback, it is supposed that the conditions (11) are valid.

According to the above mentioned, for the solution of Riccati equation (7), corresponding to the model, it is possible to use the method of a small parameter and to search for the solution of the equations in the form of the following series:

$$y(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \mu^n y_n(t), \quad (12)$$

where μ is a small parameter.

It follows from conditions (11) that c_2 is a small parameter and we can assume that $\mu = c_2$.

The smallness of c_2 ensures rapid convergence of the solution (12). If in the expression (12) members of the second and higher orders small values are not taken into account, we can be limited to two members:

$$y(t) = y_0(t) + c_2 y_1(t). \quad (13)$$

If we put (13) in equation (7) and equate coefficients of terms with the same degree of c_2 on the right and left sides of the equation, we get:

$$\dot{y}_0(t) = -\frac{1 - c_1}{T} y_0 + \frac{1}{T} A \sin \omega t, \quad (14)$$

$$\dot{y}_1(t) = -\frac{1 - c_1}{T} y_1 + \frac{1}{T} y_0^2. \quad (15)$$

Equations (14) and (15) are first-order linear ordinary differential equations. If we solve these equations with zero initial conditions, we get that in the steady state, is represented as follows:

$$y(t) = \frac{c_2 A^2}{2(1 - c_1) \left[(1 - c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right]} + \frac{A}{(1 - c_1) \left[(1 - c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right]} \sin(\omega t - \varphi_1) - \frac{c_2 A^2}{2 \left[(1 - c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right] \sqrt{(1 - c_1)^2 + 4\omega^2 T^2}} \cos(2\omega t - \varphi_2), \quad (16)$$

where

$$\varphi_1 = \arctg \frac{\omega T}{1 - c_1}, \quad \varphi_2 = 2 \arctg \frac{\omega T}{1 - c_1} - \arctg \frac{1 - c_1}{2\omega T}. \quad (17)$$

Equating the estimate of Fourier coefficient $\hat{a}_0/2$ with its theoretical values, which is obtained using the Fourier approximation, we get:

$$\hat{a}_0 = \frac{c_2 A^2}{(1 - c_1) \left[(1 - c_1)^2 + \omega^2 T^2 \right]}. \quad (18)$$

From (18), after transformation, at different frequencies $\omega = \omega_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), we obtain:

$$\hat{c}_2 A^2 - \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 + \varepsilon_i = \hat{a}_{0i} \omega_i^2 (1 - \hat{c}_1) T_0, \quad (19)$$

where \hat{a}_{0i} ($i = 1, 2, \dots, n$) - values of the Fourier coefficient at the frequency ω_i , ε_i ($i = 1, 2, \dots, n$) - errors of measurements and approximations, and $T_0 = T^2$.

According to the method of least squares, the error squared sum is:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[\hat{c}_2 A^2 - \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 - \hat{a}_{0i} \omega_i^2 (1 - \hat{c}_1) T_0 \right]^2. \quad (20)$$

If we differentiate (20) by T_0 , we'll obtain:

$$\frac{\partial S}{\partial T_0} = -2 \sum_{i=1}^n \left[\hat{c}_2 A^2 - \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 - \hat{a}_{0i} \omega_i^2 (1 - \hat{c}_1) T_0 \right] \hat{a}_{0i} \omega_i^2 (1 - \hat{c}_1). \quad (21)$$

Equating (26) to zero and taking into account (24), after transformation, we'll obtain the following expression for estimating \hat{T} :

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{\hat{c}_2 A^2 - \hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1)^3 \sum_{i=1}^n \omega_i^2}{\hat{a}_{0i} (1 - \hat{c}_1) \sum_{i=1}^n \omega_i^4}}. \quad (22)$$

Estimates \hat{T} for linear model with nonlinear feedback can also be obtained by using expressions \hat{a}_k, \hat{b}_k , ($k = 1, 2$) and compare the estimates obtained using \hat{a}_0 .

5. CONCLUSION

The problem of parameter identification of nonlinear systems with feedback on their representation by a linear model with nonlinear feedback at the input sinusoidal actions is considered.

The parameter estimations are received by the least squares method using the Fourier approximation. The identification method is investigated by means of both theoretical analysis and computer modelling. The reliability of the received results in the identification of nonlinear systems in industrial conditions in the presence of noise and errors depends on the measurement accuracy of the systems' output signals and on the mathematical processing of the experimental data.

REFERENCES

1. Nagiev, M.F. (1962). *Theoretical Foundation of Recirculation Processes*. Academy of Sciences of the USSR, Moscow (in Russian).
2. Haber, R. and Keviczky, L. (1976). Identification of nonlinear dynamic systems. *Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, part 1. Institute of Control Sciences, Moscow, pp. 62-112.
3. Volterra, V. (1959). *Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations*. Dover Publ., New York.
4. Wiener, N. (1958). *Nonlinear Problems in Random Theory*. Wiley, New York.
5. Kolmogorov, A. N. (1941). Interpolation and extrapolation of stationary random series. *Bulletin of the Academy Sciences of USSR. Mathematical series*, vol. 5, no.1, pp. 3-14.

6. Gabor, L., Wilby, P.L. and Woodcock, R. (1961). A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. *IEE Proceedings*, vol. 108, part B, pp. 422-433.
7. Arefiev, B.A. (1969). *Inertial Processes Optimization*. Mashinostroenie, Leningrad (in Russian).
8. Eykhoff, P. (1974). *System Identification. Parameter and State Estimation*. John Wiley and Sons Ltd, London.
9. Giordano, G. and Sjöberg, J. (2018). "Maximum Likelihood identification of Wiener-Hammerstein system with process noise". *IFAC PapersOnLine*, 51 (15), pp. 401-406.
10. Shanshiashvili, B. and Rigishvili, T. (2020). "Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain". *IFAC PapersOnLine*, 53 (2) 10695–10700.
11. Salukvadze, M. and Shanshiashvili, B. (2013). "Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle". *International Journal of Information Technology & Decision making*, 12 (2): 179-199.
12. Prangishvili, A., Shanshiashvili, B. and Tsveraidze, Z. (2016). "Identification of nonlinear dynamic systems with feedback of manufacturing processes". *ScienceDirect. IFAC-PapersOnLine*, 49, (12), pp. 580-585.
13. Burghi, T., Schoukens, M. and Sepulchre, R (2019). Feedback for nonlinear system identification, *18th European Control Conference (ECC)*, pp. 1344-1349.
14. Shakib M.F., Toth R., Pogromsky A.Y., Pavlov A. and Van de Wouw N. (2020). State-Space Kernelized Closed-Loop Identification of Nonlinear Systems. *Preprints of the 21st IFAC World Congress (Virtual)* Berlin, pp. 1148-1153.

არაწრფივი სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაცია არაწრფივი უკუკავშირიანი წრფივი მოდელის გამოყენებით

ბესარიონ შანშიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
b.shanshiashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია უკუკავშირიანი არაწრფივი სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა სიხშირულ არეში. სისტემა წარმოდგენილია წრფივი მოდელით არაწრფივი უკუკავშირით, რომლის წრფივი ელემენტი აღწერილია ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებით და არაწრფივი ელემენტი – მეორე ხარისხის პოლინომიური ფუნქციით. პარამეტრის იდენტიფიკაციის ამოცანის ამოხსნა დაყვანილია ალგებრული განტოლების ამოხსნაზე ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებით. იდენტიფიკაციის მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სტატისტიკური მახასიათებლები სტაციონარულ მდგომარეობაში, ხოლო დინამიური მახასიათებლები დამყარებულ მდგომარეობაში, უმცირესი კვადრატების მეთოდის საფუძველზე. პარამეტრული იდენტიფიკაციის მეთოდი გამოკვლეულია სიზუსტის თვალსაზრისით.

საინჟინრო პრაქტიკაში პრობლემების გადაწყვეტისთვის ოპტიმიზაციის მათემატიკური მეთოდების შერჩევა

ნონა ოთხოზორია, შორენა ხორავა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
n.otkhozoria@gtu.ge; sh.khorava@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია საინჟინრო პრაქტიკაში პრობლემების გადაწყვეტისთვის ოპტიმიზაციის მათემატიკური მეთოდების შერჩევის მნიშვნელობა, წარმოდგენილია უსწრაფესი დაშვების მეთოდი, როცა ბიჯის სიგრძე დამოკიდებულია საოპტიმიზაციო ფუნქციის თვისებებზე. შეფასებულია მეთოდის ეფექტურობა როგორც ადითიური, ისე მულტიპლიკაციური შეცდომების პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: ოპტიმიზაცია, უსწრაფესი დაშვების მეთოდი.

1. შესავალი

თანამედროვე ეტაპზე ოპტიმიზაციის თეორია მნიშვნელოვანია სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესში. რთული იპოვო საინჟინრო საქმიანობის ისეთი სფერო, სადაც შესასრულებელ ამოცანებში ოპტიმიზაციის პრობლემა არ არის გადასაჭრელი. ეს შეიძლება იყოს ქიმიურ-ტექნოლოგიური სისტემის ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმის განსაზღვრის ამოცანა, სხვადასხვა ტექნიკური მოწყობილობის მუშაობის, წარმოების ორგანიზაციის პრობლემის გადაჭრის ამოცანები და სხვა.

ოპტიმალური მართვა ფართოდ გამოიყენება ტექნოლოგიური და სამრეწველო პროცესების ან რთული ტექნიკური მოწყობილობის კომპლექსური ავტომატიზაციის პირობებში.

ოპტიმიზაციის მიზანია შეირჩეს საუკეთესო გადაწყვეტა პოტენციურად შესაძლებელ შედეგებს შორის, ეფექტურობის შესაბამისი კრიტერიუმების გამოყენებით. ოპტიმიზაცია შეიძლება განხორციელდეს მრავალი სხვადასხვა სტრატეგიით, რომელიც შეიძლება დაიწყოს რთული ანალიტიკური და რაოდენობრივი პროცედურების და დამთავრდეს მარტივი არითმეტიკის გონიერი გამოყენებით.

რიცხვითი ოპტიმიზაცია მანქანური სწავლების ერთ-ერთი ცენტრალური მეთოდია. ბევრი პრობლემისთვის ძნელია საუკეთესო პირდაპირი გადაწყვეტის განსაზღვრა, მაგრამ შედარებით ადვილია შეცდომების ფუნქციის დადგენა, რომელიც გაზომავს რამდენად ზუსტად არის შერჩეული მეთოდი, ხოლო შემდეგ ამ ფუნქციის პარამეტრების მინიმიზაციის ამოცანა, რომ ვიპოვოთ საუკეთესო გადაწყვეტა.

მკვლევარები და ინჟინრები ხშირად აწყდებიან გარკვეული სისტემების ქცევის ან პროცესების პროგნოზირების გამოწვევებს მათი კონტროლის მიზნით. ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია მათემატიკური [1,2] და რიცხვითი მოდელირების მეშვეობით [3]. მიუხედავად იმისა, რომ რიცხვითი სიმულაციები ჩვეულებრივ იძლევა გარკვეული სისტემის ქცევის და თვისებების კარგ პროგნოზს [3], თავდაპირველად, შეუძლებელია დადგენა მრავალი ალტერნატივიდან რომელია საუკეთესო [2].

ვინაიდან კვლევითი საქმიანობა მიზნად ისახავს საუკეთესო თვისებების მქონე ალტერნატივის პოვნას, ინჟინრები და მკვლევარები საინჟინრო ოპტიმიზაციის სფეროში აქტიურად იყენებენ მათემატიკურ მიდგომას, ოპტიმალური მართვის მეთოდებს [3]. საინჟინრო პრაქტიკაში ხშირად ხდება ასე: ოპტიმიზაციის მიზანი მათემატიკურად განისაზღვროს მიზნის ფუნქციით, რომლის ფორმულირება ხდება ტექნიკური ან ეკონომიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით, დაფუძნებულია ცდებსა და კვლევებზე, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სისტემა საუკეთესო მონაცემებით. თუმცა რეალური ამოცანის გადასაწყვეტად, მეცნიერული მიდგომის გამოყენებისას, ვაწყდებით ოპტიმიზაციის ამოცანის ფორმულირებისა და გადაწყვეტისთვის ოპტიმიზაციის მეთოდების და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფების განუსაზღვრელ რაოდენობას. რამდენადაც არ არსებობს ოპტიმიზაციის უნივერსალური ალგორითმი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი ამოცანის გადასაწყვეტად აქტუალურია შეფასდეს ამ მეთოდების ეფექტურობა გარკვეულ პირობებში.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩვენი კვლევის ძირითადი მიზანია უსწრაფესი დაშვების მეთოდის გამოკვლევა, როცა ბიჯის სიგრძე დამოკიდებულია საოპტიმიზაციო ფუნქციის თვისებებზე.

უსწრაფესი დაშვების ალგორითმი (ფუნქციის არგუმენტის მნიშვნელობის განსაზღვრულ მიდამოში) ექსტრემუმის მიმართულებით მოძრაობის იტერაციული პროცედურაა, შერჩეული წერტილიდან ფუნქციის ყველაზე უმცირესი მნიშვნელობის მიმართულებით. ასეთია ოპტიმიზაციის $f(x)$ ფუნქციის გრადიენტის $\nabla f(x)$ ვექტორით მოცემული მიმართულების საწინააღმდეგო მიმართულება

$$\nabla f(x) = \left[\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} \right]^T, \tag{1}$$

უსწრაფესი დაშვების მეთოდით k -ურ ბიჯზე $X(k)$ მნიშვნელობით $x(k+1)$ არგუმენტის პოვნის ზოგად ფორმულას შემდეგი სახე აქვს

$$x(k+1) = X(k) + \lambda(k) \cdot S(k), \tag{2}$$

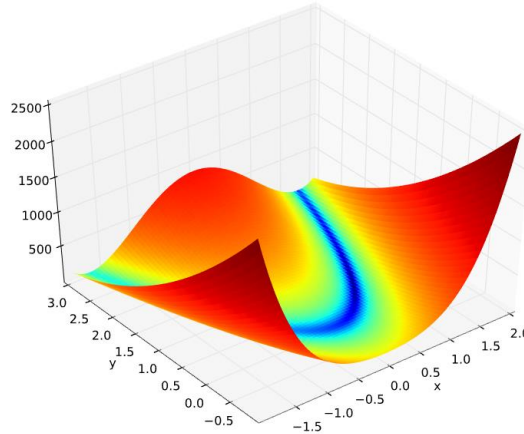
სადაც $S(k)$ ერთეული სიგრძის ვექტორია $\nabla f(x)$ გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით განსაზღვრულ $x(k)$ წერტილში.

$$S^{(k)} = - \frac{\nabla f(x^{(k)})}{\|\nabla f(x^{(k)})\|}.$$

ალგორითმი გამოვიკვლიეთ ორი ცვლადის ფუნქციის (როზენბროკის ფუნქცია) მინიმიზაციის მაგალითზე.

განვსაზღვრეთ აუცილებელი პარამეტრები (გამოყენებული აღნიშვნები შეესაბამება პროგრამული სისტემა Mathcad-ის აღნიშვნებს):

- $n:=20$ – ანათვლების მაქსიმალური რიცხვი x და y დერძებზე;
- $i:0..n, j:=0..n$ – ანათვლების რიგითი ნომერი;
- $a_1:=-0.2, a_2:=-0.2$;
- $b_1:=0.06, b_2:=0.06$;
- $x_i=a_1+b_1*i, y_j=a_2+b_2*j$; $-i, j$ რიგის არგუმენტის გამოსათვლელი ფორმულები;
- $M_{ij}=f(x_i, y_j)$ – როზენბროკის ფუნქციის მნიშვნელობების მატრიცა.



ნახ. 1 როზენბროკის ფუნქციის გრაფიკული გამოსახულება

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ფუნქციის ფსკერი ბრტყელია. გრადიენტს ფსკერის მიდამოებში აქვს მცირე მნიშვნელობა და დასაწყისშივე შეიძლება ვთქვათ, რომ ალგორითმი, რომლის ბიჯის მნიშვნელობა არ იქნება დამოკიდებული ფუნქციის ფორმაზე, ნაკლებად ეფექტური იქნება მინიმუმთან მიახლოებისათვის.

გამოთვალეთ როზენბროკის ფუნქციის გრადიენტის ვექტორის ელემენტები:

- ა) კერძო წარმოებულები x და y არგუმენტების მიმართ, $g_x(X,Y), g_y(X,Y)$;
- ბ) მეორე რიგის კერძო წარმოებულები x და y არგუმენტების მიმართ, $g_{xx}(X,Y), g_{yy}(X,Y)$;
- გ) მეორე რიგის შერეული წარმოებულები x და y არგუმენტის მიმართ, $g_{xy}(X,Y), g_{yx}(X,Y)$.

უსწრაფესი ასვლის მეთოდის ალგორითმის რეალიზაციისათვის საჭირო პარამეტრები:

$v_{max}:=200$ – მინიმუმთან მიახლოებისთვის საჭირო იტერაციების მაქსიმალური რაოდენობა;

$V:=0..v_{max}$ – იტერაციის ცვლილების დიაპაზონი;

$x_0:=0, y_0:=0$ – მიახლოების საწყისი წერტილის კოორდინატები;

$\lambda_0:=\lambda \cdot f(x_0, y_0)$ – ბიჯის მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება საწყისი მიახლოების მნიშვნელობას;

$s_{x0}:=s_x(x_0, y_0), s_{y0}:=s_y(x_0, y_0)$ – ბიჯის მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება საწყისი მიახლოების მნიშვნელობას;

$f_0:=f(x_0, y_0)$ – საოპტიმიზაციო ფუნქციის მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება საწყისი მიახლოების მნიშვნელობას;

იტერაციული პროცესისათვის საწყისი მნიშვნელობების ვექტორი:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ f_0 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ f_0 \end{bmatrix}$$

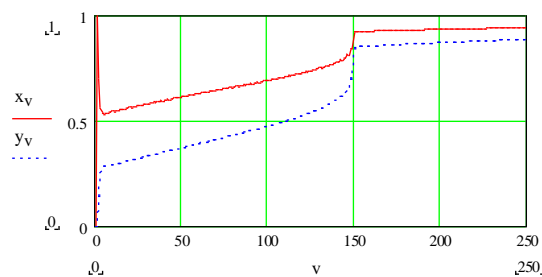
ფუნქციის კოორდინატებისა და მისი შესაბამისი მნიშვნელობების გამოთვლის გამოსახულება:

$$\begin{bmatrix} x_{v+1} \\ y_{v+1} \\ f_{v+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_v + \lambda \cdot f(x_v, y_v) \cdot s_x(x_v, y_v) \\ y_v + \lambda \cdot f(x_v, y_v) \cdot s_y(x_v, y_v) \\ f(x_v + \lambda \cdot f(x_v, y_v) \cdot s_x(x_v, y_v), y_v + \lambda \cdot f(x_v, y_v) \cdot s_y(x_v, y_v)) \end{bmatrix}$$

	0		0		0
	236	0.93900212		236	0.88185501
	237	0.93921365		237	0.88182281
	238	0.9393041		238	0.88242049
	239	0.93951411		239	0.88238872
	240	0.93960314		240	0.88298067
	241	0.93981165		241	0.88294931
	242	0.9398993		242	0.88353562
x =	243	0.94010632	y =	243	0.88350468
	244	0.94019262		244	0.88408546
	245	0.94039818		245	0.88405492
	246	0.94048316		246	0.88463026
	247	0.94068728		247	0.88460012
	248	0.94077096		248	0.88517011
	249	0.94097366		249	0.88514036
	250	0.94105607		250	0.8857051
	251	0.94125737		251	0.88567573
			ff =	237	70394858 · 10 ⁻³
				238	68563878 · 10 ⁻³
				239	3.667426 · 10 ⁻³
				240	6.6493836 · 10 ⁻³
				241	63.143631 · 10 ⁻³
				242	6.1365553 · 10 ⁻³
				243	59.596798 · 10 ⁻³
				244	6.5784432 · 10 ⁻³
				245	56.100985 · 10 ⁻³
				246	54.373563 · 10 ⁻³
				247	52.655106 · 10 ⁻³
				248	50.952212 · 10 ⁻³
				249	49.258112 · 10 ⁻³
				250	47.579233 · 10 ⁻³
				251	45.90898 · 10 ⁻³
				252	

მიღებული მნიშვნელობების მიხედვით ავაგეთ დიაგრამა (ნახ.1). თუ მიღებულ მნიშვნელობებს დავაკვირდებით, აღმოვაჩინებთ რომ, მინიმალური მაჩვენებლების მიდამოებში ადგილი აქვს რხევას.

ფუნქციის კოორდინატების დამოკიდებულება იტერაციის ნომერზე ექსტრემუმთან მიახლოებისას.



ნახ.2. ფუნქციის კოორდინატების დამოკიდებულება იტერაციის რიგზე ექსტრემუმთან მიახლოებისთვის

კვლევა განვახორციელეთ სხვადასხვა საწყისი მნიშვნელობებისათვის.

ა) $x_0=1.5$ $y_0=-2$ – მიახლოების საწყისი წერტილის კოორდინატები.

მიღებული მნიშვნელობების ცხრილი:

	0		0		0
	236	1.33074929		0	2
	237	1.33001466		1	2.02390156
	238	1.33033907		2	2.02550898
	239	1.32960748		3	2.01787204
	240	1.32993078		4	2.01734204
	241	1.32920219		5	2.01055437
	242	1.3295244		6	2.01004465
x =	243	1.32879877	y =	7	2.00390547
	244	1.32911991		8	2.00341208
	245	1.32839721		9	1.99778778
	246	1.32871728		10	1.99730798
	247	1.32799747		11	1.99210448
	248	1.32831648		12	1.99163623
	249	1.32759953		13	1.98678442
	250	1.3279175		14	1.98632617
	251	1.32720337		15	1.98177356
			ff =	0	6.5
				1	0.20481523
				2	0.17888568
				3	0.17766212
				4	0.17646521
				5	0.17537835
				6	0.17431231
				7	0.17332953
				8	0.17236365
				9	0.17146333
				10	0.1705771
				11	0.16974406
				12	0.16892302
				13	0.16814611
				14	0.16737961
				15	0.16665039

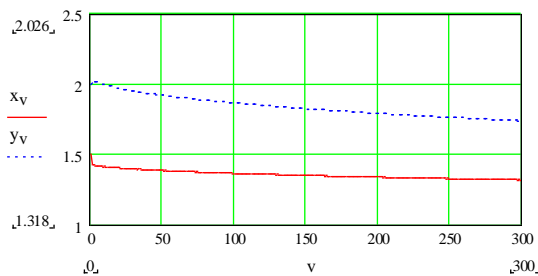
როგორც გრაფიკიდან ჩანს, $x_0=1.5$ $y_0=2$ საწყისი წერტილებით ექსტრემუმთან მიახლოება უშეცდომო პირობებშიც საკმაოდ უხეშად ხდება, შედარებითვის მიემა სხვა საწყისი კოორდინატებისათვისაც ჩავატარეთ.

კვლევა ჩავატარეთ ზემოთ მოცემული საწყისი პირობებით შეცდომების არსებობის პირობებში, მოვახდინეთ ნორმალური კანონით განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების გენერირება:

$$g: =\text{rnorm}(130,0,0.33)$$

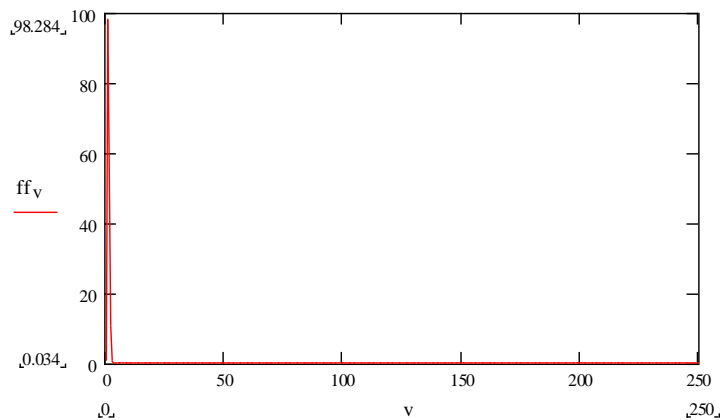
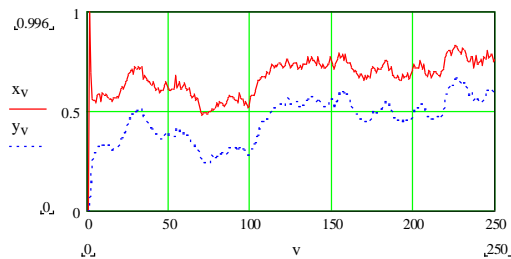
შეცდომების გათვალისწინებით იტერაციულ პროცედურას ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\begin{cases} x_{(v+1)} \\ y_{(v+1)} \\ ff_{(v+1)} \end{cases} \begin{cases} x_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-x}(x_v, y_v) + (x_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-x}(x_v, y_v)) \cdot pr \cdot gv \\ y_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-y}(x_v, y_v) + (y_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-y}(x_v, y_v)) \cdot pr \cdot gv \\ (x_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-x}(x_v, y_v) + (x_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-x}(x_v, y_v)) \cdot pr \cdot gv) \\ y_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-y}(x_v, y_v) + (y_v + \lambda_{-f}(x_v, y_v) \cdot s_{-y}(x_v, y_v)) \cdot pr \cdot gv \end{cases}$$

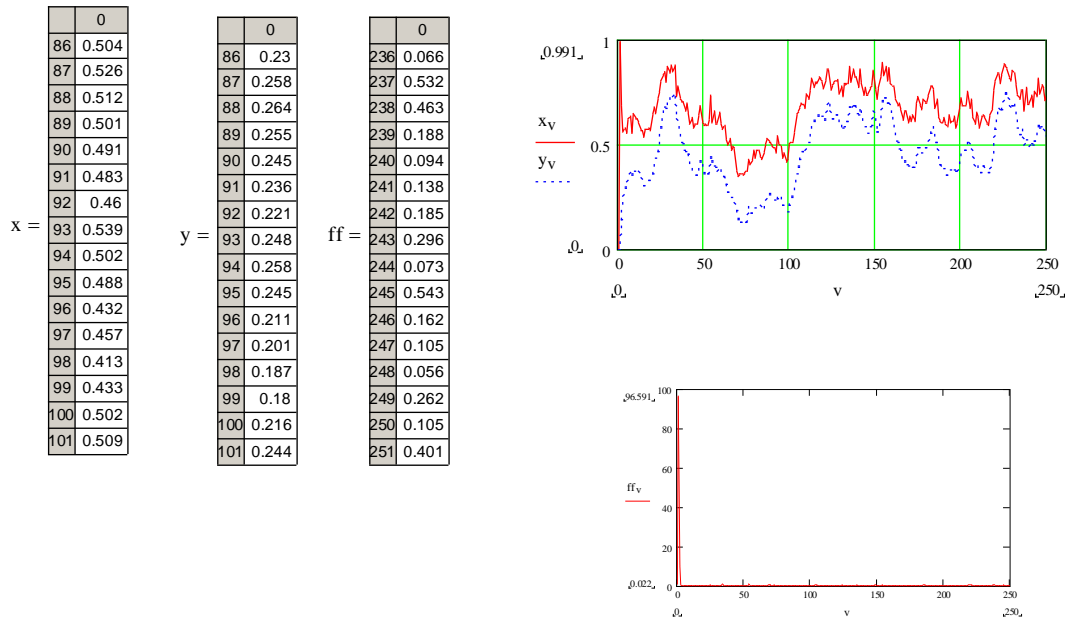


ნახ. 3. არგუმენტის ექსტრემუმთან მიახლოება

x =	0	y =	0	ff =	0
86	0.566	86	0.304	236	0.056
87	0.578	87	0.321	237	0.203
88	0.57	88	0.325	238	0.164
89	0.564	89	0.32	239	0.098
90	0.559	90	0.314	240	0.068
91	0.555	91	0.309	241	0.079
92	0.542	92	0.3	242	0.097
93	0.589	93	0.319	243	0.123
94	0.567	94	0.325	244	0.059
95	0.56	95	0.317	245	0.177
96	0.528	96	0.295	246	0.081
97	0.544	97	0.29	247	0.062
98	0.518	98	0.28	248	0.049
99	0.531	99	0.277	249	0.112
100	0.573	100	0.303	250	0.065
101	0.575	101	0.321	251	0.135



ნახ. 4. ძიების ცხრილის ფრაგმენტი და შესაბამისი დიაგრამები $x_0=0$; $y_0=0$; $\xi=10\%$



ნახ. 5. ძიების ცხრილის ფრაგმენტი და შესაბამისი დიაგრამები $x_0=0$; $y_0=0$; $\xi=20\%$

3. დასკვნა

მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ უსწრაფესი ასვლა ეფექტურია როზენბროკის ფუნქციის ექსტრემუმის წერტილის დასადგენად. ეფექტურობა იცვლება საწყისი წერტილის კოორდინატის მიხედვით, ამიტომაც მნიშვნელოვანია საწყისი წერტილის კოორდინატის სწორად შერჩევა.

ლიტერატურა

1. Sergiy Butenko, Panos M. Pardalos Numerical Methods and Optimization An Introduction Edition1st Edition,, First Published, 2014
2. Jamil, Momin, and Xin-She Yang. "A literature survey of benchmark functions for global optimization problems." International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimization 4.2 (2013)
3. George Lindfield, John Penny Numerical Methods: Using MATLAB · Elsevier Science, 2018

CHOICE OF MATHEMATICAL OPTIMIZATION METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF ENGINEERING PRACTICE

Nona Otkhozoria, Shorena Khorava
 Georgian Technical University
 n.otkhozoria@gtu.ge; sh.khorava@gtu.ge

Summary

The article describes the importance of choosing mathematical optimization methods for solving problems of engineering practice, considers the method of steepest descent, when the step length depends on the properties of the optimization function. The effectiveness of the method is evaluated under conditions of both additive and multiplicative errors.

Keywords: optimization, steepest descent method.

დახურული სივრცის გარემოს ნეგატიური მდგომარეობის მართვა ადამიანის ორგანიზმზე, მისი ზემოქმედებით გამოწვეული დაავადებების რისკის შესამცირებლად

ნორა ჯალიაბოვა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

რეზიუმე

მრავალი დაავადება გამოწვეულია ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედი სხვადასხვა ფაქტორით, ამიტომ მნიშვნელოვანია, რომ შევძლოთ იმ გარემოს ხარისხის მართვა, რომელშიც ვიმყოფებით. ეს ამცირებს ან გამორიცხავს ამა თუ იმ საშიში დაავადებების რისკს. დახურული შენობების შიდა გარემოს შესაძლო დამაბინძურებლებსა და მათი გამოწვევი მიზეზების ურთიერთკავშირის ცოდნის, აგრეთვე საცხოვრებელ გარემოში ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოქმედი ნეგატიური ეკოლოგიური ცვლილებების შესახებ არსებული ინფორმაციის საფუძველზე გამოტანილია დასკვნა იმ შესაძლო წყაროებისა და მიზეზების შესახებ, რომლებიც დაკვირვებადი დარღვევების ერთობლიობას ქმნის.

საკვანძო სიტყვები: სემანტიკური ქსელი; მიზეზშედეგობრივი ანალიზი; გარემოს მდგომარეობა

1. შესავალი

მთელ მსოფლიოში გარემოსდაცვითი სიტუაციის მკვეთრი გაუარესების გამო, უაღრესად აქტუალურია იმ მიდგომების ძიება, რომლებიც ადამიანზე გარე ფაქტორების უარყოფითი ზემოქმედების იდენტიფიკაციის საშუალებას იძლევა. სხვადასხვა კლიმატური, გეოფიზიკური და ტექნოგენური ფაქტორების ერთობლივი ზემოქმედება თავის კვალს ტოვებს ადამიანის ორგანიზმის შიდა გარემოს მდგომარეობაზე.

ამჟამად ყველაზე აქტუალურია საცხოვრებელი შენობების ეკოლოგიის პრობლემა, რადგან ადამიანი საკუთარი სახლისთვის იყენებს ახალ, ნაკლებად შესწავლილ ტექნოლოგიებსა და მასალებს. მან არც კი იცის, რომ ამით ზიანს აყენებს საკუთარ ჯანმრთელობას. ძალიან ხშირად სწორედ საცხოვრებელი ხდება ქრონიკული და მრავალი სერიოზული დაავადების წყარო.

შენობების შიდა გარემოს ჰაერის დაბინძურების შედეგად 2020 წელს დაღუპულთა რიცხვი 3,2 მილიონ ადამიანად შეფასდა, მათ შორის 237 000 ხუთ წლამდე ასაკის ბავშვია [1].

დახურული სივრცის ჰაერის დაბინძურებელი ნაწილაკები და სხვა ნივთიერებები იწვევს სასუნთქი გზებისა და ფილტვების ანთებას, ასუსტებს ორგანიზმის იმუნურ სისტემას და ამცირებს სისხლის მიერ ჟანგბადის გადატანის უნარს. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით [1, 2], დახურული სივრცის ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეული 3.2 მილიონი ადამიანის გარდაცვალების შემთხვევებიდან 32% გულის იშემიური დაავადებით არის განპირობებული; 21% – ქვედა სასუნთქი გზების რესპირატორული ინფექციებით; 19% - ფილტვის ქრონიკული ობსტრუქციული დაავადებით, 6% - ფილტვის კიბოთი; მოზრდილებში ფილტვის კიბოთი სიკვდილიანობის დაახლოებით 11% განპირობებულია შიდა ჰაერის დაბინძურებაში არსებული კანცეროგენების ზემოქმედებით.

ადამიანის ჯანმრთელობის შენარჩუნების პრობლემა დაკავშირებულია იმ გარემოს ხარისხის კონტროლთან, რომელშიც ის დროის უმეტეს ნაწილს ატარებს. იქიდან გამომდინარე, რომ გარემო გავლენას ახდენს ჩვენს ორგანიზმზე [3] და, შესაბამისად, შეუძლია ზიანი მიაყენოს ჩვენს ჯანმრთელობას, დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩვენ საცხოვრებელ და სამუშაო პირობებს.

ქალაქში მცხოვრები ადამიანი დროის უმეტეს ნაწილს შენობაში ატარებს, ამიტომ დარღვევების აღმოსაფხვრელად და გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებაზე მიმართული ქმედებების შესამუშავებლად, აუცილებელია დარღვევების წყაროებისა და მიზეზების დაფიქსირება.

შიდა სივრცის ჰაერის დაბინძურებამ შეიძლება გამოიწვიოს სხვადასხვა სიმძიმის დაავადება: თავის ტკივილითა და უბრალო სისუსტით დაწყებული და ონკოლოგიური დაავადებებით დამთავრებული. ამასთან გასათვალისწინებელია, რომ ჰაერი დახურულ სივრცეში 4-6-ჯერ უფრო ჭუჭყიანი და 8-10-ჯერ უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე გარე ჰაერი.

შიდა ჰაერის დაბინძურების მრავალი წყარო არსებობს. მათ შორის ძირითადია სამშენებლო-მოსაპირკეთებელი მასალები, ინტერიერის მოწყობილობა (საყოფაცხოვრებო ნივთები, ტექნიკა, ავეჯი, ხალიჩები), მაღალი ტემპერატურის წყაროები.

2. ძირითადი ნაწილი

მიზეზობრივი ურთიერთკავშირის ანალიზი დახურული სივრცის გარემოში

დარღვევების აღმოფხვრაზე გამიზნული ქმედებები იმ მიზეზებზე უნდა იყოს მიმართული, რომლებიც დახურულ სივრცეში ნეგატიურ მდგომარეობას იწვევს. თვით პრობლემის გადაჭრა საჭიროებს მონიტორინგს, ე. ი. შიდა გარემოს ძირითადი ფაქტორების მონაცემებზე დაკვირვებასა და კონტროლს. ამ მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ნაშრომებში [4,5] განხილულია დახურული სივრცის ეკოლოგიური მდგომარეობის ამოცნობისა და შეფასების საკითხები. შემოთავაზებულია დახურული სივრცის მდგომარეობის შეფასების ალგორითმი მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმების გამოყენებით და მიღებულია შესაბამისი შედეგები. ამ ალგორითმის საშუალებით ხდება დახურული სივრცის გარემოს შეფასება მდგომარეობის საშიშროების ხარისხის დადგენით [4]. ეს შედეგები გასათვალისწინებელია შიდა გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებაზე გამიზნული გადაწყვეტილების მისაღებად.

მოცემული ნაშრომი ემსახურება დახურული სივრცის გარემოს ნეგატიური მდგომარეობის მიზეზობრივი ანალიზის ამოცანის გადაწყვეტას, ცოდნის ელემენტების გამოყენებით.

ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში იგი ითვალისწინებს დაბინძურების წყაროებისა და მიზეზების იდენტიფიცირებას, შიდა გარემოზე მათი ნეგატიური გავლენის შემცირების მიზნით. არსებობს უამრავი მიზეზი, რამაც შეიძლება გავლენა მოახდინოს საცხოვრებელი გარემოს ეკოლოგიის გაუარესებაზე. ზოგიერთი შეიძლება უმნიშვნელო ჩანდეს, მაგრამ ადამიანის ორგანიზმზე მათმა ერთობლივმა ზემოქმედებამ შეიძლება პათოლოგიური ცვლილებები გამოიწვიოს. ამჟამად იდენტიფიცირებულია 80-ზე მეტი ნივთიერება, რომლებიც განსხვავებულია ადამიანებისთვის მათი ტოქსიკურობით და დახურული შენობის შიდა ჰაერში ყოფნის სიხშირით. ცნობილია, რომ ყოველი ქიმიური დამაბინძურებლისთვის არსებობს ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, რომლის დროსაც ადამიანსა და გარემოზე არც პირდაპირი და არც არაპირდაპირი მავნე ზემოქმედება არ ხდება. ქიმიური დამაბინძურებლების კონცენტრაციის ნებისმიერი გადახრა მნიშვნელობიდან ზრდის მიმართულებით არღვევს. არსებული დარღვევების აღმოსაფხვრელად და მათთან დაკავშირებული უარყოფითი შედეგების შესამცირებლად აუცილებელია დარღვევების წყაროებისა და მიზეზების დაფიქსირება. ამ ამოცანის გადასაჭრელად ვიყენებთ იმ ცოდნას, რომელიც ეხება ცალკეული დამაბინძურებლების და გამომწვევი მიზეზების ურთიერთობას.

დაფიქსირებული დარღვევების გამომწვევი მიზეზების დასადგენად განვიხილავთ სემანტიკურ ქსელს, რომელიც ასახავს ცოდნას შიდა გარემოში არსებული მიზეზობრივი კავშირურთიერთობის შესახებ. ქსელზე გამოიყოფა წვეროები, რომლებიც შეიძლება უშუალოდ დაკვირვებადი აღმოჩნდეს. ეს წვეროები, ჩვენ შემთხვევაში, ასახავს დამაბინძურებელ ნივთიერებებს. სემანტიკურ ქსელში დარღვევებს და მიზეზებს შორის გამოიყენება ისეთი არამკაფიო დამოკიდებულებები როგორც არის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“, „ხელს უწყობს“, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევა უფრო ზუსტად აღწეროს დარღვევის მიზეზთან დაკავშირებული სიტუაცია, ყოველ ზემოხსენებულ არამკაფიო მიმართებას მიეწერება წონითი კოეფიციენტები, რომლებიც ასახავს სარწმუნოების ხარისხს. მაგალითად, მიმართებისათვის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“ ეს კოეფიციენტები ასახავს იმის დრწმუნოების ხარისხს, რომ რომელიღაც დარღვევა ϕ_i არის z_i ნივთიერების მიზეზი ან რომელიღაც z_i არის ϕ_i დარღვევის შედეგი. წონითი კოეფიციენტები აღებულია (0,1) შუალედიდან. დაკვირვებადი მონაცემების საფუძველზე უნდა გაკეთდეს დასკვნა მათი გამომწვევი მიზეზების შესახებ. შესაძლო დაკვირვებადი დარღვევების განმსაზღვრელი ქსელის წვეროების სიმრავლეში გამოყოფილია წვეროების გარკვეული ქვეჯგუფი, რომელიც გვიჩვენებს იმ დარღვევებს, რომლებიც ემთხვევა გამოკვლეულ დახურული სივრცის გარემოში დაფიქსირებულ დარღვევებს. ამ წვეროებს ვუწოდებთ „გააქტიურებული“. დაფიქსირებული დარღვევების გამომწვევი მიზეზების დასადგენად განვიხილება რკალი, რომელიც განსაზღვრავს ურთიერთობას „შესაძლო მიზეზი“. ეს რკალი გააქტიურებულ წვეროებს აკავშირებს დარღვევის შესაძლო მიზეზებთან და თავს იყრის ϕ_i წვეროებზე, რომლებიც დაკვირვებული დარღვევების შესაძლო მიზეზებია. ϕ_i წვეროზე თავმოყრილი რკალების წონის კოეფიციენტების ჯამი, $i = 1...m$, იძლევა შესაბამისი წვეროს შეფასების შესაძლებლობას. ეს შეფასებები მიღებულია შიდა გარემოს ამჟამინდელი მდგომარეობის შესახებ არსებული მონაცემების საფუძველზე, რომელსაც ვიკვლევთ და ვცვლით დამაბინძურებლების შედგენილობის ცვლილების დროს. ყველაზე სავარაუდო მიზეზის დასადგენად არჩეულია წვერო, რომელმაც მაქსიმალური შეფასება მიიღო.

მაგალითისათვის განვიხილოთ ზოგიერთი დამაბინძურებლისა და მათი წყაროების სია, რომლებსაც ვიყენებთ სემანტიკური ქსელის ასაგებად და შესაბამისი დამოკიდულებების მატრიცა. კერძოდ, სიმარტივისთვის ავიღოთ წონითი კოეფიციენტები, რომლებსაც აქვს მხოლოდ ორი მნიშვნელობა – ერთი და ნული. ამ სიაში თითოეულ დამაბინძურებელს და მის თითოეულ წყაროს ენიჭება ასოები ინდექსებით (ცხრილები 1, 2). მიზეზობრივი ანალიზის ჩასატარებლად ვაგებთ სემანტიკურ ქსელს (ნახ. 1) ცხრილებში 1, 2 მოცემული აღნიშვნების გამოყენებით. ამ ქსელის შესაბამისი მატრიცა წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 1

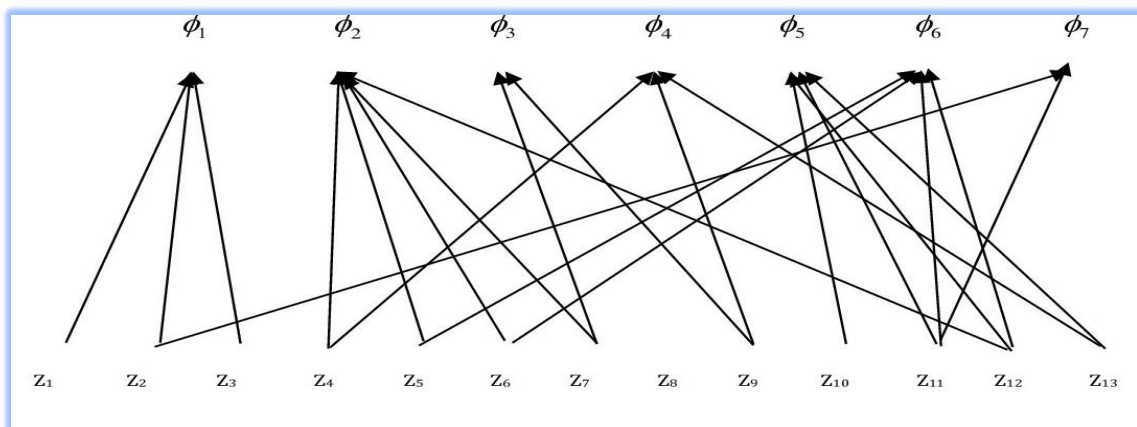
აღნიშვნა	დაბინძურების წყაროების სია
z_1	საყოფაცხოვრებო ღუმელები
z_2	სტაციონარული წყაროები
z_3	ავტოტრანსპორტი
z_4	საიზოლაციო მასალები
z_5	წებოვანი პლაივუდი
z_6	სიგარეტის კვამლი
z_7	დაზიანებული ან გაფუჭებული აზბესტის მასალა
z_8	სანტექნიკა
z_9	ბუნებრივი აირი
z_{10}	შენობების, მილსადენების თბოიზოლაცია
z_{11}	ლაქები, საღებავები, გამხსნელები
z_{12}	ავეჯი
z_{13}	სამშენებლო მასალები

ცხრილი 2

აღნიშვნა	დამაბინძურებელი
ϕ_1	აზოტის ოქსიდები
ϕ_2	ფორმალდეჰიდი
ϕ_3	აზბესტი
ϕ_4	რადონი
ϕ_5	ფენოლი
ϕ_6	ტოლუენი
ϕ_7	ქსილენი

ცხრილი 3

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7
z_1	1	0	0	0	0	0	0
z_2	1	1	0	0	0	0	1
z_3	1	0	0	0	0	0	0
z_4	0	1	0	1	0	0	0
z_5	0	1	0	0	0	1	0
z_6	0	1	0	0	0	1	0
z_7	0	0	1	0	0	0	0
z_8	0	0	0	0	0	0	0
z_9	0	0	1	1	0	0	0
z_{10}	0	1	0	0	1	1	0
z_{11}	0	0	0	0	1	1	1
z_{12}	0	1	0	0	1	1	0
z_{13}	0	0	0	1	1	0	0



ნახ.1

3. დასკვნა

კონკრეტული სიტუაციისა და ინფორმაციის ანალიზი მაგნე ნივთიერებებით დაბინძურების კონკრეტული წყაროების შესახებ საშუალებას გვაძლევს გამოვიტანოთ დასკვნა დაკვირვებადი დარღვევების გამომწვევი წყაროებისა და მიზეზების შესახებ. სწორედ ამ მიზეზებზე უნდა იყოს მიმართული გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებაზე გამიზნული მოქმედებები.

მოცემული ამოცანის გადაჭრისას გასათვალისწინებელია ყველანაირი დამაბინძურებელი ნივთიერება და მათი გამომწვევი წყაროების ურთიერთკავშირი, რომლებსაც შეუძლია ორგანიზმში შეღწევა და გარკვეული დაავადებების გამოწვევა. მაგალითად, ფორმალდეჰიდის წყაროები. ფორმალდეჰიდი საშიში ნივთიერებაა. ოთახში მისი დასაშვები კონცენტრაციის გადაჭარბება იწვევს დაღლილობას, თავბრუსხვევას, იმუნიტეტის დაქვეითებას, ღვიძლში, თირკმელებში, გულსა და ტვინში დეგენერაციულ ცვლილებებს. დამაბინძურებელი შეიძლება იყოს ხის, პოლიმერული მასალები, იატაკის, შიდა კედლების მოსაპირკეთებელი დეკორატიული პლასტმასები და ა.შ. ჩვენ მიერ შემუშავებული ალგორითმის პროგრამული დანერგვა საშუალებას გვაძლევს შევავსოთ შიდა გარემოს ხარისხი და თუ გარემოს მდგომარეობა საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას, მივუთითოთ ასეთი შეფასების მიზეზი და აღმოფხვრის რეკომენდაციები.

ლიტერატურა - REFERENCES:

1. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
2. Влияние окружающей среды на здоровье человека. Всемирная организация здравоохранения, Женева 1974 г.
3. Голиченков А.М. Экспериментальное изучение комбинированного действия основных химических загрязнителей воздуха жилых помещений – фенола, стирола и формальдегида. НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева, г.Киев. 1999
4. Джалябова Н. Модель системы защиты человека от воздействий негативных факторов среды. Сборник докладов Международная научная конференция «Информационные технологии в управлении». 2007
5. Jaliabova N¹* and Khachidze M²* Model of Intellectual Assessment of Environment quality in Close spaces. 21st International CODATA Conference - Scientific Information for Society -from Today to the Future. Ukraine, Kyiv, 5 - 8 October 2008

MANAGEMENT OF THE NEGATIVE STATE OF THE CLOSED ENVIRONMENT TO REDUCE THE RISK OF DISEASES CAUSED BY ITS IMPACT ON THE HUMAN BODY

Nora Jaliabova
Archil Eliashvili Institute of Control Systems
of the Georgian Technical University
noraj@mail.ru

Summary

Many diseases are caused by various factors affecting the human body. Therefore, it is important to be able to control the quality of the environment in which we find ourselves. This reduces or eliminates the risk of various serious diseases. Based on the knowledge about the relationship between possible indoor pollutants and their causes, as well as the available information about negative environmental changes affecting human health in the living environment, a conclusion is made about the possible sources and causes of a set of observed violations.

Keywords: Semantic network, causal analysis, state of the environmen

ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდი მართვის თეორიაში

ქეთევან კოტრიკაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

k.kotrikadze@gtu.ge

რეზიუმე

ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდი მართვის თეორიაში ერთ-ერთი ფუნდამენტური მეთოდია, ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყეში ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიების დასადგენად. ამ მეთოდის ავტორი, ცნობილი ამერიკელი მეცნიერი უოლტერ რიჩარდ ევანსია, რომელმაც აღნიშნული მეთოდი ჯერ კიდევ 1948 წელს შეიმუშავა. სტატიაში მიმოხილულია ორი განსხვავებული მეთოდი ფესვური ჰოდოგრაფების ასაგებად და მათი გამოყენების შესაძლებლობები თუ რომელი უფრო აიოლებს ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიების განსაზღვრას, მართვის სისტემის მახასიათებელი განტოლების ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის ცვლილებისას. განხილულია, რობასტული სისტემების შემთხვევაში, სისტემის მდგრადობის პირობების დადგენა და სინთეზის ამოცანების გადაწყვეტა რამდენად შესაძლებელია გამარტივდეს ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდის საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: მახასიათებელი განტოლების ფესვების განსაზღვრა; ფესვური ჰოდოგრაფები; ფესვთა მდებარეობა ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყეში; სისტემის მდგრადობა.

1. შესავალი

მართვის სისტემების კვლევისას მნიშვნელოვანია მათი მდგრადობის ანალიზი, მდგრადობის პირობების განსაზღვრა და გარდამავალი პროცესების მახასიათებლების დადგენა.

ამისათვის კი აუცილებელია შეკრული სისტემის მახასიათებელი განტოლების ფესვთა განლაგების შესწავლა და მათი მდებარეობის განსაზღვრა ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყეზე. ამისათვის გამოიყენება ცნობილი მეთოდი მართვის თეორიაში. ეს არის ფესვური ჰოდოგრაფების მეთოდი. აღნიშნული მეთოდის გამოყენებას მართვის თეორიაში პირველად მიმართა ცნობილმა ამერიკელმა მეცნიერმა უოლტერ რიჩარდ ევანსმა, რომელმაც 1948 წელს გამოაქვეყნა ნაშრომი ფესვური ჰოდოგრაფების აგების შესახებ. კერძოდ, იმ შემთხვევაში, როდესაც მახასიათებელი განტოლების ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიების დადგენა შესაძლებელი იყო, როდესაც იცვლებოდა პოლინომის კოეფიციენტები. უფრო ზუსტად რომ აღვნიშნოთ, ერთი კოეფიციენტი იცვლებოდა მუდმივად, ხოლო მეორე – დისკრეტულად. აღნიშნული მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია სისტემის მდგრადობის დადგენა. სისტემა მდგრადია, თუ ფესვი მოხვდება ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყის წარმოსახვითი ღერძის მარცხენა მხარეს, მახასიათებელი განტოლების კოეფიციენტების შესაბამისი მნიშვნელობებისთვის.

მართვის სისტემის მდგრადობის პირობის დადგენაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა ასევე მეცნიერმა ვლადიმერ ხარიტონოვმა. მისი თეორია ეხებოდა სისტემების რობასტულ მდგრადობას და ამ შემთხვევაში მიუხედავად მაღალი რიგის პოლინომებისა და მათი პარამეტრების ცვლილებისა, სისტემის რობასტული მდგრადობისთვის აუცილებელია, მხოლოდ ოთხი პოლინომის მდგრადობის დადგენა. ხარიტონოვის აღნიშნული აღმოჩენა ცნობილია ხარიტონოვის „ძლიერი და სუსტი თეორემების“ სახელით.

ევანსის მეთოდისგან განსხვავებით, ხარიტონოვის „ძლიერი და სუსტი თეორემების“ მეშვეობით შესაძლებელია ფესვების ტრაექტორიების დადგენა იმ შემთხვევაში, როდესაც იცვლება სისტემის მახასიათებელი განტოლების არა ერთი, არამედ რამდენიმე პარამეტრი ერთდროულად და თანაც დიდ საზღვრებში. სისტემის რობასტულობა სწორედ ამას გულისხმობს [1].

ზოგადად, ფესვური ჰოდოგრაფების ასაგებად იყენებენ მათ ანალიზურ გამოსახულებებს, მაგრამ მნიშვნელოვანია ასევე მათი გრაფიკული თვისებების ცოდნაც. ამ ორი მეთოდის ერთიანობა კი გაცილებით აიოლებს ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიების დადგენას.

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ ფესვური ჰოდოგრაფების აგებისათვის საჭირო მეთოდები. მათი აგება შესაძლებელია როგორც ხელით, ისე კომპიუტერული პროგრამებით, კერძოდ, Matlab პროგრამული პაკეტის სპეციალური ჩანართებით.

ფესვური ჰოდოგრაფების აგება რამდენიმე ძირითად ეტაპს მოიცავს. პირველ რიგში უნდა დადგინდეს სისტემის მახასიათებელი განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფის საწყისი და ზღვრული წერტილები. ფესვური ჰოდოგრაფის საწყისი ის წერტილია, საიდანაც ფესვი იწყებს მოძრაობას, მახასიათებელი განტოლების კოეფიციენტების ცვლილებისას. საწყისი წერტილიდან ფესვი შედის ფესვური

ჰოდოგრაფის ზღვრულ წერტილში ან მიემართება უსასრულობაში. ასეთ ჰოდოგრაფებს დადებით ფესვურ ჰოდოგრაფს უწოდებენ. უარყოფითი ფესვური ჰოდოგრაფის შემთხვევაში ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიები სხვაგვარად ლაგდება. კერძოდ, ამ დროს მიიჩნევა, რომ საკვლევი პოლინომის კოეფიციენტები უარყოფითია და საწყისი წერტილები ხდება ზღვრული, ხოლო ზღვრული წერტილები – საწყისი. თუმცა, ასეთი ტიპის ფესვური ჰოდოგრაფები მართვაში არ განიხილება. გრაფიკზე ფესვების ტრაექტორიების დატანა დადებითი ფესვური ჰოდოგრაფისთვის აღინიშნება ფესვის მოძრაობის ტრაექტორიაზე ერთმაგი ისრით, ხოლო უარყოფითის – ორმაგი ისრით. საწყისი წერტილები ფესვურ ჰოდოგრაფზე აღინიშნება ჯვრებით, ხოლო ზღვრული – რგოლებით.

შემდეგი ეტაპისთვის აუცილებელია ფესვური ჰოდოგრაფის ჯერადი ფესვების პოვნა. ეს გრაფიკულად ის წერტილებია, სადაც მახასიათებელი განტოლების პარამეტრების ცვლილებისას შესაძლებელია ერთდროულად მოხვდეს მახასიათებელი განტოლების ორი, სამი ან მეტი ფესვი.

ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიების დასადგენად ასევე იყენებენ ფესვური ჰოდოგრაფის განტოლებას, საიდანაც შესაძლებელია ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიების განსაზღვრა, ან თუ ეს ვერ ხერხდება, შესაძლებელია ფესვური ჰოდოგრაფი აიგოს ეტაპობრივად. ასევე მნიშვნელოვანია ფესვთა განლაგების არეების დადგენა, ტრაექტორიების ასიმპტოტების პოვნა და სხვა.

განვიხილოთ მართვის სისტემის მახასიათებელი განტოლება, რომელიც შემდეგი სახისაა:

$$\sum_{i=0}^n a_i t^{n-i} = 0. \quad (1)$$

მოცემულ ფორმულაში $a_i \in R$, ხოლო t ცვლადია.

(1) განტოლება შესაძლებელია ჩაწეროთ შემდეგი სახით:

$$A_n(t) + kB_m(t) = 0, \quad (2)$$

სადაც $A_n(t)$ – n -ური რიგის პოლინომია, $B_m(t)$ – m -ური რიგის პოლინომი; k – კოეფიციენტი. (2) ფორმულაში თუ $A_n(t) = 0$. დებულობენ ფესვური ჰოდოგრაფის საწყის წერტილებს, ხოლო თუ $B_m(t) = 0$, პირველ შემთხვევაში $k = 0$, ხოლო მეორესთვის – $k \rightarrow \infty$.

(2) ფორმულიდან განისაზღვრება ასევე ჯერადი ფესვების განტოლება:

$$A_n(t) \cdot B'_m(t) - Q_m(t) \cdot P'_n(t) = 0. \quad (3)$$

ფესვური ჰოდოგრაფის განტოლება ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყეში ($\delta; j\omega$) განისაზღვრება შემდეგი სახით:

$$\left[A_n(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} A''_n(\delta) + \dots \right] \cdot \left[B'_m(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} B'''_m(\delta) + \dots \right] - \left[A''_n(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} A'''_n(\delta) + \dots \right] \cdot \left[B'_m(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} B''_m(\delta) + \dots \right] = 0. \quad (4)$$

მოცემული ფორმულით შესაძლებელია ფესვური ჰოდოგრაფის ტრაექტორიების დადგენა. მახასიათებელი განტოლების კოეფიციენტების გამოსათვლელად კი მიმართავენ შემდეგი სახის ფორმულებს:

$$k_{Re} = - \frac{A_n(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} A''_n(\delta) + \frac{\omega^4}{4!} A^{(4)}_n(\delta) - \dots}{B_m(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} B''_m(\delta) + \frac{\omega^4}{4!} B^{(4)}_m(\delta) - \dots}, \quad (5) \quad k_{Im} = - \frac{A'_n(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} A'''_n(\delta) + \frac{\omega^4}{5!} A^{(5)}_n(\delta) - \dots}{B'_m(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} B'''_m(\delta) + \frac{\omega^5}{5!} B^{(5)}_m(\delta) - \dots}. \quad (6)$$

მეორე მეთოდის მიხედვით კი შესაძლებელია ფესვური ჰოდოგრაფების აგება ანალიზური სახით, გაცილებით გამარტივებული წესით. კერძოდ, მახასიათებელი განტოლების ცვლადის მნიშვნელობა უნდა შევცვალოთ ტრიგონომეტრიული ფორმით. ვისარგებლოთ ეილერის ფორმულით: $e^{jx} = \cos x + j \sin x$.

ამ ფორმულის ცვლადებში ჩასმით გაცილებით მარტივია ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიების დადგენა, ასევე ფესვური ჰოდოგრაფის აგება გაცილებით მარტივდება და გაიოლებულია მახასიათებელი განტოლების ტრაექტორიების დადგენა.

განვიხილოთ პირველი მეთოდის მაგალითი და შევარჩიოთ მეხუთე რიგის ნორმირებული დაყვანილი განტოლება:

$$x^5 + a_1 x^4 + a_2 x^3 + a_3 x^2 + a_4 x + 1 = 0. \quad (7)$$

ფესვური ჰოდოგრაფი ავაგოთ შემთხვევისთვის, როდესაც $a_1 \in R$, ხოლო $a_2 = a_3 = a_4 = 0$, მაშინ განტოლება (7) ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$x^5 + 1 + a_1 x^4 = 0. \quad (8)$$

ამ შემთხვევაში $A_5(x) = x^5 + 1$; $B_4(x) = x^4$. თუ პირველ ფორმულას გავუტოლებთ 0-ს, მივიღებთ ფესვური ჰოდოგრაფის საწყის წერტილებს, ხოლო მეორე ფორმულა მოგვცემს ფესვური ჰოდოგრაფის ზღვრულ წერტილებს.

ფესვური ჰოდოგრაფების ასაგები განტოლების დასადგენად ვისარგებლოთ ფორმულით (4), მაშინ ფესვური ჰოდოგრაფის განტოლებას ექნება სახე:

$$(\delta^2 + \omega^2) - 4\delta(\delta^2 + \omega^2) = 0 \quad (9)$$

a_1 -ის მნიშვნელობა გამოვთვალოთ (5) და (6) ფორმულებით, რაც მოგვცემს პარამეტრების საანგარიშო ფორმულებს ფესვური ჰოდოგრაფის ნამდვილ და კომპლექსურ წერტილებში:

$$a_1 = -\frac{\delta^5 - 10\omega^2\delta^3 + 5\omega^4\delta + 1}{\delta^4 - 6\omega^2\delta^2 + \omega^4}; \quad a_1 = -\frac{4\delta^4 - 10\omega^2\delta^2 + \omega^4}{4\delta^3 - 4\omega^2\delta}$$

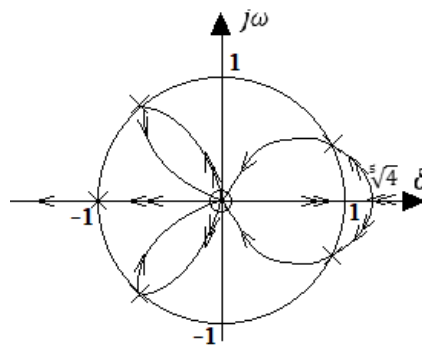
ორჯერადი ნამდვილი ფესვი ტოლი იქნება: $x = \sqrt[5]{4}$. პარამეტრის მნიშვნელობა ორჯერად წერტილში კი $a_1 = -1,25\sqrt[5]{4}$. ჰოდოგრაფის საწყისი წერტილები განლაგებულია ერთეულოვან წრეწირზე და მათი მნიშვნელობების გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით: $x = e^{-j\frac{\pi}{5}(2n+1)}$ $n \in [0; 4]$. ზღვრული წერტილი კი კოორდინატა სათავეშია.

ფესვური ჰოდოგრაფის დარჩენილი ნაწილის ასაგებად იყენებენ ფესვური ჰოდოგრაფის აგების ტექნოლოგიას ეტაპობრივად. ამისათვის, დავუშვათ, რომ განტოლება (7)-ს აქვს სამი ნამდვილი და ორი კომპლექსური ფესვი პირველ შემთხვევაში, ხოლო მეორე შემთხვევაში – ერთი ნამდვილი და სამი კომპლექსური ფესვი (კომპლექსური ფესვები: $\alpha \pm j\beta; \gamma \pm j\tau$).

$$\begin{cases} \tau + \gamma + \delta + 2\alpha = -a_1 \\ \alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha(\tau + \gamma + \delta) + (\gamma\tau + \tau\delta + \gamma\delta) = 0 \\ (\alpha^2 + \beta^2)(\tau + \gamma + \delta) + 2\alpha(\gamma\tau + \tau\delta + \gamma\delta) + \tau\gamma\delta = 0 \\ 2\alpha\tau\gamma\delta + (\alpha^2 + \beta^2)(\gamma\tau + \tau\delta + \gamma\delta) = 0 \\ \tau\gamma\delta + (\alpha^2 + \beta^2) = -1 \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \tau + 2\gamma + 2\alpha = -a_1 \\ \alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha\tau + 2\gamma\tau + 4\alpha\gamma + \gamma^2 + \delta^2 = 0 \\ 2\alpha(\gamma^2 + \delta^2) + 2\gamma\tau(\alpha^2 + \beta^2) + \tau(4\alpha\gamma + \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2) = 0 \\ (\gamma^2 + \delta^2)(\alpha^2 + \beta^2) + 2\alpha\tau(\gamma^2 + \delta^2) + 2\gamma\tau(\alpha^2 + \beta^2) = 0 \\ \tau(\alpha^2 + \beta^2)(\gamma^2 + \delta^2) = -1 \end{cases} \quad (11)$$

გამოთვლების მიხედვით, (8) განტოლების ორჯერადი ფესვია $x = \sqrt[5]{4}$ და კიდევ სამი ფესვი: $x_3 = 0,8$ და $x_{4,5} = -0,09 \pm j0,84$. $\alpha \pm j\beta$ ფესვების მოდულის კვადრატის უდიდესი მნიშვნელობა იქნება: 0,72. $\alpha^2 + \beta^2$ მოთავსებულია 0-დან 0,72 შუალედში. ფესვური ჰოდოგრაფის ნაბიჯ-ნაბიჯ ასაგებად $\alpha^2 + \beta^2$ უნდა მივცეთ მნიშვნელობები ადნიშნული შუალედიდან. მოცემული განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფი ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1

განვიხილოთ მეორე მაგალითი, რომლისთვისაც შესაძლებელია გამოვიყენოთ ფესვური ჰოდოგრაფის აგების მეორე მეთოდი. აქაც, როგორც წინა შემთხვევაში, გვაქვს მე-5 რიგის განტოლება.

$$x^5 + \alpha_1 x^2 + 1 = 0 \quad (13)$$

(12) განტოლების ფესვები ისეთი $x = re^{j\beta}$ რიცხვებია, რომლებისთვისაც ტოლობა (13) ჰქმნარტ რიცხვით ტოლობად იქცევა.

$$r^5 \sin 3\beta = \sin 2\beta \quad (14)$$

თუ (13) ტოლობიდან ვიპოვიოთ $\sin 3\beta = 3\sin\beta - 4\sin^3\beta$ და $\sin 2\beta = 2\sin\beta \cos\beta$, მივიღებთ შემდეგი სახის ტოლობებს:

$$\sin\beta = 0 \quad (14) \text{ და } r^5(4\cos^3\beta - 1) = 2\cos\beta \quad (15)$$

ამ ორი ტოლობიდან, პირველი ნამდვილი ფესვებისთვისაა (14), ხოლო (15) არის (12) განტოლების $x = \delta + j\omega$ ($\omega \neq 0$) კომპლექსური ფესვების განტოლება [2].

აღსანიშნავია, რომ (7), (8) და (12) განტოლებები ნორმირებულ დაყვანილ ფორმაშია ჩაწერილი და ეს აიოლებს ფესვური ჰოდოგრაფების აგებას, რადგან ასეთ შემთხვევაში ფესვური ჰოდოგრაფის საწყისი წერტილები ყოველთვის ერთეულოვან წრეწირზეა განლაგებული. (12) განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფის ერთეულოვან წრეწირთან გადაკვეთის წერტილების არგუმენტები იქნება $\sin 3\beta = \sin 2\beta$ განტოლების ფესვები.

საწყისი წერტილები: $\beta = 36^\circ(2k + 1)$ (16) ზღვრული წერტილები: $\beta = 360^\circ k$ (17).

(17) ასევე არის ფესვთა კომპლექსური სიბრტყის დადებითი ნახევარღერძი.

(12) განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფები მდებარეობს შემდეგ არეებში:

$$\begin{cases} \sin 3\beta > 0 \\ \sin 2\beta > 0 \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} \sin 3\beta < 0 \\ \sin 2\beta < 0 \end{cases}$$

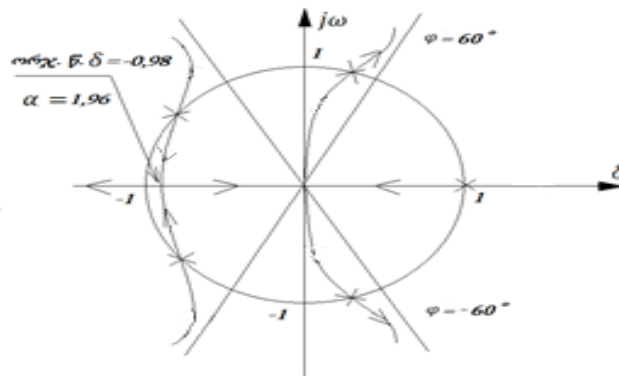
აღნიშნული უტოლობების ამონახსნებია: $\beta \in]-60^\circ; 60^\circ[\cup]-120^\circ; -90^\circ[\cup]90^\circ; 120^\circ[$.

ვიპოვოთ (12) განტოლების ჯერადი ფესვები, მათი ნამდვილი მნიშვნელობები.

$$(x^5 + 1)'x^2 - (x^2)'(x^5 + 1) = 0.$$

აღნიშნული განტოლების ფესვებია: $x = 0$ და $x = \sqrt[5]{\frac{2}{3}}$. აქედან, $x = 0$ არის (12) განტოლების

ორჯერადი საბოლოო წერტილი, ხოლო $x = 0,9$ – საძიებელი ორჯერადი წერტილი, სადაც (12) განტოლების ორი ფესვი მოხვდება თუ $\alpha_1 = -1,96$. როგორც ვხედავთ α_1 უარყოფითია, ანუ ფესვური ჰოდოგრაფი აგებულია იმ შემთხვევაში, როდესაც განტოლების პარამეტრი იცვლება $-\infty$ -დან ნულამდე. თუ $\alpha_1 = 1,96$, მაშინ პარამეტრების ცვლილების საზღვრებია 0-დან ∞ -მდე. ორჯერადი წერტილის მნიშვნელობა კი ამ დროს იქნება $-0,9$. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია (12) განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფი, როდესაც პარამეტრი $\alpha_1 \in [0; \infty[$. ამ შემთხვევაში ნაჩვენებია მხოლოდ დადებითი ფესვური ჰოდოგრაფები, სადაც ფესვთა მოძრაობის ტრაექტორიები ნაჩვენებია ერთმაგი ისრებით [2, 3, 4].



3. დასკვნა

ფესვური ჰოდოგრაფების აგება შესაძლებელია ორივე განხილული მეთოდით. პირველში გათვლები საკმაოდ რთულია და სხვადასხვა ეტაპს მოიცავს. მეორე მეთოდით, ფესვების ტრიგონომეტრიული ფორმით წარმოდგენის შემთხვევაში, ფესვური ჰოდოგრაფისთვის გათვლები და მისი აგება შედარებით გამარტივებულია.

ლიტერატურა

1. Evans G. W. The story of Walter R. Evans and his textbook Control-System Dynamics. IEEE Control Systems Magazine, 2004.
2. L.H.A Monteiro, J. D. SIMPLE ANSWERS TO USUAL QUESTIONS ABOUT UNUSUAL FORMS OF THE EVANS' ROOT LOCUS PLOT. Revista Controle & Automacao, 2008.
3. Richard C. Dorf, R. H. Modern Control Systems. USA: Pearson Education Inc. 2016
4. ო. კოტრიკაძე, ქ. კოტრიკაძე. მაღალი რიგის პოლინომების კვლევა გრაფო-ანალიზური მეთოდით AUTOMATED CONTROL SYSTEMS - No 1(23), სტუ, 2017.

THE ROOT LOCUS METHOD IN CONTROL THEORY

Ketevan Kotrikadze

Georgian Technical University

k.kotrikadze@gtu.ge

Summary

In control theory, the root locus method is one of the fundamental methods for determining the trajectories of root movement in the complex plane. The author of this method is the famous American scientist Walter Richard Evans, who developed it in 1948. This article reviewed two different methods for constructing root loci and the possibilities of their use. Which of them is better for determining the root movement trajectories, when changing one or more parameters of the characteristic equation of the control system. In the case of robust systems, discussing how much it can be simplified using the root locus method involves determining the conditions of stability of the system and solving synthesis problems.

Keywords: determination of the roots of the characteristic equation, root hodographs, root location in the complex root plane, stability of the system.

ბზარების მქონე ფირფიტოვანი კონსტრუქციის გაანგარიშება მდგრადობაზე, ალგორითმი და პროგრამა

გელა ყიფიანი, ნინო ჩორხაული, გოჩა ბამგარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

დამუშავებულია ტეხვებისა და წიბოების მქონე ფირფიტოვანი კონსტრუქციის გაანგარიშების ახალი მეთოდი არაწრფივი დეფორმაციის პირობებში. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა ერთიან მეთოდოლოგიურ საფუძველზე გამოკვლეულ იქნას დისკრეტული და კონტინუალური სისტემები. ამასთან, გათვალისწინებულია არარეგულარობის სხვადასხვა სახე. მოყვანილია ალგორითმი და პროგრამა.

საკვანძო სიტყვები: ფირფიტა; ბზარი; ჭრილი; ალგორითმი; პროგრამა.

1. შესავალი

თანამედროვე დიდმალიანი ნაგებობების მშენებლობისას მაღალი სიმტკიცის მახასიათებლების მქონე მცირემოდულიანი მასალების პრაქტიკაში დანერგვას მიყვავართ, თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების დროს, სისქესთან შედარებით, დიდი ჩაღუნვების გათვალისწინების აუცილებლობამდე [1].

მრეწველობისა და მშენებლობის სხვადასხვა სფეროს განვითარება დაკავშირებულია არსებულის დახვეწასა და ისეთი ახალი თხელკედლიანი კონსტრუქციების შექმნასთან, რომლებიც შეიცავს: გარსებს, ფირფიტებსა და ღეროებს შემაგრებით, ტეხვებით, ხვრეტებით, ჭრილებით, ბზარებით, წერტილოვანი საყრდენებით. აღნიშნული არარეგულარობის ჯგუფებს მიღებულია ვუწოდოთ წყვეტილი პარამეტრები [2, 3].

გარსთა სიმტკიცის ამაღლება ყველაზე ბუნებრივად ხორციელდება წიბოების ჩადგმით ხვრეტის კიდების გასწვრივ. ადგილობრივი დატვირთვების მოქმედების დროს მიზანშეწონილია სივრცითი კონსტრუქციების გამაგრება შესაბამისი სიგრძის წიბოების საშუალებით. ამ წიბოების განლაგება და ჩამაგრების სახე გავლენას ახდენს კონსტრუქციის ყოფაქცევაზე დეფორმაციის დროს.

თხელკედლიან კონსტრუქციებში გეომეტრიული და ფიზიკური პარამეტრების არარეგულირება იწვევს ძაბვების მნიშვნელოვან კონცენტრაციას და ქმნის ბზარების ან პლასტიკური დეფორმაციების გავრცელების საშიშ ზონებს. უმეტეს შემთხვევებში, მათი მზიდუნარიანობა განისაზღვრება სიმტკიცის პირობებით ან ძაბვების კონცენტრაციის ზონაში მდგრადობის დაკარგვით. რეგულარობის დარღვევის სხვა სახეებს მიეკუთვნება ზედაპირის ტეხვა, რასაც ადგილი აქვს ნაოჭიან და მრავალტალღოვან გადახურვებში. დამაბულ მდგომარეობაზე გავლენით ისინი წიბოების ანალოგიურია. რეგულარობას განსაკუთრებით ძლიერ არღვევს ჭრილები, ტეხვები, ხვრეტები, ბზარები, აგრეთვე არმატურული ღეროების ტიპის სხვადასხვა ხისტი ჩართვები.

რეგულარობის დარღვევის ადგილებში, ძაბვათა კონცენტრაციის ზონები (წიბოს ბოლო, დისკრეტული ბმები) არსებით გავლენას ახდენს თხელკედლიანი კონსტრუქციების ზიდვის უნარსა და მდგრადობაზე. ამ დროს ცნობილი ტრადიციული ანალიზური და რიცხვითი მეთოდები წიბოვანი თხელკედლიანი კონსტრუქციების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოსაკვლევად ნაკლებად ეფექტურია. ამიტომ, საჭირო ხდება აღნიშნული კლასის ამოცანების ამოხსნის ახალი ეფექტური მეთოდების შემუშავება. ბოლო პერიოდში ინტენსიურად განვითარებად პროცესში მყოფი განზოგადებულ, კერძოდ წყვეტილ-იმპულსურ ფუნქციათა თეორია მნიშვნელოვნად აფართოებს რეგულარობის სხვადასხვა დამრღვევის მქონე თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების შესაძლებლობას [4, 5, 6].

მრავალფენიანი სისტემებიც განვიხილოთ, როგორც სისქის მიხედვით რეგულარობის დამრღვევების მქონე სისტემები. სამფენიანი ფირფიტა მსუბუქი შემავსებლით და ორი გარე მზიდი ფენით ფართოდ გამოიყენება საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი ნაგებობების მშენებლობაში, როგორც ტიპური ანაკრები ელემენტი, რომელშიც ნაგებობის დანიშნულების შესაბამისად შეიძლება იყოს სხვადასხვა კონსტრუქციული განსაკუთრებულობა როგორცაა დამატებითი ბმები, ხვრეტები, ტეხვები, კარებების და ფანჯრების დიოზები.

ჭრილებისა და ხვრეტების მქონე სამფენიანი ბრტყელი ელემენტების გაანგარიშების მეთოდიკა სიმტკიცესა და მდგრადობაზე ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა დამუშავებული. ამჟამად საინჟინრო გათვლებისათვის პრაქტიკულად არ არსებობს კრიტიკული მკუმშავი დატვირთვის განსაზღვრისათვის შედარებით მარტივი და მოხერხებული ფორმულები, კონსტრუქციის განსაკუთრებულობის გათვალისწინებით.

ამასთან დაკავშირებით მდგრადობის პირობებში მყოფი წყვეტილპარამეტრებიანი თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების პრობლემა საკმაოდ რთულია, აქტუალურია და მოითხოვს გაანგარიშების განსაკუთრებული მეთოდების შემუშავებას.

2. ძირითადი ნაწილი

მოცემულია დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის გამოყვანა, რომლებიც ასახავს წიბოების, ტეხვების, ჭრილების, ბზარების მქონე ფირფიტების დამაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობას. დადგენილია კომპლექსური გარდაქმნის შესაძლებლობები და გამოკვლეულია სხვადასხვა გამარტივებული ჰიპოთეზის ერთობლივი გამოყენების საკითხები [2].

ამოსავალი განტოლებების მისაღებად გამოიყენება სიმრუდის, შიგა ძალებისა და მომენტების, აგრეთვე დეფორმაციის კომპონენტების წარმოდგენა წყვეტილი ფუნქციების საშუალებით [3].

იმის გათვალისწინებით, რომ ზედაპირის სიმრუდე უსასრულო ხდება ტეხვის წირზე, მთავარი სიმრუდეების გამოსახულება მოიცემა სახით [2]

$$K_1^* = K_1 + \sum_{i=1}^m \Theta_i \delta(\alpha_1 + \alpha_{1i}); \quad K_2^* = K_2 + \sum_{j=1}^n \Theta_j \delta(\alpha_2 + \alpha_{2j}), \quad (1)$$

სადაც K_1, K_2 სიმრუდის რადიუსებია გადატეხვების მონაკვეთებს შორის;

Θ_i, Θ_j – შუა ზედაპირის ტეხვის კუთხეები.

წიბოების შემთხვევაში ძალებსა და მომენტებს აქვს სახე [3]:

$$\begin{aligned} T_1^* &= T_1 + \sum_{i=1}^m (E_i F_i \varepsilon_1 + E_i S_i \chi_1) \delta(\alpha_2 - \alpha_{2i}); \\ T_2^* &= T_2 + \sum_{j=1}^n (E_j F_j \varepsilon_2 + E_j S_j \chi_2) \delta(\alpha_1 - \alpha_{2j}); \\ M_1^* &= M_1 + \sum_{i=1}^m (E_i F_i \chi_1 + E_i S_i \varepsilon_1) \delta(\alpha_2 - \alpha_{2i}); \\ M_2^* &= M_2 + \sum_{j=1}^n (E_j F_j \chi_2 + E_j S_j \varepsilon_2) \delta(\alpha_1 - \alpha_{2j}), \end{aligned} \quad (2)$$

სადაც EF, EI წიბოს სიხისტეა გაჭიმვა-კუმშვასა და ღუნვასა S – წიბოს განივკვეთის სტატიკური მომენტი შუაზედაპირის მიმართ.

ჭრილების გათვალისწინებით მოზრუნების კუთხეები და გადაადგილების ვექტორის კომპონენტები მოიცემა სახით [3]:

$$\begin{aligned} \gamma_1^* &= \gamma_1 + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i \cdot I(\alpha_1 - \alpha_{1i}) \cdot \tilde{I}_i(\alpha_2); \quad \gamma_2^* = \gamma_2 + \sum_{j=1}^n \Delta \gamma_j \cdot I(\alpha_2 - \alpha_{2j}) \cdot \tilde{I}_j(\alpha_1); \\ w^* &= w + \sum_{i=1}^m \Delta w_i \cdot I(\alpha_1 - \alpha_{1i}) \cdot \tilde{I}_i(\alpha_2) + \sum_{j=1}^n \Delta w_j \cdot I(\alpha_2 - \alpha_{2j}) \cdot \tilde{I}_j(\alpha_1); \\ u^* &= u + \sum_{i=1}^m \Delta u_i \cdot I(\alpha_1 - \alpha_{1i}) \cdot \tilde{I}_i(\alpha_2) + \sum_{j=1}^n \Delta u_j \cdot I(\alpha_2 - \alpha_{2j}) \cdot \tilde{I}_j(\alpha_1); \\ v^* &= v + \sum_{i=1}^m \Delta v_i \cdot I(\alpha_1 - \alpha_{1i}) \cdot \tilde{I}_i(\alpha_2) + \sum_{j=1}^n \Delta v_j \cdot I(\alpha_2 - \alpha_{2j}) \cdot \tilde{I}_j(\alpha_1), \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც γ_1, γ_2 დეფორმაციის შედეგად ტეხვის კუთხეებია, $\Delta w_i, \Delta v_i, \Delta u_i, \Delta w_j, \Delta v_j, \Delta u_j$ - ჭრილის საზღვრის წერტილების ურთიერთდამორების სიდიდეები

$$\begin{aligned} \tilde{I}(\alpha_2) &= I(\alpha_2 - \alpha_{2i}) - I(\alpha_2 - \alpha_{2i} - b_i); \\ \tilde{I}(\alpha_1) &= I(\alpha_1 - \alpha_{1i}) - I(\alpha_1 - \alpha_{1i} - a_i). \end{aligned}$$

$(\alpha_2 - \alpha_{2i}), I(\alpha_1 - \alpha_{1i})$ - ერთეულოვანი ფუნქციებია. a_j, b_j - ჭრილების სიგრძეები.

(1)-(3) თანაფარდობების ჩასმით გარსთა თეორიის ცნობილ გამოსახულებებში მიიღება განტოლებები რეგულარობის სხვადასხვა ტიპის დარღვევების შემცველი ფირფიტებისა და გარსებისათვის. წიბოებისა და ტეხვების მქონე გარსებისათვის მატრიცული სახით ეს განტოლებები ასე ჩაიწერება:

$$\begin{aligned} A_1^0 \bar{T} + C_1^0 \bar{M} &= \bar{P} - A_1' \bar{\varepsilon} - A_1'' \bar{T} - C_1' \bar{M} - C_1'' \bar{\varepsilon}; \\ A_2^0 \bar{T} + C_2^0 \bar{M} &= -A_2' \bar{\varepsilon} - A_2'' \bar{T} - C_2' \bar{M} - C_2'' \bar{\varepsilon}, \end{aligned} \quad (4)$$

სადაც $\bar{T}, \bar{M}, \bar{\varepsilon}$ შესაბამისად ძაბვების, მომენტებისა და დეფორმაციის ვექტორებია გარსებში; $A_1^0, C_1^0, A_2^0, C_2^0$ - მატრიცები კლასიკურ გარსთა თეორიის დიფერენციალური ოპერატორებიდან; $A_1', A_1'', C_1', C_1'', A_2', A_2'', C_2', C_2''$ - მატრიცული ოპერატორები წყვეტილი კოეფიციენტებით, რომლებიც დამოკიდებულია წიბოების სიხისტესა და ტეხვის ხასიათზე.

მოცემულია ჭრილების მქონე გარსების განტოლებები, რომლებიც ჩაწერილია მატრიცული ფორმით გადაადგილებების მიმართ [7, 8, 9, 10]:

$$\begin{aligned} A_1^0 B \bar{I} \bar{u}^0 + C_1^0 D L^0 \bar{u} = \bar{P} - [A_1^0 B I^0 + C_1^0 D (M' F + M)] \left(\sum_{i=1}^m \Delta \bar{U}_i I_i + \sum_{j=1}^n \Delta \bar{U}_j I_j \right) - \\ - C_1^0 D M \left(\sum_{i=1}^m \Delta \bar{U}_i I_i + \sum_{j=1}^n \Delta \bar{U}_j I_j \right); \end{aligned} \quad (5)$$

$A_i^0, I^0, C_i^0, M, F, A_2^0, C_1^0, M'$ მატრიცების ელემენტები შეიცავს პირველი რიგის დიფერენცირების ოპერაციებს, ხოლო B და D ელემენტები მარტივი კოეფიციენტებია.

ჭრილის კიდების დაშორიშორების გარეშე ტეხვის შემთხვევაში შეიძლება დავუშვათ:

$$\Delta W = 0.$$

მიღებული ფორმულებით გამოთვლილი ძალები და მომენტები ჭრილების ბოლოების მახლობლობაში განისაზღვრება იმავე სიზუსტით, როგორც ფირფიტის მთლიანი საძიებელი ფუნქციის გაშლის მწკრივის ორი-სამი წევრის შენარჩუნებით. მოყვანილია ჭრილის მქონე გაღუნული ფირფიტის გაანგარიშების რიცხვითი მაგალითი, რომელიც გვიჩვენებს, რომ მეორე მიახლოების შემდეგ დაძაბული მდგომარეობის კომპონენტები გამოითვლება საინჟინრო გამოთვლებში მიღებული ცდომილებებით.

ჭრილებისათვის, რომლებიც ვრცელდება ფირფიტის მთელი სიგრძეზე, მიიღება ერთი თავისუფალი კიდის მქონე ფირფიტის ღუნვის შესაბამისი ამოხსნა. სტატიაში ნაჩვენებია, რომ ამ შემთხვევაში

ფორმულით წარმოდგენილი ამონახსნი ემთხვევა, თხელი ფილების ღუნვის კლასიკური თეორიის ცნობილი მეთოდებით, მწკრივებში მიღებულ ამოხსნებს.

წარმოდგენილი მეთოდი გამოიყენება აგრეთვე სახსრების მქონე დრეკად ფუძეზე მდებარე ძელის გაანგარიშების ამოცანაში. მიღებული შედეგები აქაც ემთხვევა ცნობილ ზუსტ ამოხსნებს დრეკად ფუძეზე მდებარე ძელის ღუნვის კლასიკურ თეორიიდან.

მიღებული შედეგები განზოგადებულია ისეთი ფირფიტების ღუნვაზე, რომლებსაც აქვთ რამდენიმე პარალელურად და ურთიერთპერპენდიკულარულად განლაგებული ბზარები. ჭრილები, რომლებიც ქმნის მართკუთხა ჩაკეტილ კონტურს, იძლევა მართკუთხა ხვრეტის იმიტაციას.

გადმოცემულია წყვეტილპარამეტრებიანი თხელკედლიანი ფირფიტოვანი კონსტრუქციის დეფორმირებისა და მდგომარეობაზე გაანგარიშების ავტომატიზაცია.

დამუშავებულია სხვადასხვა განიკვეთის ბზარების სივრცითი სისტემების მდგრადობაზე გაანგარიშების მეთოდის საფუძველზე შექმნილი გამოყენებით პროგრამათა პაკეტი [7, 8].

სისტემის ფუნქციონირება დამყარებულია თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციების წიბოების, ტეხვების, ხვრეტების, ჭრილების, ბზარების მოდელირების მათემატიკურ აპარატზე. ქვესისტემა წარმოდგენილია დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის (დდმ) განსაზღვრის პრობლემურ-ორიენტირებული პროცედურების პაკეტისა და დდმ განსაზღვრის მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის ალგორითმების ქვესისტემის სახით და განთავსებულია ჩატვირთვის მოდულების ბიბლიოთეკაში.

საწყისი მონაცემების ფაილების ფუნქციონირებისათვის, რომლებიც აღწერს კონსტრუქციის საანგარიშო სქემებს და მასზე მოქმედ დატვირთვებს, შექმნილია გამოსავალი მოდულების ბიბლიოთეკა.

ქვესისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა გამოყენებითი პროგრამული მოდულების პაკეტია, რომლებიც ასრულებს განსაზღვრულ მათემატიკურ და ლოგიკურ ფუნქციებს.

შექმნილია სხვადასხვა კვეთის ბზარების მქონე ფირფიტოვანი კონსტრუქციების და მდგრადობაზე გაანგარიშების ახალი მეთოდი. მიღებულია კონკრეტული ამოცანების გაანგარიშების შედეგები. მეთოდის ეფექტურობა იმაში მდგომარეობს, რომ დატვირთვის ყოველ ეტაპზე გამოიყენება სააპროქსიმაციო ფუნქციების სტანდარტული ნაკრები, რომლებიც წრფივი ამოცანების ამოხსნება და შეიძლება აიგოს გაანგარიშების ნებისმიერი ცნობილი მეთოდებიდან.

დამუშავებული მეთოდი ინვარიანტულია: ფირფიტოვანი კონსტრუქციის, გათვალისწინებული არაწრფივობის სახეების, წყვეტილი პარამეტრების ტიპების მიმართ. არსებითად მცირდება არითმეტიკული ოპერაციების რიცხვი, კომპიუტერზე რეალიზაციის დრო და იზრდება გაანგარიშების სიზუსტე სხვა მეთოდებთან შედარებით.

მოცემულია პროგრამა, რომელიც ითვლის ინტენსივობის კოეფიციენტებს ბზარის ბოლოებში. როგორც ცნობილია, ეს უკანასკნელი განსაზღვრავს როგორ ვითარდება ბზარის გავრცელება. ეს შედეგი არსებითად აუმჯობესებს ბელოცერკოვსკ-ლიფანოვის შედეგს [11], რომელიც მხოლოდ ბზარის ბოლოს მახლობლობაში ითვლის ამ რიცხვებს და ვერ ითვლის უშუალოდ ბოლოებში. პროგრამა გააუმჯობესა პროფესორმა მ. კუბლაშვილმა, რომელმაც ბზარის გავრცელების მოსალოდნელი მიმართულება დაადგინა [7,8].

გლუვი და წიბოვანი გარსების გაანგარიშების შედეგები შედარებულია ორმაგი ტრიგონომეტრიული მწკრივების მეთოდით ან ლოკალური ვარიაციის მეთოდით მიღებულ შედეგებთან [12]. მოყვანილია აგრეთვე წიბოვანი გარსების და გამაგრებული ხვრეტების მქონე ფირფიტების გაანგარიშების შედეგების შედარება არსებულ მონაცემებთან.

3. დასკვნა

დრეკადობის დაბალი მოდულის მქონე მასალისაგან შედგენილი თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშებისათვის დამუშავებულია მოსახერხებელი პროგრამები, რომლებიც საკმაოდ სწრაფად რეალიზდება კომპიუტერზე და რეკომენდებულია იქნან ფართო მოხმარებისათვის.

ამოხსნილია ჭრილებისა და ხვრეტების მქონე სამფენიანი ფირფიტების სიმტკიცისა და მდგრადობაზე გაანგარიშების ახალი ამოცანები, კიდების ჩამაგრების სხვადასხვა სახის და სხვადასხვა კონტურული დატვირთვის პირობებში.

შემოთავაზებული მეთოდის საფუძველზე შეიძლება შემუშავებულ იქნას პრაქტიკული რეკომენდაციები მშენებლობაში ფართოდ გამოყენებული სამფენიანი ანაკრები პანელების გაანგარიშებასა და დაპროექტებაში.

ლიტერატურა

1. Kipiani G.O. Review of works on the calculation of thin-walled spatial systems with discontinuous parameters (1980-2013)// Contemporary Problems of Architecture and construction, Procelings of V international conference contemporary Problems of architecture and construction 25-28 junt 2013. Edited by E.B. Smirnov, SPSUAGE, ч. 1. 2013, с. 262-267.
2. Михайлов Б.К. Пластины и оболочки с разрывными параметрами. Л.: ЛГУ, 1980. 186 с.
3. Михайлов Б.К., Кипиани Г.О. Деформированность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами. Санкт-Петербург, Стройиздат СПб. 1996. 442 с.
4. Kipiani G., Anjaparidze T., Chorkhauri N. Panel with cut, restrained on four edges, approximation solution//Mshenebloba, № 2(17), Tbilisi, 2010, pp. 181-183,
5. Kipiani G. O. and Chorkhauri N. I. The algorithm for composition of discontinuous functions correspondent to the action of concentrated force// Georgian Engineering News. No. 2, Tbilisi 2006. p. 81-83
6. Gurgenidze D., Badzgaradze G., Kipiani G. Analysis on stability of Having Holes Thin-walled spatial structures // Problems of Mechanics. N 1(78), Tbilisi, 2020. pp. 25-33.
7. Kublashvili M., Zakradze M., Sanikidze Z., Koblishbili N. Investigation and Numerical Solution of Some 3D Internal Dirichlet Generalized Harmonic problems in Domains – Transactions of A. Razmadze Mathematical institute, 2017, N 171, p. 103-110.
8. Kublashvili M., Zakradze M., Mamporia B., Koblishbili N. The method of probabilistic solution for 3D Dirichlet ordinary and generalized harmonic problems in finite domains bounded with one surface – Transactions of A. Razmadze Mathematical Institute, 2018, N 172, p. 453-465.
9. Gurgenidze D.R., Kipiani G., Badzgaradze G. O. & E. R Suramelashvili. Analysis of thin-walled spatial systems of complex structure with discontinuous parameters by method of large blocks. // Contemporary Problems of Architecture and Construction / Editors: Evgeny Rybnov, Pavel Akimov, Merab Khalvashi, Eghiazar Vardanyan, © 2021 Taylor & Francis Group, London, UK, p.p. 172-178, <https://doi.org/10.1201/9781003176428>
10. Gurgenidze D., Kipiani G. Bending of geometrically nonlinear shall with cut, reinforced by rib//Proceedings of the 10th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Beijing, China, September 22-24, 2018. Beijing University of China. Chief Editors Chengzhi Qi, George C, Sih, Chao Ma, Wuhan, China, pp. 430-443.
11. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях. М.: Наука, 1985. 256 с.
12. Wesolowski M. The possibilities of using anisotropic models of rock mass to describe deformations of the mining area surface. Archives of Mining Sciences. 61 (1) : 125-136, 2016.

CALCULATION OF OF HAVING CRACKS LAMELLAR STRUCTURE ON SUSTAINABILITY, ALGORITHM AND PROGRAM

Gela Kifiani, Nino Chorkhauri, Gocha Badzgaradze

Georgian Technical University

g.kipiani@gtu.ge; n.chorkhauri@gtu.ge; g.badzgaradze@gtu.ge

Summary

A new method of calculation of lamellar structure with breaks and ribs under non-linear deformation conditions has been developed. This method gives the possibility to study discrete and continuous systems on a unified methodological basis. In addition, different types of irregularity should be taken into account. Algorithm and program are stated.

Keywords: plate, crack, cut, algorithm, program.

რეალურ ქსელში მომხმარებლის ტერმინალის ჰენდოვერების პროცესის ოპტიმიზაცია ადაპტური ალგორითმის გამოყენებით

ილია ბაჯელიძე, გივი მურჯიკნელი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

რეალური მობილური ქსელის მომხმარებლის ტერმინალის (UE-User Equipment) მიერ ჩატარებული საავტომობილო გზებზე გადაადგილებისას განხორციელებული ჰენდოვერების ანალიზი. კვლევებმა ცხადყო, რომ მობილური ტერმინალის გადაადგილებისას გზის სხვადასხვა მონაკვეთზე ჰენდოვერის სტანდარტიზებული ალგორითმები ვერ უზრუნველყოფს ჰენდოვერების აბსოლუტურად გამართულ მუშაობას და ნორმალურ ჰენდოვერებთან ერთად გარკვეული წილი უჭირავს არასასურველ ჰენდოვერებს, როგორც არის: „*პინგ-პონგ*“ ტიპის და *მყისიერი ჰენდოვერები*. თავის მხრივ, კვლევის მთავარი მიზანია ამ ორი უკანასკნელი ჰენდოვერის შემცირების შესაძლებლობების მიება ჰენდოვერის ადაპტური ალგორითმის შემუშავებით და გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: მობილური კავშირი; ჰენდოვერი; ალგორითმები.

1. შესავალი

მობილური კავშირის ქსელებში ჰენდოვერების განხორციელების ძირითადი მიზანია, რომ მოძრავი მომხმარებლის ტერმინალს (UE-User Equipment) შეუნარჩუნდეს უწყვეტი კავშირი მისი მომსახურე ფიჭიდან მეორე ფიჭზე გადაბარების პროცესში. გარდა ამისა, ჰენდოვერების განხორციელების მნიშვნელოვანი მიზანია მეზობელ ფიჭებს შორის დატვირთვის დაბალანსება. ამ შემთხვევაში ჰენდოვერი ხორციელდება მეტად დატვირთულ ფიჭზე მყოფი მომხმარებლის გადაყვანით ნაკლებად დატვირთულ ფიჭზე.

LTE ქსელებში ჰენდოვერის პროცედურა ქსელის მხრიდან მართული პროცესია, რომელიც ხორციელდება მომხმარებლის UE მოწყობილობის მონაწილეობით, რაც გულისხმობს, რომ UE-დან მიღებული გაზომვების შედეგების ანალიზის საფუძველზე მომსახურე საბაზო სადგური SeNB (Serving eNodeB) ღებულობს გადაწყვეტილებას თუ რომელ ფიჭას გადააბაროს ის [1].

როცა მოცემული არეალის სიგნალით დაფარვის გაუმჯობესების მიზნით ქსელის ოპერატორი ზრდის საბაზო სადგურების რაოდენობას, მცირდება ცალკეული ფიჭის მოქმედების ზონა და ამ ტერიტორიაზე მოძრავი მომხმარებლის უწყვეტი კავშირისთვის აუცილებელი ხდება მეტი და მეტი ჰენდოვერის განხორციელება. კიდევ უფრო მძიმეა სიტუაცია, როცა მომხმარებელი მოძრაობს მატარებლით ან ავტომობილით და უწყვეტ გადაადგილება მრავალი საბაზო სადგურის მოქმედების არეალების გავლით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ასეთ შემთხვევაში, მომხმარებელი უწყვეტ მობილურ კავშირს ინარჩუნებს ჰენდოვერების გაზრდილი რაოდენობის ხარჯზე, რაც, თავის მხრივ, უარყოფით გავლენას ახდენს მობილური კავშირის ხარისხზე. ხარისხის გაუარესება განსაკუთრებით აისახება იმ აპლიკაციებზე, რომლებიც ფუნქციონირებს რეალურ დროში. ჰენდოვერების გაზრდილი რიცხვი იწვევს ქსელში სასიგნალო ინფორმაციის მოცულობის გაზრდას, რაც განსაკუთრებით მტკივნეულად აისახება მთავარ ქსელში (Core Network), სადაც, ტრაფიკის მოცულობის მნიშვნელოვანი ზრდის გამო, შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს სასიგნალო არხების გადატვირთვას. ამ უკანასკნელის თავიდან აცილებისათვის შესაძლოა შეიქმნას დამატებითი რესურსების გამოყოფისა და ხარჯების გაზრდის აუცილებლობა. LTE ქსელებში ჰენდოვერის პროცედურა ითვალისწინებს მონაცემთა ნაკადის გადაცემას არა მარტო მომსახურე SeNB-სკენ, არამედ მის გადაცემას პარალელურად სამიზნე TeNB-სკენაც, რაც, თავისთავად ცხადია, მოითხოვს დამატებითი რესურსების გამოყენების აუცილებლობას. ჰენდოვერების გაზრდილი რაოდენობა შეიძლება შემცირდეს ე.წ. „არასასურველი“ ჰენდოვერების გამოტოვებით.

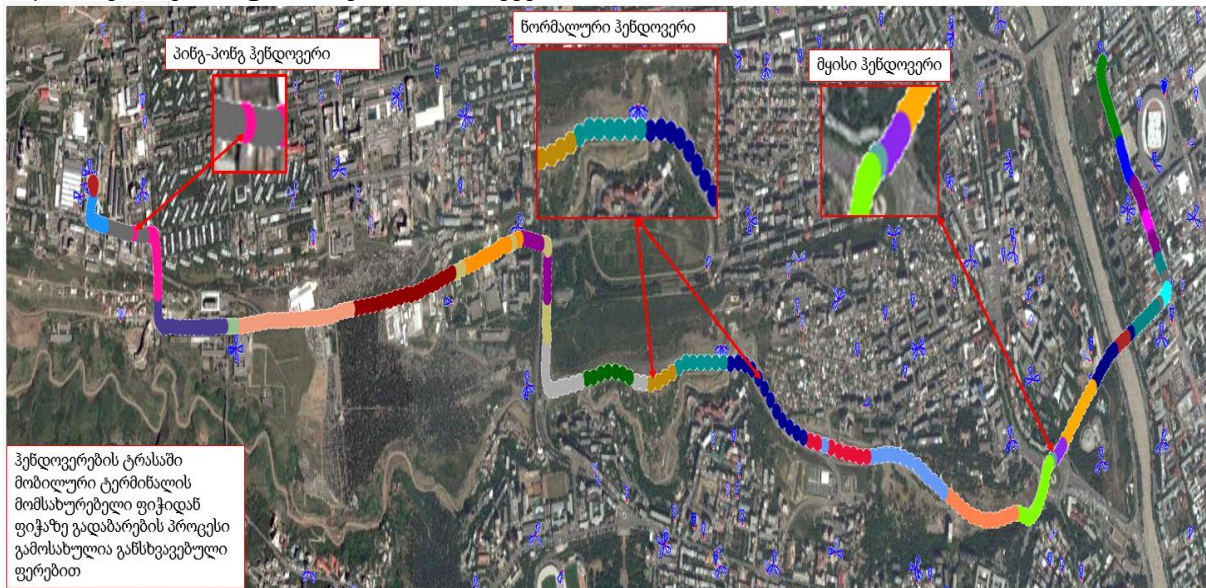
2. ძირითადი ნაწილი

სამუშაოს მიზანია რეალურ მობილურ ქსელში მომხმარებლის ტერმინალის გადაადგილებისას აღირიცხოს მის მიერ განხორციელებული ჰენდოვერების ტიპები, წარმოდგენილ იქნას ასეთი

ჰენდოვერების რაოდენობრივი განაწილება და სპეციალურად შემუშავებული ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის საშუალებით შედგეს ჰენდოვერების თანმიმდევრობის ისეთი ტრასა, სადაც „არასასურველი“ ჰენდოვერების რიცხვი მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი.

ჩატარებული კვლევები და ანალიზის შედეგები. ჩატარებულია რეალური მობილური ქსელის მომხმარებლის ტერმინალის (UE-User Equipment) მიერ საავტომობილო გზებზე გადაადგილებისას განხორციელებული ჰენდოვერების ანალიზი. განსახილველი მობილური ტერმინალი გადაადგილდებოდა ავტომობილით ქალაქის ერთ-ერთ უბანში, დღის სხვადასხვა პერიოდში: 1- გამთენიისას, როცა სავალი გზები თავისუფალია; 2- დილის და საღამოს პიკის საათებში, როცა გზები ავტომობილებით არის გადატვირთული. კვლევაში გამოყენებული იყო სპეციალიზებული მობილური ტერმინალები, რომლებიც ახდენს საბაზო სადგურიდან მიღებული სიგნალების, ქსელის პარამეტრების, ჰენდოვერების შემთხვევების, ფიჭების მახასიათებლების და სხვა მნიშვნელოვანი ინფორმაციის აღრიცხვას და ჩაწერას ლოგების სახით. შემდგომში, ზემოაღნიშნული ლოგები გამოკვლეულ იქნა „Tems Discover“ პროგრამული უზრუნველყოფით და ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე ჰენდოვერების პროცესის მიხედვით მოხდა მათი კლასიფიკაცია. გვაქვს შემდეგი ტიპის ჰენდოვერები: 1 - *ნორმალური*, როცა მობილური ტერმინალი თანმიმდევრულად გადადის ფიჭიდან ფიჭზე არცთუ ისე მცირე მანძილის გავლის შემდეგ და ბუნებით შედარებით მშვიდი პროცესია; 2 - „*პინგ-პონგ*“, როცა ტერმინალი მომსახურე ფიჭიდან გადადის ახალ ფიჭზე და მცირე მანძილის გავლის შემდეგ კვლავ უზრუნდება მას. ასეთი პროცესი გამოირჩევა მეზობელ ფიჭებს შორის მობილური ტერმინალის მუდმივი გადასვლა-გადმოსვლით; 3 - *მყისი*, რომელთა დროსაც მობილური ტერმინალი გადადის ფიჭიდან ფიჭზე გაცილებით მაღალი სიხშირით (მნიშვნელოვნად მცირე მონაკვეთების გავლის შემდეგ), ვიდრე ნორმალური ჰენდოვერების დროს.

სამივე ტიპის ჰენდოვერის განაწილების გრაფიკული გამოსახულება კვლევაში გამოყენებული მობილური ტერმინალისა და შესაბამისი მარშრუტისთვის მოცემულია ნახ.1-ზე. აქ გამოსახულია თბილისის ერთ-ერთი უბნის 7 კმ-იანი მონაკვეთი.



ნახ.1. მობილური ტერმინალის მოცემულ უბანში გადაადგილებისას გამოვლენილი ჰენდოვერის ტიპებისა და შესაბამისი ტრასის ვიზუალიზაცია

ზემოაღნიშნული მობილური ტერმინალისთვის დაკვირვების პერიოდში მითითებულ უბანზე განხორციელებული ჰენდოვერების რაოდენობრივი განაწილება ტიპების მიხედვით მოცემულია ცხრ 1-ში:

ჰენდოვერის ტიპების განაწილება მობილური ტერმინალის გადაადგილებისას ცხრ.1

ჰენდოვერების ტიპი	რაოდენობა
ნორმალური ჰენდოვერების	80
პინგ-პონგ ჰენდოვერი	8
მყისი ჰენდოვერი	16

ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმების შემუშავება. როგორც ჰენდოვერების სტანდარტულ ალგორითმში, ისე ნაშრომში დამუშავებულ ალგორითმში, გათვალისწინებულია მობილური ტერმინალების მიერ ჩატარებული გაზომვების სამი კომპონენტი: 1) მომსახურე და მეზობელი ფიჭების ფიზიკური იდენტიფიკატორი - PCI (*Physical Cell Identity*), 2) ტერმინალის მიერ მიღებული განმსაზღვრელი სიგნალის სიმძლავრის RSRP (*Reference Signals Received Power*) დონე და 3) ტერმინალის მიერ მიღებული განმსაზღვრელი სიგნალის RSRQ (*Reference Signals Received Quality*) დონე. ცხრ. 2-ში მოცემულია მონაცემები, რომლებსაც აგროვებს კვლევის პროცესში მონაწილე სპეციალიზებული, დრავ ტესტის პროგრამით აღჭურვილი, მოძრავი მობილური ტერმინალი:

სპეციალიზებული მობილური ტერმინალის მიერ კვლევის პროცესში შეგროვებული მონაცემები ცხრ.2

1	მომსახურე ფიჭის PCI (<i>Physical Cell Identity</i>)
2	მომსახურე ფიჭის RSRP (<i>Reference Signals Received Power</i>)
3	მომსახურე ფიჭის RSRQ (<i>Reference Signals Received Quality</i>)
4	N1,N2 და N3 მეზობელი ფიჭის PCI
5	N1,N2 და N3 ფიჭის RSRP
6	N1,N2 და N3 ფიჭის RSRQ
7	დრო წამებში, რა მომენტებშიც ხდება ანათვლების გაკეთება
8	კოორდინატები (latitude/ longitude)

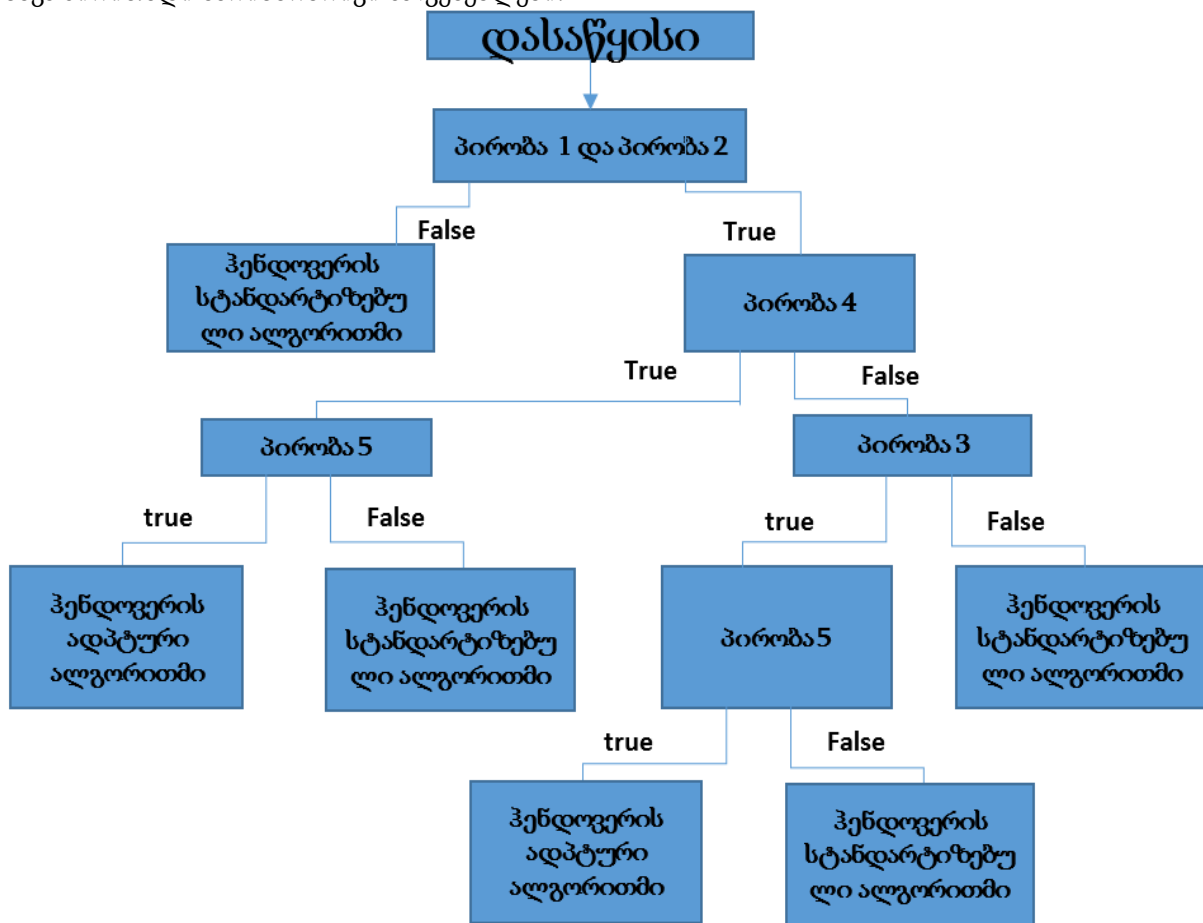
იმისათვის რომ მობილური ტერმინალის გადაადგილებისას ზუსტად იქნას შერჩეული ჰენდოვერის ალგორითმის ტიპი (გამოყენებულ იქნას ადაპტური თუ ჰენდოვერის სტანდარტიზებული ალგორითმი), საჭიროა წინასწარ განისაზღვროს ჰენდოვერების ალგორითმის გამოყენების პირობები, რომელიც მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3: ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენების პირობები:

ჰენდოვერის ალგორითმის გამოყენების პირობები	მომსახურე და მეზობელი ფიჭების მდგომარეობის შეფასების პარამეტრი	შეფასების პარამეტრის დასაშვები მნიშვნელობა	ადაპტური ალგორითმის გამოყენების პირობის არსი
1	RSRP	-110 (Dbm)	მომსახურე ფიჭის მინიმალურად დასაშვები RSRP დონე, როცა ჯერ კიდევ შესაძლებელია ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენება
2	RSRQ	-19 (Dbm)	მომსახურე ფიჭის მინიმალურად დასაშვები RSRQ დონე, როცა ჯერ კიდევ შესაძლებელია ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენება
3	მომსახურე და მეზობელი ფიჭების PCI (<i>Physical Cell ID</i>) შეფასება	PCI _ajasant ₁ ≠PCI-serving≠ PCI _ajasant ₂ და PCI _ajasant ₁ = PCI _ajasant ₂	ჰენდოვერების თანმიმდევრობაში მომსახურე ფიჭის ნომერი - PCI (<i>Physical Cell ID</i>) არ არის მსგავსი წინა და მომდევნო PCI-ს, ხოლო წინა და მომდევნო PCI ერთნაირია
4	მომსახურე და მეზობელი ფიჭების PCI (<i>Physical Cell ID</i>) შეფასება	PCI _ajasant ₁ ≠PCI-serving_n≠ PCI-serving_n+1≠ PCI _ajasant ₂	ჰენდოვერების თანმიმდევრობაში ორი მიმდევრობითი მომსახურე ფიჭის ნომერი - PCI (<i>Physical Cell ID</i>) არ არის მსგავსი მათი წინა და მომდევნო PCI-ს

5	N1, N2 და N3 მეზობელი ფიჭების PCI (Physical Cell ID)-ს შეფასება	(N1 ან N2 ან N3 = PCI_ajacent1 ან (N1 ან N2 ან N3 = PCI_ajacent2	თუ არსებობს ისეთ N1 ან N2 ან N3 მეზობელი ფიჭა, რომელიც აკმაყოფილებს პირობა 1-ს, პირობა 2-ს და თან მსგავსია წინა ან მომდევნო მომსახურე ფიჭიდან ერთ-ერთის
---	---	--	---

მე-3 ცხრილში მოცემული პირობების საფუძველზე მე-2 ნახაზზე გრაფიკულად გამოსახულია ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის და ჰენდოვერების სტანდარტიზებული ალგორითმის მუშაობის პრინციპი. ალგორითმის ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის საშუალებით მეორე და მესამე ტიპის ჰენდოვერები დიდ უმეტეს შემთხვევაში გამოირიცხება და ფორმირდება მობილური ტერმინალის ფიჭიდან ფიჭაზე გადაბარების გაუმჯობესებული თანმიმდევრობა, ამასთან ერთად არ უარესდება, ქსელის სხვა ძირითადი ხარისხობრივი მაჩვენებლები.



ნახ. 2. ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის მუშაობის პრინციპი

ნახაზზე გამოსახული ჰენდოვერების ტრასისთვის, შემუშავებული ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენების შემთხვევაში, არასასურველი ჰენდოვერების (პინგ-პონგ ჰენდოვერი და მყისი ჰენდოვერი) რიცხვი მკვეთრად მცირდება და მიიღებს ცხრ.4-ში გამოსახულ შედეგებს:

ჰენდოვერების ტიპების განაწილება მობილური ტერმინალის გადაადგილებისას ჰენდოვერების სტანდარტიზებული და ადაპტური ალგორითმის გამოყენების შემთხვევაში ცხრ.4

ჰენდოვერების ტიპი	ჰენდოვერების რაოდენობა ჰენდოვერის სტანდარტიზებული ალგორითმის შემთხვევაში	ჰენდოვერების რაოდენობა ჰენდოვერის ადაპტური ალგორითმის შემთხვევაში
ნორმალური ჰენდოვერების	80	80
პინგ-პონგ ჰენდოვერი	8	2
მყისი ჰენდოვერი	16	3

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, სტანდარტული ალგორითმის გამოყენებისას ჰენდოვერების ჯამური რაოდენობა ზემოაღნიშნული მარშრუტის შემთხვევაში არის 104, ხოლო ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენების შემთხვევაში 85-მდე მცირდება, რაც ჰენდოვერების ჯამური რაოდენობის 20%-ით შემცირებას ნიშნავს. მობილური ქსელი მზარდი დატვირთვის პირობებში ჰენდოვერების ადაპტური ალგორითმის გამოყენება კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი გახდება.

3. დასკვნა

ადაპტური ჰენდოვერების ალგორითმები შესამჩნევად აუმჯობესებს მობილობას.

რეალურ მობილურ ქსელში ჰენდოვერების ორგანიზების საკითხი მნიშვნელოვანი პრობლემაა. ყოველი ჰენდოვერის განხორციელება მოითხოვს აპარატურული და პროგრამული რესურსების დაკავებას გარკვეული დროით. რაც უფრო ხშირია ჰენდოვერი, მით უფრო მკვეთრად და დატვირთული ზემოაღნიშნული რესურსები. სხვადასხვა ტიპის ჰენდოვერი სხვადასხვა რესურსს იკავებს. ნაშრომში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე გაკეთებულია ჰენდოვერების კლასიფიკაცია და გამოყოფილია 3 ძირითადი ტიპის ჰენდოვერი. სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე დამუშავებულია ჰენდოვერების მართვის ადაპტური ალგორითმი, რომელიც საშუალებას იძლევა ჰენდოვერების ჯამური რაოდენობა უსარგებლო ჰენდოვერების ხარჯზე 20-22%-ით შემცირდეს, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მომხმარებლის ტერმინალის მობილურობის პროცესის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს.

ლიტერატურა

1. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Univers Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage (Release 13). Technical Specication TS 36.300 V13.1.0, 3GPP, September 2015.

2. Cheng-Chung Lin, K. Sandrasegaran, and S. Reeves. Handover algorithm with joint processing in LTE-advanced. In Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2012

OPTIMIZATION OF USER TERMINAL HANDOVER PROCESS IN REAL NETWORK USING ADAPTIVE ALGORITHM

Ilia Bajelidze, Givi Murjikneli

Georgian Technical University

ilia.bajelidze@magticom.ge; givi.murjikneli@magticom.ge

Summary

In the paper, the analysis of the handovers performed by the real mobile network user terminal (UE-User Equipment) while moving on highways is carried out. Studies have made it clear that when moving a mobile terminal on different sections of the road, standardized handover algorithms cannot ensure absolutely correct operation of handovers, and together with normal handovers, there is a certain share of unwanted handovers, such as: "ping-pong" type and instant handovers. In turn, the main goal of the research is to search for the possibilities of reducing these two last types of handovers with the help of an adaptive handover algorithm.

Keywords: mobile communication, handover, algorithms

ქცევით მეთოდზე დაფუძნებული ქსელური შეტევების გამოვლენის ერთ-ერთი მიდგომის შესახებ

ბესიკ ბერიძე¹, მიხეილ დონაძე²

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ქცევით მეთოდებზე დაფუძნებული ქსელური შეტევების აღმოჩენის სისტემის შემუშავების ერთ-ერთი მიდგომა. წარმოდგენილი მეთოდების ნაკრები ორიენტირებულია სისტემის ან მომხმარებლის რეგულარული ან ნორმალური ფუნქციონირების მოდელის შექმნაზე. ქსელის ტრაფიკის მაჩვენებლების ანალიზით ხორციელდება ქსელური ანომალიების დადგენა. წარმოდგენილი მეთოდების ერთობლივი გამოყენება ზუსტ წარმოდგენას გვაძლევს ქსელის უსაფრთხოების დარღვევებზე.

საკვანძო სიტყვები: ქსელური უსაფრთხოება; ქსელური თავდასხმის აღმოჩენის მეთოდები; ქსელში ანომალიების გამოვლენის სისტემები; საინფორმაციო ტექნოლოგიები.

1. შესავალი

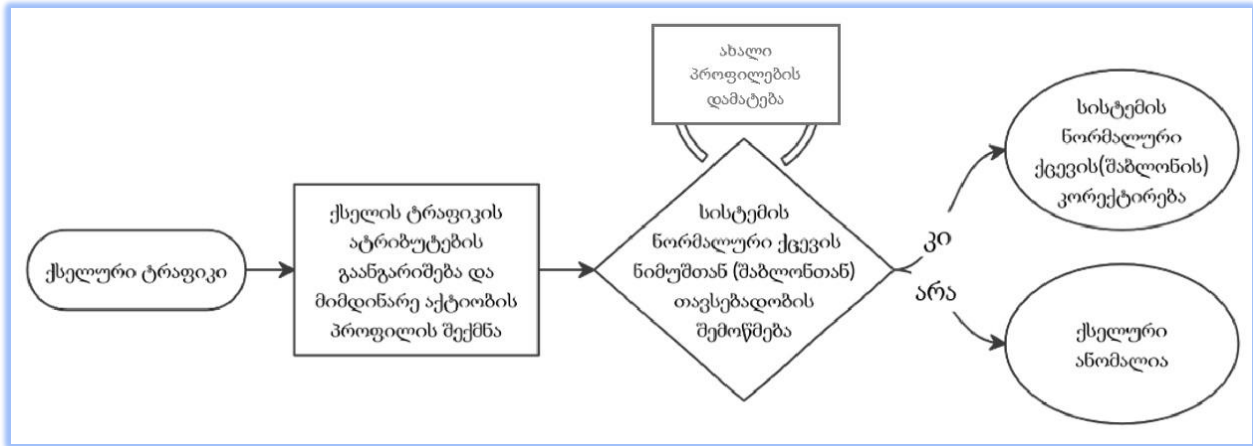
კომპიუტერული ქსელებისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ ქსელის რესურსების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებულ უამრავი პრობლემა გამოიწვია, რაც ახალ მიდგომებს მოითხოვს. დღეს შეტევების აღმოჩენის სისტემების შემუშავების საკითხები აქტუალურია საინფორმაციო ტექნოლოგიის სფეროში. მრავალი ნაშრომი ეძღვნება თავდასხმების გამოვლენისა და კლასიფიკაციის თემას სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით, რაც მოიცავს ტრადიციულ მიდგომებს, რომლებიც ეყრდნობა ხელმოწერის ნიმუშთან შესაბამისობის დადგენის და ადაპტაციის მოდელებით მონაცემთა მოპოვების ტექნიკურ საშუალებებს. ნაშრომი ეხება საინფორმაციო სისტემებზე შეტევა-შეჭრის ერთ-ერთ შეზღუდულ ასპექტს, კერძოდ, ბოროტმზრახველთა აღმოჩენას სისტემის ყოფაცხევაში ანომალიების გამოვლენის გზით [1].

წარმოდგენილი მეთოდების ნაკრები ორიენტირებულია სისტემის ან მომხმარებლის რეგულარული, ან ნორმალური ფუნქციონირების მოდელის შექმნაზე. მათი მუშაობის პროცესში, ამ მიდგომის გამოყენებით, სისტემა ადარებს აქტივობის ამჟამინდელ მაჩვენებელს ნორმალური აქტივობის პროფილთან და მნიშვნელოვან გადახრას მიიჩნევს შეტევის მიზეზით წარმომქმნელად, ანუ ქსელურ ანომალიად. ეს მეთოდები ხასიათდება ცრუ პოზიტივების არსებობით, რაც ძირითადად აიხსნება მომხმარებლის მრავალი ლეგიტიმური ქმედების ზუსტი და სრული აღწერილობის სირთულით. გარდა ამისა, ამ სისტემების უმეტესობისთვის დამახასიათებელი და აუცილებელია წინასწარი კონფიგურირების ეტაპის ჩატარება, რომლის დროსაც სისტემა „იმენს გამოცდილებას“ ნორმალური ქცევის მოდელის შესაქმნელად. ასეთი ინტერვალის ხანგრძლივობა, რომელიც მოითხოვს მონაცემთა შეგროვებას, შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე კვირას და ზოგჯერ რამდენიმე თვეს. ხშირად, ეს ნაკლოვანებები ქცევით მეთოდებზე დაფუძნებული სისტემების ერთ-ერთი უარყოფითი მხარეა, მაგრამ ასეთი სისტემების სასარგებლოდ უნდა ითქვას, რომ არსებული მეთოდების ერთობლივი გამოყენება ქსელის უსაფრთხოების დარღვევების ზუსტ წარმოდგენას იძლევა.

ნაშრომში წარმოდგენილი თავდასხმის აღმოჩენის მეთოდები კლასიფიცირებულია, როგორც ქცევითი მეთოდები და მოიცავს:

- ტალღოვან ანალიზს;
- სტატისტიკურ ანალიზს;
- ენტროპიის ანალიზს;
- სპექტრულ ანალიზს;
- ფრაქტალურ ანალიზს;
- კლასტერულ ანალიზს.

საინფორმაციო სისტემებზე შეტევების გამოვლენის საშუალებები ზოგადად აღიარებულ კლასიფიკაციაში მოიცავს სისტემებში შეჭრის შედეგად ანომალური ქცევების და ბოროტმზრახველთა გამოვლენის მეთოდებს. ნახ.1-ზე წარმოდგენილია ქსელის ანომალიების გამოვლენის სქემა, რომელიც ეფუძნება ქსელის ტრაფიკის მაჩვენებლების ანალიზს [3].

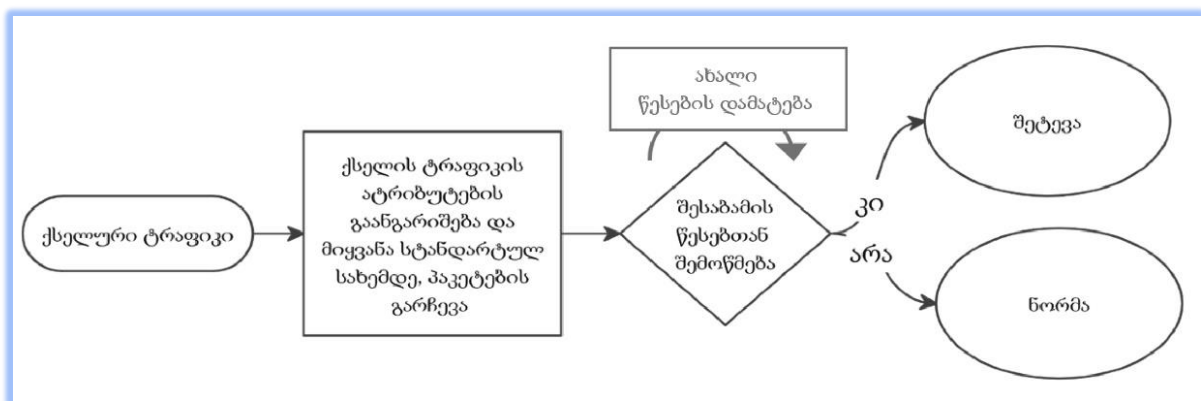


ნახ. 1. ქსელური ანომალიების აღმოჩენის სქემა

ქსელის ანომალიების გამოვლენის ზოგადი ალგორითმი შეიძლება აღწერილი იყოს შემდეგნაირად: გასაანალიზებელი მონაცემები ქსელის ტრაფიკია, რომელიც წარმოდგენილია ქსელში გადაცემული პაკეტების ნაკრების სახით, რომელთა ფრაგმენტებად დაყოფა ძირითადად ხდება IP დონეზე. შეგროვილი საწყისი მონაცემები, შემდგომი ანალიზის შემდეგ, ფორმირება სასურველი ან არასასურველი ინფორმაციის წყაროდ. ანუ მიღებული მონაცემები გროვდება გარკვეულ ინტერვალში, ნორმალიზდება და ზოგადი მახასიათებელი ატრიბუტების მიხედვით აიგება მიმდინარე აქტივობის პროფილი. შემდეგ ხდება ამ პროფილის მახასიათებლების შედარება ობიექტის (მომხმარებლის ან სისტემის) ნორმალური აქტივობის მახასიათებლებთან – ნორმალური ქცევის თარგთან. თუ შედარებულ პარამეტრებს შორის მნიშვნელოვანი შეუსაბამობაა, მაშინ ფიქსირდება ქსელის ანომალია. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ნორმალური ქცევის სქემა იხვეწება მისი პარამეტრების შეცვლით, ქსელის აქტივობის ამჟამინდელი დაფიქსირებული პროფილის გათვალისწინებით [3].

აღწერილი ალგორითმი, ნორმალური ქცევის წესის შემოწმების განსახორციელებლად, შეიძლება შეიცავდეს შესრულების რამდენიმე ვარიანტს. მათგან ყველაზე მარტივია ერთგვარი ბარიერის შედარების პროცედურა, როდესაც დაგროვილი შედეგები, რომელიც აღწერს ქსელის მიმდინარე საქმიანობას, შედარებულია ექსპერტიზით განსაზღვრულ ციფრულ ზღვართან. ამ მიდგომაში მითითებული საზღვრის მნიშვნელობის გადამეტება ქსელის ანომალიის ნიშანი იქნება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნორმალური ქცევის ნიმუშის შექმნა შრომატევადი ამოცანაა და ხშირად შეიძლება შეუძლებელიც გახდეს. პრაქტიკაში არის შეთხვევები, როდესაც შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ყველა არანომინალური საქციელი არის შეტევა. მაგალითად, ქსელის ადმინისტრატორს, ქსელის გარემოს დიაგნოსტიკისთვის, შეუძლია გამოიყენოს ისეთი სტანდარტული პროგრამები, როგორც ping, traceroute, mtr. ამ ტიპის აქტივობა არ ისახავს უკანონო მიზანს, მაგრამ ანომალიის გამოვლენის სისტემები ამ პროცესს აღიქვამს, როგორც ანომალიურ ქსელურ აქტივობას [2].



ნახ. 2. ქსელის ბოროტად გამოყენების გამოვლენის სქემა

არავტორიზებული აქტივობის იდენტიფიცირების საშუალებით ვლინდება ქსელის (სისტემის) ბოროტად გამოყენება. რადგან მიმდინარე შეტევა ან სისტემაში შემოჭრის მცდელობა ზუსტადაა წარმოდგენილი თავდასხმის ნიმუშებში, სისტემა მას აღიქვამს ანომალიად. აქ თავდასხმის ნიმუში გაგებულა, როგორც ქმედებების გარკვეული ნაკრები, რომელიც აღწერს სპეციფიკურ შეტევას და შესატყვისის დასკვნებისა და წესების ერთობლიობაა, რომლის მიხედვითაც, გამოვლენილი ობიექტის ატრიბუტებისა და ველების იდენტიფიცირებით, შესაძლებელია ერთმნიშვნელოვანი პასუხის მიღება თავდასხმის კუთვნილების შესახებ. როგორც ქსელის ანომალიის გამოვლენის სქემაში, ბოროტად გამოყენების აღმოჩენისას, ანალიზის ძირითადი მონაცემები ქსელის ტრაფიკია. ქსელის პაკეტების მახასიათებელი ატრიბუტები და ველები გადაეცემა მოდულს, რომელიც ეძებს და ამოწმებს შემოსული მონაცემების შესაბამისობას წესებთან და აცნობებს საფრთხის არსებობის შესახებ იმ შემთხვევაში თუ რომელიმე წესი დადებითად იმოქმედებს [5].

იმისათვის, რომ ანომალიების გამოვლენა იყოს ზუსტი, საჭიროა სწრაფად და ზუსტად მოხდეს ქსელის სენსორებისგან მოპოვებული სტატისტიკური მახასიათებლების შედარება სისტემის არსებულ პროფილებთან. ექსპერიმენტულ გარემოში, რეალურ დროში ეს რთული პრობლემაა, რადგან მოპოვებული ინფორმაცია ბევრ სტატისტიკურ მახასიათებელს შეიცავს. წარმოდგენილ მიდგომაში ვიყენებთ ფილტრის მეთოდს, იგი ითვალისწინებს მახასიათებლებს, როგორც დამოუკიდებელ ობიექტებს, აფასებს მათ მნიშვნელობას ხარისხის მეტრიკის მიხედვით და ირჩევს მნიშვნელოვან მახასიათებლებს, რომლებიც აკმაყოფილებს მოთხოვნებს ანუ წარმოდგენილი მეთოდი ეფუძნება სტატისტიკური მახასიათებლების კორელაციას და მოპოვებული ინფორმაციის მახასიათებლების გაფილტვრას. შემუშავებული ზღვრული კოეფიციენტი გამოიყენება მახასიათებელი მონაცემების კორელაციის გამოსათვლელად. სიახლე ისაა, რომ ზღვრული კოეფიციენტი შეიძლება კონკრეტულ მახასიათებელ მონაცემებს მიენიჭოს [4].

მაღალი მზადყოფნის სისტემებში ნებისმიერი შეტევა-შემოჭრის აღმოჩენის მოდულების დიზაინის მთავარი საკითხია შემუშავებული წესებისა და პირობების ეფექტური გამოყენება. აშკარაა, რომ ყოვლისმომცველი წესების ბაზის შექმნა, რომელიც ყველანაირ შეტევას გამოავლენს, შეუძლებელია რიგი ფაქტორების გამო. ამ ფაქტორებიდან ერთ-ერთია ის, რომ ბოროტმზრახველი მოქმედებს სხვადასხვა სისტემისთვის უცნობი, ვარიეტადი მეთოდებით. შესაბამისად, ყველა შესაძლო მეთოდის აღწერამ შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს სისტემის გამართულობაზე, კერძოდ შეანელოს მისი მუშაობა. შეტევის მეთოდებში უმნიშვნელო ცვლილებებიც კი იწვევს მისი გამოვლენის შეუძლებლობას, ამიტომ დადგენილი წესები უნდა იყოს მაქსიმალურად უნივერსალური და მოიცავდეს ქსელზე შესაძლო შეტევების რაც შეიძლება მეტ თარგს (პროფილს).

3. დასკვნა

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სისტემებში შემოჭრის გამოვლენის მეთოდები ეფექტური იარაღია ცნობილი ტიპის თავდასხმების იდენტიფიცირებისთვის, მაგრამ მათი გამოყენება ახალი შეტევების მიმართ, აგრეთვე ცნობილი შეტევების მოდიფიცირებული ვარიანტებისთვის ნაკლებად ეფექტურია.

ლიტერატურა

1. Ghorbani A.A., Lu W., Tavallae M. Network Intrusion Detection and Prevention: Concepts and Techniques. Springer Science & Business Media. 2009. 212 p.
2. Baddar S.A.-H., Merlo A., Migliardi M. Anomaly Detection in Computer Networks: A State-of-the-Art Review // Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications. 2014. vol. 5. no. 4. pp. 29–64.
3. Babaie T., Chawla S., Ardon S. Network Traffic Decomposition for Anomaly Detection // URL: <http://arxiv.org/pdf/1403.0157.pdf>, 2014
4. Ranjan R., Sahoo G. A new clustering approach for anomaly intrusion detection // International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process (IJDKP). 2014. vol. 4. N. 2. pp. 29-38.
5. Pawar S.N. Intrusion Detection in Computer Network using Genetic Algorithm Approach: A Survey // International Journal of Advances in Engineering & Technology. 2013. vol. 6. Issue 2. pp. 730–736.

ON ONE APPROACH TO NETWORK ATTACK DETECTION BASED ON BEHAVIORAL METHOD

Besik Beridze¹, Mikheil Donadze²

1-Technical University of Georgia,

2-Batumi Shota Rustaveli State University,

b.beridze@bsu.edu.ge; mikheil.donadze@bsu.edu.ge

Summary

The article discusses one of the approaches to the development of a behavioral network attack detection system. The presented set of methods is focused on creating a model, which will be based on the use of the standard or normal state of the system is functioning. Network anomalies are identified by analyzing metrics of network traffic. The combined use of the methods presented gives us an accurate picture of network security breaches.

Keywords: network security, network attack detection methods, network anomaly detection systems, information technology.

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია და 4IR ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიები ინდუსტრიისთვის

ლუკა ქემოკლიძე, ოთარ ზუმბურძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ტერმინი მე-4 ინდუსტრიული რევოლუცია პირველად მსოფლიო ეკონომიკური ფორუმის დამფუძნებელმა და თავმჯდომარე კლაუს შვაბმა გამოიყენა 2016 წელს გამოცემულ ამავე სახელწოდების წიგნში. მე-4 ინდუსტრიული რევოლუცია ან ინდუსტრია 4.0 გულისხმობს წარმოების სისტემების ავტომატიზაციას, ურთიერთკავშირს, ხელოვნური ინტელექტის სხვადასხვა მეთოდის და დიდი რაოდენობის მონაცემების რეალურ დროში სწრაფი გადამუშავების მეშვეობით. მოკლედ რომ ვთქვათ, მე-4 ინდუსტრიული რევოლუციის წინაპირობაა ინფორმაციულ ეპოქაში (მე-3 ინდუსტრიული რევოლუცია) შექმნილი ტექნოლოგიების კიდევ უფრო მეტად განვითარება. სტატიაში რაოდენობრივი და თვისებრივი კვლევების გამოყენების გზით, აგრეთვე ლიტერატურული მიმოხილვის საფუძველზე განხილულია ის ტექნოლოგიები, რომელთა განვითარება მე-4 ინდუსტრიულ რევოლუციას უკავშირდება. მათგან, სელექციის გზით, შერჩეულია ის ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიები, რომელთა გამოყენება უკვე ხორციელდება წარმოების პროცესში ან აქვს ამის პოტენციალი. მათი ტექნიკური და სხვა ასპექტების შესწავლის შედეგად, სტატიის დასკვნით ნაწილში მოცემულია რეკომენდებული ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიები, რომელთა გამოყენებასაც წარმოების პროცესის ოპტიმიზაციის პოტენციალი აქვს და რომელთა დანერგვა რეალურია საქართველოში არსებულ გარემოში.

საკვანძო სიტყვები: მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია; 4IR; 4IR ტექნოლოგიები; წარმოება; ინდუსტრია; მართვა.

1. ძირითადი ნაწილი

ინდუსტრია 4.0-ის და 4IR ტექნოლოგიების შესახებ კონტექსტის უკეთ გასაგებად, შესავალ ნაწილში განხილულია წინაინდუსტრიული რევოლუციების შინაარსი და მათი გავლენა მსოფლიო წესრიგსა და გლობალურ ეკონომიკაზე.

ლიტერატურის მიმოხილვასა და ამ თემაზე კვლევების ანალიზის შედეგად სტატიაში მოცემულია ის 4 ძირითადი მიმართულება, რა გზითაც 4IR ტექნოლოგიებს შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ წარმოების პროცესზე:

1. წარმოების ეფექტიანობის ზრდა და ნარჩენების შემცირება;
2. ინოვაციების შექმნისა და დანერგვის აჩქარების შესაძლებლობა;
3. მონაცემთა მიღების, გადამუშავებისა და გაცვლის სისწრაფის ზრდა;
4. ტრადიციული ამოწურვადი რესურსების გამოყენების შემცირება.

შემდგომ, სამეცნიერო თუ სხვა რესურსების ანალიზის საფუძველზე, 4IR ტექნოლოგიები დაყოფილია სამ კატეგორიად: 1) ციფრული; 2) ფიზიკური; 3) ბიოლოგიური.

ტექნოლოგიური და ეკონომიკური ასპექტების შესწავლით, ავტორებმა მოახდინეს დღეს არსებული ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიების, აგრეთვე ამ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული უკვე არსებული პროდუქტების/სერვისების იდენტიფიცირება და ქართული რეალობის კონტექსტში მათი ანალიზი.

სამეცნიერო ნაშრომებზე დაყრდნობით, ავტორები ინფოსაკომუნიკაციო ტექნოლოგიებიდან ახდენენ იმ ციფრული თუ ფიზიკური ტექნოლოგიების დამუშავებას, რომლებიც დაკავშირებულია მეოთხე ინდუსტრიულ რევოლუციასთან და აქვთ პოტენციალი, მოახდინონ ინოვაციური ზეგავლენა საწარმოო პროცესზე, მათი დღევანდელი გამოყენების ქეისებზე, ინოვაციებისა და განვითარების პერსპექტივებზე, დანერგვის ფასზე და ა.შ. ბოლოს განხილულია ამ ტექნოლოგიათა ერთმანეთთან სინერგიულად გამოყენების შესაძლებლობები და ქეისები.

2. დასკვნა

შესაბამისად, სტატიის დასკვნით ნაწილში მოცემული რეკომენდაციები და ტექნოლოგიები შესაძლოა ხელსაყრელი იყოს პრაქტიკოსებისთვის, რათა განიხილონ ამ ტექნოლოგიათა ინკორპორირება საკუთარ ბიზნესში. მეცნიერთათვის კი სტატია ერთგვარ საძირკველს ქმნის შემდგომი კვლევებისთვის ამ მიმართულებით, მითუმეტეს საქართველოში და იმ ქვეყნებში სადაც აღნიშნული ტექნოლოგიების ათვისების დონე დაბალია.

THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION AND 4IR ICT TECHNOLOGIES FOR INDUSTRY

Luka Kemoklidze, Otar Zumburidze
Georgian Technical University

Abstract

The term 4th industrial revolution was first used by the founder and chairman of the World Economic Forum, Klaus Schwab, in the book of the same name published in 2016. The 4th industrial revolution, or Industry 4.0, involves the automation of production systems, interconnection, various methods of artificial intelligence and rapid processing of large amounts of data in real time. In short, the prerequisite of the 4th industrial revolution is the further development of the technologies created in the information age (the 3rd industrial revolution). In the article, through the use of quantitative and qualitative research, as well as on the basis of a literature review, the technologies whose development is related to the 4th industrial revolution are discussed. Information and communication technologies, which are already being used in the production process, or have the potential to be used, have been selected from these technologies through selection. As a result of the study of their technical and other aspects, the final part of the article provides recommended information and communication technologies, the use of which has the potential to optimize the production process and the implementation of which is real in the environment in Georgia.

Keywords: Fourth Industrial Revolution; 4IR; 4IR Technologies; Enterprise; Industry; Management;

1. Main text

To better understand the context of Industry 4.0 and 4IR technologies, the introductory part reviews the content of previous industrial revolutions and their impact on the world order and global economy.

As a result of the literature review and analysis of previous research on this topic, the article presents the 4 main directions in which 4IR technologies can influence the production process:

1. Increasing production efficiency and reducing waste
2. Ability to speed up the creation and implementation of innovations
3. Increasing the speed of receiving, processing and exchanging data
4. Reducing the use of traditional exhaustible resources

Further, based on the analysis of scientific and other resources, 4IR technologies are divided into three categories: 1) digital technologies; 2) physical technologies 3) biological technologies.

As a result of the study of technological and economic aspects, the authors identified the information and communication technologies available today, as well as the already existing products/services based on these technologies and analyzed them in the context of the Georgian reality.

Based on scientific papers on this topic, the authors draw from these information and communication technologies digital and physical technologies that are related to the fourth industrial revolution and have the potential to have an innovative impact on the enterprise process. Their current use cases, prospects for innovation and development, cost of implementation, etc. The last part of the article discusses the possibilities and cases of synergistic use of these technologies.

2. Conclusion

Therefore, the recommendations and technologies in the final part of the article may be helpful for practitioners to consider incorporating these technologies into their own businesses. For scientists, the article creates a kind of foundation for further research in this direction, especially in Georgia and other countries where the level of utilization of the mentioned technologies is low.

ლიტერატურა - References

1. Schwab, Klaus, The Fourth Industrial Revolution. World Economic forum. (2016)
2. Reinhard, Geissbauer, Stefan Schrauf, and Steve Pillsbury - How industry leaders build integrated operations ecosystems to deliver end-to-end customer solutions (2018)
3. IFR, The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs (2018)
4. Yusuf, Byabazaire & Walters, Lynne & Sailin, Siti Nazuar. Restructuring Educational Institutions for Growth in the Fourth Industrial Revolution (4IR): A Systematic Review. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). 15. 93. 10.3991/ijet.v15i03.11849. (2020)
5. Bruner, Jon, and Balázs Kisgergely, The Digital Factory Report. Digital Factory (2019)
6. Daecher, Andy, The Industry 4.0 paradox. New York: Deloitte Insights of Deloitte Development LLC. (2018)

შეტყობინების სისტემა მეწყერსაშიში ზონებისათვის

ტოლია (უტა) კილასონია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
tkilasonia1989@gmail.com

რეზიუმე

ბუნებრივი კატაკლიზმები და კერძოდ მეწყერი საკმაოდ დიდი გამოწვევაა კაცობრიობისთვის. გლობალური დათბობით და ტყეების მასობრივი განადგურებით მეწყერი კიდევ უფრო გახშირდა, და ეს დიდ საფრთხეს უქმნის ადამიანის სიცოცხლეს. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება ადრეული შეტყობინების სისტემების შესაქმნელად, რომელიც წინასწარ შეგვატყობინებს მოსალოდნელ საშიშროებას. აქედან გამომდინარე, შეიქმნა შეტყობინების სისტემა მეწყერსაშიში ზონებისათვის, რომლის მიზანია წინასწარ მოახდინოს მოსახლეობის ინფორმირება მოსალოდნელი მეწყერის შესახებ და უზრუნველყოს მეწყერსაშიში უბნის მუდმივი მონიტორინგი და სტატისტიკური ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: ჰოლის ეფექტი; მეწყერი; სისტემა.

1. შესავალი

მიწის მასების ან ქანების ფენის მოწყვეტა და გადაადგილება მთის კალთაზე ან ფერდობზე სიმძიმის ძალის გავლენით ხდება. მეწყერი უფრო ხშირად იქ წარმოიქმნება, სადაც წყალშემკავებელი (თიხოვანი) და წყლიანი (მაგ., ქვიშახრეშიანი) ქანები ერთმანეთს ენაცვლება და შრეთა დაქანება კალთის დაქანების თანხვედრითაა. არსებობს მეწყერის წინასწარი პროგნოზირების შემდეგი სისტემები:

➤ *ძვირადღირებული ინკლინომეტრული მეთოდი* – ინკლინომეტრული ფართოდ გამოიყენება მეწყერების, საყრდენი კედლების, წყობის და იმ ადგილების გასაზომად, სადაც აუცილებელია მიწის ღრმა დეფორმაციების გაზომვა. გრუნტის ღრმა დეფორმაციების სიდიდე გამოითვლება არაპირდაპირი გზით, ჭაბურღილზე დამონტაჟებული ინკლინომეტრის გარსაცმის დახრილობის სხვაობით. ინკლინომეტრი გამოიყენება ჰორიზონტალური მოძრაობის გასაზომად სხვადასხვა დონეზე, როგორც წესი, დედამიწის ფენების შიგნით. ფერდობების მონიტორინგისთვის გამოიყენება ინკლინომეტრი, რაც მიუთითებს ფერდობის მოძრაობაზე, მანამ, სანამ ის ფერდობის ზედაპირზე ჩანს. ინკლინომეტრი ძალიან წარმატებული აღმოჩნდა მოძრაობის ზონების და ზომის, სიჩქარისა და მოძრაობის მიმართულების

ამოცნობაში არა მხოლოდ ფერდობებზე, არამედ სანაპიროებზე და ა.შ. არსებობს რამდენიმე ტიპის ინკლინომეტრი და თითოეულს აქვს ვარიაციები, რომლებიც წარმოებულია სხვადასხვა მწარმოებლის მიერ. თუმცა ზუსტი ინკლინომეტრის ძირითადი პრინციპი იგივეა. ჭაბურღილში დამონტაჟებულია გზამკვლევი მილი და წინასწარ განსაზღვრული ინტერვალებით იზომება სახელმძღვანელო მილის დახრილობა ვერტიკალიდან – იგი იზომება ქანქარის გამოყენებით, რომელიც ჩასმულია წყალგაუმტარ ზონდში. ზონდი ქვეითდება მილის მეშვეობით. ქანქარის დახრილობა იზომება ზუსტი ელექტრონული მოწყობილობებით. გაზომვის შედეგები განისაზღვრება საზომი ხელსაწყო (ინკლინომეტრული ზონდი) ამოღებით. გაზომილი მნიშვნელობების შეფასებით დგინდება პროფილის მიმდინარეობა. თუ შევადარებთ პროფილებს სხვადასხვა გაზომვიდან, შეგვიძლია შევაფასოთ ცვლის მიმართულება და ზომა. მონიტორინგის პერიოდში იზურდება ჭაბურღილი, რომლის სიღრმე მეწყრის ცურვის სიბრტყის ქვემოთ მდებარეობს. შემდგომ, მოცემულ სიღრმეში უშვებენ მილს ინკლინომეტრით. მეთოდი გულისხმობს, რომ მილის ქვედა ბოლო უძრავად იყოს დამაგრებული. მეთოდი გამოირჩევა სიზუსტით, მაგრამ გარემოს და რელიეფის წინასწარ კვლევებს მოითხოვს და ძვირადღირებულია.

➤ *გეოდეზიური მეთოდი (ზედაპირული მეთოდი)* – გეოდეზიური ხელსაწყოებით ხდება კოორდინატების დადგენა. ეს მეთოდი არაეფექტურია, რადგან მოითხოვს ღია გარემოს და პერიოდულ მონიტორინგს.

➤ *ლაზერული მეთოდის არსი* – გასაკონტროლებელ ზონაში დგება რამდენიმე ლაზერი. გარკვეულ მანძილზე დგება სარკეები ან პრიზმები (ე.წ. სამიზნეები), საიდანაც ხდება სხივის გადახრის კონტროლი. მეთოდი არაეფექტურია ტყიან გარემოში, ნისლიან ამინდში, ხოლო წვიმისა და თოვლის დროს მისი შესაძლებლობები მეტად შეზღუდულია. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემით კეთდება 30-40 სანტიმეტრი სიღრმის თხრილი, რომელშიც ათავსებენ ოპტიკურ კაბელს და ზომავენ მის დაჭიმულობას. არხის სიგრძე შეიძლება იყოს რამდენიმე ათეული კილომეტრი. გავიხილოთ პრობლემები და გადაჭრის გზები:

პრობლემა. არსებული შეტყობინების სისტემები მოუქნელი და ძვირადღირებულია. საქართველოს მრავალფეროვანი რელიეფის გამო, კონკრეტული უბანი კონკრეტულ კონფიგურაციას მოითხოვს, რაც ნიშნავს, რომ არსებული სტანდარტული სისტემების გამოყენება დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული.

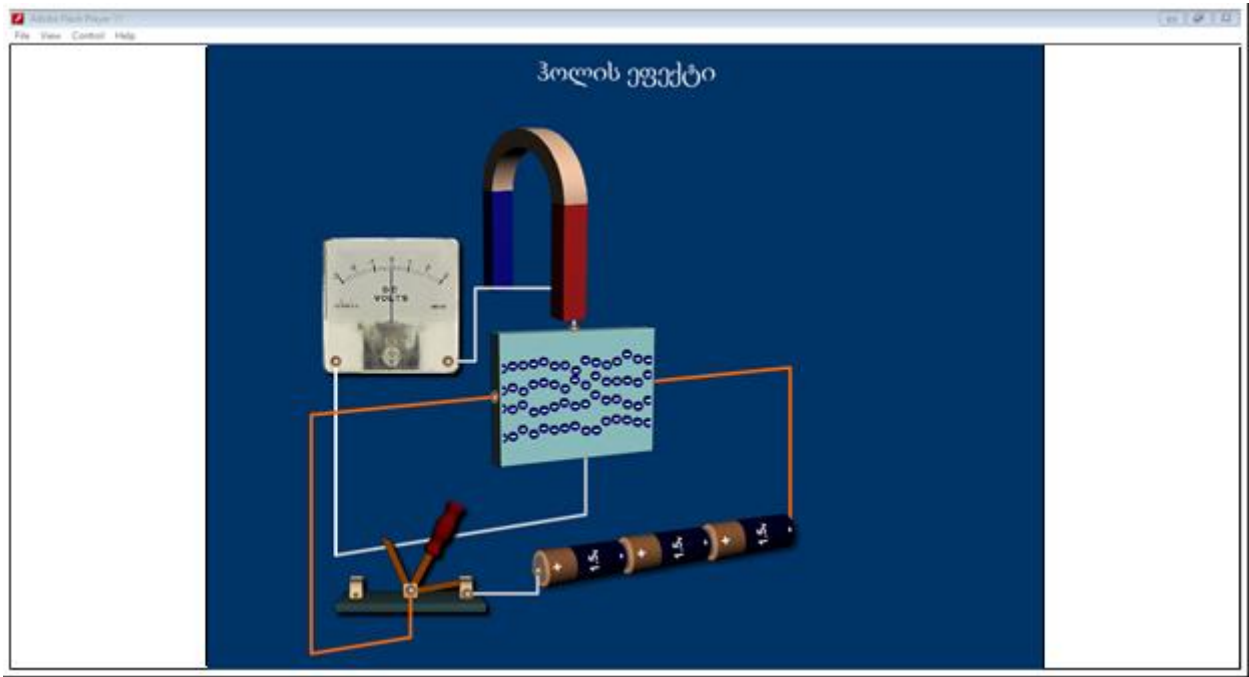
3. ძირითადი ნაწილი

გადაჭრის გზები. შექმნილი სიტუაციიდან გამოსავალი არის მოქნილი ადრეული შეტყობინების სისტემების საქართველოში კონსტრუირება და წარმოება, რაც ათეულჯერ იაფი დაუჯდება სახელმწიფოს და გვექნება შესაძლებლობა მოვიცვათ ბუნებრივი საფრთხეების ყველა კრიტიკული უბანი.

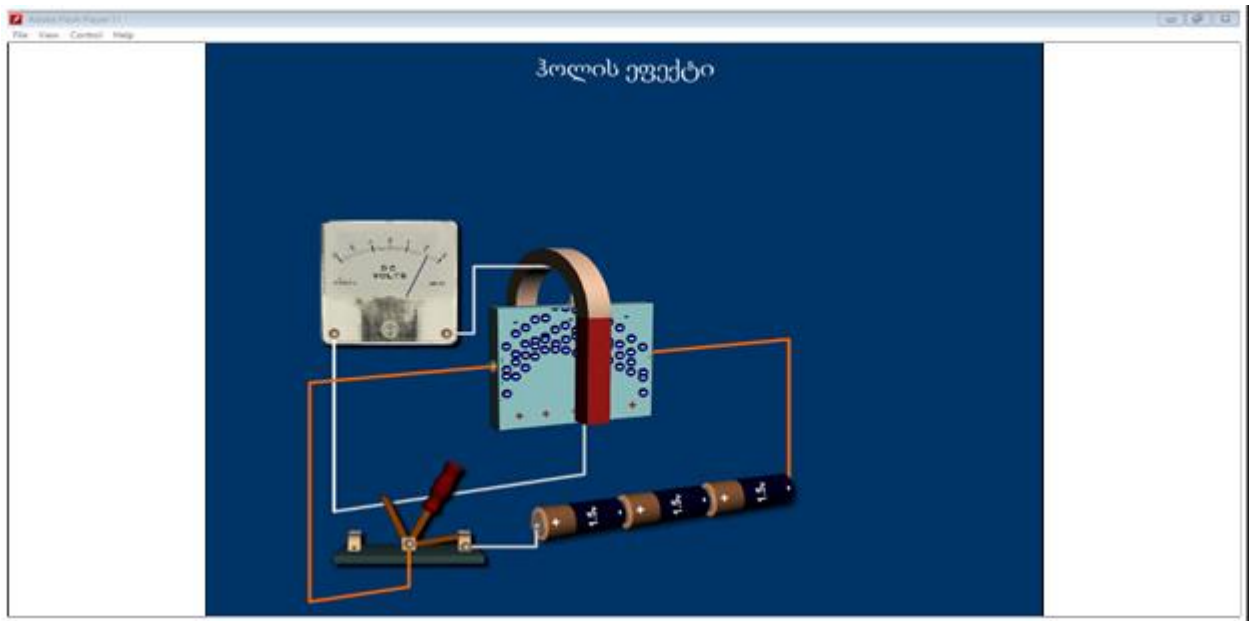
ჩვენ მიერ შემუშავებული შეტყობინების სისტემა მეწყრსაშიში ზონებისათვის უზრუნველყოფს:

- 1) გრუნტის წანაცვლების და ფარდობითი დახრილობის გაზომვას;
- 2) კონსტრუქციის დეფორმაციის და ამობურცვის გაზომვას;
- 3) ინფორმაციის ცენტრში გადაცემას და ვიზუალიზაციას.

სენსორების გრუნტში დამონტაჟებისას მათი ჩვენება მიიღება საწყისად (საყრდენად). სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, გვანტერესებს ცვლილება საწყის მდგომარეობაში, სადაც X0 საწყისი მნიშვნელობებია, X – მიმდინარე, Dx – მათი ცვლილების აბსოლუტური მნიშვნელობები. პროგრამაში გათვალისწინებულია ცვლილებების მაქსიმალური ზღვრული მნიშვნელობის რეგულირება. ნიადაგში ყოველთვის შეინიშნება ფლუქტუაციები, რომელიც უგულვებელყოფილი უნდა იყოს სისტემის მიერ, ხოლო თუ ცვლილება გადააჭარბებს დადგენილ საზღვარს, სისტემა ამ შემთხვევაში იძლევა საგანგაშო შეტყობინებას, რომელსაც მიიღებს როგორც ცენტრალური სერვერი, ისე მიმდებარე ტერიტორიაზე დარეგისტრირებული მოსახლეობა. ინფორმაცია გადაიცემა სისტემის საშუალებით. აღნიშნული შეტყობინების სისტემა მოითხოვს ძალიან მცირე ენერჯიას. გრუნტის ზედაპირზე (მცირე სიღრმის თხრილში) განლაგებულია მაგნიტები. მათ ზემოთ რამდენიმე მილიმეტრზე მაგრდება ჰოლის სენსორები. გრუნტის ზედაპირის ცვლილება იწვევს მაგნიტური ველის ცვლილებას, რასაც სენსორი აღიქვამს. ჰოლის სენსორი თავისუფალია ყოველგვარი მავნე ფლუქტუაციებისაგან, გამოირჩევა მაღალი საიმედოობით და სიზუსტით. თუ გარკვეული ინდუქციის მაგნიტურ ველში მოვათავსებთ ნახევარგამტარის ან გამტარის ფირფიტას, რომელშიც გადის დენი, მაშინ მოძრავი დამუხტული ნაწილაკები, ლორენცის ძალის გავლენით, გადაადგილდება მოძრაობის მართობულად, რის შედეგადაც ფირფიტის მართობულ ბოლოებზე გაჩნდება ძაბვა (სურათი1 და სურათი 2)



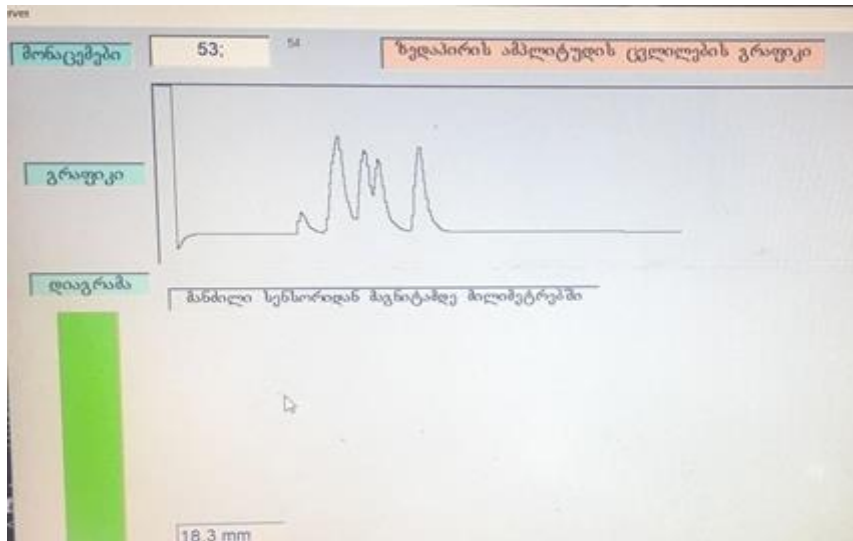
სურათი 1. ჰოლის ეფექტი



სურათი 2. ჰოლის ეფექტი

ჩვენ მიერ ჩატარებული გაზომვებით დავადგინეთ, რომ სენსორის სიზუსტე 50 – 100 მიკრონია. რაც ნიშნავს, რომ ნიადაგის ზედაპირის ამობურცვა ან ჩაბურცვა ისეთი მცირე სიდიდით, როგორცაა 50 მიკრონი, აღირიცხება მოწყობილობის მიერ. ჩვენ მიერ შექმნილი სენსორის სატესტო სტენდი, საშუალებას გვაძლევს დავაკვირდეთ მაგნიტური ველის ცვლილებას სენსორისა და მაგნიტის შორის მანძილზე. სტენდი ელასტიური ქსოვილის ზედაპირია, რომელზეც ვრცელდება განივი ტალღა. ქსოვილის ზედაპირის სიმაღლის (ამპლიტუდის) ცვლილება იწვევს მაგნიტსა და სენსორის შორის მანძილის ცვლილებას და, შესაბამისად, მაგნიტური ველის ინტენსიობის ცვლილებას სენსორის ზედაპირზე. სენსორიდან მოხსნილი სიგნალი გადაეცემა როგორც ცენტრალურ სერვერს, ისე პლანშეტებს. პლანშეტებში ჩატვირთული აპლიკაციით ინდივიდუალურად დავაკვირდეთ და შევისწავლოთ მეწყერსაშიშ ზონაში მიმდინარე პროცესები. ცენტრალური სერვერის ინტერფეისით დავაკვირდეთ ნიადაგის ზედაპირის ამპლიტუდის

ცვლილების გრაფიკს, ასევე მონაცემებს და სენსორსა და მაგნიტს შორის მანძილის ცვლილების დიაგრამას (სურათი 3).



სურათი 3

პროექტის ფარგლებში გამოყენებულ იქნა გეოინფორმაციული სისტემები, გეოინფორმაციული ტექნოლოგიები - გეოინფორმატიკის მიღწევათა პრაქტიკული გამოყენების მეთოდებისა და ხერხების ერთობლიობა სივრცითი მანიპულირების, წარმოდგენისა და ანალიზისათვის. გეოინფორმატიკის ცნება, თავის მხრივ, სხვადასხვა (ე.ი. რთულად ორგანიზებულ) მონაცემის დიდ მოცულობათა შეგროვების, ორგანიზების, ეფექტიანი შენახვის და ანალიზის მეთოდებსა და საშუალებებს უკავშირდება. გეოინფორმაციული ტექნოლოგიების სპეციფიკა ისაა, რომ შესაბამისი სისტემები განხილულ იქნას როგორც სპეციფიკური პროგრამული უზრუნველყოფისა და სპეციალურად (საკმაოდ არატრადიციული სახით) ორგანიზებულ მონაცემთა ერთობლიობა. ამჟამად გის-ების გამოყენების სფეროთა რაოდენობა მუდმივად იზრდება. ამასთან, ყოველი კონკრეტული სფერო, გის-ების გამოყენების სპეციფიკური მოთხოვნილებებით, პრაქტიკული გამოყენებისა და დანერგვის თავისებურებებით ხასიათდება. ჩამოვთვალოთ გეოინფორმაციული სისტემების გამოყენების სფეროები:

- მიწის რესურსების მართვა, მიწის კადასტრები;
- განაწილებული საწარმოო ინფრასტრუქტურის ობიექტების განლაგების ინვენტარიზაცია, აღრიცხვა, დაგეგმვა და მართვა;
- დაპროექტება, საინჟინრო მიება, ქალაქმშენებლობისა და არქიტექტურის დაგეგმვა;
- თემატური კარტოგრაფირება ნებისმიერ სფეროში;
- სახმელეთო, აერო და ჰიდრონავიგაციური კარტოგრაფირება და სახმელეთო, საჰაერო და წყლის ტანსპორტის მართვა;
- დისტანციური ზონდირება;
- ბუნებრივი რესურსების მართვა და ბუნების დამცავი მოღვაწეობა;
- გადაზიდვების დაგეგმვა და მართვა (ლოგისტიკა);
- მარკეტინგი და ბაზრის ანალიზი;
- ტერიტორიების განვითარების მართვა და დაგეგმვა;
- უსაფრთხოება, სამხედრო საქმე.

3. დასკვნა

შეიქმნა ადრეული შეტყობინების სისტემა, რომელიც ახდენს მეწყერსაშიში ზონის მუდმივ მონიტორინგს და მიმდინარე პროცესების ვიზუალიზაციას. იმ შემთხვევაში თუ დაფიქსირდა ზღვარზე გადაჭარბება, მოწყობილობა ავტომატურად ახდენს რეაგირებას და მოსახლეობას უგზავნის გამაფრთხილებელ შეტყობინებას ადგილის დატოვების შესახებ.

ჩვენ მიერ ჩატარებული გაზომვებით დავადგინეთ, რომ სენსორის სიზუსტე 50 – 100 მიკრონია.

ლიტერატურა

1. <https://ka.wikipedia.org/>

2. https://www.researchgate.net/publication/321654509_Landslide_prediction_monitoring_and_early_warning_a_concise_review_of_state-of-the-art

NOTIFICATION SYSTEM FOR LANDSLIDE PRONE AREAS

Tolia (Uta) Kilasonia

Georgian Technical University
tkilasonia1989@gmail.com

Summary

Natural cataclysms and landslides in particular represent a big challenge for humanity. With global warming and mass destruction of forests, landslides have become even more frequent, and all of this poses a threat to human life. Therefore, it is necessary to use modern technologies to create early warning systems that will notify us in advance of impending danger. Based on this, a notification system was created for landslide-prone areas, the purpose of which is to inform the population in advance about the expected landslide and to ensure constant monitoring and statistical analysis of the landslide-prone area.

Keywords: Hall effect. landslide. system.

სიტუაციური მართვა აკუსტიკური გახმოვანების ფუნქციის მქონე კონტროლერის საშუალებით

ირაკლი სტეფნაძე, ზაალ აზმაიფარაშვილი, მარინე კოზაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

stepnadze.irakli@gtu.ge; z.azmaiparashvili@gtu.ge; kozashvili.m@gtu.ge

რეზიუმე

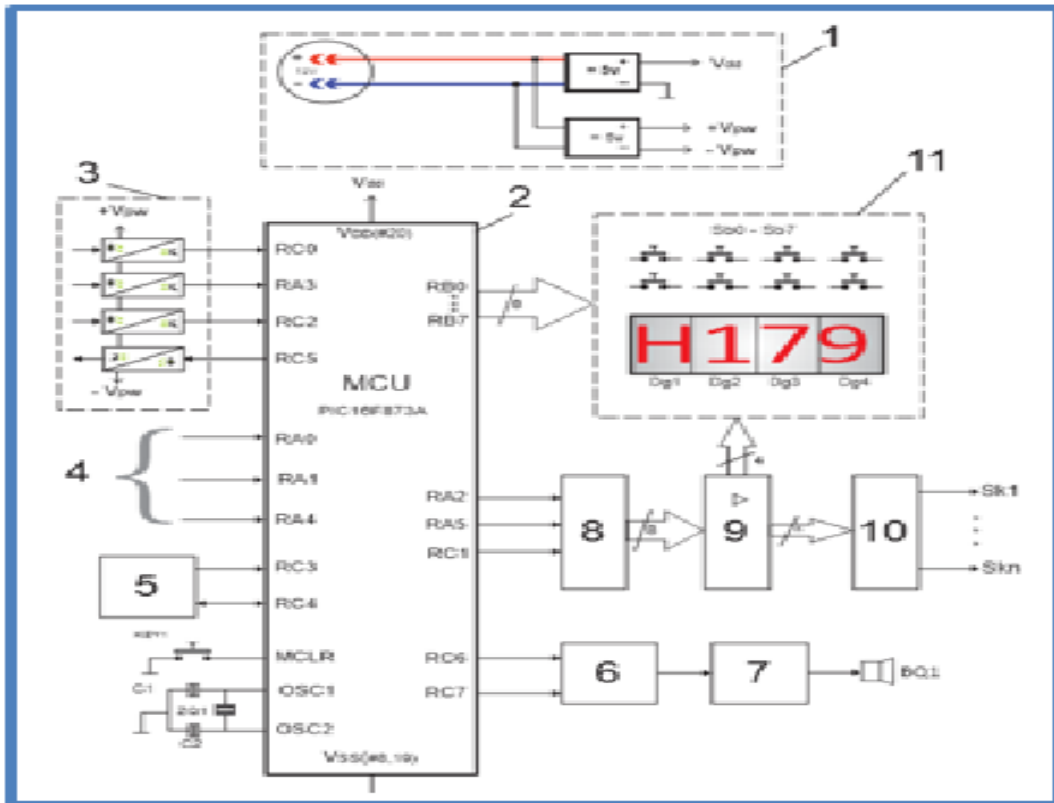
განხილულია სხვადასხვა ობიექტის მართვისათვის განკუთვნილი კონტროლერის მუშაობა, რომელსაც, აგრეთვე, აქვს სიტუაციური მართვის შესაძლებლობა ხმოვანი სიგნალების გამომუშავების საფუძველზე. შემოთავაზებული კონტროლერი (მართვის მოწყობილობა) აგებულია RISC არქიტექტურის მქონე მიკროკონტროლერის ბაზაზე და შეიცავს ყველა იმ აუცილებელ ფუნქციურ კვანძებს, რომელიც ესაჭიროება შემსრულებელი მექანიზმების (ელექტროამძრავები) ნორმალურ ფუნქციონირებას. წარმოდგენილია კონტროლერის სტრუქტურული და ელექტრული სქემები, განმარტებულია შემადგენელი კვანძების ძირითადი დანიშნულება. შექმნილია კონტროლერის მუშაობის ძირითადი რეჟიმების მარეალიზებელი პროგრამული უზრუნველყოფა და აგებულია აპარატურული ნაწილის მოდელირების სქემა სიმულაციური პროგრამა Proteus-ის გამოყენებით. ონლაინ-ავტომატური დაპროექტების სისტემის, EasyEDA-ს ბაზაზე შედგენილია კონტროლერის ბეჭდური ფირფიტის ტოპოლოგიური ნახაზების დოკუმენტაცია ე.წ. ჰერბერ-ფაილების სტანდარტული პაკეტის სახით. დამუშავებული ტექნიკური დოკუმენტაციის საფუძველზე (ქარხნული წესით) დამზადებულია ბეჭდური ფირფიტა და კონსტრუქციულად რეალიზებული კონტროლერის მუშა მაკეტი.

საკვანძო სიტყვები: საკომუნიკაციო არხი; კონტროლერი; კლავიატურა; ციფრული ინდიკაცია; გამამდიერებელი; აკუსტიკური სიგნალი.

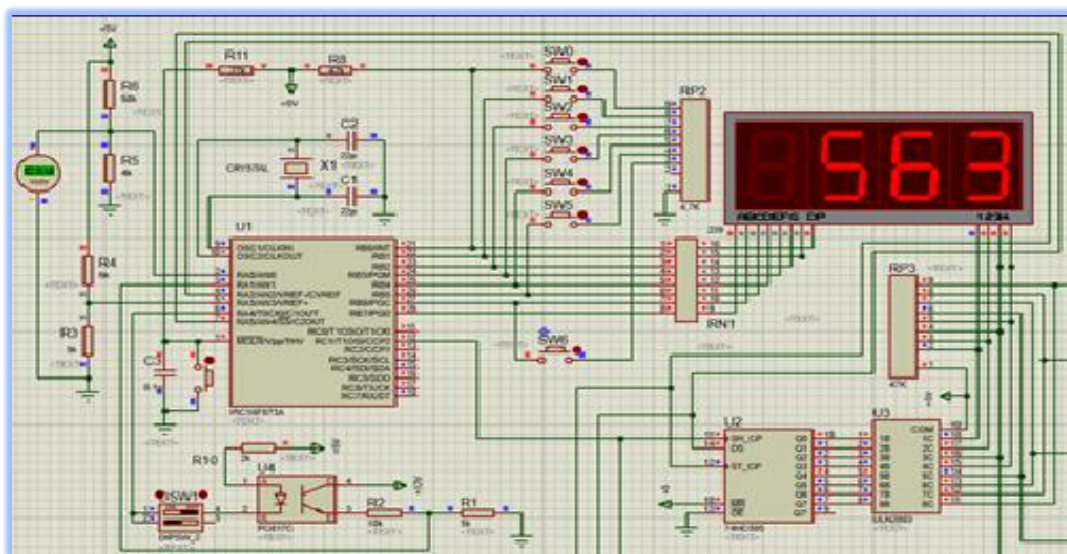
1. ძირითადი ნაწილი

კონტროლერის სტრუქტურული სქემა მოცემულია 1-ელ ნახაზზე და აქვს შემდეგი ფუნქციური კვანძები: ძაბვის რეგულატორებზე აგებული კვების ბლოკი-1, RISC არქიტექტურის მქონე PIC16F873A ტიპის მიკროკონტროლერი-2, ოპტიკურად იზოლირებული ციფრული საკომუნიკაციო არხი-3, რომლის მეშვეობითაც ხდება გამოსაკვლევ ობიექტიდან მიღებული ინფორმაციის დისტანციური გადაცემა; სხვადასხვა სახის ელექტრონული სენსორების მისაერთებელი ანალოგური და ციფრული შესასვლელი-4; მიმდევრობითი ინტერფეისის [4] მქონე EEPROM ენერგოდამოუკიდებელი დამხსომებელი მოწყობილობა-5, რომელიც განკუთვნილია მონაცემთა მასივების შენახვისათვის (მაგალითად, 24LC64 მოცულობით 8Kx8); მინიატურული DFP პლეერის მოდული 6, რომლის სიტუაციური მართვა განხორციელებულია გადასაჭრელი ამოცანის სპეციფიკური ალგორითმის საშუალებით; ბგერითი

სიგნალის გამაძლიერებელი-7 სპიკერთ ბო1; დამატებითი მიმდევრობით-პარალელური პორტი-8; დარლინგტონის გასადებებზე [3] აგებული გამოსასვლელი ბუფერი-9; ძალური ბლოკი-10, რომელსაც აქვს ელექტროამრავი მექანიზმების სამართავი sk1-skn გაღვანურად განმხოლოებული ძალური გამოსასვლელი; კლავიატურისა და ინდიკაციის ბლოკი-11, რომლის დანიშნულებაა ციფრულ ინდიკატორებზე რეჟიმებისა და შესაბამისი პარამეტრების მნიშვნელობების ასახვა, რომლის წინასწარი მნიშვნელობების შეტანა ხორციელდება კლავიატურის საშუალებით. აღნიშნულ ბლოკს მართავს ბუფერული სქემის ოთხი გამოსასვლელი და მკ-ის გამოსასვლელი პორტი (RB0-RB7).



ნახ.1. კონტროლერის სტრუქტურული სქემა



ნახ.2 კონტროლერის სიმულაციური მოდელირების ელექტრული სქემა

მუშაობის რეჟიმები. კონტროლერი მუშაობს რამდენიმე რეჟიმში:

- რეჟიმი 1 – ამ რეჟიმის დროს ანალოგურ (ან ციფრულ) შესასვლელთან მიერთებულია დასმულ ამოცანაში გათვალისწინებული ელექტრონული სენსორები, კერძოდ კონკრეტული ამოცანისათვის [1] გათვალისწინებული იყო ფოტოსენსორის (ფოტორეზისტორის) მიერთება, რომლის საშუალებითაც ხდებოდა დღე-ღამის იდენტიფიკაცია და, შესაბამისად, გათენებისას, T_1 (წთ) დროითი ინტერვალის დაყოვნების შემდეგ, ხმოვანი სიგნალის ჩართვის რეჟიმის დაწყება. T_1 დროითი დაყოვნების ინტერვალის დიაპაზონია 0-99წთ;

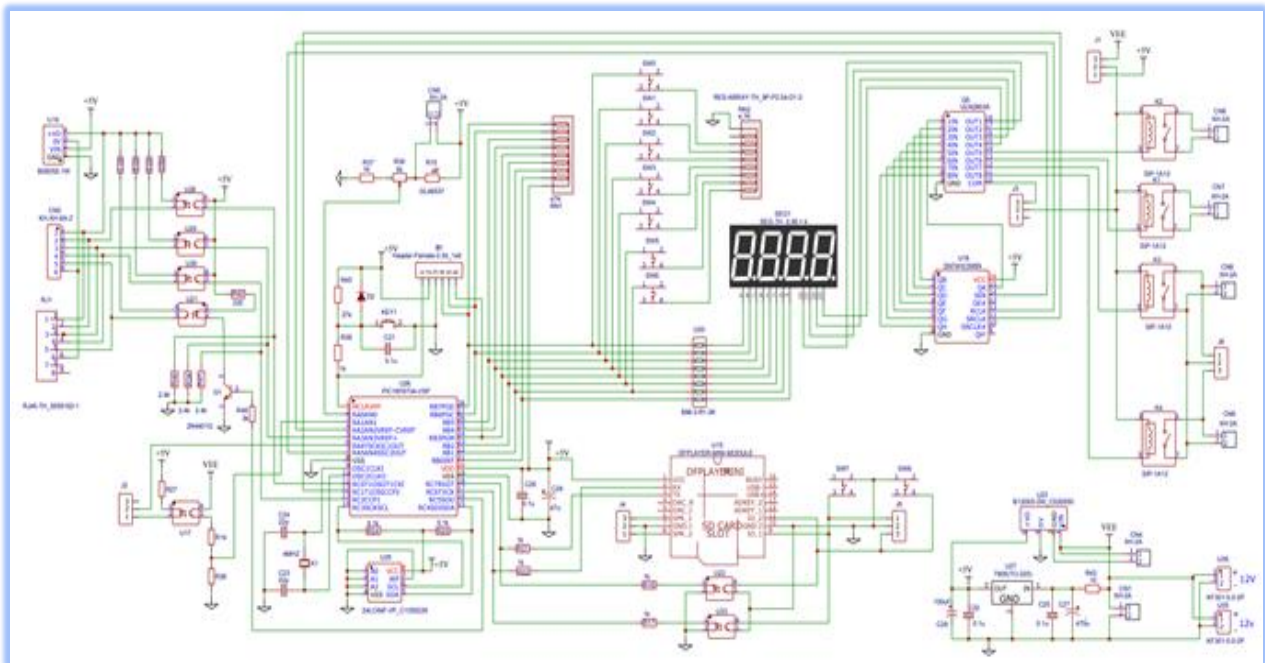
- რეჟიმი 2 – ხმოვან სიგნალებს შორის T_2 დროითი დაყოვნების (ინტერვალის) გამომუშავება;

- რეჟიმი 3 – გათენებიდან მოწყობილობის მუშაობის ხანგრძლივობის შეტანა - T_3 (სთ) დიაპაზონი 1-9 სთ;

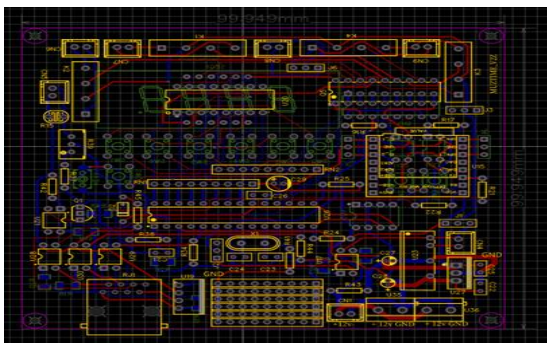
- რეჟიმი 4 – რამდენიმე K აკუსტიკური სიგნალიდან ერთ-ერთის ამორჩევა დიაპაზონით 1-4.

შემუშავებული კონტროლერის დაფის (პლატის) გაბარიტული ზომებია 10×10 სმ. დაფაზე აგრეთვე განლაგებულია კვების წყარო ძაბვის რეგულატორით. ნახ.2 ზე მოცემულია შემუშავებული კონტროლერის სიმულაციური მოდელირების სქემა Peroteus -ის ბაზაზე [2], მე-3 ნახაზზე კი შემუშავებული კონტროლერის ელექტრული პრინციპული სქემა, ავტომატური დაპროექტების ონლაინსისტემის EasyEDA-გამოყენებით.

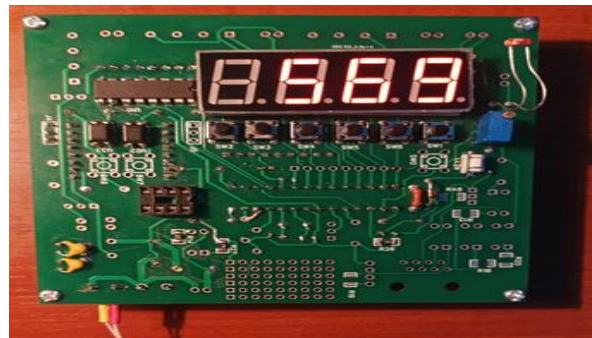
ნახ.3. შემუშავებული კონტროლერის ელ.პრინციპული სქემა



მე-4 ნახაზზე მოცემულია კონტროლერის ელექტრული სქემის შესაბამისი ბეჭდური ფირფიტის ტოპოლოგიური სქემა ელექტრული კომპონენტების განლაგებით, ხოლო მე-5 ნახაზზე – დამზადებული და მომუშავე კონტროლერის წინხედის ფოტო.



ნახ.4. ბეჭდური ფირფიტის ტოპოლოგია და დეტალების განლაგება (ქვედა მხარე)



ნახ.5. დამზადებული კონტროლერის მუშა მდგომარეობის ამსახველი ფოტოსურათი (წინა პანელი - ზედა მხარე)

3. დასკვნა

დამუშავებულია კონტროლერის სქემა, რომელსაც აკუსტიკურად გახმოვანების ფუნქცია აქვს. შემუშავებულია სტრუქტურული და ფუნქციური სქემები, რომლის საფუძველზე შედგენილია კონტროლერის ელექტრული სქემა და აგებულია შესაბამისი სიმულაციური მოდელი გამჭოლი დაპროექტების კომპიუტერული პროგრამა Proteus-ის ბაზაზე. პროგრამული უზრუნველყოფა შედგენილია RISC არქიტექტურის მქონე მიკროკონტროლერების ბრძანებათა სისტემის გამოყენებით. პროგრამულ პლატფორმად გამოყენებულია მიკროკონტროლერების დაპროგრამების ინტეგრირებული გარემო MPLAB. აწყობილია მომუშავე მოწყობილობის სამაკეტო ეგზემპლარი სიგნალის გამამდიერებლითა და სპიკერით. მოწყობილობის საშუალებით შესაძლებელია როგორც შემსრულებელი მექანიზმების ელექტროამძრავების მართვა, ისე სიტუაციური ინფორმაციის მიწოდება მოთხოვნის შესაბამისად და მისი აკუსტიკური მართვა.

ლიტერატურა

1. ზ. აზმაიფარაშვილი, ო. ტომარაძე. გაზომვა, მართვა და რეგულირება მიკროკონტროლერის გამოყენებით. ტექნიკური უნივერსიტეტი 2019წ. 265 გვ.
2. ზ. აზმაიფარაშვილი, გ. მურჯიკნელი, ი. პარაშვილი. ანალოგური და ციფრული მოწყობილობების კომპიუტერული მოდელირება Proteus-ის ბაზაზე. ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2020. 251 გვ.
3. მ. ბალიაშვილი, ზ. აზმაიფარაშვილი. ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემები - NI Multisim და NI Iltiboard. ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015. 113 გვ.
4. ი. მოდებაძე, ზ. აზმაიფარაშვილი, გ. მურჯიკნელი. ციფრული ტექნიკის საფუძვლები. ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2022. 130 გვ.

SITUATIONAL CONTROL USING A CONTROLLER WITH ACOUSTIC VOICE FUNCTION

Irakli Stepnadze, Zaal Azmaiparashvili, Marine Kozashvili

Georgian Technical University

stepnadze.irakli@gtu.ge; z.azmaiparashvili@gtu.ge; kozashvili.m@gtu.ge

Summary

The work is devoted to the development of a controller for controlling heterogeneous objects, which also has the ability to situational control based on the formation of sound signals. The proposed controller (control device) is built on the basis of a microcontroller with a RISC architecture and contains all the nodes necessary for the normal functioning of actuators (electric drives, electric motors, etc.). The article presents a block diagram and an electrical circuit of the controller, the main purposes of the composite functional blocks are considered. Software has been created that implements the main modes of operation of the controller and a scheme for simulating the hardware using the simulation program Proteus has been drawn up. On the basis of the online automatic design system EasyEDA, documentation of the topological drawings of the controller's printed circuit board was created in the form of standard - the so-called. Gerber software package. Based on the developed technical documentation, a printed circuit board was made and a working layout of the controller was built.

სათავსოში ტემპერატურის, ტენიანობისა და ვენტილაციის ავტომატური მართვის სისტემა

მარინა ქოზაშვილი, გურამ მურჯიკნელი, გივი მურჯიკნელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

kozashvili.m@gtu.ge; gurami.murjikneli@gtu.ge; g.murjiknel@gtu.ge

რეზიუმე

ფრინველების (ან ცხოველების) სათავსოს ტემპერატურის, ტენიანობისა და ვენტილაციის ავტომატური რეგულირება მათი მოვლისა და შენახვის მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ფრინველების შენახვასთან ახლავს უამრავი პრობლემა. ამ თვალსაზრისით, ყურადღება უნდა მიექცეს ტემპერატურის, ტენიანობისა და ვენტილაციის ნორმალური დონის შენარჩუნებას. როგორც ტემპერატურისა და ტენიანობის, ისე ვენტილაციის პარამეტრების გაზომვისა და რეგულირების პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვა სახის სისტემებისა და ელექტრონული სქემების საშუალებით. ბუნებრივი ვენტილაციის

ავტომატიზაცია ითვალისწინებს სარკმელში მექანიზმის დაყენებას, რომელიც არეგულირებს გაღების კუთხეს და, შესაბამისად, ჰაერის ნაკადის მიმოცვლის პროცესის მართვას.

საკვანძო სიტყვები: ტემპერატურა; ტენიანობა; ვენტილაცია; ავტომატიზაცია კონტროლერით.

1. შესავალი

შინაური ფრინველების მოვლისას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ტემპერატურისა (16°C – დან - 26°C მდე) და ტენიანობის რეკომენდებული მნიშვნელობის (60% – დან 80% –მდე) შენარჩუნება. ზედმეტმა ტენიანობამ შეიძლება გამოიწვიოს სხვადასხვა მიკრობის გაჩენა და გამრავლება, ხოლო ზედმეტად მშრალმა ჰაერმა სათავსოში დაგროვოს დიდი რაოდენობის მტვერი.

ტენიანობის ნორმალური დონე შეიძლება შევინარჩუნოთ შემდეგი მეთოდებით:

წყლიანი ჭურჭლით, რომლის ზემოთ მოთავსებულია ვენტილატორი; ჰაერის ულტრაბგერითი დამტენიანებლით, რომელიც შეზღუდულია სუფთა წყლით. ტენიანობის შესანარჩუნებლად შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე კონტროლერების მსგავსი მოწყობილობები.

კომფორტული პირობების შექმნის მიზნით, გარდა ტენიანობისა, ფრინველების სათავსოში ყურადღება უნდა მიექცეს ვენტილაციის სისტემას, რომელიც გარდა იმისა, რომ უზრუნველყოფს სათავსოს სუფთა ჰაერით, აკონტროლებს აგრეთვე ტენიანობას, ხელს უშლის ობის წარმოქმნას და ინფექციის გავრცელებას.

ბუნებრივი ვენტილაციის ავტომატიზაცია ითვალისწინებს სარკმელში მექანიზმის დაყენებას, რომელიც გაღების კუთხეს არეგულირებს. იძულებით რეჟიმში სუფთა ჰაერი სათავსოს მიეწოდება ვენტილატორის ზემოქმედებით, ხოლო მისი სწრაფი და თანაბარი ცირკულაცია ხდება ანემომეტრის საშუალებით. მმართველი მოწყობილობების როლში ამ შემთხვევაში ტენიანობისა და ნახშირწყლების სენსორებია.

საერთოდ ფრინველების სათავსოს ვენტილაციას უნდა მიექცეს განსაკუთრებული ყურადღება, რადგან ნახშირმჟავა გაზი, გოგირდწყალბადი და ამიაკის ორთქლი ფრინველების ჯანმრთელობისათვის სახიფათოა. ამიაკი ტოქსიკური ნივთიერებაა, რომლის ჰარბმა რაოდენობამ შეიძლება გამოიწვიოს ფრინველის საერთო მდგომარეობის გაუარესება.

გადახურებამ შეიძლება გამოიწვიოს ფრინველის დაღუპვა, ამიტომ ზაფხულობით თუ გამოვიყენებთ იძულებით ვენტილაციას, უნდა შევამციროთ ამინდის მომატებული გარე ჰაერის ტემპერატურის ზემოქმედება სათავსოს შიდა სივრცეზე და უზრუნველვყოთ ჰაერის ნორმალური ტემპერატურის შენარჩუნება.

2. ძირითადი ნაწილი

სათავსოში შიდა გარემოს პირობების მახასიათებელი პარამეტრების საზომ-მმართველი სისტემის სტრუქტურული სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი მოცემულია 1-ელ ნახაზზე. მისი საშუალებით შეიძლება შევინარჩუნოთ ჰაერის ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის მნიშვნელობები $\pm 2,5\%$ – ის სიზუსტით.

იმისათვის, რომ საჭირო სიზუსტით დადგინდეს სათავსოს შიგნით არსებული გარემო პირობების მახასიათებელი პარამეტრების (ტემპერატურის, ტენიანობისა და სხვა) მნიშვნელობები და მოხდეს მათი სტაბილიზაცია მოცემულ საზღვრებში, მის სხვადასხვა წერტილში უნდა იყოს განლაგებული m რაოდენობის შესაბამისი პარამეტრების გამზომი ინტელექტუალური სენსორები. ინტელექტუალური სენსორები გაზომილ ინფორმაციას აწვდის მონაცემთა შეგროვებისა და მართვის მიკროპროცესორულ სისტემას n , სადაც ხდება გაზომილი ინფორმაციის სტატისტიკური დამუშავება (შემთხვევითი და სისტემატური ცდომილებების გამორიცხვა) და საინდიკაციო ეკრანზე სათავსოში არსებული დაზუსტებული ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის რიცხვითი მნიშვნელობების ასახვა. დადგენილი პარამეტრების საფუძველზე ხდება ზედა და ქვედა დასაშვებ ზღვრებთან შესაბამისი ინფორმაციის ავტომატური შედარება და მმართველი სიგნალების გამომუშავება, რომლებიც მიეწოდება ელექტროამრავლებს (8.1-8.3). ისინი, თავის მხრივ, ზემოქმედებენ შემსრულებელ მექანიზმებზე და ხორციელდება სათავსოს შიგნით არსებული გარემო პირობების მახასიათებელი პარამეტრების სტაბილიზაცია მოთხოვნილ დიაპაზონში. ანალოგიურად ხდება $2.1 - 2n$ ჰაერის დაბინძურების დამდგენი (გაზის) ინტელექტუალური სენსორებიდან მე-6 ბლოკში მონაცემების მიწოდება, რომლის გადამუშავებისა და ანალიზის საფუძველზე ირთვება, ან არ ირთვება, საშიში ნივთიერების სასიგნალო ნათურა და

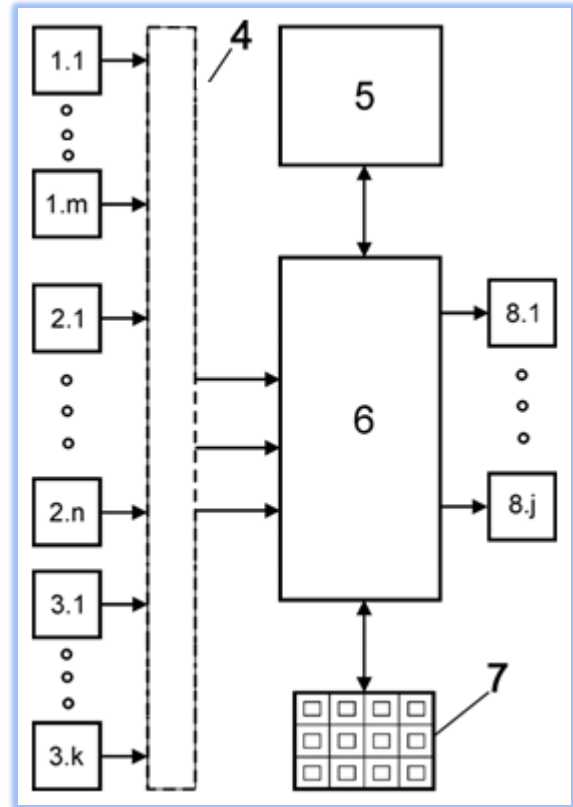
აკუსტიკური სიგნალიზაცია. სენსორებში 3.1 – 3.k გაერთიანებულია სხვადასხვა სახის ციფრული (ორმდგომარეობიანი) სენსორები, რომელთა დანიშნულებაა ძრავზე აგებული მექანიზმების მოძრაობის ტრანსდუქციის საწყისი და საბოლოო კოორდინატების წერტილების ფიქსაცია, რაც აუცილებელია ძრავის უსაფრთხო და გამართული მუშაობისათვის. კლავიატურა 7 განკუთვნილია მართვის რეჟიმებისა და პარამეტრების რეგულირების დიაპაზონების კორექტირებისათვის, მოცემული სიტუაციური მდგომარეობიდან გამომდინარე.

1.1-1.m – ტენიანობისა და ტემპერატურის ინტელექტუალური სენსორები, 2.1-2.n – ჰაერში მომწამლავი ნივთიერების კონცენტრაციის დამდგენი ინტელექტუალური სენსორი, 3.1-3.k – ციფრული სენსორები, 4 – მონაცემთა გადაცემის არხი, 5 – საინდიკაციო ეკრანი, 6 – მონაცემთა შეგროვებისა და მართვის მიკროპროცესორული სისტემა, 7 – კლავიატურა, 8.1-8.j – სათავსოს ობიექტების მართვის ელექტროამძრავები (შემსრულებელი მექანიზმები).

გამოყენებული სენსორების მოკლე მიმოხილვა. დღეისათვის მსოფლიოში არსებობს სენსორების ფართო არჩევანი ისეთი მწარმოებლებით, როგორცაა GGS, FIGARO, 3honewel, MTS SENSOR TECHNOLOGIE GMBH & CO და სხვა.

საზომი ინტელექტუალური სენსორებიდან აღსანიშნავია კომპანია SENSIRION-ის მიერ წარმოებული ტემპერატურისა და ტენიანობის სენსორი SHT21 (ნახ.2). მას აქვს ციფრული გამოსასვლელი I²C ინტერფეისით, მოიხმარს მცირე ენერგიას, გამოირჩევა სტაბილურობით და მწარმოებლის მიერ ხდება დაკალიბრებული სახით მიწოდება.

ჩიპის კრისტალი, გარდა ორი სენსორისა, შეიცავს ანალოგურ ციფრულ გარდამქმნელს, მეხსიერებასა და ციფრული დამუშავების მოდულს. სენსორის ჩიპს აქვს 4 მუშა კონტაქტი, SDA ორმხრივი მიმდევრობითი მონაცემები, VSS დამიწება, VDD კვება, SCL სინქრონიზაცია. სენსორის ფარდობითი ტენიანობის პარამეტრის გარჩევადობაა 8/12 ბიტი - 0.7/0.04%RH, ხოლო ტემპერატურის – 12/14 ბიტი – 0.04/0.01°C. ენერგომომხმარება ძილის რეჟიმში – 0.15 μA, ხოლო გაზომვისას – 300 μA.



ნახ.1. მართვის სისტემის სტრუქტურული სქემა



ნახ.2. ტემპერატურისა და ტენიანობის სენსორი SHT21



ნახ. 3 თხევად ელექტროლიტზე დამზადებული ჟანგბადის სენსორი TGS5042 ტიპის

გაზის სენსორებიდან შეიძლება გამოვყოთ იაპონური კომპანია FIGARO-ს მიერ თხევად ელექტროლიტზე წარმოებული ელექტროქიმიური ჟანგბადისა და ნახშირჟანგის სენსორები (TGS5042 ტიპის), რომლებიც არ შეიცავს გამახურებელ ელემენტებს და, აქედან გამომდინარე, მოიხმარს მცირე ენერგიას, ამასთან ხსენებული სენსორების სასიცოცხლო ციკლი 10-ჯერ მეტია ტუტთან ელექტროლიტებზე დამზადებული სენსორების სასიცოცხლო ციკლზე. სენსორში აღძრული დენი ჟანგბადის კონცენტრაციისა პროპორციულია და გამოსასვლელი ძაბვა ცალსახად განსაზღვრავს ამ კონცენტრაციას და აღნიშნავს გამოსასვლელ პარამეტრს, რომელიც შეიძლება გაიზომოს ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის საშუალებით.

3. დასკვნა

ამგვარად, სათავსოში ტემპერატურის, ტენიანობისა და ვენტილაციის ავტომატური რეგულირებით შესაძლებელია შევქმნათ ფრინველთა (ან ცხოველთა) სიცოცხლისა და განვითარების ოპტიმალური პირობები. ამისთვის შემუშავებულია მონაცემთა შეგროვებისა და მართვის მიკროპროცესორული სისტემა, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება სათავსოში არსებული გარემოს მახასიათებელი პარამეტრების გაზომვა ინტელექტუალური სენსორებით, ამასთან, გაზომილ მონაცემთა დამუშავება და რეგულირების პროცესის ავტომატიზაცია.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Ливчак И. Ф., Наумов А. Л. Вентиляция многоэтажных зданий. М. : АВОК – ПИРЕСС, 2005, 136 с.
2. Перехоженцев А. Г., Григоров А., Г. Расчет влажностного состояния ограждающих конструкций с учетом ветрового режима. М. : НИИСФ РААСН 2006, стр. 136 – 138.
3. Корниенко С., В. Температурно – влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом. Архитектура и строительство. 2009, № 5, стр. 389 – 394.

AUTOMATIC TEMPERATURE, REGULATION OF HUMIDITY AND VENTILATION OF THE STORAGE ROOM

Marina Kozashvili, Guram Murjikneli, Givi Murjikneli

Georgian Technical University

kozashvili.m@gtu.ge; gurami.murjikneli@gtu.ge; g.murjiknel@gtu.ge

Summary

Automatic humidity and ventilation of the poultry house regulation is an important factor in their maintenance and storage. There are many problems associated with keeping birds. In this sense attention should be paid to the normal level of humidity and ventilation to maintain. Both humidity and ventilation can be automated to do it by means of various electronic circuits. Automation of natural ventilation is provided in the window installing a mechanism that adjusts the opening angle.

Keywords: temperature, humidity, ventilation, automation, controller.

საკომუნიკაციო ქსელის არხების სივრცული გამოყენებადობა 802.11ax უსადენო გადაცემაში

გიორგი კირცხალია, ივანე მაკასარაშვილი, გურამ აჭარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

უსადენო გადაცემის მომხმარებელთა რიცხვის ზრდა იწვევს როუტერის მომხმარებელთა რიცხვის ზრდას, რაც პრობლემაა. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად, **802.11ax** სტანდარტი, სხვა გაუმჯობესებულ ტექნიკებთან ერთად, მოიცავს სივრცული გამოყენებადობის (Spatial Reuse - SR) ოპერაციას. ეს ოპერაცია სხვადასხვა ტექნიკის ერთობლიობაა, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის უსადენო ქსელების საკომუნიკაციო ქსელის ქმედითობა/უტილიზაციას, რამდენიმე მომხმარებლის მიერ საკომუნიკაციო ქსელის პარალელური გადაცემების რაოდენობის ზრდით. განხილულია SR ოპერაციის, რომელიც IEEE 802.11ax სტანდარტია. გაკეთებულია SR ოპერაციის ღრმა ანალიზი, რაც ქსელებში ინტერაქსიის ახალი სახეა. განხილულია ქსელის სხვადასხვა დატვირთვის შემთხვევაში SR ოპერაციის პოტენციური ანალიზის გამოყენება. მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, SR ოპერაციას შეუძლია მნიშვნელოვნად გაზარდოს საკომუნიკაციო ქსელის განმეორებითი გამოყენება, რეუტილიზაცია განსაკუთრებით მაღალი ინტერფერირებისა ქსელური შეფერხებების პირობებში. ასევე განხილულია SR ოპერაციის დიზაინის დეტალები, რაც ერთდროული გადაცემების რიცხვს ზრდის გარემოზე ზემოქმედების გარეშე; განხილულია SR ოპერაციის მთავარი გამოწვევები და შეზღუდვები 802.11ax სტანდარტის მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები: wireless LAN; spatial reuse; carrier-sense threshold control.

1. შესავალი

IEEE უსადენო კავშირის სტანდარტის პოპულარობისა და გამოყენების სიმარტივიდან გამომდინარე, უფრო ხშირად გვხვდება ახალი ქსელის სახელები ერთ გადამკვეთ სივრცეში. სამწუხაროდ CSMA (Carrier Sense Multiple Access) მექანიზმი ვერ უზრუნველყოფს ბევრი მოწყობილობის ქსელურ მხარდაჭერას, რაც, შესაბამისად, დაბალ ქმედითობას იწვევს.

ბოლო წლებში უსადენო ლოკალური ქსელების ქმედითობის სტანდარტიზაციის გასაუმჯობესებლად მნიშვნელოვანი ნაბიჯები გადაიდგა. 802.11 სტანდარტებმა, მაგალითად 11n (2009), 11ac (2013), განსაზღვრა მაღალი და ძალიან მაღალი წარმადობის მოწყობილობების კონცეფცია. ამ სტანდარტებმა განსაზღვრა ახალი ფუნქციონალი, როგორცაა CB (Channel Bonding) “კავშირის არხის დამიწება”. შეიქმნა ჯგუფი, რომელსაც უნდა განვიტარებინა IEEE 802.11ax-2020 (11ax) სტანდარტი (TGax, 2019), რომელიც ეკუთვნის მომავლის თაობის უსადენო ლოკალური ქსელების ჯგუფს, როგორებიცაა: IEEE 802.11aq, IEEE 802.11ad, IEEE 802.11ay.

უსადენო ლოკალური ქსელების მაღალი წარმადობიდან (High Efficiency - HE) გამომდინარე, 11ax-ის მიზანია ქსელის წარმადობის კომპაქტურობის ბაზირება. სწორედ ამ მიზნისთვის 11ax შეიცავს რამდენიმე ახალ ტექნიკას, როგორებიცაა: მართკუთხა სიხშირული გაყოფით მრავალმხრივი წვდომა (Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA), ატვირთვა/ჩამოტვირთვის მრავალმომხმარებლიანი შესასვლელ/გამოსასვლელი (Downlink/ Uplink Multi-User Multiple-Input-Multiple-Output – DL/UL MU-MIMO) და საკომუნიკაციო ქსელის არხების სივრცული გამოყენებადობის ოპერაცია (Spatial Reuse - SR). აღსანიშნავია შემდეგი კვლევები: Bellalta, 2016, Afaqui et al., 2016b, Qu et al., 2018, Khorov et al., 2018, სადაც 802.11ax სტანდარტის შესახებ მოცემულია დამატებითი ცნობები.

2. ძირითადი ნაწილი

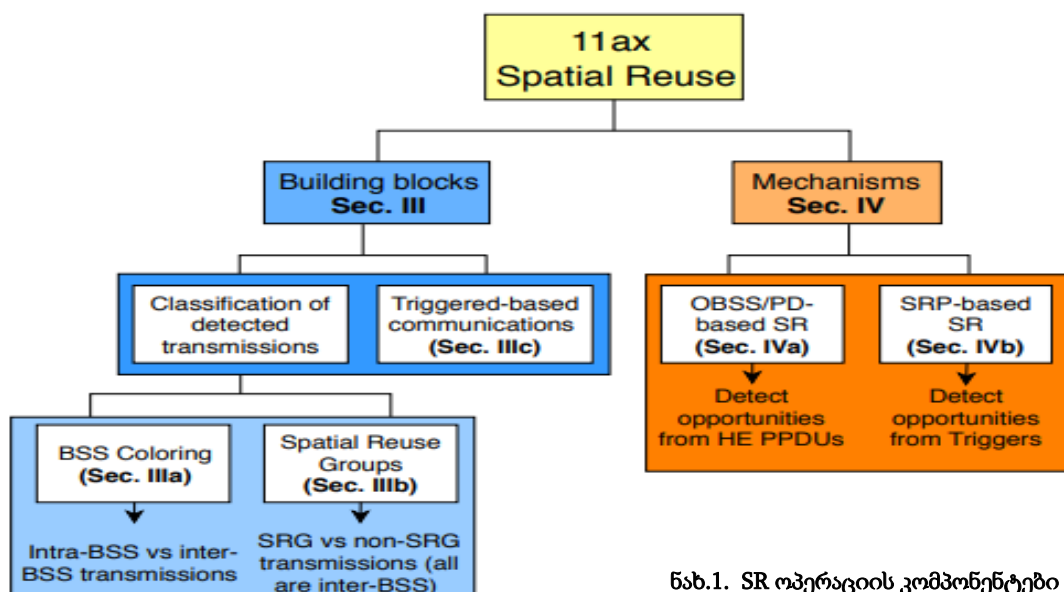
11ax სტანდარტის SR ოპერაციის საშუალებით ხდება პარალელური გადაცემების რაოდენობის გაზრდა. ამ მიზნით, შესწორებული სტანდარტით ინფორმაციის მატარებლის ზღვრის (Carrier Sense Threshold – CST) ცვლილება/მოდიფიცირების პრიმიტიული სერვისების ერთობლიობის გადაკვეთის (Overlapping Basic Service Set – OBSS) გადაცემის პრობლემის გადასაჭრელად არსებობს ორი მექანიზმი:

- OBSS მონაცემთა ბლოკის აღმოჩენა დაფუძნებული PD-Based SR და
- საკომუნიკაციო ქსელის არხების პარამეტრი, რომელიც დაფუძნებულია SR-ზე.

მათ შორის მთავარი განსხვავება არის ის, რომ უსადენო ლოკალურ ქსელებს შორის კოლაბორაციით აღმოაჩინონ SR-ზე დაფუძნებული შესაძლებლობები.

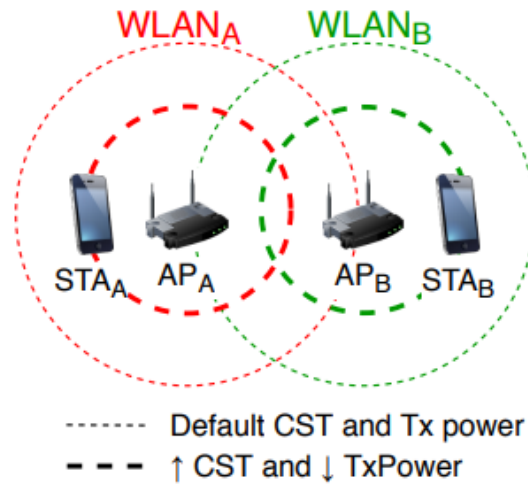
მგრძობელობის რეგულირება SR ოპერაციის „ბირთვია“, რაც მიმართულია, რომ არ მოახდინოს გარემოზე უარყოფითი გავლენა და გაზარდოს ქსელის ეფექტურობა. ამიტომ, გადაცემის სიმძლავრის კონტროლი (Transmission Power Control - TPC) განიხილება, როგორც SR ოპერაციის თანამდევი, რაც შეზღუდავს გაძლიერებული ერთდროული გადაცემის დამატებით ინტერფერენციებს.

SR ოპერაციის კომპონენტები მოცემულია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. SR ოპერაციის კომპონენტები

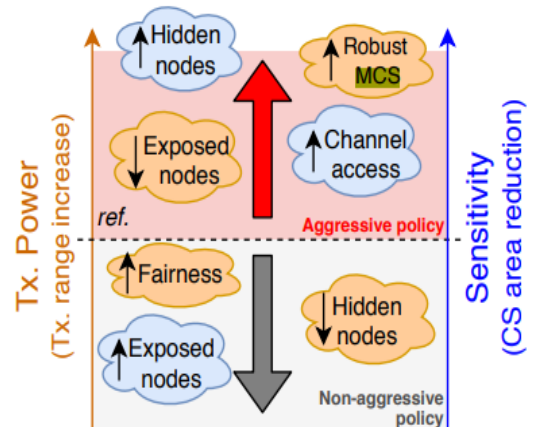
SR ოპერაციის პოტენციური განვითარების წარმოსადგენად OBSS-ში, უსადენო ქსელების ტიპური წარმოდგენისგან განსხვავებით, მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილია თითოეული მოწყობილობის ინფორმაციის მატარებლის მგრძობელობის არე და არა გენერირებული ინტერფეისი. ჩვენი მოსაზრება ეყრდნობა ფაქტს, რომ ნებისმიერი მოწყობილობის გადაცემის სიმძლავრე არის წინასწარ განსაზღვრული და ფიქსირებული და ყველა უსადენო ლოკალური ქსელი (WLAN) იყენებს ერთსა და იმავე არხს. შესაბამისად, ნახაზზე წერტილებით შედგენილი წრეები აღნიშნავენ იმ გადაცემებს, რომელიც შეიძლება იყოს გამოვლენილი ჩვენთვის საინტერესო კვანძის შესაბამისად. ამ შემთხვევაში, ორივე უსადენო წვდომის წერტილს (AP) ერთდროულად შეუძლია გადასცეს მათთვის შესაბამის მოწყობილობას (station – STAs), იმის გათვალისწინებით, რომ ისინი იზიარებენ ინფორმაციის მატარებლის მგრძობელობის არეალს (CST) და გადაცემის სიმძლავრეს (მუქი ხაზი). ამისგან განსხვავებით, პარალელური გადაცემა არ არის შესაძლებელი ჩვეულებრივი/ზოგადი კონფიგურაციის შემთხვევაში.



ნახ.2. SR გაძლიერება მგრძობელობის არეალისა და გადაცემის კონტროლის პროტოკოლის (TCP) მოწყობით. თითოეული გადამცემის მგრძობელობის არე გრაფიკულად წარმოდგენილია წვრილი წრიული ხაზებით

მიუხედავად SR ოპერაციის აშკარა უპირატესობისა, მისი რეალური შესაძლებლობები ჯერ კიდევ არ არის ბოლომდე ცნობილი. იყო შემთხვევები, როდესაც დინამიურმა მგრძობელობამ და გადაცემის სიძლიერის ცვლილებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა ქსელის წარმადობა და შეამცირა გამოვლენილი, ტერმინალური პრობლემები (Zhou and Nettles, 2005). აღნიშნულის მიუხედავად, პრობლემები შესაძლოა უფრო მეტიც იყოს (Wilhelmi et al., 2019a). მგრძობელობის არეალის ზრდადობის ან გადაცემის სიძლიერის ცვლილება/მოდულირება შესაძლოა გააუარესოს დამალული/გამოვლენილი ტერმინალური პრობლემები ასიმეტრიისა და არასაკმარისი ნაკადის გენერირებით.

მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილია გადაცემის სიმძლავრისა და OBSS ის მგრძობელობის ზრდისა და კლების ეფექტი. მაგალითად, მოსმენის არის შემცირებიდან გამომდინარე, მოწყობილობის მგრძობელობის ზრდამ არხზე შეიძლება გამოიწვიოს უფრო ხშირი წვდომა, ასევე, დამალულ კვანძთან შეჯახების რიცხვის ზრდა და უფრო მეტიც, არხზე წვდომის უფრო აგრესიულმა მეთოდმა შესაძლოა მიძღვას შეუქმნას უფრო მეტი დაბრკოლება, რაც გამოიწვევს კომპლექსური მოდულაციისა და კოდირების სქემის (MCS) არსებობის მოთხოვნილებას.



ნახ.3. სხვადასხვა მეთოდის (აგრესიული და არააგრესიული) ეფექტი მგრძობელობის ცვლილებისა და გადაცემის სიძლიერის (Hz) კონტროლზე

როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები, სივრცულ განზომილებებთან ურთიერთქმედებამ შესაძლოა გამოიწვიოს სერიოზული გართულებები და წარმოშვას კომპლექსური, რთულად განჭვრეტად უსადენო ლოკალურ ქსელებს შორის ურთიერთქმედება. რეალურად SR ოპერაცია არის მომავალი თაობის უსადენო ლოკალური ქსელების ერთ-ერთი ყველაზე ნაკლებად შესწავლილი ნაწილი. ამ მიმართულებით არსებობს მხოლოდ რამდენიმე კვლევა, რომელშიც განხილულია 11ax SR ოპერაცია და გამოკვლეულია მისი პოტენციალი.

ჩატარებულია ბევრი კვლევა (Mori et al., 2014) უცვლელი გადაცემის სიმძლავრის პირობებში (Hz) დინამიური მგრძობელობის ზღვრების სარგებელზე BSS შორის გადაცემებისთვის. ამ კვლევების საფუძველზე დადგინდა SR ოპერაციის გამოყენების შიდა და გარე სცენარები. დადგინდა გამტარუნარიანობის მაქსიმიზაციის მაღალი პოტენციალი.

აღნიშნული კვლევებისგან განსხვავებით (Mori et al., 2014, Qu et al., 2018), ამ კვლევაში 11ax SR განვიხილეთ 11ax შესწორების ორი სხვადასხვა SR ოპერაცია. ჩვენი კვლევა, ტექნიკური ინფორმაციის გარდა, ახალ პერსპექტივას წარმოაჩენს - დავინახოთ ოპერაციის რეალური ეფექტურობა. განვიხილავთ არა მხოლოდ განმარტებას და სპეციფიკაციებს, არამედ მის მიზნებს, სარგებელსა და გამოწვევებს.

კვლევის მიზანი არ არის მხოლოდ საკითხით დანტერესებული პირების ხელშეწყობა საკითხის გასააზრებლად, არამედ SR ოპერაციის ანალიზი მომავლის უსადენო ლოკალურ ქსელებში. ამ მიმართულებით არსებობს სხვადასხვა სახის პრობლემები:

- 11ax შესწორების SR ოპერაციის ღრმა ანალიზი;
- SR ოპერაციის მოდელირება უსადენო ლოკალურ ქსელებს შორის ინტერაქციების ანალიტიკურ მოდელზე დაყრდნობით (Barrachina-Munoz et al., 2019);
- SR ოპერაციის პოტენციალი უსადენო ქსელების წარმადობის განვითარებაში;
- 11ax სტანდარტის SR ოპერაციის პოტენციური დაბრკოლებებისა და სამომავლო კვლევების პოტენციური მიმართულებები.

3. დასკვნა

IEEE 802.11ax SR სივრცული გამოყენებადობის ოპერაციის, მიზანია next-generation WLAN-ებში ქმედითობის გაზრდა პარალელურ გადაცემათა რიცხვის ზრდით. სტატიაში განხილულია SR ოპერაციის შესაბამისი მაგალითები.

გარდა ოპერაციის წარმოდგენისა, მოცემულია CTMN-ს მეშვეობით SR სივრცული გამოყენების ოპერაციის ანალიტიკური მოდელირება. ამ მოდელის გამოყენებით ჩვენ მიერ გაანალიზებულია ახალი ტიპის inter-WLAN ინტერაქციები, რისი მიღებაც შესაძლებელია OBSS-ში SR სივრცული გამოყენების ოპერაციის გამოყენებისას.

ლიტერატურა

1. Bellata, B. IEEE 802.11ax: High-Efficiency WLANs. *IEEE Wirel. Commun.* **2016**, *23*, 38–46.
2. Chakraborty, S.; Nandi, S.; Chattopadhyay, S. Alleviating hidden and exposed nodes in high-throughput wireless mesh networks. *IEEE Trans. Wirel. Commun. (TWC)* **2016**, *15*, 928–937.
3. Hosseinabadi, G.; Vaidya, N. Concurrent-MAC: Increasing concurrent transmissions in dense wireless LANs. In Proceedings of the International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), Kauai, HI, USA, 15–18 February 2016.
4. Zhong, Z.; Cao, F.; Kulkarni, P.; Fan, Z. Promise and perils of dynamic sensitivity control in IEEE 802.11ax WLANs. In Proceedings of the 2016 International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS), Poznan, Poland, 20–23 September 2016.
5. Afaqui, M.; Garcia-Villegas, E.; Lopez-Aguilera, E. Dynamic sensitivity control algorithm leveraging adaptive RTS/CTS for IEEE 802.11ax. In Proceedings of the 2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Doha, Qatar, 3–6 April 2016.
6. Ropitault, T. Evaluation of RTOT algorithm: A first implementation of OBSS_PD-based SR method for IEEE 802.11ax. In Proceedings of the 2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 12–15 January 2018.
7. Ropitault, T.; Golmie, N. ETP algorithm: Increasing spatial reuse in wireless LANs dense environment using ETX. In Proceedings of th

8. Selinis, I.; Katsaros, K.; Vahid, S.; Tafazolli, R. Control OBSS/PD sensitivity threshold for IEEE 802.11ax BSS color. In Proceedings of the 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Bologna, Italy, 9–12 September

SPATIAL AVAILABILITY OF COMMUNICATION NETWORK CHANNELS IN 802.11AX WIRELESS TRANSMISSION

G. Kirtskhalia, I. Makasarashvili, G. Acharadze
Georgian Technical University

Summary

An increase in the number of wireless users leads to an increase in the number of router users, which is a problem. To overcome this problem, the 802.11ax standard includes Spatial Reuse (SR) operation along with other improved techniques. This operation is a combination of different techniques, which significantly increases the performance/utilization of the communication network of wireless networks, by increasing the number of parallel transmissions using the communication network by several users. The article discusses SR operation, which is the IEEE 802.11ax standard. An in-depth analysis of the SR operation, which is a new type of inter-network interaction, is made. It is done in the application of potential analysis of SR operation under different network loads, based on the obtained results, SR operation can significantly increase communication network reuse, reutilization, especially in conditions of high interference, network delays. The design details of the SR operation, which increases the number of simultaneous transmissions without affecting the environment, are also discussed. The challenges and limitations of SR operation under the 802.11ax standard are discussed.

Keywords: wireless LAN; spatial reuse; carrier-sense threshold control

მართვის, კონტროლისა და მონიტორინგის ჩაშენებული სისტემები

თამარ მენაბდე, ვანო ოთხოზორია, ნიკა შარაშენიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.menabde@gtu.ge; v.otkhozoria@gtu.ge; nika.sharashenidze@gtu.ge

რეზიუმე

ჩაშენებული პლატფორმები ახალი ოპტიმალური შესაძლებლობებია აპლიკაციებისთვის, რომლებიც გამოიყენება დიდი მონაცემების დასამუშავებლად შეზღუდული ენერგომომხმარების პირობებში. განხილულია პლატფორმები, გაანალიზებულია მათი შესაძლებლობები დიდი მონაცემების დამუშავების შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები: სისტემები; ჩაშენებული პლატფორმები; android; windows.

1. შესავალი

მართვისა და დიაგნოსტიკის ჩაშენებული სისტემები ძირითადად პროგრამულ-აპარატურული მოდულებია, რომლებიც დაყენებულია საკომუნიკაციო მოწყობილობაში ან პროგრამულ მოდულებში, რომელიც ჩაშენებულია ოპერაციულ სისტემაში. ჩაშენებული სისტემები მართვისა და დიაგნოსტიკის ფუნქციებს ერთი მოწყობილობით ასრულებს, რითაც მნიშვნელოვნად განსხვავდება მართვის ცენტრალიზებული სისტემებიდან [1].

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ზოგადი დანიშნულების სისტემები გამოიხატა მრავალი დავალების შესასრულებლად, ჩაშენებული სისტემები კი პირიქით - სპეციფიურ მიზანს ემსახურება. მათ არ შეიძლება ჰქონდეთ ზოგადი ინტერფეისი, მაშინაც კი თუ აქვთ კონკრეტული მიზანი, როგორცაა: მონაცემის ჩვენება, შეტანა, მიცემა და ა.შ.

ჩაშენებული სისტემების ძირითადი თავისებურებებიდან უნდა გამოვყოთ ის, რომ ინტეგრირებული სისტემები შექმნილია კონკრეტული ამოცანებისა და ერთჯერადი ფუნქციონირებისთვის. ზოგიერთ მათგანს საერთოდ არ აქვს გარე ინტერფეისი. ეს დაფუძნებულია სისტემის მოთხოვნებზე. ზოგიერთ სისტემას შეუძლია მომხმარებლის ინტერფეისები პირდაპირ ან სერიული, ან ქსელური კავშირის საშუალებით უზრუნველყოს, რაც ამცირებს სისტემის საერთო ღირებულებას. ინტეგრირებული სისტემები, როგორც წესი, შექმნილია შეზღუდვების შესასრულებლად, ასევე მეხსიერების, ენერჯის

გამოყენებისთვის, შესრულების დროზე, განზომილებებზე, წონასა და ღირებულებაზე მაღალი ოპტიმიზაციით. სისტემა გამოიყენებს რამდენიმე რესურსს, ამიტომ მათი შემუშავება რთული ამოცანაა; სისტემა უნდა იყოს საიმედო და მტკიცე, შეუძლებელია მათი შეკეთება და ხანდახან გამორთვაც კი, უსაფრთხოების მიზნით.

ჩაშენებული სისტემის უპირატესობები:

ის მოსახერხებელია მასობრივი წარმოებისათვის, შედეგად მისი საცალო ფასი უფრო დაბალია, სტაბილურია და სანდო. ინტეგრირებული სისტემა მზადდება კონკრეტული დავალების შესასრულებლად, ზომით მცირეა და სხვაგან ჩატვირთვა შესაძლებელია, პორტაბელურია, ძალზედ სწრაფია და ნაკლებ ენერგიას იყენებს მუშაობისას. ამ ტიპის სისტემები მუდმივად ოპტიმიზებულია, აუმჯობესებს პროდუქტის ხარისხს [2].

ჩაშენებული სისტემების ნაკლოვანებებიდან უნდა აღვნიშნოთ, რომ კონფიგურაციის შემდეგ შეუძლებელია ამ სისტემის შეცვლა, იგი არ შეიძლება გაუმჯობესდეს ან შეეცვალოს დიზაინი; რთული და ფაქტობრივად შეუძლებელია ჩაშენებული სისტემიდან სარეზერვო ასლის აღება; ინტეგრირებულ სისტემებში პრობლემის მოგვარება რთულია, მონაცემების გადატანა ერთი სისტემიდან მეორეში ურთულესი, მისი აპარატურა შეზღუდულია, რადგან დამზადებულია სპეციფიკური დავალების შესასრულებლად.

2. ძირითადი ნაწილი

IT ტექნოლოგიების თანამედროვე სამყაროში საკმაოდ პოპულარული იდეაა ნივთების ინტერნეტის (Internet of Things, IoT) კონცეფცია. იგი გულისხმობს ცალკეული სხვადასხვა სპეციფიკური ამოცანების გადასაწყვეტი ჩაშენებული სისტემების ერთმანეთთან დაკავშირებას ერთ ქსელში. სამომავლოდ ასეთი ქსელები შესაძლებელს გახდის სოციალური და ეკონომიკური პროცესების რეორგანიზაციას, რათა მინიმუმამდე დაიყვანოს მათში ადამიანის მონაწილეობა [1,3,4].

IoT პლატფორმებიდან გამოვყოთ შემდეგი პლატფორმები: Google Cloud Platform, OpenRemote, IRI Voracity, Particle, ThingWorx, **IBM Watson IoT** (ცხრილი 1).

IoT პლატფორმების შედარებითი ანალიზი

ცხრ.1

IoT პლატფორმა	სერვისი	მოწყობილობების მართვის პლატფორმა	ღირებულება
Google Cloud Platform	დოკუმენტების ორგანიზაცია, მართვა და გაზიარება. გადაწყვეტილებები ჭკვიანი ქალაქებისა და შენობებისთვის და რეალურ დროში აქტივების თვალყურის დევნება.	✓	ფასი \$1758-დან ყოველთვიურად
OpenRemote	ღია კოდის IoT პლატფორმა Edge Gateway, Rules Engine და შესაბამისი პროტოკოლების მხარდაჭერა.	✓	ღია კოდი, უფასო
IRI Voracity	შესრულების დროის აგრეგაცია და ანალიტიკა ჰაბზე	-	ხელმისაწვდომი წლიური ან უვადო (ფართო შესაძლებლობები)
Particle	აპარატურული მხარდაჭერა, საკომუნიკაციო საშუალებები, მოწყობილობის ღრუბელი და აპლიკაციები	✓	Wi-Fi \$25-დან თითოეულ მოწყობილობაზე; Cellular: \$49 -დან თითოეულ მოწყობილობაზე; Mesh: \$15 -დან თითოეულ მოწყობილობაზე

IoT პლატფორმა	სერვისი	მოწყობილობების მართვის პლატფორმა	ღირებულება
ThingWorx	ინდუსტრიული IoT პლატფორმა	✓	ინდივიდუალური შეთანხმება კომუნიკაციით
IBM Watson IoT	საკომუნიკაციო, ანალიტიკის და ბლოკჩეინ სერვისები	✓	\$500-დან თითოეულ ეგზემპლარზე თვეში

ერთ-ერთ საუკეთესო გარემოდ IoT გადაწყვეტილების შესაძლებელია მივიჩნიოთ Google Cloud IoT, რომელიც გვთავაზობს ჩამოყალიბებული სისტემების შექმნის არამარტო შესაძლებლობას, არამედ აქვს მონაცემთა შეგროვებისა და ანალიზის ტექნოლოგიების ფართო სპექტრი. ამ ტექნოლოგიის ძირითადი უპირატესობებია: ბიზნესის ოპტიმიზაცია, სისტემების გაიაფება Cloud Service-ის დახმარებით, პარტნიორული ეკოსისტემა. ამ მიმართულებით ასევე ერთ-ერთი საინტერესო გარემოა ThingsWorx. ThingsWorx არის პლატფორმა, რომელიც კომპანიებს საშუალებას აძლევს შეცვალოს სამუშაო პროცესისადმი მიდგომა, ჭკვიანი ქსელური სამყაროს პირობებში. პლატფორმა ინდუსტრიული ნივთების ინტერნეტის მხარდაჭერის პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის ეფექტური წინაპირობაა, კომპანიებს სთავაზობს მოქნილ განლაგების ვარიანტებს და მხარს უჭერს პარტნიორების ძლიერ ეკოსისტემას.

3. დასკვნა

სრული ინტელექტუალური პლატფორმის მეშვეობით შესაძლებელია აპლიკაციების განვითარება, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სამუშაო პროგრამული გარემო.

ნივთების ინტერნეტი აქტიურად ვითარდება და უზრუნველყოფს კონკურენტულ უპირატესობას წარმოებაში დანახარჯების შემცირებით და ადამიანის მონაწილეობის მინიმუმამდე შემცირებით. არ არსებობს ერთიანი გადაწყვეტილებები, ამიტომ უმჯობესია თითოეული პლატფორმის შესაძლებლობა ცალკეულად იყოს განხილული, რათა უზრუნველყოფილ იქნას პროცესის მასშტაბირება და განვითარება.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Things to know about the IoT Platform ecosystem [ელექტრონული რესურსი]. – წვდომა: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>
2. International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSSES) Vol.6, No.6, December 2015
3. <http://www.thingworx.com/iot-platform>
4. <https://www.arm.com/markets/internet-of-things-iot.php>

EMBEDDED MANAGEMENT, CONTROL AND MONITORING SYSTEMS

Tamar Menabde, Vano Otkhзорia, Nika Sharashenidze
 Georgian Technical University
 t.menabde@gtu.ge; v.otkhozoria@gtu.ge; nika.sharashenidze@gtu.ge

Summary

Embedded platforms represent new optimal opportunities for applications that are used to process big data with limited power consumption. The article discusses platforms, analyzes their capabilities in the case of big data processing.

Keywords: systems, embedded platforms, android, windows.

ვირტუალური კერძო ქსელის (VPN) გამოყენების უპირატესობები, სხვადასხვა პროტოკოლის აღწერა და მათი კლასიფიკაცია

მიხეილ დარჩაშვილი, იოსებ ქართველიშვილი, მაია ოხანაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

misha8003123@gmail.com; s.kartvelishvili@gtu.ge; m.okhanashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ვირტუალური კერძო ქსელების VPN (Virtual Private Network) აგების ტექნოლოგია, რომელიც უსაფრთხო კავშირის არხის შესაქმნელად ერთ-ერთ ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტია. დღეისათვის არაერთი დაცული იმისგან, რომ მის ინფორმაციას ბოროტმოქმედი სხვადასხვა ტექნიკის საშუალებით ხელში ჩაიგდებს და გამოიყენებს ცუდი მიზნებისთვის. ამ საფრთხისგან თავის დასაცავად საჭიროა ვიზრუნოთ გადაცემული მონაცემების დაცულობაზე, რომლისთვისაც ქსელში მონაცემების გადაცემისთვის გამოიყენება სხვადასხვა დაცული პროტოკოლები და ერთ-ერთი ასეთი დაცული ტექნოლოგიაა VPN, რომელიც, თავის მხრივ, იყენებს სხვადასხვა პროტოკოლს.

საკვანძო სიტყვები: ვირტუალური კერძო ქსელი; პროტოკოლი; სერთიფიკატი.

1. შესავალი

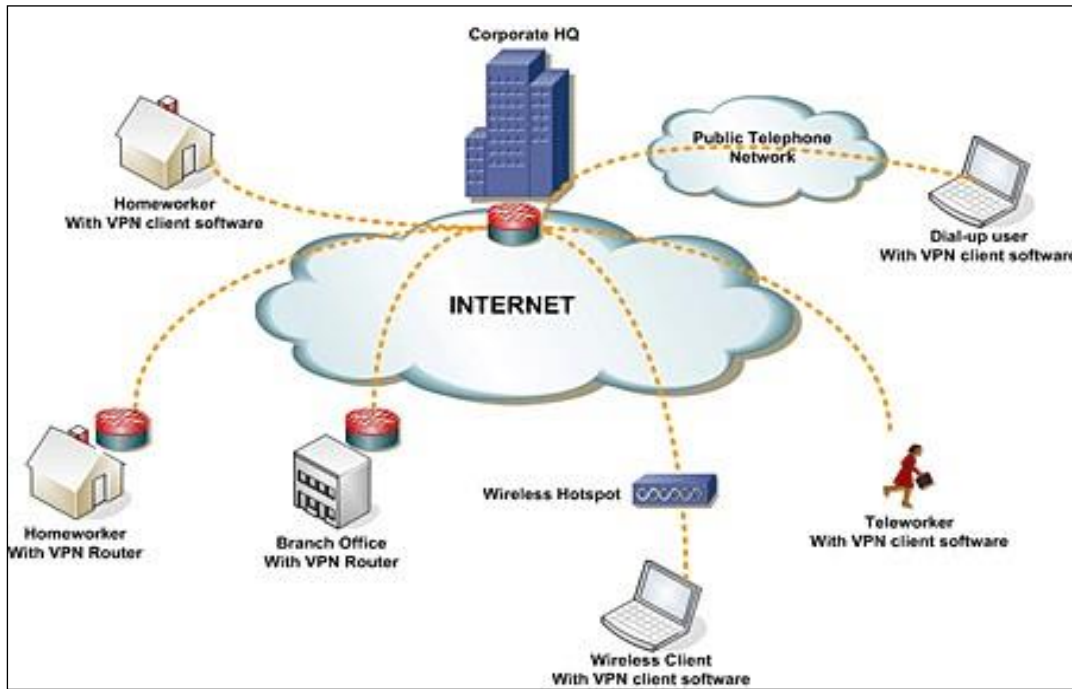
ვირტუალური კერძო ქსელი VPN მონაცემთა გადაცემის გარემოა, წვდომის მკაცრი კონტროლით, რომელიც თანაბარმნიშვნელოვანი კავშირის საშუალებას იძლევა კონკრეტული ორგანიზაციული გაერთიანების საზღვრებში. VPN მუშაობს ოპერაციული სისტემის დონეზე და აკონტროლებს მოწყობილობის ქსელურ კავშირს, რაც ნიშნავს იმას, რომ VPN შიფრავს კომპიუტერში არსებულ თითოეულ პროგრამას, მალავს მომხმარებლის IP მისამართს და ცვლის მას VPN სერვერის მისამართით, რომელიც ვარირებს ქვეყნების მიხედვით. ინტერნეტის განვითარებასთან ერთად გვაქვს საჭიროება დავიცვათ მონაცემები, რომელსაც გადავცემთ ღია ქსელში, როგორცაა ინტერნეტი. არაერთი დაცული იმისგან, რომ მის ტრაფიკს ბოროტმოქმედი სხვადასხვა ტექნიკის საშუალებით ჩაიგდებს ხელში და გამოიყენებს ცუდი მიზნებისთვის. ამ საფრთხისგან თავის დასაცავად საჭიროა ვიზრუნოთ გადაცემული მონაცემების დაცულობაზე. დაუცველ ქსელში მონაცემების გადაცემისთვის გამოიყენება სხვადასხვა დაცული პროტოკოლი, როგორებიცაა HTTPS, SSH, TLS, IPSEC და სხვა.

2. ძირითადი ნაწილი

სხვადასხვა კომპანიაში და ორგანიზაციაში ქსელური იერიშების წინააღმდეგ ეფექტურად საბრძოლველად და კომპიუტერული ქსელის აქტიური და უსაფრთხო გამოყენების შესაძლებლობის უზრუნველსაყოფად აქტიურად ვითარდება ვირტუალური კერძო ქსელების აგების კონცეფცია, რომელიც, თავის მხრივ, იყენებს სხვადასხვა პროტოკოლს. თავდაპირველად VPN არ უზრუნველყოფდა მონაცემების ავთენტურობასა და შიფრაციას. მაგალითად, GRE (Generic Routing Encapsulation) ტუნელირების პროტოკოლი, რომელიც შეიმუშავა კომპანია Cisco-მ და წარმოადგინა 1994 წელს, საშუალებას გვაძლევს ორ დაშორებულ ქსელს ჰქონდეს წვდომა ერთმანეთის შიდა რესურსებზე, მაგრამ არ უზრუნველყოფს არანაირი სახის უსაფრთხოებას. იმ შემთხვევაში თუ ბოროტმოქმედი მოახერხებს GRE ტუნელში გადაცემული ტრაფიკის შეგროვებას, მარტივად ნახავს გადაცემულ მონაცემებს. დაუშიფრავი VPN-ის სხვა მაგალითებია: ATM (Asynchronous Transfer Mode), PVC (permanent virtual circuits) და MPLS (Multiprotocol Label Switching) ტექნოლოგიები. დღეისთვის, როდესაც ვსაუბრობთ VPN-ზე, თავისთავად მოიაზრება, რომ ვგულისხმობთ ისეთი სახის VPN-ს, სადაც მონაცემების უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია გადაცემის დროს (ნახ.1).

ძირითადად არსებობს VPN-ის ორი ტიპი – დაშორებული წვდომის (remote access) და ოფისი ოფისთან (site to site). დაშორებული VPN-ის შემთხვევაში კავშირი არასტატიკურია, შესაძლებელია კავშირის პარამეტრები დინამიურად შეიცვალოს. მაგალითად, თანამშრომელს, რომელიც მივლინებამა და დროდადრო სჭირდება წვდომა კორპორატიულ სერვისებთან, ვერ ექნება მუდმივად მომართული VPN კავშირი. მას შეიძლება შეეცვალოს IP მისამართი, ამიტომ თანამშრომელს კავშირის წამოწყება უნდა შეეძლოს საჭირო დროს, როდესაც წინასწარ ეცოდინება VPN სერვერის უცვლელი მონაცემები.

ოფისი ოფისთან (site to site) VPN კავშირი ძირითადად გამოიყენება ორი ოფისის ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. ამ დროს კონფიგურაცია სტატიკურია და ორივე მხარემ იცის ერთმანეთის მონაცემები.



ნახ.1. ვირტუალური კერძო (დაცული) ქსელი

არსებობს VPN-ის სხვადასხვა პროტოკოლი, რომელიც დღეს გამოიყენება. ეს არის მათი არასრული ჩამონათვალი: PPTP, L2TP/ipsec, OpenVPN, SSTP, SoftEther, WireGuard.

კორპორაცია მაიკროსოფტმა PPTP შექმნა 1996 წელს. ის იყენებს GRE ტუნელს. ვედარ უზრუნველყოფს დაცვის იმ დონეს, რაც დღეს მისაღებია. მისი კონფიგურაციის სიმარტივიდან გამომდინარე, ზოგიერთი მას დღესაც იყენებს. აგენტი ჩაშენებულია Windows სისტემაში, რაც ხსნის აგენტის დაყენების საჭიროებას ჰოსტზე. იყენებს 1723/tcp პორტს. დღეისთვის არსებობს ცნობილი მოწყვლადობები PPTP-სთვის.

L2TP/IPSEC ტუნელირების პროტოკოლია, რომელსაც, თავის მხრივ, არ გვთავაზობს შიფრაციას და კონფიდენციალურობას, მაგრამ შესაძლებელია IPSEC-თან ერთად გამოყენება, რომელიც გვთავაზობს მაღალი დონის უსაფრთხოებას. იყენებს 500/udp, 1701/udp, 4500/udp პორტებს. არ არსებობს ცნობილი მოწყვლადობა, რომელიც ეჭვქვეშ დააყენებდა ამ პროტოკოლის უსაფრთხოებას.

OpenVPN ღია კოდის მქონე პროტოკოლია. ის მუშაობს როგორც UDP, ისე TCP პროტოკოლებზე. იყენებს SSL/TLS პროტოკოლს, ჩუმათობით მუშაობს 1194/UDP-ზე მაგრამ შეგვიძლია მივუთითოთ ნებისმიერი სხვა პორტი. აღნიშნული თვისება გამოსადეგია ისეთ შემთხვევებში, როდესაც შეზღუდულია გამავალი პორტების გამოყენების შესაძლებლობა. სხვა პროტოკოლებისგან გამოირჩევა გადაცემის სისწრაფით. ამ ეტაპისთვის პროტოკოლისთვის არ არსებობს ცნობილი მოწყვლადობა.

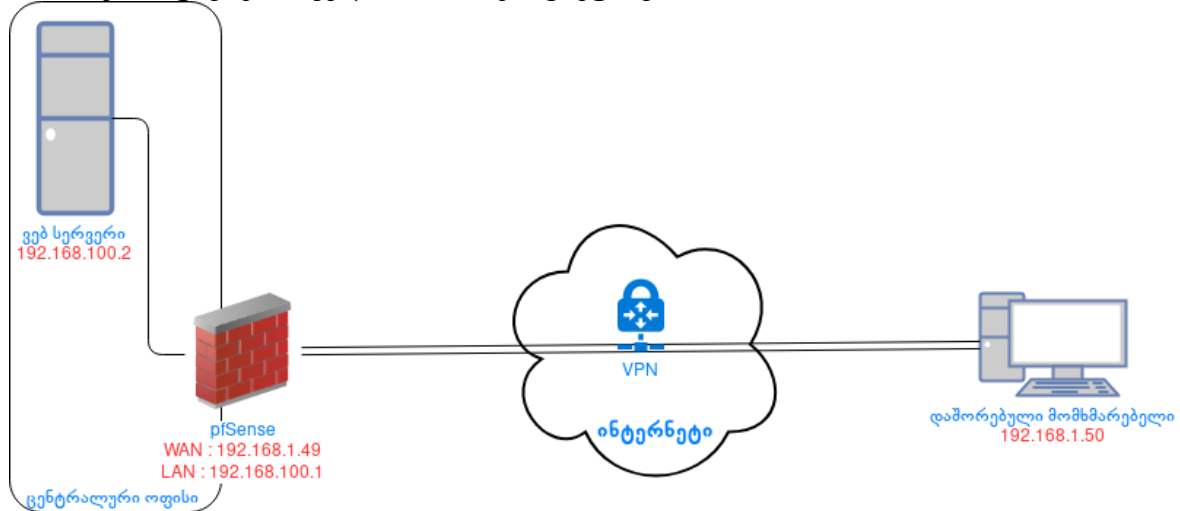
SSTP არის კომპანია მაიკროსოფტის მიერ დაპატენტებული VPN ტექნოლოგია. იყენებს SSL/TLS ტექნოლოგიას. SSTP პროტოკოლი ინტეგრირებულია მაიკროსოფტის ოპერაციულ სისტემებში, რაც ამარტივებს მის კონფიგურაციას კლიენტებზე. სხვა ოპერაციულ სისტემებზე არ არსებობს ჩაშენებული აგენტი. საჭიროა სხვა მწარმოებლების/დეველოპერების მიერ შექმნილი კლიენტის დაყენება. ამ დროისთვის არ არსებობს ცნობილი მოწყვლადობა SSTP პროტოკოლისთვის.

SoftEther ღია კოდის მქონე VPN სერვერია, რომელსაც აქვს სხვადასხვა პროტოკოლის მხარდაჭერა: OpenVPN, SSTP, L2TP/ipsec და SoftEther VPN პროტოკოლი. ის შექმნა დაიუ ნობორიმ (Daiyuu Nobori) 2014 წელს. მისი "ასაკის" გამო დიდი პოპულარობით არ სარგებლობს, სხვა VPN-ებთან შედარებით. ამ ეტაპისთვის არ არსებობს მისი ცნობილი მოწყვლადობა.

WireGuard ღია კოდის მქონე პროტოკოლია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ point to point კავშირები. ის ეშვება, როგორც ლინუქსის კერნელის მოდული და, შესაბამისად, გვთავაზობს უკეთეს წარმადობას, ვიდრე IPSEC და OpenVPN პროტოკოლები. ჩამოთვლილთაგან ის ყველაზე "ახალგაზრდა" პროტოკოლია, რის გამოც ფართოდ არ გამოიყენება. ამ დროისთვის ის არ არის ხელმისაწვდომი Windows პლატფორმაზე.

როგორც ვხედავთ, VPN პროტოკოლების ფართო სპექტრი არსებობს. ცალსახა “გამარჯვებული” პროტოკოლებს შორის არ გვაქვს. ყველაზე ხშირად გამოიყენება L2TP/IPSEC. OpenVPN პროტოკოლი არ არის ფართოდ დანერგილი Enterprise დონის უსაფრთხოების სისტემებში. მაგრამ გვაქვს ღია კოდის მქონე სისტემები, სადაც ის ხშირად გამოიყენება. ერთ-ერთი ასეთი სისტემაა pfSense, რომელსაც აქვს OpenVPN პროტოკოლის მხარდაჭერა. ქვემოთ განვიხილავთ VPN სერვერის კონფიგურაციას pfSense პლატფორმაზე.

არსებობს VPN ტოპოლოგიის განზოგადებული დიაგრამა. მსგავსი ტოპოლოგია ხშირად გამოიყენება ყოველდღიურობაში. ვინაიდან ტოპოლოგია აწყობილია ლაბორატორიაში, გამოყენებულია შიდა დამისამართება. თუმცა ეს არ ცვლის VPN-ის კონფიგურაციის არსს (ნახ.2).



ნახ.2. VPN ტოპოლოგიის განზოგადებული დიაგრამა

როგორც ტოპოლოგიიდან ჩანს, გვყავს დამორბეული მომხმარებელი, რომელსაც სჭირდება კავშირი სათაო ოფისში არსებულ რესურსთან. ვებსერვერი, თავის მხრივ, არ არის წვდომადი გარედან(ინტერნეტიდან) და მისი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ ოფისიდან. ამ პრობლემების მოსაგვარებლად სხვადასხვა ხერხი არსებობს, ერთ-ერთია VPN. ოფისის მხარეს პერიმეტრზე დგას pfSense ფაერვოლი, რომელზეც დავაკონფიგურირებთ OpenVPN სერვერს მომხმარებელი/პაროლი+ სერტიფიკატის აუთენტიფიკაციით. აღნიშნული ხერხი ყველაზე მეტად არის დაცული. მომხმარებელს ჭირდება გამოიყენოს სერტიფიკატი და ამასთან, იცოდეს მომხმარებელი/პაროლის კომბინაცია.

3. დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მოშორებულ კომპიუტერებს შორის, რომლებიც იყენებს გლობალური ქსელის - ინტერნეტის ინფრასტრუქტურას, უსაფრთხო კავშირის არხის შექმნისთვის, ვირტუალური კერძო ქსელების VPN (Virtual Private Network) აგების ტექნოლოგია დღეისათვის ერთ-ერთი ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტია. წამოჭრილი საკითხი უაღრესად აქტუალურია, ვინაიდან საიმედო კავშირი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გადაიცეს კონფიდენციალური ინფორმაცია, აუცილებელია ადამიანის მოღვაწეობის უამრავ სფეროში, მაგალითად: საბანკო საქმეში, ელექტრონულ კომერციაში და სხვა. ვირტუალური კერძო ქსელები ძალზედ მოსახერხებელია აღნიშნული ამოცანის გადასაჭრელად და ადამიანების უმრავლესობა გლობალურ ქსელში სხვადასხვა ტიპის კავშირების დასამყარებლად VPN ტექნოლოგიას ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ და მოსახერხებელ საშუალებად მიიჩნევს.

ლიტერატურა

1. ი. ქართველიშვილი, ო. შონია, ზ. ბერიძე, ლ. შონია. ვირტუალურ კერძო ქსელებში (VPN) სიმბოლოების დაშიფრვის კომბინირებული მეთოდი. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები N1(12), 2012 წ.
2. ი. ქართველიშვილი, ლ. შონია. ვირტუალური კერძო ქსელის (VPN) აგების კონცეფცია, ქსელის ფუნქციები და მათი კლასიფიკაცია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები N2(26), 2018 წ.

ADVANTAGES OF USING A VIRTUAL PRIVATE NETWORK (VPN), DESCRIPTION OF DIFFERENT PROTOCOLS AND THEIR CLASSIFICATION

M. Darchashvili, J. Kartvelishvili, M. Okhanashvili

Georgian Technical University

misha8003123@gmail.com; s.kartvelishvili@gtu.ge; m.okhanashvili@gtu.ge

Summary

The paper presents the technology of building VPN (Virtual Private Network), which is one of the most optimal options for creating a secure connection channel. At present, no one is protected from the fact that his information will be captured by the criminal through various techniques and used for bad purposes. To protect yourself from this threat, we need to take care of the transmitted data, for which various protected protocols are used for data transmission in the network, and one of such protected technologies is VPN, which in turn uses different protocols.

Keywords: Virtual Private Network. Protocols. Certificates.

კომპიუტერის არქიტექტურის მოდიფიცირება GALS ინტერფეისის საფუძველზე

ალექსანდრე ბენაშვილი, ეკატერინე გვარამია, ეკატერინე ბოჭორიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია სინქრონული და ასინქრონული სქემების შედარებითი ანალიზი. გამოკვეთილია კომპიუტერების სირთულის ზრდასა და ელემენტური ბაზის განვითარებასთან ერთად კომპიუტერების წარმადობის შემდგომი ზრდის პრობლემები. გაკეთებულია დასკვნა სინქრონული ინტერფეისების ასინქრონული ინტერფეისებით ჩანაცვლების მიზანშეწონილობის შესახებ. შემოთავაზებულია კომპიუტერის არქიტექტურის მოდიფიცირებული ვარიანტი GALS ინტერფეისის საფუძველზე, რაც სინქრონულ სქემებს შორის მონაცემების ასინქრონული გადაცემის საშუალებას იძლევა.

საკვანძო სიტყვები: კომპიუტერის არქიტექტურა; ასინქრონული სქემა; GALS სისტემა; GALS ინტერფეისი.

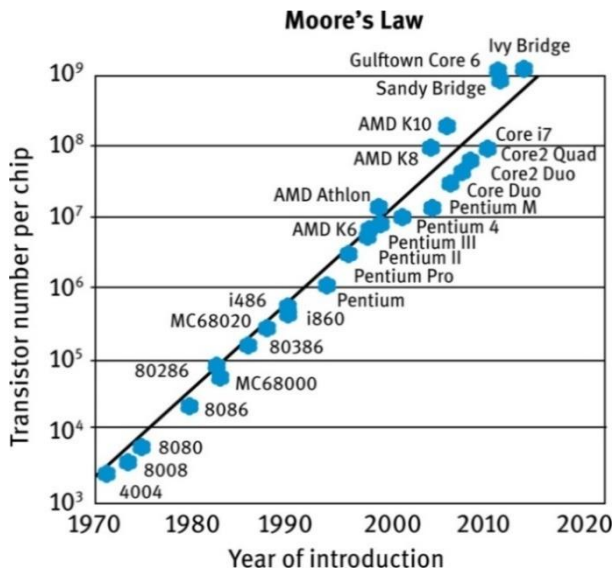
1. შესავალი

წლების განმავლობაში კომპიუტერული ტექნოლოგიების დარგში პროგრესს მიკროსქემებში ტრანზისტორების სულ უფრო მეტი რაოდენობის განთავსების შესაძლებლობა განაპირობებს. ელემენტური ბაზის განვითარება, თავის მხრივ, განსაზღვრავს კომპიუტერის ისეთ პარამეტრებს, როგორებიცაა სწრაფქმედება, მეხსიერების მოცულობა, ფასი, მოხმარებული სიმძლავრე და ამოცანათა კლასი, რომელსაც იგი ასრულებს [1]. თუმცა თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარების ანალიზის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ: კომპიუტერების წარმადობის შემდგომი ზრდა, მიკროსქემების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის გაუმჯობესების გზით, უახლოეს მომავალში ნაკლებსავარაუდოა.

2. ძირითადი ნაწილი

კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარების კუთხით საყურადღებოა მურის კანონი, რომლის თანახმადაც წლების განმავლობაში ტრანზისტორების რაოდენობის ზრდას მიკროსქემაში კანონზომიერი ხასიათი აქვს და ყოველი 18 თვის შემდეგ მათი რაოდენობა 60%-ით იზრდება (ნახ.1) [2].

თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მურის კანონის მოქმედება არ შეიძლება უსასრულოდ გაგრძელდეს. ტრანზისტორის შემადგენელი ატომების რაოდენობა და, შესაბამისად, ტრანზისტორების ზომები თანდათანობით მცირდება და უკვე კრიტიკულ ზღვარს აღწევს. ბოლო პერიოდში ძალიან გართულდა ტექნოლოგიური პროცესის გაუმჯობესება. Intel-ის პროცესორების 22 ნმ-იანი პროცესიდან 14 ნმ-იან პროცესზე გადასვლა, პროგნოზირებულთან შედარებით, 6-9 თვის დაგვიანებით მოხდა [3]. ამჟამად უკვე იწარმოება 10, 7 და 5 ნმ-იანი მიკროსქემები. თუმცა მცირენაომეტრიანი ტექნოლოგიური პროცესის რეალიზაცია საკმაოდ ძვირადღირებულია. დღეს უკვე თვალსაჩინოა ისეთი პრობლემები, როგორიცაა ენერჯის გაზრდა, დენის გაჟონვა და სხვა.



ნახ.1. მურის კანონის გრაფიკული ილუსტრაცია

ზრდისთვის არანაკლებ მნიშვნელოვანია კომპონენტების დამაკავშირებელი ინტერფეისების სწრაფქმედება. თუმცა აქაც შეზღუდვას აქვს ადგილი - ელექტრონების გადაადგილების მაქსიმალური სიჩქარე სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარეზე მაღალი ვერ იქნება. ელექტრული სიგნალების გავრცელების სიჩქარე სპილენძის გამტარებში და სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარე ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში 20 სმ/წმ-ს არ აღემატება [1].

ამრიგად, კომპიუტერის წარმადობის შემდგომი მნიშვნელოვანი ზრდა, არსებული ტექნოლოგიების პირობებში, მხოლოდ ახალი არქიტექტურული გადაწყვეტებითაა შესაძლებელი.

არქიტექტურული თვალსაზრისით, არსებობს ციფრული მოწყობილობების ორი ძირითადი კლასი: სინქრონული და ასინქრონული.

სინქრონულ სქემებში ყოველი მიკროოპერაციის შესრულება ზუსტად ფიქსირდება დროში (სინქრონიზირდება) მასინქრონიზებელი (სატაქტო) სიგნალების მიწოდებით. ეს სიგნალები იმპულსებია, რომელთა თანმიმდევრობა სპეციალური სინქროსიგნალების (სატაქტო) გენერატორის მიერ გამომუშავდება [5].

სინქრონული დიზაინი დომინირებად არქიტექტურას წარმოადგენდა კომპიუტერების განვითარების ყველა ეტაპზე, თუმცა კომპიუტერების სირთულის ზრდასთან ერთად თავი იჩინა სინქრონული დიზაინის უარყოფითმა თვისებებმა:

- სინქრონული სიგნალების გამომუშავების სიხშირე ელემენტური ბაზის დროით პარამეტრებზეა დამოკიდებული. მისი განსაზღვრისთვის ელემენტების ყველაზე გრძელი ჯაჭვის მაქსიმალურად დასაშვები დაყოვნებები უნდა შეჯამდეს და ორ სინქრონულ იმპულსს შორის ისეთი ინტერვალი შეირჩეს, რომელიც მიღებულ სიდიდეზე ნაკლები არ იქნება. ამ დროს უნდა შევურიგდეთ იმ ფაქტს, რომ რეალური გარდამავალი პროცესები ციფრულ სქემაში, როგორც წესი, ბევრად ადრე დასრულდება, ხოლო ელემენტების სწრაფქმედება მთლიანად არ იქნება გამოყენებული;

- რამდენადაც ელექტრონული სქემის სინქრონიზაცია გლობალურ სატაქტო სიგნალზეა დამოკიდებული, მნიშვნელოვანია სინქროსიგნალების გადანაწილება ყველა ელემენტზე ერთდროულად, სულ უფრო მზარდი სიზუსტით. სირთულე თვალშისაცემი გახდა მიკროსქემაში ტრანზისტორების რაოდენობის და მათი სამუშაო სიხშირის მუდმივი ზრდის პირობებში. სიტუაცია კიდევ უფრო გაართულა იმ ფაქტმა, რომ თანამედროვე სისტემებში რამდენიმე სატაქტო გენერატორი გამოიყენება, რომლებიც კომპიუტერების სხვადასხვა კომპონენტის განსხვავებულ სიხშირეებზე მუშაობას უზრუნველყოფს;

- სინქრონულ ინტერფეისებში ადგილი აქვს ე.წ. ფაზურ ძვრებს, როდესაც სიგნალები სხვადასხვა გამტარში განსხვავებული სიჩქარით ვრცელდება და მიმღებ მოწყობილობას დროის სხვადასხვა მომენტში მიეწოდება. რაც უფრო მაღალ სიხშირეზე მუშაობს ინტერფეისი და დიდია მისი სიგრძე, მით უფრო მეტ მნიშვნელობებს აღწევს ფაზური ძვრები. ამრიგად, სინქრონული ინტერფეისების გამტარების სიგრძე და სამუშაო სიხშირე ყოველთვის შეზღუდულია.

თანამედროვე კომპიუტერებისთვის პრობლემაა აგრეთვე დიდი მოხმარებული ენერჯია და, შესაბამისად, გამოყოფილი სითბო, რაც განსაკუთრებით თვალშისაცემი გახდა მიკროსქემების, განსაკუთრებით ცენტრალური პროცესორის მაღალ სიხშირეებზე მუშაობის დროს [4].

კომპიუტერის წარმადობის შენარჩუნების შემთხვევაში სითბოს გამოყოფის შემცირების ერთადერთი გზა მიკროსქემების დამზადების ტექნოლოგიის სრულყოფაა, რასაც ისევ ტრანზისტორების ზომების შემცირების აუცილებლობამდე მივყავართ. ამრიგად, კომპიუტერის წარმადობის შემდგომი ზრდა მიკროსქემების, განსაკუთრებით ცენტრალური პროცესორის სატაქტო სიხშირის ზრდის საფუძველზე არსებული ტექნოლოგიების პირობებში ვერ მოხდება.

გარდა მიკროსქემების მუშაობის სატაქტო სიხშირისა, კომპიუტერის წარმადობის შემდგომი

კიდევ უფრო რთულდება სიტუაცია თანამედროვე SoC სისტემების დაპროექტებისას. SoC მეთოდოლოგია გულისხმობს წინასწარ დამუშავებული მოდულების გაერთიანებას ერთ კრისტალში. ამრიგად, SoC სისტემა უნდა დამუშავდეს სხვადასხვა კომპონენტის საექსპლუატაციო მოთხოვნებთან დაკავშირებული დროითი შეზღუდვების გათვალისწინებით, რაც მოითხოვს რამდენიმე, სხვადასხვა სატაქტო სიხშირეზე მომუშავე სატაქტო გენერატორის დროში ურთიერთშეთანხმებულ, სინქრონულ მუშაობას [6].

ასინქრონულ სქემებში სატაქტო სიგნალები არ გამოიყენება. მონაცემთა გადაცემა ე.წ. „ხელის ჩამორთმევის“ (handshake) სიგნალების საფუძველზე სრულდება, რომლებიც ასინქრონული ქვებლოკების მიერ გენერირდება [7]. ასინქრონული სქემები შემდეგი დადებითი თვისებებით ხასიათდება:

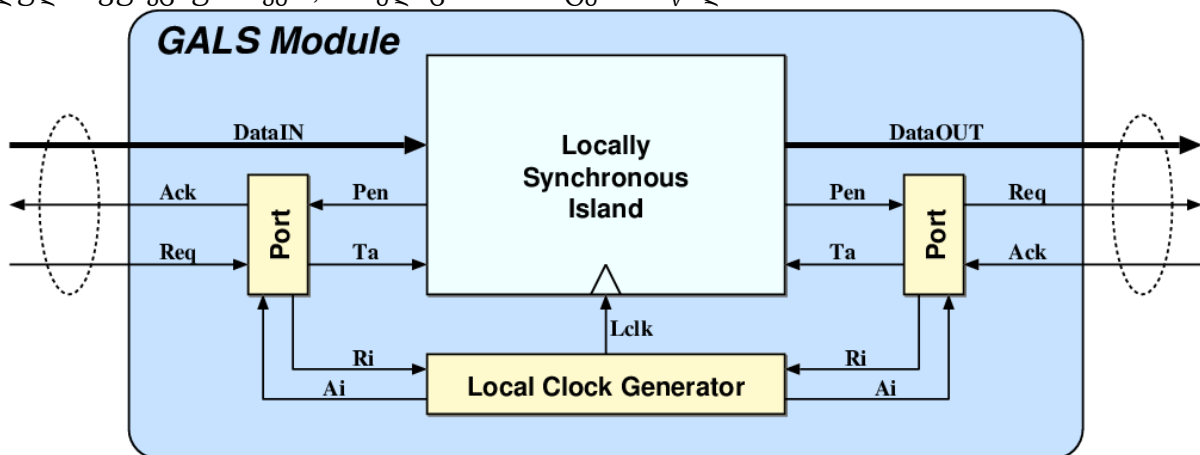
- არ აქვთ სატაქტო გენერატორი, ამიტომ სატაქტო სიგნალების გავრცელებასთან დაკავშირებული პრობლემები ასინქრონული სქემებისთვის უცხოა;
- სინქრონული სქემებისგან განსხვავებით, რომელთა სატაქტო სიხშირე, სწრაფქმედების თვალსაზრისით, უარესი შემთხვევის გათვალისწინებით შეირჩევა, ასინქრონულ სქემებში გადაცემის დასრულებისთანავე შესაბამისი დამადასტურებელი სიგნალი გენერირდება. ამრიგად, სქემებში, რომელთა სწრაფქმედების საშუალო და უარესი მაჩვენებლები განსხვავებულია, ასინქრონული სქემის სწრაფქმედება რამდენიმე ოპერაციის შესრულების შემთხვევაში იმავე დანიშნულების სინქრონული სქემის სწრაფქმედებას აღემატება;
- „ფუჭი სვლის“ არქონა. მაშინაც კი, როდესაც სინქრონული სქემა უმოქმედოა, სინქრონულ სიგნალებთან დაკავშირებულ დინამიურ სიმძლავრეს მოიხმარს. ასინქრონული სქემა უმოქმედობის შემთხვევაში უბრალოდ მოთხოვნას ელოდება.

ისმის ლოგიკური კითხვა: მიუხედავად ასინქრონულ არქიტექტურასთან შედარებით, სინქრონული დიზაინის უარყოფითი თვისებების არსებობისა, რამ განაპირობა მისი დომინირებადი როლი კომპიუტერების არქიტექტურაში?

პასუხი შემდეგია:

- ასინქრონულ სქემებთან შედარებით, სინქრონული სქემები უფრო მარტივია. ერთი მოწყობილობა გადასცემს, ხოლო მეორე იღებს ინფორმაციას მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის გარეშე;
- გამოირჩევა უფრო ნაკლები აპარატურული დანახარჯებით;
- ასინქრონული სქემების დაპროექტების მეთოდები რთულია და იშვიათად წარმოადგენს საინჟინრო განათლების ნაწილს;
- კომპიუტერების განვითარების საწყის ეტაპებზე სინქრონული სქემების უარყოფითი თვისებები არ იყო იმდენად თვალში საცემი. ამდენად, ისინი ტრადიციულია, კარგად გამოკვლეული, არსებობს მათი მათემატიკური უზრუნველყოფის სრული სპექტრი;
- ასინქრონული სქემების დანერგვა დიდ მატერიალურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული, ხოლო ეკონომიკური უკუგება მოცემულ ეტაპზე არასაკმარისია.

არსებული პრობლემების დასაძლევად ერთ-ერთი პროგრესული მიმართულებაა GALS (Globally asynchronous locally synchronous) არქიტექტურის რეალიზაცია. მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილია GALS მოდულის ფუნქციური სქემა, რომელიც GALS სისტემის ნაწილია.



ნახ.2. GALS მოდული

GALS არქიტექტურის მიხედვით სისტემა შედგება სინქრონული ფუნქციური ბლოკებისგან, რომლებიც ასინქრონულად ურთიერთქმედებენ [7]. ყოველი GALS მოდულის საფუძველს წარმოადგენს „ლოკალურად სინქრონული კუნძული“ (Locally Synchronous Island). სატაქტო სიგნალებს „კუნძულისთვის“ გამოიმუშავებს ლოკალური სატაქტო გენერატორი, ხოლო GALS მოდულს შორის ინფორმაციის გაცვლას მართავს პორტების სპეციალიზებული კონტროლერი. კონტროლერი ასინქრონული მოწყობილობაა, რომელიც მონაცემების გადაცემის დროს, მონაცემების მთლიანობის დაცვის მიზნით, აჩერებს ლოკალურ სატაქტო გენერატორს.

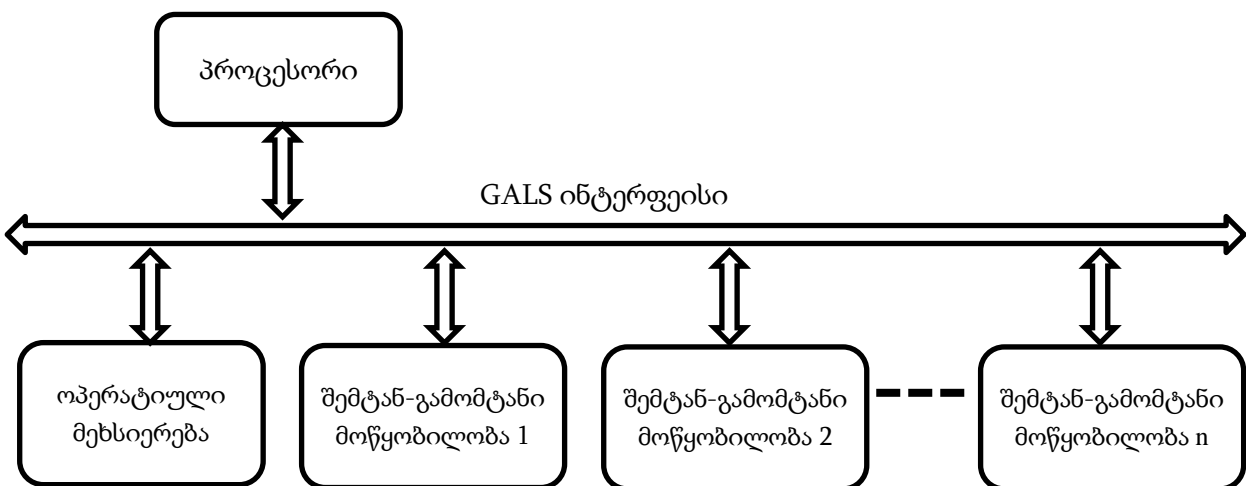
GALS მოდული, სხვა ანალოგიურ GALS მოდულებთან ინფორმაციის გაცვლის ორგანიზაციისთვის, იყენებს ოთხფაზიან პაკეტურ გადაცემაზე დაფუძნებულ პროტოკოლს.

თავდაპირველად GALS მოდული აგენერირებს პორტის ჩამრთველ სიგნალს (Pen), რომელიც ააქტიურებს კონტროლერის პორტს (Port). შედეგად კონტროლერი აგზავნის მოთხოვნის სიგნალს (Ri), რომლითაც აჩერებს ლოკალურ სატაქტო გენერატორს (Local Clock Generator). მას შემდეგ, რაც გენერატორი შეწყვეტს Lclk სატაქტო სიგნალების გამოიმუშავებას, გასცემს დამადასტურებელ სიგნალს (Ai), რის შედეგადაც GALS მოდულს აჩერებს.

შემდეგ პორტის კონტროლერი გაააქტიურებს სიგნალს Req, რომელიც, თავის მხრივ, ატყობინებს მიმღებ GALS მოდულს, რომ ახალი მონაცემები მზადაა გადაცემისთვის. მიმღები GALS მოდული ანალოგიურ ეტაპებს გაივლის და როდესაც მზად იქნება მონაცემთა მიღებისათვის, გამოიმუშავებს დამადასტურებელ სიგნალს (Ack). ამ დროს ორივე მოდულის ლოკალური სატაქტო გენერატორი გაჩერებულია და მიმღები GALS მოდული უსაფრთხოდ იღებს მონაცემებს. შემდეგ handshake სიგნალები ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. თავდაპირველად მიმღებ GALS-ში გაითიშება Req სიგნალი, ხოლო გადამცემ GALS-ში – Ack სიგნალი. Ri სიგნალის გათიშვა ათავისუფლებს სატაქტო გენერატორს, რის შემდეგაც იგი ჩვეულებრივ აგრძელებს სატაქტო სიგნალების გამოიმუშავებას. პორტის კონტროლერი გამოიმუშავებს მონაცემების გადაცემის დადასტურების სიგნალს (Ta), რითაც GALS მოდულს ატყობინებს მონაცემების წარმატებული გადაცემის შესახებ.

ამჟამად კომპიუტერულ სისტემებში არაერთი ინტერფეისი გამოიყენება, მაგალითად: QPI, DMI (პროცესორის გარე სალტეები), PCI, PCI Express (პლატა-ადაპტერებისთვის), ATA, SATA (დამგროვებლებისთვის), SCSI, SAS (სერვერული დამგროვებლებისა და პერიფერიისთვის), USB (კომპიუტერის პერიფერიისთვის), FireWire (საყოფაცხოვრებო პერიფერიისთვის) და ა.შ. რასაკვირველია, ბევრად უფრო მარტივი იქნებოდა კომპიუტერში ერთი უნივერსალური ინტერფეისის გამოყენება, თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ თითოეულ ინტერფეისის მიმართ წაყენებულია სხვადასხვა მოთხოვნა, შესაბამისად, აქვთ განსხვავებული ტექნიკური მახასიათებლები და სხვადასხვა სიხშირეზე, სინქრონულად მუშაობენ.

ნახ.4-ზე წარმოდგენილია GALS სისტემის საფუძველზე დამუშავებული კომპიუტერის გამარტივებული ფუნქციური სქემა. GALS სისტემის რეალიზაცია შესაძლებელს გახდის ზემოთ ჩამოთვლილი ინტერფეისების ნაცვლად, ერთი უნივერსალური ინტერფეისის გამოყენებას, რომლის საშუალებითაც მოხდება ასინქრონული კავშირის რეალიზაცია კომპიუტერის სინქრონულ კომპონენტებს შორის.



ნახ.4. GALS სისტემის გამარტივებული ფუნქციური სქემა

არსებულ სისტემებთან მეტი შეთავსების უზრუნველყოფის მიზნით შესაძლებელია ორი GALS ინტერფეისის რეალიზაცია. ერთი ინტერფეისი პროცესორს დააკავშირებს მესხიერებასთან, ხოლო მეორე – შემტან-გამომტან მოწყობილობებთან.

3. დასკვნა

ტრადიციულად, კომპიუტერებში უპირატესობა სინქრონული სქემების გამოყენებას ენიჭება, რასაც მათი სიმარტივე და ტრადიციულობა განაპირობებს. თუმცა კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე სულ უფრო თვალსაჩინო გახდა სინქრონული არქიტექტურის ნაკლოვანებები, რომელიც არ იძლევა კომპიუტერის მოწყობილობების პოტენციური სწრაფქმედების სრული გამოყენების შესაძლებლობას. კომპიუტერის არქიტექტურის მოდიფიკაცია, ასინქრონიზმის პრინციპის საფუძველზე, უახლოეს პერიოდში ნაკლებად სავარაუდოა, რადგან ძირეულ ცვლილებებს მოითხოვს კომპიუტერის როგორც აპარატურული, ისე პროგრამული უზრუნველყოფის სფეროში.

შემოთავაზებულია კომპიუტერის არქიტექტურის მოდიფიკაცია GALS ინტერფეისის საფუძველზე, რაც კომპიუტერის სინქრონულ კომპონენტებს შორის მონაცემთა ასინქრონული გადაცემის შესაძლებლობას იძლევა.

ლიტერატურა

1. Andrew S. Tanenbaum. Structured computer organization. Fifth Edition, Pearson Education, 2006.
2. David A. Patterson. John L. Hennessy. Computer organization and design. The hardware software interface. second edition. 2021.
3. ა. ბენაშვილი, გ. ბენაშვილი. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. მე-3 გამოცემა. I ნაწილი. თბილისი: „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017.
4. ა. ბენაშვილი, თ. კუცია, გ. ბენაშვილი. ენერგოეფექტურობა, როგორც პროცესორების განვითარების ძირითადი ტენდენცია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. მართვის ავტომატიზირებული სისტემები. შრომები #1(28). 2019. გვ. 88-92.
5. Stallings, William. Computer organization and architecture: designing for performance. - Tenth edition. Pearson Education, Inc., 2016.
6. S. Dasgupta, A. Yakovlev. Comparative analysis of GALS clocking schemes. IET Computers & Digital Techniques. Volume 1, Issue 2, March 2007. p. 59-69.
7. Frank K. Gürkaynak GALS System Design. Side Channel Attack Secure Cryptographic Accelerators. Integrated Systems Laboratory. ETH Zurich. 22 November 2005. Ph.D. Thesis Presentation (https://iis-people.ee.ethz.ch/~kgf/acacia/acacia_talk.pdf).

MODIFICATION OF THE COMPUTER ARCHITECTURE BASED ON THE GALS INTERFACE

A. Benashvili, E. Gvaramia, E. Bochoridze

Georgian Technical University

a.benashvili@gtu.ge; e.gvaramia@gtu.ge; e.bochoridze@gtu.ge

Summary

The article represents a comparative analysis of synchronous and asynchronous circuits. The problems of further increasing of productivity of computers are highlighted along with increase of complexity and development of element base. The conclusion is made about the expediency of replacing synchronous interfaces with asynchronous ones. A modified version of the computer architecture based on the GALS interface is proposed, which allows asynchronous data transfer between synchronous circuits

Keywords: Computer architecture. Asynchronous circuits. GALS systems. GALS interface.

კვების პროდუქტებში ნიტრატ-იონების კონცენტრაციის დამდგენი მოწყობილობისათვის PN პარამეტრის გამოთვლის ალგორითმისა და მუშა ფორმულების შემუშავება

თამარ ქოჩაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია კვების პროდუქტების ხარისხის პარამეტრების განსაზღვრის ალგორითმისა და მუშა ფორმულების დამუშავება. კერძოდ, PN გამოთვლის ფორმულის გამოყვანა U_x მიღებული ძაბვის მიხედვით და კონცენტრაციის ნაწინასწარმეტყველები შეფასება PNO_3 მიხედვით. შემუშავებულია ხელსაწყო მოქმედების ალგორითმი, არჩეულია საბაზო მიკროკონტროლერი და შემოთავაზებულია ხელსაწყო ფუნქციური და ელექტრული სქემები. შემოთავაზებული ხელსაწყო პროგრამულ-აპარატურული უზრუნველყოფის შექმნისათვის გამოყენებული იყო პროგრამული გარსი MPLAB და ელექტროსქემების მოდელირებისა და ავტომატური დაპროექტების სისტემები (Multisim, Ultibord, Proteus).

საკვანძო სიტყვები: ნიტრატები, მიკროპროცესორი, პოტენციალი, ელგამტარობა, პორტატული.

1. შესავალი

თანამედროვე ნანოტექნოლოგიების პერიოდში ხელსაწყოთმშენებლობაში ფართოდ გამოიყენება მიკროპროცესორული ტექნიკა; მისი გამოყენება საზომ ხელსაწყოთა გარდაქმნის ინტელექტუალურ მოწყობილობად, რომელსაც შეუძლია საზომი სისტემის სრული ავტომატიზაცია, ინფორმაციის დამუშავება და სასურველი ფორმით წარმოდგენა.

ცნობილია, რომ სოფლის მეურნეობის აღმავლობა მჭიდროდაა დაკავშირებული მის ქიმიზაციასთან, ქიმიის მიღწევების გამოყენებასთან, ქიმიური მრეწველობის განვითარებასთან. სოფლის მეურნეობაში მოსავლიანობის გაზრდის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური ღონისძიებაა სასუქების ფართოდ და სწორად გამოყენება. მეხილეობისა და მევენახეობის განვითარება, ასევე, შეუძლებელია სოფლის მეურნეობის მავნებლების საწინააღმდეგო საშუალებათა პრეპარატების და სხვათა გამოყენების გარეშე.

მეორე მხრივ, სახალხო მეურნეობის განვითარების და მოსახლეობის მზარდ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილების ინტერესები მოითხოვს სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გადამუშავებას, მაქსიმალური ეფექტურობით გამოყენებას, ხოლო აღნიშნული პროდუქციის გადამუშავება, მისი გაკეთილშობილება ძირითადად ქიმიურ ქარხნებში ხდება (შაქარი, კონსერვების, რძის ნაწარმის, ღვინო-კონიაკის, ლუდის, ჩაის, საშაქარლამო ნახელების, ზეთების და სხვა წარმოება). ამრიგად, წარმოდგენილია თანამედროვე სოფლის მეურნეობის არსებობა და წინსვლა ქიმიისა და ქიმიური მრეწველობის გარეშე.

2. ძირითადი ნაწილი

მიწის სასოფლო-სამეურნეო კულტურა სასტიკად განსაზღვრული ტექნოლოგიური პროცესია, რომელიც მოითხოვს მეცნიერულ საფუძველს, რომლის გარეშე შეუძლებელია სოფლის მეურნეობის განვითარებამ სწორი მიმართულება მიიღოს [1,2]. დღეს არ შეიძლება დაგვიკმაყოფილდეთ იმით, რასაც ბუნება იძლევა, საჭიროა მოვახდინოთ ნიადაგის შემადგენლობისა და ხასიათის შეცვლა, მისი ეფექტურობის გაზრდა ნაკლოვანებათა ლიკვიდაციის გზით.

საჭიროა ნიადაგის ფენების და თვისების გამოსწორება, ორგანული სასუქების ზომიერად შეტანა, ვინაიდან დიდი დოზით შეტანა ნიადაგის აგრონომიულ თვისებებს აუარესებს და ამავე დროს ხდება პროდუქტების გაჯერება მომწამლავი ქიმიკატებით.

ასეთ მომწამვლელ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ნიტრატები და მისი სხვადასხვა სახის ნაერთები და მინარევები. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია კვების პროდუქტების რეგულარული კონტროლი. ნიტრატები არსებობს ორნაირი: მეტალების, რომლებიც აზოტმყავას მარილებია და ორგანული, ეთერებისა და ანჰიდრიდების სახით. წყალში ადვილად ხსნადობის გამო, ნიადაგი მათ იოლად ითვისებს სასუქების სახით, მაგრამ ზედმეტის მიცემისას ხდება მათი კვების პროდუქტში გაჯერება, რაც მომწამვლელია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის.

NO -სა და NO_2 -ის ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციასა და მოქმედების ხანგრძლივობაზე. NO_2 მოქმედებს სასუნთქ ორგანოებზე, იწვევს გულის რევის შეგრძნებას, ფილტვების და სასუნთქი ორგანოების დაზიანებას, ქრონიკულ ბრონქიტს, აქტიურობის დაკარგვას, შაქრის მომატებას.

ნიადაგში ნიტრატები ხვდებიან სასუქების სახით და შემდეგ ნიადაგიდან კვების პროდუქტებში, ამიტომ აუცილებელია მათი შემოწმება ნიტრატების შემცველობაზე და, ამდენად, კვების პროდუქტების უსაფრთხოებაზე [4].

ნატრიუმი, როგორც ელემენტი, მე-19 საუკუნეში აღმოაჩინეს. 1807 წლის 19 ნოემბერს ლონდონში სამეფო საზოგადოების კრებაზე ხემფრი დევიმ ოფიციალურად გამოაცხადა ნატრიუმისა და კალიუმის აღმოჩენის შესახებ. 1890 წელს ნატრიუმი ელექტროლიზით მიიღეს.

დღეისთვის ნატრიუმის გამოყენების სფერო განუსაზღვრელია. იგი გამოიყენება წყალქვეშა ნავებში, რადგა ლღვება 98°C-ზე, ხოლო დუღს - 883°C-ზე. ძალიან დიდია ტემპერატურული ინტერვალი გახსნილ მდგომარეობაში.

წყალში გვხვდება მინარევების სახით და მისი მაღალი კონცენტრაცია ისევე არასასურველია, როგორც ნაკლებობა, რადგან სასმელ წყალში იწვევს ჯანმრთელობისათვის მავნე თვისებების გაზრდას და უვარგისია კვებისთვის.

აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ნატრიუმის იონების განსაზღვრა სხვადასხვა სითხეში, როგორცაა: სასმელი ზედაპირული წყლები, ჩამდინარე წყლები, მიწისქვეშა წყლები და სხვა.

ნატრიუმის იონების აქტიურობის გასაზომად წყალხსნარებში იყენებენ NCl-51-07 ტიპის მინის ელექტროდებს, დამხმარე ქლორ-ვერცხლის ელექტროდთან (ZnCl-1 M3) ერთად [3].

pNa ელექტროდის გაზომვის ზღვრები 0-დან 40 pNa-მდე დიაპაზონს შეადგენს 5-დან 60°C-მდე ტემპერატურის პირობებში.

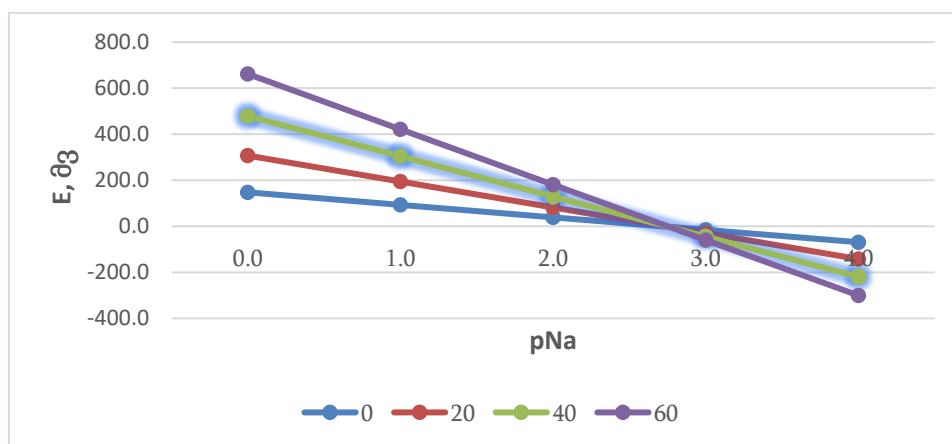
pNa ელექტროდის ელექტრული წინაღობა 20°C-ის დროს 20-დან 200-მდე მეგაომს შეადგენს.

დამხმარე ელექტროდის ელექტრული წინაღობა KCl-ის ნაჯერ ხსნარში 20°C-ის დროს უნდა იყოს არაუმეტეს 20 ომი.

ცხრილში (ცხრ.2) მოყვანილია ელექტროდული სისტემის მიერ გამომუშავებული ე.მ. ძალის (E) დამოკიდებულება ხსნარის ტემპერატურაზე, რომლის გათვალისწინება აუცილებელია pNa-ს რაოდენობრივი მაჩვენებლის ზუსტი დადგენისათვის. ცხრილის მიხედვით აგებული გრაფიკები მოცემულია ნახ.1-ზე. რომელიც გვიჩვენებს ე.მ. ძალის დამოკიდებულებას pNa-ს ხსნარის ტემპერატურაზე

ცხრ.2

pNa	ხსნარის ტემპერატურა, °C			
	0	20	40	60
	E, მილივოლტი			
0,0	147,6	159,5	171,4	183,2
1,0	93,4	101,3	109,2	117,2
2,0	39,2	43,0	47,1	51,1
3,0	-15,0	-15,0	-15	-15
4,0	-69,2	-73,2	-77,1	-81,1



ნახ.1

ცხრილში მოყვანილი მონაცემები შეესაბამება რეალურად ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგებს. იგი ჩატარდა ხელსაწყოთა შემადგენლობაში შემავალი თანრიგობრივი გაწონასწორების მეთოდზე დაფუძნებული [4] ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის (აცგ) საყრდენი ძაბვის მნიშვნელობის შესარჩევი გამოთვლებითა და გასაზომი ე.მ. ძალის დიაპაზონის ნორმირებისათვის საჭირო მათემატიკური გარდაქმნების საფუძველზე. როგორც ცნობილია, აღნიშნულ მეთოდზე დაფუძნებული აცგ-ს მიერ გამომუშავებული კოდი განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$K = (2^m - 1) \cdot U_x / U_{ref} \tag{1}$$

სადაც U_x არის აცგ-ის შესასვლელზე მიწოდებული გასაზომი ძაბვა, U_{ref} – აცგ-ს საყრდენი ძაბვის მნიშვნელობა, ხოლო m – აცგ-ის თანრიგოვნება და ჩვენს შემთხვევაში $m=10$. ცხრ.2-ში მონაცემების საფუძველზე ვადგენთ გამომუშავებული ე.მ. ძალის ცვლილების დიაპაზონს, რომელიც ასევე U_x გასაზომი ძაბვა და ვაზუსტებთ გაზომვის დიაპაზონის საზღვრებს მეტობით, ანუ ვიღებთ გაზომვის დიაპაზონს – 200-400 მვ. ფორმულა (1) მიხედვით გასაზომი ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს აცგ-ის საყრდენი ძაბვის მნიშვნელობას. აქედან გამომდინარე, გაზომვის დიაპაზონში აცგ-ის მიერ გამომუშავებული მაქსიმალური კოდის მისაღებად საყრდენი ძაბვის მნიშვნელობას ვიღებთ $U_{ref} = 400$ მვ - ის ტოლს.

ქვემოთ მოცემულია ms EXCEL სისტემაში ჩატარებული გამოთვლები, რომლის საფუძველზეც დადგინდა ზემოაღნიშნული საკვლევი პარამეტრების მნიშვნელობები და შემუშავდა ხელსაწყოთა ალგორითმში შემაჯავალი მუშა ფორმულა.

pN=0,025*Ux -5 ; Uref=400,0mV; C=60000*EXP(-2.303*pN)								
№	Uref	Ux mV	pN	ADC	(ADC)hex	C_etalon	C mGr/L	(C)hex
1	400	200,000	0	511	1FF	60000	60000	EA60
2	400	200,196	0,00489	512	200		59328	E7C0
3	400	200,587	0,01466	513	201		58007	E297
4	400	200,978	0,02444	514	202		56716	DD8C
5	400	201,369	0,03421	515	203		55453	D89D
6	400	201,760	0,04399	516	204		54219	D3CB
7	400	202,151	0,05376	517	205		53012	CF14
8	400	202,542	0,06354	518	206		51832	CA78
9	400	202,933	0,07331	519	207		50678	C5F6
10	400	203,324	0,08309	520	208		49550	C18E
11	400	203,715	0,09286	521	209		48447	BD3F
12	400	204,106	0,10264	522	20A		47368	B908
13	400	204,497	0,11241	523	20B		46314	B4FA

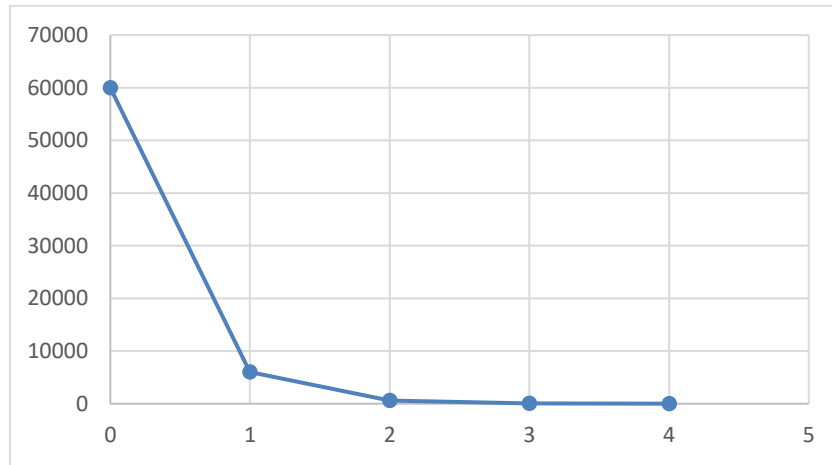
ნახ.2

ქვემოთ მოცემულია (C) კონცენტრაციის ნაწინასწარმეტყველები შეფასება PNO₃ მიხედვით (მუშა ფორმულა)

$$C=6000 e^{(-2,303 \cdot Pn)} \tag{2}$$

ცხრ.3

PNO ₃	C'-ნაწინასწარმეტყველები შეფასება
0	60000
1	5997,51107
2	599,502318
3	59,9253632
4	5,99005049



ნახ.3

3. დასკვნა

ამგვარად, შემუშავებულია ნიტრატების კონცენტრაციის გამზომი მიკროპროცესორული ხელსაწყო, რომელსაც აქვს კომპიუტერთან დასაკავშირებელი საკომუნიკაციო არხი, რომლის საშუალებითაც კომპიუტერს მიეწოდება ხელსაწყოს მიერ გაზომილი პარამეტრები ინფორმაციის შემდგომი გადამუშავების (ან დაგროვების) მიზნით. შემუშავებულია ხელსაწყოს ალგორითმი და შექმნილია პროგრამული უზრუნველყოფა, აგრეთვე შემოთავაზებულია ხელსაწყოს ფუნქციური და ელექტრული სქემები. ხელსაწყოს პროგრამულ-აპარატურული უზრუნველყოფის შექმნისათვის გამოყენებული იყო პროგრამული გარსი MPLAB და ელ. სქემების მოდელირებისა და ავტომატური დაპროექტების სისტემები (Multisim, Ultibord, Proteus). ხელსაწყო წარმატებით გამოიყენება ისეთ სფეროებში, როგორც კვების მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, ეკოლოგია და სხვა.

ლიტერატურა

1. ვ. ფადიურაშვილი. ეკოლოგიური ექსპერტიზის საფუძვლები. თბილისი: სტუ, 2007.
2. ვ. ფადიურაშვილი, ს.კოლომიკოვი. მეთოდური მითითებები საექსპერტო ლაბორატორიებში ფიზიკურ-ქიმიური ექსპერტიზის ჩასატარებლად. თბილისი: სტუ, 2011
3. ვ. ფადიურაშვილი, ვ. დოლიძე, ნ. იაშვილი, ქ. მახაშვილი. ელექტროქიმიურ პროცესებში ელექტროდულ სისტემათა საფუძვლები. თბილისი: სტუ, 2014.
4. ზ.აზმაიფარაშვილი, ო.ტომარაძე. სენსორები და ინტელექტუალური საზომი საშუალებები. თბილისი: სტუ, 2017.

DEVELOPMENT OF THE PN PARAMETER CALCULATION ALGORITHM AND WORKING FORMULAS FOR THE DEVICE FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF NITRATE IONS IN FOOD PRODUCTS

Tamar Kozashvili
Georgian Technical University
kozashvili.t@gtu.ge

Summary

The article discusses the development of an algorithm and working formulas for determining indicators of food quality. In particular, the derivation of the formula for calculating the ST according to the obtained voltage U_x and the predictive estimate of the concentration according to PNO3. An algorithm for the operation of the device has been developed, a basic microcontroller has been selected, and functional and electrical circuits of the device have been proposed. To create the software and hardware for the proposed device, the MPLAB software shell and systems for modeling and automatic design of electronic circuits (Multisim, Ultiboard, Proteus) were used.

Key words: nitrates, microprocessor, potential, electrical conductivity, portable.

ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება ორგანიზაციის საქმიანობაში

მედეა თევდორაძე, ანა გერგაული, თამთა რუხაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
medeat@gtu.ge; gergauli.ana@gtu.ge; tamtarukhadze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობები და, შესაბამისად, მისი აქტუალობა, საჭიროება და, ზოგიერთ შემთხვევაში, გამოყენების გარდაუვალობა ორგანიზაციების საქმიანობაში. წარმოდგენილია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების სხვადასხვა მიმართულება და სფეროები, ასევე ის პრობლემები და გამოწვევები, რომლებსაც შეიძლება წააწყდეს ორგანიზაცია ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისა და ტექნოლოგიების დანერგვის პროცესში. მოცემულია ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება სხვადასხვა მიმართულებით, მათ შორის ადამიანური რესურსების მართვის კუთხით, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენების ტენდენციები და სამომავლო პერსპექტივები.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი (AI); ორგანიზაციები; ადამიანური რესურსების მართვა.

1. შესავალი

ხელოვნური ინტელექტი ფართოდ შემოდის ადამიანის მოღვაწეობის ისეთ სფეროებში, როგორცაა: მედიცინა, განათლება, სამხედრო საქმე, სახელმწიფო და ორგანიზაციული მართვა, სოფლის მეურნეობა და სხვა. ყოველდღიურ ცხოვრებაში ადამიანი ასევე აქტიურად იყენებს ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებით შექმნილ მომსახურებებს (მაგალითად, ჩატ-ბოტები, ხმოვანი ასისტენტები, ონლაინ ასისტენტი და სხვა).

დღეს, სულ უფრო მეტი ორგანიზაცია იყენებს ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებს. თანამედროვე ტექნოლოგიების, კომპიუტერების სიმძლავრე და სიჩქარე საშუალებას იძლევა პარალელურად დამუშავდეს დიდი რაოდენობის ინფორმაცია და, შესაბამისად, დაინერგოს ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებიც. ხორციელდება რუტინული დავალებების, მოქმედებების ავტომატიზაცია და ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვა, ადამიანის მოღვაწეობის სხვადასხვა სფეროში, ხელს უწყობს თანამშრომლების მიერ სამუშაოს შესრულების ეფექტიანობისა და ორგანიზაციის კონკურენტუნარიანობის გაზრდას, ვინაიდან მონაცემთა ანალიზის დროს შეცდომების დაშვების ალბათობა დაბალია.

2. ძირითადი ნაწილი

ყოველდღიურ ცხოვრებაში სულ უფრო მეტად ვხვდებით ხელოვნურ ინტელექტს და მის გამოყენებას. დღეს შესაძლებელია მრავალი მაგალითის მოყვანა სხვადასხვა სფეროში ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებასთან დაკავშირებით. მაგალითად, მედიცინაში უკვე გამოიყენება ისეთი ჭკვიანი პროგრამები, როგორებიც განკუთვნილია ონკოლოგიის დიაგნოსტიკისათვის, გულ-სისხლძარღვთა და გენეტიკური დაავადებების პროგნოზირებისათვის. ჭკვიან სამაჯურებს შეუძლიათ ადამიანის სასიცოცხლო მაჩვენებლების გაზომვა (ტემპერატურის, წნევის, გულისა და სუნთქვის რიტმის, პულსის, სტრესის დონის), მონაცემების გაგზავნა მკურნალ ექიმთან და საჭიროების შემთხვევაში, ექიმის გამოძახებაც კი.

სოფლის მეურნეობაში ზოგიერთი გამოგონება უკვე გამოიყენება ფერმერების მიერ, მაგალითად, როგორცაა რობოტები, რომლებიც მოსავლის აღებაში ეხმარებიან; დრონები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მცენარეების შეწამლვას მავნებლებისგან დასაცავად. ასევე რობოტები, რომლებსაც შეუძლიათ სარეველების ამოცნობა და განადგურება და სხვა.

ჭკვიანი ქალაქის ჭრილში ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული სისტემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას გზაზე საცობების, მოძრაობის რეგულირებისათვის. შემავალი მონაცემების სახით გამოიყენება კამერებისა და ნავიგატორებისგან მიღებული ინფორმაცია, რის საფუძველზეც ხელოვნური ინტელექტის პროგრამას შეუძლია აირჩიოს შუქნიშნების მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმი.

ჭკვიანი სახლი ბოლო დროს საკმაოდ პოპულარული გახდა და აქ უხვად ვხედავთ ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებას. მას შეუძლია გააღოს კარი სახის ანალიზის საფუძველზე ან კარიბჭე – გარკვეული ბრენდის მანქანების წინა კონკრეტული ნომრით, ან დაარეგულიროს ტემპერატურა ოთახში, მოერგოს მფლობელების პრეფერენციებს, აკონტროლოს ბავშვები და შინაური

ცხოველები, ადამიანის განწყობის მიხედვით შეარჩიოს მუსიკა. გარდა ამისა, სისტემას შეუძლია უსაფრთხოების კონტროლი, ასევე აკონტროლოს წყლისა და სინათლის დანახარჯი (მოხმარება), კლიმატი, გაყვანილობის მდგომარეობა და ავტომატურ რეჟიმში დაასუფთაოს სახლი ჭკვიანი მტვერსასრუტის გამოყენებით.

დროთა განმავლობაში ასეთი ტექნოლოგიების რაოდენობა გაიზრდება და შესაძლოა ზოგიერთი მათგანი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი გახდეს.

რაც შეეხება ორგანიზაციებს, აქ, ასევე, ადგილი აქვს ფართო შესაძლებლობებს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებასთან დაკავშირებით.

ფინანსურ, კერძოდ საბანკო სფეროში ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება სხვადასხვა სახის თაღლითობების ამოსაცნობად, ოპერაციების გასაკონტროლებლად. ასევე ხელოვნური ინტელექტის მოდელები სულ უფრო ხშირად გამოიყენება ფინანსებში საკრედიტო ან სესხის განცხადებების განსახილველად. გარდა ამისა, ფინანსურ სფეროში ხელოვნური ინტელექტი შეიძლება გამოიყენებოდეს სტატისტიკაზე დაფუძნებული ტრენდებისა და საპროგნოზო ვარაუდების ანალიზისათვის, მაგალითად ვალუტის კურსი ან აქციებით ვაჭრობა, რისკების შეფასება [1].

ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები ასევე გამოიყენება მომხმარებლებისთვის პროდუქტის ძიების, ხარისხის, მომხმარებლის გამოცდილების გასაუმჯობესებლად. მაგალითად, გაყიდვებში კლიენტებთან კავშირის ავტომატიზებისთვის, მანქანური სწავლებისა და ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდებით შექმნილი ჩატ-ბოტების დანერგვით.

მარაგების ოპტიმალურ მართვას შეუძლია მნიშვნელოვნად შეამციროს დანახარჯები მასალებზე, ნაწილებსა და მზა საქონელზე. ხელოვნური ნეირონული ქსელების საშუალებით შესაძლებელი გახდა მზა საქონლის ოპტიმალური მარაგის დადგენა პროდუქტზე არსებული მოთხოვნის, შენახვისა და მატერიალური დანახარჯების მიხედვით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაძლებელია იმ როლების დაზუსტება ორგანიზაციის საქმიანობის სხვადასხვა მიმართულების მიხედვით, რომელიც შეიძლება შეასრულოს ხელოვნურმა ინტელექტმა, მაგალითად: მომარაგების დროს – მომწოდებლების შეფასება, მოთხოვნების ანალიზი სათადარიგო და სხვა ნაწილების მიმართ, ნედლეულის მიწოდების ვადების შემცირება; წარმოების ეტაპზე – ახალი პროდუქტების წარმატებული განხორციელება, წარმოების პროცესის სრულყოფა, წარმოებაში შეცდომების რაოდენობის შემცირება; მარკეტინგის პროცესში – მომსახურების/პროდუქციის მხარდაჭერის და თავად მომსახურების/პროდუქციის მიწოდების მოცულობის პროგნოზირება, ფასწარმოქმნის მართვა; მომსახურებისა და პროდუქტების მიწოდების დონეზე – სატრანსპორტო საშუალებებზე მოთხოვნების და მათი მარშრუტების დაგეგმვის გაუმჯობესება.

კორპორაციებში დღეს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ძირითადი მიმართულებები შემდეგნაირად შეიძლება დახასიათდეს: უსაფრთხოების დარღვევის აღმოჩენა და აღმოფხვრა; მომწოდებლების შესაბამისობის შეფასება, პროდუქციის მართვის ამოცანების გამარტივება/გადაჭრა, მომხმარებლების ტექნიკური პრობლემების აღმოფხვრა; მარკეტინგული აქტივობების განხორციელება (მათ შორის ფასწარმოქმნა), სიჩქარის უზრუნველყოფა, ავტომატიზაცია, რობოტების გამოყენება, მონაცემთა დამუშავება (სტრუქტურირებად და არასტრუქტურირებად მონაცემთა ანალიზი, საპროგნოზო ანალიტიკა) [2]. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ორგანიზაციებში დაკავშირებულია გარკვეულ სირთულეებთან: თუ ორგანიზაცია არ იყენებს ღრუბლოვან ტექნოლოგიებს, მაშინ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან. გარდა ამისა, ხელოვნური ინტელექტის სისტემის დამუშავება რთულია და მოითხოვს მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების ჩართულობას. ამიტომ, ხშირად აღნიშნული პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია აუთსორსინგის საფუძველზე, გარდა ამისა, ამარტივებს მზა გადაწყვეტილებების გამოყენება, ეს შეიძლება იყოს: მონაცემთა ავტონომიური ბაზები, რომლებიც მანქანურ სწავლებას იყენებენ დამოუკიდებელი აღდგენისათვის; მოდელები, ისეთი ამოცანების გადასაჭრელად, როგორცაა არის სახეთა ამოცნობა და ტექსტის ანალიზი [3].

ასევე გვინდა დავახასიათოთ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ადამიანური რესურსების მართვის მიმართულებით [4], რომლის მიზანია არის მაღალკვალიფიციური და ნიჭიერი კადრების მოზიდვა და შენარჩუნება, ასევე შესრულებული სამუშაოს შეფასებისა და სამუშაოთი კმაყოფილების დონის ზრდა. ის მოიცავს ისეთ აქტივობებს, როგორცაა პერსონალის შერჩევა, ტრენინგი და განვითარება, შესრულებული სამუშაოს შეფასება, ხელფასებისა და ბონუსების სისტემის მართვა და სხვა. აქ იკვეთება ტენდენციები, რომელიც მოყვანილია ქვემოთ [5].

უკვე არსებობს მრავალი კომპანია და მათ მიერ დამუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა, მიმართული ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოსაყენებლად პერსონალის მართვაში. თუმცა მათი შერჩევა დამოკიდებულია ორგანიზაციის ცოდნაზე, უნარებზე, გამოცდილებაზე და შესაძლებლობებზე. დღეისათვის ორგანიზაციების ინფორმაციულ სისტემებში ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები ინტეგრირებულია ისეთი ამოცანების გადაჭრასა და მომსახურებაში, როგორც არის: მომხმარებლებთან ურთიერთობის მართვა, მიწოდების ჯაჭვების მართვა, ინვესტიციები და ლოგისტიკა, პროდუქციის დაგეგმვა და დაპროექტება, ფინანსები და ბუღალტერია, პროდუქციის სასიცოცხლო ციკლის მართვა და ადამიანური რესურსები [6].

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების შესაძლო ტენდენციები

- პერსონალის შერჩევა

ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმები შეისწავლიან კანდიდატურების რეზიუმეებს, იპოვიან კონკრეტული სამუშაოსთვის ყველაზე შესაფერის კანდიდატურას, გამოავლინენ მაღალეფექტიან თანამშრომლებს და დახმარებას მიიღებენ გასაუბრების ჩანაწერის გაშიფვრაში, რათა შეირჩეს ყველაზე წარმატებული სპეციალისტები.

- პერსონალის განვითარება და სწავლება

შემუშავებული იქნება ალგორითმები, რომლებიც შეისწავლიან წამყვანი თანამშრომლების ცოდნას, ქცევას და მოქმედებას და შემდეგ ახსნის, რა უნდა გაკეთდეს, რომ ყველა დანარჩენი მუშაკი მათ დონეს შეესაბამებოდეს.

- პერსონალის მართვა და ხელმძღვანელობა

ცნობილია, რომ არსებობს მართვის მეთოდების მრავალი ნიშან-თვისება, რომელიც უზრუნველყოფს წარმატებას და არსებობს მათი მრავალი შეხამება, რომელთა გამოვლენაში მონაწილეობას მიიღებს ხელოვნური ინტელექტი.

- არასანქცირებული ქმედებები და ნორმატიული მოთხოვნების დაცვა

ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია განიხილოს ორგანიზაციული ქსელის მონაცემები და გამოავლინოს სტრუქტურული ზონები, ეთიკური ნორმების შესაძლო დარღვევები და მრავალი სხვა სახის დადგენილი მოთხოვნების არშესრულების რისკი, რომელიც მოემსახურება არაკეთილსინდისიერი მოქმედებების აღმოფხვრას.

- თანამშრომლების კეთილდღეობის უზრუნველყოფა და ჩართულობა სამუშაოებში

ხელოვნური ინტელექტი მონაწილეობას მიიღებს ქცევითი თავისებურებების განსაზღვრაში, რომლებიც გავლენას მოახდენს შრომის ეფექტიანობის დონის დაქვეითებაზე, რაც შემდგომში უზრუნველყოფს წარმატებულ მუშაობას და გაზრდის თანამშრომელთა კეთილდღეობას.

- თვითმომსახურების სერვისები თანამშრომლებისა და კანდიდატების მართვისათვის

ახალი ჭკვიანი ჩატბოტები შესაძლებელს გახდიან გამარტივდეს და ოპტიმალური გახდეს ურთიერთობების პროცესი ორგანიზაციებში.

აქ მოყვანილია ორგანიზაციაში ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის ეტაპები IBM-ის კომპანიის გამოცდილების საფუძველზე [7]. კერძოდ, HR დეპარტამენტში ხელოვნური ინტელექტის დანერგვისათვის გამოყოფილია 5 ძირითადი ეტაპი:

1. იმ ბიზნეს-პრობლემის გააზრება, რომლის გადაჭრაც ხელოვნური ინტელექტით უნდა განხორციელდეს. პრობლემა უნდა იყოს ისეთი, რომელიც შეიძლება მოგვარდეს ინფორმაციისა და მონაცემების გაუმჯობესებული ხედვით;
2. გადაწყვეტილება – ყიდვა თუ შექმნა – ორგანიზაციამ თავად უნდა მიიღოს, იყიდის მისთვის საჭირო ხელოვნური ინტელექტის აპლიკაციებს თუ თავად შექმნის საკუთარს. იმ შემთხვევაში თუ კომპანიას არ აქვს ხელოვნურ ინტელექტის მეთოდებთან მუშაობის გამოცდილება, უმჯობესია გამოყენებულ იქნას ამ სფეროში მომუშავე კომპანიების გამოცდილება;
3. იმ უნარების განსაზღვრა, რომელიც არსებობს ამ დროისთვის და რომელიც უნდა იყოს;
4. სისტემის იმპლემენტაცია (დანერგვა);
5. საწარმოს მასშტაბით გაფართოება და გამოყენება.

ამასთან, ერთად ორგანიზაციებში პერსონალთან მუშაობის სფეროში არსებობს ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის შეზღუდვები, როგორცაა ამ მიმართულებით არსებული ინდივიდუალური კომპეტენციების უკმარისობა, ინოვაციების რეალიზაციასთან დაკავშირებული ზოგადი ბარიერები, მაღალი სანდოობისა და საჭირო რაოდენობის მონაცემების უქონლობა და სხვა.

3. დასკვნა

შეიძლება გამოიკვეთოს ის ძირითადი როლები, რომელსაც ხელოვნური ინტელექტი ასრულებს ორგანიზაციებში: ეხმარება მონაცემთა მთელი პოტენციალის გამოყენებაში (მონაცემთა ანალიზი), ადგენს საიმედო პროგნოზებს (პროგნოზირება) და ავტომატიზაციას უკეთებს რთულ ამოცანებს (ავტომატიზაცია). შესაძლებელია აღვნიშნოთ ის უპირატესობა, რომელსაც ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება იძლევა – დამკვეთისგან მისაღები მოგების მოცულობის პროგნოზი, მასთან ურთიერთობის მთელი ციკლის განმავლობაში ოპერაციული და დემოგრაფიული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე (დამკვეთის მომსახურების ციკლის ფასეულობა); ფასწარმოქმნის ოპტიმიზაცია მყიდველების ქცევისა და უპირატესობის ანალიზის საფუძველზე.

რაც შეეხება ორგანიზაციის საქმიანობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მიმართულებას, როგორცია არის ადამიანური რესურსების მართვა, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება უფრო განვითარდება შემდეგი მიმართულებებით: პერსონალის შერჩევა, პერსონალის განვითარება და სწავლება, პერსონალის მართვა და ხელმძღვანელობა, არასანქცირებული ქმედებებისგან და ნორმატიული მოთხოვნების დაცვა, თანამშრომლების კეთილდღეობის უზრუნველყოფა და ჩართულობა სამუშაოებში, თვითმომსახურების სერვისები თანამშრომლებისა და კანდიდატების მართვისათვის.

ლიტერატურა

1. Melnychenko O. (2020) Principles of artificial intelligence application in control of the enterprise. No. 1 (2020): Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university. Economic sciences» DOI: 10.31651/2076-5843-2020-1-100-108
2. Протопопова А. (2021) Как искусственный интеллект применяется в бизнесе. Available from: <https://www.azoft.ru/blog/iskusstvennyj-intellekt-v-biznese/>
3. Kerzel, U. (2020). Enterprise AI Canvas Integrating Artificial Intelligence into Business. Applied Artificial Intelligence, 35(1), 1–12. doi:10.1080/08839514.2020.182614
4. Климчук Т.В., Уваров М.А.(2020). Искусственный интеллект в сфере управления персоналом. Вестник науки и образования. № 13(91). Часть 2. 2020. <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-sfere-upravleniya-personalom/viewer>
5. Bersin J. (2018) AI in HR: A Real Killer App. Available from: <https://joshbersin.com/2018/06/ai-in-hr-a-real-killer-app/>
6. Zdravković, M., Panetto, H., & Weichhart, G. (2022). AI-enabled Enterprise Information Systems for Manufacturing. Enterprise Information Systems, 16(4), 668–720. doi:10.1080/17517575.2021.1941275
- Application areas of artificial intelligence. Available from: <https://aiconference.com.ua/en/news/oblasti-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-92253>
7. Guenole N., Feinzig S. (2018). The Business Case for AI in HR. IBM Corporation. Available at: <https://www.ibm.com/downloads/cas/AGKXJX6M>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS USAGE IN AN ORGANIZATION'S ACTIVITY

Medea Tevdoradze, Ana Gergauli, Tamta Rukhadze

Georgian Technical University

medeat@gtu.ge; gergauli.ana@gtu.ge; tamtarukhadze@gtu.ge

Summary

The article discusses the capabilities of artificial intelligence and, accordingly, its relevance, necessity, and in some cases, the inevitability of its use in the activities of organizations. Various directions and fields of artificial intelligence usage are presented. The problems and challenges that may be faced by the organization during the implementation of artificial intelligence methods and technologies and afterwards are discussed. Using artificial intelligence methods in various directions, including human resource management, trends of artificial intelligence methods applications and future perspectives are presented in the context of the organization.

Key words: Artificial Intelligence (AI), Organizations, Human Resources management

ბლოკჩეინი IoT აპლიკაციებისთვის: გამოწვევები და მომავალი კვლევის მიმართულებები

ქეთევან მძელური, ილია მოსაშვილი, ნონა ოთხოზორია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნივთების ინტერნეტი (IoT) გამოთვლითი ტექნოლოგიების ერთ-ერთი საინტერესო პარადიგმაა. ის აქტიურად გამოიყენება ადამიანის ცხოვრებაში და აადვილებს მის ყოველდღიურობას. მნიშვნელოვანი გამოწვევა ნივთების ინტერნეტში უსაფრთხოება, კონფიდენციალურობა და სანდოობაა. ბლოკჩეინი ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი საინტერესო გზაა. განხილულია ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიები ნივთების ინტერნეტის აპლიკაციებისთვის, შეფასებულია თუ როგორ შეიძლება ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიის გამოყენება IoT აპლიკაციების სპექტრის გასაფართოებლად.

საკვანძო სიტყვები: დეცენტრალიზაცია; ბლოკჩეინი; ნივთების ინტერნეტი; უსაფრთხოება;

1. შესავალი

მას შემდეგ, რაც IoT ინდუსტრიული მეინსტრიმი გახდა, გაჩნდა პრობლემა, რომელიც მის დაწერვას ახლავს და ეს უსაფრთხოებაა. IoT ინფრასტრუქტურისა და სერვისების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული ძირითადი გამოწვევებია:

ინფრასტრუქტურაში მოწყობილობების ექსპონენტურად მზარდი პერსპექტივა, მოწყობილობების იდენტიფიცირება, აუთენტიფიკაცია და დაცვა;

უსაფრთხოების ცენტრალიზებული მოდელის მასშტაბირების, შენარჩუნების და მართვის სირთულე და სიძვირე;

უსაფრთხოების ცენტრალიზებულ ინფრასტრუქტურასთან დაკავშირებული პრობლემა: მარტივი სამიზნე DDoS შეტევისთვის.

ცენტრალიზებული ინფრასტრუქტურის მართვის სირთულე სამრეწველო წარმოებაში.

თუ გადავხედავთ ამ პრობლემებს შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ბლოკჩეინის ტექნოლოგია, რომელმაც შეცვალა ჩვეულებრივი წარმოდგენა ტექნოლოგიასთან დაკავშირებით და რომლითაც 2014 წლიდან დაინტერესდნენ არამხოლოდ ფინანსური კომპანიები, არამედ სხვადასხვა საწარმოები, მნიშვნელოვანი ალტერნატივაა ნივთების ინტერნეტის უსაფრთხო და სანდო გამოყენებისათვის.

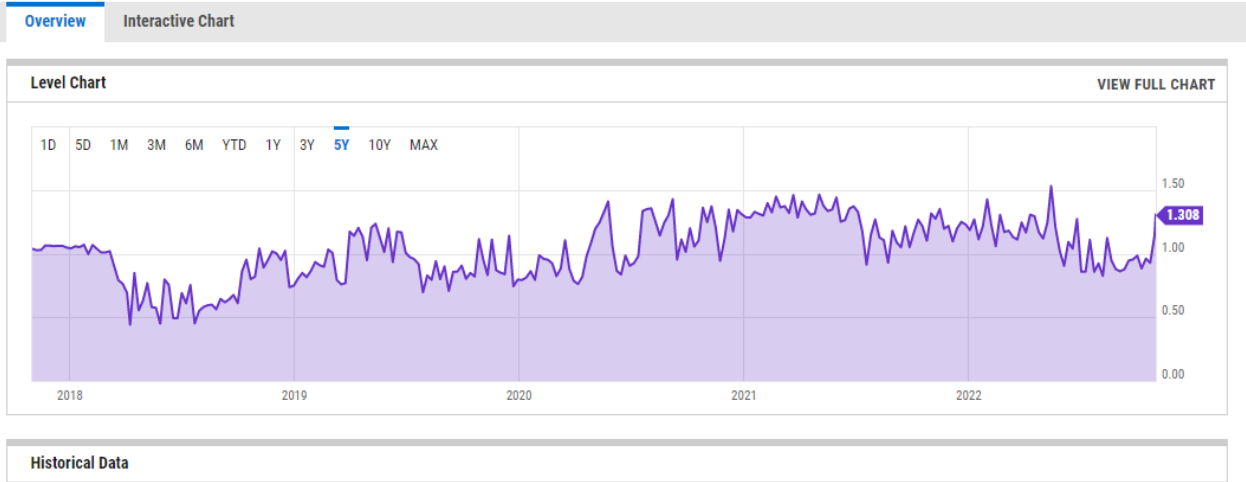
სანამ განვიხილავთ IoT-ში ბლოკჩეინის გამოყენების შემთხვევებს, მნიშვნელოვანია გავაცნობიეროთ, როგორ გამოვიყენოთ ეფექტურად ბლოკჩეინი IoT-ში. ბლოკჩეინმა უკვე გაიარა რადიკალური ევოლუციის პროცესი, მიაღწია აჟიოტაჟის პიკს, რასაც მოჰყვა იმედგაცრუებაც. ახლა ის ნელ-ნელა უბრუნდება გზას აღმავალი ტენდენციისკენ. ბლოკჩეინი იძლევა სრულყოფილ ტექნოლოგიურ საფუძველს ორგანიზაციებს შორის ციფრული ტრანზაქციების გასააქტიურებლად. ის ხელს უწყობს ტრანზაქციების უსაფრთხო ჩაწერას, ასევე უცვლელობის გარანტიას სხვადასხვა კომპიუტერში, რომლებიც დაკავშირებულია ერთმანეთთან Peer-to-peer ქსელში.

ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის IoT-ში გამოყენება დიდწილად მის სამ ძირითად მახასიათებელზეა დამოკიდებული. ეს მახასიათებლები, რომელიც შეიძლება სასარგებლო იყოს IoT-თვის არის: განაწილება, დეცენტრალიზაცია და უცვლელობა. ეს თვისებები ქმნის ახალ შესაძლებლობებს, რომელთა შორის შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი შემთხვევები: მხარეებს შორის ნდობის დამყარება, ღირებულების და დროის შემცირება, უსაფრთხოება და კონფიდენციალურობა, რისკების მინიმიზაცია. BC-IoT მიდგომა ამყარებს ნდობას სხვადასხვა დაკავშირებულ მოწყობილობებს შორის, მისი უსაფრთხოების მახასიათებლების გამო. ბლოკჩეინ ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ქსელში მხოლოდ დამოწმებულ მოწყობილობებს შორის კომუნიკაციას. ნებისმიერი ტრანზაქცია გადამოწმებული იქნება მაინერების მიერ, მცირდება ღირებულება, რადგან ის უზრუნველყოფს პირდაპირ კომუნიკაციას გამგზავნისა და მიმღებს შორის შუალედური მხარის გარეშე, მიიღწევა მოწყობილობისა და ინფორმაციის უსაფრთხოება და კონფიდენციალურობა. ყოველივე ეს უზრუნველყოფს რესურსებისა და ტრანზაქციის წარუმატებლობის მინიმიზაციას.

ბლოკჩეინისა და IoT-ის ინტეგრაციის გამოწვევებში, პირველ რიგში, უნდა განვიხილოთ შენახვის, გამტარუნარიანობისა და დაყოვნების პრობლემები. თუ შევავსებთ ეთერიუმისა და ბიტკოინის მეხსიერების მოცულობას (ნახ.1 და 2) ვნახავთ როგორ იზრდება მეხსიერების ზომა.

Bitcoin Average Block Size

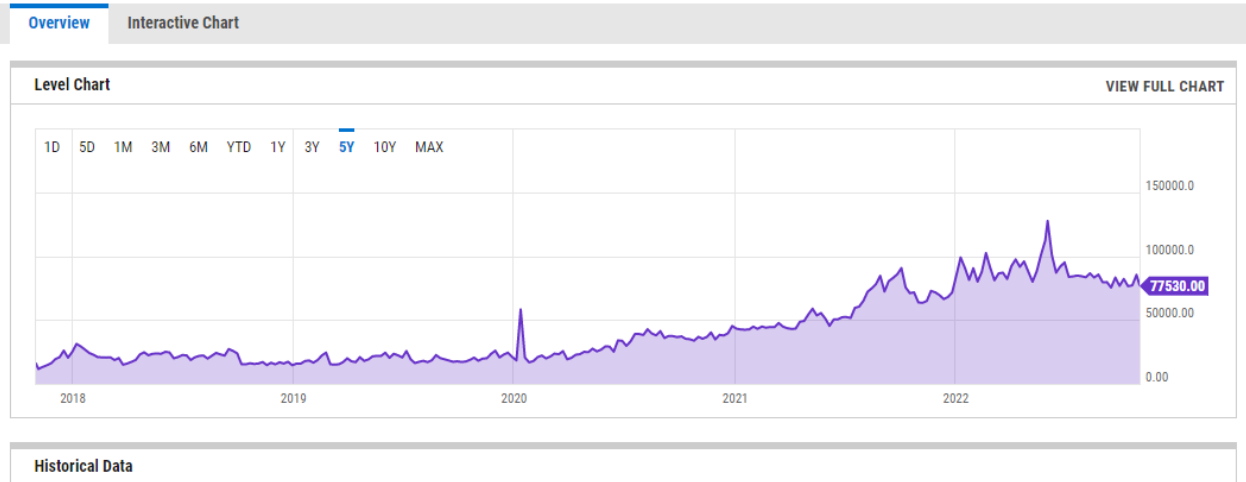
1.308 MB for Nov 01 2022



ნახ. 1. ბიტკოინის მეხსიერების მოცულობა წლების მიხედვით (https://ycharts.com/indicators/bitcoin_average_block_size)

Ethereum Average Block Size

77530.00 B for Nov 01 2022



ნახ. 2. ეთერიუმის მეხსიერების მოცულობა წლების მიხედვით (https://ycharts.com/indicators/ethereum_average_block_size)

გრაფიკიდან ადვილი დასადგენია, რომელი პლატფორმა უფრო ეფექტური მონაცემების შესანახად. ასევე, მნიშვნელოვანია დროის ერთეულებში (წმ) შესრულებული ტრანზაქციების რაოდენობის შეფასება. მიუხედავად ბლოკჩეინისთვის დამახასიათებელი მნიშვნელოვნად მიმზიდველი თვისებებისა, არსებობს რამდენიმე გამოწვევა, რომელთაგან თითოეული იმსახურებს სათანადო ყურადღებას IoT დომენში ბლოკჩეინის განთავსებამდე. Ethereum-სა და Bitcoin-ს აქვთ შენახვისა და შეყოვნების გამოწვევები. IoT სისტემა ქმნის უზარმაზარ და მოცულობით მონაცემებს, რაც ზრდის წარუმატებლობის შანსს შენახვის მოცულობის გადამეტების გამო. თუმცა მხოლოდ მოცულობის სიჭარბე არ არის ერთადერთი სტანდარტი, რათა გადაწყვიტოთ არის თუ არა კონკრეტული ბლოკჩეინი შესაფერისი. თუმცა, ეს გავლენას ახდენს როგორც სისტემის მუშაობაზე, ისე მასშტაბურობაზე.

2. ძირითადი ნაწილი

მოწყობილობების იდენტურობის დადგენა და მათ შესახებ ინფორმაციის მოძიება IoT-ის გამოყენების ერთ-ერთი საინტერესო შემთხვევაა. განვიხილოთ შემთხვევები ამ მიმართულებით IoT-ის გამოსაყენებლად. მაგ. ორიგინალური მონაცემებისა და მოწყობილობის სტატუსის შენახვა

ავთენტისტიკაციისთვის; მწარმოებელი კომპანიის ან მხარის იდენტიფიცირება, თუ მას აქვს ხარისხის უზრუნველყოფის აკრედიტაცია, სიცოცხლის ციკლის სტატუსის ჩათვლით; ორგანიზაციის ხელმოწერის დადასტურება ლეჯერში შენახული ინფორმაციის მიხედვით, რათა დავრწმუნდეთ, რომ განახლებულია პროგრამული უზრუნველყოფა სანდო წყაროებიდან; მოწყობილობის ინფორმაციის შენახვა: ტექნიკის კონფიგურაცია, ვერსიის ინფორმაცია, ჩატვირთვის კოდის ინსტალაცია კონფიდენციალურობის სტატუსის შემოწმების მიზნით და ა.შ. ბევრი მაგალითი შეიძლება მოვიყვანოთ IoT-ის ამ მიმართულებით გამოსაყენებლად.

IoT ასევე აქტიურად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქსელში წვდომის კონტროლისთვის. მაგ., ვირტუალური ფაილების გაზიარების სერვერი იყენებს ლეჯერს პიროვნებისა და აპლიკაციის იდენტიფიკაციის შესანარჩუნებლად, ბეჭდვის, შენახვის ან რედაქტირების უფლებების უსაფრთხოდ მისანიჭებლად. მაგალითად, თუ მომხმარებელმა გააკეთა შეკვეთა ონლაინ რეჟიმში და იმყოფება სახლიდან შორს, არსებობს რისკი მიწოდებისთვის. ამ შემთხვევაში მომხმარებელს შეუძლია ისარგებლოს ლეჯერით, ნაცვლად იმისა, რომ წვდომა მისცეს საკუთარ სახლში გასაღებების/მისამართების/კოდების გამოყენებით, რაც შესაძლებელია ბოროტად იქნას გამოყენებული.

IoT ასევე აქტიურად გამოიყენება კონტრაქტების განსახორციელებლად.

ბლოკჩეინის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ის, რომ მისი გამოყენება შესაძლებელია მონაცემთა მთლიანობისა და IoT-თან დაკავშირებული მონაცემების ეფექტურად დასამტკიცებლად, ციფრული ხელმოწერებისა და მონაცემთა ჰეშების თანმიმდევრობის შენარჩუნებით.

ბლოკჩეინის გამოყენებას თან ახლავს სხვადასხვა გამოწვევა, რომლის შესაბამისად სათანადო გადაწყვეტილებები მიიღება.

უპირველესი გამოწვევა ტრანზაქციის გამტარუნარიანობაა. ხშირ შემთხვევაში, ტრანზაქციის დადასტურების დროის ხანგრძლივობის გამო, რეალურ დროში შეუძლებელია IoT მონაცემების გადაცემა, რაც დაკავშირებულია დაკარგვასთან. ამიტომაც, ამ შემთხვევაში უნდა შეირჩეს ის პლატფორმები, რომლებსაც გაცილებით ნაკლები დრო სჭირდებათ ტრანზაქციის დასადასტურებლად. ცხრ.1-ში ნაჩვენებია ტრანზაქციის დროები სხვადასხვა კრიპტოვალუტისთვის, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ Bitcoin-ს ესაჭიროება გაცილებით მეტი დრო, ვიდრე სხვა პლატფორმებს.

სხვადასხვა კრიპტოვალუტის ტრანზაქციის სიჩქარე ცხრ.1

კრიპტოვალუტა	ტრანზაქცია წამში	ტრანზაქციის დადასტურების საშუალო დრო
Bitcoin	3-7	60 წთ
Ethereum	15-25	6 წთ
Ripple	1500	4 წმ
Bitcoin Cash	61	60 წთ
Steller	1000	2-5 წმ
Litecoin	56	30 წთ
Monero	4	30 წთ
IOTA	1500	2 წთ
Dash	10-28	15 წთ

მეორე მნიშვნელოვანი გამოწვევა ენერჯის მოხმარებაა, რომელიც სჭირდება კრიპტოგრაფიული ალგორითმების განსახორციელებლად. ამ გამოწვევისთვის აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას წარმოების მიერ ენერჯის ხარჯვის ეფექტური მექანიზმები.

ქსელის გამტარუნარიანობის უზრუნველსაყოფად შესაძლებელია განაწილებულ IoT ინფრასტრუქტურაში ჩანაწერები შეიქმნას ისე, რომ სრული ლეჯერი არ საჭიროებდეს რეპლიკაციას.

ბლოკჩეინის გამოყენების გამოწვევებს შორის ასევე უნდა აღვნიშნოთ: მაინინგის ხარჯები და ფასების არასტაბილურობა, მონაცემთა ჯაჭვის შენახვა და მასშტაბურობა, კონფიდენციალური პირადი გასაღები, რომელთა გადაწყვეტას მრავალი სხვადასხვა შემთხვევის განხილვა უნდა დაედოს საფუძვლად, რათა გავაქარწყლოთ სკეპტიკური დამოკიდებულება IoT მოწყობილობებთან მაქსიმალური გამტარუნარიანობისა და ანონიმურობის უზრუნველსაყოფად.

3. დასკვნა

ბლოკჩეინის გამოყენება ინტერნეტინვესტიციების ჭკვიანი და სენსორებზე დაფუძნებული მოწყობილობების ეფექტური და მასშტაბური გადაწყვეტილების განვითარებადი კვლევის სფეროა, რომელიც სწრაფად ვითარდება უზარმაზარი პოტენციალითა და სრულიად ახალი გამოწვევებით. მნიშვნელოვანია ჩატარდეს ზუსტი კვლევები ხარვეზებისა და პრობლემების დაზუსტების მიზნით, რათა მინიმუმამდე დავიყვანოთ პრობლემები, რომელიც ქსელის გამტარუნარიანობასა და ენერგოეფექტურობას უზრუნველყოფს.

ლიტერატურა

1. Younes ABBASSIa, Habib Benlahmer. IoT and Blockchain combined: for decentralized security The 2nd International Workshop on Artificial Intelligence & Internet of Things (A2IOT) August 9-12, 2021, Leuven, Belgium
2. DE Kouicem, A Bouabdallah, H Lakhlef -Internet of things security: A top-down survey Computer Networks, 2018 - Elsevier

BLOCKCHAIN IOT APPLICATIONS: CHALLENGES AND FUTURE DIRECTIONS

Ketevan Mdzeleri, Ilia Mosashvili
Georgian Technical University

Summary

Internet of Things (IoT) is one of the interesting paradigms of computing technologies. It is actively used in a person's life and makes his daily life easier. An important challenge in the Internet of Things is security, privacy and reliability. Blockchain is one of the interesting ways to solve this problem. The article discusses blockchain technologies for Internet of Things applications, evaluating how blockchain technology can be used to expand the range of IoT applications.

Keywords: decentralization; blockchain; Internet of Things; safety;

მართვის განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტების კომპიუტერული მოდელირება

ნინო მჭედლიშვილი, ნოდარ ნარიმანაშვილი, ნათია ჭინჭარაული
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

მოცემულია განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტების მოდელირების და მათი აღმწერი კერძოწარმოებულნიანი დიფერენციალური განტოლებების ამონახსნების ვიზუალიზაციის საკითხები. განხილულია ასეთი ობიექტების იდენტიფიკაციის ტექნიკური სირთულეები. პროგრამული უზრუნველყოფის სიმრავლიდან შერჩეულია PDE Toolbox პაკეტი, რომელიც Matlab/Simulink მოდელირების კომპიუტერული სისტემის გაფართოებაა. ამ პაკეტს აქვს განაწილებულპარამეტრებიანი სისტემების კვლევისა და მოდელირების მრავალმხრივი შესაძლებლობები. კერძოწარმოებულნიანი დიფერენციალური განტოლებების ამონახსნულად პაკეტი აღჭურვილია გრაფიკული ინტერფეისით, რომელიც საშუალებას იძლევა მარტივად მოვახდინოთ განაწილებული ობიექტების მოდელირება და მიღებული შედეგების ეფექტური ვიზუალიზაცია. ეს პაკეტი შეიცავს აგრეთვე მრავალრიცხოვან ფუნქციას, რომელთა დახმარებით შესაძლებელია პროგრამის კოდის შედგენა აღნიშნულ სფეროში სხვადასხვა გამოყენებითი ამოცანების ამოხსნისა და მოდელირებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: მართვის სისტემები; განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტები; სასაზღვრო ამოცანები; კომპიუტერული მოდელირება; ამონახსნების ვიზუალიზაცია.

1. შესავალი

თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნოლოგიური წარმოების ინტენსიური ყურადღების ცენტრშია მათემატიკური მოდელირების, მძლავრი გამოთვლითი საშუალებებისა და სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენება რთული სამეცნიერო და საწარმოო-ტექნიკური ამოცანების გადასაწყვეტად. ეს შეუქცევადი ტენდენცია სრულფასოვნად აისახება ავტომატური მართვის თანამედროვე სისტემების

თეორიასა და პრაქტიკაში, სადაც ჯერ კიდევ საკმარისადაა გადაუჭრელი ამოცანები, რომლებიც ძირითადად მართვის ობიექტის მათემატიკური მოდელირების და მათი ამოხსნების სირთულეს უკავშირდება. ცნობილია, რომ მხოლოდ ადეკვატური მათემატიკური მოდელის აგება იძლევა საშუალებას დავაპროექტოთ მაღალი სიზუსტის, საიმედოობისა და ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე მართვის ავტომატური სისტემა. გასათვალისწინებელია, რომ მართვის რეალური ობიექტებისათვის დამახასიათებელია არაწრფივობა, არასტაციონარულობა, განაწილება სივრცესა და დროში, რაც ობიექტის მოდელირების და მართვის ამოცანას ართულებს. ამიტომ სულ უფრო მეტ ყურადღებას იპყრობს ავტომატიზებული მოდელირების თანამედროვე მეთოდები და მათი პროგრამული რეალიზაციები.

2. ძირითადი ნაწილი

მართვის კლასიკურ თეორიაში დამუშავებულია მოდელირებისა და მართვის ეფექტური ალგორითმები, ძირითადად, თავმოყრილპარამეტრებიანი ობიექტებისა და სისტემებისათვის. ერთ ცვლადზე (დროზე) დამოკიდებული სისტემების დინამიკა ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების სასრული ნაკრებით და შესაბამისი საწყისი პირობებით აღიწერება. ამავე დროს კარგადაა ცნობილი, რომ გარკვეული ობიექტებისა და პროცესებისათვის არსებითად დამახასიათებელია ენერგეტიკული და მატერიალური ნაკადების არა მარტო დროში, არამედ სივრცეში განაწილება. მათ მიეკუთვნება პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული მართვის ობიექტები, თერმოდინამიკური, დიფუზური, გაზოდინამიკური, რხევითი და სხვა პროცესები. ასეთი ობიექტების მდგომარეობა მოიცემა მრავალი ცვლადის ფუნქციის რომელიღაც $u_1(x, t), u_2(x, t), \dots, u_n(x, t)$ ნაკრებით, სადაც x სივრცული კოორდინატების ვექტორია, ხოლო t – დრო. ობიექტების ეს კლასი ცნობილია განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტების სახელწოდებით, ხოლო ასეთი ობიექტების შემცველი მართვის სისტემები მიეკუთვნებიან განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის სისტემების კლასს. გამოვყოთ რამდენიმე თავისებურება, რომელიც განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის სისტემებს განასხვავებს ჩვეულებრივი სისტემებისგან:

- განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტებისა და სისტემების მდგომარეობა აღიწერება კერძოწარმოებულნიანი დიფერენციალური, ინტეგრალურ-დიფერენციალური განტოლებებით და მათთან დაკავშირებული სასაზღვრო პირობებით.
- მნიშვნელოვნად გაფართოებულია სისტემაზე მოქმედი გარე ზემოქმედებათა კლასი, რადგან ზემოქმედებები შესაძლოა განაწილებული იყოს დროსა და სივრცეში.
- ობიექტის მდგომარეობის დროით-სივრცული კონტროლის სირთულე, შესაბამისად განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის კანონებისა და რეგულატორების სინთეზის პრობლემა.

ზემოაღნიშნული ფაქტორები განაპირობებს თანამედროვე რთული მართვის სისტემების ავტომატიზებული მოდელირების აქტუალურობას.

განვიხილოთ მეორე რიგის განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტების მოდელირების ამოცანები არასტაციონარული თბოგამტარების მაგალითზე. ზოგადად, სითბოგადაცემის პროცესი ხასიათდება ტემპერატურის არასტაციონარული $f(x, y, z, t)$ სივრცულ-დროითი ფუნქციით, სადაც x, y, z დეკარტის სივრცული კოორდინატებია, ხოლო t – დრო. სხეულში ტემპერატურის ერთობლიობა ქმნის ამ სხეულის ტემპერატურულ ველს. ტიპურ სიტუაციად განვიხილება სითბოგადაცემის არასტაციონარული პროცესი მყარ სხეულში, რომელიც მიმდინარეობს იზოთერმული ზედაპირის ნორმალის გასწვრივ. ვიგულისხმობთ, რომ თბოფიზიკური პარამეტრები დროსა და სივრცეზე დამოკიდებული არ არის. მაშინ პროცესი აღიწერება სითბოგადაცემის ანუ ფურიეს განტოლებით [1]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \Delta T \quad (1)$$

სადაც $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ ლაპლასის ოპერატორია, ხოლო α – კოეფიციენტი პროცესის ძირითადი თბური პარამეტრი და განსაზღვრულია ფორმულით:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \right), \quad (2)$$

სადაც $\lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)$ სითბოგადაცემის კოეფიციენტია, $\rho \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right)$ – სიმკვრივე, $c \left(\frac{x}{კვარად} \right)$ – კუთრი სითბოტევადობა. თუ სითბოს გავრცელება მხოლოდ ერთი მიმართულებით ხდება, მიიღება ერთგანზომილებიანი ტემპერატურული ველის განტოლება:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3)$$

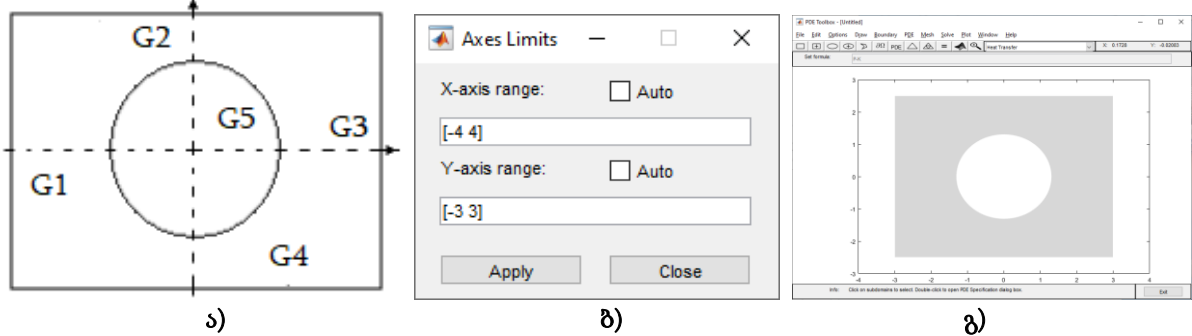
(3) განტოლებას აქვს უსასრულოდ ბევრი ამონახსნი. კონკრეტული ფიზიკური ამოცანის ამოსახსნელად აუცილებელია დამატებითი პირობები, რომლებიც (3) ამონახსნის ცალსახობას განსაზღვრავს.

მართვის ობიექტის ადეკვატური მოდელის დასადგენად საჭიროა ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება იდენტიფიკაციის გარკვეული მეთოდის გამოყენებით, რის შედეგად ნაწილობრივ მიიღება სტრუქტურა და ფასდება მოდელის პარამეტრები. ამ პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა ავირჩიოთ საუკეთესო პროგრამული უზრუნველყოფა. არსებობს მრავალი პროგრამული ინსტრუმენტი განაწილებული პარამეტრების მქონე ობიექტების კომპიუტერული მოდელირებისთვის და კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებების ამოსახსნელად. მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და გავრცელებულია კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab და მისი გაფართოება Partial Differential Equations Toolbox (PDE Toolbox). პაკეტს მრავალი ფუნქციური საშუალება აქვს, მათ შორის კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებების სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა სასრული ელემენტების მეთოდის რეალიზაციით [2, 6].

პაკეტი შედგება ფუნქციების ნაკრებისგან, რომლებიც სასრულ ელემენტთა მეთოდს იყენებს მე-2 რიგის სხვადასხვა კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებებისა და მათი სისტემების გადასაჭრელად (ელიფსური, პარაბოლური და ჰიპერბოლური). პაკეტში ასევე შედის pdetool აპლიკაცია მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისით, რაც აადვილებს პაკეტის ფუნქციების კომპლექტზე წვდომას. პაკეტი უზრუნველყოფს ეფექტურ ინსტრუმენტებს განტოლებათა ამოსახსნელად. პაკეტის ბრძანებები და გრაფიკული ინტერფეისი გამოიყენება დიფერენციალური განტოლებების მათემატიკური მოდელირებისთვის, საინჟინრო და სამეცნიერო აპლიკაციების ფართო კლასთან მიმართებაში [1, 3].

პაკეტის ძირითად საშუალებებს მიეკუთვნება: სრულფასოვანი გრაფიკული ინტერფეისი მეორე რიგის კერძო წარმოებულებიანი განტოლებების დასადგენად; ავტომატური და ადაპტური ბადის შერჩევა; სასაზღვრო პირობების არჩევა (დირიხლეს, ნეიმანის და შერეული); პრობლემის ჩამოყალიბება MATLAB სინტაქსის გამოყენებით; სრულად ავტომატიზებული ბადური დაყოფა და სასრული ელემენტების ზომის შერჩევა; არაწრფივი და ადაპტური გამოთვლის სქემები; სხვადასხვა პარამეტრის განაწილების ველისა და ფუნქციური ამონახსნების ვიზუალიზაციის შესაძლებლობა; მიღებული დანაყოფის და ანიმაციური ეფექტების დემონსტრირება და სხვა.

განვიხილოთ სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა, კერძოდ, ტემპერატურის სტაციონარული განაწილება სხვადასხვა ობიექტში: მართკუთხა არის ცენტრსა და მრგვალ გამტარში წრიული ნახვრეტით. მართკუთხა არის მარცხენა G1 და მარჯვენა G3 საზღვრები თერმულად იზოლირებულია. მუდმივი ტემპერატურა შენარჩუნებულია გარე ზედა G2, ქვედა G4 და შიდა G5 საზღვრებზე (განსხვავდება საზღვრის სხვადასხვა მონაკვეთში) (ნახ. 1, ა) [4].



ნახ.1

ტემპერატურის სტაციონარული განაწილება აღიწერება დიფერენციალური განტოლებით:

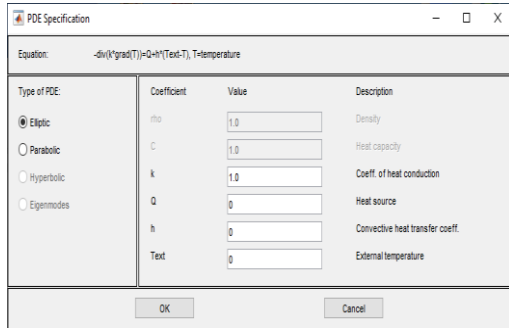
$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

და სასაზღვრო პირობებით: $u|_{G_2} = u_2$, $u|_{G_4} = u_4$, $u|_{G_5} = u_5$, $\frac{\partial u}{\partial x}|_{G_1} = 0$, $\frac{\partial u}{\partial x}|_{G_3} = 0$.

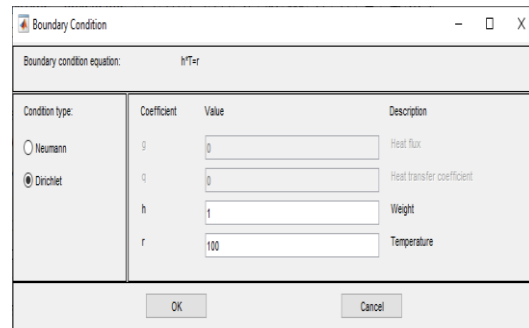
გამოვიყენოთ სისტემა Matlab და პაკეტი FDE. შესაბამის ფანჯრის ველში ავაგოთ მართკუთხედი წრიული ხვრელით (ნახ. 1, გ). შევიტანოთ სასურველი ზომები და პარამეტრები.

Options → Application მენიუში ვირჩევთ Heat Transfer, რაც შეესაბამება სითბოს განაწილების ამოცანას. PDE → Mode დაჭერით გამოჩნდება მარკუთხედი ხვრელით ცენტრში, ხოლო PDE →

Specification ფანჯრიდან შევიტანოთ პარამეტრები: k - ტემპერატურის მდგომარეობის კოეფიციენტი, Q - სითბოს წყარო, h - კონვექციური სითბოგადაცემა, $Text$ - გარე ტემპერატურა. *Boundary* → *Mode* შესასვლელის ფანჯრიდან შევიტანოთ პარამეტრების მნიშვნელობები (ნახ. 2), ხოლო *Boundary* → *Specify Boundary Conditions* - სასაზღვრო პირობები (ნახ. 3).

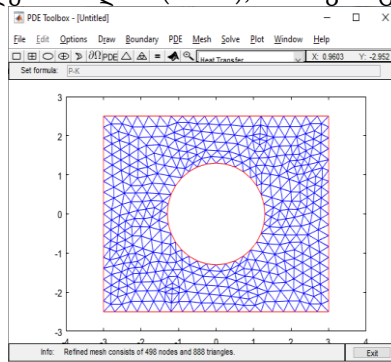


ნახ. 2



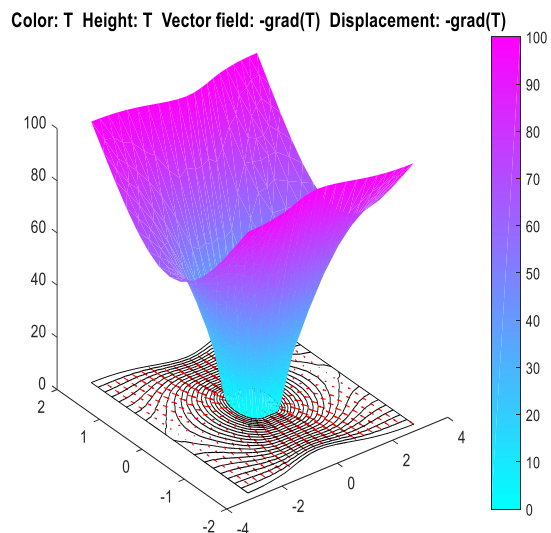
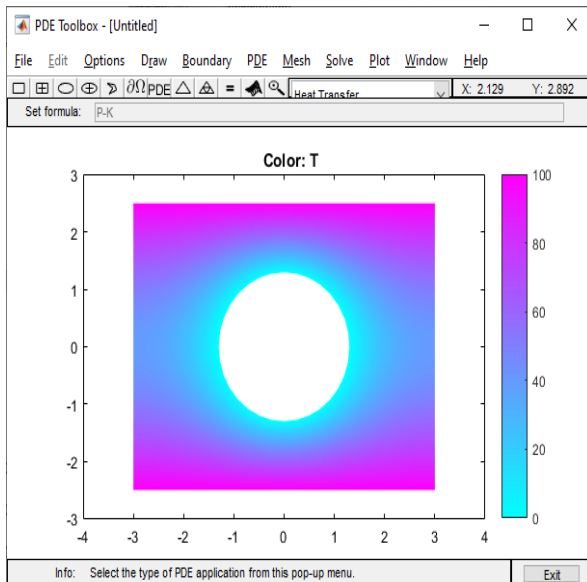
ნახ. 3

დავფაროთ არე სამკუთხედების ზადით (ნახ. 4), რისთვისაც ვიყენებთ *Mesh* → *Mode*.



ნახ. 4

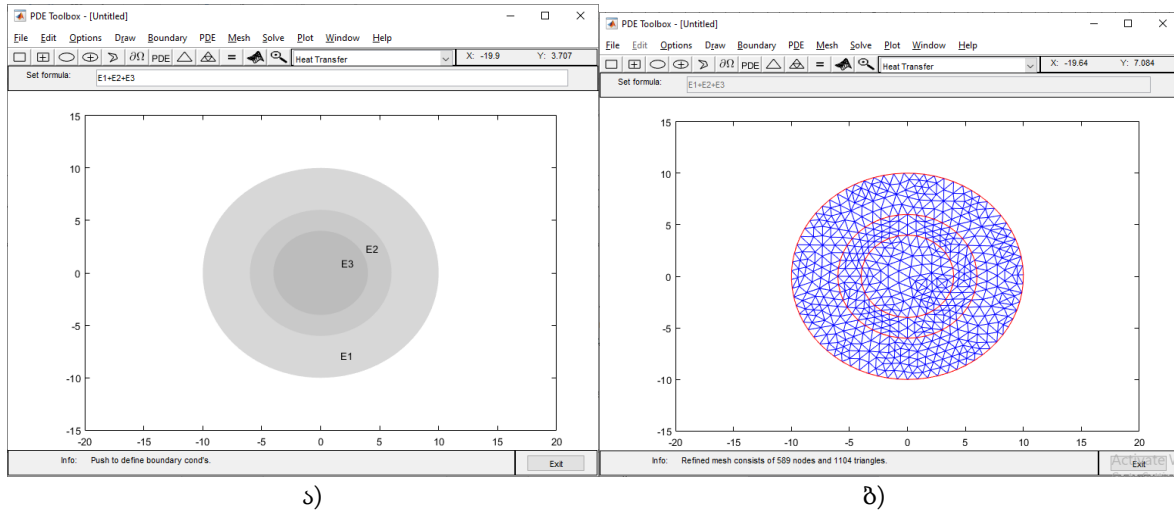
განტოლების ამოხსნა სიბრტყეზე და სივრცეში ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე:



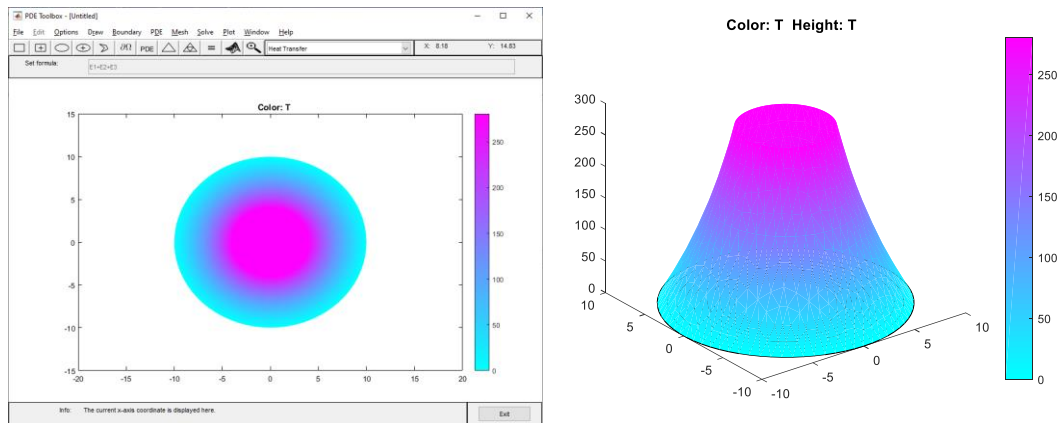
ნახ. 5

მეორე ამოცანა ეხება სითბოს განაწილებას მრგვალი ფორმის სპილენძის გამტარში, რომელსაც გარედან იზოლაციური აკრავს, მათ შორის ჰაერის ღრეჩოა. ავაგოთ შესაბამისი გეომეტრიული ფიგურა, რომელიც შეესაბამება კაბელის კვეთას (ნახ. 6, ა). E_1 - იზოლაცია, E_2 - ჰაერი, E_3 - სპილენძის გამტარი. სასაზღვრო პირობები ამ მაგალითისათვის იქნება ნეიმანის პირობა, ვინაიდან კაბელს გარედან აკრავს

თბოიზოლატორი. შემდეგ ეტაპზე ხდება დიფერენციალური განტოლების კოეფიციენტების შეტანა. დავადოთ გამოსახულებას ბადე (ნახ. 6, ბ) *Mesh* და ამოვხსნათ (ნახ. 7) *Solve* მენიუს საშუალებით [5].



ნახ. 6



ნახ. 7

3. დასკვნა

განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის ობიექტების კვლევა აქტუალური და რთული ამოცანაა, ტექნიკური და მათემატიკური სიძნელების გამო. კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებებისა და მათი სასაზღვრო პირობების სირთულე აძნელებს იდენტიფიკაციის ამოცანებს. თანამედროვე პროგრამული საშუალებებით ხდება ზემოაღნიშნული პრობლემების დაძლევა. მრავალრიცხოვანი პროგრამული უზრუნველყოფებიდან შეირჩა პროგრამული პაკეტი PDE Toolbox, რომელსაც აქვს ფართო შესაძლებლობები განაწილებულპარამეტრებიანი მართვის ობიექტების კვლევისა და მოდელირებისათვის. პაკეტის გამოყენებით გადაწყვეტილია ორ სხვადასხვა ობიექტში ტემპერატურული ველის კომპიუტერული მოდელირებისა და ვიზუალიზაციის ამოცანა.

ლიტერატურა-References

1. Mchedlishvili.N; Narimanashvili.N. (2009). Identification of non-linear dynamic control systems. Georgian Technical University, Tbilisi.
2. Mark S. Gockenbach. (2010). Matlab Tutorial to accompany Partial Differential Equations: Analytical and Numerical Methods, 2nd edition, SIAM.
https://www.academia.edu/9037817/MATLAB_Tutorial_to_accompany_Partial_Differential_Equations
3. A.N. Diligenskaya, I.A. Danilushkin. (2012). Mathematical Modeling of Systems with Distributed Parameters, Samara State Technical University.
4. Mchedlishvili. N; Narimanashvili. N. (2021). Modeling of distributed objects, transactions automated control systems N 1(32), Vol.2 Georgian Technical University, Tbilisi. pp 55-59

5. Udovenko V.A. Rasteryaev N.V. (2014). Calculation of Thermal Fields in the Conductor with Matlab in PDE-Toolbox Module. Novoshakhtinsk.
6. Partial Differential Equation Toolbox™ User's Guide, The MathWorks, 2016.

COMPUTER MODELING OF CONTROL OBJECTS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS

Nino Mchedlishvili, Nodar Narimanashvili, Natia Tchintcharauli

Nino.mchedlishvili@gtu.ge, n.narimanashvili@gtu.ge, chincharauli.natia@gtu.ge.

Georgian Technical University

Summary

The topic of this study is the modeling of objects with distributed parameters and the visualization of solutions of their PDEs. Technical difficulties in the identification of such objects are reviewed. Package PDE Toolbox, an extension of Matlab/Simulink, is employed. This package has numerous functionalities to study and model systems with distributed parameters. For the solution of PDEs, the package has a graphical interface, that enables one to easily model objects with distributed parameters and to visualize effectively the obtained results. The package includes many functions to write the code that can be used to model and solve various applied problems that arise in this domain.

Key words: control systems. objects. distributed parameters. boundary problems. computer modeling. visualization of solutions.

ახალი სიმეტრიული Tweakable ბლოკური შიფრის აგების შესაძლებლობა

ლევანი ჯულაყიძე¹, ზურაბ ქოჩლაძე², თინათინ კაიშაური¹

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

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. ამავ დროს მათ იმდენად დიდი შესაძლებლობები გააჩნიათ, რომ შესაძლებელია მათი გამოყენება სხვადასხვა კრიპტოგრაფიული კონსტრუქციების ასაგებადაც. ამ შიფრების ძირითადი ნაკლია მათი დეტერმინირებულობა. სწორედ ამ ნაკლის გამოსწორების მიზნით, დღეს უკვე არსებობს ე.წ. tweakable ბლოკური შიფრები. ეს მიმართულება წარმოადგენს თანამედროვე კრიპტოგრაფიის ერთ-ერთ ყველაზე ახალ მიმართულებას. ჩვენს ნაშრომში განხილულია ასეთი შიფრის აგების პრობლემა ჰილის ალგორითმის გამოყენებით. როგორც ცნობილია, ჰილის ალგორითმი წარმოადგენს ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს დიფუზიის მისაღწევად. ნაშრომში ძირითადი ყურადღება ექცევა ჰილის ალგორითმის რეალიზაციას ისე, რომ ალგორითმი იყოს სწრაფი, რაც წარმოადგენს სიმეტრიული ალგორითმების აუცილებელ თვისებას.

საკვანძო სიტყვები: კრიპტოგრაფია. ბლოკური შიფრი. ჰილის ალგორითმი.

1. შესავალი

როგორც ცნობილია, იმის გამო, რომ ღია გასაღებიანი შიფრების სიჩქარე ძალიან დაბალია, ინფორმაციის კონფიდენციალურობის დასაცავად ძირითადად გამოიყენება სიმეტრიული ბლოკური ალგორითმები. ბლოკური შიფრები ზოგჯერ არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც არქიტექტურით, ასევე გამოყენებული ოპერაციებით და ხშირად რაუნდების რაოდენობების მიხედვითაც, მაგრამ მათი მუშაობის შედეგი ყოველთვის ერთი და იგივეა. **n** სიგრძის ბიტური სტრიქონი, რომლის

სტრუქტურაც განსაზღვრულია ღია ტექსტით, k სიგრძის გასაღების გამოყენებით, რომელიც ასევე წარმოადგენს k სიგრძის ბიტურ სტრიქონს და გარკვეული ოპერაციების გამოყენებით, მრავალჯერადი იტერაციის შემდეგ გადადის ისევ n სიგრძის ფსევდომეტხვევით 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 კრიპტოანალიტიკოსოს 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 კრიპტომედეგობაზე არსებით ზეგავლენას ახდენს ის ფაქტიც, რომ თავისი ბუნებით ბლოკური შიფრები დეტერმინირებული სისტემაა, ანუ ერთი და იგივე ღია ტექსტი ერთი და იგივე გასაღების საშუალებით ყოველთვის გადადის ერთსა და იმავე შიფროტექსტში, რაც ძალიან უადვილებს კრიპტოანალიტიკოსს შიფრის გატეხვას. ამ ნაკლის დაძლევის ცდილობენ დაშიფვრის რეჟიმების (მირითადად **CBC** და **CTR** რეჟიმების) გამოყენებით, რომლებშიც გამოიყენება ინიციალიზაციის ვექტორი, რაც საშუალებას გვაძლევს ერთი და იგივე ღია ტექსტი ერთი და იგივე გასაღებით გარდავქმნათ 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, ჩვენ 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 ავავოთ ახალი tweakable ბლოკური დაშიფვრის ალგორითმი, რომელშიც ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურად დასამალად გამოვიყენებთ ჩვენს მიერ მოდიფიცირებულ ჰილის ალგორითმს.

კრიპტოალგორითმში ხდება **256** ბიტის ბლოკის დაშიფვრა **256** ბიტის სიდუმლო გასაღებით. ალგორითმში შესვლის შემდეგ დასაშიფრი ბლოკი წარმოიდგინება 4×4 -ზე მატრიცის საშუალებით,

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

ფიგ.1. მატრიცა M

რომელსაც უწოდებენ მდგომარეობის მატრიცას (ფიგურა 1), სადაც თითოეული a_{ij} წარმოადგენს ორობით ბაიტს. დასაშიფრი ორობითი სტრიქონი ჩაიწერება მატრიცაში მარცხნიდან მარჯვნივ ჰორიზონტალურად.

ყველა ოპერაცია, რომელიც სრულდება ალგორითმში დასაშიფრ ტექსტზე სრულდება ამ მატრიცაზე. ამ სტატიაში შევხებით მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ეს ოპერაცია მათემატიკურად შეიძლება ჩავწეროთ ძალიან მარტივად:

$$M \times A \pmod{256}$$

სადაც **A** წარმოადგენს მატრიცას 4×4 -ზე, რომლისაც აუცილებლად გაჩნია შებრუნებული მატრიცა [4-8].

უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ ჩვენი ალგორითმის 1-ლი ეტაპი დეტალურად.

3. ჩვენი ალგორითმი

დავუშვათ მოცემული გვაქვს ღია ტექსტი: **Khvicha Kvaratskhelia also known as Kvara, is a Georgian professional footballer.** ვიღებთ საწყის **16** სიმბოლოს, გადაგვყავს **ASCII** კოდში და წარმოვადგენთ 4×4 განზომილებიან **A** მატრიცად:

K	h	v	i	c	h	a	space	75	104	118	105
75	104	118	105	99	104	97	115	99	104	97	115
K	v	a	r	a	t	s	k	75	118	97	114
75	118	97	114	97	116	115	107	97	116	115	107

ფიგ.2. მატრიცა A

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

h	e	l	i	a	space	a	l	104	101	108	105
104	101	108	105	97	115	97	108	97	115	97	108
s	o	space	k	n	o	w	n	115	111	115	107
115	111	115	107	110	111	119	110	110	111	119	110

ფიგ. 3. მატრიცა B

ჩვენ მიერ წინასწარ გამოთვლილი **N** მატრიცა:

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

ფიგ.4. მატრიცა N

A მატრიცას ვამრავლებთ N მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4 × 4 განზომილებიანი A₁ მატრიცა. მიღებული A₁ მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

146	-31	-30	189	146	225	226	189
91	-90	-79	89	91	166	177	89
144	-57	-61	166	144	199	195	166
143	-88	-97	161	143	168	159	161

146	225	226	189	91	166	177	89
10010010	11100001	11100010	10111101	01011011	10100110	10110001	01011001
144	199	195	166	143	168	159	161
10010000	11000111	11000011	10100110	10001111	10101000	10011111	10100001

ფიგ.5. მატრიცა A₁

ანალოგიური მეთოდით ვმოქმედებთ B მატრიცაზე.

ჩვენ მიერ წინასწარ გამოთვლილი M მატრიცა:

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

ფიგ.6. მატრიცა M

B მატრიცას ვამრავლებთ M მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4 × 4 განზომილებიანი B₁ მატრიცა. მიღებული B₁ მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

114	-101	-104	117	114	155	152	117
68	-122	-111	50	68	134	145	50
127	-115	-123	131	127	141	133	131
127	-121	-130	126	127	135	126	126

114	155	152	117	68	134	145	50
01110010	10011011	10011000	01110101	01000100	10000110	10010001	00110010
127	141	133	131	127	135	126	126
01111111	10001101	10000101	10000011	01111111	10000111	01111110	01111110

ფიგ.7. მატრიცა B₁

4. გაშიფვრა

გაშიფვრა დაშიფვრის შებრუნებული პროცესია მცირეოდენი განსხვავებით. დაშიფვრის დროს გამოყენებული N და M მატრიცის ნაცვლად ვიყენებთ 256-ის მოდულით შებრუნებულ, შესაბამისად N⁻¹ და M⁻¹ მატრიცებს. გასაღები რა თქმა უნდა იგივე რჩება [9,10].

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

ფიგ.8. მატრიცა N⁻¹

მატრიცა M⁻¹

5. დასკვნა

ჩვენ შევხვებით მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ჩვენ შემთხვევაში 256 ბიტიდან 127 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. Levani Julakidze, Zurab Kochladze, Tinatin Kaishauri. (2021) New Symmetric Tweakable Block Cipher. *BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*. 15 (1): 13-19.
10. L.E. Julakidze, Z.I. Kochladze, T.V. Kaishauri (2017 by Nova Science Publishers, Inc.) New Tweakable Block Cipher. *Computer Science, Technology and Applications. Information and Computer Technology, Modeling and Control*. ISBN: 978-1-53612-075-2. 50: 505-513.

ABILITY TO BUILD A NEW SYMMETRIC TWEAKABLE BLOCK CIPHER

Levani Julakidze¹, Zurabi Kochladze² Tinatini Kaishauri¹

1-Georgian Technical University,

2-I. Javakhishvili Tbilisi State University

Summary

Modern cryptography is the cornerstone of computer and communications security. Its foundation is based on various concepts of mathematics such as number theory, polynomial algebra, probability theory, etc. In the paper, original method for construction of the new symmetric algorithm is presented and described. In order to obtain the method the appropriate material has been elaborated on: symmetric cryptosystem and tweakable block ciphers. In modern cryptography symmetric block ciphers, which are constructed based upon the principles of the classic cryptography, are irreplaceable while transferring large amounts of confidential information in the open channel. At the same time their capacities are limitless to the extent that it is possible to use them for various cryptographic constructions. General fault of the ciphers is their determination. In order to correct this fault today there are already existing so-called tweakable block ciphers. This direction is the news of the modern cryptography. In our paper the problem of construction of such cipher is overviewed by means of the Hill method. As it is known, Hill algorithm is one of the best methods to achieve diffusion. General attention in the paper is driven to realization of Hill algorithm in the way that, it is fast and presents necessary characteristic of the symmetric algorithm.

Keywords: cryptography. block cipher. Hill's algorithm.

თანამედროვე სენსორული ქსელების მუშაობის ხარისხის მაჩვენებლების შეფასება

ვანო ოთხოზორია, ეკა ახლოური, ქეთევან მძელური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

თანამედროვე ეპოქა ხასიათდება კომუნიკაციის საშუალებების ინტენსიური განვითარებით. საკომუნიკაციო ქსელების მიმდინარე ტრენდი ეს არის ნივთების ინტერნეტის (IoT) კონცეფცია, რომლის ძირითადი ამოცანაა ერთიან ქსელში ჩაერთოს ვირტუალური და რეალური სამყაროს რაც შეიძლება მეტი ობიექტი და უზრუნველყოფილ იქნას ამ ობიექტებს შორის ურთიერთკავშირი. ნივთების ინტერნეტის განვითარების პირველ ეტაპზე ტექნოლოგიურ ბაზას წარმოადგენს თვითორგანიზებადი უსადენო სენსორული ქსელები, სივრცეში განაწილებული უამრავი უსადენო სენსორული კვანძებით, რომელთა დანიშნულებაა გარემოს მონიტორინგი ან იმ ობიექტების მართვა, რომლებიც ამ ქსელშია მოქცეული. სტატიაში განხილულია უსადენო სენსორული ქსელის ZigBee სტანდარტით აგების ვარიანტი. მისი ფუნქციონირების მოდელირებისათვის გამოიყენება ქსელის სიმულატორი NS2. სიმულაციის დროს მიღებული ქსელის მახასიათებლები შესაძლებელს გახდის შეფასდეს მისი ეფექტურობა, ოპერატიულობა და საიმედოობა.

საკვანძო სიტყვები: ნივთების ინტერნეტი, უსადენო ქსელი, ZigBee.

1. შესავალი

ZigBee – ეს არის უსადენო კავშირის ღია სტანდარტი მონაცემთა შეგროვებისა და მართვისათვის. ეს ტექნოლოგია იძლევა თვითორგანიზებისა და თვითაღდგენის საშუალებას, შეტყობინების ავტომატურად განმეორებითი გადაცემის შესაძლებლობით, ელემენტისა და მობილური კვანძების მხარდაჭერით. დღესდღეობით, ZigBee ტექნოლოგია სცდება კვლევითი ლაბორატორიების საზღვრებს და უკვე ფართოდ გამოიყენება სენსორების უსადენო ქსელების შექმნის პრაქტიკაში, შენობათა ავტომატიზაციის სისტემებში, მრიცხველების ჩვენების ავტომატურად წამკითხველ მოწყობილობებსა და სამრეწველო ინდუსტრიის კონტროლის სისტემებში.

ZigBee ქსელი მონაცემთა გადაცემის შედარებით უფრო დაბალი სიჩქარის პირობებში უზრუნველყოფს მონაცემთა პაკეტების გარანტირებულ მიწოდებას და გადაცემული ინფორმაციის დაცვას. ეს სტანდარტი უზრუნველყოფს სიხშირის არხებს 868 მგჰ, 915 მგჰ და 2,4 გგჰ დიაპაზონში. მონაცემთა გადაცემის ყველაზე მაღალი სისწრაფე და ხმაურისადმი უმაღლესი რეზისტენტულობა (მდგრადობა) მიიღწევა 2.4 გგჰ დიაპაზონში, ამიტომ მიკროსქემათა მწარმოებლების უმეტესობა აწარმოებს გადამცემებს სწორედ ამ დიაპაზონისთვის, რომელშიც 16 სიხშირის არხია გათვალისწინებული 5 მგჰ – ის ბიჯით.

მონაცემთა გადაცემის სისწრაფე სერვისის ინფორმაციასთან ერთად შეადგენს 250 კბიტ/წმ - ს. ამავდროულად, კვანძის საშუალო გამტარუნარიანობა სასარგებლო მონაცემებისთვის ქსელის გადატვირთულობისა და განმეორებით გადაცემათა რაოდენობის გათვალისწინებით, შესაძლებელია მოთავსებული იყოს 5...40 კბიტ/წმ - ის ფარგლებში.

ქსელის კვანძებს შორის დაშორება შენობაში მუშაობისას შეადგენს ათეულობით მეტრს, ხოლო ღია სივრცეში კი - ასეულობით მეტრს. განმეორებით გადაცემათა ხარჯზე შესაძლებელია ქსელის დაფარვის ზონის მნიშვნელოვნად გაზრდა.

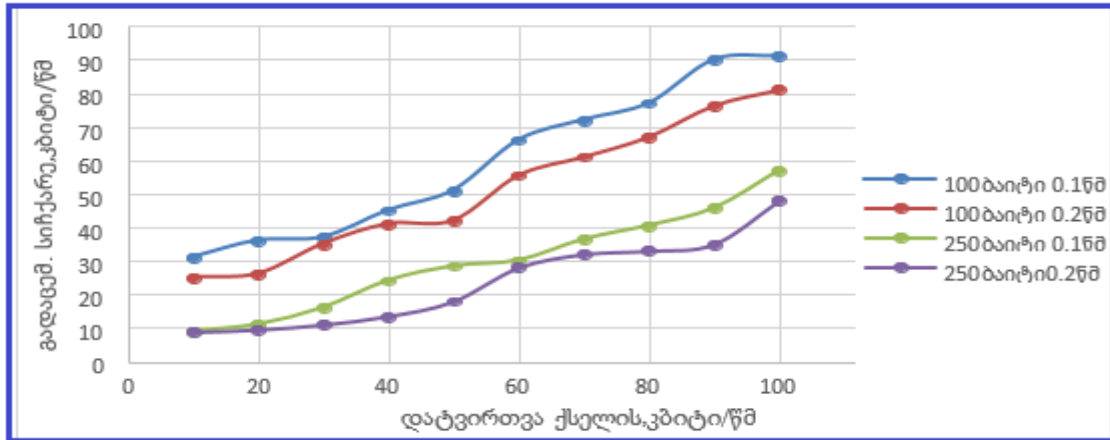
უსადენო ქსელის მახასიათებლების სანდოობის შეფასება უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა, საკითხის სპეციფიკურობის გამო.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩვენ მიერ შეფასებულ იქნა ZigBee უსადენო გადაცემის სტანდარტის სამი ძირითადი მახასიათებელი: პაკეტის გადაცემის სიჩქარე, პაკეტის დაკარგვის ალბათობა და გადაცემის შეფერხება.

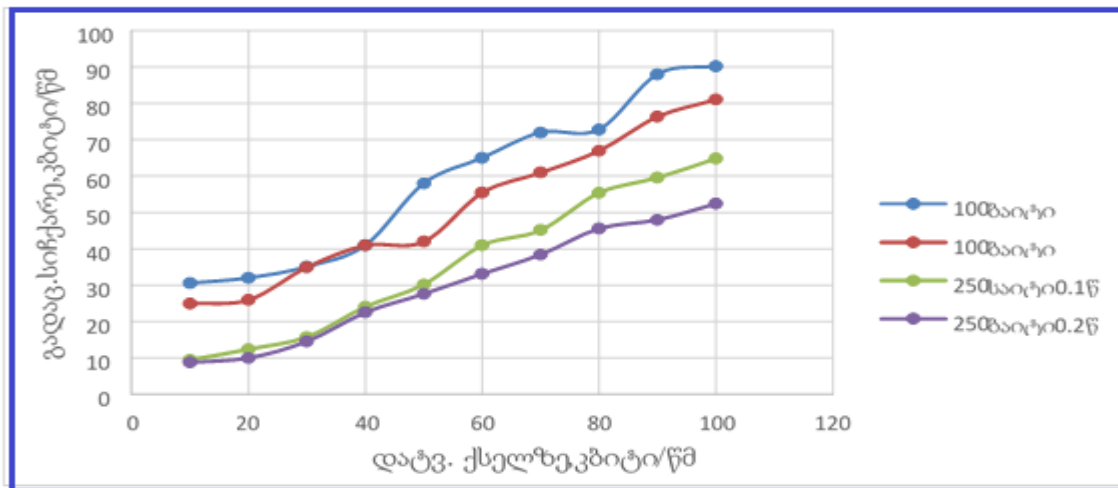
მონაცემების შესაფასებლად ჩავატარეთ მრავალჯერადი გაზომვები პაკეტის ზომების, პაკეტის გადაცემის ინტერვალის და თავად კვანძების განსხვავებული დატვირთვის მნიშვნელობებით. მიღებული შედეგები გავასაშუალოეთ და ავაგეთ შეფერხების, გადაცემის სიჩქარის და დანაკარგების ალბათობის დიაგრამები. გადაცემის სიჩქარე შევაფასეთ ორი 100 და 250 ბაიტი ზომის პაკეტისათვის გაგზავნის სხვადასხვა ინტერვალით 0.2 და 0.1 წმ. 1-ელი ნახაზი ასახავს პაკეტების ზომისა და დროითი ინტერვალის დამოკიდებულებას. აქედან ჩანს, რომ გადაცემის სიჩქარე FTP-ის ტრაფიკისთვის,

დამოკიდებულია გადაცემული პაკეტის ზომაზე, ქსელზე და გაგზავნის ინტერვალზე. პაკეტებმა მიიღეს მაქსიმალური სიჩქარე უფრო მცირე და მოკლე ინტერვალის გაგზავნისას. გადაცემის ყველაზე დაბალი სიჩქარე მიიღო პაკეტმა ზომით 250 ბაიტი და 0.2 წმ ინტერვალით. მიუხედავად შეფუთვის ზომისა და ინტერვალისა ქსელში გაზრდილი დატვირთვით, ტრანსმისიის სიჩქარე იზრდება.



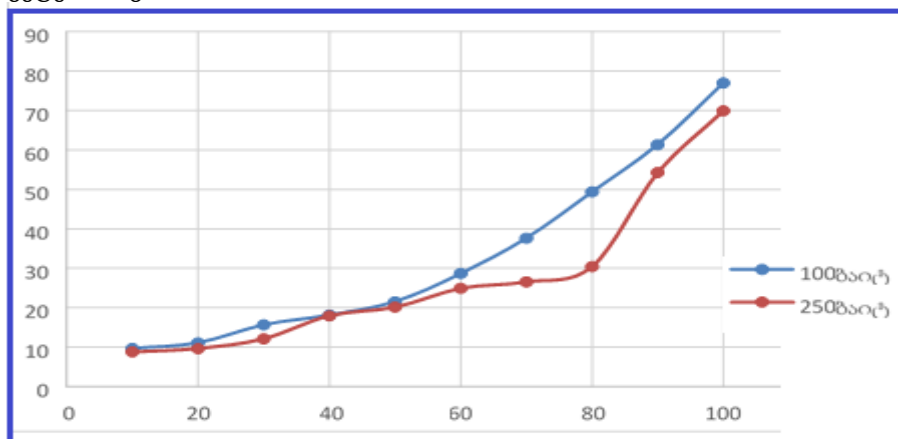
ნახ.1. ტრაფიკის განაწილება.

Poisson-ის განაწილებით ტრაფიკისთვის გადაცემის მაჩვენებლები ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე.



ნახ.2. პაკეტის გადაცემა, Poisson განაწილება

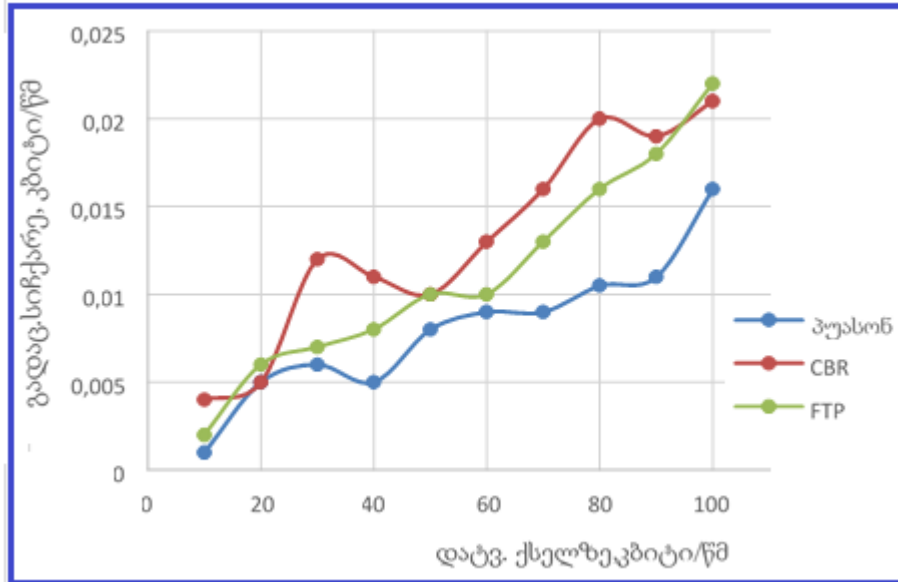
Constant Bit Rate, CBR ტრაფიკს, ასევე აქვს გადაცემის უფრო მაღალი მაჩვენებელი, უფრო მცირე ზომის პაკეტის ზომით. ნახ.3 გვიჩვენებს პაკეტის სიჩქარეს, დატვირთვის შესაბამისად ქსელი, 250 და 100 ბაიტი ზომის პაკეტებისთვის.



ნახ.3. პაკეტის შეფასება, CBR განაწილება

2.1. პაკეტის დაკარგვის ალბათობა

მე-4 ნახაზზე გამოსახულია გრაფიკი ტრაფიკის განაწილების შესახებ სხვადასხვა კანონებისთვის. მაგრამ ყველაფერზე შეიძლება ითქვას, რომ დანაკარგი იზრდება ქსელზე დატვირთვის გაზრდით. გამოსაყენებლად თქვენ უნდა აირჩიოთ დაბალი დატვირთვა 60 კბიტ / წმ-ში, რადგან მძიმე ტვირთის ქვეშ მაღიან ბევრი პაკეტი დაიკარგა.

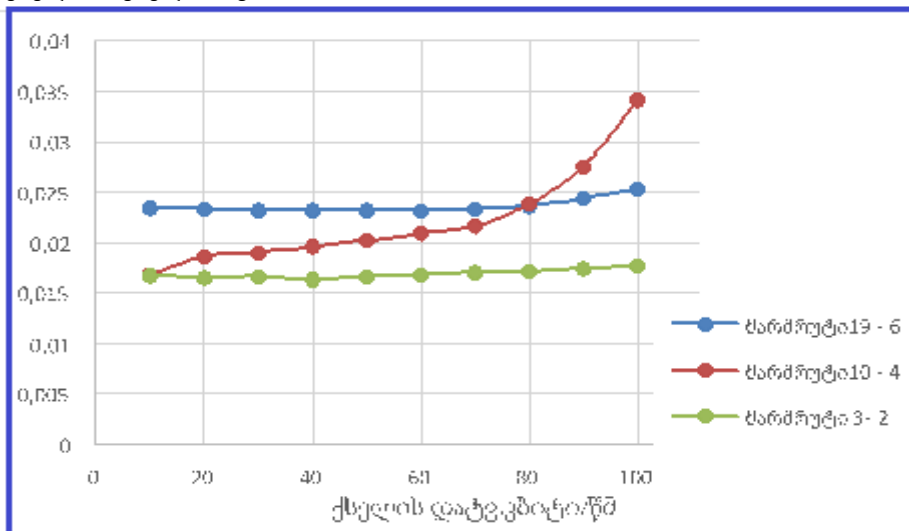


ნახ.4 პაკეტის დაკარგვის ალბათობა ქსელში გაზრდილი დატვირთვით

2.2. პაკეტის შეფერხება

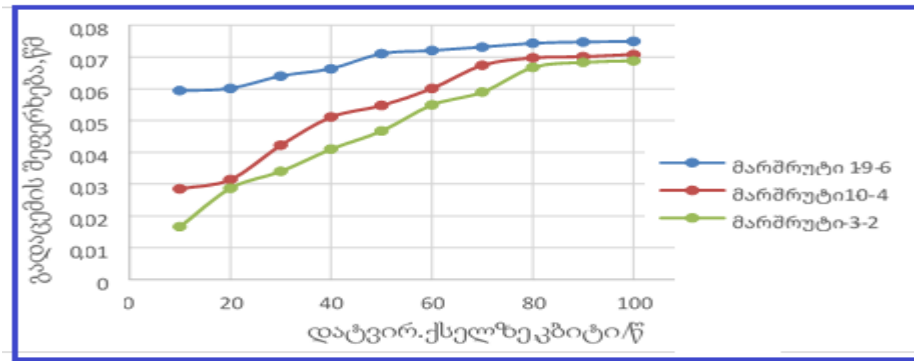
შეფერხების სიდიდე მიღებულია კვანძების ბუფერებში დახარჯული დროის გათვალისწინებით.

ნახ.5 გვიჩვენებს დაგვიანების გრაფიკებს სამი სხვადასხვა წყვილი კვანძისთვის, ტრაფიკის გადაცემა CBR განაწილებით, რაც დამოკიდებულია შედეგების მიღებაზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ გადაცემის შეფერხება იზრდება დატვირთვის გაზრდით, მაგრამ ყველაზე დიდიც კი არ აღემატება 37 ms, რაც დამაკმაყოფილებელი ამ ქსელისთვის.



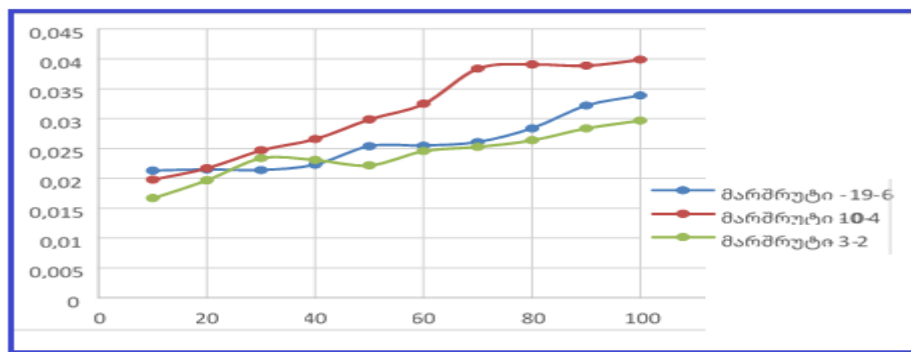
ნახ.5. 3-მარშრუტის წყვილის გადაცემის შეფერხება, CBR გამოყოფა

ტრაფიკისთვის FTP განაწილებით ნახ.6-ში, პაკეტების გადაცემის შეფერხება მნიშვნელოვნად იზრდება, ვიდრე CBR- ში, იგივე დატვირთვით თავად FTP მონაცემთა ტრაფიკის გამო. როგორც წინა შემთხვევაში, დაყოვნება იზრდება დატვირთვის მატებასთან ერთად.



ნახ.6. გადაცემის შეფერხება 3 მარშრუტის წყვილი, FTP ტრაფიკი

ნახ.7 ასახავს დაგვიანების დიაგრამებს Poisson განაწილების შემთხვევაში,



ნახ.7. 3-მარშრუტის წყვილის გადაცემის შეფერხება, Poisson-ის განაწილება

სიმულაციის შედეგად შეგროვებული სტატისტიკა იქნა დამუშავებული. დამუშავება გულისხმობს შემდეგი მახასიათებლების დადგენას:

- შემთხვევითი ცვლადის წერტილის შეფასებებს (პარამეტრის შესწავლა), ისეთის, როგორცაა სიმულაციის შედეგების და დისპერსიის საშუალო მაჩვენებლები;
- შემთხვევითი ცვლადის ინტერვალური შეფასებები, რომლებიც გამოდიან როგორც ნდობის ინტერვალი, და რომლებიც გამოიყენება მოდელირების შედეგების ვერიფიკაციისათვის (ადეკვატურობის შეფასება).

მიღებული შედეგების მიხედვით დავადგინეთ ნდობის ინტერვალები, რომელიც მოცემულია ცხრილში.

ნდობის ინტერვალის მნიშვნელობები

ცხრ.1

დატვირთვა ქსელზე	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ε,100 ბაიტი FTP	0,654	0,843	0,25	0,4	0,3	0,751	0,625	0,427	0,164	0,463
ε,250 ბაიტი FTP	0,824	0,641	0,748	0,657	0,59	0,483	0,476	0,576	0,146	0,418
ε,100 ბაიტი CBR	0,576	0,846	0,824	0,397	0,576	0,678	0,934	0,647	0,354	0,451
ε,250 ბაიტი CBR	0,657	0,872	0,468	0,347	0,517	0,963	0,257	0,348	0,376	0,665
ε,100 ბაიტი პუასონის	0,671	0,359	0,453	0,571	0,697	0,452	0,884	0,796	0,679	0,843
ε,250 ბაიტი პუასონის	0,468	0,568	0,871	0,685	0,675	0,985	0,871	0,682	0,698	0,843

სიმულაციის შედეგებიდან გამომდინარე და ნდობის ინტერვალის შემდგომი გაანგარიშების საფუძველზე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მიღებული მონაცემები შეესაბამება სტანდარტებს და არ აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობებს, რაც ამ სისტემისთვის და მთლიანობაში ქსელისთვის შეუსაბამოდ ჩაითვლება.

3. დასკვნა

შესრულებულ იქნა მნიშვნელოვანი სამუშაო ZigBee უსადენო სტანდარტის, მოწყობილობების ტიპების, ქსელის ტოპოლოგიის და მარშრუტიზაციის ალგორითმების შესასწავლად. ქსელის მახასიათებლების მიხედვით შეგვიძლია გავანალიზოთ მისი შესაძლებლობები, შევამოწმოთ ქსელში პაკეტის დანაკარგი დატვირთვაზე, შევაფასოთ პაკეტების გადაცემის შეფერხება. სტატისტიკურად დამუშავებული სიმულაციის შედეგების მიხედვით შესაძლებელია ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა შექმნილი ქსელის საუკეთესო ფუნქციონირებისთვის.

ლიტერატურა:

1. Research on ZigBee wireless communication technology and its application, **Published in:** 2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC) < 20-22 December 2019
2. Biswajit Kumar Dash a, Jun Peng. Zigbee Wireless Sensor Networks: Performance Study in an Apartment-Based Indoor Environment

ASSESSMENT OF PERFORMANCE INDICATORS OF MODERN SENSOR NETWORKS

Vano Otkhozoria, Eka Akhlouri, Ketevan Mdzeleri
Georgian Technical University
v.otkhozoria@gtu.ge; akhlouri.eka@gtu.ge; mdzeleri.ketevan@gtu.ge

Resume

The modern era is characterized by intensive development of means of communication. The current trend of communication networks is a concept of the Internet of Things (IoT), the main task is to connect as many objects of the virtual and real world as possible to an unified network and there should be ensured an intercommunication between these objects. On the first stage of the development of the Internet of Things, the self-organizing wireless sensorial networks wit lots of wireless sensor nodes distributed in space represents technological base, the purpose is to monitor an environment or to manage those objects located in this network. The article discusses the option of building a wireless sensor network by Zig Bee standard. The network simulator NS2 is used for its modeling of operating. The characteristics of the network obtained during the simulation will make it possible to evaluate its sufficiency, operativeness and reliability.

Keywords: IoT, Wireless Networks, ZigBee.

ახალი მეთოდი სტოქასტური სისტემების მათემატიკურ მოდელირებაში

რევაზ კაკუბავა, ნანი სალია, ვაჟა გიორგაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია კლასიკური რიგების თეორიისგან განსხვავებით ჩვენი ახალი სუფთა ალბათობის მეთოდი ღია ნახევრადმარკოვული მოდელების გამოყენებისას რიგების სისტემების გამოსაკვლევად. მეთოდის საილუსტრაციოდ ვიყენებთ M/G/1 მოდელს. იგი პოპულარული ნახევრადმარკოვული სისტემაა რიგების თეორიაში და ყველაზე კარგადაა გამოკვლეული. შემოთავაზებული მეთოდის მთავარი აზრი მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებელია სისტემის გამოკვლევა დროის ორ მომენტში 1) მიმდინარე დროის t მომენტში და 2) მისი წინა $t-x$ მომენტში. სისტემის გამოკვლევა მიმდინარეობს $[t-x; t]$ მომენტში, რომლის ამონახსნიც წარმოდგენილია შედეგებში შსაბამისი ფორმულთ.

საკვანძო სიტყვები: რიგების თეორია. ნახევრადმარკოვული პროცესები, საიმედოობის თეორია, პუასონის პროცესი, ალბათური მეთოდები, მაწარმოებელი ფუნქცია. ლაპლასის გარდაქმნა, სტოქასტური სისტემები.

1. შესავალი

საიმედოობის მათემატიკურ თეორიაში და რიგების თეორიაში ფართოდ გამოიყენება ნახევრადმარკოვული მოდელები. ნახევრადმარკოვული მოდელები წარმოადგენს კლასიკური რიგების თეორიის მნიშვნელოვან ნაწილს. აღნიშნულ სამეცნიერო სფეროებში ტარდება ტექნიკური სისტემების საიმედოობისა და მათი ეფექტიანობის ანალიზი. ასეთი ანალიზის შედეგები უმნიშვნელოვანესია თანამედროვე რთული სისტემებისთვის, კონკრეტულად, ტერიტორიულად განაწილებული ქსელებისთვის (მასშტაბური ტექნოლოგიური სისტემები, როგორცაა: ტელეკომუნიკაცია, კომპიუტერული და სატრანსპორტო ქსელები, ენერგეტიკული და თავდაცვის სისტემები და ა.შ. იმის გათვალისწინებით, ამ დარგში მომუშავე ინჟინრების მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ქსელების ოპტიმალური მუშაობა ნახევარმარკოვული პროცესების გამოყენებით უმნიშვნელოვანესია ქსელის ოპტიმიზაციის მიღწევა.

უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოში არსებულ თანამედროვე პუბლიკაციებში, რომლებიც ეხება საინფორმაციო-საკომუნიკაციო სისტემებს ძირითადად განიხილება ნახევრად-მარკოვული სისტემების სტაციონარული მდგომარეობა. ამ მიმართულებით საკმაოდ კარგი შედეგებია მიღებული. რაც შეეხება ისეთ ამოხსნებს, რომლებიც დროზე დამოკიდებული აქ მიღებული სამეცნიერო შედეგები შედარებით მცირეა.

საინტერესოა ისეთი რეალური ტექნიკური სისტემების გამოკვლევა დროის საწყის ეტაპზე, როდესაც მდგომარეობის ალბათობა დამოკიდებულია დროზე. უპირველეს ყოვლისა, ასეთი კვლევა საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ, რამდენად სწრაფად მისწრაფის მდგომარეობების ალბათობა საბოლოო მნიშვნელობებამდე. ამით ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ საკმარისი სიზუსტე, რომლის შემდეგაც შესაძლებელია პროცესის სტაციონარული განხილვა. მეორე მხრივ, ნახევრადმარკოვული პროცესების გამოყენებისას ჩვენ ხშირად გვინტერესებს პროცესის ქცევა მხოლოდ დროის საწყის პერიოდში, როდესაც პროცესი არ მიდის სტაციონარული რეჟიმით. ზოგადად კი, უნდა ვთქვათ, რომ არ არსებობს ნახევრადმარკოვული სისტემების გარდამავალი (დროზე დამოკიდებული) ამოხსნის ზოგადი და ზუსტი მეთოდი. არსებული მეთოდები ან არ იძლევა ფორმალურ გადაწყვეტას (დამატებითი ცვლადების მეთოდი), ან სავარაუდო გადასვლებს კონკრეტული ალბათობის განაწილებით (ფიქტიური მდგომარეობის მეთოდი). ჩადგმული ჯაჭვების მეთოდი იძლევა მხოლოდ სტაციონარულ ამონახსნებს.

M/G/1 მოდელის გამოყენების აქტუალურობა გამოწვეულია რამდენიმე გარემოებით:

- პირველ რიგში ამ მოსაზრების თეორიული ასპექტები ძალიან მნიშვნელოვანია. ფაქტია, რომ კლასიკურ რიგების ნახევრადმარკოვული სისტემების გამოკვლევის მეთოდები თავდაპირველად გამოიყენება M/G/1-ზე და ამის შემდეგ ვრცელდება სხვა სისტემებზე. ეს ტენდენცია ძალიან პროდუქტიულია და გვჯერა, რომ მომავალშიც შენარჩუნდება;

- რიგების თეორიაში არსებულ წიგნებში, ზუსტად M/G/1 მოდელი ითვლება უსასრულო წყაროიანი ნახევრადმარკოვული სისტემების ძირითად მოდელად [1-4];

- M/G/1 მოდელის გამოყენება მნიშვნელოვანია მრეწველობაში, ტრანსპორტში, საკომუნიკაციო სისტემებში და ა.შ. [1-7];
- აქვე უნდა აღინიშნოს ღია მომსახურების მოდელების და განსაკუთრებით M/G/1-ის მნიშვნელობა თანამედროვე ტერიტორიულად განაწილებული ქსელების საიმედოობისა და ეფექტიანობის ანალიზისთვის.

ფაქტია, რომ დიდი ხნის განმავლობაში საყოველთაოდ აღიარებული იყო მოსაზრება, რომ რთული სისტემების საიმედოობისა და ეფექტიანობის პრობლემებში გამოყენებული ყოფილიყო მხოლოდ სასრული წყაროიანი (დახურული) მასობრივი მომსახურების მოდელები. ეს იდეა, თუმცა, სწორია კლასიკური მარტივი სისტემებისათვის, მაგრამ თანამედროვე ქსელის ტექნიკური პრობლემისთვის ძირითადად გამოიყენება ღია მასობრივი მომსახურების მოდელები ან შერეული ტიპის მოდელები. მათ შორის ნახევრადმარკოვულ მოდელებს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. ამას დამაჯერებლად ადასტურებენ ქართველი ექსპერტები ბოლო წლების ნაშრომებში.

2. კლასიკური ამოხსნა M/G/1 სისტემის

M/G/1 არის ერთ-სერვერიანი სისტემა ჰუასონის შემავალი ნაკადით და მომსახურების დროის ზოგადი განაწილებით. ჩვენ აღვნიშნავთ λ -ით შესაბამისი ნაკადის პარამეტრს. მომსახურების დროის $B(x)$ განაწილების ფუნქციით და $b(x)$ ალბათობის სიმკვრივით. ასევე აღვნიშნეთ $\eta(x)$ სერვისის სიჩქარის ფუნქციით. ცნობილია, რომ $\eta(x) = b(x)/(1 - B(x))$ [1-4].

[2]-ის მიხედვით შემოგვაქვს შემთხვევითი პროცესები $n(t)$ და $\xi(t)$, რომლებიც განსაზღვრავს განხილული სისტემის მდგომარეობებს t მომენტში.

$n(t)$ არის მოთხოვნათა რაოდენობა, რომლებიც ელოდება რიგში დროის t მომენტში (მომსახურებაში მყოფის გარეშე) $\xi(t)$ არის მომსახურების დრო, რომელიც უკვე მიიღო მომხმარებელს დროში t (სხვა სიტყვებით, $\xi(t)$ არის უკვე მომსახურებაში მყოფი მომხმარებლის მომსახურებაზე გასული დროის ხანგრძლივობა).

შესაძლებელია გავაგრძელოთ ზოგადი თეორია, რომელიც დაფუძნებულია წყვილზე $(n(t), \xi(t))$, როგორც მდგომარეობის ვექტორზე ორგანოზომილებიანი მარკოვის პროცესისთვის და ამოხსნის ასეთ მეთოდს მოიხსენიებენ, როგორც დამატებითი ცვლადების მეთოდს. ამ ტიპის ამოხსნის ნახვა მკითხველს შეუძლია თუ მიმართავს კოვს [16] და კენდალს [17].

აღვნიშნოთ $P(t) = \mathbb{P}\{n(t) = 0\}$;

$$q_n(x, t) = \lim_{h \rightarrow 0} \left(\frac{1}{h} \mathbb{P}\{n(t) = n, x \leq \xi(t) < x + h\} \right),$$

$p(t)$, $q_n(x; t)$ ფუნქციებთან დაკავშირებით იწერება ინტეგრო დიფერენციალური და კერძო წარმოებულნიანი დიფერენციალური განტოლებების შემდეგი სისტემები:

$$\frac{dp(t)}{dt} = -\lambda p(t) + \int_0^t q_0(x, t) \eta(x) dx \quad (1)$$

$$\frac{\partial q_n(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial q_n(x, t)}{\partial x} + [\lambda + \eta(x)] q_n(x, t) = (1 - \delta_{n,0}) \lambda q_{n-1}(x, t) \quad (2)$$

სადაც $\delta_{n,k}$ არის კრონეკელის სიმბოლო

$$\delta_{n,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } n = k \\ 0 & \text{if } n \neq k \end{cases} \quad P(0) = 1, \quad q_n(x, 0) = 0, \quad n = 1, 2, \dots \quad q_0(x, 0) = \delta(x) \quad (3)$$

შემოღებული ფუნქციების სასაზღვრო მნიშვნელობებთან დაკავშირებით დაიწერა რეკურსიული განტოლებების შემდეგი სისტემა:

$$q_n(0, t) = \int_0^t q_{n+1}(x, t) \eta(x) dx + \delta_{n,0} \lambda P(t) \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

სისტემა (1-2) საწყის (3) და სასაზღვრო (4) პირობებთან ერთად წარმოადგენს მათემატიკური ფიზიკის არაკლასიკურ სასაზღვრო ამოცანა არალოკალური სასაზღვრო პირობებით.

ამ დრომდე არ არსებობს ამოცანის ანალიზური ამოხსნა. ოპერაციული აღრიცხვის თვალსაზრისით არსებობს $q_n(x; t)$ ფუნქციის მაწარმოებელი ფუნქციის მეთოდი და ლაპლასის გარდაქმნები

$q_n(t, x)$ -სთვის იწერება მაწარმოებელი ფუნქცია და აღინიშნება

$$G(z, x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} z^n q_n(t, x) \tag{5}$$

მიღებულია მაწარმოებელ ფუნქცია $G(z, x, t)$ შემდეგი სახით:

$$G(z, x, t) = H_0(z, t - x)(1 - B(x))e^{-\lambda(1-z)x} \tag{6}$$

სადაც $H_0(z; t)$ არის უცნობი ფუნქცია.

ანალოგიურად, (3) და (4)-დან (6) გამოყენებით და ლაპლასის გარდაქმნების აღებით $H_0(z; t)$ და $P(t)$ ფუნქციებისთვის მიიღება შემდეგი გამოსახულებები

$$H_0^*(z, s) = \frac{[s + \lambda(1 - z)]p^*(s) - 1}{b^*[s + \lambda(1 - z) - z]} \tag{7}$$

$$P^*(s) = \frac{1}{s + \lambda(1 - z_s)} \tag{8}$$

3. ახალი მეთოდი

აქ ჩვენ გთავაზობთ წმინდა ალბათურ, ახალ მეთოდს $M/G/1$ სისტემის დროზე დამოკიდებული ამოხსნისთვის. ამისათვის დავამტკიცოთ თეორემა

თეორემა. $q_n(t, x)$ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე

$$q_n(x, t) = (1 - B(x)) \sum_{k=0}^n q_k(0, t - x) \frac{(\lambda x)^{(n-k)}}{(n-k)!} e^{-\lambda x} \quad n = 0, 1, 2 \dots \tag{9}$$

დამტკიცება. შემოვიტანოთ მოვლენები $A_n(x, t, h) = \{n(t) = n: x < \xi(t) < x + h\}$; $B_k(t, x) = \{\{\text{დროის ინტერვალში } [t, t + x] \text{ k კლიენტი შემოდის სისტემაში}\}$ $C(x) = \{\text{მომსახურების დრო მეტია x}-ზე\}$; $D(h) = \{h \text{ სიგრძის დროის ინტერვალში ერთზე მეტი მოვლენა ხდება სისტემაში}\}$;

ადვილია მივხვდეთ, რომ

$$A_n(t, x, h) = \sum_{k=0}^n A_k(0, t - x, h) \cdot B_k(t - x, t) \cdot C(x) + D(h)$$

$q_n(x, t)$ განმარტებიდან შეგვიძლია დავწეროთ, რომ $P\{A_n(x, t, h)\} = q_n(x, t)h + o(h)$. აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$P\{A_n(t, x, h)\} = q_n(x, t)h + o(h) = \sum_{k=1}^n q_k(0, t - x)h(1 - B(x)) \frac{(\lambda x)^{(n-k)}}{(n-k)!} e^{-\lambda x} + o(h) \tag{10}$$

(7)-ის მარცხენა და მარჯვენა მხარეები გავყოთ h -ზე და h მივასწრაფოდ 0 -კენ ($h \rightarrow 0$), მოვიღებთ (9) დასამტკიცებელ გამოსახულებას.

როგორც ვხედავთ, გამოსახულება (6) გვამღევს კერძო წარმოებულის დიფერენციალური განტოლებების უსასრულო სისტემის ამოხსნის ზოგად ფორმას (2)-ს. ამ ფაქტის დადასტურება მარტივია (6)-ის მარჯვენა ნაწილში (2)-ში $q_n(x, t)$ -ის ადგილზე ჩასმით. ეს ფაქტი მნიშვნელოვნად ამარტივებს (1-4) სისტემის საბოლოო გამოკვლევას ოპერაციული აღრიცხვის ტერმინებში.

გარდა ამისა, გამოსახულება (6) დიდი მნიშვნელობა აქვს კერძო წარმოებულის დიფერენციალური განტოლებების უსასრულო სისტემის ამოხსნისთვის, მიუხედავად იმისა, არის თუ არა ასეთი განტოლებები დაწერილი $M/G/1$ რიგის სისტემისთვის თუ სხვა მიზნებისთვის. ცნობილია, რომ ასეთი განტოლებები ხშირად წარმოიქმნება კვლევებისა და ტექნოლოგიების სხვადასხვა სფეროში. მეორეს მხრივ, ჩვენი მეთოდის მთავარი დამსახურება არ არის ის, რაც ზემოთ აღვწერეთ.

საქმე იმაშია, რომ ჩვენი მეთოდი საშუალებას გვამღევს მივიღოთ ლაპლასის გარდაქმნა $G^*(z, x, t)$ ფუნქციისათვის მაწარმოებელი სისტემა (2) გამოყენების გარეშე.

სწორედ ეს მოსაზრება არის წინამდებარე ნაშრომის კულმინაციური შედეგი. და ეს უნდა იყოს დიდი ინტერესი ამ სფეროში მომუშავე მეცნიერებისთვის. ამისათვის საკმარისია განტოლება (1), საწყისი პირობები (3) და სასაზღვრო პირობა (4).

ახლა ჩვენ ვაჩვენებთ რომ

$$G(z, x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} z^n q_n(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} z^n \sum_{k=0}^n q_k(0, t-x) \cdot [1 - B(x)] \frac{(\lambda x)^{n-k} e^{-\lambda x}}{(n-k)!} = G(z, 0, t-x)[1 - B(x)]e^{-\lambda(1-z)x}$$

როგორც ვხედავთ, აღმოჩნდა, რომ უცნობი ფუნქცია (5) $H_0(z, t)$ თურმე არის $G(z, 0, s)$.

ეს ფაქტი ჩვენი მეთოდის კიდევ ერთი ძალიან მნიშვნელოვანი ღირებულებაა.

მეორეს მხრივ, $G^+(z, 0, s)$ მიღება ადვილია (1), (3) და (4)-დან (9) გამოყენებით და ის ემთხვევა (6).

გავამრავლოთ (4)-ის მარჯვენა და მარჯვენა წევრები z^{n+1} და ავჯამოთ (1)-თან ერთად n -ის მიმართ.

გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ ვიღებთ

$$\frac{dp(t)}{dt} + zG(z, 0, t) = -\lambda p(t) + \lambda zp(t) + \int_0^t G(z, x, t)\eta(x)dx \quad (12)$$

თუ $G(z, x, t)$ ნაცვლად (9)-ის მარჯვენა მხარეს ჩავსვამთ, გვექნება

$$\frac{dp(t)}{dt} + zG(z, 0, t) = -\lambda(1-z)p(t) + \int_0^t G(z, 0, t)[1 - B(x)]\eta(x)e^{-\lambda(1-z)x} dx \quad (13)$$

ლაპლასის გარდაქმნის გამოყენება t -ს მიმართ, ოპერაციული პარამეტრით s , (7)-ის მარჯვენა წევრის გამარტივების შემდეგ. ანალოგიურად, ჩვენ ვიღებთ (8).

3. დასკვნა

სტოქასტური სისტემების მოდელირებაში ხშირად არ ჩანს მისი გამოკვლევის მარტივი ალბათური მეთოდები. ეს მეთოდები ხშირად წარმოდგენილია ალბათობის თეორიისადმი მიძღვნილ პუბლიკაციებში, როგორცაა გენდენკოლსა და ფალერის შრომები. ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდი შემუშავდა მისი ავტორების, მათი კოლეგებისა და სტუდენტების მრავალწლიანი სემინარების დროს და დროთა განმავლობაში განვითარდა კიდევ. მიგვაჩნია, რომ მეთოდის გარკვეული ცვლილებით შესაძლებელია სხვა ნახევრადმარკოვული პროცესის შესწავლა. ამ მეთოდის მთავარი ძირითადი აზრი მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებელია სისტემის გამოკვლევა დროის ორ მომენტში 1) მიმდინარე დროის t მომენტში და 2) მისი წინა $t-x$ მომენტში. სისტემის გამოკვლევა მიმდინარეობს $[t-x; t]$ მომენტში, რომლის ამონახსნი არის (6) ფორმულა.

ლიტერატურა - References:

1. B. V. Gnedenko, I. N. Kovalenko, Introduction to Queuing Theory, Birkhiiuser, Boston, 1989
2. R. Kakubava, A. Prangishvili, G. Sokhadze. Closed and Mixed Type Queuing Systems as Mathematical Models of Reliability and Survivability. Proceedings of the Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO'16), Beer Sheva, Israel, 2016.
3. A. Prangishvili, H. Meladze, R. Kakubava. Open Queuing System for Two Parallel Maintenance Operations as Mathematical Model for Dependability and Performance Analysis. Bull. Georg. Natl. Acad. Sci. vol. 10, no. 3, 2016
4. R. Kakubava, N. Svanidze. Preemptive Priority Closed Queuing System for Two Maintenance Operations. Proceedings of the 2014 International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SMTA2014), Sanya, China, 2014
- R. Kakubava, N. Svanidze. The Semi Markovian Model for Economic Analysis of Standby. International Journal of Engineering, Science and Innovative Technology (IJESIT). Vol. Issue 6, November 2013, pp. 240-246
6. Leonard Kleinrock, Queueing systems, Volume 1, Theory, John wiley & Sons, New York.
7. Leonard Kleinrock, Queueing systems, Volume 1: Theory, John Wiley & sons, New York, 1975.
8. Nikolaos Limnios, Oprisan, G. Semi-Markov Processes and Reliability, Birkhäuser, 2001

9. Nikolaos Limnios, A transient solution method for semi-Markov systems, *Statistics & Probability Letters* 17 (1993) 211-220 North-Holland.

NEW METHODS OF STOCHASTIC SYSTEMS IN MATHEMATICS MODELING

Revaz Kakubava, Nani Salia, Vazha Giorgadze
Georgian Technical University

Abstract

In the paper, using purely probabilistic argumentation, the theorem is proved, which, on one hand simplifies M/G/1 queuing system's analysis using supplementary variables method. On the other hand, it allows not to use partial differential equations' infinite system at all in non-classical boundary problem of mathematical physics and directly derive the system's solution in terms of operational calculus. In Matemeatical Theory of Reliability (MTR) and Queuing Theory (QT) Semi-Markov processes widely and productively are used. Exactly Semi-Markov models constitute the important part of classical Queuing Theory. In these scientific fields reliability, dependability and performability analysis for real technical systems is carried out. The starting point of this method is examination of the system under study simultaneously in two time moments: 1) current time moment t and 2) it's previous moment $t-x$, where x is one of possible values of the very supplementary variable. The examination of the system under study within $[t-x, t]$ time span derives the very formula (6) and proves the corresponding theorem.

Key words: probabilistic argumentation. semi-Markov process. M/G/1 queuing system. generating function. Laplace transform. Puason process.

საგანმანათლებლო პროგრამის PDCA ციკლის ბიზნეს-პროცესების დამუშავება

ლევან იმნაიშვილი, მედეა თევდორაძე, მაია სალთხუციშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
l.imnaishvili@gtu.ge; medeat@gtu.ge; saltkhutsishvilimaia08@gtu.ge
რეზიუმე

განხილულია საგანმანათლებლო პროგრამის მართვის PDCA ციკლი. რომელიც მოიცავს 4 ეტაპს: დაგეგმვას, განხორციელებას, კონტროლს და გადახრებზე რეაგირებას. აღნიშნული ციკლის საფუძველზე წარმოდგენილია საგანმანათლებლო პროგრამის ოთხი ძირითადი ეტაპის ბიზნეს-პროცესები: საგანმანათლებლო პროგრამის დაგეგმვის, გახორციელების, განხორციელების მონიტორინგის შედეგების ანალიზით და დაგეგმილისგან გადახრის შემთხვევაში რეაგირების. განხილულია უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში ზოგადად ბიზნეს-პროცესების დანერგვის როლი.

საკვანძო სიტყვები: საგანმანათლებლო პროგრამა, ბიზნეს-პროცესების დაპროექტება.

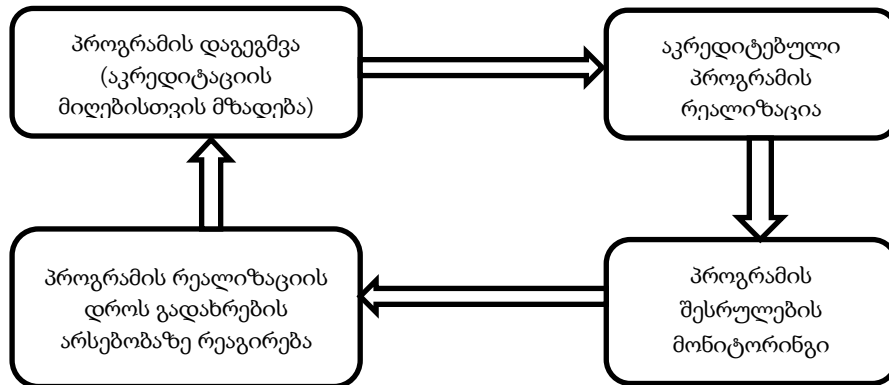
1. შესავალი

როგორც ცნობილია დღეს მართვაში აქტიურად გამოიყენებენ ე.წ. შუპარდ-დემინგის მართვის PDCA-ციკლს, რომელიც მოიცავს 4 ეტაპს: სამუშაოების დაგეგმვას, დაგეგმილი სამუშაოების განხორციელებას, განხორციელების პროცესში კონტროლს, და კონტროლის დროს გადახრების აღმოჩენებზე რეაგირებას [1]. საგანმანათლებლო პროგრამის სასიცოცხლო ციკლი ასევე შეიძლება იყოს დაყვანილი აღნიშნულ ოთხ ეტაპამდე: საგანმანათლებლო პროგრამის დაგეგმვა (მომზადება აკრედიტაციისათვის), აკრედიტაციის შემდეგ პროგრამის განხორციელება, განხორციელების პროცესში პროგრამის მონიტორინგი და მიღებული შედეგების ანალიზი, მიღებულ შედეგებზე საჭიროების შემთხვევაში, რეაგირება (ნახ.1). ასევე შეიძლება აღინიშნოს, რომ ყოველივე აღნიშნული გარკვეული ცვლილებების განხორციელებით ალაშია, თუ საქმე გვაქვს პროგრამის მოდიფიცირებასთან.

2. ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი ტიპის ორგანიზაციის საქმიანობაში ბიზნეს-პროცესების დანერგვა იძლევა ამ ორგანიზაციის მუშაობის ეფექტიანობის მკვეთრ ამაღლებას [2]. იგივე ითქმის უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებთან (უდს) მიმართებაში. უდს-თვის ბიზნეს-პროცესების დანერგვა შეიძლება გახდეს უმთავრესი წინაპირობა მათი კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფაში. ერთერთ

ნაშრომში [3] ჩვენს მიერ უკვე იყო დახასიათებული ბიზნეს-პროცესების დაპროექტების და რეინჟინირინგის საკითხები უდს-ში და, მაგალითად, ძალიან ზოგადად იყო მოყვანილი საგანმანათლებლო პროგრამის დაგეგმვის და განხორციელების საქმიანობა.

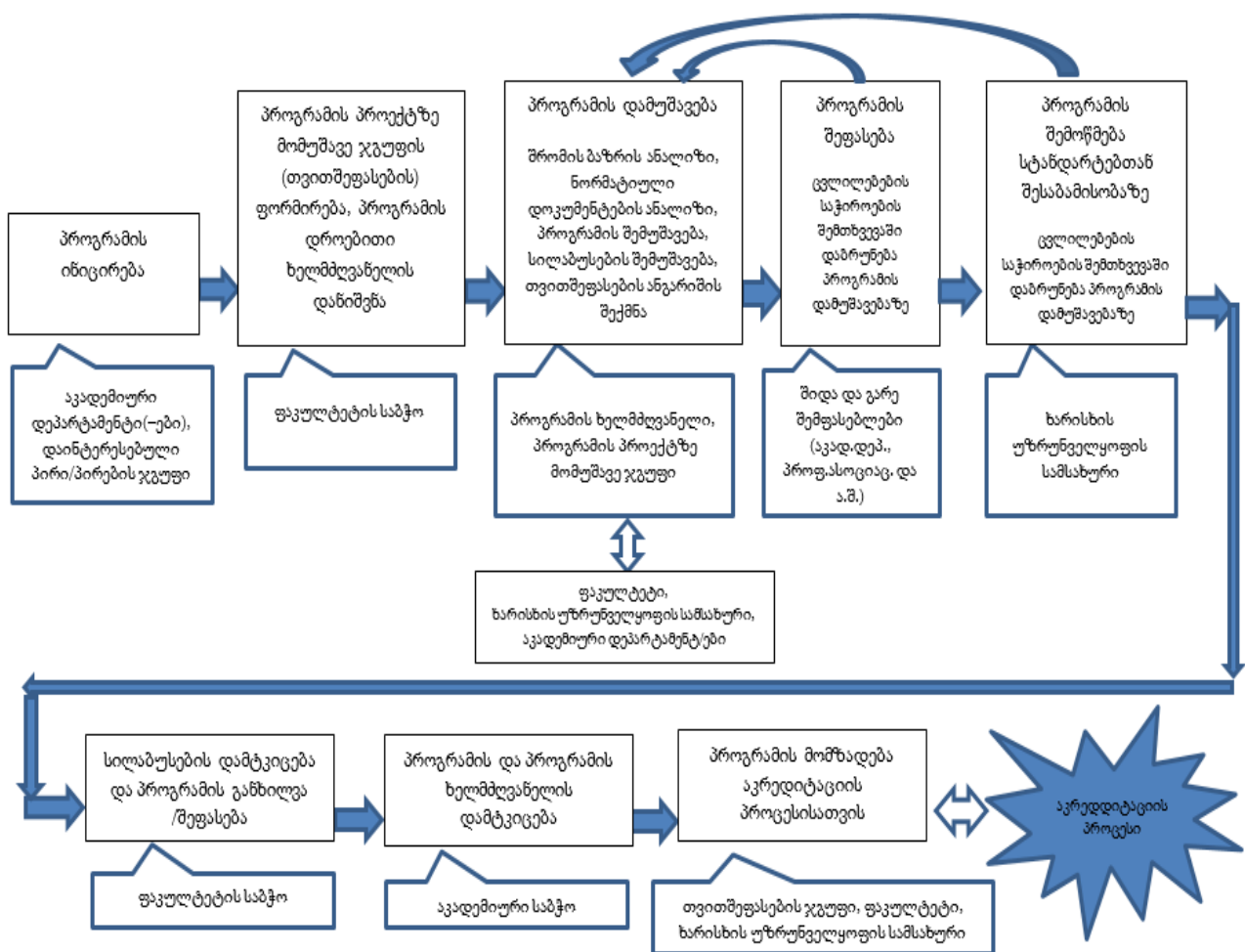


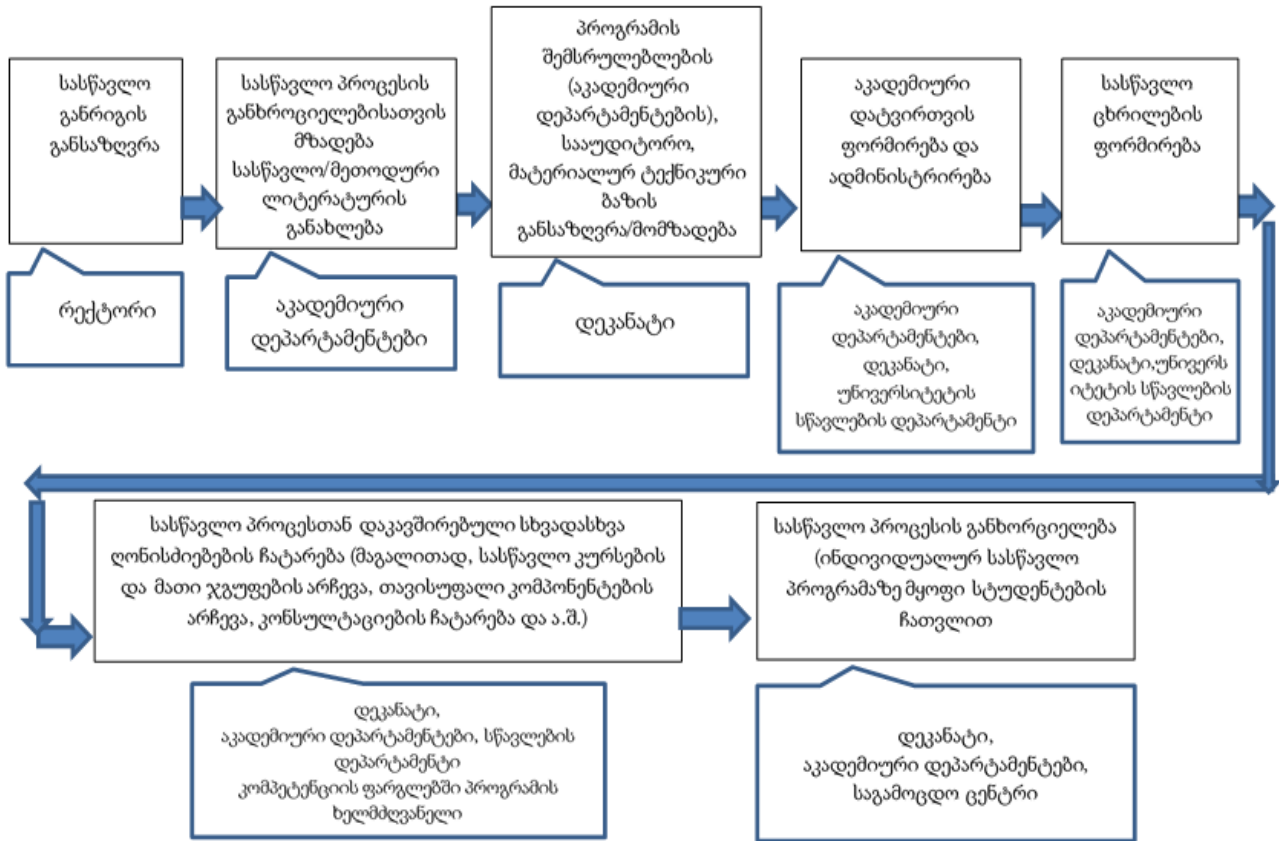
ნახ.1. საგანმანათლებლო პროგრამის PDCA-ციკლი

წინამდებარე ნაშრომში მოყვანილია უკვე დამუშავებული მაღალი დონის ბიზნეს-პროცესები საგანმანათლებლო პროგრამის PDCA-ციკლის საფუძველზე. შემოთავაზებულია საგანმანათლებლო პროგრამის დამუშავების და აკრედიტაციისათვის მზადების ბიზნეს-პროცესი (ნახ.2). ამ ბიზნეს-პროცესში ნათლად წარმოდგენილია იმ ნაბიჯების თანმიმდევრობა, რომელიც აუცილებელია ახალი საგანმანათლებლო პროგრამის შექმნისათვის და აკრედიტაციისათვის მოსამზადებლად: პროგრამის ინიცირება, ახალ პროგრამაზე მომუშავე ჯგუფის ფორმირება, პროგრამის დამუშავება, პროგრამის შეფასება, შემოწმება სტანდარტებთან შესაბამისობაზე, სილაბუსების დამტკიცება, პროგრამის განხილვა /შეფასება, მისი და პროგრამის ხელმძღვანელის დამტკიცება, პროგრამის მომზადება აკრედიტაციისათვის.

ნახ.2. საგანმანათლებლო პროგრამის დამუშავების და აკრედიტაციისათვის მზადების ბიზნეს-პროცესი

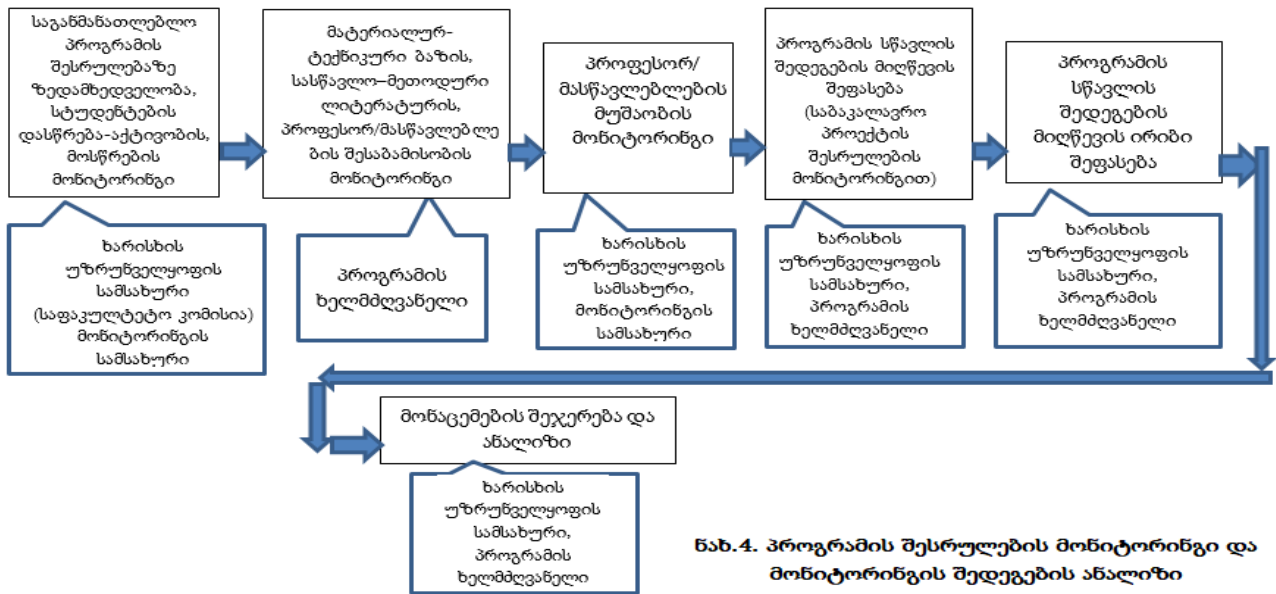
ასევე წარმოდგენილია საგანმანათლებლო პროგრამის განხორციელების ბიზნეს-პროცესი პროგრამის აკრედიტაციის მიღების შემდეგ (ნახ.3).





ნახ.3. აკრედიტებული საგანმანათლებლო პროგრამის რეალობის ბიზნეს-პროცესი

აღნიშნული ბიზნეს-პროცესი მოიცავს ისეთ პროცედურებს, როგორცაა: სასწავლო განრიგის განსაზღვრა, მზადება სასწავლო პროცესის განხორციელებისათვის (დეპარტამენტების, აკადემიური პერსონალის მზადყოფნის შემოწმება, სასწავლო-მეთოდური ლიტერატურის გადახედვა, მატერიალურ-ტექნიკური და აუდიტორული ბაზის გადამოწმება), აკადემიური დატვირთვის და ცხრილების ფორმირებას, სხვადასხვა დაკავშირებული პროცედურების ჩატარებას და თავად სასწავლო პროცესის განხორციელებას. სასწავლო პროცესის კონტროლის/მონიტორინგის და შედეგების ანალიზის სქემა მოცემულია მე-4 ნახაზზე.



ნახ.4. პროგრამის შესრულების მონიტორინგი და მონიტორინგის შედეგების ანალიზი

იგი მოიცავს მონიტორინგის მთელ რიგ სახეობებს (სასწავლო პროცესის განხორციელების, სტუდენტების აქტივობისა და მოსწრების, პროფესორ-მასწავლებლების, მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის,

სასწავლო მეთოდური უზრუნველყოფის), პროგრამის სწავლის შედეგების მიღწევის შეფასებას, პროგრამის გარე შეფასებას, მთელი მიღებული ინფორმაციის ანალიზს.

ბოლოს მოყვანილია პროგრამის რეალიზების დროს დაგეგმილისგან გადახრების არსებობის შემთხვევაში მოქმედების (რეაგირების) ბიზნეს-პროცესი (ნახ.5),



ნახ. 5. პროგრამის რეალიზების დროს დაგეგმილისგან გადახრების არსებობის შემთხვევაში მოქმედების (რეაგირების) ბიზნეს-პროცესი

იგი მოიცავს გეგმის შემუშავებას გადახრების აღმოფხვრის მიზნით და ამ გეგმების განხორციელებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა პროცედურა ნაჩვენებია იმ ნორმატიული დოკუმენტების გათვალისწინებით, რომელიც მიღებულია ქვეყანაში და სტუ-ში [4,5]. ბიზნეს-პროცესების დაპროექტების შემდეგ ეტაპზე უნდა განხორციელდეს მათი უფრო ღრმა დეტალიზაცია და შემდეგ მოდელირება, რომელიც იძლევა ყველა ბიზნეს-პროცესის და მათში შემავალი პროცედურების შეფასება/ანალიზის საუკეთესო საშუალებას [6].

3. დასკვნა

დასკვნის სახით უნდა აღინიშნოს, რომ ბიზნეს-პროცესების დამუშავება საგანმანათლებლო პროგრამისათვის უფრო გამჭოლს, გასაგებს ხდის მასთან დაკავშირებულ პროცედურებსა და სამუშაოებს, შესაძლებელი ხდება ამ პროცესების ანალიზი და შეფასება, რაც თავის მხრივ იძლევა მათი ოპტიმიზაციის საშუალებას. წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია მაღალი დონის ბიზნეს-პროცესები, მათ საფუძველზე შესაძლებელია უფრო დეტალიზებული ბიზნეს-პროცესების დამუშავება და შემდგომ მათი მოდელირება შეფასების და ანალიზის მიზნით.

ლიტერატურა:

1. მ. თევდორაძე, ნ. ლოლაშვილი, ა. ბაჯიაშვილი, მ. სალთხუციშვილი, თ. რუხაძე, თ.ჭილაძე, მ. დარჩიაშვილი. ბიზნეს-ანალიზის ინფორმაციული სისტემები სახელმძღვანელო. გამოცემა 3 (2021). სტუ, თბილისი, 2017, სტუ-ს ბიბლიოთეკა CD 3769. 507 გვ.
2. მ. თევდორაძე, ა. ბაჯიაშვილი, ნ. ლოლაშვილი, თ. რუხაძე, მ. სალთხუციშვილი, ნ.წულუკიძე
3. თ. ჭილაძე. ბიზნეს-პროცესების მართვის ინფორმაციული სისტემები (ნაწილები 1,2). სახელმძღვანელო. გამოცემა 3(2021). სტუ, თბილისი, 2017, სტუ-ს ბიბლიოთეკა, CD3769,451 გვ.
4. მ.თევდორაძე, მ. სალთხუციშვილი, თ. ჭილაძე, მ. კაპანაძე, ბიზნეს-პროცესების რეინჟინირინგი უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში. მეორე საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები (ISITE'21)“. საქართველო, თბილისი, 20-22 მაისი, 2021. შრომები. შრომები 278-283. თეზისები გვ. 93
5. საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში საგანმანათლებლო პროგრამის დაგეგმვის, შემუშავების, შეფასებისა და განვითარების წესი.2019
6. საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სასწავლო პროცესის მართვის ინსტრუქცია.2022
7. Tevdoradze M., Lolashvili N., Bajiashvili A., Saltkhutsishvili M., Rukhadze T. Research, evaluation and improvement of management methods of educational process in higher educational institutions. XXVII international Conference Problems of Decision Making Under Uncertainties (PDMU-2016) May 23-27, 2016, Abstracts. Tbilisi-Batunmi, Georgia, Kyiv, Ukraine, 157-159pgs

DEVELOPMENT OF BUSINESS PROCESSES OF EDUCATIONAL PROGRAM PDCA CYCLE

Levan Imnaishvili, Medea Tevdoradze, Maia Saltkhutsishvili

Georgian Technical University

l.imnaishvili@gtu.ge; medeat@gtu.ge; saltkhutsishvilimaia08@gtu.ge

Summary

The presented article discusses the PDCA cycle of educational program management, which includes 4 stages: planning, implementation, monitoring with analyze of results and reaction to deviations. On the basis of the mentioned cycle, the business processes of the four main stages of the educational program are presented: planning, implementation, monitoring with analyze of the educational program results and improving in the case of deviation from the plan. It is discussed which role the implementation of business processes plays in a higher educational institution in general, and in particular, in the process of implementation of educational program.

Key words: Educational Program, Development of Business processes

GOLD NANOCCLUSERS ON THE INP(001) SURFACE: PREPARATION, CHARACTERIZATION, SURFACE LOCALIZED PLASMONS

Tamaz Minashvili, Giorgi Iluridze, Ketevan Davitadze

Georgian Technical University

Abstract

We have studied nanometer-sized gold nanoclusters formed on the surface of an InP(001) crystal by annealing at 350°C a thin Au film deposited on this surface. The resulting Au clusters are characterized by the absence of a definite shape and a chaotic distribution over the substrate surface. Localized plasmons of such clusters are characterized by an energy of ~2.2 eV. No penetration of gold into InP is observed at the used annealing temperatures.

Keywords: Surface. Nanocluster. Plasmon.

1. Introduction

Indium phosphide (InP) is one of the most important semiconductors of the A_3B_5 group, widely used in modern electronics and optoelectronics. It has a direct band gap of 1.34 eV at room temperature [1], high electron mobility, and a relatively low rate of nonradiative surface recombination [2]. Therefore, indium phosphide is a promising material for creating modern semiconductor device nanostructures [3–6]. Among them, of particular interest are structures in which a combination of a semiconductor with nanoclusters of noble metals is realized, since such structures make it possible to detect and study new optical effects caused by the interaction of interband transitions in a semiconductor with localized plasmons of metal nanoparticles.

These effects include, in particular, the effect of near-field plasmon amplification of the intensity of exciton luminescence in a semiconductor. The manifestation of this effect is possible only in the case when the band gap of the semiconductor is less than the energy of localized plasmons of metal nanoparticles. This condition is satisfied by a combination of gold nanoclusters, in which the energy of localized plasmons lies in the range ≤ 2.5 eV, with InP crystals. It should be noted that the structures with Au nanoclusters on the InP surface remain almost unexplored. One of the reasons for this is related to the lack of data on the possibility of chemical interaction between Au and InP upon heating. Such an interaction for a pair of Au and GaAs begins already at temperatures of ~250°C and leads to the formation of nanoclusters of the Au–Ga alloy under the surface of the GaAs crystal [6].

In our work, to create Au/InP structures with Au nanoclusters on the InAs(001) surface, we used a technique in which a thin Au film is deposited on the InP(001) surface, and then the resulting structure is heated at a temperature of ~350°C. After annealing, the surface of the structure is examined using scanning tunneling microscopy (STM) to detect Au nanoclusters and determine their shape and size. These studies are also aimed at elucidating the question of the reaction between Au and InP upon heating. Polarized optical reflection spectroscopy is used to study localized plasmons of Au nanoclusters.

2. Experimental results and discussion

➤ *Sample preparation.*

Single-crystal InP wafers with (001) orientation were used as substrates. Before the deposition of the Au film, the surfaces of the plates were degreased in acetone and processed in a polishing etchant consisting of HBr and a saturated solution of $K_2Cr_2O_7$. Next, the prepared samples were placed in a vacuum chamber with a residual gas pressure of 10–5 Pa, in which a gold film 10 nm thick was deposited onto the sample surface by thermal evaporation. The resulting Au/InP structures were annealed in the same chamber at a temperature of 350°C. Two annealings with a duration of 15 min were performed.

SEM characterization of Au nanoclusters formed on the surface of InP(001)

Figure 1 shows SEM images of the surface (Fig. 1a) and cleavage (Fig. 1b) of the Au/InP structure obtained after the second annealing. As can be seen from fig. 1a, annealing resulted in the formation of Au nanoclusters in the form of randomly arranged islands of arbitrary shape on the surface.

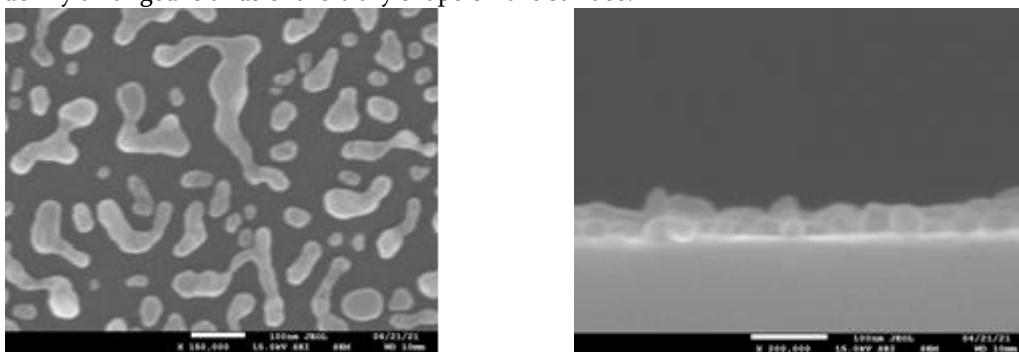


Fig. 1. SEM images of gold nanoclusters formed as a result of annealing at 350°C of a 10 nm thick Au film on the InP(001) surface: a) – top view, b) – view from the side of the cleavage.

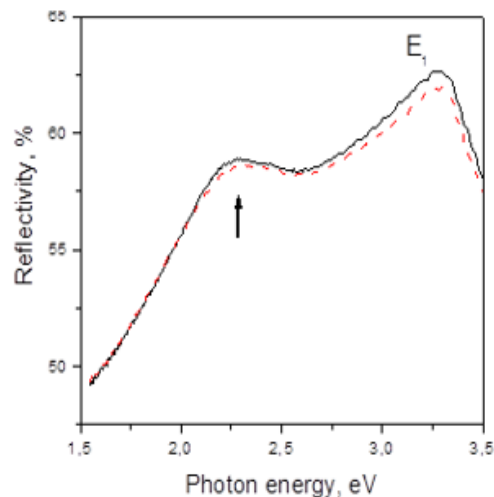
The sizes of such islands in the surface plane vary on average in the range from 10 to 100 nm, with larger Au clusters also occurring. The obtained data testify to the moderate wettability of the InP surface by gold. On fig. 1b, the formed gold nanoclusters are shown from the side of the structure cleavage; the average height of the clusters is ~20 nm, which indicates that approximately half of the surface of the initial sample is released from the deposited gold during the formation of nanoclusters. It is appropriate to compare the data obtained with the results of studying Au nanoclusters formed under similar conditions on a (001)GaAs surface passivated by nitrogen [7].

In the latter case, an ensemble of anisotropic Au clusters elongated along the surface direction is formed on the surface. Our data indicate that, in contrast to the GaAs(001) crystal surface terminated by nitrogen, the thermal diffusion of Au atoms on the InP(001) surface is not anisotropic. This may indicate the existence of an amorphous film of the natural oxide $InPO_3$ on the InP surface, which is not destroyed at the annealing temperatures used.

➤ *Localized plasmons of Au nanoclusters*

To study the localized plasmons of the Au nanoclusters shown in Figs. 1a,b we used optical polarized reflection spectroscopy. In such experiments, the reflection spectra of linearly polarized light are measured at normal incidence. The measurements were carried out on a Cary 5000 spectrometer. Each spectrum is measured for linear polarization of light $E \parallel [110]$ and $E \parallel [1\bar{1}0]$. The obtained spectra are shown in Figure-2. Two features are found in these spectra. The feature near an energy of 3.3 eV corresponds to bulk transitions in the InP crystal. Naturally, such a feature is present in the reflection spectra even before the deposition of gold [8].

Fig. 2. Polarized reflection spectra of the Au/InP structure with gold nanoclusters measured for light polarization $E \parallel [110]$ - black curve and $E \parallel [1\bar{1}0]$ - red curve. The arrow indicates the position of the singularity at ~2.2 eV, which corresponds to localized plasmons of Au nanoclusters. The position of the bulk transition E_1 in the InP crystal is also shown.



In addition to this feature, the spectrum has a broad resonance feature at an energy of ~ 2.2 eV, which appears only as a result of heating the Au/InP structures with a gold film. We believe that this feature is uniquely due to localized plasmons of Au nanoclusters formed on the InP(001) surface as a result of annealing. This interpretation is supported by the following considerations. First, plasmons of gold nanoclusters with an energy of 2.2 eV are observed only if these clusters are located in a medium with a low dielectric constant of about 1 (vacuum, air) [7]. If the clusters penetrate the crystal, the energy of their localized plasmons should shift towards lower energies, which is not observed in our case. Second, the energy of the plasmonic spectral feature in Fig. 2 does not depend on the direction of linear polarization of light.

This is consistent with the SEM characterization data in Figs. 1, which show the complete absence of shape anisotropy of Au nanoclusters or their ordered distribution over the InP(001) surface. This agrees with our assumption that gold nanoclusters are formed on an amorphous oxide film covering the InP crystal surface. For this reason, the plasmon singularity in Fig. 2 is significantly broadened.

3. Conclusions

Using scanning electron microscopy and polarized reflection optical spectroscopy, we studied gold nanoclusters formed as a result of thermal annealing of an Au film on the surface of an InP(001) crystal. According to SEM data, the resulting clusters have an arbitrary shape and size in the nanometer range. In the polarized reflection spectra, the formation of such Au clusters causes the appearance of a broad resonant feature with an energy of ~ 2.2 eV, which is unambiguously attributed to localized plasmons of gold nanoclusters. It is important to note that, at the annealing temperatures used, gold does not penetrate deep into the InP semiconductor.

References:

1. L. Pavesi, F. Piazza, A. Rudra, J.F. Carlin, M. Ilegems. *Phys.Rev. B*, 44, 9052 (1991)
2. H.J. Joyce, J. Wong-Leung, C.-K. Yong, C.J. Docherty, S. Paiman, Q. Gao, H.H. Tan, C. Jagadish, J. Lloyd-Hughes, L.M. Herz, M.B. Johnston. *Nano Lett.*, 12, 5325 (2012).
3. X. Duan, Y. Huang, Y. Cui, J. Wang, C.M. Lieber. *Nature* 409, 66 (2001).
4. F. Zafar, A. Iqbal. *Proc. Royal Soc. A*, 472, 20150804 (2016).
5. Z. Li, I. Yang, L. Li, Q. Gao, J.S. Chong, Z. Li, M.N. Lockrey, H.H. Tan, C. Jagadish, L.Fu. *Prog. Nat. Sci. Mater.*, 28, 178 (2018).
6. T. Yoshie, C.L. Bayer, and A.G. Milnes. *Thin Solid Films* 111, 149 (1984)
7. V.L. Berkovits, V.A. Kosobukin, V.P. Ulin, P.A. Alekseev, F.Yu. Soldatenkov, V.S. Levitskii, *Phys. Status Solidi, B* 259, 2100394 (2022).
8. M. Cardona, *Modulation Spectroscopy*, ed. by Academic Press, New York and London (1969)

BORON-CONTAINING FINE-DISPERSIVE COMPOSITES FOR NEUTRON-THERAPY AND SHIELDING

Levan Chkhartishvili, Shio Makatsaria, Nika Gogolidze
Georgian Technical University

Abstract

Synthesizing methods are developed for neutron-capturing boron-containing fine-dispersive composites important in applications: hexagonal boron nitride h-BN powders doped with ferromagnetic clusters of iron Fe or iron oxide Fe_3O_4 useful as effective boron ^{10}B isotope delivery agents in BNCT and sandwich-like structures of boron carbide B_4C and tungsten W as neutron-shield materials. These are chemical technologies utilizing liquid charges prepared from cheap precursors and multi-stage thermal treatment in inert atmospheres.

Keywords: fine-dispersive composite, boron, chemical synthesis, BNCT, neutron-shield

1. Introduction

Because of high capture cross-section of (epi)thermal neutrons by boron ^{10}B isotope, boron and its compounds and composites are widely used for materials intensively interacting with neutron radiation. In the fine-dispersive form they reveal additional properties improving performance characteristics. We report on preparation methods of two important boron-containing fine-dispersive composites useful in BNCT (Boron-Neutron-Capture-Therapy) and neutron-shielding, respectively.

There are proposed: hexagonal boron nitride h-BN nanopowders added with iron Fe or its oxide Fe_3O_4 (magnetite) ferromagnetic clusters as prospective materials providing a magnetic field controlled delivery of ^{10}B isotopes in BNCT and boron carbide–tungsten B_4C –W thin-layered sandwich structures as effective shield composite materials, in which low- and high-Z atoms, B and W, act as effective absorbers, respectively, of (epi)thermal neutrons and secondary gamma-quanta, which accompany the neutrons capture by ^{10}B nuclei. Both of elaborated technologies are chemical synthesis routes including preparation of liquid charges from commercially available precursor materials and their further thermal treatment.

2. Fine-Dispersive h-BN:(Fe, Fe_3O_4)P as ^{10}B Delivery Agents in BNCT

A key problem in the BNCT is achieving a critical concentration of neutron-capturing ^{10}B isotopes in target tumor cells. Here we aim preparing and testing the fine-dispersive powders of h-BN added with ferromagnetic clusters of Fe or Fe_3O_4 to provide the magnetic field controlled delivery.

From the last decade, BNCT has been actively utilized for treatment of some of aggressive cancers, including locally invasive malignant tumors such as melanoma, gliomas (cerebral glioblastoma multiforme), recurrent head and neck, and triple negative breast cancers, where standard chemo- and radiation therapies reveal their shortcomings. Main principles of the BNCT can be illustrated as follows. A collimated thermal (~ 0.025 eV) or epithermal ($\sim 10^3$ eV) neutrons beam must be absorbed by the tumor cells to sustain a lethal $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ capture reaction (epithermal neutrons become thermalized as they penetrate tissues). Since α -particles, i.e. ^4He nuclei, and ^7Li nuclei have short mean path-length in tissues (5–9 μm) and high LET (Linear-Energy-Transfer) their destructive effect is limited to B-containing cells. If the required amounts of ^{10}B , ~ 20 – 50 $\mu\text{g/g}$ or ~ 20 ppm or $\sim 10^9$ atoms/cell, are delivered [1], BNCT might provide a selective destroying of tumor cells and spare of surrounding normal tissue [2].

As for the BNCT's actuality, it is related to the rapid growth in availability of portable neutron sources and effective ^{10}B -delivery agents in the form of fine-dispersive materials with high boron content. In current clinical practice, the delivery of ^{10}B isotopes to tumor cells usually is done by the use of boron-containing organic macromolecules (porphyrins, polyamines, nucleosides, peptides, monoclonal antibodies, liposomes, etc.), which are characterized by a predominant accumulation in the tumor. The disadvantage of this approach is the insufficient content of boron. There are done the attempts to overcome this problem by developing boron-containing nanosystems: BN nanotubes, boron-containing gold Au nanoclusters, boron-based aminoacids and polymers, etc. The novelty of our approach lies in the basic idea of creating ferromagnetic nanopowders with high boron content that can be transported to tumor cells with exposure to an external magnetic field – see the recent review [3].

In particular, our choice is made for BN-based ^{10}B -delivery nanocarriers for their: high B-content, good tumor-to-nontumor B-accumulation ratio, good biocompatibility, low toxicity and negligible other side-effects related to their chemical and oxidative instabilities, possibility to overcome the cancer multidrug resistance and possibility to undergo rapid on-demand degradation under physiological conditions. Some of interesting examples of therapeutic utilizations for nano-BN one can find in [4–6]. As for the magnetic nanocarriers for controlled delivery of therapeutic agents in general, see e.g. [7–11].

For the synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles, it has been reported hydrothermal, sonochemical, microemulsion, electrochemical, co-precipitation and microwave methods. In order to synthesize Fe_3O_4 on BN one needs to modify them. For a method of obtaining h-BN:Fe or h-BN: Fe_3O_4 compositions can serve the iron compounds reduction in the presence of BN [12]. That technique involves reduction of Fe^{2+} to Fe^0 followed by aerial oxidation to Fe_3O_4 and then applies to multicomponent reactions. The nano zero-valent iron formed during the reduction of iron(II) sulphate intercalates in the h-BN layered matrix, which further oxidizes in air forming h-BN: Fe_3O_4 . Previously, a similar method was used to coat nano zero-valent iron on biopolymers [13]. Here approach is adapted to obtain h-BN:Fe, h-BN: Fe_2O_3 and h-BN: Fe_3O_4 species.

In the case of reduction of iron sulphate with NaBH_4 , these three products are directly obtained. The product composition depends on $\text{Fe}^{2+}:\text{NaBH}_4$ molar ratio and air exposure time. XRD (X-Ray-Diffraction) data show that h-BN:Fe is formed by rapid filtration of the reaction mixture and its vacuum drying. XRD reveals BN and nano zero-valent Fe reflexes. But, reflexes of other compounds (in particular, Fe_3O_4) are not visible. From the SEM (Scanning-Electron-Microscopy), in the h-BN:Fe nano zero-valent Fe forms a fibrous mass surrounding BN particles and consisted of sphere-like particles, the size of which is ~ 45 nm.

Statistics	B	C	N	O	Mg	S	Fe
Max	29.96	13.85	38.01	26.63	0.22	0.13	15.92
Min	21.17	8.62	22.98	17.52	0.08	0.05	5.63
Average	24.65	12.28	29.41	21.38	0.17	0.10	12.02
Deviation	3.85	2.48	6.51	3.83	0.06	0.04	4.67

A brownish-yellow mass (amorphous iron oxo-hydroxide, possibly FeOOH) is formed when the $\text{BN-FeSO}_4\text{-NaBH}_4$ reaction mixture is left in air for 3–4 h for iron oxidation. XRD of the obtained composite shows only BN reflections and no iron or its oxide phases are visible. Previously, we easily obtained amorphous Fe(OH)_3 by heating Fe_2O_3 in air. And it is established that by heating at 250–300°C of the composite of h-BN and amorphous iron compound obtained from the $\text{BN-FeSO}_4\text{-NaBH}_4$ reaction mixture in air, the $\text{BN:Fe}_2\text{O}_3$ composite is formed. The composite containing magnetite phase is also obtained from the $\text{BN-FeSO}_4\text{-NaBH}_4$ system, EDX (Energy-Dispersive-X-ray) elemental composition (wt.%) of $\text{BN:Fe}_3\text{O}_4$ is presented in the table. According to the EDX analysis, Fe content in this composite is within 5–16 wt.%. From the mapping, it can be seen that the iron (more specifically, Fe_3O_4) is not evenly distributed on the BN grains, which can be considered a disadvantage of the reduction method.

Due to the structural similarity between few-layered h-BN and graphene, they can reveal similar chemical properties, in particular, ability to be intercalated— see e.g. [14,15]. Based on this analogy, BN-Fe nanocomposites growth mechanism was proposed in [16]. Exfoliation of obtained $\text{BN-Fe(NO}_3)_3$ composite was carried out at 250–300°C in vacuum. Unlike the analogous graphene oxide (GO)– $\text{Fe(NO}_3)_3$ complex, in this case there is no increase in the volume and only $\text{BN-Fe}_2\text{O}_3$ is formed, which contains 8–12 wt.%Fe. By its reduction in a hydrogen stream at 360°C, magnetite phase and thus $\text{BN-Fe}_3\text{O}_4$ composite are formed. This difference is due to the fact that BN and $\text{Fe(NO}_3)_3$ do not chemically bond with each other, while GO and $\text{Fe(NO}_3)_3$ form a complex compound. This issue was studied in detail when making biocidal paraffin oxide–metal (oxide) composites [17].

Iron pentacarbonyl Fe(CO)_5 is often used to deposit metallic iron and its oxides on matrices of various natures [18]. Previously, chemical transformations of Fe(CO)_5 impregnated in porous sorbents and biopolymers were carried out in the autoclave in argon at 200°C [19–21]. Here we have obtained magnetite as a black powder with a density of 22–26 mg/ml. SEM determined particle size is 50–100 nm. Since iron pentacarbonyl forms magnetite phase only under certain conditions, we have developed a method of depositing magnetite phase on BN, which consists in heating $\text{BN-Fe(CO)}_5\text{-H}_2\text{O}$ in an autoclave. Elements distribution map proves that formed magnetite is evenly distributed on the BN grains.

3. Sandwich-Like Thin-Layered $\text{B}_4\text{C-W}$ Neutron-Shield Materials

Simulations [22,23] of neutron- and (secondary) gamma-radiations shielding have suggested that boron carbide–tungsten $\text{B}_4\text{C-W}$ is most effective thin-layered composite shield material, in which B (low- Z) and W (high- Z) atoms serve for effective absorbers of neutrons and gamma-quanta. Some recent data available on composite materials containing metallic tungsten layers are briefly summarized below.

Wear resistance and hardness of W sequentially implanted with 60 keV ions of B and C at 300–350 K were studied [24]. For testing hardness of samples modified by fluences of $1 \cdot 10^{15}$ – $3 \cdot 10^{15}$ and $1 \cdot 10^{16}$ – $3 \cdot 10^{17}$ ion/cm² nano- and micro-indentations were used. And composite materials with 1.3–4.5- and 2.0–6.7-times improved hardness and wear-resistance, respectively, were obtained. In [25], the suitability of using W-matrix coating materials supersaturated with B were applied to stainless steel substrates. All the W–B coated (including W–13%B and W–23%B) materials are found to be nearly an order of magnitude more resistant to material loss through corrosion–wear compared to uncoated substrates. Coatings containing high-temperature tungsten borides phases W_2B and $\beta\text{-WB}$ were obtained [26] on titanium and steel targets by a shaped charge explosion. In some regions of the target, microhardness achieves 42 GPa. The stability and hardness of the highest borides of W, which are built of borophenes separated by metal atoms, were explored in [27]. WB_{3+x} compounds were shown that have Vickers hardnesses approaching 40 GPa only for small values of x . W- and B-based thin film materials, including B_4C , WC and WB_3 display very high hardnesses. And W-doped borophene also was found to exhibit superior hardness. In [28], elastic properties of $\text{W}_{1-y}\text{B}_{3+x}$ structures were summarized. Only stoichiometric WB_3 can be considered as superhard material. Contamination by extra B-atoms is energetically unfavorable and affects the hardness: lowers shear modulus while maintaining the bulk modulus, effectively leading to a softer material. The presence of W-vacancies

forms structures, e.g. $W_{0.75}B_{3+x}$, with hardness less sensitive to variations in B-content. Dense B_4C-WB_2 composites were fabricated at $1950^\circ C$ using B_4C and WB_2 as raw materials via a hot press method [29]. The obtained $B_4C-68.7\text{vol.}\%WB_2$ composite demonstrated good comprehensive properties with high flexural strength of 696 MPa, superior hardness of 34.8 GPa, and acceptable fracture toughness of $3.3\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. In addition, B_4C-WB_2 composites demonstrated good electrical conductivity of $3.3\cdot 10^5\text{ S/m}$, which together with low density of 5.589 g/cm^3 make them of interests for cutting tools and armor protection applications. The possibilities for the ultrafast compacting of binderless tungsten carbide by electric current- and pressure-assisted sintering were explored in [30]. A limited AC (Alternative-Current) was applied to WC compact in combination with uniaxial pressure.

Severe plastic deformation of tungsten W is known to be an efficient way to reduce its inherently high DBTT (Ductile-to-Brittle-Transition-Temperature). Thin rolled W foils possess superior mechanical behavior at room temperature. It was then proposed to expand the beneficial mechanical properties of the foil to bulk by fabricating tungsten-copper W-Cu laminate composites. The effect of neutron irradiation on W foil was investigated [31] and determined the resulting DBTT shift. Diffusion of Cu into W could modify the response to irradiation. This hypothesis was substantiated with DFT (Density-Functional-Theory) calculations of Cu-vacancy and self-interstitial interactions. The method of synthesizing B_4C coatings by using an RF (Radio-Frequency) plasma source with an external magnetic field was described in [32]. The nanohardness of coated steel surfaces was in the range of 14.0–16.6 GPa. It was found that the B_4C coatings have 1.73–3.89-times higher hardness than uncoated bare steels serving for targets. Practically complete available information about currently known obtaining methods, structure and physical and chemical properties of tungsten carbides and their alloys is collected in the latest monographic handbook [33].

Properties, processing techniques and possible applications of different structural high-temperature materials with an operating temperature higher than $1200^\circ C$ were highlighted in [34]. Composites with a multi-layered structure based on ceramic/carbon, ceramic and metal systems were demonstrated to be promising materials. High-temperature composites with a multi-layered structure can have a graceful failure mode and higher toughness as compared to particle reinforced ceramic composites. The multi-layered shields provide better shielding efficacy than the single-layered ones. Various GSPs (Gamma-Shielding-Parameters) are required to investigate the materials gamma-ray shielding. Work [35] aimed to describe the development of an online-platform to calculate 36 GSPs in the energy range 0.015–15 MeV.

Here we have developed several different versions for preparation of B_4C-W sandwiches. At first WO_3 layer was deposited on B_4C surface by spin coating method to reduce it to $\alpha-W$ in hydrogen atmosphere at $600-800^\circ C$ [36,37]. In many cases the metallic W layer was weakly attached to the B_4C surface. SPS (Spark-Plasma-Sintering) method was found to be most effective, by which it is possible to obtain the sandwich composites at $1300-2000^\circ C$. For our purpose, the method by which we previously obtained multi-component B_4C -matrix ceramics [38–41] was modified. For substrate served the SPS consolidated (at $1500-2000^\circ C$) ultra-dispersive B_4C powder obtained by wet method from systems of boron acid-organic compound-water, amorphous boron-carbohydrates-water and the like. When heating obtained sandwich structures, at temperatures of $>1300^\circ C$ it starts the tungsten pentaboride W_2B_5 formation, while at $>1600^\circ C$ the new sandwich composite B_4C/W_2B_5 is formed. Using SPS method, from two-component sandwiches one can fabricate multi-component ones: $B_4C/W/B_4C/W$, $W/B_4C/W/B_4C$, etc.

We have used the SPS method to obtain monolithic B_4C-W samples from boron carbide and tungsten powders. For this purpose, metallic tungsten powder was placed in a graphite press mould with graphitic foil lining and compacted. Boron carbide powder was then sprinkled on the tungsten layer. The surface was leveled and again the graphitic foil was placed. In this approach, during rapid heating and applying a certain pressure consolidation of the powder takes place and a sandwich composite is obtained. As showed SEM and EDX studies of the sandwich fracture surface, on the contact surface of the B_4C and W consolidated phases, there are diffusion of B and W atoms in the opposite directions and the formation of the intermediate phase W_2B_5 . The layers thickness can be adjusted within wide limits. After removing tungsten and boride layer from the sample sintered at $1600^\circ C$ the relative density of boron carbide was determined as 87–92% of the theoretical value. The XRD study of the cleaned surface unambiguously confirmed its presence and also the removal of metallic tungsten from the sandwich surface.

A method of obtaining similar composites using metal tungsten plates was developed as well. It has been determined that by heating and pressing of a boron carbide powder and a metallic tungsten foil an intermediate phase W_2B_5 is formed and provides a strong bond between the two phases.

4. Conclusions

We have developed two different methods of chemical synthesis of boron nitride nanopowders doped with ferromagnetic nanoclusters intended for ^{10}B delivery agents in BNCT: intercalation of a ferromagnetic material in layered structure of h-BN and its deposition on particles surface. Besides, we have proposed methods for formation boron carbide–tungsten sandwich structures intended for neutron shield material. Main of them means the deposition of tungsten oxide WO_3 layer on boron carbide B_4C surface to reduce it to $\alpha\text{-W}$ by heating in hydrogen atmosphere. Further heating of such sandwich structures at high temperatures forms tungsten pentaboride W_2B_5 and the new sandwich composite $\text{B}_4\text{C}\text{-W}_2\text{B}_5$ is obtained. Then using SPS from two-component sandwiches the multi-component ones are fabricated.

References:

- [1] R. F. Barth, P. Mi, W. Yang. Boron delivery agents for neutron capture therapy of cancer. *Cancer Commun.*, 2018, 38, 35, 1-15.
- [2] F. Ali, N. S. Hosmane, Y. Zhu. Boron chemistry for medical applications. *Mol.*, 2020, 25, 828, 1-24.
- [3] Sh. Makatsaria, L. Chkhartishvili, Sh. Dekanosidze, R. Chedia. Nanopowder boron compounds doped with ferromagnetic clusters for BNCT: Mini-review. *Int. J. Adv. Nano Comp. Anal.*, 2022, 2, 1. – *in press*
- [4] G. Ciofani, V. Raffa, A. Menciasci, A. Cuschieri. Folate functionalized boron nitride nanotubes and their selective uptake by glioblastoma multiforme cells: Implications for their use as boron carriers in clinical boron neutron capture therapy. *Nanoscale Res. Lett.*, 2009, 4, 2, 113-121.
- [5] I. Yu. Zhitnyak, I. V. Sukhorukova, A. M. Koval'skiy, A. T. Matveev, I. N. Bychkov, D. V. Shtanskiy, N. A. Glushankova. The study of new anticancer drug delivery system based on the boron nitride nanoparticles. *Adv. Mol. Oncol.*, 2016, 3, 2, 34-41.
- [6] L. Li, J. Li, Y. Shi, P. Du, Z. Zhang, T. Liu, R. Zhang, Zh. Liu. On-demand biodegradable boron nitride nanoparticles for treating triple negative breast cancer with boron neutron capture therapy. *ACS Nano*, 2019, 13, 12, 13843-13852.
- [7] J. V. Nuzhina, A. A. Shtil, A. Y. Prilepskii, V. V. Vinogradov. Preclinical evaluation and clinical translation of magnetite-based nanomedicines. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, 2019, 54, 101282, 1-15.
- [8] V. Manescu (Paltanea), G. Paltanea, I. Antoniac, M. Vasilescu. Magnetic nanoparticles used in oncology. *Mater.*, 2021, 14, 5948, 1-37.
- [9] M. I. Anik, M. Kh. Hossain, I. Hossain, A. M. U. B. Mahfuz, M. T. Rahman, I. Ahmed. Recent progress of magnetic nanoparticles in biomedical applications: A review. *Nano Select*, 2021, 2, 1146-1186.
- [10] S.I. Hussain, L.O. Mair, A.J. Willis, G. Papavasiliou, B. Liu, I.N. Weinberg, H.H. Engelhard. Parallel multichannel assessment of rotationally manipulated magnetic nanoparticles. *Nanotechnol. Sci.Appl.*, 2022, 15, 1-15.
- [11] Zh. Xiao, L. Zhang, V. L. Colvin, Q. Zhang, G. Bao, Synthesis and application of magnetic nanocrystal clusters. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2022, <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c04879>, 1-13.
- [12] A. Molla, S. Hussain. Base free synthesis of iron oxide supported on boron nitride for the construction of highly functionalized pyrans and spirooxindoles. *RSC Adv.*, 2016, 6, 5491-5502.
- [13] R. Chedia, N. Jalagonia, T. Kuchukhidze, E. Sanaia, G. Kvartskhava, V. Gabunia, F. Marquis. Impregnation of nano zero-valent iron in biomaterials for remediation of wastewater. In: *Sustainable Industrial Processing Summit (SIPS) 2015*, 9 (Eds. F. Kongoli, J. M. Dubois, E. Gaudry, V. Fournee, F. Marquis), 2015, Montreal, Flogen Star Outreach, 109-120.
- [14] Ch.-Ch. Hung, J. Hurst, D. Santiago, R. B. Rogers. Exfoliation of Hexagonal Boron Nitride via Ferric Chloride Intercalation. *NASA/TM – 2014-218125*, 2014, Cleveland, NASA Glenn Research Center, 1-20.
- [15] I. Pis, S. Nappini, F. Bondino, T. Onur Montes, A. Sala, A. Locatelli, E. Magnano. Fe intercalation under graphene and hexagonal boron nitride in-plane heterostructure on Pt(111). *Carbon*, 2018, 134, 274-282.
- [16] R. B. Patel, J. Liu, J. Eng, Z. Iqbal. One-step CVD synthesis of a boron nitride nanotube–iron composite. *J. Mater. Res.*, 2011, 26, 10, 1132-1139.
- [17] T. Dundua. Preparation of graphene oxide composites containing nanometals and oxides from graphite foil wastes and study of their biocidal activity. *Nano Studies*, 2021–2022, 21/22. – *in press*
- [18] D. Peters. Ultrasound in materials chemistry. *J. Mater. Chem.*, 1996, 6, 10, 1605-1618.
- [19] N. Barbakadze, M. Japaridze, T. Korkia, L. Nadaraia, G. Kvartskhava, R. Chedia. Obtaining of Fe–C–wood and $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-C}$ –wood composites. In: *Proc. 3rd Int. Conf. "Inorganic Materials Science Modern Technologies and Methods"*, 2018, Tbilisi, Georgian Natl. Acad. Sci. Press, 19-21.

- [20] N. Barbakadze, K. Sarajishvili, M. Japaridze, L. Nadaraia, G. Kvartskhava. Some issues of obtaining sorbents containing iron and its oxides. *World Sci.*, 2018, 1, 4-32, 59-63.
- [21] K. Sarajishvili, N. Jalabadze, L. Nadaraia, G. Kvartskhava, T. Korkia, N. Nonikashvili, V. Gabunia, R. Chedia. Impregnation of iron and magnetite phases in wood and partial pyrolyzed wood. In: *Science and Technology of Polymers and Advanced Materials*, 2019, Burlington, Apple Acad. Press, Ch.7, 73-88.
- [22] B. R. Evans, J. Lian, W. Ji. Evaluation of shielding performance for newly developed composite materials. *Ann. Nucl. Energy*, 2018, 116, 1-9.
- [23] L. Chkhartishvili. Boron-contained nanostructured materials for neutron-shields. In: *Nanostructured Materials for the Detection of CBRN* (Eds. J. Bonca, S. Kruchinin), 2018, Dordrecht, Springer Science, Ch.11, 133-154.
- [24] A. Guldashvili, Y. Nardaya, T. Nebieridze, E. Sanaia, A. Sichinava, M. Kadaria. Mechanical properties of tungsten implanted with boron and carbon ions. *J. Mater. Sci. Eng. A*, 2017, 7, 3/4, 82-88.
- [25] B. Mallia, P. A. Dearnley. Exploring new W-B coating materials for the aqueous corrosion-wear protection of austenitic stainless steel. *Thin Solid Films*, 2013, 549, 204-215.
- [26] S. A. Gromilov, S. A. Kinelovskii, A. V. Alekseev, I. B. Kirienko. Investigation of W₂B and β -WB high-temperature phases in coatings produced by a shaped charge explosion. *J. Str. Chem.*, 2010, 51, 6, 1126-1131.
- [27] N. Gonzalez Szwacki. The structure and hardness of the highest boride of tungsten, a borophene-based compound. *Sci. Rep.*, 2017, 7, 4082, 1-6.
- [28] P. M. Martin. Active Thin films: Applications for graphene and related materials. *Vac. Technol. Coat.*, 2018, 19, 11, 6-14.
- [29] K. Ma, X. Shi, X. Cao, Zh. Yang, J. Zuo, J. Xu, M. Li. Mechanical, electrical properties and microstructures of hot-pressed B₄C-WB₂ composites. *Ceram. Int.*, 2022, 48, 20211-20219.
- [30] I. Mazo, A. Molinari, V. M. Sglavo. Electrical resistance flash sintering of tungsten carbide. *Mater. Des.*, 2022, 213, 110330, 1-13.
- [31] A. Zinovev, D. Terentyev, Ch.-Ch. Chang, Ch. Yin, A. Bakaev, M. Rieth, Ph. Lied, J. Reiser, C. Bonnekoh. Effect of neutron irradiation on ductility of tungsten foils developed for tungsten-copper laminates. *Nucl. Mater. Energy*, 2022, 30, 101133, 1-10.
- [32] A. V. Taran, I. E. Garkusha, V. S. Taran, R. M. Muratov, T. S. Skoblo, O. I. Sidashenko, S. P. Romaniuk, T. V. Maltsev, A. A. Baturin. Structure and properties of B₄C coatings obtained by RF sputtering with external magnetic field. In: *Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications* (Eds. O. Fesenko, L. Yatsenko), 2021, Cham, Springer Nature, 51-57.
- [33] I. L. Shabalin. *Refractory Carbides III (W Carbides). A Comprehensive Guide and Reference Book*, 2022, Cham, Springer Nature: i-xiv & 1-934.
- [34] O. Yu. Sorokin, B. Yu. Kuznetsov, Yu. V. Lunegova, V. S. Erasov. High-temperature composites with a multi-layered structure (Review). *Proc. All-Russ. Sci. Res. Inst. Aviation Mater.*, 2020, 4/5, 88, 42-53.
- [35] K. S. Mann, S. S. Mann. Py-MLBUF: Development of an online-platform for gamma-ray shielding calculations and investigations. *Ann. Nucl. Energy*, 2021, 50, 107845, 1-1.
- [36] H.-J. Kim, J.-H. Lee, I.-H. Sohn, T.-J. Hwang, K.-Y. Lee. Preparation of tungsten metal film by spin coating method. *Korea-Australia Rheology J.*, 2002, 14, 2, 71-76.
- [37] Y. Wang, B. F. Long, Ch. Liu, G. Lin. Evolution of reduction process from tungsten oxide to ultrafine tungsten powder via hydrogen. *High Temp. Mater. Proc.*, 2021, 40, 171-177.
- [38] N. Barbakadze, K. Sarajishvili, R. Chedia, L. Chkhartishvili, O. Tsagareishvili, A. Mikeladze, M. Darchiashvili, V. Ugrekheldze. Obtaining of ultrafine powders of some boron carbide based nanocomposites using liquid precursors. *Nanotechnol. Percep.*, 2019, 15, 3, 243-256.
- [39] L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, R. Chedia, O. Tsagareishvili, N. Barbakadze, K. Sarajishvili, M. Darchiashvili, V. Ugrekheldze, T. Korkia. Synthesizing fine-grained powders of complex compositions B₄C-TiB₂-WC-Co. *Solid State Sci.*, 2020, 108, 106439, 1-8.
- [40] N. Barbakadze, L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, O. Tsagareishvili, K. Sarajishvili, T. Korkia, M. Darchiashvili, L. Rurua, N. Jalabadze, R. Chedia. Method of obtaining multicomponent fine-grained powders for boron carbide matrix ceramics production. *Mater. Today Proc.*, 2022, 51, 5, 1863-1871.
- [41] L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, N. Jalabadze, L. Nadaraia, T. Korkia, R. Chedia. New low-temperature method of synthesis of boron carbide matrix ceramics ultra-dispersive powders and their spark plasma sintering. *Solid State Phenomena*, 2022, 331, 173-184.

კვანტური ბიოლოგიის თანამედროვე მიღწევები

მარიამ წიკლაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
m.tsiklauri@gtu.ge

რეზიუმე

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში მოხდა რევოლუციური ცვლილებები. კვანტურმა ფიზიკამ და ბიოლოგიამ რადიკალურად შეცვალა წარმოდგენა სამყაროს წარმოქმნის და შინაარსის შესახებ. შეიქმნა ევოლუციის კვანტური თეორია. ცხოვრების წესების გაგება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სამეცნიერო მიმართულებაა, რამაც მოახდინა რევოლუცია როგორც ბიოლოგიაში, ასევე ბიო-ტექნოლოგიაში. კვანტური ბიოლოგია არის ცოცხალი სისტემების კვანტური ასპექტების შესწავლა. ამ მიმოხილვაში, ჯამდება უახლეს პროგრესს კვანტურ ბიოლოგიაში. მოსალოდნელია, რომ ამ შედეგებიდან ბევრი იქნება ფუნდამენტური სამშენებლო მასალა ცხოვრების წესების გასაგებად.

საკვანძო სიტყვები: კვანტური ბიოლოგია, კვანტური მექანიკა, ფოტოსინთეზი, ყნოსვა

1. შესავალი

კვანტური ბიოლოგია განვითარებადი სფეროა; მიმდინარე კვლევების უმეტესობა თეორიულია და ექვემდებარება კითხვებს, რომლებიც საჭიროებენ შემდგომ ექსპერიმენტებს. მიუხედავად იმისა, რომ დარგმა სულ ახლახანს მიიპყრო ყურადღება, ის ფიზიკოსების მიერ მე-20 საუკუნის განმავლობაში იქნა გააზრებული. ვარაუდობენ, რომ კვანტურ ბიოლოგიას შესაძლოა გადამწყვეტი როლი ჰქონდეს მომავლის მედიცინაში. კვანტური ფიზიკის ადრეულმა მკვლევარებმა დაინახეს კვანტური მექანიკის გამოყენების მნიშვნელობა ბიოლოგიურ პრობლემებში. ერვინ შრედინგერმა 1944 წელს გამოსცა წიგნი – რა არის ცხოვრება? სადაც განიხილა კვანტური მექანიკის გამოყენების როლი ბიოლოგიაში შრედინგერმა შემოიტანა იდეა ეგრეთწოდებული „აპერიოდული კრისტალის“ შესახებ, რომელიც შეიცავს გენეტიკურ ინფორმაციას კოვალენტური ქიმიური ბმების კონფიგურაციაში. მან ასევე ივარაუდა, რომ მუტაციები განპირობებულია ეგრეთწოდებული - "კვანტური ნახტომებით". სხვა მკვლევარები, ნილს ბორი, პასკუალ ჯორდანი და მაქს დელბრუკი ამტკიცებდნენ, რომ კომპლემენტარობის კვანტური იდეა ფუნდამენტური იყო სიცოცხლის მეცნიერებისთვის. 1963 წელს პერ-ოლოვ ლოუდინმა გამოაქვეყნა სტატია: „პროტონების ტუნელირება, როგორც დნმ-ის მუტაციის სხვა მექანიზმი“. თავის ნაშრომში მან განაცხადა, რომ არსებობს კვლევის ახალი დარგი სახელწოდებით „კვანტური ბიოლოგია“. 1979 წელს ფიზიკოსმა ალექსანდრე დავიდოვმა გამოაქვეყნა კვანტური ბიოლოგიის პირველი სახელმძღვანელო სათაურით „ბიოლოგია და კვანტური მექანიკა [1, 2].

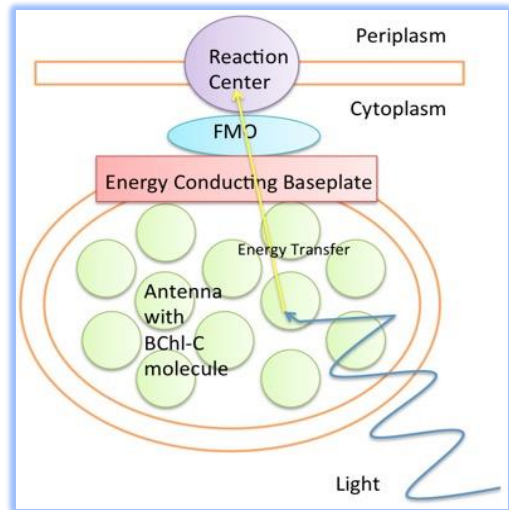
2. ძირითადი ნაწილი

ფოტოსინთეზი. ორგანიზმები, რომლებიც გადიან ფოტოსინთეზს, შთანთქავენ სინათლის ენერგიას ანტენებში ელექტრონების აგზნების პროცესის მეშვეობით. ეს ანტენები განსხვავდება ორგანიზმებს შორის. მაგალითად, ბაქტერიები იყენებენ რგოლის მსგავს ანტენებს, ხოლო მცენარეები იყენებენ ქლოროფილის პიგმენტებს ფოტონების შთანთქმისთვის. ფოტოსინთეზი ქმნის ფრენკელის ექსციტონებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ მუხტის განცალკევებას, რომელსაც უჯრედები აქცევენ გამოსაყენებელ ქიმიურ ენერგიად. რეაქციის ადგილებზე შეგროვებული ენერგია სწრაფად უნდა გადავიდეს მანამ, სანამ არ დაიკარგება ფლოუორესცენციის ან თერმული ვიბრაციული მოძრაობის შედეგად.

სხვადასხვა სტრუქტურები, როგორცაა FMO (Fenna–Matthews–Olson) (ნახ.1) კომპლექსი მწვანე გოგირდის ბაქტერიებში, პასუხისმგებელი არიან ენერგიის გადატანაზე ანტენებიდან რეაქციის ადგილზე. ელექტრონის შთანთქმისა და გადაცემის FT ელექტრონული სპექტროსკოპიის კვლევები ეფექტურია 99%-ზე მეტად, რაც არ შეიძლება აიხსნას კლასიკური მექანიკური მოდელებით, როგორცაა დიფუზიური მოდელი. ამის ნაცვლად, ჯერ კიდევ 1938 წელს, მეცნიერებმა შემოგვთავაზეს თეორია, რომ კვანტური კოჰერენტულობა (თანმიმდევრულობა) იყო აგზნების ენერგიის გადაცემის მექანიზმი [3,4].

მეცნიერებმა ახლახან მოიძიეს ექსპერიმენტული მტკიცებულება ენერგიის გადაცემის მექანიზმის შესახებ. 2007 წელს გამოქვეყნებულმა კვლევამ მოითხოვა ელექტრონული კვანტური კოჰერენტულობის იდენტიფიცირება $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (77 K) ტემპერატურაზე. 2010 წლის სხვა თეორიულმა კვლევამ წარმოადგინა მტკიცებულება, რომ კვანტური კოჰერენტულობა (თანმიმდევრულობა) ცხოვრობს 300 ფემტოწამამდე ბიოლოგიურად შესაბამის ტემპერატურაზე ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ან 277 K).

2017 წელს, პირველმა საკონტროლო ექსპერიმენტმა ორიგინალური FMO პროტეინთან ატმოსფერულ პირობებში დაადასტურა, რომ ელექტრონული კვანტური ეფექტები იშლება 60 ფემტოწამში, ხოლო ექსციტონის მთლიან გადაცემას დრო სჭირდება რამდენიმე პიკოწამის რიგითობით. 2020 წელს მიმოხილვამ, რომელიც დაფუძნებულია საკონტროლო ექსპერიმენტებისა და თეორიის ფართო კრებულზე, დაასკვნა, რომ შემოთავაზებული კვანტური ეფექტები FMO სისტემაში ხანგრძლივი ელექტრონული კოჰერენტულობის (თანამიმდევრულობის) პირობებში არ მოქმედებს. ამის ნაცვლად, კვლევა, რომელიც სწავლობს ტრანსპორტის დინამიკას, ვარაუდობს, რომ აგზნების ელექტრონულ და ვიბრაციულ რეჟიმებს შორის ურთიერთქმედება FMO კომპლექსებში მოითხოვს ნახევრად კლასიკურ, ნახევრად კვანტურ ახსნას ექსციტონის ენერჯის გადაცემისთვის.



ნახ.1. FMO კომპლექსის დიაგრამა.

სინათლე ადაგზნებს ელექტრონებს ანტენაში. შემდეგ აგზნება გადადის სხვადასხვა ცილების მეშვეობით FMO კომპლექსში რეაქციის ცენტრში შემდგომი ფოტოსინთეზისთვის

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სანამ კვანტური კოჰერენტულობა (თანამიმდევრულობა) დომინირებს მოკლევადიან პერსპექტივაში, კლასიკური აღწერა ყველაზე ზუსტია ეგციტონების გრძელვადიანი ქცევის აღსაწერად. ფოტოსინთეზის კიდევ ერთი პროცესი, რომელსაც აქვს თითქმის 100% ეფექტურობა, არის მუხტის გადაცემა, რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს იმაზე, რომ კვანტური მექანიკური ფენომენები მოქმედებს. 1966 წელს ფოტოსინთეზური ბაქტერიის ქრომატუმის (Chromatium) კვლევამ აჩვენა, რომ 100 K-ზე დაბალ ტემპერატურაზე ციტოქრომის დაჟანგვა არის ტემპერატურისგან დამოუკიდებელი, ნელი (მილიწამების რიგითობით) და ძალიან დაბალი აქტივაციის ენერჯია. ავტორებმა, დონ დევოლტმა და ბრიტონ ჩეიზმა, განაცხადეს, რომ ელექტრონების გადაცემის ეს მახასიათებლები მიუთითებს კვანტურ გვირაბზე, რომლის დროსაც ელექტრონები შეადგენს პოტენციურ ბარიერს, მიუხედავად იმისა, რომ გააჩნიათ ნაკლები ენერჯია, ვიდრე ეს კლასიკურად აუცილებელია [5,6].

➤ **დნმ მუტაცია**

სხეულში ცილების წარმოების ინსტრუქციას დნმ წარმოადგენს. იგი შედგება 4 ნუკლეოტიდისგან: გუანინი-G, თიმინი-T, ციტოზინი-C და ადენინი-A. ამ ნუკლეოტიდების კომბინაცია იძლევა სხვადასხვა ცილების "რეცეპტს".

როდესაც უჯრედი მრავლდება, მან უნდა გაიმეოროს დნმ-ის ეს ჯაჭვები. თუმცა, ზოგჯერ დნმ-ის ჯაჭვის გამეორების პროცესში შეიძლება მოხდეს მუტაცია ან შეცდომა დნმ-ის კოდში. დნმ-ის მუტაციის გამომწვევი თეორია განმარტებულია ლოუდინის დნმ-ის მუტაციის მოდელში. ამ მოდელში ნუკლეოტიდს შეუძლია სპონტანურად შეცვალოს თავისი ფორმა კვანტური გვირაბის (ტუნელირების) პროცესის მეშვეობით. ამის გამო, შეცვლილი ნუკლეოტიდი დაკარგავს თავდაპირველ წყვილთან დაწყვილების უნარს და, შესაბამისად, შეიცვლება დნმ-ის ჯაჭვის სტრუქტურა და რიგი.

ულტრაიისფერი გამოსხივების და სხვა სახის გამოსხივების ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს დნმ-ის მუტაცია და დაზიანება. გამოსხივებას ასევე შეუძლია შეცვალოს ბმები პირიმიდინებში დნმ-ის ჯაჭვის გასწვრივ და გამოიწვიოს ისინი საკუთარ თავთან შეერთება, რაც ქმნის დიმერს.

ბევრ პროკარიოტში და მცენარეში ეს კავშირები აღდგება თავდაპირველ ფორმამდე დნმ-ის აღმდგენი ფერმენტ ფოტოლიაზას საშუალებით. ეს ხორციელდება ელექტრონის გადატანით დიმერში, რათა დნმ აღდგეს. ელექტრონის გადატანა ხორციელდება კვანტური გვირაბის საშუალებით. ამ პროცესს უწოდებენ „საშუამავლო-სუპერგაცვლა გვირაბის საშუალებით“ და ეს შესაძლებელია ცილის თვისებით გაზარდოს ელექტრონის გვირაბში გავლის სიჩქარე [4,6].

➤ **ყნოსვის ვიბრაციული თეორია**

ყნოსვა, შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად; ქიმიური ნივთიერების მიღება და გამოვლენა და როგორ იგზავნება ეს აღმოჩენა და მუშავდება ტვინში. სუნის გამოვლენის ეს პროცესი ჯერ კიდევ კითხვის ნიშნის

ქვემ დგას. ერთი თეორია სახელწოდებით " ყნოსვის ფორმის თეორია " ვარაუდობს, რომ გარკვეული ყნოსვის რეცეპტორები გამოწვეულია ქიმიკატების გარკვეული ფორმებით და ეს რეცეპტორები აგზავნიან კონკრეტულ შეტყობინებას ტვინში. კიდევ ერთი თეორია (კვანტურ ფენომენებზე დაფუძნებული) ვარაუდობს, რომ ყნოსვის რეცეპტორები აღმოაჩენენ მოლეკულების ვიბრაციას, რომლებიც აღწევს მათ და „სუნი“ განპირობებულია სხვადასხვა ვიბრაციული სიხშირით, ამ თეორიას სათანადოდ უწოდებენ „ყნოსვის ვიბრაციის თეორიას“.

ყნოსვის ვიბრაციის თეორია, რომელიც შეიქმნა 1938 წელს მალკოლმ დაისონის მიერ, მაგრამ გაამლიერა ლუკა ტურინის მიერ 1996 წელს, ვარაუდობს, რომ ყნოსვის შეგრძნების მექანიზმი განპირობებულია G- პროტეინის რეცეპტორებით, რომლებიც აღმოაჩენენ მოლეკულურ ვიბრაციას არაელასტიური ელექტრონის გამო. გვირაბი, სადაც ელექტრონი კარგავს ენერგიას, მოლეკულებს შორის. ამ პროცესში მოლეკულა შეავსებს შემაკავშირებელ ადგილს G-ცილით რეცეპტორი. ქიმიური ნივთიერების რეცეპტორთან შეერთების შემდეგ, ქიმიური ნივთიერება იმოქმედებს როგორც ხიდი, რომელიც საშუალებას აძლევს ელექტრონის გადატანას ცილაში. როდესაც ელექტრონი გადადის იმაზე, რაც სხვაგვარად იწებოდა ბარიერი, ის კარგავს ენერგიას რეცეპტორთან ახლად შეკრული მოლეკულის ვიბრაციის გამო. ეს იწვევს მოლეკულის სუნის უნარს.

მიუხედავად იმისა, რომ ვიბრაციის თეორიას აქვს კონცეფციის გარკვეული ექსპერიმენტული მტკიცებულება, იყო მრავალი საკამათო შედეგი ექსპერიმენტებში. ზოგიერთ ექსპერიმენტში ცხოველებს შეუძლიათ განასხვავონ სუნი სხვადასხვა სიხშირისა და ერთი და იგივე სტრუქტურის მოლეკულებს შორის, ხოლო სხვა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ადამიანებმა არ იციან სუნის გარჩევა განსხვავებული მოლეკულური სიხშირის გამო [1,5,6].

➤ ხედვა

კვანტური ხედვა ეყრდნობა კვანტირებულ ენერგიას, რათა გარდაქმნას სინათლის სიგნალები მოქმედების პოტენციალად პროცესში, რომელსაც ეწოდება ფოტოგარდაქმნა (ფოტოტრანსდუქცია). ფოტოგადაცემისას ფოტონი ურთიერთქმედებს სინათლის რეცეპტორში ქრომოფორთან. ქრომოფორი შთანთქავს ფოტონს და განიცდის ფოტოიზომერიზაციას. სტრუქტურის ეს ცვლილება იწვევს ფოტო რეცეპტორის სტრუქტურის ცვლილებას და შედეგად ვიღებთ ფოტოგარდაქმნის ჯამურ მხედველობის სიგნალს. თუმცა, ფოტოიზომერიზაციის რეაქცია სწრაფი სიჩქარით მიმდინარეობს, 200 ფემტოწამზე ნაკლები დრო სჭირდება. ვარაუდობენ კვანტური ეფექტების გამოყენებას ძირითად და აღზნებული მდგომარეობის პოტენციალის ფორმირებაში ეფექტურობის მისაღწევად.

➤ კვანტური ხედვის შედეგები

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ადამიანის თვალის ბადურის სენსორი საკმარისად მგრძობიარეა ერთი ფოტონის აღმოსაჩენად. ერთი ფოტონის აღმოჩენამ შეიძლება მიგვიყვანოს მრავალ განსხვავებულ ტექნოლოგიამდე. განვითარების ერთ-ერთი სფეროა კვანტური კომუნიკაცია და კრიპტოგრაფია. იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ გამოვიყენოთ ბიომეტრიული სისტემა თვალის გასაზომად ბადურის მხოლოდ მცირე რაოდენობის წერტილების გამოყენებით ფოტონების შემთხვევითი ციმციმებით, რომლებიც „კითხულობენ“ ბადურას და იდენტიფიცირებენ ინდივიდს. ეს ბიომეტრიული სისტემა საშუალებას მისცემს მხოლოდ გარკვეულ ინდივიდს, რომელსაც აქვს კონკრეტული ბადურის რუკა, გაშიფროს შეტყობინება. ამ გზავნილის გაშიფვრა შეუძლებელია სხვა ვინმეს მიერ

➤ ფერმენტული აქტივობა (კვანტური ბიოქიმია)

ვარაუდობენ, რომ ფერმენტები იყენებენ კვანტურ გვირაბებს ელექტრონების გადასატანად ერთი ადგილიდან მეორეზე ელექტრონების სატრანსპორტო ჯაჭვებში. შესაძლებელია, რომ ცილის მეოთხეული სტრუქტურა ადაპტირებულია მდგრადი კვანტური გადახლართულობისა და კოჰერენტულობის შესანარჩუნებლად, რაც ბიოლოგიურ ერთეულებში კვანტური გვირაბის ორი შემზღვეველი ფაქტორია. ეს სტრუქტურები შეიძლება შეიცავდეს კვანტური ენერგიის გადაცემის უფრო მეტ პროცენტს, რაც ხდება ელექტრონების ტრანსპორტირებისა და პროტონების გვირაბების მეშვეობით (ჩვეულებრივ წყალბადის იონების, H⁺). გვირაბი გულისხმობს სუბატომური ნაწილაკების უნარს გადაადგილდეს პოტენციური ენერგეტიკული ბარიერების მეშვეობით. ეს უნარი ნაწილობრივ განპირობებულია კომპლემენტარობის პრინციპით, რომელიც ამტკიცებს, რომ გარკვეულ ნივთიერებებს აქვთ გარკვეული თვისებები, რომელთა ცალ-ცალკე გაზომვა შეუძლებელია გაზომვის შედეგის შეცვლის გარეშე. ნაწილაკებს, როგორცაა ელექტრონები და პროტონები, აქვთ ტალღა-ნაწილაკების ორმაგი ბუნება; მათ შეუძლიათ გაიარონ ენერგეტიკული ბარიერები მათი ტალღის მახასიათებლების გამო, ფიზიკის კანონების დარღვევის გარეშე.

კვანტური გვირაბის გარეშე ორგანიზმები ვერ შეძლებდნენ ენერჯის სწრაფად გარდაქმნას ზრდის შესანარჩუნებლად. კვანტური გვირაბები რეალურად მოქმედებენ როგორც უმოკლესი გზა ნაწილაკების გადაცემისთვის; კვანტური მათემატიკის მიხედვით, ნაწილაკის ნახტომი ბარიერის წინა მხრიდან ბარიერის მეორე მხარეს უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე ბარიერი თავიდანვე რომ არ ყოფილიყო.

➤ მიტოქონდრია

ითვლება, რომ ორგანოები, როგორცაა მიტოქონდრია, იყენებენ კვანტურ გვირაბებს უჯრედშიდა ენერჯის გადასატანად. ტრადიციულად, ცნობილია, რომ მიტოქონდრია წარმოქმნის უჯრედის ენერჯის უმეტეს ნაწილს ქიმიური ATP-ის სახით. ეს გარდაქმნა ეფექტურია 60-70%-ით. ქიმიური ATP-ის მისაღებად მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ აუცილებელია წინასწარი ეტაპი ქიმიურ გარდაქმნამდე; ეს ნაბიჯი, ელექტრონებისა და წყალბადის იონების (H⁺) კვანტური გვირაბების გამოყენებით ხორციელდება, მოითხოვს კვანტური ფიზიკის უფრო ღრმა შესწავლას, რომელიც ხდება ორგანელაში [1 - 4].

3. დასკვნა

კვანტური ბიოლოგიური ფენომენები ჯერჯერობით მხოლოდ ორგანიზმების შეზღუდულ დიაპაზონშია გამოკვლეული, რომელთა უმეტესობა, როგორცაა ფრინველები ან ფოტოსინთეზური ბაქტერიები, შედარებით უძველურია მოლეკულური ბიოლოგიისა და სინთეზური ბიოლოგიის მძლავრი იარაღებისთვის. მომავლის გამოწვევა იქნება გაზომვადი კვანტური ბიოლოგიური სისტემების გადატანა მოლეკულური ბიოლოგიისა და სინთეზური ბიოლოგიის უფრო მოქნილ ინჟინერულ სისტემაში, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთდროულად გამოავლინოს კვანტური დონის მოვლენები და მათი მაკროსკოპული შედეგები. ამ გამოწვევას დასჭირდება ახალი თაობის მეცნიერები, რომლებსაც შეუძლიათ იმუშაონ ფიზიკის, ქიმიისა და ბიოლოგიის დისციპლინებში. ბიოქიმიის ფიზიკასთან შერწყმა კვანტური ბიოლოგიის ახალი დისციპლინის შესაქმნელად რთული გამოწვევა იქნება, ახალი საინტერესო სფეროთი აღფრთოვანებული ნიჭიერი მკვლევარებისათვის. კვანტურ ბიოლოგიას დიდი მომავალი აქვს.

ლიტერატურა:

1. Quantum Biology. University of Illinois at Urbana-Champaign, Theoretical and Computational Biophysics Group.
2. Quantum Biology: Powerful Computer Models Reveal Key Biological Mechanism *Science Daily* Retrieved Oct 14, 2007
3. Al-Khalil, Jim, How quantum biology might explain life's biggest questions, retrieved 2018-12-07
4. Margulies, Lynn; Sagan, Darion (1995). *What Is Life?* Berkeley: University of California Press. p.1.
5. Joaquim, Leyla; Freira, Olival; El-Hani, Charbel (September 2015). "Quantum Explorers: Bohr, Jordan, and Delbruck Venturing into Biology". *Physics in Perspective*. 17 (3): 236–250. Bib code: 2015PhP.236J. doi:10.1007/s00016-015-0167-7.
6. Lowden, P.O. (1965) Quantum genetics and the aperiodic solid. Some aspects on the Biological problems of heredity, mutations, aging and tumors in view of the quantum theory of the DNA molecule. *Advances in Quantum Chemistry*. Volume 2. pp. 213-360. Academic Press

MODERN ADVANCES IN QUANTUM BIOLOGY

Mariam Tsiklauri
Georgian Technical University
m.tsiklauri@gtu.ge

Summary

Revolutionary changes took place in natural science. Quantum physics and biology have radically changed the understanding of the origin and content of the universe. The quantum theory of evolution was created. Understanding the rules of life is one of the most important scientific directions that has revolutionized both biology and biotechnology. New observational methods allow us to investigate a wide range of complex and dynamic biological processes in which living systems can use quantum behavior to enhance and regulate biological functions.. Quantum biology is the study of such quantum aspects of living systems. In this review, we summarize recent progress in quantum biology. Many of these results are expected to be fundamental building blocks for understanding the laws of life.

Key words: quantum biology. quantum mechanics. photosynthesis. smell.

რადიაციული გაზომვების როლი დენტალურ პრაქტიკაში

ანა ფიცხელაური, ირინე გოცირიძე, რამაზი ესვანჯია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

a.pitskhelauri@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge, esvanjiaramazi@gmail.com

რეზიუმე

პაციენტისთვის რენტგენული კვლევის ჩატარებისას მილიონობით ფოტონი განჭოლავს მის სხეულს. დენტალურ რენტგენოგრაფიაში სხივდება თავის ის ნაწილი, საითაც არის მიმართული რენტგენული სხივები. მათ შორის, კანი შესაბამის არეში, სანერწყვე და ფარისებური ჯირკვლები. დენტალურ პრაქტიკაში რადიაციის ეფექტური გამოყენება შეისწავლებოდა მრავალი წლის განმავლობაში. შედეგად კი სახელმძღვანელოდ მოწოდებულ იქნა რამოდენიმე პრინციპი. მიუხედავად იმისა, რომ რადიაციული დოზები და რისკები კბილების რადიოლოგიაში დიდი არ არის, უმნიშვნელოვანესია დენტალური რადიოლოგიური აპარატურის ისეთი ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების პერიოდული გაზომვა, როგორებიცაა Kilovoltage Peak (kVp), დოზირება/ექსპოზიცია, დოზა/ექსპოზიციის სიხშირე, ექსპოზიციის დრო, იმპულსების საშუალო სიხშირე, ნახევარი ერთეულის ფენა HVL. გარდა ამ პარამეტრებისა ასევე უნდა გაიზომოს mAs და DoseMate სპეციფიკაციები. რადიოლოგიური აპარატურის ხარისხის კონტროლი ძალიან მნიშვნელოვანია. ასე, რომ ჩვენ ვგეგმავთ რადიაციული პარამეტრების პერიოდულ გაზომვას საქართველოს 50-ზე მეტ სტომატოლოგიურ კლინიკაში და იმედს ვიტოვებთ, რომ ამ გაზომვათა შედეგები იქნება წარმატებული და დამაიმედებელი. გაზომვების ჩატარების შემდეგ შედეგები ცნობილი გახდება ყველა დაინტერესებული პირისთვის. ჩვენ მათ შესახებ ვისაუბრებთ უკვე შემდგომ მოხსენებებსა თუ შრომებში.

საკვანძო სიტყვები: რადიაცია. გაზომვები. დენტალური პრაქტიკა.

1. შესავალი

რადიოლოგიური კვლევები დიდ როლს თამაშობს დენტალურ პრაქტიკაში. რადიაციის ეფექტური გამოყენება მედიცინის ამ მიმართულებით შეისწავლებოდა მრავალი წლის განმავლობაში და, შედეგად შემოთავაზებულ იქნა რამოდენიმე სახელმძღვანელო პრინციპი. ექიმი-სტომატოლოგები და სხვა სტომატოლოგიური სამედიცინო პერსონალი ვალდებულია დაიცვას კარგად გააზრებული და გამოცდილი რეკომენდაციები, რომელთაც მოაქვთ სარგებელი პაციენტებისათვის, მცირდება რა არა მხოლოდ დასხივების დოზა, არამედ ღირებულებაც.

ვინაიდან დასხივების განსაზღვრული რაოდენობა აუცილებლად მოდის პაციენტებზე, ის უნდა იყოს იმდენად მცირე, რამდენადაც ეს გონივრული გათვლებით არის შესაძლებელი. ეს გახლავთ პრინციპი, რომელიც ALARA-ს პრინციპის სახელწოდებით არის ცნობილი. ასევე, მნიშვნელოვანია მხედველობაში იქნას მიღებული ჩატარებულ დიაგნოსტიკურ კვლევათა რაოდენობა, ვინაიდან რადიაციული რისკი პირდაპირპროპორციულია რენტგენული ზემოქმედების სიხშირისა. [1, 2]

2. ძირითადი ნაწილი

თავის იმ ნაწილს, რომელიც ღებულობს ყველაზე დიდ დოზას დენტალურ რენტგენოგრაფიაში, წარმოადგენს კანი იმ არეში, სადაც ხვდება რენტგენის სხივები. ამ საკითხთან დაკავშირებით მნიშვნელოვანი კვლევები ჩატარდა დიაგნოსტიკურ მეცნიერებათა დეპარტამენტში, the University of North Carolina School of Dentistry in Chapel Hill, North Carolina, თავის რეალისტური ფანტომისა და ვიზუალიზაციის თანამედროვე სისტემების გამოყენებით (Ludlow et al. 2008). ცხრილში 1 წარმოდგენილია პაციენტის დოზები სწორედ Ludlow et al. 2008 დენტალური რენტგენოლოგიაში კვლევებისგან [3].

პაციენტის დოზები დენტალური რენტგენოლოგიაში კვლევებისგან (Ludlow et al. 2008)

ცხრ.1

კვლევა	კანის დოზა (μSv)	ფარისებური ჯირკვლის დოზა (μSv)	ეფექტური დოზა (μSv)
მთლიანად პირის დრუ (18 ექსპოზიცია)	90-122	117-550	34.9-170.7
თანკბილვა	26	0	5
პანორამული	4-6	25-67	14.2-24.3

რა თქმა უნდა, ეს დოზები გარკვეულწილად ვარირებს სხვადასხვა აპარატებიდან, მაგრამ მონაცემები ჭეშმარიტად ხვდება ზღვრებში - პაციენტის მიერ მიღებული ფაქტიური რაოდენობის 10-დან 20 %-მდე.

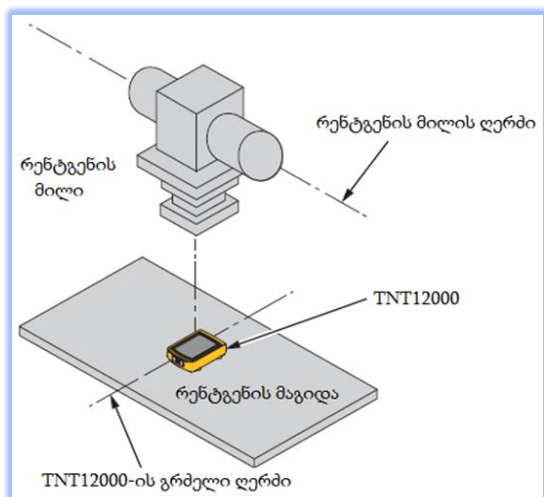
თითოეულ ორგანოს ან სხეულის ნაწილს ენიჭება ქსოვილის წონის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება რადიაციული დაცვისა და გაზომვების საერთაშორისო კომიტეტის (ICRP 2007) მიერ. მაგალითად, წონის კოეფიციენტების მნიშვნელობები ფარისებური ჯირკვლისა და კანისათვის წარმოადგენს შესაბამისად 0.04-ს და 0.01-ს და არ გააჩნიათ არანაირი გაზომვის ერთეული. თითოეული ორგანოს წონის კოეფიციენტის ჯამური მნიშვნელობა უდრის 1.0-ს [4]. ორგანოები, რომლებიც არ ღებულობს რადიაციას, არ ექვემდებარება ეფექტური დოზის განსაზღვრას.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ადამიანების ეპიდემიოლოგიური კვლევისას არ იქნა აღმოჩენილი სიმსივნით ავადობის ფაქტიური ზრდა იმ ადამიანებში, რომლებსაც მიღებული ჰქონდათ 100 mSv-ზე ნაკლები ეფექტური დოზა. კბილების დიაგნოსტიკისასთან დაკავშირებული რენტგენული დასხივების ეფექტური დოზები ბევრად ნაკლებია. თუმცა, იმისთვის რომ შედგენილ იქნას ზიანის გარკვეული შეფასება ისეთი მიზნებისათვის, როგორცაა სტანდარტების დადგენა მედიცინაში რენტგენის სხივებით ზემოქმედების გონივრული დონეებისათვის, შემოთავაზებულია, რომ მაღალი დოზებისას შემჩნეული ზიანის ალბათობა მცირდება დოზის შემცირების პროპორციულად, თუმცა არასოდეს უტოლდება 0-ს. ანუ, რენტგენის სხივებით ვერანაირი მოქმედება ვერ იქნება რისკისგან სრულიად თავისუფალი.

მიუხედავად ყველაფრისა, სტომატოლოგიაში რადიაციის გამოყენების სფეროში საკმაოდ მნიშვნელოვანია იმ რადიოლოგიური მოწყობილობების ხარისხის პერიოდული კონტროლის უზრუნველყოფა, რომელიც გამოიყენება დენტალურ პრაქტიკაში; ანუ, პერიოდულად გარკვეული რადიაციული გაზომვების ჩატარება.

ასე, რომ მოცემული მოხსენების მიზანს წარმოადგენს კბილების რენტგენოგრაფიისას დასხივების დოზისა და სხვა პარამეტრებს გაზომვის ყველაზე პოპულარული მეთოდის განხილვა, საქართველოს სტომატოლოგიურ კლინიკებში პერიოდული რადიაციული გაზომვების დაგეგმვის შესახებ ინფორმაციის გაჟღერება.

საქართველოში ჩვენ ვგეგმავთ დენტალურ პრაქტიკაში რადიაციული პარამეტრების გაზომვას რენტგენული ტესტირების ინსტრუმენტების TNT 12000 გამოყენებით, რომელიც კომპანია FLUKE BIOMEDICAL-ის წარმოება გახლავთ. ეს ინსტრუმენტები სრულიად შესაბამებიან ყველა სახის დენტალური და არადენტალური რადიოლოგიური მოწყობილობების ხარისხის კონტროლისათვის მოთხოვნებს. მათ შეუძლიათ გაზომონ რენტგენული სხივების ყველა ტექნიკური მახასიათებელი, რაც სავალდებულოა რადიოლოგიურ მოწყობილობათა ხარისხის კონტროლისთვის. TNT 12000 ნაკრები შედგება დეტექტორისაგან და მონიტორისაგან. მათ შორის შესაძლებელია იყოს კავშირი როგორც სადენით, ასევე ბლუთუთით. რეკომენდებულია ბლუთუთ კავშირის გამოყენება, რადგან ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება ონლაინ ტესტირება რენტგენის სხივებისაგან დაცულ ოთახში.



სურ. 1 TNT 12000 ნაკრების დეტექტორის რენტგენის სხივების ნაკადში მოთავსების ნიმუში.

ტესტირების პროცესი გულისხმობს ისეთი პარამეტრების გაზომვას, როგორცაა: Kilovoltage Peak (kVp), დოზირება/ექსპოზიცია, დოზა/ექსპოზიციის სიხშირე, ექსპოზიციის დრო, იმპულსების საშუალო სიხშირე, ნახევარი ერთეულის ფენა HVL. ინფორმაცია აღნიშნული მახასიათებლების შესახებ (ცხრ.2).

გასაზომი პარამეტრები

ცხრ.2

<p>kVp ერთეული: kV. რეზოლუცია: 0.1 kV. დიაპაზონი: 40 kV–150 kV. სიზუსტე: $\pm 2\%$ ან ± 1 kV.</p>
<p>დოზირება / ექსპოზიცია ერთეული: რენტგენი (R), გრეი (Gy). რეზოლუცია: 1 μR, 0.01 μGy დიაპაზონი: 0.5 mR–999 R, 5 mGy–999 Gy. სიზუსტე: $\pm 5\%$</p>
<p>დოზა/ექსპოზიციის სიხშირე ერთეული: რენტგენი/წამში R/s, გრეი/წამში Gy/s. რეზოლუცია: 1 μR/s, 0.01 μGy/s. დიაპაზონი: 8 mR/s–10 R/s, 70 μGy/s–100 mGy/s. სიზუსტე: $\pm 5\%$</p>
<p>ექსპოზიციის დრო ერთეული: მილიწამი, პულსი. რეზოლუცია: 0.1 ms, 0.1 pulses. დიაპაზონი: 10–9999 ms, 0.1–999 pulses. სიზუსტე: $\pm 1\%$ ან 0.5 ms, ± 1 pulse.</p>
<p>იმპულსების საშუალო სიხშირე ერთეული: პულსი/წმ. რეზოლუცია: 1 pps. დიაპაზონი: 1–999 pps. სიზუსტე: 1 pps.</p>
<p>ნახევარი ერთეულის ფენა (HVL) ერთეული: მილიმეტრი. რეზოლუცია: 0.1 mm. დიაპაზონი: 1.2–10 mm. სიზუსტე: $\pm 10\%$ ან 0.2 mm.</p>

3. დასკვნა

მიუხედავად იმისა, რომ რადიაციული დოზები და რისკები კბილების რადიოლოგიაში დიდი არ არის, ეპიდემიოლოგებს მაინც აქვთ ჯერ-ჯერობით დაუდასტურებელი ეჭვი, რომ კბილების რენტგენოგრაფიასთან მაინც არის დაკავშირებული თავის ტვინისა და ფარისებრი ჯირკვლის სიმსივნის განვითარების გარკვეულწილად მომატებული რისკი. სწორედ ამიტომ დენტალურ გამოყენებული რადიოლოგიური მოწყობილობების ხარისხის კონტროლის სახით, ჩვენ ვგეგმავთ რადიაციული პარამეტრების პერიოდულ გაზომვას საქართველოს შესაბამისი პროფილის 50-ზე მეტ კლინიკაში და იმედს ვიტოვებთ, რომ ამ გაზომვათა შედეგები იქნება წარმატებული და დამაიმედებელი.

ლიტერატურა:

1. American Dental Association Council on Scientific Affairs. 2006. Theses of dental radiographs. Update and recommendations.
2. Kim I.H., Mupparapu M., 2009. Dental radiographic guidelines: a review. Quintessence Int. 40:389–98
3. Ludlow J.B., Davies-Ludlow L.E., White S.C., 2008. Patient risk related to common dental radiographic examinations: The impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. Journal of the American Dental Association 139:1237-1243.
4. ICRP. Publication105. Amsterdam: Elsevier; 2008. International Commission on Radiological Protection: Radiological Protection in Medicine.

ROLE OF RADIOLOGICAL MEASUREMENTS IN DENTAL PRACTICE

Ana Pitskhelauri, Irine Gotsiridze, Ramazi Esvanjia

Georgian Technical University

a.pitskhelauri@gtu.ge, i.gotsiridze@gtu.ge, esvanjiaramazi@gmail.com

Summary

When patients undergo X-ray examinations, millions of photons pass through their bodies. In dental radiography, the part of the head that receives the greatest dose is the skin in the area where the X-rays enter, including brain, salivary gland and thyroid. The effective usage of radiation in dental practice has been studied for many years and several guidelines have been proposed. While not high doses of radiation are associated with dental radiography in the field of using radiation in dentistry practice it is the most important to provide periodical radiation measurements for radiographs used in dental clinics, to measure such main X-rays specifications, as Kilovoltage Peak (kVp), Dose/Exposure, Dose/Exposure Rate, Exposure Time - Radiographic Modes, Elapsed Time – Fluoro Modes, Average Pulse Rate – Pulsed Fluoro, Average Pulse Width – Pulsed Fluoro and Half-value Layer HVL. Besides these parameters of mAs specifications da DoseMate specifications also must be measured. Quality control of radiological devices is very important. So, we plan periodical radiation measurements in more than 50 dental clinics in Georgia and hope that results of these measurements will be successful, encouraging. After the measurements, the results will be known to all stakeholders. We will also talk about them in our next publications.

კიბერსაფრთხეების იდენტიფიცირების მიზნით საექვო დომენური დასახელებების გამოვლენა CTL ტექნოლოგიის გამოყენებით

ავთანდილ ბიჩნიგაური, ოთარ შონია, თინათინ კაიშაური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
bichnigauri_av@gtu.ge; o.shonia@gtu.ge; t.kaishauri@gtu.ge

რეზიუმე

ყოველდღიურად კიბერდამნაშავეების მიერ განუწყვეტლივ ხდება საექვო ვებგვერდების შექმნა და საზოგადოების მასშტაბით გავრცელება, რაც სოციალური ინჟინერიის თვალსაზრისით, პირდაპირ კავშირშია მოტყუების გზით, როგორც პერსონალური მონაცემების, ასევე კონფიდენციალური ინფორმაციის მოპოვებასა და კიბერდანაშაულის ჩადენასთან. აღსანიშნავია, რომ როდესაც იქმნება ყალბი ვებგვერდი, პირველ რიგში ხდება ახალი დომენის დარეგისტრირება, რომლის მეშვეობითაც შემდგომ ეტაპზე ხორციელდება მსხვერპლთა შეცდომაში შეყვანა. მსგავსი საექვო დომენების გამოვლენისათვის შესაძლებელია განხორციელდეს Secure Sockets Layer (SSL) სერტიფიკატების გენერირების მონიტორინგი და ანალიზი. აღნიშნული ქმედება საშუალებას იძლევა პროაქტიულ რეჟიმში მოხდეს რაიმე საერთო კომბინაციით შექმნილი დომენების გამოვლენა, თუკი ნიმუში იქნება წინასწარ განსაზღვრული რეგულარული გამოსახულების მეშვეობით. სწორედ CTL ტექნოლოგიის საშუალებით შესაძლებელია პირდაპირ რეჟიმში მოხდეს ახლადრეგისტრირებული და ნიმუშის მიხედვით საექვო დომენების აღმოჩენა შესაბამისი რეგულარული გამოსახულებების განსაზღვრით. ზემოხსენებული მეთოდოლოგიის მიხედვით, შეიქმნა სპეციალური პლატფორმა ვებ ტექნოლოგიების გამოყენებით, რომელიც მუდმივად მოახდეს მონიტორინგს და საექვო დომენის რეგისტრაციის დაფიქსირებისას, ინციდენტებზე რეაგირებაზე პასუხისმგებელ პირებს დროულად აცნობებს. გარდა ამისა, პლატფორმაში ინტეგრირებულია API-ის მექანიზმები, რაც Security Information and Event Management (SIEM) სისტემებთან ინტეგრაციის საშუალებას იძლევა.

საკვანძო სიტყვები: კიბერუსაფრთხოება. კიბერინციდენტი. საექვო დომენი. ფიშინგი. საფრთხეთა სადაზვერვო არხი. ღია წყაროს ინფორმაცია. რეგულარული გამოსახულება. საფრთხის იდენტიფიცირება. უსაფრთხოების სერტიფიკატი.

1. შესავალი

საექვო დომენების იდენტიფიცირების არსებულ გზებს წარმოადგენს ინციდენტების შეტყობინება, საფრთხეთა სადაზვერვო არხები და ღია წყაროების ინფორმაციები. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

ინციდენტების შეტყობინებისას, დაზარალებული პირები ან კიბერუსაფრთხოების ექსპერტები ახდენენ საფრთხის შესახებ ინფორმაციის მიწოდებას შესაბამის ორგანიზაციებთან, როგორცაა ინციდენტებზე რეაგირების ჯგუფი ან ინფორმაციული უსაფრთხოების დეპარტამენტი.

საფრთხეთა სადაზვერვო არხები გამოიყენება როგორც საერთაშორისო, ასევე ქვეყნის მასშტაბით ინფორმაციის მიმოცვლის ერთ-ერთ საშუალებად, რისი მეშვეობითაც ხდება ორგანიზაციების ინფორმირება დროულად რეაგირების მიზნით. ასეთი წყაროები საკმაოდ დიდი რაოდენობით არსებობს და უმეტეს შემთხვევაში უფასოდ არის ხელმისაწვდომი, თუმცა ასევე არსებობს ფასიანი და კერძო არხებიც, რომლებზე წვდომაც დამატებით შეთანხმებას და პროცესებს საჭიროებს.

ღია წყაროების ინფორმაციების საკითხად მოიაზრება ორგანიზაციის მიერ ინფორმაციის მოძიების, შეგროვებისა და დამუშავების გზები. ასეთ დროს ორგანიზაცია თავისი რესურსებით ცდილობს ინფორმაცია მოიპოვოს სხვადასხვა საჯარო პლატფორმებიდან, როგორებიცაა სოციალური ქსელები, ფორუმები, მიმოწერის ჯგუფები და ა.შ. მნიშვნელოვანია ითქვას, რომ ეს პროცესი ზემოხსენებული მეთოდებიდან ყველაზე მეტ დროსა და ძალისხმევას მოითხოვს.

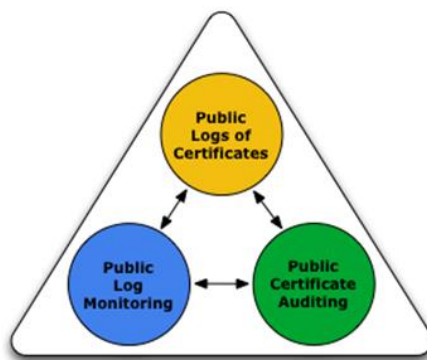
იმისათვის, რომ მოხდეს საექვო დომენების დაბლოკვა, არსებობს ორი ცნობილი მიდგომა: ე.წ. „თეთრი სია“ (Whitelist) და ე.წ. „შავი სია“ (Blacklist) [1]. „თეთრი სიის“ შემთხვევაში, უნდა მოხდეს აბსოლუტურად ყველა დომენის დაბლოკვა და მხოლოდ სასურველ დომენებზე დაშვება. ეს მიდგომა არ არის ეფექტური, რადგან დღესდღეობით უამრავი ახალი ლეგიტიმური ვებგვერდი და სისტემა იქმნება, რაც საჭიროებს, რომ დაშვებული დომენების სიები მუდმივად განახლდეს, ეს კი მეტ ადამიანურ რესურსსა და დროს მოითხოვს. „შავი სიის“ შემთხვევაში, პროცესები ხორციელდება პირიქით, ყველა დომენი სტანდარტულად დაშვებულია და ხდება მხოლოდ საექვო დომენების დაბლოკვა. ეს მიდგომაც საჭიროებს ძალისხმევას, თუმცა „თეთრ სიებთან“ შედარებით მეტად ეფექტურია.

2. ძირითადი ნაწილი

როდესაც ხდება ახალი დომენის რეგისტრაცია და ვებსერვერის გამართვა, პარალელურად ხორციელდება ე.წ. „დაცული სოკეტების ფენის“ (Secure Sockets Layer - SSL) უსაფრთხოების სერტიფიკატის გენერირება. ეს ტექნოლოგია ანხორციელებს მომხმარებლის ვებბრაუზერსა და ვებსერვერს შორის ინფორმაციის დაშიფვრას და უსაფრთხოდ გადაცემას HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) პროტოკოლის მეშვეობით.

იმისათვის, რომ პროაქტიულ რეჟიმში გამოვავლინოთ საექვო დომენები, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ე.წ. „სერტიფიკატების გამჭვირვალობის ჟურნალის“ (Certificate Transparency Log - CTL) ტექნოლოგია.

CTL ტექნოლოგია SSL სერტიფიკატების გენერირებისას განხორციელებული პროცედურებისა და გენერირებული საჯარო სერტიფიკატის შიგთავსის სრულად ნახვის საშუალებას იძლევა [2]. სერტიფიკატების გამჭვირვალობის ჟურნალში ჩანაწერები მხოლოდ ემატება და დაუშვებელია წაიშალოს ან რაიმე ფორმით შეიცვალოს. ისინი მერკლის ხის მონაცემთა სტრუქტურის კრიპტოგრაფიულ მექანიზმს იყენებენ, რომელიც ხელს უშლის ჟურნალის ჩანაწერების მოდიფიცირებას, სწორედ ამიტომ, ჩანაწერები ყოველთვის საჯაროდ არის ხილული [3]. სერტიფიკატების გამჭვირვალობის ჟურნალში სტატისტიკურად დღემდე 8 მილიარდამდე ჩანაწერია შენახული. მსგავსი ტიპის ჟურნალებს აწარმოებენ ისეთი დიდი კომპანიები, როგორებიცაა Google, CloudFlare, DigiCert და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ ეს ცოდნის ბაზა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მანქანური სწავლების მოდელირებისას, საწვრთნელ მონაცემებად.

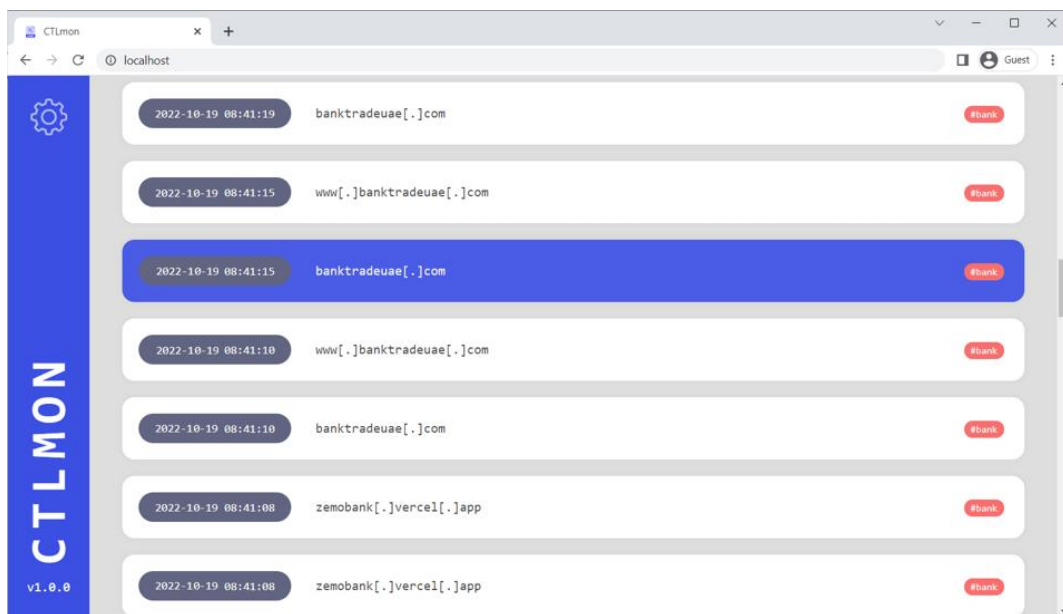


ნახ.1. სერტიფიკატების გამჭვირვალობის სისტემის მუშაობის მოდელი [3]

ზემოხსენებული სერტიფიკატების გამჭვირვალობის ჟურნალები კარგი საშუალებაა ინფორმაციის გადასამოწმებლად, თუმცა უმჯობესი იქნებოდა რეალურ რეჟიმში მომხმარებელ სერტიფიკატების ინფორმაციის ანალიზი, მონიტორინგი და დროული შეტყობინების გაგზავნა შესაბამის ორგანიზაციებთან ან პასუხისმგებელ პირებთან.

ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს საექვო და ლეგიტიმური დომენების სერტიფიკატების განსხვავება. აღსანიშნავია, რომ უმეტეს შემთხვევაში კიბერდამნაშავეები დომენების დარეგისტრირებას ხელით აღარ აკეთებენ და ავტომატურ გზებს მიმართავენ. სწორედ ამიტომ, ყოველი მომდევნო საექვო დომენი, წინა საექვო დომენს ჰგავს ასოწყობათა გარკვეული კომბინაციით. მაგალითად, თუ თავდაპირველი საექვო დომენი იყო „bad-website19.com“, შემდგომი საექვო დომენი შესაძლოა იყოს „bad-website73.org“, „bad-website457.net“ და ა.შ. ამ პრინციპით შესაძლებელია ე.წ. შაბლონების (pattern) იდენტიფიცირება და სპეციალური გამოსახულებების შემუშავება. ამ საკითხში რეგულარული გამოსახულებების გამოყენება იდეალური ვარიანტია. მისი საშუალებით შესაძლებელია გარკვეული წესების შემუშავება [4]. თუკი ახლად რეგისტრირებული დომენი აღნიშნულ წესთან იქნება შესაბამისობაში, საექვო დომენად ჩაითვლება. ეს მიდგომა ეფექტურია როგორც დომენების, ასევე ქვე-დომენების შემთხვევაშიც, როდესაც ერთი ძირითადი დომენის ქვეშ სხვა რამდენიმე დომენები რეგისტრირდება.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენდა რეგულარული გამოსახულების მეშვეობით, სერტიფიკატების გამჭვირვალობის ჟურნალების პირდაპირ რეჟიმში მონიტორინგის სისტემის შემუშავება, რომელიც მყისიერად დააფიქსირებს საექვო დომენებს და შესაბამის პასუხისმგებელ პირებს დროულად შეტყობინებს. სწორედ ამ კონცეფციაზე დაყრდნობით შემუშავებული იქნა სპეციალური პლატფორმა, რომელიც აღნიშნული ლოგიკის საფუძველზე საექვო დომენების იდენტიფიცირებას მოახდენს.



ნახ.2. კონცეფციაზე დაყრდნობით შემუშავებული პლატფორმა

პლატფორმაზე, პირდაპირ რეჟიმში, მომენტალურად ფიქსირდება ის დომენები, რომლებიც წინასწარ განსაზღვრულ რეგულარულ გამოსახულებებსა და წესებს დაემთხვევა. დომენის დასახელებასთან ერთად, პლატფორმის მონაცემთა ბაზაში ინახება დაფიქსირების თარიღი და სრული ინფორმაცია SSL სერტიფიკატის შესახებ. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ერთი SSL სერტიფიკატის ქვეშ რეგისტრირებულია სხვა დომენებიც, სწორედ ამიტომ სრული ინფორმაციის შენახვა და ანალიზი ასეთი შემთხვევების გადამოწმების საშუალებას იძლევა.

იმისათვის, რომ მონაცემთა ბაზაში დაფიქსირებული საექვო დომენების შესახებ ინფორმირებული იქნას ორგანიზაციების კიბერუსაფრთხოების ოპერაციული ცენტრის თანამშრომლები, შესაძლებელია მოხდეს შემუშავებული პლატფორმის ინტეგრირება უსაფრთხოების ინფორმაციისა და ღონისძიებების მართვის (SIEM) სისტემებთან, აპლიკაციის პროგრამირების ინტერფეისის (API) ტექნოლოგიის გამოყენებით.

3. დასკვნა

მოგესხებათ, ფიშინგი წარმოადგენს სოციალური ინჟინერიის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ფორმას, სადაც საექვო დომენების არსებობა კიბერდანაშაულის მთავარი კომპონენტია. სწორედ ამიტომ, ძალზედ მნიშვნელოვანია დროულად მოხდეს საექვო დომენების გამოვლენა, სანამ მათი მეშვეობით კიბერდანაშაული განხორციელდება და უდანაშაულო საზოგადოება დაზარალდება. ნაშრომში წარმოდგენილ კონცეფციაზე აგებული იქნა სპეციალური პლატფორმა, რომლის მიზანია პროაქტიულ რეჟიმში მოახდინოს საექვო დომენების იდენტიფიცირება და შეტყობინების გაგზავნა შესაბამის პასუხისმგებელ პირებთან. აღსანიშნავია, რომ პლატფორმას გააჩნია საკუთარი მონაცემთა ბაზა, სადაც საექვო დომენების შესახებ სრულად ინახება ინფორმაცია, რაც შესაძლოა დამატებითი კვლევებისა და ანალიზისთვისაც იქნას გამოყენებული. გარდა ამისა, პლატფორმის ინტეგრირება შესაძლებელია სხვა არსებულ სისტემებთან, რაც ხელს უწყობს მის მოქნილობას და მასშტაბირებას როგორც კერძო, ასევე საჯარო ორგანიზაციების არსებულ ინფრასტრუქტურაში დანერგვისას.

ლიტერატურა:

1. URL: <https://www.packetlabs.net/posts/blacklisting-whitelisting-greylisting/>
2. URL: <https://certificate.transparency.dev/>
3. URL: <https://www.globalsign.com/en/blog/what-is-certificate-transparency>
4. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Regular_expression

IDENTIFYING SUSPICIOUS DOMAINS USING CTL TECHNOLOGY TO PROACTIVELY PREVENT CYBER THREATS

Bichnigauri Avtandili, Shonia Otari, Kaishauri Tinatin
Georgian Technical University

bichnigauri_av@gtu.ge; o.shonia@gtu.ge; t.kaishauri@gtu.ge

Summary

Every day, cybercriminals continuously create and distribute suspicious websites to the public, which in terms of social engineering is directly related to obtaining personal data and confidential information through deception and committing cybercrimes. It should be noted that when a fake website is created, first of all a new domain is registered, through which the victims are misled at a later stage. To detect such suspicious domains, it is possible to monitor and analyze the generation of Secure Sockets Layer (SSL) certificates. This action allows to proactively detect domains created by any common combination, if the pattern is predetermined through a regular expression. With the help of CTL technology, it is possible to directly detect newly registered and pattern-based suspicious domains by determining the corresponding regular expression. According to the above-mentioned methodology, a special platform was created using web technologies, which can be used to constantly monitor and when suspicious domain registrations are detected, inform the persons responsible for responding to incidents in a timely manner. In addition, API mechanisms are integrated into the platform, which allows integration with Security Information and Event Management (SIEM) systems.

პროგრამული პროექტების მართვის პროცესების მოდელირება პრეცედენტებზე დაფუძნებული ადაპტაციის მექანიზმების გამოყენებით

ლოლიტა ბაჟანიშვილი¹, მზიანა ნაჭყებია¹, ზებურ ბერიძე²

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რეზიუმე

პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების პროცესის ეფექტური მართვა ძალზედ მნიშვნელოვანია პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის საერთო წარმატებისთვის. პროექტის დაგეგმვისას თქვენ უნდა გადაწყვიტოთ რომელი პროცესები უნდა გამოიყენოთ პროგრამული პროდუქტის შესაქმნელად. პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტირებისა და დეველოპმენტის სწორი მენეჯმენტი ხელს უწყობს პროექტირების უნებლიე შეცდომების და პროექტის ვადაგადაცილების თავიდან აცილებას და აუმჯობესებს პროგრამული პროდუქტების ხარისხსა და საიმედოობას. პროექტის მენეჯერს შეუძლია უკეთ დაგეგმოს თავისი პროექტი, თუ მას აქვს წვდომა დასრულებულ პროექტებში მიღებულ გამოცდილებაზე, რის საფუძველზეც მოხდება პროექტის მორგება რეალურ საჭიროებებზე. გარდა ამისა, ირკვევა, რომ დეველოპერების გუნდი მზად უნდა იყოს გამოიყენოს მისთვის შეთავაზებული კოლექტიური დამუშავების მეთოდები და ინსტრუმენტები. დიდი მნიშვნელობა აქვს სისტემის აგებას, რომელიც ასწავლის პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების კოლექტიურ მეთოდებს, რომლის არქიტექტურაც შემოთავაზებულია ამ ნაშრომში.

საკვანძო სიტყვები: CMMI, ადაპტაცია. პრეცედენტი, პროცესი. პროექტის დეველოპმენტი.

1. შესავალი

პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების პროცესში, რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს კონფიდენციალურობის, მთლიანობისა და ხელმისაწვდომობის მოთხოვნებს, გამოიკვეთა სერიოზული პრობლემები. დეველოპერების გუნდისთვის, რომელიც გეგმავს მასობრივი მოხმარების პროგრამული პროდუქტების ბაზარზე გაშვებას, პროგრამული პროდუქტის სასიცოცხლო ციკლის თითოეულ ფაზაში პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტების მართვის საკითხები გახლავთ საკვანძო. სტატისტიკის მიხედვით, პროექტების მხოლოდ 35% სრულდება დროულად, არ აღემატება დაგეგმილ ბიუჯეტს და ახორციელებს ყველა საჭირო ფუნქციასა და შესაძლებლობებს; პროექტების 46% დაგვიანებით სრულდება, ხარჯები აღემატება დაგეგმილ ბიუჯეტს, საჭირო ფუნქციები სრულად არ სრულდება; პროექტების 19% სრულიად წარუმატებელია და ვერ აღწევს დასასრულს.

სწორედ ამ მიზეზით გამოვიდა კვლევის წინა პლანზე შემუშავებული სისტემის ხარისხის უზრუნველყოფის კონცეფცია. ამ კონცეფციის შესაბამისად შემუშავებული პროგრამული სისტემის ხარისხი გამოცხადდა სისტემის მახასიათებლად, რომელიც უნდა იყოს დაგეგმვადი და მართვადი. პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტირებისა და დეველოპმენტის სწორი მენეჯმენტი ხელს უწყობს პროექტირების უნებლიე შეცდომების და პროექტის შეფერხებების თავიდან აცილებას და აუმჯობესებს პროგრამული პროდუქტების ხარისხსა და საიმედოობას. ამიტომ, მაღალი სანდოობის პროგრამული სისტემების შექმნისას მნიშვნელოვანი ხდება პროექტის მენეჯმენტის სწორი ორგანიზება. გარდა ამისა, ირკვევა, რომ დეველოპერთა გუნდი მზად უნდა იყოს გამოიყენოს მისთვის შეთავაზებული კოლექტიური დამუშავების მეთოდები და ინსტრუმენტები. პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების პროცესის ეფექტური მართვა აუცილებელია პროგრამული უზრუნველყოფის პროექტის საერთო წარმატებისთვის. პროექტის დაგეგმვისას თქვენ უნდა გადაწყვიტოთ რომელი პროცესი უნდა გამოიყენოთ პროგრამული უზრუნველყოფის შესაქმნელად. ეს მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებაა, რადგან ის განსაზღვრავს განვითარების მნიშვნელოვან ნაწილს.

2. ძირითადი ნაწილი

პრაქტიკაში, უფრო სავარაუდოა მენეჯმენტის პრობლემებმა გამოიწვიოს პროექტის წარუმატებლობა, ვიდრე წარუმატებელმა ტექნიკურმა გადაწყვეტილებებმა. ამ ფაქტის გაგება ფუნდამენტური გახდა CMM-ის (Capability Maturity Model - შესაძლებლობათა სიმწიფის მოდელი) შექმნისას, რომელიც განსაზღვრავს დეველოპმენტის პროცესების ძირითად ჯგუფებს, აყალიბებს ამ პროცესების სიმწიფის სხვადასხვა დონის მახასიათებლებს და იძლევა პრაქტიკულ რეკომენდაციებს პროცესების გასაუმჯობესებლად გარკვეული დონის მისაღწევად.

CMM-ის განვითარებამ და მისი გამოყენების სფეროების გაფართოებამ გამოიწვია მოდელის ახალი ვერსიის - **Capability Maturity Model Integration (CMMI)** შექმნა. იგი აღწერს პროცესის სიმწიფის დონეებს არა მხოლოდ პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიისთვის, არამედ სისტემების ინჟინერიისთვის, პროდუქტებისა და პროცესების ინტეგრირებული შემუშავებისთვის და პროვაიდერების შერჩევისთვის [1].

მოდელი გვთავაზობს დეველოპმენტის პროცესის სიმწიფის ხუთ დონეს, რაც წარმოადგენს დეველოპმენტის პროცესის ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებლების თანმიმდევრული გაუმჯობესების საფუძველს. ისინი ემსახურებიან ორგანიზაციის შესაძლებლობების შეფასებას. სიმწიფის დონე (**maturity level**) არის კარგად განსაზღვრული ევოლუციური ნაბიჯი სრულყოფილი დეველოპმენტის პროცესისკენ. დონის მიღწევა ნიშნავს კომპონენტების ნაკრების დანერგვას ორგანიზაციის დეველოპმენტის პრაქტიკაში, რაც იწვევს ორგანიზაციის შესაძლებლობების ზრდას. განვიხილოთ დონეების მოკლე აღწერა:

1) საწყისი (**Initial**). არ არსებობს პროცესების მკაფიო ორგანიზაცია, პროცესები არაპროგნოზირებადია, არ არსებობს დეველოპმენტის კონკრეტული წესები და პროცედურები, პროცესები უნიკალურია.

2) განმეორებადი (**Repeatable**). შემუშავებულია თითოეული პროექტის მართვის ძირითადი პროცესები, რათა თვალყური ადევნოთ რეალურ ღირებულებას, გრაფიკს და დეველოპმენტის შედეგების მოსალოდნელ ხარისხს.

3) განსაზღვრული (**Defined**). პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის პროცესი, როგორც მისი მენეჯმენტის, ასევე წარმოების ტექნოლოგიის თვალსაზრისით, დოკუმენტირებული, სტანდარტიზებული და ინტეგრირებულია სტანდარტულ პროცესში.

4) მართული (**Managed**). რეგულარულად გროვდება დეველოპმენტის პროცესის მახასიათებლებისა და მისი ხარისხის დეტალური გაზომვების შედეგები. როგორც თავად პროცესი, ასევე მისი საქმიანობის პროდუქტი შესწავლილია და კონტროლდება რაოდენობრივი შეფასებების თვალსაზრისით. პროცესები ხდება პროგნოზირებადი.

5) ოპტიმიზირებული (**Optimizing**). არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების პროცესის უწყვეტი და მიზანმიმართული გაუმჯობესების შესაძლებლობა

CMM/CMMI-ის რეკომენდაციების შესაბამისად, კომპანიები უზრუნველყოფენ მოთხოვნების მართვისა და პროექტის დაგეგმვის პროცესების შექმნას, პროექტების მონიტორინგსა და კონტროლს, ხარისხისა და კონფიგურაციის მართვას, და ა.შ. გარდა ამისა, ისინი იღებენ პროცესის გაუმჯობესების ინსტრუმენტს.

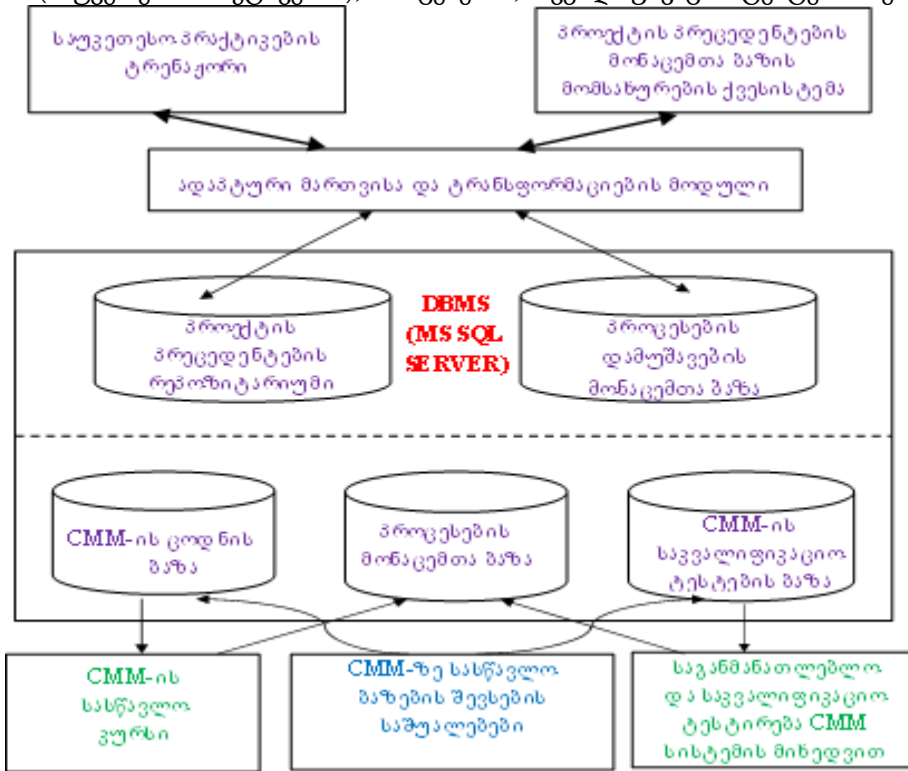
პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისთვის გამოსაყენებელი პროცესის განსაზღვრისას, პროექტის მენეჯერი ირჩევს საბაზისო პროცესს და წყვეტს, როგორ მოერგოს მას მოცემული პროექტისთვის შესაფერისი პროცესის მისაღებად. არც ერთი პროცესი, როგორც სტანდარტული ორგანიზაციული პროცესი, არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას ყველა სიტუაციასა და ყველა პროექტზე. საჭიროა გარკვეული პროცესის ადაპტირება რეალური პროექტის საჭიროებებისთვის.

ადაპტაცია არის ორგანიზაციის ადრე განსაზღვრულ პროცესთან შესაბამისობა, რომელიც საშუალებას გაძლევთ მიიღოთ პროცესი, რომელიც შეესაბამება პროექტის კონკრეტულ საგანს ან ტექნიკურ საჭიროებებს [2]. ადაპტაცია შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც პროცესის საფეხურების დამატება, ამოღება ან მოდიფიკაცია, რომელიც ქმნის შედეგად პროცესს, რომელიც უფრო შესაფერისია პროექტის მიზნების მისაღწევად, ვიდრე ორიგინალი. ადაპტაციის წესები გამოიყენება ადრე განსაზღვრული პროცესების რეალურად გამოსაყენებლად. ისინი აკონკრეტებენ პირობებს და ცვლილებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს სტანდარტულ პროცესზე. არსებითად, ისინი განსაზღვრავენ სტანდარტული პროცესიდან დაშვებული გადახრების ერთობლიობას, რაც საშუალებას მოგცემთ მიიღოთ ოპტიმალური პროცესი პროექტისთვის. ახალი პრობლემის (მიმდინარე პროექტი) განხილვისას ანალოგიური პრეცედენტი გვხვდება. თქვენ შეგიძლიათ სცადოთ გამოიყენოთ მისი შედეგი, შესაძლოა მოერგოთ მიმდინარე შემთხვევას, ნაცვლად იმისა, რომ თავიდანვე ემეზოთ შედეგი. პრეცედენტების ბაზის შევსება შესაძლებელია როგორც მართვის დაწყებამდე აპრიორი ინფორმაციის საფუძველზე, რეალური ან იმიტირებული პრეცედენტების გამოყენებით, ასევე მართვის პროცესში, შესრულებული მოქმედების შედეგის დამუშავების შემდეგ.

პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების კოლექტიური მეთოდების სასწავლო პროცესის გასაადვილებლად შემოთავაზებულია ინტელექტუალური სასწავლო/კოგნიტიური სისტემის გამოყენება CMM-ის (Capability Maturity Model) საფუძველზე. სისტემის მიზანია ასწავლოს გუნდური მუშაობის მეთოდები, ასევე შეაფასოს დეველოპერების გუნდის შესაძლებლობები. სისტემის მიზანია პოტენციური პროგრამული უზრუნველყოფის დეველოპერების შესაძლებლობების მიზნებისა და შეთანხმებული

შეფასებების ხელშეწყობა პროგრამირების თანამედროვე ტექნოლოგიების მეთოდების შესაბამისად და მათი მომზადება ამ მეთოდებში. ასეთი შეფასებები უნდა განხორციელდეს ან სამუშაო შეთავაზებების კვალიფიკაციის დროს, ან ფორმალური შემსრულებლების შერჩევასა, ან ორივე ერთად.

1-ელი ნახაზი გვიჩვენებს სისტემის არქიტექტურას, რომელიც ასწავლის პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის კოლექტიურ მეთოდებს და საუკეთესო პრაქტიკების იდენტიფიცირებას ამ მოდელის საფუძველზე. სისტემის სწორ მუშაობას დიდიწილად განსაზღვრავს მისი ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტი - სისტემის საინფორმაციო ბაზა. ეს არის კომპლექსური კომპონენტი, რომელიც შეიცავს ცოდნას პროექტის პრეცედენტების (საუკეთესო პრაქტიკების), პროცესების, საკვალიფიკაციო ტესტების შესახებ.



ნახ.1. პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების კოლექტიური მეთოდების სწავლების სისტემის არქიტექტურა

პროცესების მონაცემთა ბაზა შეიცავს მონაცემებს დასრულებული პროექტების შესრულების შესახებ. იგი მოიცავს მონაცემებს რისკების, შრომის ინტენსივობის, შეცდომებისა და მათი განაწილების, პროგრამული უზრუნველყოფის ზომისა და პროექტების სხვა მახასიათებლების შესახებ. პროექტის მენეჯერს შეუძლია უკეთ დაგეგმოს თავისი პროექტი, თუ მას ექნება წვდომა დასრულებული პროექტებიდან მიღებულ გამოცდილებაზე. ამისათვის არის დიზაინის პრეცედენტების საცავი. ობიექტზე ორიენტირებული უნივერსალური მოდელირების ენა UML, რომელიც განკუთვნილია ანალიზისა და დიზაინისთვის, არჩეულ იქნა საბაზისო ცოდნის წარმოდგენის ენად. შესაბამისად, შემუშავებულია ცოდნის ობიექტზე ორიენტირებული წარმოდგენის მექანიზმები UML დიაგრამების და მეთოდებისა და ალგორითმების გამოყენებით მათი XML წარმოდგენებში გადაყვანა. CMM მოდელზე დაფუძნებული სასწავლო კომპონენტი შექმნილია იმისთვის, რომ ასწავლოს პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების პროცესის სწორი ორგანიზების ძირითადი პრინციპები; ტესტირების კომპონენტი განსაზღვრავს დეველოპერების სიმჭიდვრის დონეს.

ერთის მხრივ, ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც დამხმარე პროგრამული უზრუნველყოფის შემმუშავებელი ორგანიზაციებისთვის ამ სფეროში საკუთარი შესაძლებლობების შიდა შეფასებაში. მეორეს მხრივ, სისტემა შექმნილია პროგრამირების ტექნოლოგიის სფეროში შემსრულებლების შესაძლებლობების შესაფასებლად. გარდა ამისა, მოწოდებულია კომპონენტი, რომელიც ახორციელებს სიმულატორს დასრულებული პროექტების საუკეთესო პრაქტიკის საფუძველზე (პროექტის პრეცედენტები).

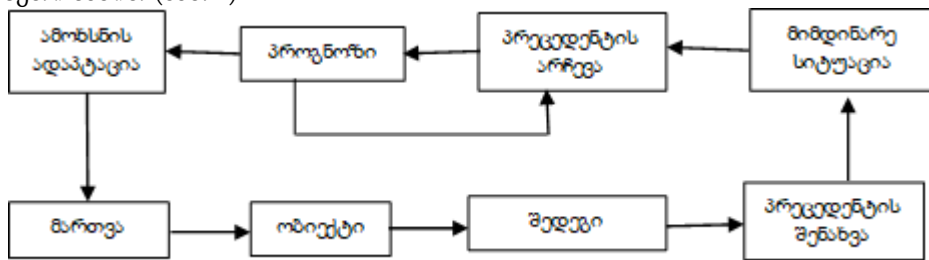
პრეცედენტი არის პრობლემის ან სიტუაციის აღწერა, რომელშიც მოცემულია ამ სიტუაციაში განხორციელებული ქმედებების დეტალური აღწერა პრობლემის გადასაჭრელად. პრეცედენტებზე დაფუძნებული დასკვნა არის გადაწყვეტილების მიღების მეთოდი, რომელიც იყენებს ცოდნას წინა

სიტუაციების ან შემთხვევების (პრეცედენტების) შესახებ [3]. ახალი პრობლემის განხილვისას (მიმდინარე შემთხვევა), თუ ანალოგიური პრეცედენტი გვხვდება, შეგიძლიათ სცადოთ გამოიყენოთ მისი შედეგი, შესაძლოა წინა შემთხვევასთან მისი ადაპტირების შედეგად, ნაცვლად იმისა, რომ თავიდან ეძებოთ ამოხსნა. მიმდინარე შემთხვევის დამუშავების შემდეგ, იგი შედის პრეცედენტების მონაცემთა ბაზაში თავის შედეგთან ერთად მისი შესაძლო შემდგომი გამოყენებისთვის. პრეცედენტი მოიცავს:

- 1) პრობლემის აღწერას; 2) ამ პრობლემის გადაჭრას; 3) გადაწყვეტილების გამოყენების შედეგს.

პრობლემის აღწერა უნდა შეიცავდეს ყველა საჭირო ინფორმაციას გამომავალი მიზნის მისაღწევად. შედეგის აღწერა ასევე შეიძლება შეიცავდეს ბმულებს სხვა პრეცედენტებთან, ტექსტურ ინფორმაციას. პრეცედენტების ბაზის შევსება შესაძლებელია როგორც მართვის დაწყებამდე აპრიორი ინფორმაციის საფუძველზე, რეალური ან იმიტირებული პრეცედენტების გამოყენებით, ასევე მართვის პროცესში, შესარულებული მოქმედების შედეგის დამუშავების შემდეგ.

მარეგულირებელი ზემოქმედების გამოყენებისა და ამ ზემოქმედების შედეგის შეფასების შემდეგ არსებული ვითარება იქცევა პრეცედენტად, რომელიც შეტანილია პრეცედენტების მონაცემთა ბაზაში. უარყოფითი შედეგი ასევე ინფორმატიულია და შედის მონაცემთა ბაზაში. გამოყენების შემთხვევების მოძიების შემდეგ, უნდა შეირჩეს „საუკეთესო მორგება“. ეს განისაზღვრება არსებულ ვითარებაში და შერჩეულ პრეცედენტებში მახასიათებლების შედარებით. შემდეგ შეირჩევა მეთოდი, რათა გავზომოთ სიახლოვის ხარისხი პრეცედენტსა და ამჟამინდელ შემთხვევას შორის თითოეული მახასიათებლისთვის, რომელიც მომხმარებლისთვის სასარგებლოა მიზნის მისაღწევად. მდგომარეობათა კლასიფიკაცია შეიძლება განხორციელდეს ექსპერტული ცოდნის ჩართვის ან წინასწარი კლასტერიზაციის გზით და წარმოგვიდგება ასეთი სახით (ნახ. 2)



ნახ. 2. ადაპტური მართვის სქემა პრეცედენტების საფუძველზე

ადაპტაცია მნიშვნელოვანი ნაბიჯია პრეცედენტებიდან დასკვნის გამოტანის პროცესში, რადგან ამის გამო პრეცედენტების ბაზის ხარისხი უმჯობესდება. პრეცედენტული დასკვნების სისტემებში გამოყენებული ადაპტაციის კარგად ცნობილი მეთოდები მოიცავს მახასიათებლების ინტერპოლაციას არსებულ გადაწყვეტაში, ევრისტიკული ალგორითმების გამოყენებას, რომლებიც წარმოქმნის ახალ ამოხსნას და ევოლუციური ადაპტაციის მეთოდებს.

სისტემაში გამოიყენება მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია ასოციაციურ წესებზე. პრეცედენტების ბაზაში იძებნება შემავალი და გამომავალი პარამეტრების დამაკავშირებელი კანონზომიერებები, რომლებიც მოცემულის მსგავსია. კანონზომიერებები ფიქსირდება წესების სახით. მეთოდის დამატებითი უპირატესობა ისაა, რომ შესაძლებელია მნიშვნელოვან კანონზომიერებათა გამოავლენა და მათი სწავლების პერსონალიზირებისთვის გამოიყენება. დავუშვათ, რომ ბაზიდან პრეცედენტების შერჩევის ეტაპზე მიიღება საწყისი ქვეჯგუფი, რომელსაც შემდეგში ვუწოდებთ ტრანზაქციების (კორტეჯების) სიმრავლეს:

$PR = \{(x_1, x_2, \dots, x_n, p_1, p_2, \dots, p_m, Q_h)\}$, სადაც (x_1, x_2, \dots, x_n) არის პროექტის პრეცედენტის მახასიათებლები;

(p_1, p_2, \dots, p_m) - გარემოს მიერ მინიჭებული პარამეტრები;

Q_h - კლასი, რომელსაც მიეკუთვნება პროექტის პრეცედენტი.

შერჩეულ სიმრავლეზე ალგორითმის მუშაობის დროს ასოციაციის წესების ძიების პროცესში, სრულდება ორიგინალ მასივში სრული ტრანზაქციების შედარება. თუ რამდენიმე ტრანზაქციას აქვს საერთო ნაწილი, რომელიც მოიცავს შემავალ და გამომავალ ცვლადებს, მაშინ მისგან ვიღებთ ახალ ტრანზაქციას, რომელიც არის წესების კანდიდატი. თუ კანდიდატს აქვს სათანადო მხარდაჭერა (support), მას ეწოდება წესი და შედის შედეგების მასივში. კანდიდატის მასივი ხდება საწყისი (ორიგინალი) მასივი და წესების ძიება გრძელდება ციკლში. წესები ყალიბდება სრული ტრანზაქციიდან დაწყებული ინდივიდუალურ მახასიათებლებამდე და ამავდროულად მხარდაჭერის აღმავალი თანმიმდევრობით. ალგორითმი წყვეტს მუშაობას, თუ მომდევნო ცხრილში არცერთი ახალი კანდიდატი არ მოიძებნა.

იმისათვის, რომ პარამეტრები დაინიშნოს, საჭიროა შედეგების ცხრილში თითოეული პარამეტრისთვის მოიძებნოს მნიშვნელობა მისი შემცველი წესის მაქსიმალური მხარდაჭერით. ახალი პრობლემის განხილვისას, იძებნება მსგავსი პრეცედენტი ანალოგის სახით. შეიძლება სცადოთ მისი ამონახსნის გამოყენება, შესაძლოა მოახდინოთ ადაპტირება მიმდინარე შემთხვევასთან, იმის ნაცვლად, რომ ყოველთვის თავიდან ეძებოთ ამოხსნა.

3. დასკვნა

პროექტის მართვის ეფექტური მეთოდების გამოყენება ზრდის წარმატების შანსებს ხარისხიან პროგრამული პროდუქტის შექმნაში. ამრიგად, სასწავლო სისტემის შექმნა ძალიან აქტუალური ამოცანაა ორგანიზაციის შესაძლებლობების წინასწარი შეფასებისა და ორგანიზაციული კულტურის პრინციპების სწავლებისთვის.

პროექტის ადაპტაციისას ხდება პროექტისთვის შესასრულებელი აქტივობების თანმიმდევრობის დადგენა, რომელიც შემდეგ გამოიყენება აქტივობების დასაგეგმად და მათი გრაფიკის შესადგენად პროექტის განხორციელების საფუძვლის ფორმირებისთვის. ადაპტაცია ხაზგასმულია პროექტის გეგმაში, ამიტომ გეგმის გადახედვისას ასევე განიხილება პროცესის განსაზღვრა და ადაპტაცია. ადაპტაციის მოცემული სქემა პრეცედენტების საფუძველზე აღწერს ადაპტურ სწავლებას აბსტრაქციის სხვადასხვა დონეზე. აბსტრაქციის ის დონეები, როდესაც ადაპტაციის განსაზღვრა შესაძლებელია, მოიცავს სწავლის დროს ქცევის მმართველ სპეციფიკურ წესებს, ადაპტური სწავლების საგნებს შორის ლოგიკური ურთიერთობების ზოგადი სპეციფიკაციებით. აღწერილი მეთოდი უზრუნველყოფს მდგომარეობათა განზოგადებული სახეების ფორმირებას აპრიორული ინფორმაციის საფუძველზე და მდგომარეობის იდენტიფიკაციას მისი გამომავალი პარამეტრებით.

ლიტერატურა:

1. Kulpa, Margaret K.; Kent A. Johnson. *Interpreting the CMMI: A Process Improvement Approach*. Auerbach Publications. 2003
2. Mulwa C., Lawless S., Sharp M., Arnedillo-Sanchez I., Wade V. (2010). Adaptive Educational Hypermedia Systems in Technology enhanced learning: a literature review”, Proceedings of the 2010 ACM Conference on Information Technology Education (Midland, Michigan, USA), pp. 73–84. Internet resource: <http://www.tara.tcd.ie/handle/2262/62177>
3. Karpov L.E., Yudin V.N. Adaptive control by precedents based on the classification of states of controlled objects. Proceedings of the Institute for System Programming, vol. 13, issue 2 (in Russian), pp. 135-155 Internet resource: <https://istina.msu.ru/publications/article/11242111/> 2017

SOFTWARE PROJECT MANAGEMENT PROCESSES SIMULATION USING PRECEDENT-BASED ADAPTATION MECHANISMS

Bejanishvili Lolita¹, Nachkebia Mziana¹, Beridze Zebur²

1- Georgian Technical University

2-Batumi Shota Rustaveli State University

lolita.bejanishvili@gtu.ge; mzianachkebia@yahoo.com; zazaber@mail.ru

Summary

Effective management of the software development process is very important to the overall success of the software project. When planning a project, you need to decide which processes should be used to create a software product. Correct management of software design and development helps to avoid inadvertent design errors and failures in meeting deadlines, while at the same time raises quality and reliability of the software. The project manager can better plan his project if has access to the experience piled up from completed projects, on which basis the project must be adapted according to real requirements. Besides, it becomes clear, that the team of software developers should be ready to use offered methods and instruments of collective software development. Therefore, very important is creation of the system able to train to collective methods of software development, which architecture is represented in this article.

Keywords: CMMI. adaptation. precedents. processes. project development.

UFe₂ ნაერთის მაგნიტური თვისებები

ლალიტა დარჩიაშვილი, მანანა წულუკიძე, ზურაბ ჩაჩხიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

Fe₂-თან ურანის ბინარული ნაერთის მაგნიტური თვისებების შესწავლის შედეგად ნაჩვენებია იქნა, რომ ამ ნივთიერების მაგნიტური თვისებები დამაკმაყოფილებლად არის განმარტებული მყარი ზონის მოდელის პოზიციიდან. გამოკვლეულია UFe₂-ის ნაერთი როგორც ფერო, ისე პარამაგნიტურ არეში. კიურის მ_F ფერომაგნიტური ტემპერატურა UFe₂ ნაერთისა აღმოჩნდა 157K ± 4K-ს ტოლი. მ_F მიღებული მნიშვნელობა კარგად ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს. პარამაგნიტურ გარემოში შესწავლილია UFe₂ ნაერთის მაგნიტური ამთვისებლობა 700K-მდე და აღმოჩნდა, რომ ის ძლიერ დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ამასთან, ეს დამოკიდებულება არ ემორჩილება კიური-ვეისის კანონს, რის შედეგადაც წარმოუდგენელი გახდა ეფექტური მაგნიტური მომენტის განსაზღვრა, რომელიც მოდის UFe₂ მოლეკულაზე პარამაგნიტური არეიდან.

საკვანძო სიტყვები: ინტერმეტალები, ურანი, აქტინოიდები. კიურის ტემპერატურა, მაგნიტური ამთვისებლობა.

1. შესავალი

ტექნიკის ახალი დარგების შექმნამ განაპირობა ახალი მასალების მოპოვების საჭიროება. ამასთან დაკავშირებით უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აქტინოიდებისა და გარდამავალი 3d ლითონების ინტერმეტალური ნაერთების ფიზიკური თვისებების თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევებს. მათ ახასიათებთ უნიკალური მაგნიტური თვისებები, როგორცაა, მაგალითად, მაგნიტოსტრიქციის და მაგნიტური ანიზოტროპიის მნიშვნელობები, კიურის მაღალი ტემპერატურა, დიდი დამაგნიტება და კუთრი ელექტროწინააღობა.

აქტინოიდური მასალები განსაკუთრებული ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლებით გამოირჩევიან. ამიტომ გასაგებია ბოლო წლებში გაჩენილი ინტერესი აქტინოიდების ნაერთებისადმი სხვა ელემენტებთან მიმართებაში და იმის შესახებ, თუ როგორ ხდება ამ ნაერთების გამოყენება, როგორ შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბირთვულ რეაქტორებში როგორც ატომური საწვავი, თერმომარე-გულირებელი ელემენტები და ა.შ.

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ურანისა და თორიუმის ინტერმეტალიდების და ჰალკოგენიდების, როგორც ნახავარგამტარული მასალების კლასის მაგნიტური კვლევები მათი კრისტალური სტრუქტურის შედარებით სიმარტივის გამო. აგრეთვე მათში 5f ელექტრონების ლოკალიზაციის ხარისხის შემდგომი დასუსტების გამო, გაცვლითი ურთიერთქმედებების მექანიზმების დასუსტების გამო და სხვა.

ნაშრომში წარმოდგენილია UFe₂ ნაერთის მაგნიტური თვისებების კვლევა.

2. ძირითადი ნაწილი

პირველი მოხსენება აქტინოიდების 3d მეტალებთან კავშირის დახასიათებაზე იყო გაკეთებული გორდონის მიერ [1]. მან აღმოაჩინა, რომ U_{Mn₂}-ანტიფერომაგნეტიკია, ხოლო UFe₂-ფერომაგნეტიკი. ლინმა და კაუფმანმა [2] აღნიშნეს, რომ U_{Mn₂} და UFe₂ თავისი სტრუქტურით იწვევს ინტერესს. მათ აქვთ ქიმიური ფორმულა UX₂, სადაც X = Mn, Fe, რაც გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ საინტერესო ინფორმაცია, რომელიც ეხება ელექტრონულ სტრუქტურას, ელექტრონულ ურთიერთქმედებას და ამ კავშირების მაგნიტურ თვისებას. თუმცა, მათი აზრით, გორდონის მიერ გამოყენებული მოწყობილობა არ იყო სრული ზუსტი შედეგების მისაღებად, ამასთან მან მხოლოდ სამი გაზომვა შეასრულა ოთახის ტემპერატურაზე ქვემოთ U_{Mn₂}-სთვის. ამიტომ ლინმა და კაუფმანმა შეისწავლეს ორმაგი შენადნობი U_{Mn₂} და UFe₂ უფრო დეტალურად.

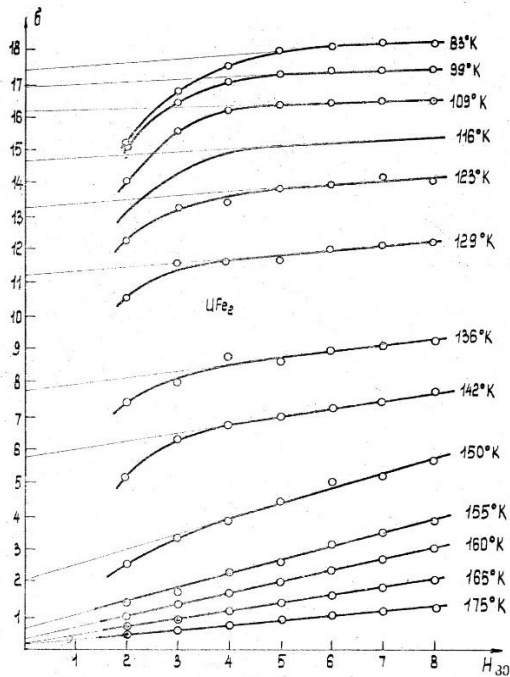
UFe₂ -ის ნაერთი წახნაგცენტრირებული კუბური მესერი C 15 ტიპის 7,0449 ± 0,0005 პარამეტრებით [3] შეისწავლებოდა მხოლოდ ფერომაგნიტურ უბანში. ნაშრომში [4] იყო განსაზღვრული ფერომაგნიტური წერტილი მ_F კიურის, რომელიც აღმოჩნდა 195 K-ს ტოლი (გორდონის მონაცემებით კი ის ტოლია 151K-ს), სპონტანური დამაგნიტების მნიშვნელობის გამო აბსოლუტურ ნულ ტემპერატურაზე გამოთვლილია ეფექტური მაგნიტური მომენტი, რომელიც მიეკუთვნება UFe₂ მოლეკულას, აღმოჩნდა 1,13μ_B-ს ტოლი. ამ ნაშრომში გაზომვა მიმდინარეობდა 150 K -დან 220 K-მდე.

ლინმა და ოქილვიემ [5] გააფართოვეს შესწავლის არეალი ინტერმეტალური ნაერთი UFe_2 -ს თხევადი ჰელიუმის ტემპერატურამდე. მათ ჩაატარეს კვლევა 4,2K - 200 K არეალში და 14 კილოერსტედამდე ველებში (მიმდინარე ნაშრომში ველები აღწევდა 7 კილოერსტედამდე). UFe_2 -სთვის გადაღებული ჰისტერეზისის მრუდი აჩვენებს, რომ იძულებითი ძალა, მაგნიტურობის ნარჩენი და მრუდის ფართობი ძალიან ცოტაა. სპონტანური

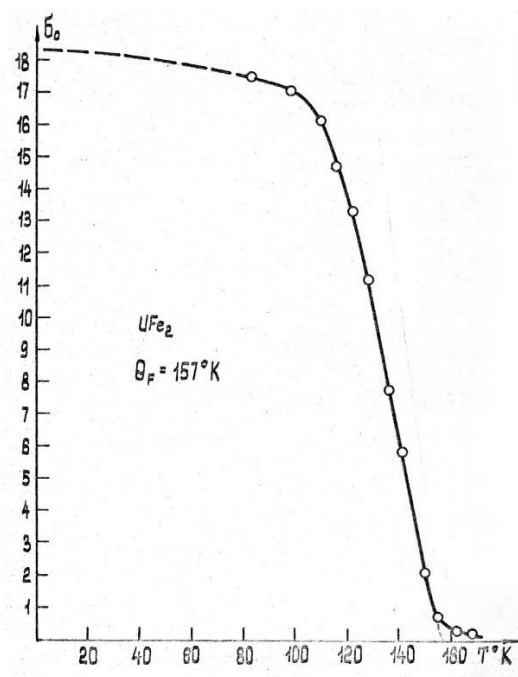
ნაშრომში გამოკვლეულია 3d ლითონებთან აქტივობების ბინარული ნაერთების მაგნიტური თვისებები, კერძოდ, UFe_2 -ის ნაერთი. 3d ლითონებთან აქტივობების ბინარული ნაერთების მაგნიტური თვისებების შესწავლის შედეგად, ნაჩვენებია იქნა, რომ ამ ნივთიერებების სხვადასხვა მაგნიტური თვისებები დამაკმაყოფილებლად არის განმარტებული „ხისტი“ ზონის მოდელის პოზიციიდან, იმ დაშვებით, რომ ურანის ვალენტობა 4-ის ტოლია.

UFe_2 ნაერთს აქვს C15 კუბური კრისტალური სტრუქტურა. რენტგენის სტრუქტურული ანალიზის მონაცემებით $a = 7.01\text{Å}$. UFe_2 არის ფერომაგნიტიკი. ჩვენ გამოვიკვლიეთ ეს ნაერთი ორივე როგორც ფერო, ისე პარამაგნიტურ არეში. კიურის T_F ფერომაგნიტური ტემპერატურა UFe_2 ნაერთისა აღმოჩნდა $157\text{K} \pm 4\text{K}$ -ს ტოლი, რაც კარგად ეთანხმება მიღებულ თეორიულ მონაცემებს.

UFe_2 -ის დამაგნიტების დამოკიდებულება მაგნიტური ველის დამაბულობაზე სხვადასხვა ფიქსირებულ ტემპერატურაზე ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე. კიურის ფერომაგნიტური ტემპერატურის მოსაძებნად, დამაგნიტებისას იზოთერმების წრფივი ნაწილი ექსტრაპოლირებული იქნა ორდინატების ღერძზე. ამ გზით, სხვადასხვა ტემპერატურაზე განისაზღვრა σ_0 სპონტანური დამაგნიტების მნიშვნელობა. მიღებული შედეგები გრაფიკზე გამოსახულია $\sigma_0(T)$ (ნახ. 2). მრუდის დახრის ხაზოვანი ნაწილი $\sigma_0(T)$ ექსტრაპოლირებული ხდებოდა აბსცისის ღერძზე. კვეთის წერტილად ითვლებოდა კიურის ფერომაგნიტური ტემპერატურა.



ნახ. 1. კუთრი დამაგნიტების დამოკიდებულება ველზე UFe_2 ნიმუშისთვის



ნახ. 2. კუთრი სპონტანური დამაგნიტების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე UFe_2 ნიმუშისთვის

სპონტანური დამაგნიტების σ_0 ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდი, დაბალი ტემპერატურის არეში შეიძლება გაგრძელდეს ორდინატის ღერძის გადაკვეთამდე და ამრიგად მივიღოთ OK-ზე UFe_2 -ისათვის კონკრეტული მნიშვნელობა, კუთრი σ_{00} აღმოჩნდა 18 გს/სმ³-ს ტოლი. σ_{00} -ის მნიშვნელობით შეიძლება ვიპოვოთ ეფექტური მაგნიტური მომენტი ცალკეული UFe_2 მოლეკულაზე

$$\mu_{eff} = \frac{M\sigma_{00}}{N_A\mu_B} \cdot \mu_B$$

სადაც, μ_{eff} - ეფექტური მაგნიტური მომენტია $\mu\sigma$ ბორის მაგნეტონში; M- ერთი გრამი მოლეკულის წონა; N_A -ავოგადროს რიცხვი.

μ_{eff} მნიშვნელობა აღმოჩნდა $1,14 \mu_B$ -ის ტოლი, რაც კარგადაა თანხვედრაში ლიტერატურის მონაცემებთან. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ მიღებული μ_{eff} სიდიდე უნდა ჩაითვალოს როგორც მიახლოებითი, რადგან σ_{00} მნიშვნელობა შეიძლება აღმოჩნდეს ძალიან სავარაუდო (რადგან მრუდის გაგრძელება $\sigma_{bc} T=0$ სუბიექტურია).

პარამაგნიტურ გარემოში შესწავლილია UFe₂ ნაერთის მაგნიტური ამთვისებლობა 700K-მდე.

3. დასკვნა

UFe₂-ის ბინარული ნაერთის შესწავლამ გამოავლინა მისი თვისებები. ურანი არის ცვალებადი ვალენტობის ელემენტი. ელექტრონების მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც ურანის ატომს შეუძლია დაუთმოს ნაერთს 3d-ზონაში, არის 6. თუმცა შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ 3d ლითონებთან ნაერთებში ურანის ვალენტობა განსხვავებულია, უფრო დაბალია, რკინის ატომების გამო UFe₂-ის ნაერთის 3d-ზონაში თავისუფალი ადგილების რაოდენობა ტოლია 5,2-ის ერთ მოლეკულაზე. ურანის ატომმა ყველა 6 სავალენტო ელექტრონი რომ გასცეს, მაშინ 3d-ზონა იქნება შევსებული და ნაერთი არ იქნებოდა დაკვირვების საგანი ფერომაგნიტური თვისებების ასპექტში. ამიტომ მიზანშეწონილია ვივარაუდოთ, რომ ურანის ვალენტობა 3d ლითონებთან არის 4. მაშინ შენადნობის 3d-ზონაში დარჩება 1,2 თავისუფალი ადგილი ერთ მოლეკულაზე. უკანასკნელი კარგადაა შეთანხმებული ექსპერიმენტთან.

ამ ნივთიერების მაგნიტური თვისებები დამაკმაყოფილებლად არის განმარტებული მყარი ზონის მოდელის პოზიციიდან. UFe₂-ის ნაერთი შესწავლილია როგორც ფერო, ისე პარამაგნიტურ არეში. კიურის θ_F ფერომაგნიტური ტემპერატურა UFe₂ ნაერთისა აღმოჩნდა $157K \pm 4K$ -ს ტოლი. θ_F მიღებული მნიშვნელობა კარგად ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს.

ლიტერატურა:

1. Gordon P. Thesis, Department of Metallurgy, Massachusetts Institute of Technology, 1949.
2. Lin S.T., Kaufmann A.R. Phys.Rev., 108, #5, 1171 (1957).
3. Petrov G., Stress S., Kiesler G.Z. Metalkunde, 54, 473 (1963).
4. Komura S., Kunitomi N. Hamaguchi J., Sakamoto M. Journal of Physical Society of Japan, 16. 1486 (1961).
5. Lin S.T., Ogilvie R.E. Journal of Applied Physics, 34, 1372 (1963).

MAGNETIC PROPERTIES OF UFe₂ COMPOUND

Lalita darchiashvili, Manana Tsulukidze, Zurab Chachkhiani

Georgian Technical University

Summary

As a result of investigations of the magnetic properties of the uranium binary compounds with Fe₂ is shown that different magnet properties are satisfactorily defined from the solid zone model viewpoint. In particular, UFe₂ compound has been investigated in ferro- and paramagnet areas. Curie ferromagnetic temperature of UFe₂ compound is found to be equal to $157K \pm 4K$. The obtained value θ_F is in a good comparison with a literature data. The magnetic susceptibility of the UFe₂ compound up to 700K was studied in a paramagnetic environment and it was found that it is strongly dependent on temperature. However, this attitude does not obey Curie-Weiss's law, making it inconceivable to determine the effective magnetic moment, that comes from a paramagnetic field on a UFe₂ molecule.

Keywords: intermetallics. actinoids. uranium. Curie temperature. magnetic susceptibility.

BI-სისტემების თანამედროვე მდგომარეობა და მომავალი ტენდენციები

მედეა თევდორაძე, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

medeat@gtu.ge; i.giashvili@gtu.ge; t.asatiani@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ბიზნეს-ანალიზის სისტემების (BI – Business Intelligence) ძირითადი მახასიათებლები, მათი მონაცემთა წყაროები, შემადგენლობა, სისტემათა სახეობები, გამოყენების არეალი. ასევე მოყვანილია ტექნოლოგიების სამომავლო ტენდენციები და მათ ფონზე წარმოდგენილია BI-სისტემების მომავალი განვითარების მიმართულებები

საკვანძო სიტყვები: BI-სისტემები. სტრუქტურა. კლასიფიკაცია. ტენდენციები

1. შესავალი

თანამედროვე მსოფლიოში კომპანიის წარმატება ბაზარზე პირდაპირ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად სწრაფად შეუძლია კომპანიის მენეჯმენტს ამოიცნოს ბაზრის დინამიკის ცვლილებები და რამდენად დროულად შეუძლია რეაგირება მოახდინოს მათზე. კომპანიის მენეჯერებმა თვალყური უნდა ადევნონ ბაზრის ტენდენციებს, მოახდინონ კონკურენტების და საფრთხეების იდენტიფიცირება, რისკების შეფასება, კომპანიის სტრატეგიის ცვლილება, საკუთარი რესურსების შეფასება და ა.შ. შესაბამისი ინფორმაცია არის აუცილებელი საწარმოო რესურსი ეფექტური მმართველობითი გადაწყვეტილებების მისაღებად.

მონაცემები, რომლებიც ხელმისაწვდომია მენეჯერებისთვისა და ანალიტიკოსებისთვის უშუალოდ კორპორაციული ინფორმაციული სისტემებიდან, არ არის უნიფიცირებული, გაფანტულია და ზოგადად არ არის “მზად” ანალიზისთვის. უფრო და უფრო ჩნდება მოთხოვნა მონაცემების ანალიტიკური ანალიზის ინფორმაციულ სისტემებზე, რომელთაც შეუძლიათ კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების და გარე წყაროდან მიღებული მონაცემები გადააქციონ ბიზნესისთვის სასარგებლო ინფორმაციად და ცოდნად, რომელიც გამოიყენება მართვაში და რომელთა საფუძველზე შეიძლება სწორი და დროული გადაწყვეტილების მიღება.

2. ძირითადი ნაწილი

BI (Business Intelligence) - ეს არის ინსტრუმენტებისა და ტექნოლოგიების ნაკრები მონაცემების შეგროვების, ანალიზისა და დამუშავებისთვის. დაუმუშავებელი მონაცემები სხვადასხვა წყაროდან BI-ს დახმარებით გარდაიქმნება მოსახერხებელ და გასაგებ ინფორმაციად. BI-სისტემების (Microsoft Power BI, Tableau, Qlik და სხვა) გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერ დარგში ან საქმიანობის სფეროში - როგორც კომპანიის დონეზე მთლიანობაში, ასევე ქვედანაყოფების ან ცალკეული პროდუქტებისთვის [1]. შეიძლება ითქვას, რომ დღევანდელი მდგომარეობით BI-სისტემების წილი ზოგადად პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზარზე წარმოადგენს დაახლოებით 30%-ს.

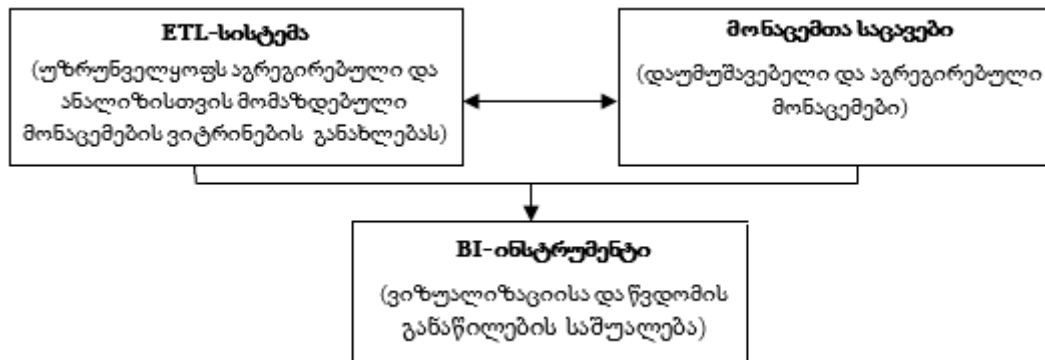
მომხმარებლისთვის BI-სისტემების პრინციპი გამოიყურება მარტივად: სისტემას უერთდება მონაცემების წყაროები, შემდეგ ინფორმაცია მიემართება ერთიან საცავში და მუშავდება, ხოლო შემდეგ მზა ანგარიშების სახით ხდება მისი ჩვენება. დღეს მონაცემების წყაროებს წარმოადგენს სხვადასხვა მონაცემთა ბაზები - ღრუბლოვანი (Oracle Cloud, Google BigQuery, Microsoft Azure და სხვა), ფაილური (Excel, XML, PDF და სხვა ცხრილური ფაილები), რელაციური (SQL Server, MySQL, Oracle).

იმისთვის რომ გამოიყენოს BI-სისტემა, მომხმარებელს არ სჭირდება ქონდეს სპეციალური ინფორმაციული ტექნოლოგიების (იტ) ცოდნა. გასაგები ინტერფეისის დახმარებით შეიძლება საჭირო ანგარიშის მოთხოვნა და ანალიტიკაზე წვდომის მიღება. სისტემა დააფორმირებს მოსახერხებელ დაშორდს - საინფორმაციო პანელს, რომელზეც ვიზუალურად წარმოდგენილი მონაცემები დაჯგუფებულია შინაარსის მიხედვით, ყველა დაშორდი - ინტერაქტიულია. გრაფიკები შეილება გადიდდეს და გადაეწყოს. შეიძლება ინფორმაციის წყაროების დათვალიერება და ანალიტიკის

მაჩვენებლების დეტალური შესწავლა. ამისათვის ხელმისაწვდომია სხვადასხვა ფორმატები - ანგარიშები, ცხრილები, გრაფიკები, დიაგრამები.

სისტემის მარტივი გამოყენების უკან დამალულია რთული პროცესები მონაცემების დამუშავებისა და გაფართოებული ანალიტიკის ფორმირების. თანამედროვე BI -გადაწყვეტებში შედის (ნახ.1) [2]:

- მონაცემების ინტეგრაციისა და გაწმენდის ინსტრუმენტები (ETL). ETL ახდენს მონაცემების ამოღებას გარე წყაროებიდან, მათ ტრანსფორმირებას, გაწმენდას და ტვირთავს ერთიან საცავში;
- მონაცემების ანალიტიკური საცავი. ეს არის დაუმუშავებელი მონაცემების საინფორმაციო ბაზა, რომელიც ფაქტიურად ანალიზის წყაროა და რომელსაც შეუძლია მონაცემების სტრუქტურირება და გაანალიზება;
- Data Mining საშუალებები. ეს ინსტრუმენტები ამუშავებენ მონაცემებს და აანალიზებენ მათ სხვადასხვა ჭრილში. სისტემა ადგენს ურთიერთკავშირებსა და ტრენდებს. ამ დროს შეიძლება იქნას გამოყენებული ინფორმაციის დამუშავების განსხვავებული მეთოდები: სტატისტიკითა და პროგნოზირებით დაწყებული სემანტიკური ანალიზით დამთავრებული;
- მონაცემების ვიზუალიზაციის ინსტრუმენტები. ეს არის ანგარიშები, რომელთაც მუშაობენ მომხმარებლები. ამოცანების შესაბამისად, ანგარიშგებები შეიძლება აიგოს დამტკიცებული ფორმატის მიხედვით ან იყოს ინტერაქტიული. ანალიტიკური ანგარიშების აგებისას მომხმარებლები დამოუკიდებლად ადგენენ ასასახი მიჩვენებლების ნუსხას, ახდენენ მონაცემების სორტირებასა და აყენებენ ფილტრებს. ეს შეიძლება იყოს დაშორდები, დოაგრამები, ცხრილები და გრაფიკები.



ნახ.1. BI -სისტემების ძირითადი კომპონენტების ურთიერთქმედება

BI-სისტემებით მხარდაჭერილია ბევრი ბიზნეს-გადაწყვეტები - საოპერაციოდან სტრატეგიულამდე, ტექნოლოგიების მეშვეობით ანალიზებს ინფორმაციის უზარმაზარ მოცულობას. თუმცა მომხმარებლის ყურადღება აქცენტირდება მხოლოდ ანალიტიკის საკვანძო ფაქტორებზე, რომლებიც იძლევა შემდგომი ქმედებებისა და ბიზნეს-გადაწყვეტების ვარიანტების მოდელირების საშუალებას. ძირითადი ამოცანები, რომელთა გადაჭრაშიც გვეხმარება BI-სისტემა:

- მონაცემების შეგროვება სხვადასხვა წყაროდან, მათი სტრუქტურირება და შენახვა ერთიან სისტემაში.
- დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზი ჰიპოტეზების ფორმირებისთვისა და გასამტკიცებლად ან ბიზნეს-გადაწყვეტების შესამუშავებლად ანალიტიკის გათვალისწინებით.
- შესაძლო გადაწყვეტების მოდელირება მათი გავლენის შესაფასებლად საქმიანობის საბოლოო მაჩვენებლებზე და შემდგომი განვითარების პროგნოზისთვის არსებული მონაცემების საფუძველზე.
- ოპერატიული და სტრატეგიული ანგარიშების ფორმირება, მათ შორის დასაშვების ნორმებიდან მაჩვენებლების გადახრების შესახებ ინფორმირება.
- ცოდნის სისტემატიზაცია და შენახვა ახალი თანამშრომლებისთვის შემდგომი გადაცემის მიზნით, რათა გამოცდილება შენახულ იქნას და საქმიანობის ხარისხი მუდმივად გაუმჯობესდეს.

აღინიშნოს, რომ BI-სისტემის ხარისხის შესაფასებლად შეიძლება იყოს გამოყენებული ოთხი კრიტერიუმი: ანალიტიკის სიზუსტე, ანალიტიკის სიღრმე, ანალიტიკის სიფართოვე და ანალიტიკის ხელმისაწვდომობა.

Gartner Group ანალიტიკოსების შეხედულებით შეიძლება გამოიყოს BI-სისტემების (საშუალებების) სამი ძირითადი ტიპი: ინფორმაციის წარმოდგენის, ინტეგრაციის და ანალიზის (ნახ.2).



ნახ.2. BI -სისტემების ინსტრუმენტები

გარდა ამისა, BI-სისტემების კლასიფიკაცია შეიძლება ჩატარდეს მრავალი პარამეტრის მიხედვით [1]. შესაძლებელია Business Intelligence სისტემების კლასიფიკაცია შემდეგი კლასების მიხედვით: მონაცემთა საცავების აგების საშუალებები; ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავების სისტემები; ინფორმაციულ-ანალიტიკური სისტემები; მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის საშუალებები; მოთხოვნების შესრულებისა და ანგარიშების აგების ინსტრუმენტები. ეს კლასიფიკაცია ეყრდნობა ფუნქციური ამოცანების მეთოდს, სადაც თითოეული კლასის პროგრამული პროდუქტები ასრულებენ ფუნქციების ან ოპერაციების გარკვეულ ნაკრებს სპეციალური ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე.

ამასთან ერთად, იმის გათვალისწინებით, რომ Business Intelligence საშუალებები ინტენსიურად ვითარდება, შესაძლებელია ასევე სხვა პარამეტრების გამოყენება კლასიფიკაციისათვის, მაგალითად – ზომა და ფუნქციური დანიშნულება. ზომისა და სიმძლავრის მიხედვით განიხილავენ: მცირე, საშუალო და დიდი გადაწყვეტილებები. ისინი განსხვავდებიან ETL ფაზის ხანგრძლივობით და ისტორიის ასახვის უნარით.

ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით შესაძლებელია მოვიყვანოთ შემდეგი BI -სისტემების კლასიფიკაცია: 1. BI რეგლამენტირებული (სტანდარტიზებული) ანგარიშებით, სადაც ანგარიშები იქმნება შაბლონების დახმარებით; 2. BI-სისტემები, რომლებიც გამოიყენებენ მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზის მეთოდებს - OLAP (online analytical processing- მონაცემთა ოპერატიული ანალიზი); 3. BI-სისტემები, რომლებიც მეტწილად იყენებენ პროგნოზული ანალიტიკის მეთოდებს (Advanced Analytics), რომელიც საჭიროა რათა მოდელირება გაუკეთდეს მომხმარებლების ქცევას ან ბიზნესის ოპერაციულ ეფექტიანობას, აგებულ იქნას კონკურენტული საბაზრო ანალიზი.

თავისი განვითარების განმავლობაში BI-სისტემებმა გამოიარეს მთელი რიგი ეტაპი, და ერთერთი უმნიშვნელოვანესი არის მათი გადატანა ღრუბლებში. Cloud Business Intelligence (BI) აპლიკაციები გამოიყენება ინტერნეტში დაინტერესებული პირებისთვის, ბიზნეს ანალიტიკასთან დაკავშირებული ისეთ მონაცემების მიწოდებისთვის, როგორცაა, საინფორმაციო დაფები, ეფექტიანობის საკვანძო მაჩვენებლები და სხვა ბიზნეს ანალიტიკის მონაცემები.

Cloud BI და ღრუბლოვანი გამოთვლები ერთმანეთს იდეალურად შეესაბამება. Cloud BI უზრუნველყოფს სწორი ინფორმაციის საჭირო ადამიანებთან საჭირო დროს მიწოდებას, ხოლო ღრუბლოვანი გამოთვლები უზრუნველყოფენ მარტივ და მოქნილ გზას BI აპლიკაციებზე წვდომისთვის. ზუსტად ესაა Cloud BI ხიბლი, ის ხელმისაწვდომია მრავალი მოწყობილობიდან და ინტერნეტ ბრაუზერიდან. ეს გვერდს უვლის ტრადიციულ პროგრამულ ბარიერს, რომელიც მოიცავს აპლიკაციასთან წვდომას ლოკალურად.

Cloud BI - ის უპირატესობა ლოკალურად არსებული აპლიკაციებთან შედარებით მდგომარეობს შემდეგში: **ადვილად გამოყენებადობა** - Cloud BI აპლიკაციების, ისევე როგორც სხვა ქლაუდ აპლიკაციების, გამართვა და ექსპუატაცია როგორც წესი, უფრო მარტივია საბოლოო მომხმარებლისთვის. ეს ნიშნავს IT-ის ჩართულობის და მასთან დაკავშირებული ხარჯების შემცირებას; **გამზების სიჩქარე** - ქლაუდ აპლიკაციები ძალიან მარტივია ხმარებაში, რადგან ისინი არ მოითხოვენ დამატებით არანაირ მოწყობილობას ან პროგრამის ინსტალაციას; **მასშტაბურობა და ელასტიურობა** - ქლაუდ აპლიკაციებს შეუძლიათ სწრაფად გაფართოვება მომხმარებელთა რიცხოვნობის ზრდის შესაბამისად; **ხელმისაწვდომობა** - როგორც უკვე ვახსენეთ, Cloud BI აპლიკაციებზე ხელი მიგვიწვდება ნებისმიერი ინტერნეტ ბრაუზერიდან ან მობილური მოწყობილობიდან [3].

Cloud BI და ღრუბლოვანი გამოთვლების პოტენციალი უდიდესია - კომპანიები სარგებლობენ ისეთი უპირატესობებით, როგორცაა: ხარჯების შემცირება; აპლიკაციის გამოყენების სიმარტივე და მასთან მუშაობის სისწრაფე; ღრუბლოვანი აპლიკაციების ლოკალური აპლიკაციების ექვივალენტური დამუშავების სიმძლავრე; ისეთივე ფუნქციური შესაძლებლობები, როგორც ლოკალურად დაინსტალირებულ პროგრამულ უზრუნველყოფაში ხელმისაწვდომია.

BI-ის შემდეგი განვითარების ტენდენციების დასადგენად უნდა მივმართოთ კომპანია Gartner Group-ის მიერ გამოაქვეყნებულ ტექნოლოგიურ ტენდენციებს, რომლებიც ზეგავლენას მოახდენენ ბიზნესზე და ბიზნეს-ანალიზზე. ამ სიაში მოყვანილია 12 სტრატეგიული ტენდენცია (ნახ.3) [4].

სამომავლო ტექნოლოგიური ტენდენციები

- **მონაცემთა ფაბრიკა (Data Fabric)** - სერვისები, რომლებიც ამარტივებენ პლატფორმებსა და ბიზნეს-მომხმარებლებს შორის მონაცემთა გაცვლას;
- **კიბერუსაფრთხოების ქსელი (Cybersecurity Mesh)**, რომელიც იძლევა საშუალებას აიგოს ინტეგრირებული სტრუქტურა და დაცულ იქნას აქტივები მათი ადგილმდებარეობის მიუხედავად;
- **გამოთვლები, რომლებიც ზრდიან მონაცემთა კონფიდენციალურობის დაცვას (Privacy-Enhancing Computation, PEC)** - ეს არის გამოთვლები, რომლებიც უზრუნველყოფენ პერსონალური მონაცემების დამუშავების უსაფრთხოებას არასანდო გარემოში;
- **ღრუბლოვანი პლატფორმები (Cloud-Native Platforms)** - დანართები, რომლებსაც ქმნიან ღრუბლოვანი ინფრასტრუქტურაში სამუშაოდ, იძლევიან საშუალებას დამუშავდეს მტყუნებების მიმართ მდგრადი, ელასტიური და მოქნილი არქიტექტურები;
- **კომპოზირებადი აპლიკაციები (Composable Applications)** - კომპოზიტური დანართები იგება მოდულური კომპონენტებისაგან, რომელიც იროენტირებულია ბიზნესზე,
- **ინტელექტი გადაწყვეტილებების მისაღებად (Decision Intelligence)** - ეს არის პრაქტიკული მიდგომა გადაწყვეტილებების მირებისადმი. თითოეული გადაწყვეტილება განიხილება ეოგორც პროცესების ნაკრები, რომელტა დროს გამოიყენება მონაცემები ანალიზისთვის, უკუკავშირის მისაღებად და მოქმედებების კორექტებისათვის.
- **ჰიპერავტომატიზაცია (Hyperautomation)** - ეს არის ორგანიზებული ბიზნესზე ორიენტირებული მიდგომა, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს, შემოწმდეს და ვატომატიზაცია ჩაუტარდეს რაც შეიძლება მეტ პროცესს.
- **ხელოვნური ინტელექტის დამუშავება (AI Engineering)** - ეს არი კომპლექსური მიდგომა დაპროექტებისადმი, რომელიც ავტომატიზაციას უკეთებს მონაცემთა, მოდელების და დანართების განახლებას ხელოვნური ინტელექტის განვითარების ოპტიმიზაციისათვის.
- **განაწილებული საწარმოებები (Distributed Enterprises)** - მუშაობის დაცილებული და ჰიბრიდული სქემების განვითარებასთან სულ უფრო მეტი ადგილი დაეთმობა განაწილებულ საწარმოებებს, რომელთა თანამშრომლები ტერიტორიულად განაწილებულნი არიან
- **ერთობლივი გამოცდილება (Total Experience)** - არის ბიზნეს-სტრატეგია, რომელიც აერთიანებს თანამშრომლების, კლიენტების და სამომხმარებლო გამოცდილებას.
- **ავტონომური სისტემები (Autonomic Systems)** - ეს არის თვირმართვადი ფიზიკური და პროგრამული სისტემები, რომლებიც სწავლობენ თავის გარემოცვაზე და დინამიურად ცვლიან თავის ალგორითმებს რეალური დროის რეჟიმში
- **გენერატიული ხელოვნური ინტელექტი (Generative AI)** - ეს არის სამანქანო სწავლების მეთოდი, როდესაც ნეირონული ქსელები სწავლობენ კონტენტს ან ობიექტებს, აგროვებენ მონაცემებს და გამოიყენებენ მათ ახალი არტეფაქტების შესაქმნელად.

ნახ.3. Gartner Group-ის ახლო მომავლის ტექნოლოგიური ტენდენციები

გარდა ამისა, თუ დავაკვირდებით BI-სისტემების ევოლუციას, დავინახავთ შემდეგ ტრენდებს: მონაცემთა ხარისხის მართვა; გადაწყვეტილებების მიღება ციფრებზე დაყრდნობით; მონაცემთა

ანალიზისას თავად მომხმარებლის მიერ ანგარიშების შედგენა; მონაცემთა ვიზუალიზაცია; მონაცემთა ვიზუალიზაცია დროში; ადამიანებისა და ხელოვნური ინტელექტის ურთიერთთანამშრომლობის გამოყენება ანალიტიკის, გადაწყვეტილებათა მიღების და მონაცემთა მისაღებად; ანალიტიკა რეალურ დროში; მონაცემთა საცავების მოდერნიზაცია; ყველაზე მნიშვნელოვანი მონაცემთა განსაზღვრა, მათთან თანამშრომლებისთვის წვდომის უზრუნველყოფა ბიზნეს-პროცესების გამართული მუშაობისათვის, და მონაცემების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა; მონაცემთა ანალიზის მეთოდების ერთობლიობა, გამოსაკვლევი პარამეტრების ტრენდების დასადგენად და მომავალი მოვლენების პროგნოზი; სამანქანო სწავლების მოდელების დანერგვა; ღრუბლოვანი BI; დამოუკიდებელი მუშაობა მონაცემებთან; BI-სისტემები მობილური მოწყობილობებისათვის; BI-სისტემებში შეტყობინებების დამატება და სრულყოფა [5].

3. დასკვნა

ყველა ზემოდნახსენები ტრენდის და ტექნოლოგიური ტენდენციის გათვალისწინებით, თამამად შეიძლება ითქვას, რომ BI-სისტემების ახლო მომავლის განვითარების ძირითადი ტენდენციები იქნება: თვითმომსახურება, გადასვლა ანალიზიდან მოქმედებაზე, ბუნებრივი ენის გამოყენება, BI-სისტემების საყოველთაო გამოყენება, ვიზუალიზაცია, სტორითელინგი.

ლიტერატურა:

1. მ.თევდორაძე, ნ.ლოლაშვილი, ა.ბაჯიაშვილი, მ.სალთხუციშვილი, თ.რუხაძე, თ.ჭილაძე, მ.დარჩიაშვილი. ბიზნეს-ანალიზის ინფორმაციული სისტემები სახელმძღვანელო. გამოცემა 3 (2021). სტუ, თბილისი, 2017, სტუ-ს ბიბლიოთეკა CD 3769, 507 გვ
2. <https://www.unisender.com/ru/glossary/business-intelligence/>
3. <https://www.klipfolio.com/resources/articles/what-is-cloud-business-intelligence>
4. <https://vc.ru/future/372351-kakie-tehnologicheskie-trendy-gartner-ostavil-v-2022-iz-2021>
5. <https://biconsult.ru/services/razvitie-bi-sistem-trendy-i-dvizhenie-v-storonu-abi-vzglyad-so-storony-vizualizacii>

CURRENT STATE AND FUTURE TRENDS OF BI-SYSTEMS

Medea Tevdoradze, Ia Giashvili, Tamar Asatiani

Georgian Technical University

medeat@gtu.ge; i.giashvili@gtu.ge; t.asatiani@gtu.ge

Summary

The presented paper describes business analysis systems (BI- systems). The main features of BI-systems, their data sources, composition, types of systems and classification, area of application are discussed. The future trends of technologies are also presented and based of them the directions of future development of BI-systems are presented

Key words: main tasks of BI-systems, structure, classification, trends

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის კომპიუტერული მოდელირება

ომარი ბურდიაშვილი, ირაკლი გორდიაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ელექტროენერგეტიკულ სისტემის კომპიუტერული მოდელირების კუთხით საქართველოში არსებული მდგომარეობა. ნაჩვენებია საინჟინრო მოდელირების პროგრამების და პროგრამირების ენების როლი ზოგადად ელექტროენერგეტიკული სისტემის მოდელირების, რეჟიმების ანალიზის და თანამედროვე ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში დანერგილი ავტომატიკის მოწყობილობების კომპიუტერულ მოდელირებაში. ხაზგასმულია საკითხის აქტუალობა და მნიშვნელობა შესაბამისი პროფესიის სპეციალისტებისთვის, სისტემის მდგრადობის შეფასების საკითხებში.

საკვანძო სიტყვები: კომპიუტერული მოდელირება. პროგრამირების ენა. საინჟინრო მოდელირების პროგრამა. ელექტროენერგეტიკული სისტემა.

1. შესავალი

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემა წარმოადგენს მცირე სიმძლავრის სისტემას, რომელსაც გააჩნია სისტემათაშორისი ხაზები მეზობელ ქვეყნებთან და ამ ხაზების საშუალებით დაკავშირებულია ოთხივე გეოგრაფიულ მეზობელთან. გარდა სისტემათაშორისო ხაზებისა, ქვეყანაში არის უამრავი სხვადასხვა სიმძლავრის ელექტროსადგური, მაღალი და ზემოდალი ძაბვის ხაზები, რაც ერთიანობაში ქმნის ელექტროენერგეტიკულ სისტემას.

გამომდინარე იქიდან, რომ თანამედროვე მსოფლიო იმყოფება ტექნოლოგიების ეპოქაში და კომპიუტერული მეცნიერებები არის თითქმის ყველა სფეროში, დაწყებული მედიცინიდან დასრულებული თუნდაც სოფლის მეურნეობით, ბუნებრივია, რომ ისეთი სტრატეგიული სფერო, როგორც არის ენერგეტიკა, ასევე ფართოდ იყენებს ინფორმაციულ ტექნოლოგიებს არა მხოლოდ სისტემის რეალურ რეჟიმში მონიტორინგისა და მართვისთვის (სისტემის რეალურ რეჟიმში მონიტორინგისა და მართვისთვის საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში დანერგილია SCADA სისტემა), არამედ ასევე სისტემის მუშაობის შესაფასებლად საპროგნოზო რეჟიმებში (საპროგნოზო რეჟიმების ანალიზით შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს სისტემის მდგომარეობა და მოსალოდნელი რისკები რამდენიმე საათის, რამდენიმე დღის, ან თუნდაც რამდენიმე თვით ადრე).

2. ძირითადი ნაწილი

გასული საუკუნის 60-70-ანი წლებიდან მოყოლებული საქართველოში, ისევე როგორც თითქმის მთელს მსოფლიოში აქტიურად დაიწყო ენერგეტიკაში თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვა. მათ შორის იყო პირველი კომპიუტერები, რომელთა საშუალებითაც ხდებოდა სისტემის ნორმალური რეჟიმების და მდგრადობის ანალიზი. თავის მხრივ, ნორმალური რეჟიმის, ისევე როგორც მდგრადობის ანალიზს სჭირდება სისტემის კომპიუტერული მოდელის არსებობა. თავის მხრივ, ეს მოდელი უნდა მოიცავდეს ინფორმაციას სისტემის ელემენტების ელექტრული და რეჟიმის პარამეტრების შესახებ.

დღეს-დღეისობით საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში დანერგილია თანამედროვე სტანდარტების საინჟინრო მოდელირების რამდენიმე პროგრამა, მათ შორისაა PSS/E, Siguard DSA და DigSILENT PF (PSS/E და Siguard DSA წარმოადგენს კომპანია SIEMENS-ის პროდუქტს), რომლებიც იძლევა, როგორც მთელი გადაცემის ქსელის და სადგურების, ასევე სპეციალური ავტომატიკის მოწყობილობების და სისტემების მოდელირების საშუალებას. აღსანიშნავია, რომ ავტომატიკის სისტემების მოდელირებისათვის, ასევე საჭიროა გამოყენებული იქნას რომელიმე პროგრამირების ენა, რომელიც თავსებადია შესაბამის მოდელირების პროგრამასთან. ჩვენს შემთხვევაში არჩევანი გაკეთდა პროგრამირების ენა Python-ზე, რომელიც წარმოადგენს საკმაოდ მძლავრ და მრავალი შესაძლებლობის მქონე პროგრამირების ენას.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საინჟინრო პერსონალის მიერ პროგრამირების ენების გამოყენება ელექტროენერგეტიკული სისტემის მოდელირების მიზნით საკმაოდ ახალია ჩვენს ქვეყანაში და სამწუხაროდ უნდა ითქვას, რომ ამ კუთხით საკმაოდ ბევრი გამოწვევაა. მთავარ გამოწვევად რჩება შემდეგი ფაქტორები:

- ენერგეტიკოსების არასაკმარისი რაოდენობა, რომლებიც ფლობენ თუნდაც ერთ პროგრამირების ენას;

- ერთი სპეციალისტის მიერ შექმნილი კოდი ხშირ შემთხვევაში რთულად აღსაქმელია მეორე სპეციალისტისთვის (ასეთი პრობლემები გავრცელებულია არა მხოლოდ ენერგეტიკის სფეროში არამედ ზოგადად პროგრამირებაში);

- არასაკმარისი რაოდენობის პროგრამირების ენების ცოდნა (ხშირ შემთხვევაში პრაქტიკული მაგალითების გადაწყვეტისთვის საჭიროა არა მხოლოდ ერთი, არამედ რამდენიმე პროგრამირების ენის ცოდნა, როგორებიცაა Python, DSL, DPL და ა.შ.);

DSL და DPL არის პროგრამირების ენები, რომლებიც თავსებადია საინჟინრო მოდელირების პროგრამა DigSILENT PF-თან, შესაბამისად საქართველოში თავისთავად მცირეა იმ სპეციალისტების რაოდენობა, რომლებიც ფლობენ ამ ენებს. მათი შესწავლისთვის შესაძლებელია სახელმძღვანელოდ გამოყენებული იქნას DigSILENT PF-ის User Manual, მარგამ ამასთან უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ DigSILENT PF-ის User Manual არ არის მარტივად აღსაქმელი და სრულყოფილი ზემოხსენებული ენების ასათვისებლად ისეთი სპეციალისტებისთვის რომლებიც არ ფლობენ ბაზისურ ცოდნას.

რაც შეეხება უშუალოდ საინჟინრო მოდელირების პროგრამების (PSS/E, Siguard DSA და DigSILENT PF) კუთხით გამოწვევებს, მთავარ გამოწვევად ჩვენს ქვეყანაში მაინც რჩება ის, რომ ხელმისაწვდომი არ არის ამ პროგრამების უახლესი ვერსიები, რაც გამომდინარეობს ძირითადად მათი მაღალი ღირებულებიდან.

ელექტროენერგეტიკულ სისტემის მოდელირების კუთხით ინოვაციად უნდა ჩაითვალოს საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში არსებული ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კომპიუტერული მოდელირება. მოდელირებისათვის გამოყენებულია საინჟინრო მოდელირების პროგრამა PSS/E და პროგრამირების ენა Python. გამომდინარე იქიდან, რომ ევროპის და არა მხოლოდ ევროპის არამედ ყველა დიდ ქვეყანას აქვს მძლავრი ელექტროენერგეტიკული სისტემა ამ სისტემების გამართული და საიმედო ოპერირება მცირედით არის დამოკიდებული ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკაზე, შესაბამისად დიდ ქვეყნებში ამგვარი ავტომატიკა სუსტად არის განვითარებული. ვინაიდან საქართველოს სისტემა ჯერ-ჯერობით არის მცირე სიმძლავრის, მისი გამართული ფუნქციონირება დიდ წილად არის დამოკიდებული ზემოხსენებულ ავტომატიკაზე. დღეისათვის არის შექმნილი ასა-ს მოქმედების რამდენიმე ათეული ლოგიკა, რომელიც გათვლილია იმისთვის რომ თავიდან იქნას აცილებული ავარიები ელექტროენერგეტიკული სისტემის კრიტიკული ელემენტის გამორთვის შემდეგ.

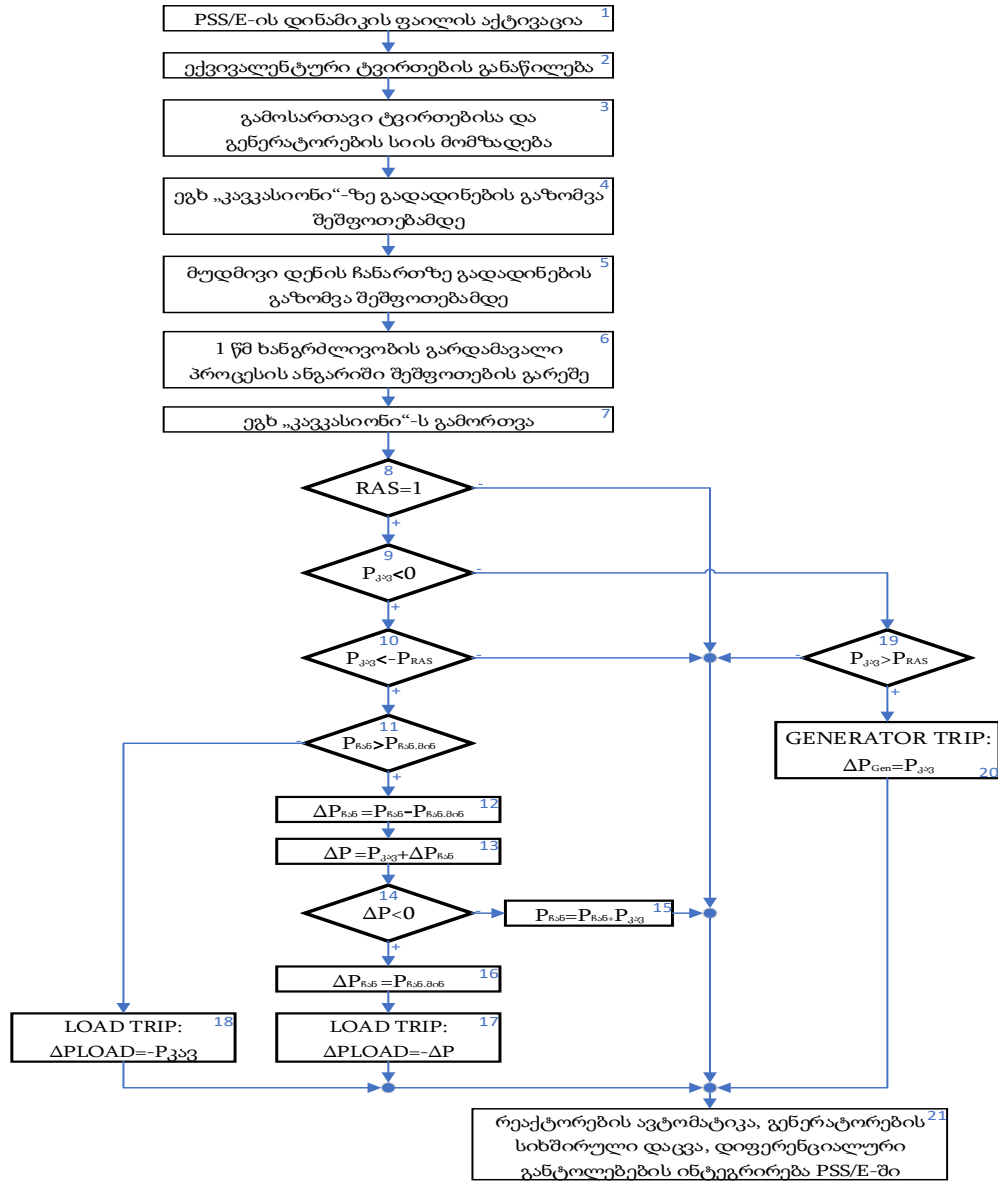
იმის ფაქტის გათვალისწინებით, რაც წარმოდგენილია წინა აბზაცში ინოვაციას წარმოადგენს ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის (ასა) კომპიუტერული მოდელირება, რაც საკმაოდ იშვიათია არა მხოლოდ ჩვენს რეგიონში, არამედ მრავალ განვითარებულ ქვეყანაში. 1-2 ნახაზებზე წარმოდგენილია არსებული ასა-ს შესაბამისი პროგრამული კოდის ბლოკ სქემა და თავად ამ კოდის ნაწილი.

3. დასკვნა

პროგრამირების ენა Python-ის გამოყენებით შექმნილი ასა-ს მოდელი ნამდვილად წარმოადგენს ინოვაციას, განსაკუთრებით ჩვენს პირობებში და ენერგეტიკის დარგის სპეციალისტებს აძლევს შესაძლებლობას წინასწარ შეაფასოს სისტემაში მოსალოდნელი რისკები.

ლიტერატურა:

1. კვაჭაძე ბ. ელექტრული სისტემის რელეური დაცვისა და ავტომატიზაციის საფუძვლები. თბილისი: სს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“, 2014, 463 გვ.
2. Siemens, PSS®E 33.4. Application program interface (API), March 2013. 2254 p.
3. ბურდიაშვილი ო. საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში არსებული ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კომპიუტერული მოდელირება. „ენერჯია“, 2021, N4(100), გვ. 35-38.
4. <https://www.w3schools.com/python/default.asp>
5. რუხვაძე მ. ელექტრული სისტემის მოდელირების პროგრამა PSS/E. თბილისი: სს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“, 2018, 217 გვ.



ნახ.1. ასა-ს ბლოკ-სქემა

```

223 psspy.load_chng_4(20317,x""1"", [1,2,22,18,1,0],[ P*0.1,Q*0.1]) #KOKHRA-2
224 psspy.load_chng_4(20800,x""1"", [1,2,22,1,1,0],[ P*0.1,Q*0.1]) #ZESTAFONI-NARCHI
225 psspy.load_chng_4(20114,x""1"", [0])
226 ierr, Skavkasioni=psspy.brnflo(20000,29999,'1')
227 Pkavkasioni=Skavkasioni.real
228 Qkavkasioni=Skavkasioni.imag
229 print "Skavkasioni=",Skavkasioni, "Pkavkasioni=",Pkavkasioni, "Qkavkasioni=",Qkavkasioni
230 ierr, Schanarti=psspy.brnflo(20004,22225,'1')
231 Pchanarti=Schanarti.real
232 Qchanarti=Schanarti.imag
233 print "Schanarti=",Schanarti, "Pchanarti=",Pchanarti, "Qchanarti=",Qchanarti
234 dx1=8
235 dyl=10
236 Generator= [[0 for x in xrange (dx1)] for y in xrange (dyl)]
237 dx1=8
238 dyl=10
239 Generator_priority= [[0 for x in xrange (dx1)] for y in xrange (dyl)]
240 dx1=8
241 dyl=50

```

ნახ. 2. ასა-ს პროგრამული კოდი

COMPUTER MODELING OF THE GEORGIAN ELECTRIC POWER SYSTEM

Omari Burdiashvili, Irakli Gordiashvili

Georgian Technical University
omari.burdiashvili@gmail.com; irakli.gordiashvili@gse.com.ge

Summary

In this article is reviewed existing situation in Georgia regarding to computer modeling of the power system. is shown role of the engineering modeling software and programing languages in general power system modeling, analyses of electrical regimes and computer modeling of automation devises in which are implemented in modern powers systems. The relevance and importance of the issue for the specialists of the relevant profession in matters of system sustainability assessment are emphasized.

Key words: Computer modeling, Programming language, Engineering modeling software, Electric power system.

ჭკვიანი კონტრაქტები

ნატალია გაბაშვილი, თამარ გაბაშვილი, ლიზი კენჭოშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

დღევანდელ ტექნოლოგიურ სამყაროში, ხდება დიდი რაოდენობით სხვადასხვა სახის შეთანხმებების დადება და ელექტრონული მონაცემების გაცვლა (Electronic Data Interchange - EDI), ეს ინფორმაციის გაცვლის საკომუნიკაციო ტექნოლოგიაა და წარმოადგენს ქალაქში დაფუძნებული კომუნიკაციის ალტერნატივას. მაშინ როცა გარიგების მონაწილე მხარეებისთვის კონტრაქტი შედგენილია, ინფორმაცია „წერილი შრიფტით“ მიწოდებულია, ტრანზაქცია შემუშავებულია, პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით და ტრანზაქციის დადასტურებით მომხმარებელი ნაწილობრივად ხელმისაწვდომს ხდის ინფორმაციას, რომელიც შესაძლოა მისთვის ღირებული ან კონფიდენციალურია. პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით განხორციელებული მოქმედებები ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელია პოტენციური საფრთხის შემცველი აღმოჩნდეს, ეს მიზეზები შეიძლება იყოს: ინფორმაციის არასათანადოდ დაცვა, მხარეების მიერ დადებული შეთანხმების ინტერპრეტირებისა და შეუსრულებლობის გამო სანქციებზე თავის არიდების შესაძლებლობა.

გადახდის ელექტრონული საშუალებები ტოვებებს გარკვეულ ელექტრონულ კვალს და დაინტერესებული პირისათვის შესაძლოა გახდეს ხელმისაწვდომი. მომხმარებელთა უმეტესობისთვის არ არის ცნობილი არის თუ არა მათი სახელები დაკავშირებული მათ შესყიდვებთან მონაცემთა ბაზებში და ამ ტრანზაქციების მნიშვნელოვანი ნაწილები შესაძლოა დამუშავების და რაც მთავარია ინფორმაციის საჯაროდ გამოტანის შესაძლებლობას იძლეოდეს. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მონაცემების დაცულობასა და ანონიმურობას. სწორედ ასეთ მიდგომას სთავაზობს დეცენტრალიზებული გარემო-ბლოკჩეინ ტექნოლოგია და მასში ინტეგრირებული კომპიუტერული გარიგების პროტოკოლი სმარტ-კონტრაქტი.

ჭკვიანი კონტრაქტები საფუძვლად უდევს დეცენტრალიზებული ფინანსების (DeFi) ინდუსტრიას და რადგანაც მესამე მხარის ჩართულობას არ მოითხოვს, ის ხდება მეტად იაფი, სასურველი, სწრაფი და მოქნილი სისტემა. NFT-ის ინდუსტრიაშიც მაქსიმალურად ცდილობენ პროექტებში სმარტ-კონტრაქტების დანერგვას.

მხარეებს შეუძლიათ დაეყრდნონ გაყალბებისგან დაცულ ტექნოლოგიას, რომელიც აკონტროლებს გონიერი კონტრაქტის კოდის ქმედებებს ისე, რომ პროცესები მიმდინარეობს ავტომატურად; ამგვარად ხდება კონტრაქტის კოდის პრაქტიკული აღსრულება. პრაქტიკული აღსრულების ეს ფორმა მიღწევადია როდესაც ყველა საჭირო ქმედება სრულად განხორციელდება კომპიუტერულ პროგრამაში ან ტექნოლოგიურ გარემოში.

საკვანძო სიტყვები: ჭკვიანი კონტრაქტები. სმარტ-კონტრაქტები. ბლოკჩეინ ტექნოლოგია.

1. შესავალი

ხელშეკრულების ინსტიტუტი ცნობილია რომის სამართლიდან (*მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის უწინ, ანტიკურ ხანაში ქალაქ რომსა და მოგვიანებით მთელ რომის იმპერიაში მოქმედ სამართალს*) მოყოლებული. რომში ხელშეკრულებას – Contractus ეწოდებოდა და წესები არსებული ნორმატიული სისტემის საფუძველზე რეგულირდებოდა. მხარეთა შორის შეთანხმება-გარიგება რომ ხელშეკრულებად ქცეულიყო, ამ შეთანხმებას გარკვეული სახე უნდა ჰქონოდა. ის უნდა ყოფილიყო წერილობით გაფორმებული და უნდა დაეკმაყოფილებინა მთელი რიგი მოთხოვნები, რომლის შეუსრულებლობა სარჩელის წარდგენის უფლებას ან პასუხისმგებლობას ითვალისწინებდა[1].

რომის სამართლიდან დღევანდელ დღემდე მნიშვნელოვნად შეიცვალა კონტრაქტების ისტორია.

დღევანდელ დღესაც მხარეთა ურთიერთობა თანასწორუფლებიანობაზეა დაფუძნებული. მხარეები არ ექვემდებარებიან ერთმანეთს, მიუხედავად იმისა, ვინ არიან ისინი: ფიზიკური, იურიდიული პირები, სახელმწიფო, თუ სხვა. მაგრამ დღეს ხელშეკრულება ყოველთვის არ ნიშნავს მაინცდამაინც წერილობით წარმოდგენილ დოკუმენტს ბეჭდითა და ხელმოწერით დადასტურებულს. ხელშეკრულება კერძო პირთა ნებისმიერი შეთანხმებაა, რომლითაც მხარეებს წარმოეშობათ უფლებები და ვალდებულებები. ისეთები, როგორც ყოველდღიური წვრილმანი ხელშეკრულებები (მაგალითად, ავტობუსით მგზავრობა, პურის ყიდვა, ფულის სესხება, ნივთის თხოვება და ა.შ.), ასევე რთული და დიდ ფინანსებთან დაკავშირებული ხელშეკრულებები (მაგალითად, ნასყიდობა, ლიზინგი, იჯარა და ა.შ.)[2].

ტექნოლოგიების განვითარებამ თავისი წვლილი შეიტანა ხელშეკრულებების ისტორიაშიც „ჭკვიანი კონტრაქტის“ (გონიერი კონტრაქტი, სმარტ-კონტრაქტი, ინტელექტუალური კონტრაქტი, ბლოკჩეინ-კონტრაქტი, ციფრული კონტრაქტი) სახით. სადაც ტერმინი „ჭკვიანი“ დღევანდელ ციფრულ რეალობაში საკმაოდ გავრცელებულია და ამ კონტექსტში ეხება ავტომატიზირების თვისებას – ე.ი. კომპიუტერული პროგრამის შესაძლებლობას, განახორციელოს გარკვეული ქმედებები ავტომატიზებული პროცესის შედეგად. ხოლო „კონტრაქტი“ აღნიშნავს შეთანხმებას, რომელიც მიღწეულ იქნა მხარეთა შორის სამართლებრივად აღსრულებადი უფლებებისა და ვალდებულებების შედეგად.[3]

ინტელექტუალური კონტრაქტების მუშაობის პრინციპი ნიკ საბომ ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის გამოჩენამდე ბევრად უფრო ადრე აღწერა. ბლოკჩეინი ეს არის მთლიანად ციფრული ტექნოლოგია და ტექნოლოგიურ ბაზარზე „სმარტ-კონტრაქტებისა“ და „ორაკულების“ გამოჩენამდე გარე სამყაროსთან არ იყო დაკავშირებული.

„ჭკვიანი კონტრაქტი“/„სმარტ-კონტრაქტი“ არის ნიკოლას (ნიკ) საბოს (Nick Szabo) ინოვაციური პროექტებიდან ერთ-ერთი. ნიკ საბო არის ცნობილი მეცნიერი ინფორმატიკის, კრიპტოგრაფიისა და სამართლის სფეროში და წარმოადგენს საკვანძო ფიგურას კრიპტო სივრცეში. მიუხედავად ზოგიერთი ცნობილი ადამიანის (მათ შორის ილონ მასკი) ვარაუდისა, რომ საბო შესაძლოა იყოს ბიტკოინის დამფუძნებელი და წარმოადგენდეს სატოში ნაკამოტოს, ის ყოველთვის უარყოფდა ამ ფაქტს და მოახერხა თავისი პიროვნების შესახებ კონფიდენციალობის შენარჩუნება.

2. ძირითადი ნაწილი

ნიკ საბომ სმარტ-კონტრაქტებს პირველად მიმართა 1994 წელს (*პროექტი გამოაქვეყნა 1996 წელს*) და განიხილა ისინი თავის კიდევ ერთ უმნიშვნელოვანეს პროექტში-Bitgold-ში (ეს იყო შთაგონება ისეთი პროექტებისთვის, როგორცაა Bitcoin). საბო ციფრული ფულის პიონერებს შორის იყო და მიუხედავად იმისა რომ პროექტი Bitgold-ი არ რეალიზდა, ის გახდა ქვაკუთხედი ციფრული ვალუტების ინოვაციაში.

მიუხედავად იმისა, რომ ბიტკოინის პროექტი იყო პირველი კრიპტო პროექტი, ის არ ეყრდნობოდა საბოს იდეას ჭკვიანი კონტრაქტების შესახებ. ჭკვიანი კონტრაქტების ფუნქციონალობა მხოლოდ მოგვიანებით განხორციელდა სხვა პროექტებთან, როგორცაა Ethereum, EOS,... რამაც გზა გაუხსნა ახალ კრიპტოვალუტებს. სმარტ-კონტრაქტები ჩართულია ბლოკჩეინის თითქმის ყველა უახლეს ტექნოლოგიაში და კრიპტო სივრცეში, თუმცა Ethereum ყველაზე გავრცელებულია მათ შორის, რაც დიდწილად სმარტ-კონტრაქტების დამსახურებაა. ნიკ საბოს წვლილის აღსანიშნავად ETH-ის ერთეული/მემილიონედი ცნობილია როგორც Szabo. [5]

ახლა Szabo რჩება მნიშვნელოვან და დაუვიწყარ ძალად კრიპტო სივრცეში და მსოფლიოში.

სმარტ-კონტრაქტი მიზნად ისახავდა ციფრული კონტრაქტის საფუძველზე ქსელში

განხორციელებული ტრანზაქციების შესრულების შესაძლებლობას მესამე მხარის საჭიროებისა და ჩართულობის გარაშე. ამის გათვალისწინებით კონტრაქტი ფუნქციონირებს ორი მხარის კონცეფციით,

რომელიც ასახავს მათ პასუხისმგებლობას ერთმანეთის წინაშე.

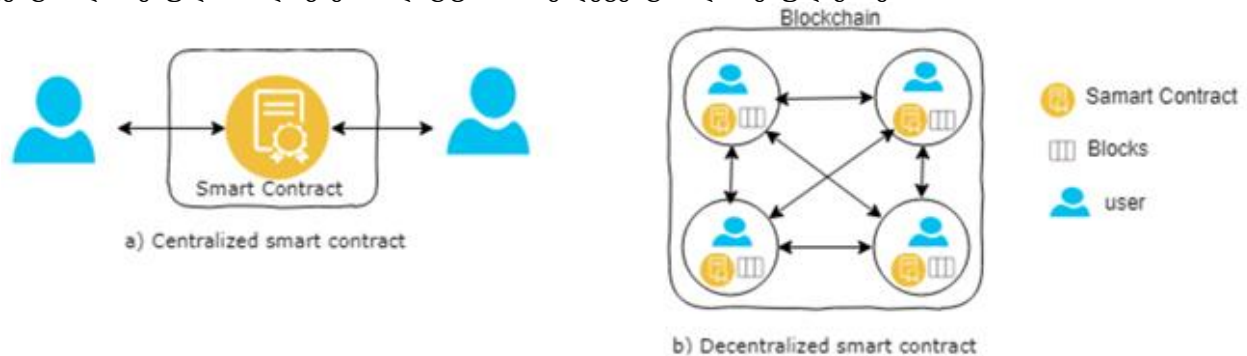


საბოოს ვარაუდით, სველი კოდები (*ქაღალდზე დაფუძნებული კონტრაქტები*) წარსულის საგანია, რადგან მათ აღსრულებას უფრო მეტი დრო და რესურსი სჭირდება, ვიდრე მშრალ კოდებს (*ჭკვიანი კონტრაქტები*) [4].

ჭკვიანი კონტრაქტის კლასიკურ მაგალითს ნიკ საბო აღწერს ვენდინგ (სავაჭრო) აპარატების მაგალითზე. მომხმარებელი ჟეტონით ან ფულის მონეტით იხდის სასურველი პროდუქტის საფასურს და სწორი მოქმედებების შესრულებით შედეგი გარანტირებულია, აპარატი გასცემს შერჩეულ პროდუქტს. ეს ლოგიკა დაპროგრამებულია სავაჭრო აპარატზე.

კლასიკური კონტრაქტისგან განსხვავებით, შეთანხმების პირობას ასრულებს არა ადამიანი, არამედ ვენდინგის აპარატი. მნიშვნელოვანია ნიუანსი-პროდუქტი გაიცემა მხოლოდ საფასურის გადახდის შემდეგ და მსგავსად პროცესისა, თუ როგორ ხსნის აპარატი გამყიდველის თანამშრომლის საჭიროებას, ჭკვიან კონტრაქტსაც შეუძლია ჩაანაცვლოს შუამავლები მრავალ ინდუსტრიაში.

ჭკვიანი კონტრაქტები განსხვავდება გარემოთი სადაც ისინი სრულდება, ეს შეიძლება იყოს ცენტრალიზებული ან დეცენტრალიზებული; ანუ მისი რეალიზება შესაძლებელია ქსელს გარეთ ცენტრალიზებულ ან ბლოკჩეინ პლატფორმაზე დეცენტრალიზებულ გარემოში.

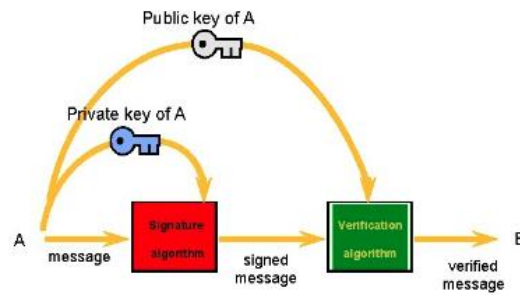


სურათი ასახავს ორი ტიპის სმარტ-კონტრაქტს.

სმარტ-კონტრაქტი ეს არის მხერეებს შორის შეთანხმების პირობებისა და სანქციების ციფრული ხელმოწერით დადასტურებული კონტრაქტი. ციფრული ხელმოწერა წარმოადგენს სიმბოლოების ან პაროლების უნიკალურ კომბინაციას. ანუ ის კრიპტოგრაფიული გარდაქმნების შედეგია, რომელიც ხელნაწერი ხელმოწერის ანალოგს წარმოადგენს, დოკუმენტს ანიჭებს იურიდიულ მნიშვნელობას და იცავს მას გაყალბებისგან. ის უზრუნველყოფს აუთენტიფიკაციას, მონაცემთა მთლიანობას, სანდოობას და დადასტურებას, რომ ციფრული ხელმოწერა მიღებულია დახურული (კერძო) გასაღების მფლობელისაგან და ტრანზაქცია სანდოა შუამავლის გარანტიის გარეშე.

Blockchain ქსელის ყველა მონაწილე კვანძს აქვს მათემატიკურად გენერირებული კერძო და საჯარო გასაღებების წყვილი. კრიპტოგრაფია საჯარო გასაღების გამოყენებით ქმნის დაშიფრულ შეტყობინებას, ხოლო კერძო გასაღები ქმნის ციფრულ ხელმოწერას. ციფრული ხელმოწერის მოდელი გადის შემდეგ ეტაპებს: შეტყობინება ღია ტექსტის სახით გადის ჰეშირების ალგორითმს, გენერირდება და გარდაიქმნება ჰეშირებულ შეტყობინებად,

შეტყობინება შეიცავს გამგზავნის მიერ გაცემულ ტრანზაქციას. ჰეშირებულ შეტყობინებას ადასტურებს გამგზავნი პირადი გასაღებით და იგზავნება ბლოკჩეინის ქსელში, შეტყობინების ღია ტექსტის ფორმატთან ერთად.



Blockchain ქსელის მონაწილე კვანძები ახორციელებენ ციფრული ხელმოწერის შემოწმებას, სადაც ქსელს შეუძლია ადვილად დაამტკიცოს, რომ ხელმოწერა მოვიდა კერძო გასაღების მფლობელისგან, შესაბამისი გამგზავნის საჯარო გასაღების გამოყენებით. ციფრული ხელმოწერა და მისი გადამოწმება ბლოკჩეინ ტექნოლოგიის ძირითად კონცეფციას წარმოადგენს.

მხარეთა შორის შეთანხმების პირობები იდება ბლოკჩეინში, სმარტ-კონტრაქტის სახით, რომელიც წარმოადგენს გარკვეული მოქმედების შემსრულებელი კოდების/ალგორითმების ნაკრებს, მარტივად რომ ვთქვათ პროტოკოლებს, რომლებიც ამ მოქმედებებს ასრულებენ „If/Then.... Else“ ინსტრუქციების მიხედვით. და „თუ - მაშინ“ პირობის თანახმად, A მხარე ახორციელებს თანხის გადახდას, მაშინ B მხარე იღებს მაგ. უძრავი/მოდრავი ქონებით სარგებლობის უფლებას. ამ გარიგებაში შესაძლებელია ორი ან მეტი კერძო პირის ან კომპანიის არსებობა და პირობის შესრულებისთანავე, სმარტ-კონტრაქტი ასრულებს ტრანზაქციას და ის შეთანხმების შესრულების გარანტს წარმოადგენს, რადგანაც დეცენტრალიზებულ სისტემაში შეუძლებელია ჩანაწერების ფალსიფიცირება ან წაშლა. ასევე მონაცემთა დაშიფრვის წესი უზრუნველყოფს მონაწილეთა ანონიმურობას.

პროგრამირების ენის არჩევა დამოკიდებულია, თუ რომელი პლატფორმისთვის იქმნება სმარტ-კონტრაქტი. პროექტები, რომელიც ტექნოლოგიურად განაწილებულ რეესტრებს შორის იქმნება, ითხოვს იმ ენის გამოყენებას, რომელიც თავსებადია კონკრეტულ ბლოკჩეინ პლატფორმასთან. Ethereum პლატფორმაზე სმარტ-კონტრაქტების შექმნა ყველაზე მეტად აქტიური და მხარდაჭერილია Solidity, Vyper ენების მიერ. Solidity ობიექტუ-ორიენტირებული მაღალი დონის პროგრამირების ენაა სმარტ-კონტრაქტების რეალიზაციისათვის, ყველაზე დიდი გავლენა იქონია C++-მა სტატიკური ტიპიზირებით (ცვლადების ტიპები ცნობილია კომპილაციისას) და ფიგურული ფრჩხილების გამოყენებით და მიუხედავად შედარებით ახალგაზრდა ასაკისა სწრაფი ტემპებით ვითარდება. თუმცა დაპროგრამების სხვა ენის ცოდნა, განსაკუთრებით JavaScript ან Python დაგეხმარებათ გააცნობიეროთ განსხვავებები ჰიპერან კონტრაქტის ენებში [6].

სმარტ-კონტრაქტებისთვის საუკეთესო კრიპტო პროექტებად ითვლება: Ethereum (ETH); Cardano (ADA); Solana (SOL); Polkadot (DOT) და სხვა.

მნიშვნელოვან ფაქტორს ასევე წარმოადგენს ის, რომ ძირითადად სმარტ-კონტრაქტები მუშაობენ იმ აქტივებთან, რომელიც მათ ციფრულ ეკოსისტემაშია. თუმცა ვირტუალური და რეალური გარემომოს დაკავშირება ერთ-ერთი ძირითადი და მნიშვნელოვანი ფაქტორია სმარტ-კონტრაქტებთან მუშაობისას. ამისათვის გამოიყენება სპეციალური პროგრამები „ორაკულები“, ეს არის ახალი ტექნოლოგია, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია ინფორმაციის მიღება რეალური მონაცემთა ბაზებიდან და უსაფრთხოდ მისი გადაცემა ერთი ან რამდენიმე სმარტ-კონტრაქტებისთვის. მონაცემები და წყაროები შესაძლებელია იყოს მრავალმხრივი დანიშნულების. მაგ, ამინდის პროგნოზირებისთვის განსაზღვრული სენსორულ-მონაცემთა ან სხვადასხვა ფინანსური პროდუქტის მონაცემთა ბაზა, არჩევნების შედეგების და სხვა ტიპის მონაცემები. სმარტ-კონტრაქტები, მათ მონაცემებზე დაყრდნობით ასრულებენ თავიანთ ფუნქციებს. ამით ბლოკჩეინებს რეალურ სამყაროსთან ურთიერთქმედების შესაძლებლობა ეძლევათ.

თანამედროვე ეტაპზე ყველაზე გავრცელებულია სმარტ-კონტრაქტის შერეული მოდელი, როდესაც ხელშეკრულების ნაწილი შედგენილია ბუნებრივ ენაზე, ხოლო ნაწილი მოცემულია სმარტ-კონტრაქტის სახით. მაგალითად, ალგორითმის ნაწილში მხარეები აფიქსირებენ ფასის გადახდის წესს და გადახდის საშუალებებს. დანარჩენ ნაწილშია დავის გადაჭრის წესი, ხელშეკრულების შეწყვეტის პირობები, საქონლის აღწერილობა, ფორს-მაჟორული პირობები და სხვ.

3. დასკვნა

ბლოკჩეინ ტექნოლოგიისა და სმარტ-კონტრაქტების გამოჩენასთან ერთად შესაძლებელი ხდება ცენტრალიზებული არბიტრაჟის ჩანაცვლება დეცენტრალიზებული ინფრასტრუქტურით, რომელიც

ორიენტირებულია შეთანხმებაში ჩართული ყველა მონაწილესთვის შეთანხმების შესრულების სწრაფქმედებისა და ეფექტურობის გაზრდაზე და ამავე დროულად შესაძლო რისკებისა და ხარჯების შემცირებაზე. ჰკვიანი კონტრაქტები ეს არის განვითარებადი და გაფართოებადი პლატფორმა, რომელიც დეველოპერებს საშუალებას აძლევს მათი ფუნქცი

ური კოდის მოდელირებისა და გენერირების შესაძლებლობას ბლოკჩეინის მრავალ პლატფორმაზე განსათავსებლად და კრიპტოვალუტისა და გონიერი კონტრაქტების სინთეზით დიდ შესაძლებლობებს ანიჭებს სამართლებრივ-ვალდებულებრივ შესრულებადობას სხვადასხვა ტიპის ინდუსტრიულ სფეროში.

ჯოშუა ფერფილდის მტკიცებით, შესაძლებელია ტექნოლოგიისა და სამართლის დაახლოება, რათა სისტემის გამართული ფუნქციონირების გარდა, მოხდეს მხარეთა უფლებების მაქსიმალური დაცვა. ის ამტკიცებს, რომ სამართალს შეუძლია ტექნოლოგიებთან ერთად მხარდამხარ განვითარება, რადგანაც სამართალიც ერთგვარი ტექნოლოგიაა, რომელსაც კმნიან ადამიანები და ტექნოლოგიური განვითარების პირობებში ეხმარება მათ წარმატების მიღწევაში [7].

ლიტერატურა:

1. ვ. მეტრეველი, რომის სამართლის საფუძვლები, თბ., 2005, გვ. 72
2. საქართველოს სამოქალაქო კოდექსის კომენტარი, წიგნი მესამე, თბ., 2001, გვ. 44
3. გონიერი კონტრაქტები: სამართლებრივი ჩარჩო და სახელმძ. მითით. კანონმდებლებისთვის, 2018, გვ 9
4. <https://bitcoinethereumnews.com/crypto/nick-szabo-who-is-he-and-what-is-his-influence-on-modern-cryptocurrencies-crypto-news/>
5. <https://nakamotoinstitute.org/smart-contracts/>
6. <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/languages/>
7. Joshua A.T. Fairfield "Runaway Tecnology Can Law Keep Up?" Cambridge University Press 2021

SMART CONTRACT

Natalia Gabashvili, Tamar Gabashvili – Georgian Technical University
n.gabashvili@gmail.com; t.gabashvili@gtu.ge;

Lizi Kenchoshvili – San Diego State University Georgia, Student
lkenchoshvili6461@sdsu.edu

Summary

In today's technological world, a large number of different types of agreements are made and electronic data interchange (Electronic Data Interchange - EDI) is an information exchange communication technology and is an alternative to paper-based communication. While the contract is drawn up for the parties involved in the transaction, the information in the "fine print" is provided, the transaction is developed, the software and the confirmation of the transaction make the user partially accessible to the information that may be valuable or confidential. Actions carried out through the software can in some cases be potentially dangerous, these reasons can be: improper protection of information, the possibility of evading sanctions due to the interpretation and non-fulfillment of the agreement made by the parties. Electronic means of payment leave some electronic traces and may become available to the interested party. Most consumers do not know if their names are associated with their purchases in databases, and significant portions of these transactions may be subject to processing and, more importantly, making the information public. Therefore, great importance is attached to data security and anonymity. This approach is offered by the decentralized environment-blockchain technology and the integrated computer transaction protocol SmartContract.

Smart contracts are the basis of the Decentralized Finance (DeFi) industry, and because they do not require the involvement of third parties, they become a very cheap, desirable, fast and flexible system. In the NFT industry, they are trying their best to implement smart contracts in projects. Parties can rely on tamper-proof technology that controls the actions of the smart contract code so that processes are carried out automatically; This is how the contract code is practically enforced. This form of practical enforcement is achieved when all necessary actions are fully implemented in a computer program or technological environment.

Keywords: Smart Contracts, Blockchain Technology.

იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელების საფუძველზე

მაია მიქელაძე¹, დიმიტრი რაძიევსკი¹, ყარამან ფალავა²

1-სტუ-ს არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი,

2-თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

რეზიუმე

იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკა საკმაოდ რთულია. სამედიცინო დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება ამ ამოცანას გაუადვილებს სამედიცინო დარგის სპეციალისტებს. ინტელექტუალური სისტემის შემუშავებისას ცოდნის წარმოსადგენად გამოყენებულია მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი, ხოლო დიაგნოსტიკის პროცესის მოდელირებისთვის - მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი სემანტიკური ქსელის საფუძველზე. იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემა დაეხმარება ექიმებს იშვიათი დაავადებების სწორ და დროულ დიაგნოსტიკაში.

საკვანძო სიტყვები. მედიცინა. დიაგნოსტიკა. ინტელექტუალური სისტემა. მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი. იშვიათი დაავადება.

1. ძირითადი ნაწილი.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა მიეკუთვნება არაფორმალურულ ამოცანათა კლასს და, შესაბამისად, ხასიათდება მონაცემებისა და ცოდნის არაერთმნიშვნელოვნებით, არასრულობითა და წინააღმდეგობრივობით. დიაგნოზის დასმისას ექიმი ეყრდნობა არამკაფიო თვისობრივ მონაცემებსა და მიმართებებს და იღებს გადაწყვეტილებას დინამიურად ცვლადი მონაცემების პირობებში. ამასთან, დიაგნოზის დასმის პროცესი არ არის სრულად და მკაფიოდ ფორმალურული. იშვიათი დაავადებების შემთხვევაში დიაგნოსტიკის პროცესს ართულებს ის გარემოებაც, რომ მათი სიხშირე ძალზე დაბალია - ნაკლებია ვიდრე 1:2000 მთლიან პოპულაციაში, მათი რიცხვი აღემატება 7500, იშვიათი დაავადებები სხვადასხვა სამედიცინო დარგის საზღვარზეა - შესაბამისად ექიმები მათ კარგად არ იცნობენ. იგივე ფაქტორებით განპირობებულია იშვიათი დაავადებებისთვის ეფექტური მკურნალობის შერჩევის პრობლემა [1].

ასეთ სიტუაციაში აქტუალური ხდება იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკისთვის განკუთვნილი ინტელექტუალური სისტემის შემუშავება, რომელშიც აკუმულირებული იქნება შესაბამისი სფეროში დაგროვებული ცოდნა და გამოცდილება. ასეთი ინტელექტუალური სისტემა დაეხმარება ექიმებს სწორ და დროულ დიაგნოსტიკაში.

ზოგადად, სამედიცინო დიაგნოსტიკის პროცესი შეიძლება დაიყოს შემდეგ ეტაპებად:

I ეტაპი - პირველადი დიაგნოსტიკა. ეს ეტაპი იწყება ანამნეზის შეგროვებით: ინდივიდუუმის მახასიათებლები; დაავადების დაწყება, რასთანაა დაკავშირებული, რა გამოვლინებები ჰქონდა; თუ ჩატარდა გამოკვლევები, რა შედეგები იქნა მიღებული; თუ ჩატარდა რაიმე მკურნალობა, რა შედეგები იქნა მიღებული; ძირითადი ჩივილები. ამის შემდეგ ხორციელდება პაციენტის ფიზიკალური გამოკვლევა, რომელიც სრულდება გრძნობათა ორგანოების მეშვეობით. არსებული სიმპტომებისა და გამოვლენილი ნიშნების საფუძველზე ხორციელდება პირველადი დიაგნოსტიკა. შედეგად ვღებულობთ რამოდენიმე ე.წ. წინასწარ დიაგნოზს შესაბამისი ალბათობით - თუ რამდენად სავარაუდოა, რომ პაციენტის მდგომარეობა გამოწვეულია შესაბამისი დაავადებით.

II ეტაპი - ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების დაგეგმვა. ამ ეტაპზე წინასწარი დიაგნოზების საფუძველზე ხდება ინსტრუმენტალური ან/და ლაბორატორიული გამოკვლევების დაგეგმვა ამ დიაგნოზების დასაზუსტებლად.

III ეტაპი - დიფერენციული დიაგნოსტიკა. ამ ეტაპზე ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების შედეგების გათვალისწინებით ხდება წინასწარი დიაგნოზებისა და მათი ალბათობების დაზუსტება და მათ შორის ყველაზე სავარაუდო (ყველაზე მაღალი ალბათობის მქონე) დიაგნოზების არჩევა. ამ ამორჩეული დიაგნოზებიდან უნდა შევარჩიოთ ე.წ. საბოლოო დიაგნოზი ამ ეტაპზე. შესაბამისი ალბათობა ახასიათებს მიღებული გადაწყვეტილების სარწმუნოობას, სანდოობას.

მეორე და მესამე ეტაპი გარკვეულწილად შერეულია, ის შეიცავს აგრეთვე მეთვალყურეობის შედეგებს და სამკურნალო ღონისძიებების ეფექტურობას. ეს მიდგომა უნდა იყოს გამოყენებული როდესაც დაავადების მიმდინარეობა გარკვეული ატიპიურობით ხასიათდება.

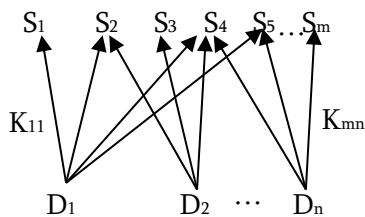
სამედიცინო დიაგნოსტიკების განსახორციელებლად ინტელექტუალური სისტემის ცოდნის ბაზა უნდა შეიცავდეს იშვიათი დაავადებების ფორმალიზებულ აღწერილობას. ეს აღწერილობა უნდა ასახავდეს მიზეზ-შედეგობრივი კავშირებს დაავადებებსა და სიმპტომებს/ნიშნებს შორის, დაავადებებსა და ინსტრუმენტალურ/ლაბორატორიულ კვლევებსა და მათ შედეგებს შორის.

მოცემულ სამუშაოში ცოდნის წარმოსადგენად გამოყენებულია მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი, ხოლო პირველადი დიაგნოსტიკების პროცესის მოდელირებისთვის - მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი სემანტიკური ქსელის საფუძველზე.

2. პირველადი დიაგნოსტიკების ამოცანის გადაწყვეტა

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად დაავადებების ფორმალიზებული აღწერა შედგენილ იქნა ექსპერტული ცოდნის საფუძველზე. ეს ცოდნა წარმოადგენს თითოეული დაავადების ძირითად სადიაგნოსტიკო კრიტერიუმებს მათი სადიაგნოსტიკო წონების მითითებით. კრიტერიუმის სადიაგნოსტიკო წონას იძლევა ექსპერტი და იგი ემყარება კრიტერიუმის სპეციფიურობას, მგრძობილობას და სიხშირეს.

ამ სამედიცინო ცოდნის წარმოსადგენად ჩვენ გამოვიყენეთ მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელები (ნახ. 1): S წევრები წარმოადგენენ სიმპტომებს/ნიშნებს, D წევრები - დაავადებებს, ხოლო რკალები - არამკაფიო მიმართებას „შესაძლო შედეგი“. თითოეულ რკალს მიეწერება K_{ij} სადიაგნოსტიკო წონა - i -ური წონა j -ური დაავადების შემთხვევაში. K_{ij} კოეფიციენტი ასახავს სარწმუნოების ხარისხს იმისა, რომ S_i სიმპტომი D_j დაავადების შედეგია, ანუ თუ ავადმყოფს აღენიშნება S_i სიმპტომი, რამდენად სარწმუნოა, რომ მას აქვს D_j დაავადება. შესაბამისი მიმართებათა მატრიცა წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე [2].

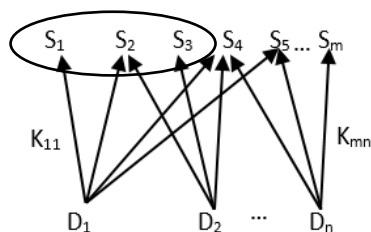


ნახ. 1

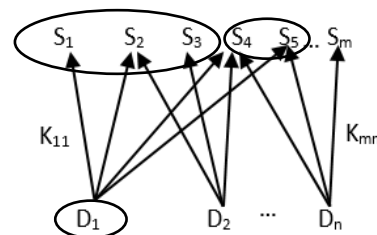
	D_1	D_2	...	D_n
S_1	K_{11}	K_{12}	...	K_{1n}
S_2	K_{21}	K_{22}	...	K_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
S_m	K_{m1}	K_{m2}	...	K_{mn}

ნახ. 2

ასეთ ქსელში დასკვნის გამოსატანად ვიყენებთ მიზეზ-შედეგობრივ ანალიზს [2], რომელიც შედგება 2 ეტაპისგან (ნახ. 3):



I ეტაპი



II ეტაპი

ნახ. 3. მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის ეტაპები.

I. **ჰიპოთეზის წამოყენება:** D_j ჰიპოთეზების შეფასება A პაციენტის შემთხვევაში, ანუ იმ სიმპტომების/ნიშნების საფუძველზე, რომლებიც A პაციენტს აღენიშნება:

$$W_{D_j} = \frac{1}{N_{A \cap D_j}} \sum_{S_i \in A \cap D_j} K_{ij}$$

ფაქტობრივად, D_j ჰიპოთეზის შეფასება გამოითვლება როგორც ყველა იმ რკალის კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკული, რომელიც გამოდის D_j წვეროდან და მიემართება იმ S_i სიმპტომებისკენ/ნიშნებისკენ, რომლებიც აღნიშნება A ავადმყოფს.

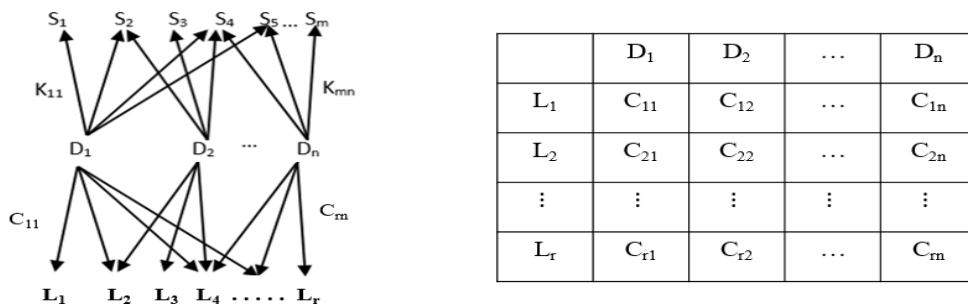
უდიდესი შეფასების მქონე D_j წვეროები წარმოადგენენ წინასწარ დიაგნოზებს, ხოლო შესაბამისი W_{D_j} შეფასებები ამ დიაგნოზების სარწმუნოობას, სანდოობას.

- II. **ჰიპოთეზის დახვეწა:** D_j წინასწარი დიაგნოზის მიხედვით ახალი სიმპტომების/ნიშნების მოძიება - ანუ აღნიშნება თუ არა A პაციენტს D_j დაავადების სხვა სიმპტომები/ნიშნები, რომლებიც მანამდე მას არ დაუსახელებია. და შემდეგ ახალი მონაცემების საფუძველზე D წვეროების ახალი შეფასებების გამოთვლა. ფაქტობრივად, ამ ეტაპზე ხდება წინასწარი დიაგნოზების სარწმუნოობის დაზუსტება.

3. ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების დაგეგმვის ამოცანის გადაწყვეტა

ამ ეტაპისთვის განკუთვნილი ცოდნის წარმოსადგენად ჩვენ ისევ მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი ავირჩიეთ. შესაბამის სემანტიკურ ქსელს აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 4):

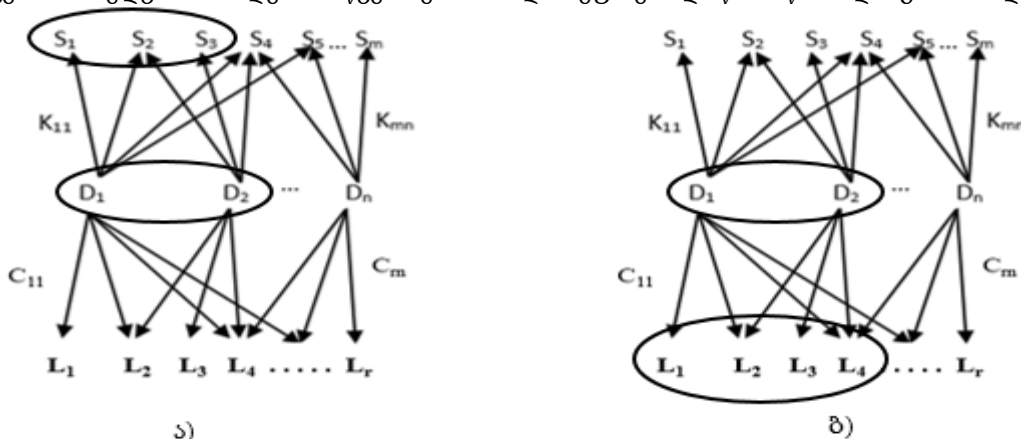
აქ თითოეული L წვერო, რომელიც დაკავშირებულია D დაავადებასთან, წარმოადგენს ამ დაავადების დასადასტურებლად ჩასატარებელ რაიმე გამოკვლევას. შესაბამისი მიმართებათა მატრიცა შეიცავს C_{ij} კოეფიციენტებს, სადაც C_{ij} კოეფიციენტი ასახავს სარწმუნოობის ხარისხს იმისა, რომ L_i გამოკვლევის შედეგი D_j დაავადებით არის გამოწვეული, ანუ თუ ავადმყოფის ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული გამოკვლევისას მივიღეთ L_i შედეგი, რამდენად სარწმუნოა, რომ მას აქვს D_j დაავადება (ნახ.4).



ნახ. 4. ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების დაგეგმვისთვის განკუთვნილი სემანტიკური ქსელი.

კვლევების დაგეგმვისთვის ვიყენებთ პირველადი დიაგნოსტიკების ეტაპზე მიღებულ შედეგებს (ნახ.5):

- I. **პირველადი დიაგნოსტიკების ეტაპი:** A პაციენტის სიმპტომების/ნიშნების საფუძველზე ჰიპოთეზების შეფასება და რამოდენიმე უდიდესი შეფასების მქონე D_j წვეროების ამორჩევა, რომლებიც წინასწარ დიაგნოზებს წარმოადგენენ;
- II. **კვლევის დაგეგმვის ეტაპი:** ამ D_j წვეროებთან დაკავშირებული L_i წვეროები წარმოადგენენ იმ გამოკვლევებს, რომლებიც საჭიროა წინასწარი დიაგნოზის დასაზუსტებლად. ამ გამოკვლევების შედეგების მიხედვით მოხდება D წვეროების ახალი შეფასება და წინასწარი დიაგნოზის დაზუსტება.



ნახ. 5. ა) პირველადი დიაგნოსტიკების ეტაპი; ბ) ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების დაგეგმვის ეტაპი

უნდა აღინიშნოს, რომ კონკრეტულ D წვეროსთან დაკავშირებული გამოკვლევების ჩატარების რიგითობა დამოკიდებულია შემდეგ ძირითად ფაქტორებზე, რომელთა წონას იძლევა ექსპერტი:

- 1) ინფორმატიულობა - რამდენად სრულ ინფორმაციას გვაწვდის გამოსაკვლევ ობიექტზე;
- 2) ღირებულება;
- 3) ხელმისაწვდომობა - რამდენად შესაძლებელია მოცემულ სიტუაციაში გამოკვლევის ჩატარება;
- 4) ვადა - რამდენად სწრაფად შეიძლება გამოკვლევის შედეგის მიღება;
- 5) უსაფრთხოება - რამდენად უსაფრთხოა პაციენტისთვის.

ფაქტობრივად, აქ გვაქვს მრავალკრიტერიული არჩევანის ამოცანა. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება გადაწყვეტილების მიღების მრავალკრიტერიული მეთოდი [3], რომელიც დაფუძნებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიაზე [5].

ვთქვათ, გვაქვს r გამოკვლევა, რომლებიც დაკავშირებულია კონკრეტულ დაავადებასთან. თითოეული გამოკვლევა ფასდება ექიმის მიერ ზემოთ მოყვანილი 5 კრიტერიუმის მიხედვით. შეფასება μ_{ij} , $i=1, \dots, 5$, $j=1, \dots, r$ ღებულობს მნიშვნელობას $[0,1]$ შუალედიდან და წარმოადგენს L_j გამოკვლევის Q_j არამკაფიო სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხს, სადაც Q_j არამკაფიო სიმრავლე ასახავს გამოკვლევების რიგითობას i -ური კრიტერიუმის მიხედვით [5, 6]:

$$Q_i = \left\{ \frac{\mu_{i1}}{L_1} \dots \frac{\mu_{ir}}{L_r} \right\}, i=1, \dots, 5, j=1, \dots, r.$$

Q არამკაფიო სიმრავლე, რომელიც ასახავს გამოკვლევების რიგითობას ყველა კრიტერიუმის მიხედვით, მიიღება როგორც Q_j არამკაფიო სიმრავლეების გადაკვეთა:

$$Q = \{\mu_1 \dots \mu_r\} = Q_1 \cap Q_2 \cap Q_3 \cap Q_4 = \left\{ \frac{\min \mu_{i1}}{L_1} \dots \frac{\min \mu_{ir}}{L_r} \right\}.$$

პირველ რიგში ჩასატარებელი გამოკვლევის სახით უნდა არჩეულ იქნას L_j გამოკვლევა, რომლის Q არამკაფიო სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხი მაქსიმალურია. ამ შემთხვევაში L_j გამოკვლევა უზრუნველყოფს მაქსიმალურ მიზანშეწონილობას ყველა კრიტერიუმის მიხედვით.

4. დიფერენციული დიაგნოსტიკა

დიფერენციული დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტად ისევ ვიყენებთ მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზს შესაბამისი სემანტიკური ქსელის მიხედვით (ნახ.5 ბ):

დაგეგმილი ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების შედეგების საფუძველზე ხდება D_j წინასწარი დიაგნოზების შეფასება:

$$W_{D_j} = \frac{1}{N_{L \cap D_j}} \sum_{L_i \in L \cap D_j} C_{ij},$$

სადაც L - დაგეგმილი კვლევების სიმრავლეა.

წინასწარ დიაგნოზებს შორის უდიდესი შეფასების მქონე D_j წვერო წარმოადგენს საბოლოო დიაგნოზს, ხოლო შესაბამისი W_{D_j} შეფასება ამ დიაგნოზის სარწმუნოობას, სანდოობას. დინამიური მეთვალყურეობა იძლევა დამატებით ინფორმაციას, რაც ზოგიერთ შემთხვევაში დიაგნოზის შეცვლის საფუძველია.

5. დასკვნა

ამრიგად, სამედიცინო ექსპერტული ცოდნის წარმოსადგენად არჩეული მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი საშუალებას გვაძლევს ავსახოთ დაავადებათა ძირითადი სადიაგნოსტიკო კრიტერიუმები მათი სადიაგნოსტიკო წონების მითითებით და, აგრეთვე, მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები დაავადებებს, სიმპტომებს/ნიშნებს და ინსტრუმენტალურ/ლაბორატორიულ კვლევების შედეგებს შორის. ხოლო მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი შესაბამისი სემანტიკური ქსელის საფუძველზე შესაძლებელს ხდის სამედიცინო დიაგნოსტიკის პროცესის მოდელირებას, რაც, თავის მხრივ, ხელს შეუწყობს იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკას.

ლიტერატურა:

1. P. M. Posada, D. Taruscio, S. C. Groft. Rare diseases epidemiology: Update and overview. Cham, Switzerland : Springer, 2017, 704 p.
2. მ. მიქელაძე, ვ. რაძიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რაძიევსკი, ყ. ფაღავა. სამედიცინო დიაგნოსტიკური მხარდამჭერი სისტემის შემუშავება იშვიათი დაავადებების დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტად.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №26, თბ, 2022, გვ. 172-176.

3. R. Jager. Multiple objective decision – making using fussy sets – “Int – jMen. Mashine studies 1977, v 9.

4. ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ნ. ჯალიაბოვა, გ. ბესიაშვილი, პ. ქარჩავა, დ. რაძიევსკი. კონკრეტული ავადმყოფისთვის სამკურნალო პრეპარატების არჩევის ინტელექტუალური სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა.ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #20, თბ, 2016, გვ. 169-174.

5. Л. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. «Мир», М., 1976.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DIAGNOSING RARE DISEASES BASED ON CAUSE-AND-EFFECT SEMANTIC NETWORKS

Maia Mikeladze¹, Dimitri Radzievski¹, Karaman Pagava²

1-Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the Georgian Technical University,

2-Tbilisi State Medical University

Summary

Rare diseases are quite difficult to diagnose. Development of the intelligent medical diagnostic system will facilitate this task for human medical professionals. When developing an intelligent system, a cause-and-effect semantic network is used to represent knowledge, and a cause-and-effect analysis based on a semantic network is used to model the diagnostic process. The intelligent system for diagnosing rare diseases will help doctors to make correct and timely diagnoses of rare diseases.

Keywords. intelligent medical diagnostic system, cause-and-effect semantic network, rare diseases.

ხელოვნური ინტელექტის როლი საგანმანათლებლო პროცესის ეფექტურობისათვის

ინგა აბულაძე, ნანა მაღლაკელიძე, ირაკლი მეგრელიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i_abuladze@gtu.ge; n.maglakelidze@gtu.ge

რეზიუმე

ავტორის მიერ შემოთავაზებულია იდეა, პოსტ-პანდემიურ პერიოდში როგორ გავხადოთ სასწავლო პროცესი უფრო მოქნილი ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამ ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებულია მანქანური დასწავლის ალგორითმები, რომელიც სასწავლო პროცესს უფრო ეფექტურს და ობიექტურს გახდის. ამასთან ერთად, მორგებული იქნება თითოეული სტუდენტის შესაძლებლობასა და შრომას გაუადვილებს ლექტორს.

საკვანძო სიტყვები: სასწავლო პროცესი. ონლაინ სწავლება. პირისპირ სწავლება. ინოვაციური ტექნოლოგია. ხელოვნური ინტელექტი.

1. შესავალი

სამეცნიერო ნაშრომის მიზანია, როგორ გავხადოთ სასწავლო პროცესი უფრო ეფექტური და საინტერესო საგანმანათლებლო დაწესებულებებში ონლაინ სწავლებისას. სასწავლო პროცესის ეფექტურობა ფასდება სტუდენტის მიერ მიღებული სწავლის შედეგიდან. ეფექტიანობის მისაღწევად სასწავლო პროცესის სერვისი უნდა მორგებულ იქნას სტუდენტებზე, ანუ პედაგოგმა უნდა აითვისოს და გააუმჯობესოს ონლაინ პლატფორმასთან მუშაობის სხვადასხვა მეთოდი.

COVID-19 პანდემიამ ახალი გამოწვევის წინაშე დააყენა მთელი მსოფლიოს საგანმანათლებლო სისტემა. გაიზარდა ონლაინ ლექციების (გაკვეთილების) რიცხვი, ამ დროს პედაგოგს მეტი ძალისხმევა სჭირდება სასწავლო პროცესის მაღალ დონეზე წარმართვისთვის. სწავლების ასეთი ფორმატის უეცარმა ცვლილებამ გარკვეული დარტყმა მიაყენა როგორც ლექტორებს, ასევე სტუდენტებს. საჭირო გახდა ონლაინ სწავლებასთან ადაპტაცია, ბევრი ახალი მეთოდის შექმნა, მათი შესწავლა და გამოყენება. ამ გამოწვევის წინაშე დადგა ლექტორებისა და პროფესორ-მასწავლებლების საკმაოდ დიდი არმია. ონლაინ

სწავლებისას ფოკუსში ყოველთვის ლექტორია და მას უამრავი სტუდენტის თვალი მისჩერება. აუდიტორიაში სწავლებისას ბევრად მარტივია სასწავლო პროცესის გაძლიერება, ვიდრე ონლაინ სწავლებისას. რადგან პედაგოგს მრავალი ფაქტორის გათვალისწინება უხდება. მაგალითად: ელექტრონული უცარი გათიშვის (რაც საქართველოში ხშირია), თავისი სტუდენტების ონლაინ გაცნობა, წესრიგის დამყარება ონლაინ სწავლებისას და თითოეულ სტუდენტთან კომუნიკაცია. მათი ნამუშევრების გაზიარება, და ბევრი ტექნოლოგიური, ფსიქოლოგიური, მორალური და ფიზიკური ძალისხმევაა საჭირო რათა პედაგოგმა სასწავლო პროცესი ჩაატაროს მაღალ, ან კარგ დონეზე.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩემი კვლევა ძირითადად ეხება ონლაინ სწავლებისა და პირისპირ სწავლებას შორის დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასებას. მათი ანალიზის საფუძველზე სწავლების ეფექტური შედეგის მისაღწევად რეკომენდირებულია ჰიბრიდულ ფორმატზე გადასვლა. მანქანური დასწავლის ალგორითმების გამოყენება სასწავლო პროცესის ეფექტიანობისთვის.

მსოფლიოს წამყვან უნივერსიტეტებსა და მათ შორის საქართველოში ონლაინ სწავლების ორ წელიწად ნახევრიანმა კვლევამ აჩვენა, რომ სწავლების ჰიბრიდული (შერეული) მეთოდი ბევრად უკეთესია როგორც ლექტორებისათვის, ასევე სტუდენტთათვის. რადგან ადამიანური კომუნიკაცია ბევრად უკეთეს ეფექტს იძლევა ორივე მხარისთვის. პანდემიის დროს ყველაზე ნაკლები დარტყმა მაინც ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტებისა და პროფესორ-მასწავლებელთათვის გახდა მარტივი. ყველაზე დიდი და სავალალო დარტყმა განიცადა ჰუმანიტარული და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლებმა, რადგან პედაგოგების უმეტესობამ სათანადო დონეზე ვერ აითვისა ტექნოლოგიები. გამომდინარე ამ რეალობიდან, რომელიც მთელ მსოფლიოშია ჩემი მოკრძალებული რეკომენდაცია მდგომარეობს შემდეგში: სწავლის პროცესი მომავალში იყოს ჰიბრიდული, რაც თავისთავად ონლაინ, დისტანციურ და პირისპირ სწავლებას მოიცავს სიმბიოზში.

მოგეხსენებათ, რომ სასწავლო პროცესი რამდენიმე კომპონენტისგან შედგება. სასწავლო პროცესის სრულყოფილად წარმართვისთვის მნიშვნელოვანია როგორც სტუდენტთა სწავლების, ასევე შეფასების პროცესი.

ონლაინ სწავლებისას პედაგოგს ევალება მთლიანად ჩართული იყოს სასწავლო პროცესში და თავისი სტუდენტები მუდმივად უზრუნველყოს ელექტრონული სასწავლო მასალით: სახელმძღვანელოებით, ლექციების კონსპექტებით, პრეზენტაციებით და ა.შ. ამასთან ერთად, შეფასება განახორციელოს დისტანციურად.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს დაეხმაროს მსოფლიოს პროფესორ-მასწავლებლებს გაზარდონ თავიანთი ცოდნა დისტანციური სწავლების პროცესში და მეტი გამოცდილება შეიძინონ სასწავლო პროცესის ეფექტურად წარმართვისათვის. ამ ამოცანის გადასაჭრელად შემუშავებულია მანქანური დასწავლის (ML) ალგორითმები, შეფასების მეთოდები, რაც სასწავლო პროცესს უფრო ეფექტურს და მოქნილს გახდის.

ხელოვნური ინტელექტის ამოცანის მიზანი მდგომარეობს შემდეგში: მოწყობილობას ვაძლევთ გარკვეულ დავალებას და მან ეს უნდა შეასრულოს ზედმიწევნით ზუსტად. ამისათვის, მას შესწევს უნარი მიიღოს ინფორმაცია გარედან და ამით მოახდინოს საკუთარი თავის შესწავლა, რასაც ეწოდება მანქანური დასწავლა (ML) [1].

1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია თუ როგორ ატარებს ლექციას „ჭკვიანი“ რობოტი. ამ მოწყობილობას ევალება დაისწავლოს გარკვეული მიმართულებით ბევრი ინფორმაცია ალგორითმის სახით, რათა მოცემული

ამოცანა გადაწყვიტოს საუკეთესოდ.

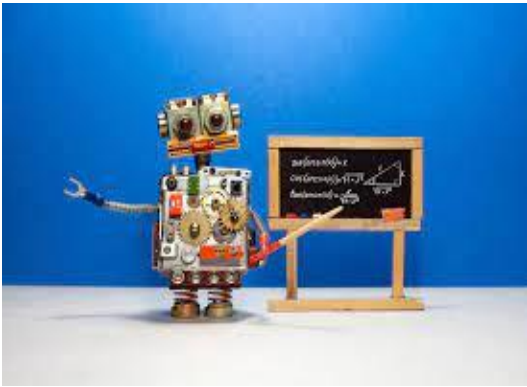
მანქანური დასწავლა არის ტრენდული ტექნოლოგია,

რომლის მიზანია დიდი ზომის ინფორმაციის მოძიება, დამუშავება და მართვა. ასეთი მიდგომა დაგეხმარება სასწავლო პროცესი უფრო მოქნილი და ეფექტური გახდეს [2].

მანქანური დასწავლის ალგორითმები ცვლის საგანმანათლებლო სისტემის გამოცდილებას. ამ დროს საქმე გვაქვს სწავლების ინოვაციურ მეთოდებთან. მანქანური სწავლების ალგორითმი გულისხმობს თითოეულ მოსწავლეთან ინდივიდუალურ მიდგომას, რომელიც დამყარებულია მათ მიერ შეძენილ ცოდნაზე და ეხმარება პედაგოგს თითოეული სტუდენტი შეაფასონ სწრაფად და ობიექტურად [2].



ნახ. 1. მანქანური სწავლების როლი საგანმანათლებლო სფეროში

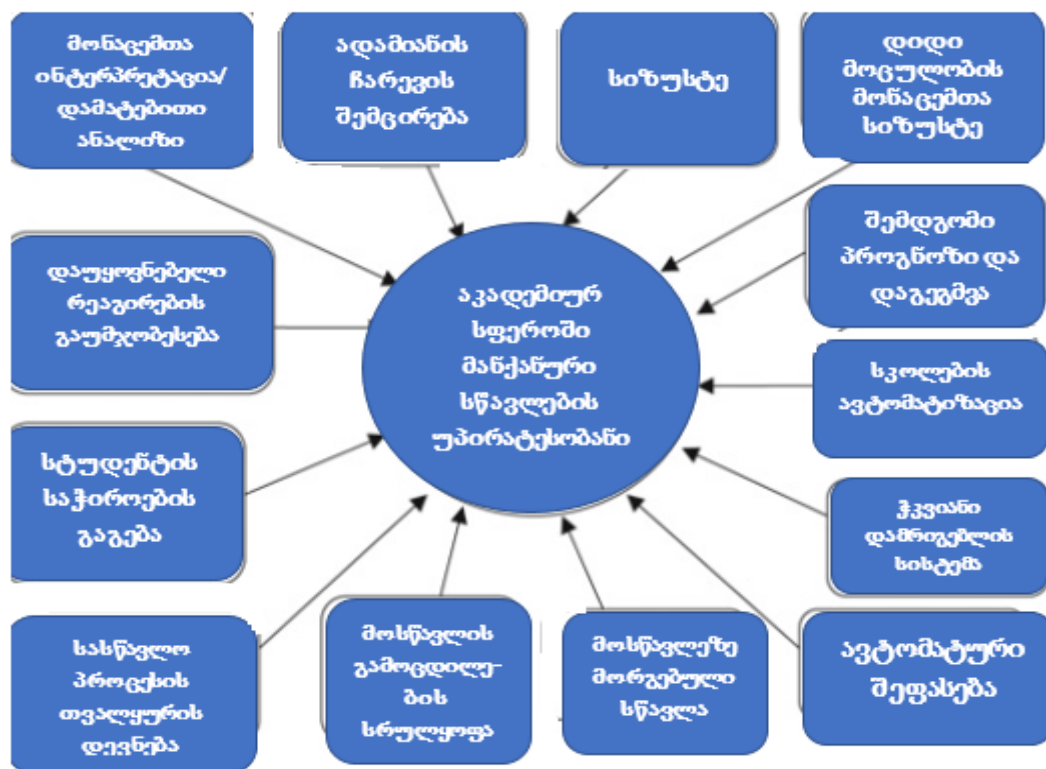


ნახ. 2. „ჭკვიანი“ რობოტი სწავლების პროცესში

მე-2 ნახაზზე მოცემულია როგორ ატარებს რობოტი ლექციას. გარემოდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე შეიძლება განვითარდეს სხვადასხვა სცენარი. მიღებული ინფორმაცია შეიძლება იყოს შემთხვევითი პროცესებით გამოწვეული, რომელმაც შეიძლება გავლენა მოახდინოს გადაწყვეტილების მიღებაზე, რომლის პროგნოზირება შეუძლებელია ადამიანის მიერ. ამ შესაძლებლობებით ასეთი „ჭკვიანი“ რობოტი საფრთხეს უქმნის ადამიანებს. ანუ, რობოტების გამოყენებამ მთლიანად არ უნდა ჩაანაცვლოს არა მარტო საგანმანათლებლო სისტემა, არამედ სხვა ნებისმიერი სფერო. მანქანური სწავლებისას აუცილებელია „ტუტორი“ პედაგოგის მეთვალყურეობა განხორციელდეს სიმბიოზურად ნებისმიერ სფეროში, მათ შორის საგანმანათლებლო დაწესებულებებში.

მოცემული ამოცანის ეფექტურად გადასაწყვეტად საჭიროდ მიმაჩნია მანქანური დასწავლის ალგორითმების შემუშავება. რომელიც მთლიან დაფუძნებულია თითოეული სტუდენტის შესაძლებლობების გამოყენებასა და მაქსიმალური შედეგის მიღწევაზე [3].

მე-3 ნახაზზე მოცემულია პოსტ-პანდემიურ პერიოდში საგანმანათლებლო სფეროში მანქანური სწავლების მოდელი [2,4,5].



ნახ. 3. პოსტ-პანდემიურ ეპოქაში მანქანური სწავლების მოდელი

ამ მოდელის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ სასწავლო პროცესის ყველა შემადგენელი კომპონენტი გაერთიანებულია სიმბიოზურად, რაც საუკეთესო ლექციის ჩატარების შესაძლებლობას გვთავაზობს. ასეთი მიდგომის საფუძველზე აგებული საგანმანათლებლო სისტემა ბევრად უკეთეს სარგებელს მოუტანს ქვეყანას.

3. დასკვნა:

ამრიგად, ნამშრომში შემუშავებულია ინოვაციური იდეა, თუ როგორ დაენერგოთ მანქანური სწავლების მოდელი საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. მანქანური დასწავლის ალგორითმის თანახმად გამოცდილი პედაგოგის უნარების დასწავლას ვახდენთ რობოტისათვის, რათა შემდგომში

თვითონ მიიღოს საუკეთესო გადაწყვეტილება, რომელიც დაზოგავს როგორც პედაგოგის, ასევე სტუდენტის დროს, მატერიალურ ხარჯებსა და რაც ყველაზე მთავარია იზრუნებს მათ ჯანმრთელობაზე. ამოსავალი მაინც პედაგოგის მხრიდან ტექნოლოგიების უკეთეს ათვისებას და სასწავლო პოცესში მათ გამოყენებას ეფუძნება, რომლის შედეგად სტუდენტის მიერ მიღებული მაღალი დონის ცოდნა იქნება.

ლიტერატურა:

1. <https://artificial-intelligence/machine-learning-in-education>
2. <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022>
3. <https://www.genpact.com>
4. M. O. Edeh, O. I. Khalaf, C. A. Tavera et al., "A classification algorithm-based hybrid diabetes prediction model," *Frontiers in Public Health*, vol. 10, Article ID 829519, 2022.
5. E. M. Onyema, Kh. K. Almuzaini, F. U. Onu, D. Verma, U. S. Gregory, M. Puttaramaiah, R. K. Afriyie. Prospects and Challenges of Using Machine Learning for Academic Forecasting. *Hindawi, Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE EFFECTIVENESS OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Inga Abuladze, Nana maglakelidze

Georgian Technical University

i_abuladze@gtu.ge; n.maglakelidze@gtu.ge

Summary

The author proposes the idea of how to make the educational process more flexible in the post-pandemic period using the latest computer technologies. Machine learning algorithms are used to solve this task, which will make the learning process more efficient and objective. Along with this, it will be adjusted to the ability of each student and will make the work of the lecturer easier.

Keywords: learning process, online learning, face-to-face learning, innovative technologies, artificial intelligence.

Excel 2021-ის ახალი შესაძლებლობები

ოლღა ხუციშვილი, თეა ხუციშვილი, ბესარიონ ციხელაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.khutsishvili@gtu.ge; t_khutsishvili@gtu.ge; b.tsikhelashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია Microsoft Excel 2021-ის ვერსიის სიახლეები და ახალი ფუნქციები. Excel 2021-ის საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს ითანამშრომლონ თანაავტორებთან რეალურ დროში და მარტივად გაანალიზონ მონაცემები. ნაშრომში მოცემულია XLOOKUP, LET და XMATCH ფუნქციების სინტაქსი და არგუმენტების აღწერა. განხილულია დინამიური მასივების ფუნქციები. მოცემულია ფუნქციების გამოყენების კონკრეტული მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები: ფუნქცია, არგუმენტი, დინამიური მასივი, ფილტრაცია, დახარისხება.

1. შესავალი

Microsoft Excel წარმოადგენს Microsoft Office-ის ერთ-ერთი მნიშვნელოვან პროგრამას, რომელიც გამოიყენება ციფრული მონაცემების ავტომატური დამუშავებისა და ანალიზისათვის. Excel-ის მოხერხებული ინტერფეისი და გრაფიკული ვიზუალიზაცია საშუალებას აძლევს მომხმარებელს შექმნას სხვადასხვა ტიპის ცხრილები, დიაგრამები და ანგარიშები, იმუშაონ დიდ მონაცემთა ცხრილებთან/ბაზებთან, რის გამოც პროგრამას ფართოდ იყენებენ სხვადასხვა პროფესიის ადამიანები. საოფისე დანიშნულების გარდა Excel-ი ხშირად გამოიყენება პროფესიული დანიშნულებით, რაც პროგრამის სიღრმისეულ ცოდნას მოითხოვს.

2. ძირითადი ნაწილი

საოფისე პროგრამების უახლესი ვერსია Microsoft Office 2021 ახალ შესაძლებლობას სთავაზობს მომხმარებლებს. სიახლეების განხილვისას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქცია რეალურ დროში თანაავტორობის ფუნქციაა. მომხმარებლებისათვის ხელმისაწვდომია ერთსადაიმევე დოკუმენტში ერთდროული მუშაობა კოლეგებთან ერთად თანაავტორობის უფლებით. რეალურ დროში ერთად მუშაობა გუნდს საშუალებას აძლევს დისტანციურად იმუშაოს ერთ დოკუმენტზე რითაც მცირდება წერილების, ფაილების გაგზავნის ან დოკუმენტების გაზიარების აუცილებლობა. Excel 2021-ში დამატებულია ასევე ფუნქციები, რომლებიც მნიშვნელოვნად აადვილებს მონაცემთა დამუშავების პროცესს.

Microsoft Excel 2021-ის ძირითადი სიახლეები:

თანაავტორობა (Co-authoring) - Excel-ის სამუშაო წიგნში სხვა მომხმარებლებთან ერთდროულად მუშაობის შესაძლებლობა, რაც საშუალებას იძლევა დაუყოვნებლად ნახოთ თანაავტორების შესრულებული მოქმედებები;

თემატური კომენტარები (Threaded comments) - საშუალებას იძლევა რეალურ დროში გქონდეთ დისკუსიები სხვა მომხმარებლებთან, Excel-ის სამუშაო წიგნში კომენტარებზე პასუხის გაცემის შესაძლებლობით.

აქტიური თანაავტორების ამოცნობის (Visibility of active co-authors) – ფუნქციის საშუალებით შესაძლებელია ნახოთ სხვა მომხმარებლები, რომლებიც მუშაობენ თქვენთან ერთად და ასევე მათი ადგილმდებარეობა სამუშაო წიგნში;

XLOOKUP ფუნქცია – მონაცემთა ძიება სტრიქონის მიხედვით ცხრილში ან დიაპაზონში;

LET ფუნქცია – ფუნქცია ანიჭებს სახელებს გამოთვლების შედეგებს;

დინამიური მასივების შექმნა ფორმულით, ექვსი ახალი ფუნქცია: FILTER() – ფილტრი; SORT () – დახარისხება; SORTBY () – დახარისხება მასივით; UNIQUE () – უნიკალური მნიშვნელობების განსაზღვრა; SEQUENCE () – რიცხვითი მიმდევრობის შექმნა; RANDARRAY () – შემთხვევითი მასივის გენერირება;

XMATCH ფუნქცია – ფუნქცია ეძებს მითითებულ ელემენტს მასივში ან უჯრედების დიაპაზონში და შემდეგ აბრუნებს ელემენტის შედარებით პოზიციას.

განვიხილოთ ახალი ფუნქციების სინტაქსი და მათი გამოყენების მაგალითები.

➤ ფუნქცია XLOOKUP

XLOOKUP ფუნქცია გამოიყენება ცხრილის ან დიაპაზონის ელემენტების სტრიქონის მიხედვით მოსაძებნად. მისი უპირატესობაა ორმხრივი – ვერტიკალური ან ჰორიზონტალური ძიება ერთ ფუნქციაში. თუ შევადარებთ VLOOKUP() და HLOOKUP() ფუნქციას, რომელსაც ეძებს მონაცემს მხოლოდ მითითებულ სვეტში ან სტრიქონში (საძიებო სვეტის მარჯვნივ მდებარე სვეტებიდან, ან ქვემოთ მდებარე სტრიქონებიდან), XLOOKUP() მუშაობს კონკრეტულ სვეტზე/სტრიქონზე, რომელიც არის მარცხნივ/მარჯვნივ/ზემოთ ან ქვემოთ. ამავდროულად, გულისხმობის პრინციპით ფუნქცია პოულობს ზუსტ შესატყვის მნიშვნელობას, ფორმულაში არაა საჭირო მიეთითოს „ჭეშმარიტი“ ან „მცდარი“.

XLOOKUP ფუნქციის სინტაქსია

=XLOOKUP(lookup_value, lookup_array, return_array, [if_not_found], [match_mode], [search_mode])

XLOOKUP ფუნქციით ძებნა ხორციელდება სტრიქონების მიხედვით ცხრილში ან მითითებულ დიაპაზონში, მიუხედავად იმისა, თუ რომელ მხარეს მდებარეობენ შესადა-რეგული მონაცემები ცხრილში.

XLOOKUP ფუნქციის Lookup_value არგუმენტის ველში მიეთითება საძიებელი მნიშვნელობა. Lookup_value არგუმენტი შეიძლება იყოს რიცხვითი, ტექსტური, ან მიმართვა უჯრედზე. Lookup_array ველში მიეთითება მონაცემთა ცხრილი ანუ დიაპაზონი, რომელშიც იძებნება მითითებული მნიშვნელობა. Return_array ველში მიეთითება დასაბრუნებელი (გამოსატანი) მონაცემის შემცველი მასივი ან დიაპაზონი. [if_not_found] არასავალ-დებულო ველში მიეთითება ტექსტი, რომელსაც გამოიტანს ფუნქცია თუ საძიებო მნიშვნელობის ზუსტი შესატყვისი არ მოიძებნა. თუ მნიშვნელობა ვერ მოიძებნა და [if_not_found] ველი ცარიელია, მაშინ პროგრამა გამოიტანს #N/A! ტიპის შეცდომას.

[match_mode] ველში აირჩევა შესაბამისობის ტიპი 0, -1, 1 ან 2. თუ ზუსტი შესატყვისი ვერ მოიძებნა პარამეტრების მითითებით შესაძლებელია იპოვოთ უახლოესი შესატყვისი მნიშვნელობა (0 – გულისხმობის პრინციპით გამოიტანს შეცდომას #N/A!; -1 – გამოიტანს საძიებ მნიშვნელობაზე უახლოეს ქვედა მნიშვნელობას, 1 – უახლოეს მაქსიმალურ მნიშვნელობას; 2 – მითითებული *, ? და ~ სიმბოლოების შესატყვისი მნიშვნელობას).

განვიხილოთ მაგალითი. დიაპაზონში A1:E11 მოცემულ ცხრილში მოყვანილია ქვეყნების დასახელება (A სვეტი), ქვეყნის კოდი (B სვეტი), ფართობი (C სვეტი), დედაქალაქი (D სვეტი) და

ოფიციალური ენა (E სვეტი). H სვეტში საჭიროა მოიძებნოს დედაქალაქის მიხედვით ქვეყნის კოდი, თუ მონაცემი ვერ მოიძებნა გამოიტანოს ტექსტი „ვერ მოიძებნა“.

მოცემული მაგალითისათვის XLOOKUP ფუნქციას ექნება სახე.

გავითვალისწინოთ რომ დიაპაზონი, რომლიდანაც ამოვიღებთ შედეგს განთავსე-ბუ-ლია სამიები მნიშვნელობის მარცხენა სვეტში.

XLOOKUP ფუნქციის გამოთვლის შედეგი მოცემულია H სვეტში.

XLOOKUP ფუნქციით შესაძლებელია აგრეთვე მოძებნილი მნიშვნელობის შესაბამისი მასივის გამოტანა მრავალი ელემენტით. ჩვენი მაგალითისთვის დედაქალაქის მიხედვით გამოვიტანოთ ქვეყნის დასახე-ლე-ბა, კოდი და ფართობი, ამისათვის Return_array ველში მივუთითოთ შესაბამისი დიაპაზონი.

განვიხილოთ მაგალითი. B სვეტში მითითებული გაყიდული პროდუქციის ჯამური რაოდენობა, საჭიროა განისაზღვროს ფასდაკლების პროცენტი, რომელიც მერყეობს გაყიდული პროდუქციის რაოდენობის მიხედვით, დიაპაზონიდან G2:H6.

ფასდაკლება გამოითვლება ფორმულით: =XLOOKUP(B2;\$G\$2:\$G\$6;\$H\$2:\$H\$6;;-1;1)

If_not_found მითითებულია 0 (ნული), თუ ვერაფერი მოიძებნა გამოიტანს #N/A!. Match_mode არგუმენტი არის -1, რაც ნიშნავს, რომ ფუნქცია ეძებს ზუსტ შესატყვისს და თუ ვერ იპოვის, აბრუნებს შემდეგ უფრო დაბალი პროცენტით. Search_mode მითითებულია 1, რაც ნიშნავს, რომ ფუნქცია მოძებნის პირველი ელე-მენ-ტი-დან უკანასკნელამდე.

➤ **ფუნქცია LET**

LET ფუნქცია – ანიჭებს სახელებს გამოთვლების შედეგებს, საშუალებას იძლევა შეინახოთ შუალედური გამოთვლები, მნიშვნელობები ან განსაზღვროთ სახელები ფორმულაში;

LET ფუნქციის სინტაქსია

=LET(name1, name_value1, calculation_or_name2, [name_value2, calculation_or_name3...])

LET ფუნქცია განისაზღვრება არგუმენტებით: Name1 ველში მიეთითება პირველი სახელი, რომელიც აუცილებლად უნდა დაიწყოს ასოთი. Name_value1 მნიშვნელობა (ან გაანგარიშება), რომელიც მინიჭებულია Name1-ზე. Calculation_or_name2 - გამოთვლა (გაანგარიშება) ან მეორე სახელი. თუ ფუნქცია არ იყენებს მეტ სახელს, მაშინ სრულდება გამოთვლა, თუ ფორმულაში საჭიროა მეორე სახელის მითითება, ის მიეთითება Calculation_or_name2 ველში, ხოლო მისი მისანიჭებელი მნიშვნელობა Name_value2 ველში. საჭიროების მიხედვით დაემატება არგუმენტი calculation_or_name3. გაანგა-რი-შება (calculation) LET ფუნქციის ბოლო არგუმენტი და იყენებს ყველა მინიჭებულ სახელებსა და მნიშვნელობებს. LET ფუნქციას შეუძლია შეასრულოს 126-მდე სახელი/მნიშვნელობის წყვილი.

განვიხილოთ მაგალითი: მოცემულია ორი ცვლადი a და b. LET ფუნქციით მივანიჭოთ a-ს მნიშვნელობები 5, b-ს მნიშვნელობა -6. გამოვთვალოთ მათი კვადრატების ჯამი.

მრავალდონიანი ფორმულების წერისას ხშირად ერთი და იგივე დიაპაზონი ან გამოთვლა არაერთხელ გამოიყენება. ტიპიური მაგალითია ჩაშენებული IF ფუნქციები. განვიხილოთ, როგორ ამარტივებს გამოთვლის პროცესს LET ფუნქცია.

განვიხილოთ მაგალითი, საჭიროა სამი საგნის საშუალო ქულის მიხედვით დადგინდეს მოსწავლეების აკადემიური მოსწრება.

ფორმულის ოპტიმიზაციისთვის, ჩვენ შეგვიძლია მივანიჭოთ სახელი AVERAGE ფუნქციას (საშ) და შევცვალოთ ფუნქცია ამ სახელით. დიაპაზონის საშუალო მნიშვნე-ლობა გამოითვლება მხოლოდ ერთხელ, რაც ხელს უწყობს ფორმულის უფრო სწრა-ფად მუშაობას.

➤ **დინამიური მასივის შექმნა**

ფუნქცია FILTER() – ფილტრავს მონაცემებს განსაზღვრული კრიტერიუმების მიხედვით;

FILTER() ფუნქციის სინტაქსია =FILTER(array,include,[if_empty])

FILTER() ფუნქციის array ველში მიეთითება გასაფილტრი მასივი ან დიაპაზონი. Include ველში მიეთითება კრიტერიუმი (ლოგიკური მასივი, რომლის სიმაღლე ან სიგანე იგივეა, რაც მოცემული მასივი) გასაფილტრად.

მაგალითში მოცემულია ფორმულა =FILTER(B3:G13;D3:D13=J1), რომელიც გამოიტანს ყველა ჩანაწერს B3:G13 დია-პაზონიდან და გა-ა-ფილ-ტრავს მონა-ცე-მებს პირობით, რო-მელიც მითი-თებუ-ლია J1 უჯრედ-ში.

ფუნქცია SORT () – ახარისხებს დიაპაზონს მითითებული სვეტის მიხედვით;

SORT () ფუნქციის სინტაქსია =SORT(array,[sort_index],[sort_order],[by_col])

ფუნქცია SORTBY () – ახარისხებს უჯრედების დიაპაზონს სხვა დიაპაზონის ან მასივის მიხედვით;

SORTBY() ფუნქციის სინტაქსია: =SORTBY(array, by_array1, [sort_order1], [by_array2, sort_order2],...)

ფუნქცია **UNIQUE ()** – ამოიღებს უნიკალურ მნიშვნელობებს უჯრედების დიაპაზონიდან;

UNIQUE () ფუნქციის სინტაქსია: =UNIQUE(array,[by_col],[exactly_once])

ფუნქცია **SEQUENCE ()** – რიცხვების მიმდევრობის შექმნა;

SEQUENCE () ფუნქციის სინტაქსია: =SEQUENCE(rows,[columns],[start],[step])

ფუნქცია **RANDARRAY ()** – ახდენს შემთხვევითი რიცხვების მასივის გენერირებას, საჭიროა მიუთითოთ სტრიქონებისა და სვეტების რაოდენობა (შესაძლებელია მიუთითოთ მინიმალური და მაქსიმალური და/ან მთელი თუ ათობითი მნიშვნელობები).

RANDARRAY ფუნქციის სინტაქსია: =RANDARRAY([rows],[columns],[min],[max],[whole_number])

მაგალითში მოცემულია სამი შემთხვევითი მასივი 3 სტრიქონი და 2 სვეტი. პირველი გამოიტანს შემთხვევითი მნიშვნელობების 0-დან 1-მდე, გულისხმობის პროცენტით. შემდეგი მაგალითი აგენერირებს შემთხვევითი ათობითი მნიშვნელობებს 1-დან 100-მდე. მესამე მაგალითი გამოიტანს მთელი შემთხვევითი რიცხვების მასივს 1-დან 100-მდე.

ფუნქციის **XMATCH()**

ფუნქცია **XMATCH()** ახდენს განსაზღვრული მნიშვნელობის შერჩევას უჯრედთა დიაპაზონიდან და გამოაქვს მნიშვნელობის შესაბამისი პოზიცია უჯრედთა დიაპაზონში.

ფუნქციის სინტაქსია =XMATCH(lookup_value, lookup_array, [match_mode], [search_mode])

Lookup_value არგუმენტის ველში მიეთითება საძიებო მნიშვნელობა. Lookup_array ველში მიეთითება მონაცემთა მასივი ანუ დიაპაზონი, რომელშიც იძებნება მნიშვნელობა მითითებული Lookup_array ველში. [match_mode] ველში მიეთითება შესაბამისობის ტიპი.

XMATCH() ფუნქცია პირითადად გამოიყენება **INDEX()** ფუნქციასთან კომბინაციაში ერთდროული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ძიების შესასრულებლად და მოითხოვს უფრო ნაკლებ არგუმენტს.

განვიხილოთ მაგალითი. მოცემულია საწყობის გაყიდვების რაოდენობა კვარტლების მიხედვით A5:E10 დიაპაზონი. საჭიროა მოიძებნოს თანხა საწყობის (A სვეტი) შესაბამისად კონკრეტული კვარტლისათვის (მე-5 სტრიქონი)

3. დასკვნა

Microsoft Excel 2021-ის მომხმარებელს სთავაზობს ახალ შესაძლებლობებს კოლაბორაციისა და რეალურ დროში თანამშრომლობისათვის. Excel-ის ინტერფეისი აჩვენებს ინფორმაციას იმის შესახებ, თუ ვინ მუშაობს ცხრილში, ასევე თანავტორის პოზიციას ფაილში. **XLOOKUP** ფუნქციის საშუალებით შესაძლებელია მოიძებნოს ნებისმიერი მონაცემი სტრიქონების მიხედვით მითითებულ დიაპაზონში ან ცხრილში. კიდევ ერთი ინოვაციური სიახლე არის დინამიური მასივიდან ერთი ფორმულით მნიშვნელობების მასივის გამოტანა. ახალი ფუნქციები აჩქარებენ გამოთვლის პროცესს და ამარტივებენ ანალიტიკური პრობლემების გადაჭრას.

ლიტერატურა:

1. <https://support.microsoft.com/en-us/office>

2. <https://www.excelcampus.com/tips/21-new-excel-features/>

3. Paul McFedries. Microsoft Excel Formulas and Functions (Office 2021 and Microsoft 365). Microsoft

Press. 2022. - 508p.

NEW FEATURES OF EXCEL 2021

Olga Khutsishvili, Tea Khutsishvili, Besarion Tsikhelashvili

Georgian Technical University

o.khutsishvili@gtu.ge; t_khutsishvili@gtu.ge; b.tsikhelashvili@gtu.ge

Summary

The news and new features of Microsoft Excel 2021 version are discussed. Excel 2021 allows users to collaborate with co-authors in real-time and easily analyze data. The paper provides a description of the syntax and arguments of the **XLOOKUP**, **LET**, and **XMATCH** functions. Functions of dynamic arrays are discussed. Specific examples of using the functions are provided.

სატრანსპორტო დარგში ქვესამსახურების მართვის ოპტიმიზაციის მოდელი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით

მაია მალაყმაძე, ანა ჯიქია, მარინა ქურდაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

malakmadze.maia@gtu.ge; a.jikia@gtu.ge; m.kurdadze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია სატრანსპორტო ტექნიკა-ტექნოლოგიური ოპერაციების განხორციელებისა და უზრუნველყოფის შესაძლებლობები საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით. განხილულია სატრანსპორტო მომსახურების წარმოების პროცესი კლასიკურ ეკონომიკურ წარმოების ფუნქციასთან ახლოს. განხილულია სიტუაცია მდგომარეობის მიხედვით, როდესაც სატრანსპორტო პროცესის მართვის დონეზე არ არის შესაძლებელი უშუალოდ დაკვირვება, არამედ მხოლოდ მომსახურების საბოლოო დონის მიხედვითაა დასკვნები გაკეთებული და გამოკვეთილია პროცესში ხარვეზის აღმოფხვრისათვის საინფორმაციო ტექნოლოგიების როლის მნიშვნელობა. ირიბად გამოთვლია შესაძლებლობების "მოსალოდნელი" დონე, რის საფუძველზეც გაკეთებულია დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: ორგანიზება, უსაფრთხოება, რეზერვირება, ოპერატიული, იდენტიფიცირება.

1. შესავალი

დღეს სატრანსპორტო ინდუსტრია განიცდის ციფრულ ტრანსფორმაციას-იქმნება ციფრული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, ინერგება მოძრაობის კონტროლის ავტომატური სისტემები, სატვირთო და სამგზავრო მიმოსვლა, მიმდინარეობს უპილოტო მანქანების ტესტირება და ციფრული სატრანსპორტო სერვისების განვითარება. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება ხელს უწყობს მიწოდების დროისა და ღირებულების შემცირებას, საქონლის უსაფრთხოებისა და მგზავრების უსაფრთხოების გაზრდას.

აქედან გამომდინარე, საჭიროა ტრანსპორტის სფეროში მაღალკვალიფიციური ფუნქციონირების მექანიზმის შემუშავება, რაც უზრუნველყოფს არა მხოლოდ სატრანსპორტო პროცესის ორგანიზებას, მის ეფექტურობას და უსაფრთხოებას, არამედ აქტიურად მოითხოვს დაინერგოს ციფრული ტექნოლოგიები, სატრანსპორტო და ლოგისტიკური კომპლექსური საწარმოების მუშაობაში [3]

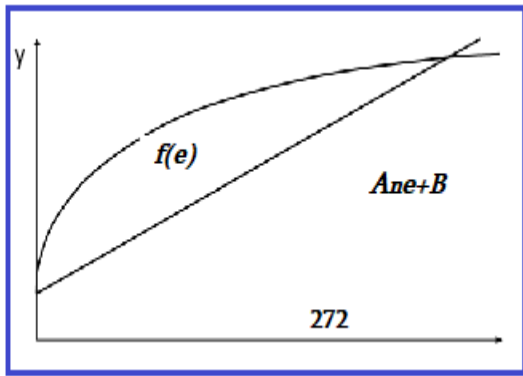
საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვა ქმნის დამატებით შესაძლებლობებს სატრანსპორტო საწარმოს სტრუქტურის ოპტიმიზაციისთვის. დიდი რაოდენობით მონაცემთა სწრაფი გადაცემა და ამ მონაცემების საკმაოდ რთული დამუშავება მოკლე დროში ხელს უწყობს ტრანსპორტის მართვის ორგანიზების უფრო რთული მეთოდების დანერგვას, რაც შესაძლებელს ხდის სატრანსპორტო საწარმოს ეკონომიკური ეფექტურობის გაზრდას, რაც საბოლოო ჯამში გავლენას ახდენს მისი მომგებიანობის ზრდაზე. კერძოდ, საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვა შესაძლებელს ხდის მონაცემთა შეგროვების გამარტივებას და წარმოების პროცესების შესახებ შეგროვებული ინფორმაციის ხარისხის გაუმჯობესებას. ამ ტიპის სწორად ინტერპრეტირებული ინფორმაცია (შესაბამისი ალგორითმებით დამუშავებული) შესაძლებელს ხდის პრობლემების ადრეულ იდენტიფიცირებას ტრანსპორტის ორგანიზების პროცესში აღმოაჩინოს შეფერხებები და ამით ხელი შეუწყოს მათი ადრინდელი მდგომარეობის აღმოფხვრას.

2. ძირითადი ნაწილი

სატრანსპორტო ტექნიკა-ტექნოლოგიური ოპერაციების განხორციელება და უზრუნველყოფა, შესაძლებელია უფრო დიდი სიზუსტით გაკონტროლდეს თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით. განვიხილოთ სატრანსპორტო მომსახურების წარმოების პროცესი კლასიკური ეკონომიკური წარმოების ფუნქციასთან ახლოს (1) მიდგომით:

$$y = f(e) + \varepsilon \quad (1)$$

სადაც y არის სატრანსპორტო მომსახურების დონე (გამოხატული შესაბამის ერთეულებში), e – შესაძლებლობების დონე, შესაბამისი ტექნოლოგიური ოპერაციების განსახორციელებლად, f – წარმოების ფუნქცია, რომელიც პასუხისმგებელია ყველა შესაძლო შესაძლებლობებსა და მიზეზობრივ კავშირზე მომსახურების მიხედვით, ε – შემთხვევითი კომპონენტი, რომელიც აღწერს იმ ფაქტორების გავლენას სატრანსპორტო პროცესზე, რომელთა გათვალისწინება შეუძლებელია, ან ძალიან ძვირია ტრანსპორტირების პროცესის ოპტიმალური ორგანიზებისთვის.[5].



ნახ.1.

მომსახურების დონის ფუნქციური დამოკიდებულების ზოგადი ფორმა შესაძლებლობების დონეზე ნაჩვენებია 1-ნახაზზე. მის მახასიათებლებს შორის უნდა აღვნიშნოთ f ფუნქციის ზრდა (გადაგზავნის სერვისების დონე იზრდება მათი მიწოდების მცდელობების ზრდასთან ერთად). ზრდა შეიძლება შენელებს შესაძლებლობების ზრდასთან ერთად (ფუნქცია f არის ჩაზნექილი ლოიალური გაგებით). სავარაუდოდ, შემთხვევითი ფაქტორების გავლენა, უკვე შესრულებული, დამთავრებული პროცესის მიუხედავად, განაწილებულია ნულის გარშემო, უფრო ზუსტად, 0 არის ε (2) განაწილების მედიანა:

$$P(\varepsilon < 0) = P(\varepsilon > 0) \quad (2)$$

ბუნებრივია განიხილება სიტუაცია, როდესაც სატრანსპორტო პროცესის მართვის შემთხვევაში არ არის შესაძლებელი უშუალოდ ყველა შემთხვევაზე დაკვირვება. (e -შესაძლებლობების დონეზე), არამედ მხოლოდ „მომსახურების“ საბოლოო დონეს ექვევება ყურადღება (y -სატრანსპორტო მომსახურების დონე), ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ირიბად გამოითვალოს შესაძლებლობების "მოსალოდნელი" შედეგები, განხორციელებული მომსახურების დონის (ε) საფუძველზე

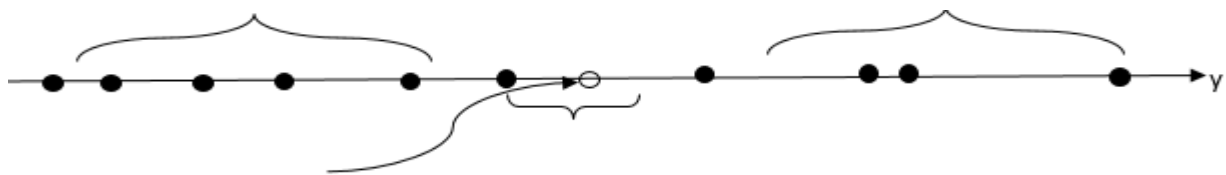
$$e^* = M(f^{n-1}(y - \varepsilon) | y), \quad (3)$$

სადაც M ნიშნავს პირობით ჩანაცვლებული სარეზერვო რგოლის მზადყოფნას და შესაძლებლობას (ყველა შესაბამისობის დაცვით) უფრო მეტიც, შემთხვევითი ε ფაქტორის განაწილების აშკარა ფორმის ცოდნის გარეშე, ტრანსპორტირების პროცესის ორგანიზატორს შეუძლია შეაფასოს მხოლოდ ზემოაღნიშნული ფორმულის მარჯვენა მხარე. მაგალითად, ზოგიერთი n რიცხვის შემთხვევაში.[6]

სატრანსპორტო პროცესის დამოუკიდებელი შედეგები სავარაუდოდ ერთი და აიგივე სახის შესაძლებლობებით საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას ემპირიული მედიანა (4):

$$\hat{e}^* = \frac{1}{2} (\sup \hat{M} + \min \hat{M}), \quad (4)$$

სადაც $\hat{M} = \{e : \#\{i = 1, \dots, n : y_i \leq e\} = [n/2]\}$, $\#$ არის სიმრავლის კარდინალურობის ოპერატორი და (n) არის რიცხვის მთელი ნაწილი. ემპირიული მედიანას პოვნა ილუსტრირებულია მე-2. ნახაზზე.



ნახ.2. სიდიდების ემპირიული მედიანა

უფრო განსაკუთრებული სახის წარმოების ფუნქციის შემთხვევაში ტრანსპორტირების პროცესი $f(e) = Ae + B_0$ (იხ. სურათი 1) და სურვილისამებრ მოთხოვნები $E(\varepsilon) = 0$ შესაძლებლობების შეფასება შეიძლება განხორციელდეს ემპირიული საშუალოს გამოყენებით (5):

$$\hat{e}^* = \{1/2 \sum_{i=1}^n y_i = B\} / A \quad (5)$$

$$y_1, \dots, y_n$$

გასათვალისწინებელია, რომ ამ სახის შეფასების ცდომილება იქნება σ^2 / n , თუ შემთხვევითი ფაქტორის- (σ^2) თანაბარია. რეალურად მცირე დაკვირვების შესაძლებლობა დამოუკიდებელი სატრანსპორტო პროცესების ფუნქციონირების შედეგებზე სხვა დროის მონაკვეთის ან შესაძლებლობების მაგალითების მიხედვით, რომელზეც მოცემულ მომენტში შეიძლება სულ სხვა ფაქტორებით დახასიათდეს. ამ შემთხვევაში, ზემოთ მოპოვებული შეფასების ცდომილება მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება ტრანსპორტირების პროცესის შემთხვევითი ფაქტორის ვარიაციისგან (და ერთი დაკვირვების შემთხვევაში $n = 1$ ზუსტად ემთხვევა მას) [9].

როგორ შეიძლება ამ შემთხვევაში ინფორმაციული ტექნოლოგიების დახმარებით და შემდგომში დანერგვით შესაძლებელი გახდეს მთლიანად სატრანსპორტო სისტემაში მდგომარეობის დარეგულირება (კატასტროფის რისკების გამოკლებით) სავარაუდოდ, საინფორმაციო ტექნოლოგიები შესაძლებელს გახდის ყველა საჭირო მიდგომების მიხედვით სიგნალების მიღებას, შენახვას და დამუშავებას, რომლებიც იქნებიან შესაბამისი სამსახურებიდან მიღებული საჭიროების მიხედვით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ამ მოდელში ინფორმაციული ტექნოლოგიების დანერგვა შეიძლება ნიშნავდეს მე-(6) გამოსახულებაში დამატებით დაკვირვებას (უფრო დეტალური მონაცემების შესახებ, თუ როგორ მიმდინარეობს ტრანსპორტირების პროცესი):

$$z_j = B_j + A_j e + \varepsilon_j, \quad (j=1, \dots, k) \quad (6)$$

სადაც შემთხვევითი ფაქტორები ε_j შეიძლება ჩაითვალოს დამოუკიდებელ საშუალო განაწილებად [2].

ამ სახის მონაცემთა დამატებამ, ზოგადად, შეიძლება მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს შესაძლებლობების საწყისი შეფასება, თუნდაც მხოლოდ ერთი „დაკვირვებით“ (ტრანსპორტის პროცესის ორგანიზების ერთი რეალიზებული შემთხვევა). ზემოგანხილული და მსჯელობის მიხედვით, მართლაც შემდეგი შეფასება უკეთესი იქნება უმეტეს შემთხვევაში, ვიდრე თავდაპირველი.

სატრანსპორტო მომსახურების, შეფასებისა და ანალიზისას, საგულისხმოა იმ ფაქტორებზე ყურადღების გამახვილება, რაც კომპანიათა შორის დადებულ ხელშეკრულებაში-ურთიერთ მოთხოვნებს, მათ შორის კავშირებს, მუშაობის რეჟიმებს და ა.შ. შეესაბამება.. აქედან გამომდინარე, თავდაპირველად უნდა აღიწეროს ყველა შესასრულებელი პირობა, რომლის ჩაწერა შესაძლებელია კონკრეტული შემთხვევისათვის უმოკლესი გზების საშუალებით, რა პირობასაც აქვს შემდეგი სახე :

$$y(x_1, \dots, x_n) = e = \bigwedge_{j=1}^m [\bigwedge_{i \in \pi_k} x_i], (j \leq 2^n)$$

სადაც $x_i = (i=1, \dots, n)$ შეთანხმების პირობები, ხოლო K_j - შესრულების ოპტიმალური ვარიანტებია, სისტემის ფუნქციონირების პირობის ლოგიკური ფუნქციებით აღწერის შემდეგ ,

შეთავაზებული მიდგომით-სატრანსპორტო სისტემაში შემავალ თითოეულ რგოლს- სტრუქტურულ ერთეულს, გააჩნია ერთადერთი დანიშნულება - აიღონ თავის თავზე სამუშაოს შესრულება ერთ-ერთი რგოლის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში. ინფორმაციულად გავრცელდეს დანარჩენ სტრუქტურებზე და ასევე მიეთითოს ჩანაცვლებული რგოლის ფუნქციონირება ამ გაუთვალისწინებელ მდგომარეობაში [8].

ეს მიდგომა გულისხმობს: -ჩამნაცვლებელი რგოლი, როცა მორჩება მასზე გადაწეული შეწყვეტილი ფუნქციის რეალიზაციას (გააჩნია მდგომარეობას) ხელახლა (თავიდან) იწყებს მის პირად ინტერესებში შემავალი ფუნქციის შესრულებას. აქ მნიშვნელობა ენიჭება თუ რამდენად ინფორმაციულია ყველა რგოლი და ამ შემთხვევაში მთლიან სისტემის ფუნქციონირებას არ შეექმნება დაბრკოლება.

ასეთი რგოლების ამოქმედებისა და მზადყოფნით ჩართვის სქემების მიხედვით, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ მთლიან სატრანსპორტო სისტემას შეიძლება გააჩნდეს მუდმივი დარეგულირება, როდესაც სარეზერვო რგოლი, ან ფუნქციის შესრულების თვალსაზრისით სარეზერვო ოპერატიული ჯგუფები, მუდმივად მონაწილეობენ იმ ფუნქციების რეალიზაციაში (მთლიან სატრანსპორტო სისტემაში) რომლებსაც ასრულებენ ძირითადი რგოლები ან ოპერატიული ჯგუფები (მათ შეიძლება ჰქონდეთ ერთი და იგივე საინფორმაციო-საცნობარო სივრცე, როგორც წყაროდან, ისე საბოლოო პუნქტიდან).

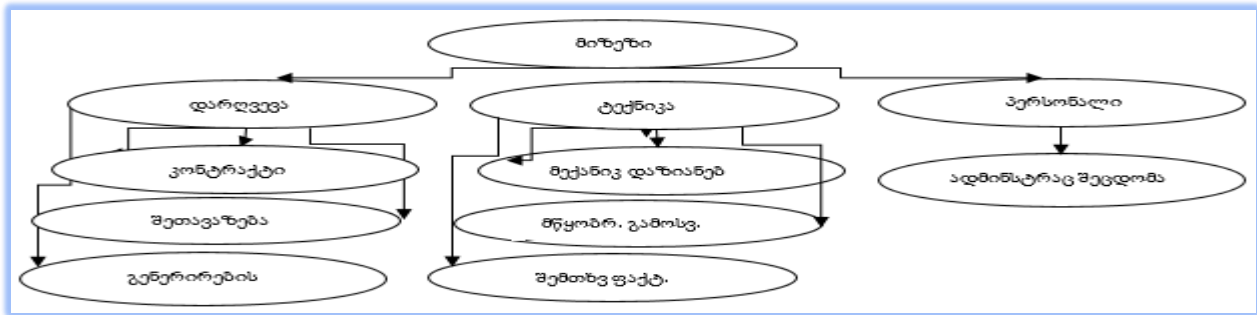
ჩანაცვლებითი მიდგომა, ისეთი რამაა, რომლის დროსაც ძირითადი რგოლის ფუნქციები გადაეცემა სარეზერვო ჯგუფს შესასრულებლად მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როცა იგი გამოვა მდგომარეობიდან, ანდა ასრულებს დავალებას არასაკმარისი, საქმისთვის შეუსაბამო პირობებით, ამ შემთხვევაში ალგორითმი იმისა, რომ დარგის ფუნქციონირებისთვის გაითვალისწინება ყველა შესაძლო შესასრულებელი ვარიანტები არც თუ ისე მარტივია და თითოეული სატრანსპორტო რგოლის ფუნქციონირება დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, პირველ რიგში, გასათვალისწინებელია სისტემაში შემავალი ტრანსპორტის სახე და სპეციფიკური ფუნქციური დატვირთვა, გამიჯვნა, დროის ფაქტორი, გადაადგილების ლოკაცია, ჩანაცვლების შესაძლებლობები, და ა. შ. რაც და რომელიც ინფორმაციის

დამუშავების ბაზებით იქნება უზრუნველყოფილი და მზადყოფნაში არასასურველი შემთხვევების თავიდან ასაცილებლად.

მიღებული მსჯელობიდან შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნა: საინფორმაციო ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით (პროგრამული უზრუნველყოფა) შესაძლებელია სატრანსპორტო საშუალებების „მწყობრიდან გამოსვლის“ (ყველა ვარიანტის გათვალისწინება) გამომწვევი მაინიცირებელი მოვლენების (რისკფაქტორების) წარმოქმნის ალბათობის დადგენა და შემცირება, რა შემთხვევაშიც შემცირდება შესასრულებელი ფუნქციისა და გადაადგილების რისკის ალბათობა $P_1 < P_2 < P_3 \dots$ და ა. შ.

სატრანსპორტო სისტემების ფუნქციონირების მრავალწლიანი დაკვირვების და ანალიზის შედეგად ის მაინიცირებელი მოვლენების რიცხვი რომლებიც ყველაზე ხშირად იწვევენ „მწყობრიდან გამოსვლას“, (ხდება აუცილებელი ჩანაცვლება ან მყისიერი ზომების მიღება), არის ტექნიკური გაუმართაობა (რომელიც თავდაპირველად არ არის დიდ რისკთან დაკავშირებული), მძიმე მეტეოროლოგიურ პირობებში გადაადგილების შეფერხება (რომელიც მომხმარებელზე უარყოფითად არ აისახება), შეთანხმების კონტრაქტის დარღვევა, პერსონალის მიერ შემაკავებელი ფაქტორები და ა. შ.

ყველანაირი ფაქტორებითა და მდგომარეობის გათვალისწინებით სცენარის სქემა შეიძლება შემდეგნაირად შევადგინოთ (ნახ.3).



ნახ.3. სცენარის სქემა

ამ სქემით შესაძლებელია განხილულ იქნას ერთი ტიპის მონაცემებთან დაკავშირებული სიტუაცია და გათვალისწინებულ იქნას შესაძლებლობა, რომელიც შეიძლება დამუშავდეს სატრანსპორტო ორგანიზაციაში, ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების შედეგად. დაშვება იმისა, რომ ამ ტიპის მონაცემებით შესაძლებელი ხდება მიზეზ-შედეგობრივი მდგომარეობათა გათვლა პროცენტულად, არის მისაღები, თუ გათვალისწინებულ იქნა გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მომსახურების მიწოდების ჯაჭვის უწყვეტობა.

3. დასკვნა

საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენების საშუალებებით და კონკრეტულ სიტუაციაში შედგენილი ალგორითმით, უზრუნველყოფილია სატრანსპორტო ტექნიკა-ტექნოლოგიური ოპერაციების შესრულებისა და განხორციელების შესაძლებლობები. გათვლილი კატეგორიათა დაჯგუფება და ფუნქციონირება, რომელიც დაკავშირებულია სატრანსპორტო მომსახურების წარმოების პროცესთან მიახლოებულია და არ ცილდება კლასიკური ეკონომიკური კატეგორიების საზღვრებს.

განხილული ფორმულირება შეესაბამება სატრანსპორტო პროცესის მართვის ისეთ დონეს, სადაც არის შესაძლებელი უშუალოდ დაკვირვება განხორციელდეს მდგომარეობის მიხედვით და დასკვნები გაკეთდეს არა მარტო საბოლოო შედეგებით, არამედ კომპლექსურად. გამოკვეთილია ყველა დონის პროცესებში ხარვეზის ადმოფხვრისათვის საინფორმაციო ტექნოლოგიების როლის მნიშვნელობა. ირიბად გამოთვლილია შესაძლებლობების "მოსალოდნელი" დონე, რის საფუძველზეც გაკეთებულია დასკვნები.

ლიტერატურა:

1. Аникин Б.А. Основы логистики. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика / Б.А. Аникин, Т.А. Родкина – М.: Проспект, 2016. – 344с.
2. Калиниченко А.Я. Применение современных микроэлектронных информационно-управляющих систем на транспорте в сочетании с высокими технологиями - главные механизмы повышения безопасности.

А.Я. Калиниченко, Е.Н. Розенберг. Электроника и электрооборудование транспорта..2004. 1. 45-47.

3. Ермаков И. Анализ современных корпоративных информационных систем планирования деятельности международных логистических компаний. И. Ермаков, А. Волков. Логистика сегодня. 2015. №4

4. Жамбю М. Иерархический кластер анализ и соответствия. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 342 с.

5. Зайцев, Е.И. Информационные системы и технологии в логистике. СПб: Питер, 2006. - 259 с.

6. Зайцев, Е. И. Процессная модель формирования надежных цепей поставок. Е.И. Зайцев, А.В. Парфенов, С.А. Уваров. Логистика и управление цепями поставок. - 2012. № 49. 5-14

7. <https://www.biblio-online.ru/book/logistika-i-upravlenie-cepuyami-postavok> (22.10. 2022)

8. <https://impact-factor.ru/katalog-zhurnalov/item/13-bukva-l/566-logistika-i-upravlenietsepyami-postavok.html> (27.10.2022);

9. <http://www.arpk.org/magaz.php?in> (19.10.2022)

OPTIMIZATION MODEL OF SUB-SERVICE MANAGEMENT IN THE FIELD OF TRANSPORT USING INFORMATION TECHNOLOGIES

Maya Malakmadze, Ana Jikia, Marina Kurdadze

Georgian Technical University

malakmadze.maia@gtu.ge; a.jikia@gtu.ge; m.kurdadze@gtu.ge

Summary

The paper discusses the possibilities of implementation and provision of transport technical-technological operations using information technologies. The transportation service production process close to the classical economic production function is discussed. The situation is discussed, when it is not possible to directly observe the condition of the transport process management level, but conclusions are made only according to the final level of service, and the importance of the role of information technology in eliminating the error in the process is highlighted. Implicitly calculates the "expected" level of ability on which to base conclusions.

Keywords: Organize, secure, reserve, operational, identify.

FUTURE RESEARCH INFRASTRUCTURE AND PARTICLE THERAPY CENTER FOR THE BALKANS – SEEIIST (BENEFITS FOR THE REGION)

Mimoza Ristova

Institute of Physics, Faculty of Natural Sciences and Mathematics,

University Ss Cyril and Methodius, Skopje Arhimedova 3, 1000 Skopje, North Macedonia

Summary

The data provided from the open sources showed that the population of the 10 Balkan countries, also known as SEE region (Albania, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Greece, Kosovo, Montenegro, North Macedonia, Serbia, and Slovenia) is about 40 M with a tendency of decrease due to the massive brain-drain. A cancer case has been examined for these countries, in terms of the number of patients, their incidence and mortality, and diagnostics and treatment equipment availability, with a particular emphasis on the availability of radiation therapy from the collected responses of questionnaires sent to prominent oncologists and regulatory bodies for radiation in these countries. The potential for building a joint research and cancer treatment infrastructure for particle therapy has been explored. The cancer data were brought in relation to the economic parameters (GDP/capita) and to the life expectancy, which appeared to be a common challenge for most of the countries of the SEE region. Indicators for the capacity of a certain SEE country to deal with cancer were compared to those countries' performances in combating the Covid-19 pandemic (incidence and mortality). Initiated research aspects at the University in Skopje, North Macedonia related to SEEIIST will also be presented

მრავალიონიზირებული ატომების სპექტრების თეორიული ანგარიში

მზია ცირეკიძე, შორენა დეკანოსიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია მრავალიონიზირებული ატომების სხვადასხვა სპექტრალური მახასიათებლების, კერძოდ ენერგეტიკული სპექტრის თეორიული ანგარიში მოდელოური პოტენციალის მეთოდით. მიღებულ მონაცემებში გათვალისწინებულია შემფოთების თეორიის მაღალი რიგის შესწორებები და შეფასებულია მათი წვლილი ერთ კონკრეტულ მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: მრავალიონიზირებული ატომები, სპექტრალური მახასიათებლები, S-მატრიცა, რელატივისტური და კორელაციური ეფექტები, გადასვლის ალბათობები, გადასვლის ტალღის სიგრძეები.

1. შესავალი

მრავალჯერიონიზირებული ატომების სპექტროსკოპიის პროგრესი მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთი მხრივ კოსმოსის ათვისების პრობლემასთან და მეორეს მხრივ მართვადი თერმობირთვული რეაქციების მიღებასთან. თანამგზავრების გამოყენებით მზისა და ვარსკვლავების გამოსხივების რეგისტრაციისა და მაღალტემპერატურული პლაზმის დიაგნოსტიკისათვის ყველაზე საიმედო მეთოდს კვლევის სპექტროსკოპული მეთოდი წარმოადგენს. დაისვა ამოცანა, რომლის მიზანი იყო მრავალჯერიონიზირებული ატომების აღზნებული მდგომარეობების (მაღალი ტემპერატურების $10^6 - 10^7$ °C) პირობებში სპექტრების კვლევისას რელატივისტური და კორელაციური ეფექტების თანმიმდევრული გათვალისწინებისათვის თეორიის შემუშავება. ამ ეფექტების გათვალისწინება დიდ როლს ასრულებს Z-ის (ატომბირთვის მუხტის) დიდი მნიშვნელობების შემთხვევაში. ენერგეტიკული სტრუქტურის დადგენის გარდა დღის წესრიგში დადგა რელატივისტური და კორელაციური ეფექტების გათვალისწინებით რადიაციული გადასვლების ალბათობების და გადასვლის ტალღის სიგრძეების გაანგარიშება. მიზანშეწონილია, თუ არა ერთნაირი მიდგომა იმ ყველა ეფექტის კლასიფიკაციისა რომელთა გათვალისწინება აუცილებელია არსებული ექსპერიმენტული მონაცემების ასახსნელად და ახალი შედეგების წინასწარმეტყველებისათვის. ამ სიდიდეების გამოთვლის სხვადასხვა მეთოდები არსებობს, როგორცაა: ვარიაციული, ჰარტი-ფოკის, მოდელოური პოტენციალის, შემფოთების თეორიის, S_{γ} -ადიამატური მატრიცის გამოყენება რელატივისტური ეფექტების აღსაწერად და სხვა.

გელ-მან-ლოუს ფორმალიზმი რელატივისტური ელექტრონებისათვის ატომბირთვის ველში მოცემულია [1] და მის საფუძველზე შექმნილია განსხვავებული გამოთვლითი აპარატი სპექტრალური მუდმივების მისაღებად მრავალელექტრონიანი ატომების ძირითადი, აღზნებული და ავტოიონიზირებული მდგომარეობების სპექტრალური მუდმივების მისაღებად აგებულია შემფოთების რელატივისტური თეორია ადიამატური S_{γ} -მატრიცის საფუძველზე [1]. ასევე ექსპერიმენტულ მონაცემებთან კარგ თანხვედრას იძლევა რთული ატომური სისტემების თეორიული გათვლები მოდელოური პოტენციალის გამოყენებით შემფოთების რელატივისტური თეორიის საფუძველზე.

2. ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილია თეორიული გათვლები ჩატარებული მოდელოური პოტენციალის გამოყენებით შემფოთების რელატივისტური თეორიის საფუძველზე.

ჩვენ მიზანს შეადგენდა $4p4d$ კონფიგურაციის ენერგეტიკული დონეების ანგარიში Zn-ის მსგავსი იონების ატომბირთვის მუხტის რამდენიმე მნიშვნელობისათვის. ასეთი იონები ხასიათდებიან მარტივი აგებულებით (2 ელექტრონი შევსებული გარსის $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ გარეთ). მათი სპექტრები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მაღალტემპერატურული პლაზმის კვლევისას. ზოგადად ატომური სისტემების გათვლა ელექტრონების დიდი რიცხვით მოითხოვს რელატივისტური და კორელაციური ეფექტების გათვალისწინებას. რთული ატომური სისტემების სპექტრების თეორიული გათვლებისათვის ფართოდ გამოიყენება ჰარტი-ფოკი-დირაკის, შემთხვევით ფაზათა რელატივისტური, მოდელოური პოტენციალის მეთოდები და სხვა. მათი ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ ამ მეთოდებით ანგარიშის დროს სრულად არ არის გათვალისწინებული კორელაციური და პოლარიზაციური ეფექტები.

ჩვენს მიზანია პირველ რიგში მრავალელექტრონიანი ატომური სისტემის ტალღური ფუნქციის და ენერჯების პოვნა ჰამილტონიანით:

$$H = \sum_i h(r_i) + \sum_{i>j} (\frac{1}{r_{ij}} + V_r(r_i r_j)) \quad (1)$$

აქ $h(r)$ - არის ელექტრონისათვის დირაკის ჰამილტონიანი ბირთვის კულონურ ველში;

$\frac{1}{r_{ij}}$ - გამოსახავს ელექტრონებს შორის კულონურ ურთიერთქმედებას;

ნულოვანი მიახლოების ჰამილტონიანს აქვს სახე:

$$H_0 = \sum_i h(r_i) + \sum_i V(r_i|b) \quad (2)$$

$V(r|b)$ - შევსებული შრის ცენტრალური მოდელური პოტენციალი b პარამეტრით

$V(r|b)$ - პოტენციალი წარმოიდგინება K, L, M შრეების - თითოეულის წვლილის ჯამის სახით[2]:

$$\sum_i V(r_i|b) = V(K) + V(L) + V(M) \quad (3)$$

b - პარამეტრი განისაზღვრება ექსპერიმენტალური ენერგეტიკული დონეების შესაბამისი ϵ_{nlj} -ით, რომელიც თავის მხრივ გარე ელექტრონის ენერჯიაა nlj მდგომარეობაში და დირაკის განტოლების ამონახსნს ცნობილი ϵ_{nlj} ენერჯებით. მოდელური პოტენციალის კონსტრუირება ცნობილი პოტენციალის შემთხვევაში, როგორც Z -ის ფუნქციისა ხდება ექსპონენციალური მეთოდის გამოყენებით [3]. მოდელურ პოტენციალში დიდ წილად გათვალისწინებულია ელექტრონებს შორის კულონური ურთიერთქმედება და თითქმის მთლიანად მათი რელატივისტური ურთიერთქმედება. ჩვენი მიზანია ვიპოვოთ შევსებული შრის გარეთ ორელექტრონიანი სისტემის ენერჯები. უნდა აღინიშნოს, რომ ნულოვანი მიახლოების ენერჯია ორელექტრონიანი სისტემისათვის შევსებული გარსის გარეთ -

$$\epsilon = \epsilon_0(n_1 l_1 j_1) + \epsilon_0(n_2 l_2 j_2) \quad (4)$$

შეადგენს ორელექტრონიანი სისტემის მთელი ენერჯის მნიშვნელოვან ნაწილს. აღსანიშნავია, რომ რელატივისტური ურთიერთქმედების ძირითადი წვლილი უკვე გათვალისწინებულია (4)-ში, ამიტომ

$$H_{int} = \sum_{i>j} \frac{1}{r_{ij}} \exp(1|\omega|r_{ij}) \quad (5)$$

შეშფოთების თეორიის პირველ მიახლოებაში ელექტრონებს შორის ურთიერთქმედების მატრიცული ელემენტები გამოითვლება ორელექტრონიანი სისტემის $|n_1 l_1 j_1 n_2 l_2 j_2\rangle$ მდგომარეობებს შორის. სადაც j არის მოცემული მდგომარეობის სრული მომენტი.

მიღებული შედეგების დასაზუსტებლად მხედველობაში მიიღება კონფიგურაციათა დიდი რაოდენობის ზედდება, რაც ზრდის მატრიცის ელემენტების რაოდენობას და მათემატიკურად ართულებს თეორიული გათვლის პროცესს. ამიტომ მხედველობაში მივიღეთ გარე ელექტრონებს შორის პოლარიზაციული ეფექტები. მეორე გზა შეშფოთების თეორიის უფრო მაღალი მიახლოების (მეორე რიგის) წევრების გამოთვლაა[2]. შეშფოთების თეორიის პირველი რიგის მიახლოების მატრიცული ელემენტების გამოსახულება H_{int} მოცემულია [4]-ში. ასევე ერთერთ მნიშვნელოვან შესწორებას შედეგების დასაზუსტებლად წარმოადგენს გარე ელექტრონების ერთმანეთისაგან ეკრანირება. ეს ეფექტი შესაძლებელია გათვალისწინებული იყოს მოდელური პოტენციალის აგების დროს [5].

უნდა აღინიშნოს, რომ შეშფოთების თეორიის მწკრივი H_{int} მიხედვით არ არის განშლადი, კრებადია და თანაც საკმაოდ სწრაფად, რომელიც თეორიული გათვლების საკმაოდ დიდ სიზუსტეს განაპირობებს.

Kr VII სპექტრები გამოთვლილი სხვადასხვა მიახლოებაში sm^{-1} -ში ათვლილი $4S^2$ დონიდან $Z=36$

			I	II	III
$4S^2$	$1s$	0	0	0	0
$4p^2$	$3p$	0	2770	2767	2768
$4p^2$	$3p$	1	2814	2812	2812
$4p^2$	$3p$	2	2803	2826	2828
$4p^2$	$1D$	2	2894	2906	2812
$4p^2$	$1s$	0	3300	3968	3963

$4p4d$	$3p$	2	4783	4825	4814
$4p4d$	$3p$	3	4826	4868	4854
$4p4d$	$3p$	4	4876	4922	4906
$4p4d$	$1D$	2	4886	4914	4916
$4p4d$	$3D$	1	5059	5043	5032
$4p4d$	$3D$	2	5053	5048	5035
$4p4d$	$3D$	3	5122	5103	5091
$4p4d$	$3p$	0	5102	5090	5006
$4p4d$	$3p$	1	5113	5105	5091
$4p4d$	$3p$	2	5122	5108	5096
$4p4d$	$1F$	3	5470	5411	5415
$4p4d$	$1p$	1	5510	5460	5413

I-ში გათვალისწინებულია პოლარიზაციული ეფექტები;

II-ში გათვალისწინებულია კონფიგურაციათა ზედდების როლიც;

III-ში არ არის გათვალისწინებული პოლარიზაციული ეფექტები და მავკრანირებელი წევრი.

3. დასკვნა

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოდელური პოტენციალის მეთოდით ენერგეტიკული სპექტრების თეორიულ გათვლებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს პოლარიზაციული და კონფიგურაციათა ზედდების წვლილის გათვალისწინება.

ლიტერატურა:

1. Гурчумелия а. Сафронова Ю, Современные методы квантовой механики многих тел и теории атома. Издательство Тбилисского университета. Тбилиси 1983. -331
2. Ivanov L. Ivanova E. 1979, Atom. Data and nucl. Data Tables vol-23. 95-109.
3. Ivanov L. Ivanova E. Tsirekidze M.1986, Atom. Data and nucl. Data Tables vol-35. 416-428
4. Kanyauskas U. Rudzikas E. Sov.Lit. Fiz Sb. I, 1975. Vol-13. 191-198.
5. Victor G. and Taylor W. 1983 Atom.Data and Nucl. Data tables vol-28. 107-214

A THEORETICAL ACCOUNT OF THE SPECTRA OF MULTIPLE IONIZED ATOMS

Mzia Tsirekidze, Shorena Dekanosidze

Georgian Technical University

Summary

The paper provides a theoretical account of various spectral characteristics of multi-ionized atoms, namely the energy spectrum using the model potential method. In the obtained data, higher-order corrections of perturbation theory are considered and their contribution to one specific example is evaluated.

ელექტრონული მმართველობა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი

დავით კაპანაძე, თეა თოდუა, სიდონია ჟიჟილაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
david@gtu.ge; tea_todua@gtu.ge; s.jjilashvili@gtu.ge

რეზიუმე

დღეს მსოფლიო ცხოვრობს უდიდესი ტექნოლოგიური ძვრების პირობებში. თანამედროვე ეპოქაში მთავრობების უმეტესობა მიზნად ისახავს ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარებას. მოქალაქეებისთვის, სახელმწიფო და კერძო ორგანიზაციებისთვის საჭირო სერვისების მიღება გახდა გაცილებით უფრო: რაციონალური, ეკონომიური; მისი მეშვეობით გაცილებით უფრო ეფექტიანი ხდება სახელმწიფოს ურთიერთობა საზოგადოებასთან, მოქალაქესთან, რეგიონებთან, ბიზნესთან, ასევე ეფექტურია თვით სახელმწიფო სტრუქტურებს შორის ურთიერთობა. ელექტრონული მთავრობის წარმატებით განხორციელება საჭიროებს კონკრეტული ნაბიჯების შესწავლას. მის განვითარებაზე ძალიან ბევრი ფაქტორი მოქმედებს. ამ ფაქტორებდან უფრო მნიშვნელოვნების ამორჩევის მიზნით სტატიაში განხილულია ელექტრონული მმართველობაზე მოქმედი ფაქტორები, ჩატარებულია ანალიზი და განხილულია სისტემის მოდელის შემუშავების საკითხი.

ძირეული სიტყვები: ელექტრონული მმართველობა, კონიტური მოდელი.

1. შესავალი

მსოფლიო მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის ზღვრულზეა გაეროს გენერალური ასამბლეის რეზოლუციით (66/288) აღიარეს, რომ ICT (ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგია) აადვილებს ინფორმაციის გადაცემას მთავრობებსა და მოქალაქეებს შორის ორივე მიმართულებით.

უკანასკნელ წლებში ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება საჯარო ადმინისტრაციასა და პოლიტიკურ გადაწყვეტილებების მიღებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. მთავრობები და საერთაშორისო ორგანიზაციები დიდ ხარჯებს ხარჯავენ საჯარო სექტორის შესაძლებლობების განვითარებისთვის. ყოველდღიურად ბაზრებზე შემოდის ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტები საჯარო პოლიტიკისა და ადმინისტრაციისთვის. ელექტრონული მმართველობა გახდა მოდური: თავად ტერმინი გამოიყენება როგორც შიფრი თანამედროვე, ეფექტური, გამჭვირვალე და მომხმარებელზე ორიენტირებული მთავრობისთვის. მიუხედავად ამისა, არსებობს განსხვავებული მოსაზრებები იმ შედეგებთან დაკავშირებით, რაც შეიძლება მოსალოდნელი იყოს ელექტრონული ხელისუფლებისგან.

ზოგიერთი ექსპერტის აზრით ელექტრონული მმართველობა რევოლუციას მოახდენს საჯარო სექტორსა და პოლიტიკურ პროცესებში მთელ მსოფლიოში. მათი აზრით ახალი საინფორმაციო და საკომუნიკაციო არხები გააძლიერებს სამოქალაქო საზოგადოებებს თუნდაც ავტორიტარული მმართველობის პირობებში. სხვა ანალიტიკოსები კი ნაკლებად ოპტიმისტურები არიან. მათი აზრით ელექტრონულ მთავრობა, ესაა ტექნოლოგიური ინსტრუმენტების ერთობლიობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ინსტიტუციურ გარემოში და ყოველთვის არ უწყობს ხელს კარგ მმართველობას. ისინი მიუთითებენ ახალი ტექნოლოგიების ცუდ საიმედოობაზე, საზოგადოების მიერ ბოროტად გამოყენების შესაძლებლობაზე.

ჩვენი აზრით სახელმწიფო მართვის გამჭვირვალობა, საქმის წარმოების სისტემატური ანგარიშგება, სამართლიანი და უახლეს ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული ხალხის მომსახურება ესაა ის მნიშვნელოვანი ფაქტორები, რაც უზრუნველყოფს ხარისხიან და ეფექტიან სახელმწიფო მართვის სისტემას და საზოგადოების დინამიურ სოციო-ეკონომიკურ თუ პოლიტიკურ განვითარებას.

2. ძირითადი ნაწილი

ელექტრონული მმართველობის განხორციელებაზე მოქმედი ფაქტორების არის ბევრი და მრავალფეროვანი. ელექტრონული მმართველობის როგორც ძნელად ფორმალიზებადი სისტემის დინამიკა დაკავშირებულია მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთქმედებასთან. ფაქტორების ზეგავლენის მიუხედავად, ელექტრონული მმართველობის სისტემამ ყოველთვის უნდა შეინარჩუნოს საკუთარი თვისობრივი მახასიათებლები, როგორც სახელმწიფოს მდგრადი განვითარების ინსტრუმენტმა [1-5].

სტატიაში შემოთავაზებულია რიგი ფაქტორები, რომლებიც, ჩვენი აზრით, მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ელექტრონული მმართველობის სისტემის მდგრადობას. ეს ფაქტორები გავლენას ახდენენ ელექტრონული მმართველობის დანერგვის პროცესზე, ისინი გადანაწილებულია ხუთ კატეგორიაში; პოლიტიკური, სოციალური, ტექნიკური, ორგანიზაციული და ფინანსური. თითოეული ფაქტორი შეიცავს ქვეფაქტორებსაც, მათი რაოდენობა საკმარისად ბევრია (ცხრილი1). ფაქტორების მნიშვნელოვნება ანუ მათი გავლენა მთავარ მიზანზე, ჩვენ შემთხვევაში, ელექტრონული მმართველობის მდგრადობაზე, განისაზღვრება 1-დან 10 -მდე დიაპაზონში. სადაც 1 შეესაბამება შედარებით ნაკლებ გავლენას, 10 - მაღალს [7].

ელექტრონული მმართველობის სისტემაზე მოქმედი ფაქტორები ცხრ.1

	მოქმედი ფაქტორები	ფაქტორთა მნიშვნელოვნება
1.	პოლიტიკური ფაქტორი	7
1.1	ელექტრონულ მთავრობაში მართვის ლიბერალური პოლიტიკა	5
1.2	მკაცრი მმართველობის პოლიტიკა	5
1.3	საუკეთესო მმართველობის მხარდაჭერა	6
1.4	საუკეთესო მმართველობაში ცართულობის დონე	6
1.5	leadership Variations in support	7
1.6	change Resistance	8
1.7	leadership Variations in support	5
1.8	სამართლებრივი ფაქტორი	7
1.9	სამართლებრივი უზრუნველყოფა	8
1.10	პოლიტიკოსთა ინტერესების გათვალისწინება	4
1.11	მონაცემთა დაცვა	8
2	ტექნოლოგიური ფაქტორი	
2.1	ციფრული ტექნოლოგიების განვითარება	8
2.2	IT/ICT ინფრასტრუქტურის განვითარება	6
2.3	სისტემების დაპროექტება	6
2.4	ტექნიკური მხარდაჭერა	8
2.5	ტექნოლოგიების ხარისხი	8
2.6	ადმინისტრაციული პროცესების/სერვისების გაციფრულება	7
2.7	ენერგომომხმარება	7
2.8	მობილური აპლიკაციების/ელ პლატფორმები	7
2.9	ინტერნეტ დაფარულობის დონე (5G)	4
3	სოციალური ფაქტორი	
3.1	საზოგადოების ინფორმაციულობა	8
3.2	საზოგადოების ჩართულობა	
3.3	ელექტრონული სერვისის გამოყენების პერსპექტიულობა	6
3.4	ელექტრონული სერვისის გამოყენების შესაძლებლობა	
3.5	დამოკიდებულება	5
3.6	საზოგადოების ნდობის დონე ხელისუფლების მიმართ	
3.7	რისკები	
3.8	გადაწყვეტილების მიღების პროცესის გამჭვირვალობა	5
3.9	დემოკრატიული ინსტიტუტების შექმნა	4
3.10	მინიმუმამდე დაყვანილი ადმინისტრაციული ბარიერები	
3.11	ხელისუფლების და საზოგადოების უკუკავშირის მარეგულირებელი კანონმდებლობა	7

3.12	ადმინისტრაციული პროცესების/სერვისების ხელმისაწვდომობა	
3.13	ეკოლოგიური ფაქტორი	8
4	ეკონომიკური ფაქტორი	9
4.1	ფინანსური ფაქტორი	8
4.2	ბიუჯეტი	7
4.3	ინვესტიციები	7
4.4	საერთაშორისო დონის უსაფრთხოება	8
4.5	ინფორმაციის საიმედოობა	7
4.6	დეცენტრალიზაცია	7
4.7	წარმადობა	6
4.8	საერთაშორისო იმიჯი	7
4.9	სმარტ კონტაქტები	6
4.10	ათვისების რისკები	1
5	ორგანიზაციული	
5.1	ცვლილებებისადმი წინააღმდეგობა	6
5.2	ადმინისტრაციული-მხარდაჭერა	8
5.3	გამოცდილი-ადამიანური რესურსები	8
5.4	ორგანიზაციული-ბენეფიტი და რელევანტურობა	8
5.5	დაგეგმვა, მიზნები, სტრატეგია	5
5.6	ორგანიზაციულ-კულტურა	5
5.7	საჯარო სექტორი	8
5.9	გადაწყვეტილების მიღებაში საზოგადოების აზრის მაქსიმალურად გათვალისწინება	7

ელექტრონული მთავრობაზე მოქმედ ფაქტორთა დადგენის შემდეგ ხდება კოგნიტური რუკის შედგენა. სტატიაში განხილულია კოგნიტური მოდელირების სიტუაციის განვითარება, როდესაც მასზე მოქმედებს გარკვეული მმართველი პარამეტრები. ძირითადი ეტაპები:

1. **არსებული სიტუაციისთვის სისტემის კონცეპტუალური კვლევა**, რაც გულისხმობს: მოდელირების სისტემის საშუალებით კოგნიტური მოდელის შედგენას, საბაზისო ფაქტორების განსაზღვრას, მათ შორის ურთიერთკავშირის დადგენას, მიზნის ფორმირებას.

2. **სიტუაციის კოგნიტური მოდელის აგება და კვლევა**. მოდელის კვლევის პროცესში:

- განისაზღვრება სიტუაციის განვითარების მართვის აუცილებლობა.
- ხდება სიტუაციის განვითარების მიზნის ვექტორის ანალიზი.

ფორმირებული კოგნიტური მოდელის საფუძველზე წარმოებს სიტუაციების მოდელირება, რომლის მიზანს წარმოადგენს დადგინდეს ის ტენდენციები, რომლებიც დადებითი მოქმედებს ელექტრონული მმართველობის მდგრადობაზე.

ფაქტორებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრა - მოდელის შექმნის დასასრულელად დგინდება ფაქტორების ურთიერთგავლენა.

მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთკავშირების დადგენის შემდეგ ხორციელდება სიტუაციის სტრუქტურულ-მიზნობრივი ანალიზი.

განისაზღვრება მიზნის ვექტორი, რომლის ცვლილებითაც მოდელირების პროცესში შეიძლება გამოკვლეული იქნას სიტუაციის განვითარების სტრატეგიული მიზანი სხვადასხვა მიმართულებით. ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ სცენარში მიზნის ვექტორად შერჩეული იქნა

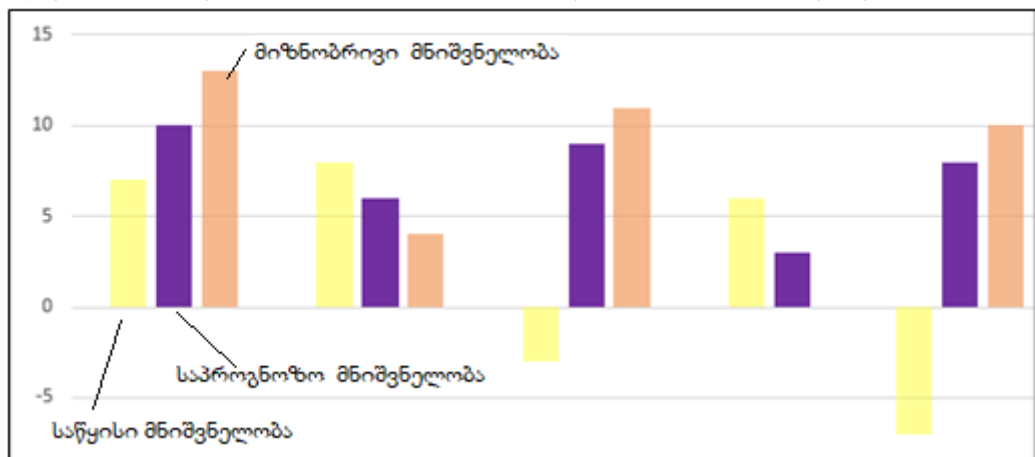
- | |
|--|
| <p>1 ელექტრონული მმართველობა
 2 სამართლებრივი უზრუნველყოფა
 3 ციფრული ტექნოლოგიების განვითარება
 4 ფინანსური ფაქტორი
 5 გამოცდილი-ადამიანური რესურსები
 6 დაგეგმვა, მიზნები, სტრატეგია</p> |
|--|

განისაზღვრა მართვის ვექტორი, მმართველ ფაქტორებად ანუ ფაქტორებად, რომელთა მართვით შესაძლებელია მოდელში პროცესების მართვა, შერჩეულია:

- ციფრული ტექნოლოგიების განვითარება;
- საზოგადოების ჩართულობა;
- საზოგადოების ნდობის დონე ხელისუფლების მიმართ.

განისაზღვრა ფაქტორთა ცვლილების ვექტორი და განხორციელდა მიზნობრივ-ფაქტობრივი ანალიზი. შემდეგ ეტაპზე მმართველი სიტუაციის ძეგნის ალგორითმის მიხედვით განისაზღვრა სიტუაციის განვითარება, როდესაც მასზე მოქმედებს არჩეული სხვადასხვა ღონისძიება (მართვით);

აღნიშნული მოდელის მიხედვით, შერჩეული მიზნობრივი და მმართველი ფაქტორებით მივიღეთ ელექტრონული მმართველობაზე ამ ფაქტორების მოქმედების განმსაზღვრელი დიაგრამა (ნახ. 1).



ნახ.1. ელექტრონულ მმართველობაზე მიზნის ვექტორის მიხედვით შერჩეული ფაქტორების გავლენის დიაგრამა

3. დასკვნა

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ელექტრონული მმართველობის მდგრადობის დონეზე (ფაქტორი 1), მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს (არის დადებითი (ზრდადი), პროგნოზირებადი მნიშვნელობა მიზნობრივთან მიმართებაში იზრდება), ციფრული ტექნოლოგიების განვითარება, ასევე გამოცდილი-ადამიანური რესურსები, (არის დადებითი (ზრდადი), პროგნოზირებადი მნიშვნელობა მიზნობრივთან მიმართებაში იზრდება), აქედან გამომდინარე შეიძლება აღინიშნოს, რომ ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენების მაჩვენებლები, საზოგადოების ჩართულობა, საზოგადოების ნდობის დონე ხელისუფლების მიმართ უზრუნველყოფს ადმინისტრაციული ხარჯების შემცირებას, და მმართველობის ეფექტურობის გაუმჯობესებას;

ლიტერატურა:

1. Samir Zaien, Judit Oláh , Pierre ALASSAF ,Factors Affecting E-Government Implementation- Developing Countries E- Opportunities EFERNCES https://www.researchgate.net/publication/347553470_Factors_affecting_e-government_implementation_developing_countries_e-opportunities
2. Layne, K. and J. Lee, Developing fully functional E-government: A four stage model. Government Information Quarterly, 2010. 18: p. 122-136.
3. Yasar, A. and C. Ekrem, Human Resources Management at a glance. 2015: Dora Basim Yayin Dagitim. Cukurcayir, M.A. and E. Celebi, Information Society and Turkey in The Process of
4. Implementing E-government. ZKU Journal of Social Sciences, 2012. 5(9): p. 59-82.
5. Amyan, M.M., M. Al-saudi, and H.H. Al-Onizat, The Effective Utilization of Knowledge Management in E-Government: A Case Study of E- Government in Jordan. Eur REFERNCES
6. Layne, K. and J. Lee, Developing fully functional E-government: A four stage model. Government Information Quarterly, 2001. 18: p. 122-136.

7. Yuditsky S.A. Fundamentals of pre-project analysis of organizational systems. -M. "Finance and statistics". 2005
8. Vladislavlev P.N. Selection of the optimal scenario for the behavior of organizational systems // "Management of large projects". Collection of works. Ed. YES. Novikov IPU RAN, M.: 2005

E-GOVERNMENT AND ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING IT

Davit Kapanadze, Thea Todua, Sidonia Zhizhilashvili

Georgian Technical University

david@gtu.ge; tea_todua@gtu.ge; s.jijilashvili@gtu.ge

Summary

Today, the world lives in conditions of great technological changes. In the modern era, most governments aim to develop information and communication technologies. Getting the necessary services for citizens, state and private organizations has become much more: rational, economical; Through it, the state's relationship with society, citizens, regions, business becomes much more effective, as well as the relationship between the state structures itself. Successful implementation of e-government requires the study of specific steps. Many factors affect its development. In order to select the most important of these factors, the article discusses the factors affecting e-government, conducts an analysis, and discusses the issue of developing a system model.

Key words: e-government. Cognitive model.

ანიმატრონიკული ეფექტორის დამუშავება გრაფიკული დაპროგრამების გარემოში

ჯემალ გრიგალაშვილი¹, ელზა იმნაძე², ვახტანგ ჩანთაძე¹

1- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2 - ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რეზიუმე

აღწერილია ანიმატრონიკის ეფექტორის დამუშავების პროცედურა ვიზუალური გრაფიკული დაპროგრამების გარემოს გამოყენებით. ანიმატრონიკული ტექნოლოგიები ქმნიან ანიმატრონიკულ ობიექტებს და მუშაობენ ისეთი ალგორითმებითა და მექანიზმებით, რომლებიც წარმოადგებიან როგორც ცოცხალი არსებები: ადამიანები, ცხოველები და სხვ. ეს ობიექტები უფრო რეალისტურები არიან ვიდრე რობოტიზებული მოწყობილობები. მათი მექანიზმის საფუძვლებს წარმოადგენს მექანიკური და ელექტრონული კომპონენტების სხვადასხვა კომბინაციები. კვლევების მიზანია რობოტული ხელის შექმნა, როცა მაქსიმალურად იქნება დაახლოებული ადამიანის ხელთან, მის კინემატიკასთან, რისი აპროქსიმაციაც წარმოადგენს ჩვენს ერთ-ერთ პრიორიტეტს. მოდელის მუშაობის პროგრამა დამუშავებულია FLProg გრაფიკულ გარემოში, ხოლო ელექტრული პრინციპიალური სქემა შესრულებულია Fritzing პროგრამის საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ანიმატრონიკა. ანიმატრონიკის ხელი. არდუინოს კონტროლერი. დამუშავების გრაფიკული გარემო. სერვომრავები. ელექტრული სქემა.

1. შესავალი

ანიმატრონიკა არის თანამედროვე ავტომატიკის ერთ-ერთი მიმართულება, რომელიც წარმოადგენს მულტიდისციპლინარულ მეცნიერებას და მოიცავს ანატომიას, ელექტრონიკას, რობოტოტექნიკას, მექატრონიკს, თოჯინათმცოდნეობას. ანიმატრონიკები მიეკუთვნება რობოტიზებულ მოწყობილობებს, რომლებიც ახდენს ადამიანისა და ცხოველების იმიტაციას. რობოტებს, რომელიც შექმნილია სპეციალურად ადამიანის მოძრაობების იმიტაციისათვის უწოდებენ ანდროიდებს. თანამედროვე ანიმატრონიკამ ნახა ფართო გამოყენება კინოხელოვნებაში სპეც ეფექტების შექმნისას, ატრაქციონების თემატიკური პარკების მოწყობაში და დღეისათვის ძირითადად გამოიყენება გასართობ ინდუსტრიაში [1].

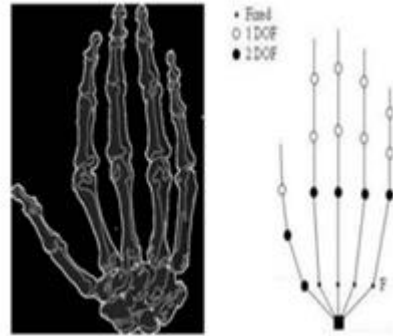
ანიმატრონიკული ფიგურების გამოყენებამ საფუძველი დაუდო მე-15 საუკუნეში ცნობილი ჩეხი მესაათის მისტერ ჰანუშის მიერ ძველი პრალის სტარომეჟსკის მოედანზე აგებულმა საათის კურანტებმა, რომელიც დღესაც კი ადგაფრთოვანებთ დიდ მოოქროვილ წრეში ასახული დროის მაჩვენებლით, ძუნწისა

და სიკვდილის ქანდაკებებით, თორმეტი მოძრავი აპოსტოლითა და მამლით, რომელიც ყვივს ყოველ საათში (სურ. 1).

რობოტების მსგავსად ანიმატრონიკებსაც აქვთ მექანიზმი მოძრაობისათვის, მაგრამ რობოტოტექნიკასა და ანიმატრონიკას შორის მთავარი განსხვავება მაინც მათი მოდელების გარეგნობაშია. არსებობენ ჰუმანიტერული რობოტებიც, მაგრამ მათ აქვთ უნივერსალური ფუნქციი, ხოლო ანიმატრონიკები ამ მხრივ ძალზედ შეზღუდულია.



სურ. 1. პრატის სტარომერჯის საათი



სურ. 2 ადამიანის ხელის თავისუფლების ხარისხი

ანიმატრონიკა - ეს რობოტოტექნიკის ის მიმართულებაა, რომელიც მოდელების შექმნითაა დაკავებული, მოდელების რომლებიც მსგავსია რეალური პერსონაჟებისა თავისი მოძრაობებით, ემოციით და ლაპარაკითაც კი. ანიმატრონიკულ ობიექტებში გარეგნობისა და ტანსაცმლის შერჩევა წარმოადგენს უფრო მნიშვნელოვან და საპასუხისმგებლო ამოცანას, ვიდრე მათ მიერ შესრულებული ფუნქციონალის სირთულე და მრავალფეროვნება.

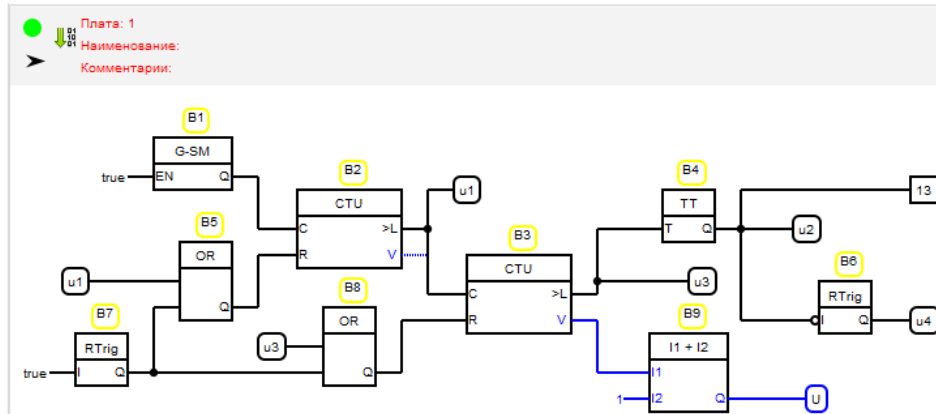
2. ძირითადი ნაწილი

ანიმატრონიკული მოდელის შემადგენელი ნაწილის, ხელის ეფექტორის შექმნისა და მისი დაპროგრამების დროს ჩვენს მიერ დასმული ინჟინრული ამოცანა მდგომარეობდა ხელის მტევნის აგებაში, მის დაპროგრამებაში და გამოცდაში. ხელები ადამიანის უმნიშვნელოვანესი ორგანოებია. ისინი გვეხმარება შევასრულოთ სხვადასხვა ამოცანები, დაწყებული დიდი ძალის გამოყენებიდან დამთავრებული ზუსტი დავალებებით. ხელების ეს უნივერსალობა შესაძლებელია მათი სირთულიდან გამომდინარე. სახსრების ურთიერთდამაკავშირებელი ძვლების დიდი რაოდენობით და ნერვიული სისტემის მკვირივი კუნთოვანი სისტემით. ხელი შედგება 27 სხვადასხვა ძვალისაგან. მას აქვს 24 თავისუფლების ხარისხი, ოთხი მათგანი ოთხი თითში, სამი ცერა თითში და პლიუს ამას, ხუთი - მაჯაში (სურ. 2). კუნთების უმრავლესობა მდებარეობს წინამხარში და მათი მოძრაობა მყესების მეშვეობით გადაეცემა თითებზე [2].

ანიმატრონიკების მართვაში ფართო გამოყენება ჰპოვა ხელოვნური ინტელექტის მიღწევები, მაგ. Fuzzy ტექნოლოგიები, დიალოგის წარმართვისათვის გამოყენება პროგრამული საშუალება chatbot, მოძრაობის პოზიციონირებისათვის კი Arduino-ს დაფა [3]. ანიმატრონიკული ეფექტორის ფიზიკური აგებისას ჩვენ გამოვიყენეთ საილუსტრაციო მასალა: Simple Animatronics (robotic Hand) : 9 Steps. მის დასაპროგრამებლად - დაპროგრამების გარემო FLProg [4], ელექტრული სქემების ასაგებად კი - პროექტირების სისტემა Fritzing [5].

თითების მოძრაობისათვის გათვალისწინებულია ხუთი სერვომოძრავი, რომელთა მართვის პროგრამის შექმნისთვის FLProg გარემოში შექმნილია ექვსი სამუშაო დაფა (Плата) [5], აქედან პირველ დაფაზე განთავსებულია საერთო მართვის პროგრამა (სურ. 3), ხოლო დანარჩენ სუთ დაფებზე კი ინდივიდუალური სერვომოძრავების პროგრამები (სურ. 4).

საერთო პროგრამაში მართვის სიგნალების ფორმირებისათვის, პირველი დაფის ტეგების ზონაში შექმნილია u1, u2, u3, u4 ბულის ტიპის ცვლადები. მათგან u1 და u3 არის საკუთარი მოხმარებისთვის განკუთვნილი, ისინი ასრულებენ B2 და B3 მთვლელების უკუკავშირების ფუნქციას ციკლური მუშაობის უზრუნველყოფისათვის, ხოლო u2 და u4 არის საერთო. აქვე შექმნილია Integer ტიპის ცვლადი U და ბულის ტიპის ცვლადები uk1_1, uk1_2, uk1_3, რომლებიც ინდივიდუალური სერვომოძრავების მართვისათვის არიან განკუთვნილი.

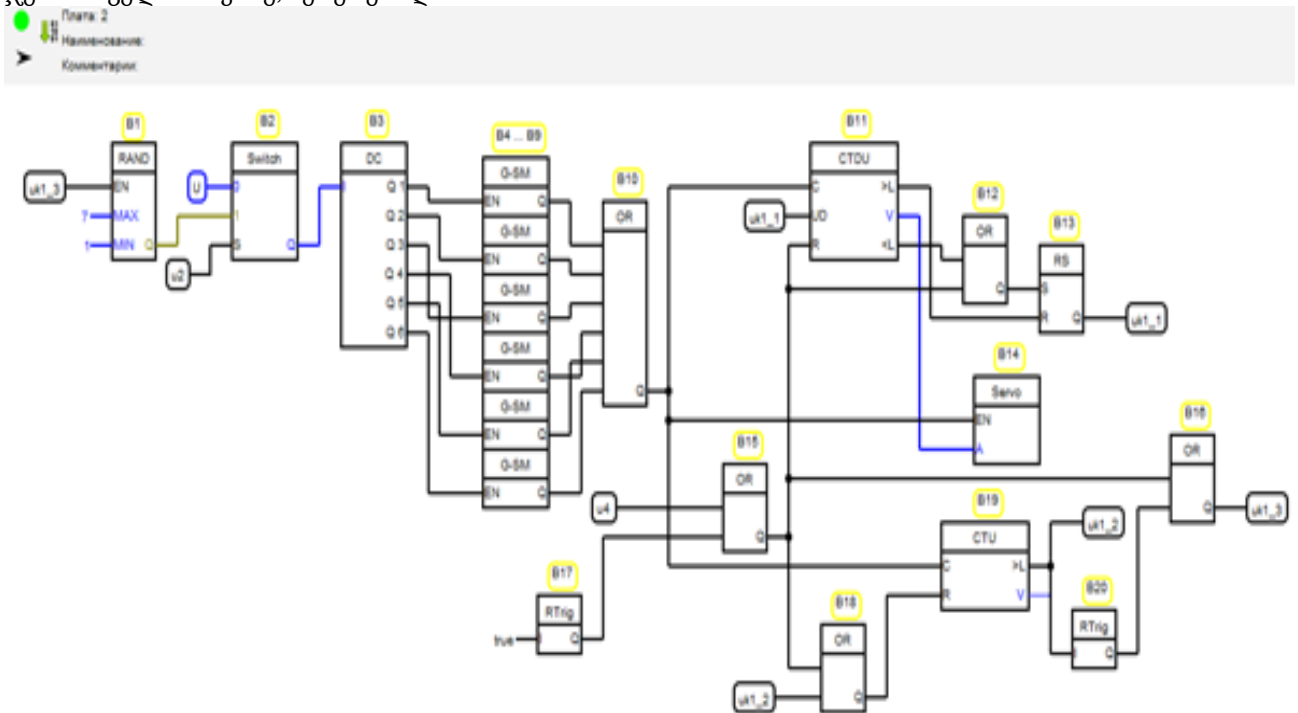


სურ. 3. სერვომძრავების საერთო მართვის პროგრამა

სერვომძრავების მართვის საერთო პროგრამაში (სურ. 3) იმპულსების B1 გენერატორი დაპროგრამებულია სიმეტრიული იმპულსების გენერირებისათვის 24 მლწ პერიოდით. მის მიერ გამომუშავებული იმპულსები მიეწოდება პირველ მთვლელს B2, რომელიც მუშაობს ციკლური თვლის რეჟიმში და ითვლის 360 იმპულსს თვითოეულში. ამ ფუნქციის შესრულებაში მას ეხმარება u1 სიგნალი, რომელიც გამომუშავდება მაშინ, როდესაც მთვლელი დაითვლის 360-მდე. ეს გამომუშავებული სიგნალი აყენებს B2 მთვლელს ნულოვან მდგომარეობაში B5 ლოგიკური შეკრების ბლოკის გავლით, რის შემდეგაც ციკლი მეორდება. u1 სიგნალი მიეწოდება აგრეთვე მეორე მთვლელს B3, რომელიც მუშაობს აგრეთვე ციკლურად 6-მდე. u3 უკუკავშირი აყენებს ამ მთვლელს ნულოვან მდგომარეობაში B8 ბლოკის გავლით, როცა იგი დაითვლის 6-მდე. და ციკლი იწყება თავიდან. მთვლელი B3 თავის V გამოსასვლელზე აფიქსირებს რიცხვებს 0, 1, 2, 3, 4, 5.

სერვომძრავების ინდივიდუალური მართვის პროგრამებიდან ნაჩვენებია მხოლოდ პირველი (სურ. 4), რომელიც განთავსებულია მეორე დაფაზე. დანარჩენი პროგრამები ანალოგიურია პირველისა და აქ არ შევხებით. ისინი განლაგებულია შემდეგ ოთხ დაფაზე.

ხელის ეფექტორის მუშაობის ალგორითმი მდგომარეობს შემდეგში. ძრავები მუშაობენ სიჩქარეების ან დეტერმინებული ან ფსევდოშემთხვევითი შერჩევის პრინციპით. სხვადასხვა სიჩქარეების საერთო რაოდენობა ტოლია ექვსის. დეტერმინებული მართვის დროს ეს სიჩქარეები გენერირდება მიმდევრობით: ჯერ პირველი სიჩქარე, მერე მე-2 და ა.შ.



სურ. 4 პირველი სერვომძრავების ინდივიდუალური მართვის პროგრამა

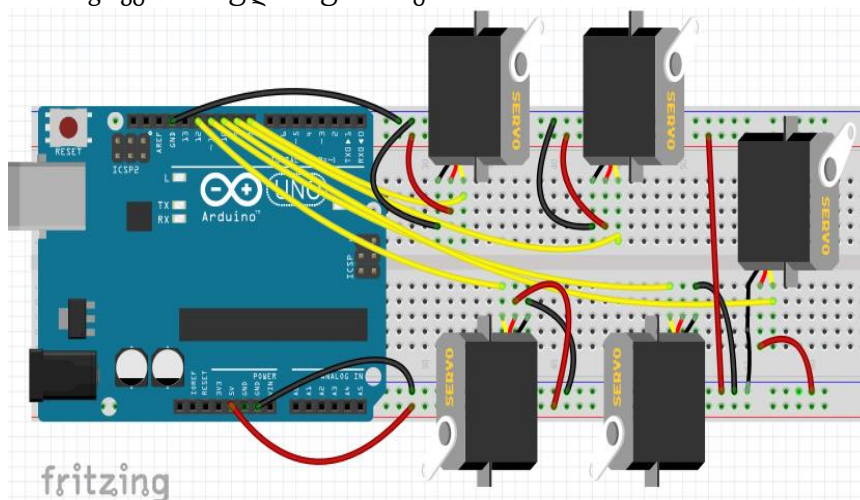
სიჩქარეების ფსევდომეტოხვევითი გენერირებისათვის გამოყენებულია B1 ბლოკი RAND, რომელიც ყოველი uk1_3 სიგნალის დამთავრების შემდეგ (სურ. 3) თავის გამოსასვლელზე აფორმირებს შემთხვევით რიცხვს ერთიდან ექვსამდე. მისი გამოსასვლელი შეერთებულია გადამრთველი B2 ბლოკის პირველ შესასვლელზე, რომლის ნულოვან შესასვლელზე მიერთებულია საერთო მართვის ბლოკის U ცვლადი, რომელზედაც როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ხდება რიცხვების ფორმირება 1-დან 6-მდე ჩათვლით მიმდევრობით.

რეჟიმებს შორის გადართვა ერთიდან მეორეზე, ხდება საერთო მართვის ბლოკში გამომუშავებული u2 სიგნალით. როდესაც ეს სიგნალი ნულოვან მდგომარეობაშია, მაშინ B2 ბლოკის გამოსასვლელზე გამოვა რიცხვები U შესასვლელიდან, ხოლო როცა იგი მიიღებს ერთიანის მდგომარეობას მაშინ B2 ბლოკის გამოსასვლელზე გამოვა რიცხვები მისი პირველი შესასვლელიდან, ანუ B1 ბლოკიდან. B2 ბლოკი შეერთებულია დეშიფრატორზე B3, რომელიც იმისდა მიხედვით, თუ რა რიცხვი მოვა მის შესასვლელზე 1-დან...6-მდე, გამოიმუშავებს ერთერთ მის შესაბამის გამოსასვლელზე Q1...Q6 ლოგიკურ ერთიანს, დანარჩენებზე კი ნოლს.

ლოგიკური ერთიანი დეშიფრატორის გამოსასვლელიდან გაუშვებს მის შესაბამის გენერატორს B4...B9, რომლებიც აწყობილია 2, 4, 8, 16, 32, 64 მილიწამის ხანგრძლივობის იმპულსების გამომუშავებაზე, რითაც მიიღწევა სერვომრავების სხვადასხვა სიჩქარეებზე გადართვა. დეტერმინებულ რეჟიმში ყველა სერვომრავი მუშაობს სინქრონულად, ერთი და იგივე სიხშირით, ფსევდომეტოხვევით რეჟიმში კი მუშაობენ ასინქრონულად სხვადასხვა სიხშირეებზე ინდივიდუალური B1 რენდომ ბლოკების მეშვეობით.

ამუშავებული გენერატორიდან გამომავალი სიგნალები B10 ლოგიკური შეკრების ბლოკის გავლით მიეწოდება რევერსიულ მთვლელს B11, რომელიც ითვლის ჯერ დადებითი თვლის რეჟიმში 180-მდე, შემდეგ უარყოფითი თვლის რეჟიმში ნოლამდე, შემდეგ ისევ დადებითი თვლის რეჟიმში და ა.შ. ამ მთვლელის მართვა ხდება RS ტრიგერის მეშვეობით (ბლოკი B13). იგი საწყის მომენტში დგება ერთიანის მდგომარეობაში Rtrig ტრიგერის B17 სიგნალით, რომელიც ლოგიკური შეკრების ბლოკის B15 გავლით დააყენებს B11 მთვლელს ნულოვან მდგომარეობაში, ხოლო B12 ბლოკის გავლით - RS ტრიგერს ერთიანში.

ლოგიკური ერთიანი B13 ტრიგერის გამოსასვლელიდან uk_1 ცვლადის მეშვეობით მიეწოდება B11 მთვლელის UD შესასვლელს და დააყენებს მას დადებითი თვლის რეჟიმში. როდესაც მთვლელი დაითვლის 180 იმპულსს მაშინ B11 მთვლელის გამოსასვლელზე გამომუშავდება >L სიგნალი. იგი დააყენებს ტრიგერს ნულოვან მდგომარეობაში და გადაიყვანს B11 მთვლელს კლების რეჟიმში. როდესაც ეს მთვლელი ჩამოვა ნოლამდე მაშინ მის მიერ გამომუშავებული სიგნალი <L ლოგიკური შეკრების ბლოკის B12 გავლით ისევ დააყენებს RS ტრიგერს ერთიანის მდგომარეობაში, რაც ისევ გადაიყვანს B11 მთვლელს შეკრების რეჟიმში და ა.შ. B11 ბლოკის ანალოგური V გამოსასვლელი მიერთებულია სერვომრავის ანალოგურ A შესასვლელზე და დააყენებს მას იმ კუთხეზე, რა რიცხვიც არის მიწოდებული ამ შესასვლელზე. ძრავის ამუშავებას კი ნებას რთავს ერთეულოვანი სიგნალი რომელიც მიეწოდება მის EN შესასვლელს B10 ბლოკის გამოსასვლელიდან. ხუთი სერვომრავის მართვის ელექტრული პრინციპიალური Fritzing სქემა ასახულია სურ. 5-ზე.



სურ. 5 ხუთი სერვომრავის მართვის ელექტრული პრინციპიალური Fritzing სქემა

3. დასკვნა

ამ ნაშრომში წარმოდგენილია ანიმატრონიკული ხელის ეფექტორის მართვის სქემა, არდუინოს კონტროლერისა და სერვომორავების მეშვეობით და რომელიც შეიძლება დაპროგრამირდეს თითების ნებისმიერ მოძრაობაზე. დღეისათვის ადამიანის ხელის ეფექტორებს, რომლებიც გამოიყენება რობოტების ინოვაციურ დამუშავებებში გააჩნიათ განსაკუთრებული უნარები და მოქნილობა ობიექტის საგნების მანიპულირებაში. მიუხედავად ამისა საკითხი განიცდის მუდმივ განახლებასა და განვითარებას, ხელოვნური ინტელექტის მიღწევების გამოყენებით. თანამედროვე ანიმატრონიკა შეიძლება იყოს ეფექტიური ფარმაცევტულ და სამედიცინო დანიშნულებისათვის. ანიმატრონიკები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ადამიანის ორგანოების შესაცვლელადაც კი. ანიმატრონიკამ ფართო გამოყენება ჰპოვა ფილმებში სპეც. ეფექტების შექმნისთვის და თემატიურ პარკებში. ამჟამად შექმნილი 10000-ზე მეტი ანიმატრონიკული მოდელი გამოიყენება ძირითადად გასართობ სანახაობებში. ანიმატრონიკებს გააჩნიათ დიდი პერსპექტივები ჩვენი ქვეყნის ტურისტულ ინფრასტრუქტურაში სასტუმროების, კვების ობიექტების გაფორმებაში და ატრაქციონებში.

ლიტერატურა:

1. G Mayukha, Mrs.N.MenakaDevi // ANIMATRONIC HAND SYSTEM CONTROLLED BY HAND GESTURES // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) // (IRJET) // Volume: 07 Issue: 05 // May 2020 <https://www.irjet.net/archives/V7/i5/IRJET-V7I51361.pdf>
2. Rudolf Jánoš, Ján Semjon, Jozef Varga, Filip Špakovský, Peter Marcinko // Design of Animatronics Effector // Department of Robotics, Technical University of Kosice, Slovakia // Journal of Automation and Control // Vol. 4, No. 2, 2016, pp 22-25 <http://pubs.sciepub.com/automation/4/2/3/index.html>
3. Steve Koci // The Ultimate Guide To Do It Yourself Animatronics // Published December 27th 2018 by T & L PUBLICATIONS, INC. :: California (US) :: OpenCorporates // Perfect Paperback, 214 pages. <https://www.goodreads.com/book/show/46023043-the-ultimate-guide-to-do-it-yourself-animatronics>
4. ჯ. გრიგალაშვილი // Arduino-ს ვიზუალური დაპროგრამება FLProg გარემოში // სახელმძღვანელო // ბიბლიოთეკა სტუ, CD – 3869 // 2017 წ. 289 გვ.
5. ჯ. გრიგალაშვილი // პროექტების კრებული არდუინოში // დამხმარე სახელმძღვანელო // ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სახელმძღვანელოები // 2021წ. 388 გვ.

ANIMATRONIC EFFECTOR PROCESSING IN A GRAPHICAL PROGRAMMING ENVIRONMENT

Jemal Grigalashvili, Elza Imnadze, Vakhtang Chantadze

1- Georgian Technical University,

2 - Ilia State University

Summary

The article describes the procedure of processing an animatronic effector using a visual graphical programming environment. Animatronic technologies create animatronic objects and work with algorithms and mechanisms that appear as living beings: people, animals, etc. These objects are more realistic than robotic devices. The basis of their mechanism presents various combinations of mechanical and electronic components. The goal of the research is to create a robotic hand that would be as close as possible to the human hand, and its kinematics, the approximation of which was one of our priorities. The model of an operation program is processed in the FLProg graphical environment, and the electrical principle scheme is made based on the Fritzing program.

Keywords: animatronics, animatronics hand, Arduino controller, graphic processing environment, servomotors, electric scheme.

ფილმის მომგებიანობის პროგნოზირება ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით

ვახტანგ ტაბატაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ფილმის მომგებიანობის პროგნოზირების საკითხი. მიზანია განვიხილოთ მეთოდები, რომლებიც საფუძვლად ედება ასეთი ხელოვნური ინტელექტის შექმნას. რასაკვირველია, ეს არ არის მარტივი საქმე, რადგან დღესდღეობით 100 მილიარდიანი ინდუსტრია დგას ამ რიცხვებზე. თანამედროვე კინონდუსტრიაში კი ახალი იდეების შიმშილია - წარმატებული ფილმები ორიგინალური იშვიათად თუ არის. სტუდიები უფრო უსაფრთხო გზას მიმართავენ: არსებული ფორმულით უკვე ნაცნობ აუდიტორიაზე გადაიან და ფილმი, ძალიან იშვიათი შემთხვევების გარდა, ყოველთვის მომგებიანია. სტატისტიკის ფარგლებში წარმოდგენილია ანალიზის რამდენიმე მეთოდი. ხდება ხელოვნური ინტელექტის სხვადასხვა მოდელის შედარება და იწონება ფილმების ცნობილ თვისებატა (feature) მნიშვნელობა. ფილმი მიიჩნევა წარმატებულად, თუკი მისმა შემოსავალმა მკაცრად გადააჭარბა ორმაგ ბიუჯეტს. ნაშრომში ჩატარებულია ექსპერიმენტების კვლევის გრადიენტული გაუმჯობესების და შემთხვევითი ტყის მოდელზე - გაანალიზებულია ამ მოდელების პლუსები და რა შემთხვევაში აჩვენებდა თითოეული მათგანი უკეთეს შედეგს. ასევე, აღწერილია მომავალი პერსპექტივები კინონდუსტრიაში მსგავსი მეთოდების დანერგვასთან დაკავშირებით.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი. გადაწყვეტილების ხე. ფილმის შემოსავალი. imdb. მსახიობი. რეჟისორი. გრადიენტული გაუმჯობესება. შემთხვევითი ტყე.

1. შესავალი

მე-19 საუკუნის ბოლოს პირველი ფილმის გადაღებიდან კაცობრიობა მუდმივად დაინტერესებული იყო ამ სფეროთი, როგორც თვითრეალიზების ახალ მედიუმად. ამბების, მოვლენებისა და ფანტაზიების ფართო მასებამდე მიტანა არასდროს ყოფილა ასეთი მარტივი. კინოხელოვნება მალევე ჩამოყალიბდა ხელოვნების ცალკე მიმდინარეობად და მეოცე საუკუნის დასაწყისში უკვე იქცა გასართობი ინდუსტრიის ერთ-ერთ უდიდეს მიმართულებად. პროდიუსერები აქტიურად ცდილობდნენ გადაეღოთ რაც შეიძლება ბევრი ფილმი, რამაც ინდუსტრიის ზრდას კიდევ უფრო შეუწყო ხელი.

კინოს ზრდასთან ერთად ეს სფერო შემოსავლის მნიშვნელოვანი წყარო გახდა ბევრი ადამიანისთვის. ეს შემოსავალი კი ფილმის წარმატებაზე იყო დამოკიდებული. უკვე სახელგანთქმული მსახიობების ფილმში მონაწილეობა კი ამ წარმატების შანსებს საგრძნობლად ზრდიდა - მაგრამ ასევე, ზრდიდა ხარჯებაც. მძიმე იყო შედეგები, თუკი ფილმი ვერ მოახერხებდა მომგებიანი ყოფილიყო და განსაკუთრებით ცუდ შემთხვევებშიც კი, ფილმი დანახარჯების ნახევარსაც კი ვერ ფარავდა. ასეთ ფილმებს შეეძლოთ (და დღემდე შეუძლიათ) წუთებში დაასრულონ აღმავალი მსახიობის და რეჟისორის კარიერა.

2. ძირითადი ნაწილი

ფილმების მონაცემების მოპოვება და დამუშავება მოსალოდნელზე რთული აღმოჩნდა. ამისთვის გამოვიყენეთ უკვე არსებული IMDB-დან დაექსპორტებული 5000 ფილმიანი მონაცემთა ბაზა². ამ ბაზაში მოცემულია ბევრი ინფორმაცია, როგორცაა ფილმის ბიუჯეტი, 3 მსახიობი, რეჟისორი, კატეგორიები, მსახიობების გვერდების ლაიქების რაოდენობა Facebook-ზე, IMDB რეიტინგი და ასე შემდეგ. თავდაპირველად, განვსაზღვროთ რა არის ის მინიმალური ველები, რომლებიც საჭირო მონაცემთა ანალიზისთვის. ასეთებია:

- რეჟისორის სახელი
- მსახიობების 1, 2 და 3 სახელები
- ფილმის ხანგრძლივობა
- ფილმის ბიუჯეტი

ასევე, წინასწარ უნდა განისაზღვროს რა ითვლება „მომგებიან“ ფილმად.

² <https://www.kaggle.com/datasets/carolzhngdc/imdb-5000-movie-dataset>

ზოგადად მიიჩნევა რომ ფილმს აქვს დანახარჯების ორი მიმართულება - გადაღების ბიუჯეტი და მარკეტინგი. ითვლება, რომ სტანდარტული ფილმის შემთხვევაში ეს ორი მნიშვნელობა მიახლოებით ერთნაირია. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, იმისთვის რომ გადამღები სტუდია წაგებაში არ წავიდეს და ყველა ხარჯი დაფაროს, ფილმმა თავისი ბიუჯეტი ორმაგად უნდა გამოიმუშაოს. ამიტომ შეგვიძლია არსებულ მონაცემებს დავამატოთ კიდევ ერთი სვეტი - მომგებიანობა, რომელიც განისაზღვრება მარტივი ფორმულით:

$$IF \text{ gross} > 2 * \text{ budget THEN } 1 \text{ ELSE } 0$$

შესაბამისად, ახალ სვეტში გვექნება „1“ თუკი ფილმი მომგებიანია, ხოლო „0“ სხვა შემთხვევაში.

ამრიგად, ჩვენი ამოცანა დავიდა კლასიფიკაციის ამოცანად - სადაც გვაქვს ორი კატეგორია და ამ ორ კატეგორიაში უნდა გავანაწილოთ მონაცემები. თავად მონაცემები კი გვაქვს ორი ტიპის:

1) რიცხობრივი მონაცემები: ხანგრძლივობა და ბიუჯეტი. ეს ნიშნავს, რომ მონაცემი არის რიცხვითი და შესაბამისად უნდა დამუშავდეს;

2) კატეგორიული მონაცემები: მაგ. რეჟისორის და მსახიობების სახელები. სახელი შეგვიძლია შევავსოთ როგორც კატეგორია, მაგალითად თუ კი ფილმში მონაწილეობენ მსახიობები ჯონი დეპი და ორლანდო ბლუმი, გვექნება ორი კატეგორია - A და B.

აქედან გამომდინარე, ჩვენმა ხელოვნურმა ინტელექტმა უნდა შეხედოს შემომავალ მონაცემებს და პასუხად გვითხრას რომელ კატეგორიას მიეკუთვნება ფილმი. აღსანიშნავია ისიც, რომ ამ მონაცემებს აქვთ სტრუქტურული, ცხრილის სახე. ამიტომ პირველივე ვარიანტი რაც შეგვიძლია შევქმნათ არის გადაწყვეტილების ტყეები (Decision forests).

სანამ შემდეგ ნაწილზე გადავიდოდე, აუცილებლად არის სათქმელი, რომ მონაცემები დაბალანსებული არაა. ბაზაში არსებული ჩანაწერების მხოლოდ 27% არის მომგებიანი, ხოლო დანარჩენი - არა. ამიტომ აუცილებელია გამოვიყენოთ დაბალანსების წონები. თითოეულ მომგებიან ფილმს მივანიჭოთ წონა 3.6, ხოლო წამგებიანს - 1. ამის შემდეგ მონაცემები უკვე იქნება დაბალანსებული და ხელოვნური ინტელექტის ამოცანების შესაბამისად, შეგვიძლია გავყოთ ორ ნაწილად - საწვრთნელი და სატესტო, ხვედრითი წილი 80% და 20%.

თავდაპირველი დაკვირვებით ცხადია, რომ მონაცემები ერთმანეთთან არის დაკავშირებული. კარგი იქნება, თუკი ეს ყოველ შემდეგ იტერაციაზე გადაწყვეტილების ხე წინა მნიშვნელობებს დაემატება. სწორედ ასეთი შემთხვევებისთვის არსებობს Gradient Boosting.

მოდელის დასწავლის რეჟიმზე გაშვების შემდეგ სატესტო მონაცემებზე შემოწმების დროა. მიღებული შედეგია - Accuracy: 69.1%. მიუხედავად იმისა, რომ ეს შედეგი არის პოზიტიური, შესაძლებელია მისი საგრძნობლად გაუმჯობესება რამდენიმე მცირე დაკვირვების შედეგად.

უპირველესად, შევნიშნოთ რომ, მიუხედავად მონაცემების დამოკიდებულებისა, ისინი მაინც გაბნეულია ერთმანეთისგან. მაგალითისთვის, ამ ჩანაწერებში უნიკალური რეჟისორების რაოდენობა არის 2399, ხოლო 15000 შესაძლო მსახიობებიდან მხოლოდ 6256-ია უნიკალური. რაც ნიშნავს, რომ თითოეული მსახიობი და რეჟისორი სიაში გვხვდება საშუალოდ 2.5-ჯერ. ამის გამო გრადიენტული გაუმჯობესების მეთოდი სასურველ შედეგს ვერ გვაძლევს. რადგან მონაცემები გარკვეულწილად შემთხვევითია, მაგრამ ერთმანეთთან კავშირს მაინც ინარჩუნებს, გადავიდეთ Random Forests მოდელზე. განსხვავება ამ ორ მოდელს შორის ისაა, რომ Gradient Boosting ნაბიჯ-ნაბიჯ აუმჯობესებს გადაწყვეტილებებს, ხოლო Random Forests კი ცალ-ცალკე აგებს გადაწყვეტილების ხეს და შემდეგ აერთიანებს. არსებულ მონაცემებზე იმავე პარამეტრებით Random Forests მოდელი იძლევა შედეგს: Accuracy 73.3%.

აღსანიშნავია, რომ ამ მოდელში ჩვენ ვიყენებთ მხოლოდ ექვს ველს, feature-ს, ხოლო მონაცემთა ბაზაში 28 მახასიათებელია ხელმისაწვდომი. საინტერესოა, რა შედეგი ექნება, თუკი ნელ-ნელა გავზრდით მახასიათებლების რაოდენობას.

პირველი, რომელიც შემოვიტანე დამატებით არის IMDB რეიტინგი. ცხადია, რეალურ სიტუაციებში ეს რეიტინგი ფილმის გამოსვლის შემდეგ დგება და წინასწარ შეუძლებელია განისაზღვროს თუ რა იქნება, მაგრამ სპორტული ინტერესისთვის ჩავთვალოთ, რომ ეს მონაცემი უკვე არსებობს. ასეთ შემთხვევაში ორივე მოდელის შედეგი საგრძნობლად უმჯობესდება - Gradient Boosting: 73.9%, Random forests: 76.1%. ერთი შეხედვით Gradient boosting-ისთვის IMDB რეიტინგს შედეგი არ უნდა ჰქონდეს, რადგან ფილმების რეიტინგს ერთმანეთთან საერთო არაფერი აქვს, მაგრამ რეალურად ეს დამოკიდებულებას ზრდის

მსახიობებსა და რეჟისორებს შორის. შესაბამისად, შედეგიც უმჯობესდება. შედეგის გაუმჯობესების მიზეზიც იგივეა Random Forests-ის შემთხვევაში.

შეგვიძლია კიდევ განვავრცოთ ანალიზი და დავამატოთ დამატებით ერთი ველი, რომელიც შეიძლება ასევე მნიშვნელოვანი იყოს. ეს ველია ფილმის ჟანრი. ასეთ შემთხვევაში შედეგები დიდად არ იცვლება, მაგრამ პროგრესი მაინც სახეზეა: Gradient Boosting – Accuracy: 75.6%, Random forests – Accuracy: 77.4%.

როგორც ვხედავთ, მონაცემების წინასწარი ანალიზით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ფილმი მომგებიანი იქნება თუ არა. პარამეტრების რაოდენობის ზრდით კი ამ წინასწარმეტყველების შედეგი უმჯობესდება - ამ სტატიის ფარგლებში 8%-იანი ზრდა შევძელით თავდაპირველი ვერსიიდან ბოლომდე. მომავალში სასურველი იქნება თუკი კლასიფიკაციის შემავალ მონაცემებს დაემატებოდა ისეთი პარამეტრები, როგორცაა:

- განსაზღვრული აუდიტორიის ასაკი (PG-13, PG-17, ა.შ.);
- რეჟისორების და მსახიობების უკანასკნელი ფილმის წარმატება;
- კინოკრიტიკოსების შეფასებები;
- ფილმის თეგები;
- აღწერა.

მიუხედავად იმისა, რომ მონაცემების რაოდენობა ხელს არ გვიწყობს, მაინც შესაძლებელია საკმაოდ მაღალი დადებითი შედეგის მიღება. საინტერესო იქნებოდა, როგორ შეიცვლება ეს შედეგები, თუკი თითოეულ მსახიობსა და რეჟისორზე 2 ფილმის ნაცვლად გვექნებოდა 10 ან 15. ეს საშუალებას მისცემდა ხელოვნურ ინტელექტს კავშირები აღმოეჩინა ფილმში მონაწილეებს შორის. ჩემი აზრით, Gradient Boosting მეთოდი უფრო მეტად ისარგებლებდა ამ ახალი მონაცემებით ვიდრე Random Forests, მაგრამ ორივე შემთხვევაში შედეგი საგრძნობლად გაუმჯობესდებოდა.

3. დასკვნა

დღესდღეობით უფრო და უფრო იკლებს „ორიგინალი“ ფილმების რაოდენობა. იზრდება ძველი ფილმების „რიმეიქების“ რაოდენობა, იღებენ ახალი ფილმების „გაგრძელებებს“ და ასე შემდეგ. ამის მარტივი მიზეზი კი არის ფილმის უსაფრთხოება: გადამღებმა სტუდიებმა გარანტირებულად იციან, რომ მსგავს ფილმებს ჰყავთ უკვე ნაცნობი აუდიტორია და წაგებაში არასდროს არ წავლენ. ამის ხარჯზე კი კინოინდუსტრია განიცდის ახალი იდეების ნაკლებობას და ის თავდაპირველი მიზეზი, რაც ალაფრთოვანებდა კაცობრიობას ამ სფეროში ასი წლის წინ, გზადაგზა იკარგება.

ასეთი ანალიზით შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს პოტენციური მოგება იქამდე, სანამ ფილმი pre-production ეტაპზე გადავა. მაგალითისთვის, ჩვენი საწყისი მოდელი მხოლოდ მსახიობებზე და რეჟისორებზე დაყრდნობით 70%-ით სწორად წინასწარმეტყველებდა იქნებოდა თუ არა ფილმი მომგებიანი. ეს მონაცემები კი გადამღები სტუდიისთვის მაღევეა ცნობილი. მოდელის უკეთ გაწვრთნისა და ზოგადად, უკეთესი მოდელის შერჩევის შემთხვევაში კი მოსალოდნელია, რომ ამ სტატიაში მიღწეული 77%-იანი შედეგი გაუმჯობესდეს 85%-მდე. ეს კი უფრო მეტ კარს გაუხსნის ახალ იდეებსა და კინოინდუსტრიას ახალ სულს ჩაბერავს.

ლიტერატურა:

1. https://keras.io/examples/structured_data/classification_with_tfidf/
2. <https://pursuit.unimelb.edu.au/articles/has-hollywood-run-out-of-original-ideas>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree_learning
4. <https://towardsdatascience.com/understanding-random-forest-58381e0602d2>
5. <https://towardsai.net/p/l/imbalanced-data-and-how-to-balance-it>
6. https://keras.io/examples/structured_data/deep_neural_decision_forests/

MOVIE BOX OFFICE PROFITABILITY PREDICTION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Vakhtang Tabatadze

Georgian Technical University

Summary

In this article I want to discuss how can we predict whether the movie will be successful at box office. Main idea is to discuss methods which lay as a foundation to creation of such artificial intelligence. Of course, this is no easy job since industry worth of hundreds of billions of dollars is resting on these models. Modern cinema is suffering from idea "hunger" – rarely we meet original movies between successful ones. Studios are more careful and stick to the old formula that works on known audiences. This way such movies lose money on very rare occasions. I want to discuss multiple methods of analysis, compare different artificial intelligence models and weight the value of provided features. A film in this article is considered successful if its income is strictly more than twice as much as budget. In the scope of this work two different models are discussed – Gradient boosting and Random forests. We analyze conditions where each of these would have performed better, and discuss future possibilities in regards to establishing such artificial intelligence-based methodologies in cinema.

Keywords: Artificial Intelligence, Decision trees, Box office, movies, imdb, actors, directors, gradient boosting, random forest

„შემოქმედებითი აზროვნების საფუძვლების“ საგნის სწავლებისათვის

გელა ღვინევაძე, ნინო ჯოჯუა, ანნა ბუზალაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ცალკეულ ადამიანებს, კოლექტივებს თუ სახელმწიფოებს ყოველთვის უხდებოდათ და უხდებოდათ მათ წინაშე წამოჭრილი პრობლემების შესწავლა-გაანალიზება და შესაბამისი გადაწყვეტილებების მიღება. ცნობილია, რომ აღნიშნული პროცესების ხარისხის ამაღლებისადმი მოთხოვნები განსაკუთრებით მკვეთრად იზრდება ქვეყანაში არსებული გარემო-პირობების შეცვლის პერიოდებში. სწორედ ასეთ ვითარებაში იმყოფება დღეს საქართველო და სიტუაციის უკეთესობისაკენ შესაცვლელად აუცილებელი არის შემოქმედებით აზროვნებაზე დაფუძნებული მეთოდების გამოყენება. ვთვლით, რომ შესაბამისი ცვლილებები, პირველ რიგში, უნდა მოხდეს სწავლებისა და მეცნიერების სფეროებში. ამასთან, დასახული მიზნების მისაღწევად შესწავლილი და გამოყენებული უნდა იქნას ამ მიმართულებით მოწინავე, როგორც საზღვარგარეთული, ასევე ადგილობრივი ის გამოცდილება, რომელშიც აქცენტი კეთდება ტრანს- და ინტერდისციპლინურ მიდგომებზე. სწორედ აღნიშნულ მიზანს ემსახურება ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე არჩევითი საგნის „შემოქმედებითი აზროვნების საფუძვლების“ სწავლება.

სტატიაში საუბარია ამ საგნის სწავლების პროცესში დაგროვილ გამოცდილებაზე.

საკვანძო სიტყვები: შემოქმედებითი აზროვნება. ტრანსდისციპლინურობა. ინტერდისციპლინურობა. სწავლების სფერო.

1. შესავალი

ბოლო ათწლეულებში საქართველოს ცხოვრებაში მომხდარმა მკვეთრმა ცვლილებებმა - მხედველობაში გვაქვს ქვეყნის მიერ დამოუკიდებლობის მოპოვება, ეკონომიკური წყობის შეცვლა და წამოჭრილი გარე საფრთხეები - თვისებრივად ახალი ამოცანები დააყენა როგორც ცალკეული ადამიანების, ასევე მათი კოლექტივების და მთელი სახელმწიფოს წინაშე.

სიტუაციის უკეთესობისაკენ შესაცვლელად საჭირო გახდა ახლად შექმნილი გარემოებების საფუძვლიანად გაანალიზება და შესაბამისი გადაწყვეტილებების მიღება.

ლოგიკურია, რომ ამ სფეროებიდან ჩვენ მიერ საკვლევ მიმართულებად შეირჩა სწავლების სფერო. იგი, თავის მხრივ, მჭიდრო კავშირშია სამეცნიერო დარგებსა და მათში არსებულ იმ საერთო პრობლემებთან, რომელთაგან, უპირველეს ყოვლისა, გამოვარჩევდით გადაწყვეტილებების მიღებისა და მათი სრულყოფის საკითხებს.

ამ პრობლემების დაყენება-გადასაჭრელად საჭიროდ ჩავთვალეთ, გვეძებნა თვისებრივად ახალი გზები, რაც უნდა მომხდარიყო ადგილობრივ პირობებთან მისადაგებით.

აღნიშნული გზების გამოძებნისათვის მთავარ მიმართულებად კი არჩეული იქნა **ინტერ - და ტრანსდისციპლინურ** მიდგომები.

მოწინავე ქვეყნებში დაგროვილმა გამოცდილებამ არა ერთხელ აჩვენა, რომ სწორედ ასეთ მიდგომებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებანი იძლევა წარმატებების მიღწევის გარანტიას არა ერთ დარგსა და მათ შორის სწავლა-სწავლების სფეროში.

და ჩვენთანაც, ინფორმატიკისა და მართვის სიტემების ფაკულტეტზე 2022 წლიდან სტუდენტების მიერ არჩევადი საგნების სიას დაემატა დისციპლინა - "შემოქმედებითი აზროვნების საფუძვლები".

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში ასეთივე საგანი, რამდენადმე განსხვავებული სახელწოდებით "კრეატიული აზროვნების საფუძვლები", ეკითხებოდა პროფესორ ლევან გლურჯიძის მიერ ფიზიკის დეპარტამენტის სტუდენტებს. შესანიშნავი სპეციალისტი, დიდად სამწუხაროდ, შარშან გარდაიცვალა. ლოგიკურია, რომ ლექციების კითხვისას მის მიერ ამ მიმართულებით ზოგადთეორიული მასალების შესწავლის შემდეგ აქცენტი კეთდებოდა ფიზიკის სფეროს პრობლემებსა და მათი გადაწყვეტისათვის საჭირო ინოვაციურ მიდგომებზე. ჩვენთან ბუნებრივია, რომ, თეორიული მასალის გადმოცემის პარალელურად, პრაქტიკულ მეცადინეობებზე ყურადღება მახვილდება მიღებული გადაწყვეტილებების კომპიუტერული რეალიზების საკითხებზე.

სტატიის მიზანია, მოკლედ ავსახოთ აღნიშნული მიმართულებით გაწეული სამუშაოები.

2. ძირითადი ნაწილი

როგორც შესავალ ნაწილში აღინიშნა, მართვის დარგის სპეციალისტების აღიარებით, შემოქმედებითი აზროვნების განვითარებისათვის წინაპირობა არის ინტერ- და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებზე დაყრდნობა.

ინტერდისციპლინურობის ცნება წყაროებში ასე განიმარტება [1]:

მიდგომა, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემულ დისციპლინაში კვლევათა ინსტრუმენტარიუმის გამდიდრებას მეცნიერების სხვა დარგებიდან მოხმობილი ცოდნით.

რაც შეეხება ტრანსდისციპლინურობას, სპეციალისტთა სხვადასხვა განმარტების შეჯერებით, მისი არსი ამგვარად შეიძლება ჩამოვაცალიბოთ:

ადამიანის არსებობის დასაწყისიდან ათასწლეულების განმავლობაში დაგროვილი ცოდნის, გამოცდილების ერთ ბაზაში მოქცევა.

აქვე აღვნიშნავთ, რომ ერთ სისტემად აღქმული ცოდნის სტრუქტურაში შედიან როგორც სამეცნიერო დისციპლინები, ასევე - ფუნდამენტური რელიგიური მოძღვრებანი და დროსა და სივრცეში გაფანტული უძველესი ხალხების მითოლოგიები.

არაერთხელ დადასტურებული ფაქტია, რომ მომიჯნავე ან სულაც დაშორებულ დისციპლინებში შემუშავებულ მეთოდს არცთუ იშვიათად მოცემულ სფეროშიც ძალუმს მნიშვნელოვანი ეფექტის მოტანა (მათი პირდაპირი ან მოდიფიცირებული სახით გამოყენებისას), მაგრამ დღეს, ყველა დარგში უამრავი ინფორმაციის მოზღვაების პირობებში, ან მიზნის მიღწევა ურთულეს საქმედ იქცა.

და აქ მოძებნილი იქნა ასეთი გამოსავალი:

1) დავეყრდნოთ ბოლო ათწლეულებში შემუშავებულ კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს;

2) გამოვუმუშავოთ არაინფორმატიკოს სპეციალისტებსაც ამ ცოდნის დაუფლება-გამოყენებისათვის საჭირო უნარ-ჩვევები.

შემდეგ, პრობლემების გადასაჭრელად სხვადასხვა დარგის (თუნდაც ერთის) მკვლევრების აზრების შესაჯერებლად მართვის დარგის სპეციალისტების მიერ შემუშავებული იქნა არა ერთი და ორი მეთოდი.

ბუნებრივი იყო მიგველო შემდეგი გადაწყვეტილება: სტუდენტებისთვის, პირველ რიგში, მიგვეწოდებინა ამ მიმართულებით მომუშავე, აღიარებული საზღვარგარეთელი სპეციალისტების ნაღვაწი, რომელთაგან უნდა გამოგვეჩია განსაკუთრებით ფასეულები (და არა მარტო ჩვენი შეხედულებით). ესენია:

კომისიების, დელფის, დე ბონოს 6 ქუდის და CORT მეთოდები; პოიას რეკომენდაციები, SWOT-ანალიზი, დეკარტეს მიერ შემოთავაზებული ოთხი კითხვა, Design Thinking, ტვინების შტურმის, შტოების და საზღვრების მეთოდები [2, 3].

აღსანიშნავია, რომ ჩვენი უნივერსიტეტის განვითარებისათვის სტრატეგიული გეგმა 2018-2024 წ.-წ.-სათვის ერთ-ერთი მათგანის, SWOT-ანალიზის ბაზაზე შემუშავდა და მის ძირითად მიმართულებად,

სწორედ ინტერდისციპლინურ მიდგომებზე დაყრდნობით, შეირჩა **სწავლა-სწავლებისა და სამეცნიერო კვლევა**თა პროცესების სრულყოფის სამუშაოები [4].

საგნის სწავლებისას სტუდენტები დეტალურად ეცნობიან ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდების როგორც ღირსებებს, ისე - ნაკლოვან მხარეებს, ასევე, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინების მიზნით, - მათი მოდიფიცირების, ზოგ შემთხვევაში კი სინერგეტიკული ეფექტის მისაღებად ამ მეთოდების კომბინირების მაგალითებსაც.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, უმეტეს შემთხვევაში მიღებული გადაწყვეტილებები რეალიზებული გვაქვს კომპიუტერული პროგრამების სახით. კერძოდ, შექმნილია კომპიუტერული ენების სწავლებისათვის გამიზნული ინტერაქტიური სახელმძღვანელო, როგორც შაბლონის, ასევე Javascript-ენის მსწავლებელი კონკრეტული სისტემის სახით.

სტუდენტები აგრეთვე ეცნობიან ამ მიმართულებით ბოლო წლებში წარმატებით დაცულ დისერტაციებს, ჩვენი დეპარტამენტების (ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის, პროგრამული ინჟინერიის) და ცალკეული სპეციალისტების (გ. ჩაჩანიძე, გ. ღვინფაძე, თ. შავიშვილი) მიერ სწორედ ტრანს- და ინტერდისციპლინურ მიდგომებზე დაყრდნობით მიღწეულ შედეგებს.

ამ საგნის სწავლებისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა დისციპლინებს შორის ინტერ- და ტრანსდისციპლინური კავშირების გამოვლენა-გამოყენებას. ამასთან, რადგანაც დღეს ნებისმიერ სფეროში წარმატების მისაღწევად აუცილებელი ხდება ინფორმატიკის დარგშიც მეტ-ნაკლებად გარკვევა, სწორედ ეს მიზანი იქნა დასახული საგნისთვის სილაბუსის შედგენისა და მასალების მოძიების პროცესში.

სტუდენტებისათვის მიცემული ამოცანა ხშირად შესაძლებელია ამოიხსნას განსხვავებულ მიდგომებზე, მაგალითად, მათემატიკურ, პროგრამისტულ და გამომგონებლობი მიდგომებზე დაყრდნობით, რაც შედეგების ვერიფიკაციის საშუალებასაც იძლევა! რიგ შემთხვევებში „სერიოზული“ ამოცანებისათვის მიცემული გვაქვს სახალისო ფორმაც, რაც სწავლების პროცესის გასააქტიურებლად, ფსიქოლოგებისა და გამოცდილი პედაგოგების მტკიცებით, ფრიად ეფექტიანი ხერხია!

ქვემოთ მოგვყავს რამდენიმე ნიმუში აღნიშნულ საგანში სტუდენტებისათვის მიცემული დავალებების სერიიდან:

➤ ამოცანა_1

ბოძზე შემოსკუპული ყვავი ეშვება მიწაზე და ერთი მარცვლის აკენკვის შემდეგ მეორეზე გადაფრინდება.

X ღერძზე ასარჩევია ფრინველის დაშვების ის წერტილი, რომელიც ამ მარშრუტის მინიმალურ სიგრძეს უზრუნველყოფს.

პირობაში მოიცემა ორივე ბოძის სიმაღლე და მათ შორის მანძილი.

ამასთან, პედაგოგი იძლევა ინფორმაციას, რომ აღნიშნული ამოცანის ამოხსნა შესაძლებელი არის მოხდეს სამი სხვადასხვა გზით (და რომ სასურველია, გამოყენებული იქნას სამივე):

- მათემატიკურად (რისთვისაც საკმარისია საშუალო სკოლაში მიღებული ცოდნაც);
- იმიტაციური მოდელირებით (სტუდენტმა უნდა ისარგებლოს მის მიერ შესწავლილი პროგრამირების რომელიმე ენით);
- დაბოლოს, გაცილებით მარტივად - არასტანდარტული, სხვაგვარად, გამომგონებლური მიდგომის ხერხით!

აქვე შევნიშნავთ, რომ მიცემული საგნის სწავლებისას სტუდენტის მიერ მესამე ხერხის მიგნებას პრიორიტეტული მნიშვნელობა ენიჭება და შესაბამისად, ნამუშევარი უფრო მაღალ შეფასებასაც იმსახურებს. შესაძლებელია აქ სტუდენტი „დავანტრიგოთ“ იმ ინფორმაციის შეტყობინებით, რომ ასეთი გზით ამოცანის ამოხსნა ძალუძთ დაბალი კლასების მოსწავლეებსაც.

➤ ამოცანა_2

0 - 1 სიგრძის მონაკვეთის ნებისმიერ წერტილში თანაბრად მოხვედრის ალბათობით ეცემა წვიმის 2 წვეთი (წვეთების ზომა უკუვადოთ, ისინი წერტილებად ჩავთვალოთ).

მოითხოვება, განისაზღვროს წვიმის წვეთებს შორის მანძილის მათემატიკური მოლოდინი.

ამოცანის პირობასთან გაცნობის შემდეგ პედაგოგი ამ შემთხვევაშიც სტუდენტებს ატყობინებს, რომ მისი ამოხსნა შესაძლებელია სამი განსხვავებული ხერხით:

- 1) მათემატიკურით,
- 2) იმიტაციური მოდელირების დახმარებით,
- 3) გამომგონებლური მიდგომით.

პირველი გზა:

მათემატიკური ხერხით ამოხსნა შესაძლებელია:

- 1.1. ერთმაგი ინტეგრალის მეშვეობით;
- 1.2. ორმაგი ინტეგრალის გამოყენების გზით.

1.1 გზა

$$f(0.5+x-x) \cdot dx$$

ამოცანის პირობის თანახმად, საზღვრებად ვირჩევთ 0-სა და 1-ს:

$$\int_0^1 (0.5 + x \cdot x - x) \cdot dx = (0.3333 \cdot x^3 - 0.5 \cdot x^2 + 0.5 \cdot x) \Big|_0^1$$

ამ განსაზღვრული ინტეგრალის გამოთვლა იძლევა შემდეგ შედეგს:

$$F(1) = 0.3333333333333333$$

$$F(0) = 0$$

$$I = 0.3333333333333333 - (0) = 0.3333333333333333$$

1.2. გზა

საინტერესოა, რომ ამავე ამოცანის ამოსახსნელად უფრო რთული მიდგომის - ორმაგი ინტეგრალის - გამოყენებისას ინტეგრალქვეშა გამოსახულების შედგენის გზა პირველთან შედარებით უფრო თვალსაჩინოა - x და y ცვლადები ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად „მოგზაურობენ“ მათთვის გამოყოფილ 0 -1 დიაპაზონში, მის ყოველ წერტილში თანაბარი ალბათობით მოხვედრის შესაძლებლობით:

$$\int_0^1 \int_0^1 \text{abs}(x - y) \cdot dx \cdot dy = (0.3333 \cdot x^3 - 0.5 \cdot x^2 + 0.5 \cdot x) \Big|_0^1$$

გამოთვლების შედეგი, ცხადია, აქაც არის **1/3**.

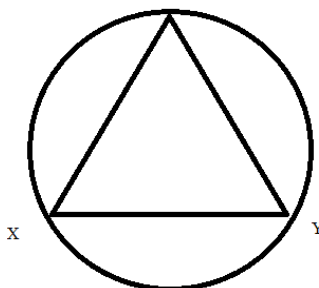
ამოცანა გადაწყვიტოთ **მეორე გზით**. - მივმართავთ იმიტაციური მოდელირებას. JS ენაზე დაწერილ პროგრამაში, რომელშიც პროცესის მოდელირებისათვის ვიყენებთ ორმაგ ციკლს, სრულდება ზემოთ განხილული ინტეგრირების პროცესთან მიახლოებული სცენარი.

შენიშვნა: პროგრამის შესრულების შედეგი ოდნავ განსხვავდება პირველი გზით მიღებული შედეგისაგან, რაც სავსებით ლოგიკურია.

მესამე გზა - ამოცანა წყდება კრეატიული მიდგომით, რომლის არსი დაფუძნებულია სიმეტრიის ფუნდამენტური პრინციპის ამგვარ გამოყენებაზე:

ერთიანდება 0 – 1 მონაკვეთის კიდურა წერტილები და ამ პროცედურის შედეგად მიღებული კვანძი აღიქმება პირობაში მოცემული წერტილების ანალოგად - რანგით უტოლდება მათ:

მონაკვეთის კიდურა წერტილების შეერთება



ნახ. 12

ამ გადაწყვეტილების მიღებით ნათელი ხდება, რომ, სიმეტრიის პრინციპიდან გამომდინარე, საძიებო შედეგმა უნდა მიიღოს ზემოთ ნახაზზე ნაჩვენები სახე.

მუშაობა გრძელდება და მისი ერთ-ერთ საინტერესო მიმართულებად ავირჩიეთ მოსახლეობის აზრის გამომკითხველი არსებული სისტემების სრულყოფა. მართვის თეორიის ერთ-ერთი ფუნდამენტური პრინციპის თანახმად ხომ დასახული მიზნის მისაღწევად აუცილებელი არის საბოლოო მომხმარებლისგან ინფორმაციის მოპოვება, გაანალიზება და ამის შემდეგ სისტემის მართვაში შესაბამისი კორექტივების შეტანა.

დაბოლოს, სწავლების პროცესის გააქტიურებისათვის ერთ-ერთი ხელისშემწყობი ფაქტორია ამოცანების პირობებისათვის, ფორმის მხრივ, სახალისო სახის მიცემა (თუმცა, ცხადია, ასეთმა ქმედებებმა უარყოფითი გავლენა არ უნდა მოახდინოს ამოცანის არსობრივ, შემეცნებით მხარეზე). ამ მიმართულებით ჩვენ მიერ მოფიქრებული ამოცანებიდან მაგალითებად მოვიყვანდით „თავების დოლის“ (შინაარსობრივად განიხილება სარისკო გადაწყვეტილებების მიღების საკითხი) და ზემოთ განხილულ, ფრინველისთვის ოპტიმალური საფრენი ტრაექტორიის შერჩევის ამოცანებს.

ლიტერატურა:

1. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/interdisciplinary?q=interdisciplinary>
გადამოწმებულია 2022.09.25
2. გ. ღვინევაძე, თ. შავიშვილი. გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების გზები. სტუ-ს გამომცემლობა, „შრომები“, 2020, №1 (515), გვ. 80-93. ISSN 1512-0996.
3. გ. ღვინევაძე, თ. შავიშვილი. “ინტერდისციპლინური მიდგომების ეფექტიანობა მეცნიერული კვლევებისა და სწავლების პროცესებში”. 2021. მაისი. სტუ, „შრომები, მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, 2021. №1 (32), გვ. 316-319. ISSN 1512-3979.
4. https://gtu.ge/pdf/Strategic_Plan_for_Development_of_gtu_2018-2024_01.pdf
გადამოწმებულია 2022.09.25

ლიტერატურა:

1. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/interdisciplinary?q=interdisciplinary>
გადამოწმებულია 2022.09.25
2. გ. ღვინევაძე, თ. შავიშვილი. გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების გზები. სტუ-ს გამომცემლობა, „შრომები“, 2020, №1 (515), გვ. 80-93. ISSN 1512-0996.
3. გ. ღვინევაძე, თ. შავიშვილი. “ინტერდისციპლინური მიდგომების ეფექტიანობა მეცნიერული კვლევებისა და სწავლების პროცესებში”. 2021. მაისი. სტუ, „შრომები, მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, 2021. №1 (32), გვ. 316-319. ISSN 1512-3979.
4. https://gtu.ge/pdf/Strategic_Plan_for_Development_of_gtu_2018-2024_01.pdf
გადამოწმებულია 2022.09.25

"FUNDAMENTALS OF CREATIVE THINKING" FOR TEACHING AN ACADEMIC COURSE

Gela Ghvinepadze, Nino Jojua, Anna Buzaladze

Georgian Technical University

ghvinepadzegela08@gtu.ge; n_jojua@gtu.ge; a.buzaladze@gtu.ge

Summary

Individuals, collectivities and states have always had to and still have to study and analyze the problems they face and to make appropriate decisions. In order to increase the efficiency of these processes, the requirements are especially increased during periods of sharp changes in pre-existing environmental conditions. This is the situation in which our country finds itself today. We believe that in order to change the situation for the better, one should use those approaches that are based on creative thinking. And, above all, it should be carried out in the areas of teaching and science. In addition, methods based on inter- and transdisciplinarity should play a dominant role here. This is the purpose of teaching the subject "Fundamentals of Creative Thinking" at the Faculty of Informatics and Control Systems. The article tells about some experience gained in this direction.

ბიზნეს-პროცესების ოპტიმიზაცია, როგორც ორგანიზაციის ფუნქციონირების ეფექტიანობის საფუძველი

ია გიაშვილი, მარიამ ბიძინაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

მართვის სფეროს სპეციალისტების დიდ ინტერესს წარმოადგენს საწარმოებში ბიზნეს-პროცესების დაპროექტების მიმართულეობა, რომლის არსი მდგომარეობს ბიზნეს-პროცესებზე ორიენტაცია ფუნქციების ნაცვლად. მოცემულ სტატიაში აღინიშნება, რომ ორგანიზაციის ფუნქციონირების სრულყოფილი ოპტიმიზაციის მიზნით, მიზანშეწონილია ბიზნეს-პროცესებისა და პერსონალის მართვის ერთიანი ციკლის ორგანიზება, რომელიც განსაზღვრავს ბიზნეს-დაპროექტების ძირითად ეტაპებს. ბიზნეს-პროცესების ოპტიმალური მართვის საფუძველს წარმოადგენენ ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები და მათი ფორმალიზაციის ინსტრუმენტალური მეთოდები. ძირითადი ბიზნეს-პროცესების აღწერა წარმოადგენს მოდელის საფუძველს. აგებულია ორგანიზაციის ფინანსური გეგმის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი, მისი კონცეპტუალური მოდელირების მეშვეობით, ძირითადი ბიზნეს-პროცესების აღწერის საფუძველზე. მოდელის რეალიზებით შესაძლებელია განხილული ბიზნეს-პროცესებისა და პერსონალის მართვის ეფექტიანობის ამაღლება. შემუშავებული მოდელი საშუალებას იძლევა შეიქმნას პროგრამული საშუალებები, საქმიანობის სხვადასხვა სფეროს ბიზნეს-პროცესების დაპროექტებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნეს-პროცესი, მოდელირება, ბიზნეს-პროცესის ოპტიმიზაცია, პერსონალის მართვა.

1. შესავალი

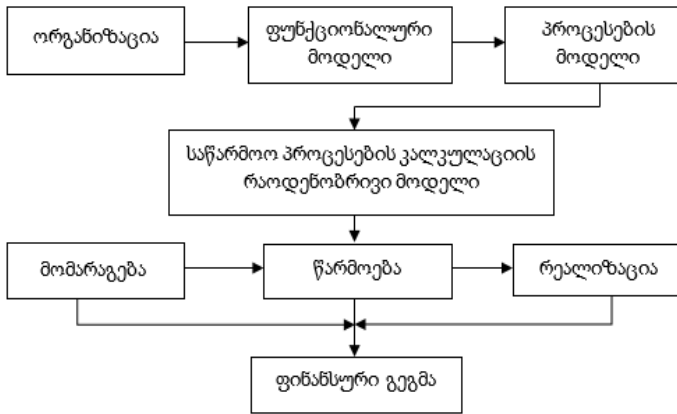
ორგანიზაციის მართვის შედარებით ახალი მეთოდის მეშვეობით, რომელსაც ეწოდება პროცესებზე დაფუძნებული მიდგომა, გარკვეული პირობების დროს შეიძლება მიღწეულ იქნას ორგანიზაციის ფუნქციონირების მაღალი ეფექტიანობა. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს ორგანიზაციაში სამართავი ბიზნეს-პროცესების გამოყოფაში მათი შიდა და გარე ურთიერთკავშირებით, შემდგომი ოპტიმიზაციის მიზნით. ბიზნეს-პროცესების მრავალრიცხოვანი განმარტებების თანახმდება, შეიძლება ითქვას რომ ეს არის რეგულარულად განმეორებადი აქტივობების ნაკრები, რომლებსაც მივყავართ გარკვეული შედეგისკენ - ბიზნესის მიზნისკენ. ბიზნეს-პროცესის განხორციელება შეუძლებელია შესაბამისი რესურსების გამოყენების გარეშე: ადამიანური რესურსი, ნედლეული, ფინანსური და სხვ. ამრიგად, ბიზნეს-პროცესს აფორმირებს პროდუქტი, რომელსაც გააჩნია ღირებულება როგორც ბიზნეს მფლობელისთვის და თანამშრომლებისთვის, ასევე მომხმარებლებისთვის. ბიზნეს-პროცესებისა და პერსონალის მართვის ეფექტიანობაზე პირდაპირ დამოკიდებული ორგანიზაციის კონკურენტუნარიანობა და მომგებიანობა [1].

2. ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი ბიზნეს-პროცესი უნდა იქნას ორგანიზებული ისე, რომ ორგანიზაციის სხვა პროცესებთან ურთიერთქმედებით გაიზარდოს მისი საქმიანობის ეფექტიანობა. ამისთვის აუცილებელია მისი ზოგიერთი პარამეტრების ოპტიმიზაცია. მაგალითად, ბიზნეს-პროცესის ღირებულება უნდა ისწრაფოდეს მინიმუმისკენ, რისი მიღწევაც შესაძლებელია მისი მუდმივად გამეორებისას ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფით, საქმიანობის უახლესი მიდგომების დანერგვითა და ა.შ. ბიზნეს-პროცესების ხანგრძლივობას ასევე უნდა ქონდეს შემცირების ტენდენცია, რადგან ამ გზით მიღწეული მწარმოებლობის ზრდა იწვევს საერთო მოგების ზრდას დროის კონკრეტულ ინტერვალში.

ბიზნეს-პროცესების ოპტიმალური მართვის საფუძველს წარმოადგენენ ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები და მათი ფორმალიზაციის ინსტრუმენტალური მეთოდები [2,3]. ორგანიზაციის ძირითადი ბიზნეს-პროცესების აღწერა არის მისი მოდელის საფუძველი. თითოეული გამოყოფილი ბიზნეს-პროცესისთვის საჭიროა რაოდენობრივი მოდელის აგება, რათა მივიღოთ ორგანიზაციის ნაერთი რაოდენობრივი აღწერა, ბიზნეს-პროცესების შესახებ ინფორმაციის კონსოლიდაციის მეშვეობით. განვიხილოთ საწარმოს ფინანსური გეგმის (ბიუჯეტის) შემუშავების ამოცანის შესაბამისი მოდელის აგების შემთხვევა.

ორგანიზაციის კონცეპტუალური მოდელირების თანმიმდევრული ეტაპები, მისი ძირითადი ბიზნეს-პროცესების აღწერის საფუძველზე, წარმოადგენილია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. საწარმოს ძირითადი ბიზნეს-პროცესები

ვებლად. ამიტომ საჭიროა ბიზნეს-პროცესების აღწერის დაზუსტება ბიზნეს-პროცესების რაოდენობრივი მოდელის გზით (ნახ.2.), რომელიც განსაზღვრავს ბიზნეს-პროცესების შესრულების ღირებულებას.

ამის შემდეგ ხდება შესაძლებელი აიგოს ორგანიზაციის ფინანსური გეგმის მოდელი, რომელიც მდგომარეობს ორგანიზაციის საქმიანობის ძირითადი მიმართულებების (დაფინანსება, მომარაგება, წარმოება, რეალიზაცია) ეტაპობრივად დაგეგმვაში. ცხადია, რომ ამ დროს უნდა იქნას უზრუნველყოფილი ორგანიზაციის ყველაზე მაღალი მოგება, ანუ განხილული ამოცანა არის ოპტიმიზაციის ამოცანა.

ოპტიმიზაცია ამ შემთხვევაში გულისხმობს ნედლეულისა და მასალების შეძენის მოცულობის, ასევე პროდუქციის წარმოებისა და რეალიზაციის მოცულობის განსაზღვრას საგეგმო წლის თითოეული პერიოდისთვის, ისე რომ მოხდეს ორგანიზაციის ზღვრული მოგების მაქსიმიზაცია. ამისთვის უნდა იყოს ცნობილი ცალკეული ბიზნეს-პროცესების პარამეტრები. მაგალითად, მომარაგებისთვის ეს არის მასალისა და ნედლეულის შეძენის დანახარჯები, რომელიც შეიძლება მოიცავდეს ასევე მათი ტრანსპორტირების დანახარჯებსაც. წარმოებისთვის - პერსონალის შრომის ანაზღაურების დანახარჯები და საწარმოო ზედნადები დანახარჯები. რეალიზაციისთვის - პროდუქციის სარეალიზაციო ფასი, მოთხოვნისა და ფასების ცვილების დინამიკის გათვალისწინებით. შესაბამის მოდელს აქვს შემდეგი სახე:



ნახ.2. ბიზნეს-პროცესის რაოდენობრივი სქემა

$$f(x_i^n, y_i^n, z_i^m) = \sum_{i,n} P_i^n x_i^n - \sum_{i,n} Q_i^n y_i^n - \sum_{i,n} S_i^m z_i^m \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{n=1}^N x_i^n \leq \bar{x}_i \quad (2) \quad \sum_{i=1}^L \beta_i^{nl} y_i^n \leq B_i^l \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J x_j^n - \sum_{j=1}^J y_j^n \leq p_i^n \quad (4) \quad z_i^m \leq \bar{z}_j^m \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J a_j^{mn} y_j^n - \sum_{j=1}^J p_j^m \leq q_i^m \quad (6)$$

$$-\sum_{i,j,n} P_{ij}^n x_i^n + \sum_{i,j,n} Q_{ji}^n y_i^n = \sum_{i,j,n} S_{ij}^n z_i^n \leq C \quad (7) \quad x_i^n \geq 0, \quad y_i^n \geq 0, \quad z_i^m \geq 0, \quad (8)$$

მოდელის ცვლადებია x_i^n , y_i^n - რეალიზაციისა და წარმოების მოცულობა n-ური პროდუქტის i-ურ პერიოდში, z_i^m - m-ური მასალის შესყიდვის მოცულობა i-ურ საგეგმო პერიოდში.

ოპტიმიზაციის კრიტერიუმს წარმოადგენს მიზნის ფუნქცია (1) და შეესაბამება ზღვრული მოგების მაქსიმიზაციას მთელი საგეგმო პერიოდისთვის. პირველი კომპონენტი ასახავს რეალიზაციით მიღებულ ამონაგებს, ხოლო მეორე და მესამე - შრომის ანაზღაურებისა და მასალების შეძენის დანახარჯებს, შესაბამისად. წარმოებულ პროდუქტზე შეზღუდული მოთხოვნა გამოისახება უტოლობით (2). უტოლობა

(3) შეესაბამება საწარმოო სიმძლავრეების შეზღუდვებს, რომელიც გავლენას ახდენს წარმოებული პროდუქციის მოცულობაზე. წარმოებული პროდუქციის მარაგების საკმარისობის პირობა, რეალიზაციის პროგრამის შესასრულებლად თითოეულ საგეგმო პერიოდისთვის, მოცემულია უტოლობით (4), ხოლო შესაძენი მასალების მოცულობის შეზღუდვის პირობა - უტოლობით (5). პროდუქციის წარმოებისთვისა და ნედლეულის შესაძენად საჭირო ფინანსური რესურსების შეზღუდვა გათვალისწინებულია უტოლობაში (6), ხოლო (7) წარმოადგენს შეზღუდვას, რაც ნიშნავს, რომ თითოეულ პერიოდში წარმოებისა და მომარაგების პროგრამების განსახორციელებლად უნდა იყოს საკმარისი ფულადი სახსრები, რეალიზაციის პროგრამის განხორციელებით მიღებული შემონატანების გათვალისწინებით. პირობები (8) ნიშნავს n -ური პროდუქტის რეალიზაციისა და წარმოების მოცულობის, ასევე m -ური მასალის შესყიდვების მოცულობის არაუარყოფითობას, i -ურ საგეგმო პერიოდში.

მოდელი განეკუთვნება წრფივი პროგრამირების ამოცანათა კლასს და კონკრეტული ორგანიზაციის რეალური მონაცემების შეტანით, შეიძლება იქნას რეალიზებული. შედეგად მიღებული ცვლადების მნიშვნელობები უნდა იყოს გამოყენებული როგორც საფუძველი ორგანიზაციის ფინანსური გეგმის შესამუშავებლად და ბიზნეს-პროცესების ეფექტიანობის ასამაღლებლად.

3. დასკვნა

ორგანიზაციის ფუნქციონირების ოპტიმიზაციის მიზნით, მიზანშეწონილია ბიზნეს-პროცესებისა და პერსონალის მართვის ერთიანი ციკლის ორგანიზება, რომელიც განსაზღვრავს ბიზნეს-დაპროექტების ძირითად ეტაპებს. ცხადია, რომ ამ დროს აუცილებელია გამოშვებული პროდუქციის ან მიწოდებული მომსახურების ხარისხის გაზრდისკენ სწრაფვა, რაც ასევე განაპირობებს ორგანიზაციის მოგების ზრდას.

ცალკეული პროცესისთვის უნდა იქნას განსაზღვრული მიზნები, კრიტერიუმები და მეთოდები, რომლებიც საჭიროა შედეგიანობის უზრუნველსაყოფად, როგორც მისი განხორციელებისას, ასევე მათი მართვის დროს. პროცესების შესრულების შედეგიანობის, პროცესების მართვის შედეგიანობისა და პროცესების ეფექტიანობის მახასიათებლების ერთობლიობა, არის პროცესის ხარისხის მაჩვენებელი. განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს გაერთიანება ერთიან სისტემაში მართვის ისეთი ტექნოლოგიების, როგორცაა მიზნის მენეჯმენტი, შედეგიანობის მართვა და ეფექტიანობის მართვა - როგორც ცალკეულ პროცესებთან მიმართებით, ასევე მათი ერთობლიობისთვის.

ლიტერატურა:

1. Rybakov M.Yu. How to clean up the mess in your business. How to build a reliable system of reliable elements. M. : Icarus, 2015. 380 p.
2. Aglitsky I.S. Economic aspects of optimization of business processes functioning commercial organization / I.S. Aglitsky, A.N. Samoldin, R.V. Susov // Economy and Management: analysis of trends and prospects: proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Novosibirsk: Publishing TSRNS, 2014. p. 27–31.
3. Alov T.B. Organization of effective management of the enterprise on the basis of information technologies / T.B. Alov, I.A. Batova, R.A. Beslaneev // Innovations and investments 2016, no. 1, pp. 62–67

OPTIMIZATION OF BUSINESS PROCESSES AS THE BASIS FOR THE EFFICIENCY OF THE ORGANIZATION'S FUNCTIONING

Ia Giashvili, Mariam Bidzinashvili

Georgian Technical University

i.giashvili@gtu.ge; bidzinashvili.mariam@gtu.ge

Summary

Of great interest to management specialists is the direction of business process design in enterprises, the essence of which is to focus on business processes, not functions. The article notes that in order to fully optimize the functioning of an organization, it is advisable to organize a single cycle of business processes and personnel management, which determines the main stages of business planning. Economic-mathematical models and instrumental methods for their formalization form the basis for optimal business process management. The model is based on the description of the main business processes. An economic-mathematical model of the organization's financial plan has been built, based on the description of the main business processes through its conceptual modeling. By implementing the model, you can improve the efficiency of the considered business processes and personnel management. The developed model allows you to create software tools for designing business processes in various fields of activity.

ორგანიზაციული მართვის საინფორმაციო სისტემების

Agile ტესტირება

ხატია ხატიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

khatiashvili.k@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ორგანიზაციული მართვის საინფორმაციო სისტემების პროგრამული განვითარებისა და ტესტირების საკითხები Agile მეთოდოლოგიის ბაზაზე. კვლევის ფარგლებში წარმოდგენილია სისტემატური დაკვირვების შედეგები პროგრამული აპლიკაციის დაპროექტებისა და ტესტირების ეტაპების პროცესებზე, დამკვეთისა და დეველოპერების გუნდური მუშაობისას Scrum მეთოდით. წარმოდგენილია ექსპერიმენტის დროს გამოვლენილი ხარვეზები და მათი გადაჭრის გზები, განსაკუთრებით პროგრამული პროექტის Agile ტესტირების საფუძველზე. შემოთავაზებულია გუნდის მიერ ჩატარებული სამოქმედო სტრატეგიის ცვლილებები, აგრეთვე რეკომენდაციები Agile მეთოდოლოგიით პროექტების მართვის შემთხვევაში, ტესტირების პროცესის ეფექტიანად ჩატარებისთვის, რათა შესაძლებელი იყოს გამოვლენილი პრობლემების პრევენცია ადრეულ ეტაპებზე.

საკვანძო სიტყვები: ორგანიზაციული სისტემა. მენეჯმენტის პროცესები. პროგრამული აპლიკაცია. Agile Development. Agile Testing. Scrum მეთოდი.

1. შესავალი

ორგანიზაციული სისტემების მართვის პროცესების ავტომატიზაცია თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების ბაზაზე მოითხოვს დეველოპერებისაგან საბოლოო პროდუქტის ხარისხის სრულყოფას. აქ მნიშვნელოვანი წილი თვით პროგრამულ დეველოპმენტს და ტესტირებას ეკუთვნის [1]. პროგრამული აპლიკაციის დამუშავებოს იტერაციული ტესტირების პროცესი Agile მეთოდოლოგიის განვითარების პრინციპებს ეყრდნობა და ძირითადად, სხვა მეთოდოლოგიებისგან განსხვავებით, დამკვეთ-მომხმარებლების დინამიურ მოთხოვნებს ითვალისწინებს, ხოლო ტესტირების გუნდი შესაბამისად ამ მოთხოვნებისა, ახორციელებს დეველოპმენტის პროცედურებს. Agile დეველოპმენტის პროცესის თანმდევი რელიზების სიმრავლე, რამაც წარმოშვა DevOps მეთოდოლოგია. მისი მიზანია პროგრამული სისტემების შექმნის ციკლის დროის შემცირება და მაღალი ხარისხის პროგრამული უზრუნველყოფის უწყვეტი მიწოდება [2].

პროგრამული სისტემის განვითარების პროცესების სწორად გასაგებად, მნიშვნელოვანია, რომ პროექტის დაგეგმვის დროს გათვალისწინებული იქნას რამდენიმე მასთან დაკავშირებული კონცეფცია: ხარისხის უზრუნველყოფა, ხარისხის გეგმა და ხარისხის კონტროლი [3]:

ხარისხის უზრუნველყოფა (QA) ეხება პროცესს, რომელიც გამოიყენება პროდუქტის შესაქმნელად და შეიძლება შესრულდეს მენეჯერის, კლიენტის ან თუნდაც მესამე მხარის მიმომხილველის მიერ. ხარისხის უზრუნველყოფა მოიცავს პროცესების სიებს, პროექტის აუდიტს და მეთოდოლოგიისა და სტანდარტების შემუშავებას;

ხარისხის გეგმა (QP) ეხება პროცესს, რომელიც გამოიყენება თითოეული პროექტისთვის, რათა გამოცხადდეს პროექტის ვალდებულებები, მან დაიცვას მოქმედი სტანდარტების ნაკრები (კოდების სტანდარტები), რეგულაციები, პროცედურები (როგორ ხორციელდება QC და QA), გაიდლაინები (საუკეთესო პრაქტიკა) და ინსტრუმენტები. განვითარების სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში გარდა ამისა, QP უნდა შეიცავდეს მოსალოდნელ რისკებს და რისკების მართვას. ხარისხის დაგეგმვა უზრუნველყოფს ხარისხის გარანტიას (პროცედურები, ხარისხის უზრუნველყოფის ჩამონათვალი, ხარისხის ეტაპები).

ხარისხის კონტროლი (QC) გამოიყენება იმის დასადასტურებლად, რომ პროდუქტები მისაღები ხარისხისაა. მაგალითად: გამართულად მუშაობს და მისაღები ვიზუალი აქვს. ხარისხის კონტროლის აქტივობები მოიცავს ინსპექტირებას, მიწოდების შეუფერხებლობის მიმოხილვას და ტესტირების პროცესს.

სწორედ, Agile მეთოდოლოგიის Scrum მეთოდით პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება, მისი ტესტ-პროგრამების შემუშავება და მათი მოდულური ტესტირების პროცესის კვლევა არის ამ სტატიის ძირითადი მიზანი.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩვენი საპრობლემო სფერო ორგანიზაციული მართვის სისტემა (პირობითად, საჯარო სამსახური ან კერძო კორპორაცია). ექსპერიმენტის დაწყებამდე პროგრამული უზრუნველყოფის დეპარტამენტის გუნდი სპრინტ მეთოდოლოგიით მუშაობდა 20 თვის განმავლობაში. გუნდის წევრებმა მუშაობის დასაწყისში გაიარეს მაღალი დონის ტრენინგი. მათი მუშაობა პირველი 3 თვის განმავლობაში მიმდინარეობდა პროფესიონალი Scrum მასტერის ზედამხედველობით. ექსპერიმენტი 12 სამუშაო კვირის განმავლობაში მიმდინარეობდა, რაც დაახლოებით 90 შეხვედრას მოიცავდა. დაკვირვების ფარგლებში გამოვლინდა სპრინტ მეთოდოლოგიით ხელმძღვანელობის დროს ტესტირების მიერ განხორციელებული მიდგომების მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებები: ტესტირების დროის მენეჯმენტი (2 კვირიანი სპრინტის განმავლობაში, პირველ კვირაში მათ ფაქტობრივად არ აქვთ მუშა პროდუქტი გასატესტად და სპრინტის ბოლოსკენ გროვდება საკმაოდ ბევრი საქმე, ტესტირების თვალსაზრისით).

ექსპერიმენტის შემდეგ გუნდმა შეცვალა მიდგომა, კერძოდ: ტესტირები მთლიან პროდუქტს ინტერფეისის მხრიდან აღარ ტესტავდნენ, სპრინტის დასაწყისშივე იწყებდა როგორც დეველოპერი პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარებას, ასევე ტესტირები ე.წ. Unit-ტესტების წერას. გარკვეული სამუშაო დღეების შემდეგ პროგრამისტს მზად აქვს კოდი, ხოლო ტესტერს შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის გასატესტი ფუნქციები.

პროექტის განსახორციელებლად და, შესაბამისად, პროგრამული უზრუნველყოფის შესაქმნელად გუნდს დასჭირდა Visual Studio NET core 2022, C# -ით, SQL Server მონაცემთა ბაზა და Entity Framework.

პროექტის არქიტექტურას რაც შეეხება ის დაყოფილია კონტროლერებად (Controllers), მოდელებად (Models), სერვისებად (Repository/Service) და ინტერფეისებად (Interfaces).

სატესტო პროექტის მოკლე აღწერილობა ასეთია: უნდა შეიქმნას (ვირტუალური) ორგანიზაციის თანამშრომლების მიღება გადინების და განსაკუთრებული პირობებით ხელფასის დარიცხვის სისტემა. პროგრამა უნდა გამოიყენონ კომპანიის თანამშრომლებმა, რომლებიც არიან სხვადასხვა დეპარტამენტში და აქვთ განსხვავებული პოზიციები, შესაბამისად სხვადასხვა უფლებები.

ამ პროგრამის გასატესტად დაიწერა Unit ტესტები. შესაბამისად რადგან ხარვეზი ტესტირების მიმართულებით იყო გუნდი შეთანხმდა Agile დეველოპმენტის ტესტირების გარკვეულ სტანდარტებზე.

იმისთვის რომ არსებული პროექტის Api გაიტესტოს, უნდა შეიქმნას ახალი პროექტი „xUnit Test“ ბიბლიოთეკით. ახლად შექმნილ პროექტში საჭიროა ჩამოვსდეს „FakeItEasy“ და „FluentAssertions“ ბიბლიოთეკები.

ჯგუფს უნდა გაეკეთებინა არჩევანი „FakeItEasy“, „Nsubstitute“ ან „Moq“ ბიბლიოთეკებიდან ერთ-ერთზე, რადგან ისინი თავსებადია C# ენასთან (რომელზეც პროექტი იწერებოდა).

„Nsubstitute“ შედარებით ძველი ბიბლიოთეკაა, მას აქვს კარგი დოკუმენტაცია და ჩამოთვლილებიდან ყველაზე მარტივი სინტაქსი, მაგრამ არ აქვს გამოყოფილი კლასი. ფუნქციურად არ არის მნიშვნელოვანი განსხვავებები „Moq“-სა და „FakeItEasy“-ს შორის, მაგრამ „FakeItEasy“-ს არ აქვს „შემოწმებადი“ (Verifiable) ან „მოლოდინი“ (Expectations) ფუნქციონირება, მას აქვს მტკიცებულებები, რომლებიც ყოველთვის ცალსახადაა ნათქვამი ტესტის ბოლოს, რაც აადვილებს ტესტების წაკითხვას და გაგებას. სწორედ ამიტომ „FakeItEasy“ შეირჩა. უფრო დეტალურად შერჩეული ბიბლიოთეკის გამოყენების დროს:

- მკაფიოდ განცალკევებულია ტესტირების სამი ეტაპი: Arrange, Act, Assert;
- კლასების ტიპებისთვის არის უსაფრთხო, რადგან სანამ დაიწყება ტესტირება, იგი საჭიროებს კონსტრუქტორში შესაბამისი კლასის არგუმენტებს;
- საჭიროების/სურვილის შემთხვევაში შესაძლებელია კონსტრუქტორის არგუმენტების ავტომატური გენერირება;
- არასწორი ობიექტებიდან იღებს შესაბამის მოვლენებს (events);
- ყოველი შეცდომა „გაყალბებული ტიპის“ მაგალითს ჰგავს (ვირტუალურად ჩანს ეს წითელი ფერით);
- შეცდომების შესაბამისი შეტყობინებები ნათლად უჩვენებს ტესტერს/დეველოპერს თუ სად წარიმართა პროგრამა არასწორად. ტესტები იწერება როგორც კონტროლერებისთვის ასევე სერვისებისთვის. იმ შემთხვევაში თუ მეთოდმა ტესტირება წარმატებით გაიარა ჩნდება მწვანე ფერი და შესაბამისი შეტყობინება. ხოლო თუ მეთოდში რაღაც ხარვეზია წითელი ფერი და დეტალური ახსნა რომელ ნაწილშია პრობლემა. მაგალითისთვის განვიხილოთ ორი მეთოდის ტესტირება კონტროლერში:

// --- listing -----

```
public class EmployeeControllerTests
```

```

{
    private EmployeeController _employeeController;
    private IEmployeeRepository _employeeRepository;
    private IHttpContextAccessor _httpContextAccessor;
    public EmployeeControllerTests()
    {
        //Dependencies
        _employeeRepository = A.Fake<IEmployeeRepository>();
        _httpContextAccessor = A.Fake<HttpContextAccessor>();
        //SUT
        _employeeController = new EmployeeController( _employeeRepository );
    }
    [Fact]
    public void EmployeeController_Index_ReturnsSuccess()
    {
        //Arrange
        var employees = A.Fake<IEnumerable<Employee>>();
        A.CallTo(() => _employeeRepository.GetAll()).Returns(employees);
        //Act
        var result = _employeeController.Index();
        //Assert
        result.Should().BeOfType<Task<IActionResult>>();
    }
    [Fact]
    public void EmployeeController_Detail_ReturnsSuccess()
    {
        //Arrange
        var id = 1;
        var employee = A.Fake<Employee>();
        A.CallTo(() => _employeeRepository.GetByIdAsync(id)).Returns(employee);
        //Act
        var result = _employeeController.DetailEmployee(id, "EmployeeTeste1");
        //Assert
        result.Should().BeOfType<Task<IActionResult>>();
    }
}

```

ხოლო სერვისების მიმართულებით მაგალითისთვის ავიღოთ 3 ტესტი:

```

public class EmployeeRepositoryTests
{
    private async Task<ApplicationDbContext> GetDbContext()
    {
        var options = new DbContextOptionsBuilder<ApplicationDbContext>()
            .UseInMemoryDatabase(databaseName: Guid.NewGuid().ToString())
            .Options;
        var dbContext = new ApplicationDbContext(options);
        dbContext.Database.EnsureCreated();
        if(await dbContext.Employees.CountAsync() < 0)
        {
            for (int i = 0; i < 10; i++)
            {
                dbContext.Employees.Add(
                    new Employee()

```

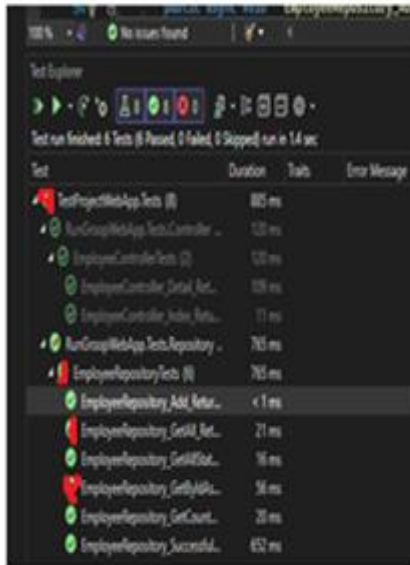
```

        {
            UserName = "UserName 1",
            Email = "test1@gmail.com",
            Salary = 2000,
            Category = EmployeeCategory.Temporary,
            AppUser = new AppUser()
            {
                FirstName = "firstname 1",
                LastName = "lastname 1",
                MobileNumber = "544444444",
                PrivateEmail = "0000000000",
                EmailConfirmed = "1",
                ProfileImageUrl = "/url",
                State = "stateTest"
            }
        };
        await databaseContext.SaveChangesAsync();
    }
}
return databaseContext;
}
}
[Fact]
public async void EmployeeRepository_GetByIdAsync_ReturnsEmployee()
{
    //Arrange
    var id = 1;
    var dbContext = await GetDbContext();
    var employeeRepository = new EmployeeRepository(dbContext);

    //Act
    var result = employeeRepository.GetByIdAsync(id);
    //Assert
    result.Should().NotNull();
    result.Should().BeOfType<Task<Employee>>();
}
[Fact]
public async void EmployeeRepository_GetAll_ReturnsList()
{
    //Arrange
    var dbContext = await GetDbContext();
    var employeeRepository = new EmployeeRepository(dbContext);
    //Act
    var result = await employeeRepository.GetAll();
    //Assert
    result.Should().NotNull();
    result.Should().BeOfType<List<Employee>>();
}
}
}

```

სავარაუდო შედეგები მოცემულია 1-ელ და მე-2 ნახაზებზე.



1. შედეგი ხარვეზით



ნახ.2. სწორი შედეგი

3. დასკვნა

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ თუ კომპანია გადაწყვეტს Agile მეთოდოლოგიის Scrum მეთოდით მუშაობას იმისთვის, რომ ტესტირების ნაწილი განხორციელდეს წარმატებულად. მათ თავიდანვე უარი უნდა თქვან მთლიანი პროექტის ფუნქციონირების ინტერფეისით გატესტვაზე და API ტესტირება განახორციელონ unit ტესტების საშუალებით.

ლიტერატურა – References:

1. ჩოგოვაძე გ., სურგულაძე გ., გულიტაშვილი მ., დოლიძე ს. პროგრამული აპლიკაციების ხარისხის მართვა: ტესტირება და ოპტიმიზაცია. ISBN 978-9941-20-629-2. სტუ. „IT-კონსალტინგ ცენტრი“. თბ., 2020. -363 გვ. https://gtu.ge/book/Surgu_SoftwareQuality.pdf
2. DevOps. Internet resoutce: <https://en.wikipedia.org/wiki/DevOps>
3. https://programminginsider.com/what-is-quality-management-system/?fbclid=IwAR3GIbqc0_nPoa1zmfjq5okx_BFcgy18NSSIPLPp26yExvShmwWP4kFX5qU

AGILE TESTING OF ORGANIZATIONAL MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS

Khatia Khatiashvili
 Georgian Technical University
 khatiashvili.k@gtu.ge

Summary

Issues of software development and testing of organizational management information systems based on Agile methodology are discussed. Within the framework of the research, the results of systematic observation of the processes of the software application design and testing stages, during the team work of the customer and developers using the Scrum method are presented. The flaws identified during the experiment and ways to solve them are presented, especially based on the Agile testing of the software project. Changes in the action strategy carried out by the team are proposed, as well as recommendations in the case of managing projects with Agile methodology, for conducting the testing process effectively, so that it is possible to prevent the identified problems in the early stages.

მულტისერვისული ქსელის მომხმარებელთა ტრაფიკის ანალიზი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ელვირა ბჟინავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

e.bzhinava@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მოქმედი სატელეკომუნიკაციო მულტისერვისული სისტემიდან აღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგები. კერძოდ, „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელის სატელეფონო ტრაფიკის ხვედრითი მნიშვნელობების სადღეღამისო მოცულობები; ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის ცვლილების სახე კვირის დღეების შესაბამისად; ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის სადღეღამისო ცვლილების სახე რვა თანმიმდევრული დღეების შესაბამისად; მიწოდებული მოთხოვნების რაოდენობა დღე-ღამის განმავლობაში ინტერნეტ მომხმარებლებისა და სატელეფონო მომხმარებლების მომსახურებისათვის; სატელეფონო მოთხოვნათა მომსახურების ხანგრძლივობების განაწილება დღე-ღამის განმავლობაში, რაც ექსპლუატაციას აძლევს საშუალებას, ექსპერიმენტულ შედეგებზე დაყრდნობით, შერჩეული იქნას პროგრამული მართვის საშუალებები, მართვის პროცესში მაღალი სიჩქარეების უზრუნველყოფის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: მულტისერვისული ქსელი. ტრაფიკი. ტელეტრაფიკის თეორია. პაკეტი.

1. შესავალი

დღეისათვის აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, მულტისერვისულ ქსელში წარმოქმნილი ტრაფიკის პარამეტრების შეფასება, რადგანაც შემოსულ შეტყობინებათა მრავალფეროვანი ნაკადები განსაზღვრავენ, ქსელის რესურსების აუცილებელ და საკმარის რაოდენობას მომსახურების დადგენილი ხარისხით უზრუნველსაყოფად და რისთვისაც აუცილებელია მულტისერვისული ქსელის რესურსების განსაზღვრისა და ეფექტურად გამოყენების საკითხის კვლევა.

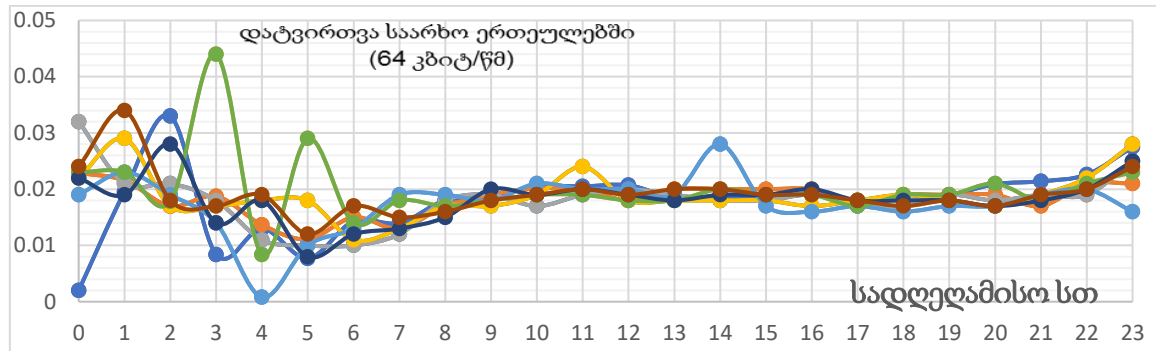
სატელეკომუნიკაციო ქსელში ცალკეული ხაზებისა და კვანძების გამტარუნარიანობის შესაფასებლად აუცილებელია იმ კანონზომიერების განსაზღვრა, რომლებითაც დადგენილი იქნება ინფორმაციული ნაკადების მიმოცვლის პროცესი [1,2,3].

შესაბამისად, ცალკეული ხაზებისა და კვანძების გამტარუნარიანობის განსაზღვრის პრობლემა განაწილებულია ოთხ ეტაპებად:

- 1) გადაცემის ეფექტური სიჩქარის შეფასება;
- 2) მომსახურების რეალური დროის სახეობისათვის რესურსის განსაზღვრა;
- 3) მონაცემთა ინტერაქტიური მომსახურების სახეობისათვის რესურსის განსაზღვრა;
- 4) დაყოვნებებისადმი თავსებად მონაცემთა გადაცემის შესაბამისი მომსახურების სახეობებისათვის რესურსების განსაზღვრა.

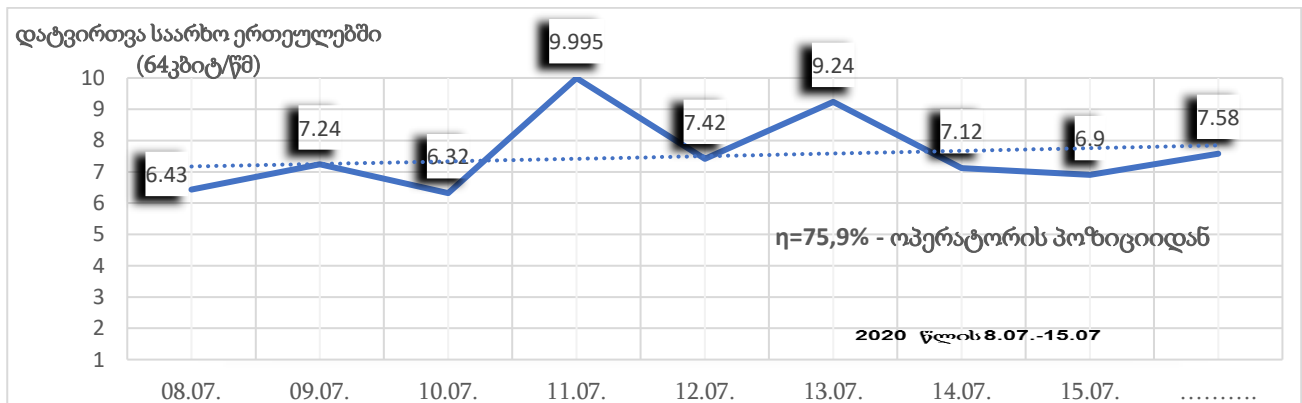
ამ ამოცანების ამოსახსნელად მიზანშეწონილია გადაცემის ეფექტური სიჩქარის გამოყენების კონცეფცია, რომლის მნიშვნელობა განსაზღვრულია მომხმარებლის ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის საშუალო და პიკურ მნიშვნელობებს შორის და იცვლება ფართო ფარგლებში. გადაცემის ეფექტური სიჩქარის სიდიდე საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სტატისტიკური მულტიპლექსირების ეფექტის რიცხობრივი მნიშვნელობა, რაც პაკეტური ტექნოლოგიის საფუძველზე წარმოდგენილი ინფორმაციული ნაკადების ერთობლივად მომსახურების პროცესის თავისებურებას წარმოადგენს.

განვიხილოთ რეალური მოქმედი მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო სისტემიდან აღებული ტრაფიკის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგები [4]. რადგანაც მულტისერვისულ ქსელში მოთხოვნათა ნაკადების ცალკეული ჯგუფების მომსახურების პროცესი განიხილება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და ცალ-ცალკე, ანუ საქმე გვაქვს მრავანაკადიანი მოდელების შესწავლის აუცილებლობასთან, საჭირო გახდა გაგვეანალიზებინა რეალური სისტემის მონაცემების დამუშავების შედეგად, თუ რამდენად შესაძლებელი იქნებოდა ტელეტრაფიკის თეორიის კლასიკური შედეგების გამოყენება, ანუ შემომავალი მოთხოვნების ნაკადების ერთგვაროვან მოვლენათა ჯგუფებად დაშვება. ამ მიზნით შევარჩიეთ მოთხოვნათა ორი, დღეისათვის ყველაზე აქტიურად გამოყენებადი სახეობა ჩვენს ქვეყანაში, კერძოდ მოთხოვნები სატელეფონო მომსახურებაზე და მოთხოვნები ინტერნეტ მომსახურებაზე. მომსახურების სხვა სახეობებზე დაკვირვების შესაძლებლობა „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელში დროის მოცემულ პერიოდში არ გვქონდა.



ნახ.1. სატელეფონო ტრაფიკის სადღელამისო ცვლილების სახე 2020 წლის 8 დღის მონაცემებით (8.07-15.07) - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი

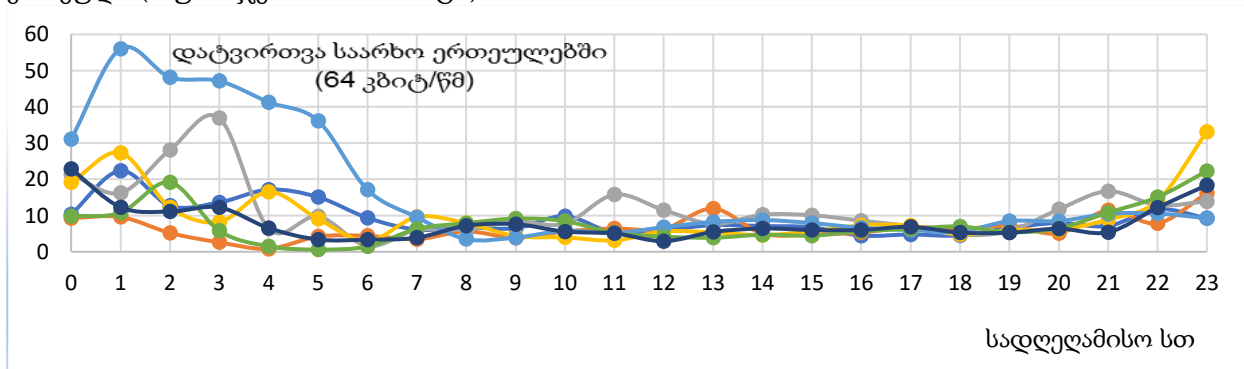
როგორც სატელეფონო მომსახურების ტრაფიკის სადღელამისო ცვლილების ხასიათიდან ჩანს, მოთხოვნები მომსახურებისათვის იყენებს საარხო რესურსის მხოლოდ მეოთხედს. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების დამუშავებამ მოგვცა საშუალება გამოგვეთვალა საარხო რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც მოცემულ პერიოდში არ აღემატებოდა 76%, ანუ საარხო რესურსების 24% გამოუყენებელია, რაც ოპერატორის პოციზიიდან რესურსების გამოყენების დაბალი მაჩვენებელია.



ნახ. 2. ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის ცვლილება კვირის დღეების შესაბამისად - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი

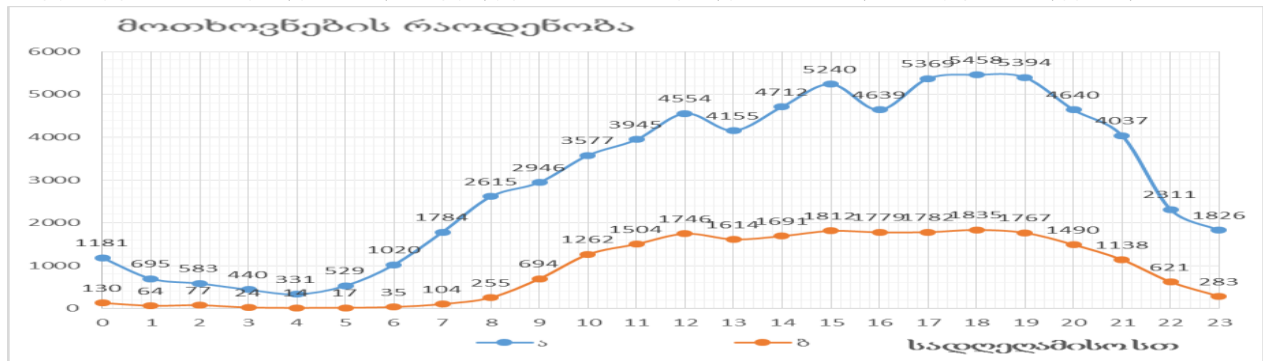
აღსანიშნავია, რომ აპარატურის მწარმოებელი ფირმები, თანამედროვე სისტემების სპეციფიკიდან გამომდინარე, ვერ გაითვალისწინებდნენ ჩვენი ქვეყნისა და რეგიონის თავისებურებებს, რაც გასული საუკუნის სატელეკომუნიკაციო სისტემებში შესაძლებელი იყო. მეორეს მხრივ, ინტერნეტ ტრაფიკის მომსახურება მოთხოვნილი ხარისხით, შესაძლებელი გახდა ცნობილ ეპიდემიოლოგიურ პერიოდში, როდესაც ძირითადი დატვირთვა მოდიოდა ინტერნეტის გამოყენებაზე.

მეკ ნახაზზე გასათვალისწინებელია, რომ 23 საათიდან დილის 6 საათამდე „სილქნეტს“ შემოთავაზებული აქვს უფასო ტრაფიკი, დანარჩენ პერიოდში სრულად არის დატვირთული 10 საარხო ერთეული (ანუ 10-ჯერ 64 ათასი ბიტი).



ნახ.3. ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის სადღელამისო ცვლილების სახე 2020 წლის 8 დღის მონაცემებით (8.07-15.07) „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი

შესწავლილი გვაქვს მოთხოვნების შემოსვლის პროცესი „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელში ინტერნეტ-მომხმარებლებისა და სატელეფონო-მომხმარებლების მხრიდან, რაც წარმოდგენილია ნახ.4-ზე.



ნახ.4. მიწოდებული მოთხოვნების რაოდენობა დღე-ღამის განმავლობაში - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი - 13.07.2020 . „ა“ - ინტერნეტ მომხმარებლები; „ბ“ - სატელეფონო მომხმარებლები

აღსანიშნავია, აგრეთვე, რომ მოთხოვნების რაოდენობა ინტერნეტ მომხმარებლების მხრიდან 3,3-ჯერ აღემატება მოთხოვნების მომსახურებას სატელეფონო მომხმარებლების მხრიდან, მიუხედავად იმისა, რომ „სმარტფონების“ რაოდენობა გაცილებით აღემატება ქსელში ჩართული კომპიუტერების რაოდენობას.

შემომავალი ნაკადის ასეთ მოდელს ტელეტრაფიკის თეორიაში ეწოდება BPP (Bernoulli – Poisson – Pascal)- ბერნული-პუასონი-პასკალის ნაკადი, შეუზღუდავი რაოდენობის საარხო რესურსებით, მომსახურებებისათვის შემოსული ნაკადების სტაციონალური განაწილების სამი ტიპის კანონზომიერებათა შესაბამისად:

1. ბინომიალური, ანუ ბერნულის ტიპის ნაკადი, რომლისთვისაც $\zeta_k < 0$, შესაბამისად $n_k = \frac{\psi_k}{\zeta_k}$ უნდა იყოს დადებითი, მთელი რიცხვი.

მაშინ $\lambda_k(i_k) = (n_k - i_k)\zeta_k$. აქ n_k -ს მნიშვნელობა შეესაბამება მომხმარებლების იმ რაოდენობას, რომელიც განსაზღვრავს საარხო რესურსზე მოთხოვნების ნაკადს, ხოლო $\gamma_k = -\zeta_k$ - არის ერთი მომხმარებლის მიერ შექმნილი, მოთხოვნებს შორის დროის განაწილების ექსპონენციალური განაწილების კანონის პარამეტრი. ბერნულის ტიპის ნაკადისათვის k-ური ნაკადის მოთხოვნათა მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც მომსახურების პროცესშია, შეზღუდულია n_k სიდიდით. ბერნულის ტიპის ნაკადში მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსიობა მცირდება მომსახურების პროცესში მოთხოვნების რაოდენობის ზრდის პროპორციულად;

2. პუასონის ნაკადისათვის უნდა სრულდებოდეს პირობა $\zeta_k = 0$, მაშინ მოთხოვნათა შემომავალი ნაკადის ინტენსიობა განისაზღვრება $\lambda_k(i_k) = \psi_k$ სიდიდით. პუასონის ტიპის ნაკადი წარმოიქმნება უსასრულო რაოდენობის მომხმარებელთა არსებობის შემთხვევაში. ცხადია ასეთ მოდელში, შემოსულ მოთხოვნათა ინტენსიობის სიდიდე არ იქნება დამოკიდებული, იმაზე თუ რა რაოდენობის მოთხოვნებია უკვე მიღებული მომსახურებაზე;

3. პასკალის ნაკადისათვის, ანუ უარყოფითი ბინომიალური ნაკადისათვის უნდა დავუშვათ, რომ $n_k = \frac{\psi_k}{\zeta_k}$ არის დადებითი მთელი რიცხვი, ხოლო ζ_k -ყოველთვის დადებითი რიცხვი. მაშინ $\lambda_k(i_k) = (n_k + i_k)\zeta_k$ და $\gamma_k = \zeta_k$. მოთხოვნათა რიცხვის განაწილების ასეთი მოდელისათვის, მოთხოვნათა შემოსვლის რიცხვი იზრდება მომსახურების პროცესში არსებული მოთხოვნების რიცხვის ზრდასთან ერთად.

„ბერნული-პუასონი-პასკალის“ მოდელის გამოყენება მოთხოვნათა შემომავალი ნაკადისათვის გვამძლევს საშუალებას განვიხილოთ ნაკადის პარამეტრების სასურველი კომბინაცია და შესაბამისად შესაძლებელია რეალური ნაკადის რეკონსტრუქცია საარხო რესურსის მოთხოვნაზე ორი პარამეტრის - ნაკადის ინტენსიობისა და სიმჭიდროვის კოეფიციენტების საფუძველზე. ზემოთ მოყვანილი გამოსახულების შესაბამისად მოთხოვნათა შემოსვლის პროცესი დამოკიდებულია მომხმარებელთა იმ რაოდენობაზე, რომლებიც სისტემაში არიან მომსახურების პროცესში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსიობა დამოკიდებულია მომსახურების სისტემის დატვირთულობაზე, ასეთი მოდელი კარგად აღწერს ნახ.3. წარმოდგენილ ვითარებას, სადაც შეიძლება გამოიყოს მომხმარებელთა ჯგუფი, რომლებიც ქმნიან მნიშვნელოვან ტრაფიკს.

3. დასკვნა

პერსპექტიული მულტისერვისული ქსელების გამტარუნარიანობის დაგეგმარება არის ურთულესი ამოცანა, ვინაიდან ფართოდ ვითარდება მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების კონტროლის მექანიზმების დამუშავება, იმის გათვალისწინებით რომ მომსახურების ხარისხის დონის შენარჩუნება არ

მოხდეს გამტარუნარიანობის ჭარბი სიდიდის ხარჯზე, რაც მიუღებელია ოპერატორის პოზიციებიდან გამომდინარე. მითუმეტეს, რომ მომხმარებლები არ არიან მოტივირებულები ქსელის რესურსების ოპტიმალურად გამოყენებისადმი.

იმისათვის, რომ სატელეკომუნიკაციო ქსელი სწორად იქნას დაგეგმარებული პერსპექტივის გათვალისწინებით (რეკონსტრუირებული, დასაბუთებულად იქნას მიღებული გადაწყვეტილება ახალი თაობის ქსელის ტექნოლოგიებზე გადასასვლელად) და შესაბამისად განხორციელდეს მისი ექსპლუატაცია, აუცილებელია რეალურ ქსელში ტრაფიკის ქვემოთ ჩამოთვლილ მონაცემებზე დაკვირვებები და სამეცნიერო წრეებისათვის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა:

1) ინტერნეტ კავშირის სიჩქარის (სასურველია 5000-მდე რაოდენობის შესაბამისად განსაზღვრული) ხანგრძლიობები;

2) მონაცემთა მოცულობების მიმოცვლის სიჩქარეების (ბაიტი/წმ) შესაბამისად განსაზღვრული სიჩქარეების ხანგრძლიობები (სასურველია მონაცემთა მოცულობის მიმოცვლის სიჩქარეებზე დაკვირვება, მინიმუმ 3000 ბაიტი/წმ-მდე ოდენობით);

3) მულტისერვისული მომსახურებისადმი მიდრეკილება საქართველოს რეგიონების, ან ქალაქების მიხედვით: წუთდაკავება თვეში. ეს მონაცემები მოგვცემს საშუალებას, რეალური მონაცემების საფუძველზე შევადგინოთ ფორმულა, რომელიც რეგიონში (ქალაქში) წარმოებულ საერთო პროდუქტთან (მილიონ ლარებში) დამოკიდებულებაში განსაზღვროთ სატელეკომუნიკაციო ქსელში მოსალოდნელი ტრაფიკი და შესაბამისად, საჭირო საარხო რესურსების რაოდენობა.

4) მომხმარებელთა რაოდენობების დაჯგუფება დაკავებების ხანგრძლიობების შესაბამისად (განისაზღვრება მომხმარებლები მცირე წუთდაკავებებით, საშუალო და მაღალი წუთდაკავებებით), რაც საშუალებას მისცემს ექსპლუატაციას, სწორად გადანაწილდეს საარხო რესურსები სატელეკომუნიკაციო ქსელის უბნებზე;

5) მე-4 პუნქტის შედეგების მიხედვით, განისაზღვრება ტრაფიკის წილობრივი მნიშვნელობები (პროცენტებში), შესაბამისი ჯგუფების მომხმარებლებისათვის;

6) ქსელის რეკონსტრუქციისათვის აუცილებელია მაღალი მაჩვენებლის

7) (თვეში საათდაკავებების შესაბამისად) ტრაფიკის შემქმნელი მომხმარებლების გამოვლენა (რომლებსაც ძირითადად წარმოადგენენ დაწესებულებები);

8) ქსელის დაგეგმარების, რეკონსტრუქციის, გაფართოებისა და ექსპლუატაციის მიზნებისათვის აუცილებელია ტრაფიკის ხვედრითი წილის განსაზღვრა, რომლის მნიშვნელობა შეფასდება, როგორც ქსელში გაზომილი ჯამური ტრაფიკის შეფარდება, ქსელის მომხმარებლების საერთო რაოდენობასთან.

ლიტერატურა:

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. Москва, Экотрендз. 2010.
2. Davies G., Hadzt M. Kelly F. Come the revolution- Network Dimensioning Service Costing and Pricing in a Packet Switched Enviroment. Telecommunications Policy. 2004, №28
3. ბჟინავა ე., ყიფიანი ქ., მულტისერვისული ქსელში მოთხოვნებზე დაყოვნებების წარმოქმნის დამოკიდებულება ქსელში არსებულ მარშრუტებზე. IV საერთაშ. სამეცნ.კონფ., რეგიონული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები. საქართველო, ქუთაისი. აკსუ. 29.10.2016. გვ.147-150
4. ბჟინავა ე., „მულტისერვისული ქსელის თავისებურებები და ტელეტრაფიკის თეორიის კლასიკური შედეგების გამოყენების შესაძლებლობა“//შრ.კრ., „მართვის ავტმატიზებული სისტემები“, თბ., სტუ. №1(32).VoL.2 გვ. 42-46, 2021.

ANALYSIS OF MULTISERVICE NETWORK USER TRAFFIC

Elvira Bzhinava

Georgian Technical University

e.bzhinava@gtu.ge

Summary

The current goal is to assess traffic parameters in the multiservice network. The variety of inflow of requests determine resources of the network that are necessary to provide service with the required quality thus, it is of an importance to study and research methods and ways to determine resources in the multiservice networks and its efficient utilization. The work request the resuets of the analyses of the data taken from multiservice systems: namely "Silknet" radioconnections telephone traffic mean number of daily consumphon (capacity). Daily fluctuation of internet traffic per (mean) capita during the weer days. nInternet traffic changes per capita 24 hour internet traffic changes per capita during 8 conseculive Days. Number of received requests during the day for servicing the internet and telephone consumers. Divicion of the telephone service requests during. He day, that gives apportunities to the manautance, or the based of pilot (data) requests, to choose the possibilies of programmed control to guarantily high speed of the performance.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების მეთოდოლოგიის ზოგადი ასპექტები უმაღლესი და პროფესიული სწავლების საგანმანათლებლო დაწესებულებებში

ია ირემაძე¹, თამარ ნასყიდაშვილი²
1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
2-სსიპ გორის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
რეზიუმე

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის და მოდელირების სწავლება გამოყენებითი მეცნიერებებისთვის და პროფესიული საქმიანობის სხვადასხვა დარგების სპეციალისტების მომზადებისთვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი მიმართულებაა და საგანმანათლებლო სივრცეში განიხილება, როგორც განათლების მნიშვნელოვანი და მეტად საჭირო კომპონენტი. კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინი და ანიმაცია წარმოადგენს აუცილებელ ინსტრუმენტს ისეთ პროფესიულ სფეროებში, როგორცაა მულტიმედიური ტექნოლოგიები, სარეკლამო დიზაინი, მანქანათმშენებლობა, კინოხელოვნება, ხელოვნების სხვადასხვა დარგები, არქიტექტურა, პროტოტიპებისა და გენერაციული დიზაინის შექმნისთვის, კომპიუტერული თამაშების შექმნისთვის, ეს ჩამონათვალია არ არის სასრული, რადგან მუდმივად ინერგება ახალი დარგები და სფეროები, რომლებიც მოითხოვენ კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის ცოდნას და გამოყენებას. შრომის ბაზარზე ჩნდება მოთხოვნები კომპიუტერული მოდელირებისა და დიზაინერული ცოდნის კვალიფიციურ სპეციალისტებზე, მაგალითად: ვექტორული, სპეცეფექტების, CAD სისტემების, ანიმატორების, ვიზუალიზაციის სპეციალისტებზე. შრომის ბაზრის მოთხოვნების გათალისწინებით, კომპიუტერული გრაფიკული ტექნოლოგიების სფეროს შესაბამისი კვალიფიკაციის მომავალი სპეციალისტების მომზადებისთვის საჭიროა პედაგოგიური მიდგომების და მეთოდური ასპექტების სიახლეებთან თანხვედრა.

საკვანძო სიტყვები: კომპიუტერული გრაფიკა. დიზაინი. სწავლება. სწავლა. ცოდნის სფერო. მეთოდოლოგია. მოდელი.

1. შესავალი

უმაღლეს და პროფესიულ საგანმანათლებლო სივრცეში კომპიუტერული ტექნოლოგიების, განსაკუთრებით კი გრაფიკული დიზაინის სწავლების პროცესში უმნიშვნელოვანესია ისეთი მეთოდური მიდგომების დანერგვა, რომელიც სტუდენტს დაეხმარება შემოქმედებითი აზროვნების და საკუთარი იდეების ვიზუალიზაციის განვითარებაში. შედეგად კი ვიღებთ, შრომის ბაზრის მოთხოვნის შესაბამის მაღალკვალიფიციურ სპეციალისტს ფუნდამენტური განათლებით. სწავლების ამ ძირეული მეთოდების ზოგად მიდგომებსა და თავისებურებებზეა საუბარი სტატიის ძირითად ნაწილში.

2. ძირითადი ნაწილი

კომპიუტერული დიზაინისა და გრაფიკული ტექნოლოგიების შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესაბამისი კომპეტენციის სპეციალისტის მომზადებისთვის უმაღლეს და პროფესიულ განათლებაში, პრობლემის აქტუალობა თეორიულ დონეზე განისაზღვრება გაიდლაინების, მეთოდური სახელმძღვანელოების და რეკომენდაციების მომზადებით.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინი (კომპიუტერული გრაფიკა) წარმოადგენს სამეცნიერო ცოდნის სფეროს, რომელიც თავისთავში მოიცავს სახვადასხვა სახის (რასტრულ, ორგანოზომილებიან და სამგანზომილებიან ვექტორულ, ფრაქტალურ და ა.შ.) ორგანოზომილებიან და სამგანზომილებიანი გამოსახულების ინსტრუმენტალურ და მეთოდურ-მეთოდოლოგიურ ტექნოლოგიებს.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების მეთოდოლოგია წარმოადგენს თანმიმდევრული ცოდნის პრინციპებს, შინაარსს, მეთოდებს, საშუალებებს და საგანმანათლებლო პროცესების ორგანიზაციის (ორგანიზების) ფორმებს.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების მოდელი წარმოადგენს კომპონენტების ერთობლიობას, რომლებიც აღწერენ სწავლების მეთოდოლოგიის დონეს, მათ ურთერთდამოკიდებულებას, პრინციპებს, მეთოდებს, საშუალებებს და სწავლების პროცესების ორგანიზაციის (ორგანიზების) ფორმებს.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლება-სწავლის მეთოდოლოგიის შემუშავებას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, კერძოდ დასკვნების (სწავლის შედეგების) და რეკომენდაციების გააზრება სასწავლო პროცესის სრულყოფისათვის, კერძოდ:

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების მეთოდის მოდელი, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მომავალი სპეციალისტის მომზადება თანამედროვე შრომის ბაზრის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, განისაზღვრება მიზნობრივ-სამოტივაციო, დასაქმება-პროცედურულობის, რეფლექსურობა-შემფასებლობის დონეზე უკუკავშირის არსებობით. ამ მეთოდის დანერგვით სწავლება-სწავლის ფარგლებში მოიაზრება კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლების პროცესის ორგანიზაცია-ორგანიზება. მოცემული მეთოდის დანერგვა სწავლებაში ასევე ხელს უწყობს სტუდენტის კრეატიული საქმიანობის გააქტიურებას, ეხმარება კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლებისას ინტერესთა კონკრეტული სფეროს უპირატესობების (პრიორიტეტების) განსაზღვრაში, კონტროლისა და სწავლება-სწავლის შედეგების კორექციაში.

კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლება-სწავლის მეთოდის მოდელში თავს იჩენს რიტორიკულ-დიდაქტიკური ხასიათის შეკითხვები - რას ვსწავლობთ-რისთვის ვსწავლობთ - როგორ ვსწავლობთ, კერძოდ, რომელ პროგრამულ და ტექნიკურ საშუალებებს, რა ბიბლიოგრაფიულ რესურსებს ვრთავთ და ვიყენებთ სწავლების პროცესში. პირველი შეკითხვა მიმართულია სწავლება-სწავლისკენ, მეორე - შინაარსისკენ, მესამე სწავლება-სწავლის ფორმებისა და მეთოდებისკენ, რომლებიც ერთიანობაში ქმნიან სწავლების მიზნობრივ რესურსებს.

მეთოდური ცოდნა აუცილებელია საგანმანათლებლო პროცესის დაგეგმვისა და ორგანიზაციისთვის, რომელიც შემდგომში მჭიდრო კავშირში იქნება სწავლების მეთოდების და სწავლების ტექნიკის, ანუ პედაგოგიური მიგნებების აქტიურ გამოყენებასთან. აქ მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იყოს თვით პედაგოგის პროფესიული ცოდნის, უნარების და პროფესიული შემოქმედებითობის არსებობის აუცილებლობა და ხარისხი, აგრეთვე თანამედროვე შრომის ბაზრის, დამსაქმებლის და უშუალოდ საზოგადოების და მომხმარებლის მოთხოვნები.

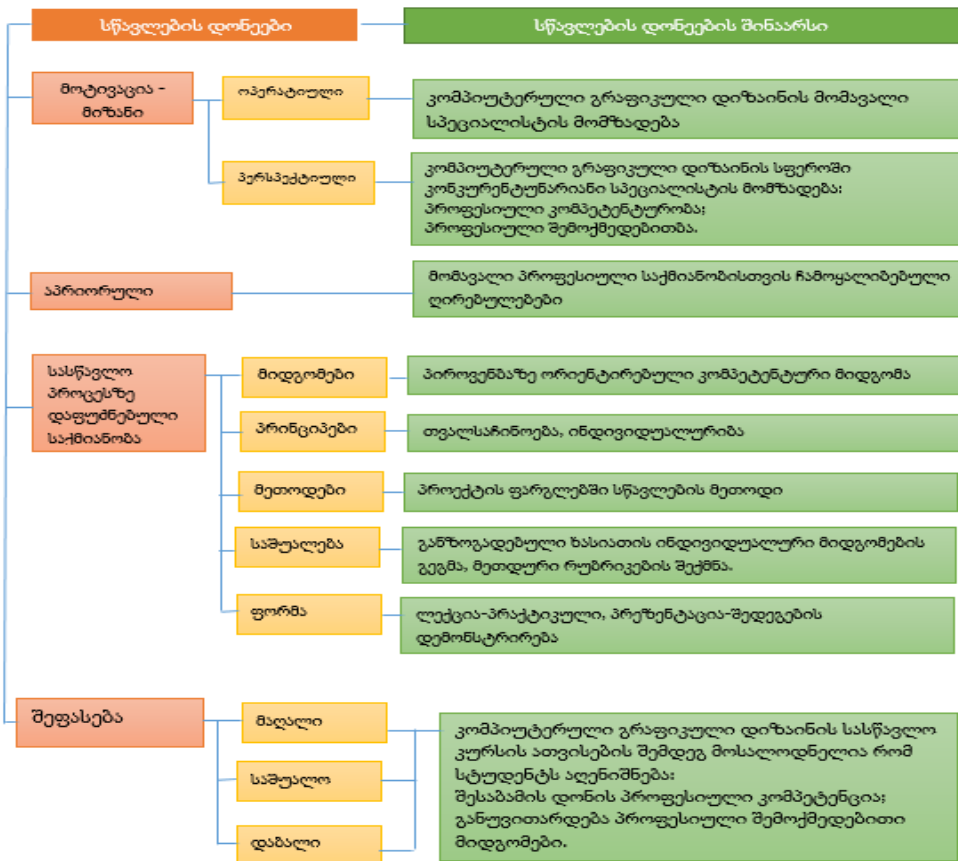
პედაგოგის (მწვრთნელის) მეთოდური მუშაობა წარმოდგენილია ორი - ემპირიული და თეორიული ფაქტორით. ემპირიულ დონეზე პედაგოგი ითვისებს სასწავლო კურსის სწავლების პროცესს, ეძებს ეფექტურ მეთოდურ, სწავლება-სწავლის შედეგებზე ორიენტირებულ მეთოდებს, შეიმუშავებს სასწავლო კურსის სწავლების მეთოდოლოგიას, ახდენს ვიზუალური მასალის აპრობაციას, ახდენს სასწავლო პროცესისთვის (პროგრამული უზრუნველყოფის, ვიზუალური მასალის წარდგენისათვის) აუცილებელი მატერიალურ-ტექნიკური აღჭურვილობის განსაზღვრას. პედაგოგი ფლობს რა სასწავლო კურსების შინაარსს, შეიმუშავებს ტექნიკური ცოდნის ასათვისებლად საჭირო პროფესიული უნარ-ჩვევებს და მართვის მეთოდებს.

პედაგოგის მოღვაწეობა ემპირიულ დონეზე გულისხმობს წარმოადგინოს სასწავლო პროცესის დინამიურობასა და განვითარებაზე ორიენტირებული სისტემა, რომელიც თავის მხრივ იქნება გარანტი სასწავლო პროცესში ჩართული სტუდენტებისთვის ცოდნისა და პროფესიული უნარების ჩამოყალიბების.

თანამედროვე კომპიუტერული გრაფიკული ტექნოლოგიები სამეცნიერო ცოდნის საკმაოდ ფართო სფეროა, რომელიც მოიცავს მეთოდებს, ტექნოლოგიებს და ინსტრუმენტალურ საშუალებებს, რომელთა მეშვეობით ხდება ორგანიზაციული და სამგანზომილებიანი, ინტერაქტიური და ანიმაციური სხვადასხვა სახის გამოსახულებების შექმნა. მუდმივად იცვლება და იზრდება კომპიუტერული გრაფიკული სისტემების მომხმარებლების რაოდენობა, შრომის ბაზარი ითხოვს, შეიძლება ითქვას მოითხოვს კვალიფიციურ, შესაბამისი კომპეტენტურობის მქონე იტ მხატვრებს და კომპიუტერული მოდელების შემმუშავებლებს. კომპიუტერული გრაფიკის სფეროში ინფორმაციული ტექნოლოგიების უწყვეტმა განვითარებამ გამოიწვია ახალი სპეციალობების წარმოქმნა. მაგალითისთვის, თუ რამდენიმე წლის წინ შრომის ბაზარი მოითხოვდა „ვებ-ოსტატებს“, რომელიც საკმაოდ პოპულარული და მაღალანაზღაურებადი სპეციალობა იყო, დღეს უკვე აღნიშნული სპეციალობიდან წარმოიქმნა ვიწრო სპეციალიზაციის მიმართულებები, როგორცაა: „ვებ-ადმინისტრატორი“, „ვებ-მენეჯერი“, „ვებ-დიზაინერი“, „ვებ-პროგრამისტი“, „ვებ-საიტების ხელშემწყობი სპეციალისტები“, „ინტერნეტ-რეკლამის სპეციალისტები“, „ვებ-საიტების ტესტირების სპეციალისტები“ და ა.შ. როგორც ვხედავთ მეტ აქტუალობას იძენს შედარებით ვიწრო სფეროს სპეციალისტები, რაც ფართოდ აისახება შრომის ბაზრის მოთხოვნებში. აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე დამსაქმებელი ვაკანტური ადგილის დასაკავებლად ითხოვს კონკრეტული დარგის სპეციალისტისთვის აუცილებელ ცოდნას და უნარ-ჩვევებს, კრეატიულ აზროვნებას და გადაწყვეტილების მიღების უნარს. ამიტომ, სტუდენტების (კურსამთავრებულების) პრაქტიკული უნარების პროფესიულ დონეზე დემონსტრირების მოთხოვნები მაღალია.

განხილულ სასწავლო კურსებში წარმოდგენილია ძირითადი სასწავლო კომპონენტები. მაგალითისთვის, თუ განვიხილავთ ვექტორულ ორგანიზაციული გრაფიკას, მაშინ ვახდენთ არსებული

პროგრამული უზრუნველყოფის გეომეტრიული კონსტრუქტორის ხშირად გამოყენებული-ობიექტებზე გეომეტრიული ოპერაციების, ობიექტების ფორმების მოდიფიკატორების, ობიექტების აგების სიზუსტის განმსაზღვრელი და უზრუნველყოფელი ელემენტების კლასიფიკაციას, რომელთა ფუნქციონირება განზღვრულ შემთხვევაში შეზღუდულია, მაგრამ ზოგიერთ მათგანს გააჩნია ფართო სპექტრის ფუნქციები. კლასიფიკაციის საფუძველზე წარმოდგენილი და განხილულია სასწავლო კომპონენტი, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იყოს ნებისმიერი ვექტორული რედაქტორის შემთხვევაში. კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლება-სწავლის მეთოდები სქემატურად წარმოდგენილია სურ.1-ზე:



სურ. 1. კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის სწავლება-სწავლის მეთოდები უმაღლეს და პროფესიულ სასწავლებელთა სტუდენტებისთვის

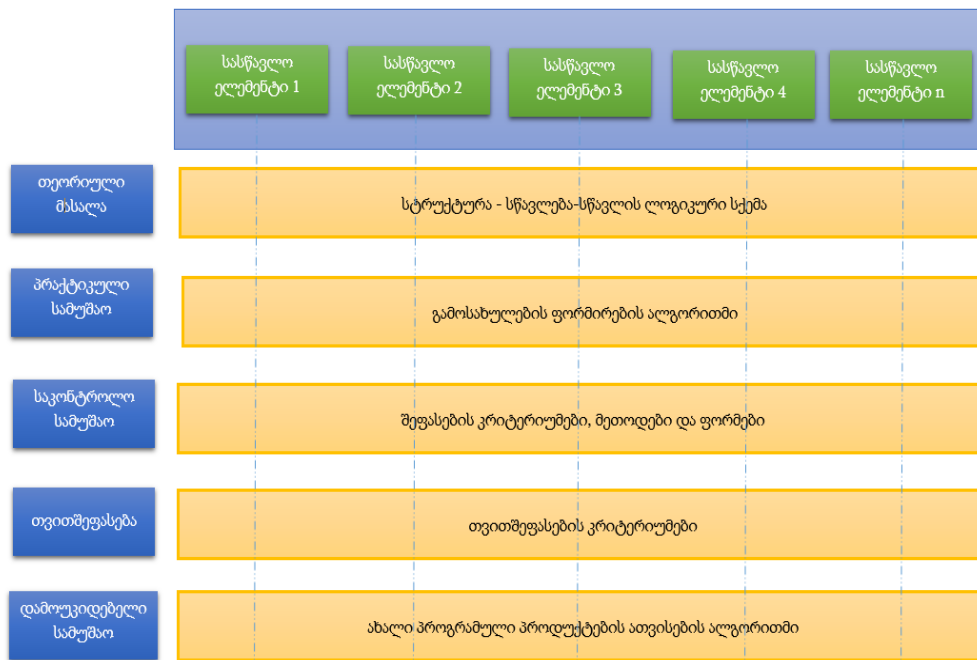
მეთოდური კვლევის რუმბრიკით წარმოდგენილი და განხილულია ვექტორული AUTOCAD სისტემის სწავლება-სწავლის პროცესზე დაკვირვება. კვლევის დროს განხილული იყო სასწავლო ელემენტები (სურ. 2):

სასწავლო ელემენტი 1 - გეომეტრიული პრიმიტივების კონსტრუქტორი: წრეწირი, მართკუთხედი, ელიფსი, რკალები, მრავალკუთხედი, ბადე, სპირალი, ტექსტი და ა.შ.

სასწავლო ელემენტი 2 - რედაქტირების მეთოდი - ობიექტზე განხორციელებული გეომეტრიული ოპერაციები: ობიექტის მონიშვნა, დაკოპირება, წაშლა, მობრუნება, სარკული ანარეკლი, მასშტაბირება (სქეილი), ჩასხმა, ობიექტის კონტური, 3D ობიექტის შექმნისა და იმიტაციის ინტერაქტიული ინსტრუმენტი.

სასწავლო ელემენტი 3 - სიზუსტე: შაბლონები, სახაზი, განზომილების ერთეულები, ფენები, ბადე, მიმმართველები, მიბმები, სტილები და ა.შ.

სასწავლო ელემენტი 4 - სპეცეფექტები და შესაძლებლობები: პერსპექტივა, ლუპა, , ექსრუდირება (ამოწევა) და ა.შ.



სურ. 2. მეთოდური კვლევის რუბრიკა

თუ საკოორდინატო სისტემის ერთ ღერძზე წრფივად განვითავსებთ სასწავლო ელემენტებს, ხოლო მეორეზე ღერძზე სასწავლო პროცესის ფორმებს, გადაკვეთის წერტილზე მივიღებთ შემდეგ მეთოდურ ელემენტებს:

„თეორიული მასალის“ სტრიქონში ვხედავთ მიმდევრობას სწავლება-სწავლის ლოგიკური სქემა, სასწავლო ელემენტი 1, სასწავლო ელემენტი 2, სასწავლო ელემენტი 3, სასწავლო ელემენტი 4, სასწავლო ელემენტი n და ა.შ.

„პრაქტიკული მეცადინეობის“ სტრიქონში გამოსახულების ფორმირების ალგორითმი, შეიძლება გამოყენებული იყოს სასწავლო პროექტის განხორციელებისას. ყოველი პროექტი განიხილება სასწავლო ელემენტების გათვალისწინებით, თუ რომელი გეომეტრიული პრიმიტივები და რედაქტირება-მოდულიზაციის ელემენტები იქნება გამოყენებული დავალებაში (პროექტში), როგორი იქნება პრიმიტივების აგების განზომილება, პარამეტრები და სიზუსტე, რომელი სპეცეფექტები იქნება გამოყენებული.

„საკონტროლო სამუშაოს“ სტრიქონში სასწავლო ელემენტებით განისაზღვრება შეფასების კრიტერიუმები n-ქულიანი სისტემით (იმის მიხედვით თუ რამდენი ქულა აქვს მინიჭებული შეფასების სისტემაში საკონტროლო სამუშაოს), მაგალითად:

- გეომეტრია (0 - n/5 ქულა) - დავალებაში მოცემული სცენის ყველა ობიექტი უნდა იყოს შექმნილი, ობიექტების ზომები უნდა იყოს პროპორციული.
- მასალები (ტექსტურები) (0 - n/5 ქულა) - დავალებაში მოცემულ ყველა ობიექტს უნდა ჰქონდეს მინიჭებული ტექსტურა და დაცული იყოს ყველა მოთხოვნილი სტანდარტი;
- განათება (0 - n/5 ქულა) - განათების ელემენტები უნდა იყოს სწორად შერჩეული და მიღებული ანუ დამდგარი შედეგი უნდა იყოს დამაკმაყოფილებელი.
- რენდერი (0 - n/5 ქულა) - კამერის გამართვის ელემენტები უნდა იყოს სწორად შერჩეული და მიღებული-დამდგარი შედეგი უნდა იყოს დამაკმაყოფილებელი.
- ვიზუალიზაცია - საბოლოო პრეზენტაცია (0 - n/5 ქულა) - ვიზუალური ეფექტი მაქსიმალურად უნდა იყოს მიახლოებული დასახულ ამოცანასთან (პროექტით მოცემულ დავალებასთან).

სტრიქონი „თვითშეფასება“ გვიჩვენებს ყველა სასწავლო ელემენტის თვითშეფასების კრიტერიუმებს, ანუ სტუდენტი აფასებს საკუთარ თავს, საკუთარ ტექნიკას, თვითგანვითარების შესაძლებლობებს და თვითდაჯერებულობას.

სტრიქონი „დამოუკიდებელი სამუშაო“ მოიცავს დამოუკიდებლად მუშაობის, კომპიუტერული გრაფიკული დიზაინის ახალი პროგრამული პროდუქტების ათვისებას, დახვეწასა და პროფესიულ წინსვლას.

3. დასკვნა

„მიღწეული სწავლის შედეგები მნიშვნელოვანი კომპონენტია მიღებული ცოდნის აღიარებისთვის. კერძოდ, სწავლა-სწავლების შედეგად მიღებული კვალიფიკაციის იდენტიფიცირების დროს არსებულ კითხვებს შორის პრიორიტეტული ხდება კითხვა თუ „რის გაკეთება შეუძლია მას ხარისხის მიღების შემდეგ?“ ნაცვლად, „რა გააკეთა მან ხარისხის მისაღებად?“. ეს მიდგომა რელევანტურია შრომის ბაზრისთვის და ბევრად უფრო მოქნილია მაშინ, როდესაც „მთელი ცხოვრების მანძილზე სწავლას“ და არაფორმალური განათლების სხვა ფორმებს ვიღებთ მხედველობაში (ევროპის საბჭო, Council of Europe, 2002)“ [1].

კომპიუტერული გრაფიკული ტექნოლოგიების სწავლება-სწავლის ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიური ანალიზის პროცესი სასწავლო კურსის პრიორიტეტულობის განსაზღვრის უტყუარი მაჩვენებელია. კომპიუტერული დიზაინის სასწავლო კურსის პრაქტიკული ცოდნა აგრეთვე შეიძლება განიხილებოდეს როგორც არტ თერაპიის ერთ-ერთი მძლავრი საშუალება. სასწავლო პროცესში ჩართული სტუდენტები (მსმენელები) ხდებიან თვითდაჯერებულები და მალდებენ მათი თვითშეფასება, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია მაშინ, როდესაც სტუდენტი რომელიმე სასწავლო კურსებთან მიმართებაში არ არის ბოლომდე რეალიზებული. სამუშაო გარემოს საინტერესო, სასიამოვნო, კომფორტული, კრეატიული გაწყობა განაპირობებს განავითაროს სტუდენტში დაფარული შემოქმედებით უნარები. საგანმანათლებლო პროცესის განხილული კომპონენტები წარმოადგენენ საგანმანათლებლო პროცესის მოდელის ზოგად ასპექტებს. საგანმანათლებლო პროცესის მეთოდის მოდელის ინვერსირებით მოსალოდნელია სწავლება-სწავლის დონის წარმადობის ცვლილების მიღწევა და ზრდის ტემპები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. დოქტ. დეკლან კენედი, „სწავლის შედეგების ჩამოყალიბება და დანერგვა, პრაქტიკული სახელმძღვანელო“ 2014 წელი.

METHODOLOGY OF TEACHING COMPUTER GRAPHIC DESIGN IN HIGHER AND PROFESSIONAL EDUCATION OF GENERAL ASPECTS

Ia iremadze¹, Tamar Naskidashvili²

1-Georgian Technical University,

2-Gori State University

Summary

Education in computer graphic design and modeling for applied sciences and training of specialists in various fields of professional activity is one of the important areas and is considered as an important and demanded component of education in modern society. Computer graphic design and animation is an indispensable tool in professional fields such as multimedia technology, advertising design, mechanical engineering, cinematography, various fields of art, architecture, prototyping and generative design, computer games. And this list is not limited, it is constantly growing, new directions are “born” that require the use of computer graphic design. There is a demand in the labor market for qualified specialists with knowledge of computer modeling and design, for example: vector, special effects, CAD, animators, visualization specialists. Taking into account the requirements of the labor market, new pedagogical and methodological ideas and approaches are needed to train future specialists with appropriate qualifications in the field of computer graphics technologies.

Key words: computer graphic. design. area of pedagogical knowledge. methodology. model.

ღრმა სწავლების მეთოდების გამოყენება მედიცინაში დიაბეტური რეთინოპათიის დიაგნოსტიკის მაგალითზე

ალექსანდრე ლაბაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ბიოსამედიცინო გამოსახულების დამუშავების ამოცანებში ხელოვნური ინტელექტის, კერძოდ, ღრმა სწავლების მეთოდების გამოყენების საკითხები. სტატიაში მიმოხილულია ხელოვნური ინტელექტის, კერძოდ, მანქანური სწავლების შესაძლებლობები მედიცინაში. ასევე, წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის სამედიცინო აპლიკაცია, რომლებიც, შესაძლებელია, უფრო ზუსტი და ეფექტური გახდეს სხვადასხვა ინტელექტუალური ალგორითმების გამოყენებით. შევადგინეთ მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებას COVID-19-ის პანდემიასთან ბრძოლის შედეგიანობის თვალსაზრისით. დიაბეტური რეთინოპათიის დაავადების მაგალითზე განვიხილავთ ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტების გამოყენების აუცილებლობასა და ეფექტურობას სამედიცინო გამოსახულების დამუშავებისა და კლასიფიკაციის პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი. ღრმა სწავლება. მანქანური სწავლება. დიაბეტური რეთინოპათია. ნეირონული ქსელები.

1. შესავალი

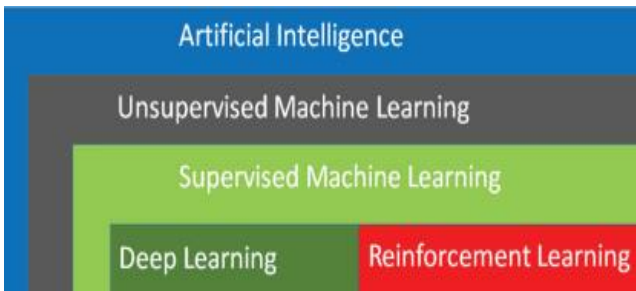
დღესდღეობით უფრო და უფრო მეტი კვლევა ტარდება, რათა გაიზარდოს ხელოვნური ინტელექტის ჩართულობა თანამედროვე სამედიცინო სისტემებში. შესაბამისად, გაიზარდა სტატისტიკური მონაცემები, შეიძლება ითქვას, რომ, ამ მიმართულებით, მანქანური სწავლების ჩართვამდე არსებულმა ტექნოლოგიებმა თავისი შესაძლებლობები უკვე ამოწურა. ღრმა სწავლების მეთოდები საკმაოდ სწრაფად ვითარდება, მან თავისი შესაძლებლობები უკვე კარგად აჩვენა მანქანური სწავლების გამოყენებით. მაღალი რეზოლუციის მქონე, მრავალშრიანი, ღრმა ნეირონული ქსელების შექმნამ საშუალება მოგვცა გამოვიყენოთ ის სხვადასხვა ტიპის სამედიცინო აპლიკაციებში, მათ შორის, გამოსახულების ანალიზსა და კლასიფიკაციაში. რომელთა მიხედვითაც ხდება არაპრობლემური ტიპის სამედიცინო ინფორმაციის შეგროვება და ანალიზი.

სამედიცინო საკითხების დიაგნოსტიკისა და მასზე რეაგირების მნიშვნელოვანი ნაწილი ზუსტი ინფორმაციის დროულ მოპოვებასთანაა დაკავშირებული. ხელოვნური ინტელექტის (AI) საშუალებით, ექიმებს და სამედიცინო სფეროს სხვა სპეციალისტებს მცირე დროში შეუძლიათ მიიღონ ზუსტი მონაცემები, კრიტიკული კლინიკური გადაწყვეტილებების მიღებისა და დაჩქარების ოპტიმიზაციისთვის. ხელოვნური ინტელექტი ექიმს საშუალებას აძლევს, გაიმარტივოს უფრო დამძლევი, დეტალური ამოცანები. მაგალითად, ხელოვნური ინტელექტის რადიოლოგიაში გამოყენებით შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ვიზუალური მარკერების დროის მცირე მონაკვეთში იდენტიფიცირება, რაც ზოგავს ინტენსიური ანალიზის დროს ექიმისთვის. რაც უფრო მეტი სასიცოცხლო პროცესია ავტომატიზირებული, მით მეტი დრო აქვს სამედიცინო პერსონალს პაციენტების შესაფასებისა და დიაგნოსტიკისათვის. AI-ს შეუძლია დააჩქაროს სამედიცინო პროცესი პაციენტის მიღებიდან მისი მკურნალობის ჩათვლით. მანქანური სწავლების ალგორითმებს შეუძლიათ მედიცინასთან დაკავშირებული რისკების იმაზე უფრო სწრაფად და ბევრად მეტი სიზუსტით იდენტიფიცირება, ვიდრე ეს ტრადიციული მეთოდებითაა შესაძლებელი. სწორად ამ შესრულებულ ალგორითმებს შეუძლიათ არაეფექტური მექანიკური პროცესების ავტომატიზაცია, რაც აჩქარებს დიაგნოზის დასმას და ამცირებს შეცდომების დაშვების რისკებს.

ხელოვნური ინტელექტი სათავეს ჯერ კიდევ 1950-იანი წლებიდან იღებს, დღესდღეობით კი იგი გახდა ინტელექტუალური სისტემა, რომელმაც შეძლო სხვადასხვა ინდუსტრიულ (და არა მხოლოდ) მიმართულებებში გადატრიალების მოხდენა. ხელოვნური ინტელექტის მიზანია, შექმნას ახალი ალგორითმი, რომელიც სხვადასხვა მოწყობილობებს მისცემს გონივრული მოქმედებების საშუალებას ადამიანების ჩარევის გარეშე. ხელოვნური ინტელექტის ძირითად საფუძველს წარმოადგენს მანქანური სწავლება, რომელიც რეალურ სამყაროში მიმდინარე ცვლილებებების მუდმივი ანალიზის ხარჯზე უფრო აუმჯობესებს AI-ს უნარებს. AI ასევე შეგვიძლია გამოვიყენოთ ისეთ შემთხვევაში, როცა ადამიანური ინტელექტის სიმულაციასა და რეპროდუქციულ სწავლება-ანალიზს მანქანური მოწყობილობებით ვაკეთებთ, შესაბამისად, მას შეუძლია ამოხსნას რთული, კომპლექსური პრობლემები, რომელიც ადამიანებისათვის ჯერ კიდევ გადაუჭრელად მიიჩნევა [1].

2. მანქანური სწავლების როლი ჯანდაცვაში

ჯანდაცვის სისტემებში მანქანური მოწყობილობები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დიაგნოსტიკისა და დაავადებათა იდენტიფიკაციის საკითხში. მედიცინაში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება გვამღევს ბევრი საკითხის გადაწყვეტის საშუალებას ღრმა სწავლების, ხელოვნური ნეირონული ქსელებისა და მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებით. ჯანდაცვის სისტემებისთვის მთავარ პრობლემას წარმოადგენს მონაცემების მოძიება და ეფექტური ანალიზი მათი დიდი ზომის, ჰეტეროგენული მონაცემებისა და ჩანაწერების ხარგრძლივი პერიოდის გამო. მანქანური სწავლება არის AI-ს უპირატესობა კომპიუტერულ ტექნოლოგიებში, რაც საშუალებას აძლევს მანქანებს, ისწავლონ დიდი ზომის მონაცემებიდან იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ის რაიმე კონკრეტული მიზნისთვის არაა დაპროგრამებული. დიდი ზომის მონაცემები არის მანქანური სწავლების მამოძრავებელი ძალა და მნიშვნელოვანი გზა, რომლითაც კომპიუტერს შეუძლია ისწავლოს, გააანალიზოს და დატრენინგდეს კონკრეტული დავალების შესასრულებლად. მანქანური სწავლება არის საკმაოდ ეფექტური საშუალება,



როცა გვჭირდება კონკრეტული ინფორმაციის მიღება ისეთი დიდი ზომის, სწრაფად ცვლადი და დივერსიფიცირებული მონაცემთა ბაზებიდან, როგორც ჯანდაცვაში გვხვდება. ჩვეულებრივ, AI იყენებს კომპიუტერს, რომელიც გარკვეული ხარისხის ავტონომიით სწავლობს ნედლ მონაცემებს, როგორც ეს ხდება „უკონტროლო“, „ზედამხედველობითი“, „ღრმა“ და „გამლიერებული“ სწავლების დროს (სურ.1) [2].

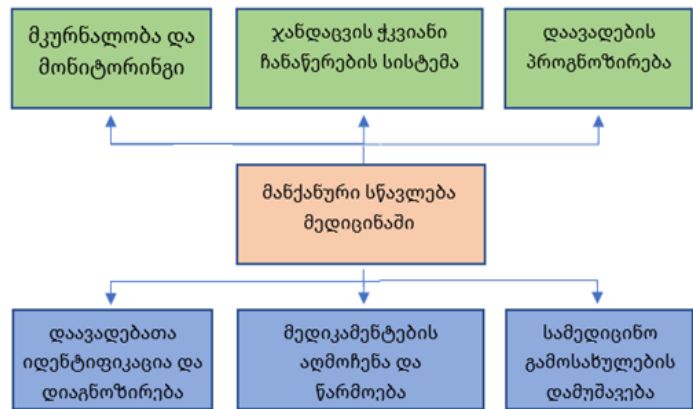
სურ.1. AI-ს მუშაობის პრინციპი

ჯანდაცვის სფეროში მანქანური სწავლების გამოყენება სიახლე აღარაა, ის უკვე კარგადაა გავრცელებული და მოთხოვნაც გაზრდილია როგორც საჯარო, ისე - კერძო ჯანდაცვის სფეროში. მანქანური სწავლების ყველაზე მნიშვნელოვანი მაგალითები ნაჩვენებია ილუსტრაციაზე (სურ.2). პირველ რიგში არის იდენტიფიკაციისა და დიაგნოზის ამოცანა, რომელიც გულისხმობს პაციენტის დაავადების აღმოჩენას, მდგომარეობის მონიტორინგის და, მისი აღმოფხვრის მიზნით, შესაბამისი ზომების რეკომენდაციების გაცემას. AI ასევე ჩართულია მედიკამენტების აღმოჩენისა და წარმოების პროცესში, რაც აჩქარებს და რასაც ავტომატიზმამდე დაჰყავს საჭირო მედიკამენტის იდენტიფიკაციის დრო, ზრდის ეფექტურობასა და ამცირებს წარმოების დროს. სამედიცინო გამოსახულების დამუშავება ძალიან მნიშვნელოვან აპლიკაციას წარმოადგენს მედიცინაში, მანქანური სწავლება შესაძლებელს ხდის მიკროსკოპული პათოლოგიის აღმოჩენასა და ექიმისათვის საიმედო დიაგნოზის შეთავაზებას. კიდევ ერთი აპლიკაცია, რომელშიც მანქანური სწავლება გამოიყენება, არის მკურნალობა და მონიტორინგი, რაც მოითხოვს პაციენტის მკურნალობის დაგეგმვასა და ქვევის მონიტორინგს უკვე არსებული მასიური მონაცემთა ბაზების საშუალებით, რომელიც პაციენტის ანამნეზებისა და ჩანაწერებისაგან შედგება. ჯანდაცვის ჭკვიანი ჩანაწერების სისტემა პაციენტებს საშუალებას აძლევს, ხელმისაწვდომი გახადონ თავიანთი მკურნალობის მონაცემები მანქანური სწავლებისათვის, რაც AI-სთვის მნიშვნელოვან შეღავათს წარმოადგენს როგორც ფინანსურად, ისე – დროის ეკონომიის მიზნით. მანქანური სწავლების მოდელიდან ხელოვნური ნეირონული ქსელები გამოიყენება დაავადებათა გართულების პროგნოზირებისათვის, რომელიც არა მხოლოდ მცირე დაავადებებზე, არამედ მრავალმაშტაბიან ინფექციურ დაავადებებზეც ეფექტურად მუშაობს, თუკი შეუძლია საკმარისი ინფორმაციის მიღება მონაცემთა ბაზებიდან, სამედიცინო პლატფორმებიდან და ა.შ.

3.1 AI აპლიკაციები ჯანდაცვის სფეროში

ამჟამად, მანქანური სწავლების ალგორითმები ყველაზე მეტად გამოყენებადია ისეთი არაპროგნოზირებადი და უპრეცედენტო ჯანდაცვის მსოფლიო კრიზისთან საბრძოლველად, როგორც კორონავირუსის პანდემია (SARS-CoV-2). მეცნიერებმა გამოიყენეს ეს ალგორითმები COVID-19 გენომის კლასიფიცირების, პოტენციური მედიკამენტების იდენტიფიცირების, COVID-19-თან დაკავშირებული პროტეინის აღმოჩენისა და სხვა COVID-19-თან დაკავშირებული კლინიკური კვლევების დაგეგმარება-პროგნოზირებისათვის [3,5]. ამ ალგორითმების საშუალებით მეცნიერებმა აღმოაჩინეს SARS-CoV-2-ის თანდაყოლილი გენომური სტრუქტურა, რაც შემდგომში გამოიყენეს ვირუსის გენომის მაღალი სიზუსტით კლასიფიცირებისათვის. შემოთავაზებულ ალგორითმს შეუძლია SARS-CoV-2 ვირუსის გენომის

მიმდევრობის 100%-იანი სიზუსტით აღმოჩენა და შესაბამისობა აღმოჩენა 5000 ვირულენტულ გენომთან სულ რამდენიმე წუთში. ასევე, აღსანიშნავია ისიც, რომ ეს ალგორითმი იძლევა რეალურ დროში ტაქსონომიური კლასიფიკაციის კარგ შესაძლებლობას. ამ ალგორითმის საშუალებით ასევე შესაძლებელია შეიქმნას ისეთი პლატფორმა, რომელიც გამოიყენებს სტატისტიკურ ანალიზს, მანქანური სწავლების ტექნიკას, ფართომასშტაბიან მონაცემთა გრაფიკებს, შესაბამის ლიტერატურასა და სხვადასხვა მოლეკულურ მონაცემებს, რათა ამოარჩიოს COVID-19 ვირუსის მკურნალობის პერსპექტივის მქონდე მედიკამენტთა ჯგუფი. ამისათვის გამოიყენეს უკვე კარგად ნაცნობი MERS-CoV და SARS-CoV ვირუსების მონაცემები, რათა წინასწარ ჩაეტარებინათ მოდელირება, თუ როგორ გართმევდა სისტემა თავს უკვე არსებული მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით (სურ.2) [4].



სურ.2 მანქანური სწავლების გამოყენება მედიცინაში

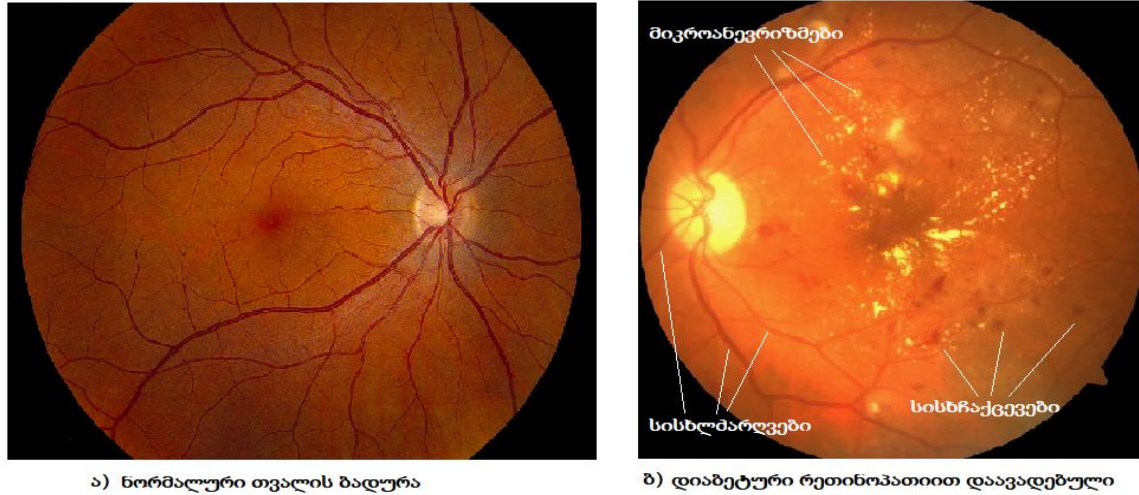
ხელოვნური ინტელექტი არაერთი ინტელექტუალური ალგორითმის გამოყენების საშუალებას გვამძლევს, ამ ალგორითმების უმეტესობას მნიშვნელოვანი გავლენა შეიძლება იქონიოს სამედიცინო სფეროს განვითარებაზე. მისი ეფექტურობა როგორც წესი, დამოკიდებულია საკვანძო პარამეტრებსა და მიღებული სამედიცინო მონაცემების ხარისხზე. გამომდინარე AI-ს უკვე განვითარების მაღალ ეტაპზე იგი შეიძლება გამოვიყენოთ სამედიცინო გამოსახულების დამუშავების მიზნით, რადიოლოგიაში, პათოლოგიაში და ოფთალმოლოგიური კუთხით. ბოლო დროს განსაკუთრებით აქტუალური გახდა AI-ის საშუალებით რენტგენის გამოსახულების მიხედვით COVID-19-ის დიაგნოსტიკა რამაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიძლება იქონიოს პანდემიური სიტუაციების მართვისას.

პაციენტის დიაგნოსტიკისას, როგორც სწრაფი ტესტირების მეთოდით ისე გამოკვლევების ჩატარების დროს ხშირად საჭირო ხდება მაღალი ხარისხის ვიზუალური გამოსახულებების შეგროვება ზუსტი დიაგნოზის დასადგენად. მაგალითისთვის, დიაბეტური რეთინოპათიის, სიმსივნური წარმონაქმნების იდენტიფიკაციის, მოტეხილობის გამოვლენას, კომპიუტერული ტომოგრაფიის გამოსახულების კლასიფიკაციას. გამოსახულების დამუშავების მეთოდი იმის მიხედვით ირჩევა თუ რა აპლიკაციაში ვიყენებთ მას. მაგალითად, დიაბეტური რეთინოპათიის შემთხვევაში საჭიროა თვალის ფსკერის გამოსახულება მაშინ როცა მოტეხილობის დასადგენად რენტგენის გამოსახულებაც საკმარისია. გამოსახულების დამუშავებიდან დიაგნოზის დასამდებ რამდენიმე ეტაპის გავლა საჭირო. გამოსახულების დამუშავება და გაუმჯობესება როგორც წესი, ხორციელდება ოპერატორის მიერ, რომელიც ზრდის გამოსახულების სიმკვეთრეს, სტრუქტურასა და სხვა პარამეტრებს უკეთესი გარჩევადობის მისაღებად. მიუხედავად ამისა, ყველა გამოსახულებას სჭირდება სტანდარტიზაციის ეტაპის გავლა მონაცემთა ბაზაში დაარქივებამდე. ამ ეტაპს ეწოდება პრე-პროცესირების ეტაპი, როცა ხდება გამოსახულების სტანდარტიზაცია შემდეგი დამუშავებისათვის. აუცილებელია გამოსახულების დამუშავებისას ყურადღება მიექცეს გამოსახულების ზედდებისა და ხარვეზების გამოვლენის საკითხებს რადგა მათ შეიძლება დიდი ზეგავლენა მოახდინონ გამოსახულების ხარისხზე.

3.2 დიაბეტური რეთინოპათიის დიაგნოსტიკა

დიაბეტი არის დაავადება, რომელიც გამოწვეულია პანკრეასის ფუნქციური დარღვევით, მსგავსი ფუნქციური დაღვევა იწვევს ხარგრძლივ ქრონიკულ დაავადებას, როგორცაა, მაგალითად, რეთინოპათია. დიაბეტი, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ადამიანის სისხლძარღვებზე, მხედველობაზე, თირკმელებსა და ძვალსახსროვან სისტემაზე. არსებული სტატისტიკური კვლევების მიხედვით, მომავალი დეკადის განმავლობაში, დიაბეტური რეთინოპათიის განვითარების რისკის წინაშე დაახლოებით 191 მილიონი ადამიანი დადგება. ასეთი დაავადების განვითარებამ შეიძლება გამოიწვიოს მხედველობის გაუარესება და, ხშირად, სრული სიბრმავე. დროული მკურნალობის შემთხვევაში, მხედველობის დაკარგვა შეიძლება შეჩერდეს გარკვეულ ეტაპამდე [6]. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია დიაბეტური რეთინოპათიის გამოკვლევა საწყის ეტაპზევე, რაც გამოკვლევისათვის მხოლოდ ერთ საათს საჭიროებს. ამ

ეტაპზე მიზანშეწონილია რეთინოპათიის კლასიფიკაცია და დაავადების განვითარების ეტაპის დაფიქსირება. საწყის ეტაპზე პაციენტს შეიძლება საერთოდ არ ჰქონდეს სიმპტომები, მაგრამ დაავადების განვითარებასთან ერთად შეიძლება გამოვლინდეს თვალში სისხლის ჩაქცევის შემთხვევებიც. დიაბეტური რეთინოპათიის ძირითადი ნიშანია მიკრო ანევრიზმა, რის შემდეგაც ჩნდება სისხლდენა, მას უწოდებენ პათოლოგიურ ნიშანს, რომელიც შეგვიძლია დავაფიქსიროთ სამედიცინო გამოსახულების საშუალებით [7]. მე-3 სურათზე ჩანს ნორმალური და რეთინოპათიული თვალის ფსკერის გამოსახულებები.



სურ. 3

დაავადების სიმძიმე შეიძლება შეფასდეს მიკროანევრიზმის, გამონადენებისა და სისხლჩაქცევების განაწილებით ბადურის ცენტრთან მიმართებით [8]. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დაავადების ადრეული დიაგნოსტიკა და მკურნალობა მნიშვნელოვნად დაეხმარება პაციენტებს და შეაჩერებს დაავადების პროგრესირებას. თვალის ფსკერის დაზიანებული უბნებისა და ანომალიების ავტომატური იდენტიფიკაცია ოფთალმოლოგებს დაეხმარება უფრო ეფექტური პროგნოზისა და მკურნალობის შედეგის მიღებაში. რეთინოპათიის კატეგორიზაცია შესაძლებელია გამოსახულების შემადგენელი კომპონენტების სივრცითი განაწილების ხარჯზე - როგორც მსუბუქი, საშუალო, მძიმე და კრიტიკული [9]. დაავადების სტადიის დასადგენად და პროგნოზირებისათვის აუცილებელია ბადურის გამოსახულების მიღება, ხოლო მის დასამუშავებლად აუცილებელია გამოსახულებიდან საკვანძო მახასიათებლების ამოღება და კლასიფიკაცია.

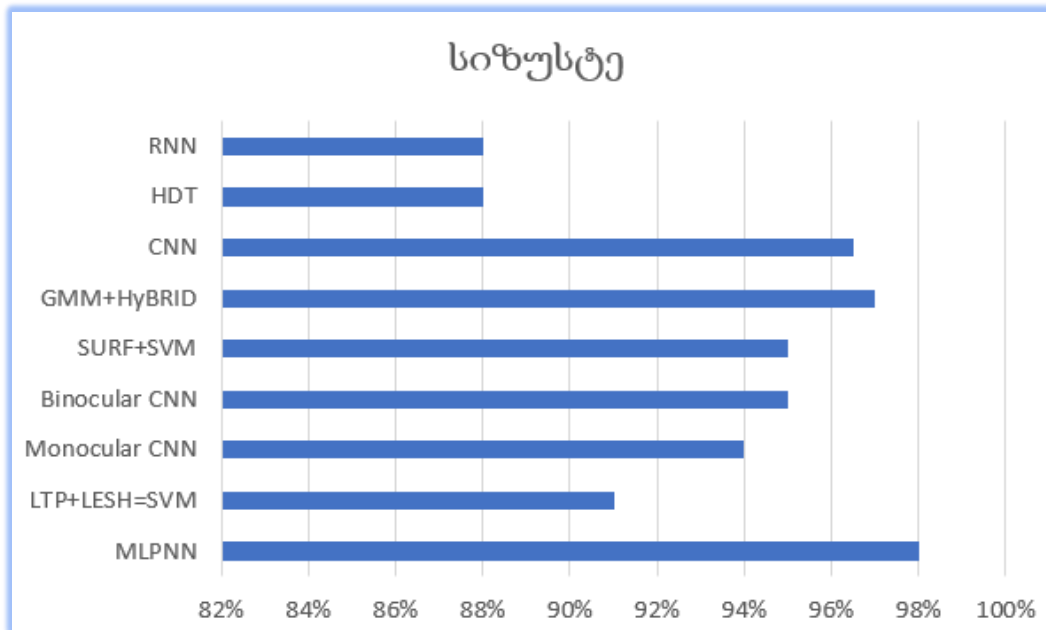
3.3 გამოსახულებიდან საკვანძო მახასიათებლების ამოღება და კლასიფიკაცია

გამოსახულების კლასიფიკაციისათვის აუცილებელ ეტაპს წარმოადგენს საკვანძო მახასიათებლების ამოღება. თუ გამოსახულების საკვანძო მახასიათებლები იდეალურადაა შერჩეული, მაშინ მისი კლასიფიცირება ბევრად მარტივი და ზუსტია. მახასიათებლები შეიძლება იყოს ორი ტიპის: მაღალი და დაბალი დონის. რაც უფრო იზრდება მიღებული გამოსახულებების მონაცემთა ბაზა, მით უფრო რთულდება კლასიფიკაციის პროცესი. აქედან გამომდინარე, საჭირო ხდება მიღებული მახასიათებლების უფრო მაღალი დონის გარდაქმნა სხვადასხვა ფუნქციების დახმარებით. გამოსახულების ფერი, ტექსტურა, სტატისტიკური მახასიათებლები, შეიძლება ერთმანეთს მალიან ჰგავდეს, რაც იწვევს კლასიფიკაციის პროცესის გართულებასა და სისტემის შეცდომაში შეყვანას.

მაღალი დონის მახასიათებლები, კერძო ფუნქციის გამოყენებით, შეიძლება დაყვანილი იქნას დაბალი დონის მახასიათებლებზე. კერძო არის ფუნქცია, რომელიც მიწოდებულ მონაცემებს წარმოადგენს n-განზომილებიან ქვესივრცეში, არაწრფივი კლასიფიკაციის წრფივად გარდაქმნის გზით, რაც ამცირებს გამოთვლების ჩატარების სირთულეს [10]. თვალის ბადურიდან მიღებული სხვადასხვა ტიპის მახასიათებლების უმეტესობა არის დაბალი დონის, ძირითადად, ოფთალმოსკოპიური სურათები არის ფერადი რაც მოითხოვს ფერებზე დაფუძნებულ კლასიფიკაციას. სემენტაცია ხორციელდება k-საშუალოების კლასტერირების საშუალებით, რომელიც მიღებულია გამოსახულებიდან, მაგალითად, ჰომოგენურობა, მყარი და რბილი გამონაზარდები და სხვა. მსგავსი ტიპის გამოსახულების კლასიფიცირებისას აუცილებელია მორფოლოგიური ტიპის კლასიფიკატორის გამოყენება, რათა მოხდეს

გამოსახულების სტრუქტურის უკეთ შესწავლა. გამოსახულებაზე ყველა ზემოთხსენებული ტექნოლოგიის გამოყენებით ვიღებთ ანალიზისა და დაკვირვებისათვის წარმოდგენილ ფრაგმენტებს, რომლებიც დაყოფილია რეთინოპათიის დამახასიათებელი სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით.

კლასიფიკაციის სიზუსტე კლასიფიკატორის სხვადასხვა ტექნიკის გამოყენებისას ნაჩვენებია სურათ 4-ზე, რომლიდანაც ნათლად ჩანს, რომ მრავალშრიან, ნეირონულ ქსელებზე (MLPNN) დაფუძნებული ტექნიკით უკეთესი შედეგის მიღება შესაძლებელია. როდესაც ეს ტექნიკა გამოყენებულია ღრმა სწავლების მეთოდებთან ერთად, გამოსახულების კლასიფიკაციის სიზუსტე უფრო იზრდება. თუ გავზრდით გასაანალიზებელი შრეების რაოდენობას, გაიზრდება კლასიფიკაციის სიზუსტე, მაგრამ გართულდება გამოთვლების ჩატარება. ამიტომ, მრავალშრიანი ნეირონული ქსელების გამოყენებისას, მაღალი სიზუსტის შესანარჩუნებლად, აუცილებელია სწორად იქნას შერჩეული მახასიათებლების შრეების რაოდენობა.



სურ.4 . კლასიფიკაციის სიზუსტე სხვადასხვა ტექნიკის გამოყენებისას

4. დასკვნა

ჯანდაცვის სფეროში დღითიდღე უფრო აქტიურად ხდება ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება. ბოლო წლებში შეიქმნა არაერთი სისტემა, რომელიც სამედიცინო პერსონალს სხვადასხვა დაავადების დიაგნოსტიკასა და განვითარების პროგნოზირებაში ეხმარება. რაც უფრო დიდი მონაცემთა ბაზა იქნება ხელმისაწვდომი კონკრეტული დაავადების შესახებ, მით უფრო მარტივდება მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებით დაავადების ადრეულ სტადიაზე გამოვლენა. მანქანური სწავლების სიზუსტე კი მეტწილად დამოკიდებულია მიწოდებული ინფორმაციის ხარისხზე და მახასიათებლებზე.

ბიოსამედიცინო აპლიკაციებში სწრაფი დიაგნოსტიკისათვის აუცილებელია სამედიცინო გამოსახულებების მიღება. მიღებული ანალოგური სიგნალის გარდაქმნა ვიზუალურ გამოსახულებაში ექიმებს საშალებას აძლევს უკეთ შეარჩიონ დაკვირვების ობიექტი და შეისწავლონ მისი პათოლოგია. ვიზუალური გამოსახულების დამუშავებაში მანქანური სწავლების ჩართვა დროის მცირე მონაკვეთში გვამძლევს მაღალი სიზუსტის შედეგს. განსაკუთრებით კი ისეთი დაავადების დიაგნოსტიკისას, როგორცაა დიაბეტური რეთინოპათია, აუცილებელია მისი დროული დიაგნოსტიკა და დაავადების ეტაპის კლასიფიკაცია, რათა თავიდან ავირიდოთ სავალალო შედეგების მიღება.

მანქანური სწავლების ძირითად ნაკლოვანებად შეიძლება ჩაითვალოს დიდი რაოდენობით მანქანური გამოთვლების ჩატარების აუცილებლობა, რაც თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებითაც კი დიდ დროს მოითხოვს. შესაბამისად, სამედიცინო სისტემებში მოქნილი და სწრაფადმანიპულირებადი ალგორითმების გამოყენება ჯერ კიდევ გამოწვევად რჩება.

ლიტერატურა:

1. Rong, G., Mendez, A., Assi, E. B., Zhao, B., & Sawan, M. (2020). Artificial intelligence in healthcare: review and prediction case studies. *Engineering*, 6(3), 291-301.

2. Panch, T., Szolovits, P., & Atun, R. (2018). Artificial intelligence, machine learning and health systems. *Journal of global health*, 8(2).
3. Randhawa, G.S., Soltysiak, M.P., El Roz, H., de Souza, C.P., Hill, K. A., & Kari, L. (2020). Machine learning using intrinsic genomic signatures for rapid classification of novel pathogens: COVID-19 case study. *Plos one*, 15(4), e0232391.
4. Ge, Y., Tian, T., Huang, S., Wan, F., Li, J., Li, S., ... & Zeng, J. (2020). A data-driven drug repositioning framework discovered a potential therapeutic agent targeting COVID-19. *BioRxiv*.
5. Alimadadi, A., Aryal, S., Manandhar, I., Munroe, P. B., Joe, B., & Cheng, X. (2020). Artificial intelligence and machine learning to fight COVID-19. *Physiological genomics*, 52(4), 200-202 .
6. Bhatkar, A. P., & Kharat, G. U., (2015). Detection of diabetic retinopathy in retinal images using MLP classifier. In: 2015 IEEE International Symposium on Nanoelectronic and Information Systems (pp. 331–335). Indore
7. Ahmad, A., Mansoor, A. B., Mumtaz, R., Khan, M., & Mirza, S. H., (2014). Image processing and classification in diabetic retinopathy: A review. In: 2014 5th European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP) (pp. 1–6). Paris
8. ManojKumar, S. B., & Sheshadri, H. S., (2016). Classification and detection of diabetic retinopathy using K-means algorithm. In: 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) (pp. 326–331). Chennai.
9. Omar Z.A., Hanafi M., Mashohor S., Mahfudz N.F.M., Muna'im M., (2017). Automatic diabetic retinopathy detection and classification system. In: 2017 7th IEEE International Conference on System Engineering and Technology (ICSET) (pp. 162–166). Shah Alam.
10. Kanungo, Y. S., Srinivasan, B., & Choudhary, S., (2017). Detecting diabetic retinopathy using deep learning. In: 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology (RTEICT) (pp. 801–804). Bangalore.

APPLICATION OF DEEP LEARNING METHODS IN MEDICINE ON THE EXAMPLE OF DIAGNOSIS OF DIABETIC RETINOPATHY

Alexander Labadze

Georgian Technical University

Summary

Nowadays, researchers are working to increase implementation of artificial intelligence in medical field. Accordingly, there is huge increase of medical nonhomogeneous statistical data which is more achievable now. This article is focused on using artificial intelligence especially deep learning methods for biomedical image processing systems. Existing techniques before the evolution of deep learning have made their mark, but its performance is limited. Deep learning is fast-growing field that has already proven its worth in machine learning. Providing deep neural networks with various layers give us opportunity to use it in various medical field, especially in medical image analyze and classification. This article describes usability of artificial intelligence in healthcare systems. Also, there is discussed various medical application, diseases diagnostic and treatment models that can be improved using intelligent algorithms. I will evaluate the application of machine learning methods in terms of the effectiveness of the fight against the COVID-19 pandemics. Discuss role of artificial intelligence in classification and analyze of medical images utilizing examples of diabetic retinopathy.

Keywords: Artificial Intelligence; Deep learning; Machine Learning; Diabetic Retinopathy; Neural Networks

INTERBAND ABSORPTION IN ASYMMETRIC BICONVEX LENS-SHAPED QUANTUM DOT

Mher Mkrtchyan

Department of General Physics and Quantum Nanostructures,
Russian-Armenian University, Yerevan, Armenia,
mher.mkrtchyan@rau.am

Abstract

Quantum dots (QDs) are objects with nontrivial optical properties and on the other hand, these structures can play important role for many applied fields such as optical sensing, nonlinear optics, fiber optics, laser manufacturing. The most QDs geometries leads to calculation problems and description of energy spectra and wavefunctions in these systems. Therefore, the most studied and applied are spherical and cylindrical geometries. For such geometries, in most cases we can give analytical solutions of Schrödinger equation. On the other hand, QDs with more complexity geometries have been theoretically considered and experimentally investigated. These include conical, ellipsoidal, and lens-shaped QDs geometries. For such geometries we need to use various numerical methods. QDs with the lens-shaped geometry allow the use of adiabatic approximation.

Keywords: Lens-shaped quantum do. Adiabatic approximation. Interband absorption. Photoluminescence.

1. Introduction

In this paper, asymmetric biconvex lens-shaped QD with impenetrable walls is investigated. Interband absorption and photoluminescence (PL) coefficients dependencies from incident light energy are plotted [1-3].

Let us consider an electron localized in asymmetric biconvex lens-shaped QD. For confining potential we can write

$$\hat{V}_{conf}(\rho, z) = \begin{cases} 0, & \text{inside ABLQD} \\ \infty, & \text{outside ABLQD} \end{cases}$$

In the size quantization regime, we can neglect of Coulomb interaction between an particles. Thus, the problem is reduced to the one-particle particle motion. Now we can present system Hamiltonian in cylindrical coordinates as the sum radial and axial ones [4-7]

$$\begin{cases} H_{\rho} = -\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \\ H_z = -\frac{\partial^2}{\partial z^2} + \hat{V}_{conf}(\rho, z) \end{cases}$$

Asymmetric biconvex lens-shaped QD made of InAs have been considered. For the absorption coefficient, we have the following expression

$$K(\hbar\omega) = K_0 \cdot \omega \left(\int \Psi_e(\vec{r}_e) \Psi_h(\vec{r}_h) dV \right)^2 \sum_{v_e, v_h} \delta(\hbar\omega_{e,h} - E_g - E_{v_e}^e - E_{v_h}^h)$$

Figures 1-2 shows the dependences of absorption coefficient on the energy of incident light for the diagonal $|m, n_{\rho}, n_z\rangle \rightarrow |m', n'_{\rho}, n'_z\rangle$ transitions, in the regime of strong size quantization, when an electron and a hole are in identical states. As can be seen from the figures, with increasing the axial quantum numbers for electron and light hole, intensity of the absorption coefficient decreases [8-10]. Also with temperature decrease, absorption peaks linearly decreases for both $|0, 0, 1\rangle \rightarrow |0, 0, 1\rangle$ and $|0, 0, 2\rangle \rightarrow |0, 0, 2\rangle$ cases. It should be noted that we see broadening of peaks in all dependences. This happens because $\Gamma(T)$ is directly proportional to temperature.

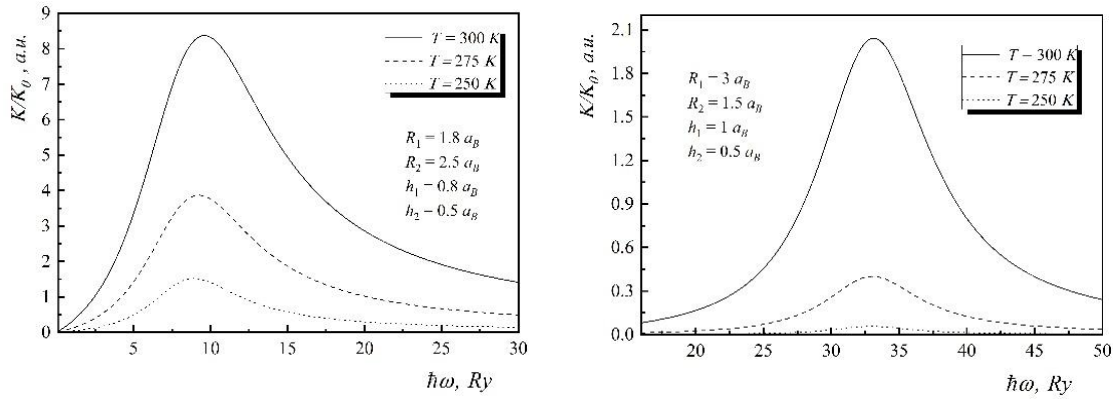


Fig. 1. Dependence of the interband absorption coefficient on the frequency of incident light for the light hole to electron diagonal $|0,0,1\rangle \rightarrow |0,0,1\rangle$ (left) and $|0,0,2\rangle \rightarrow |0,0,2\rangle$ (right) transitions

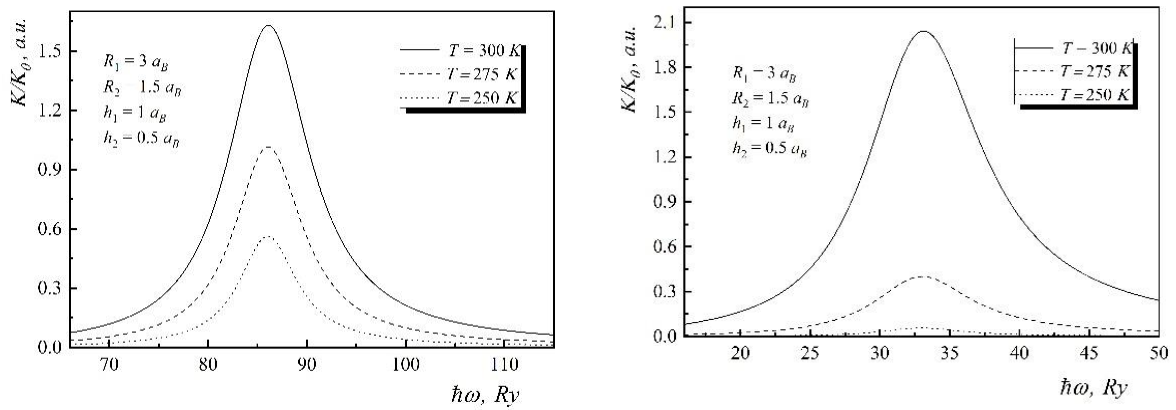


Fig. 2. Dependence of the interband absorption coefficient on the frequency of incident light for the heavy hole to electron diagonal $|0,0,1\rangle \rightarrow |0,0,1\rangle$ (left) and $|0,0,2\rangle \rightarrow |0,0,2\rangle$ (right) transitions

References:

1. Bimberg, D., Grundmann, M., Ledentsov, N.N.: Quantum dot heterostructures. Wiley (1998).
2. Harrison, P. and Valavanis, A.: Quantum wells, wires and dots: theoretical and computational physics of semiconductor nanostructures. John Wiley & Sons (2016).
3. Chakraborty, T.: Quantum Dots: A survey of the properties of artificial atoms. Elsevier (1996).
4. Fomin, V. M., Gladilin, V. N., Devreese, J. T., Pokatilov, E. P., Balaban, S. N., Klimin, S. N.: Photoluminescence of spherical quantum dots. Physical Review B, 57(4), 2415, (1998).
5. Karabulut, İ., Baskoutas, S.: Linear and nonlinear optical absorption coefficients and refractive index changes in spherical quantum dots: Effects of impurities, electric field, size, and optical intensity. Journal of Applied Physics, 103(7), 073512, (2008).
6. Li, W. S., Chen, C.Y.: Electron-phonon interaction in a cylindrical quantum dot. Physica B: Condensed Matter, 229(3-4), 375-382, (1997).
7. Rodriguez, A. H., Trallero-Giner, C., Ulloa, S. E., & Marín-Antuña, J.: Electronic states in a quantum lens. Physical Review B, 63(12), 125319, (2001).
8. Gross E.K., Dreizler R.M.: Density Functional Theory. Springer Science & Business Media, (2013).
9. Babuška I., Stroubouli T.: The Finite Element Method and its Reliability, Oxford university press, Oxford, (2001).
10. Dvovyan, K. G., Kazaryan, E. M., Petrosyan, L. S.: Electronic states in quantum dots with ellipsoidal symmetry. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 28(4), 333-338, (2005).

პოლი რემქავა-კაპროლაქტონის პოლიმერული შენაერთის P(LA/CL) გაწოვადობის პერიოდის შეფასება იმპლანტაციის შემდგომ მის სრულ შთანთქმამდე

ნონა ოთხოზორია, თამარი ბეშიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, დოქტორანტი
n.otkhozoria@gtu.ge; beshidze.t@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის გაწოვადობის თავისებურებები საცდელი ბაჭიების კანქვეშ ძაფების in-vivo იმპლანტაციის შემდგომ, შეფასებულია მათი სრული გაწოვადობის პერიოდი, დაკვირვების საფუძველზე გაანალიზებულია მიღებული შედეგები და დადგენილია P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის სრული გაწოვადობის პერიოდი.

საკვანძო სიტყვები: გაწოვადობა, იმპლანტაცია, ქირურგიული ძაფი

1. ძირითადი ნაწილი: L-lactide-ε-Caprolactone Copolymer (P(LA/CL)):

პოლი(L-ლაქტიდი-კო-ε-კაპროლაქტონი) (LCL) არის პოლიმერი, რომელიც მიღებულია L-ლაქტიდის (L-ლაქტური მჟავის ციკლური დიმერი) და ε-კაპროლაქტონის, როგორც მონომერების რგოლის გახსნის პოლიმერიზაციით. პოლიმერული ნაწარმის მთავარი თვისება - ხანგრძლივი დროის პერიოდში სრული გაწოვადობა-ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი პარამეტრია პლასტიკური ქირურგიებისთვის ეფექტური შედეგების მისაღწევად. ნედლეული- პოლი რემქავა-კაპროლაქტონის პოლიმერული შენაერთი, შემდგომში (P(LA/CL)), - სხვა მსგავსი გაწოვადი შენაერთებისგან გამოირჩევა ხანგრძლივი გაწოვადობის პერიოდით.

ამასთანავე, ამ ნედლეულით დამზადებული დაკბილული ქირურგიული საკერი მასალის ერთ-ერთი მთავარი თვისებაა ისიც, რომ იგი კანქვეშ იმპლანტაციის შემდეგ, კონკრეტულ სეგმენტზე, ნაოჭის კორექციის შესაბამისად ინარჩუნებს მყარ ფიქსაციას. უკვე 2 ათეულ წელიწადზე მეტია, რაც ქართული ინოვაციური პროდუქტი „აპტოსის ძაფები“ ესთეტიკურ მდიცინაში დამკვიდრდა.

ქართველი ქირურგების მიერ შექმნილი უნიკალური პროდუქტი და გაახალგაზრდავების უახლესი მეთოდები მსოფლიოს 50-ზე მეტ ქვეყანაში დიდი პოპულარობით სარგებლობს. სახის და სხეულის კანის კორექცია Aptos ძაფების საშუალებით ასაკობრივი ცვლილებების და რბილი ქსოვილების პტოზის ეფექტური პროფილაქტიკა და მკურნალობაა. ძაფებით პროცედურის ჩატარება მიზანშეწონილია როგორც სახის ასევე სხეულის ნებისმიერი სეგმენტისათვის. აპტოსის პროდუქტი გამოირჩევა იმითაც, რომ თვით მეთოდოლოგია საშუალებას იძლევა, რომ იგი წარმოებულ იქნას როგორც გაწოვადი, ასევე გაწოვადი ძაფებისგან.

გაწოვადი ქირურგიული ძაფი მიიღება L-lactide-ε-Caprolactone Copolymer (P(LA/CL)) პოლიმერების ექსტრუდაციის შედეგად. პოლიმერული ნაწარმის მთავარი თვისება - ხანგრძლივი დროის პერიოდში სრული გაწოვადობა - ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი პარამეტრია პლასტიკური ქირურგიებისთვის ეფექტური შედეგების მისაღწევად. ნედლეული- პოლი რემქავა-კაპროლაქტონის პოლიმერული შენაერთი, შემდგომში (P(LA/CL)), - სხვა მსგავსი გაწოვადი შენაერთებისგან გამოირჩევა ხანგრძლივი გაწოვადობის პერიოდით. ამასთანავე, ამ ნედლეულით დამზადებული დაკბილული ქირურგიული საკერი მასალის ერთ-ერთი მთავარი თვისებაა ისიც, რომ იგი კანქვეშ იმპლანტაციის შემდეგ, კონკრეტულ სეგმენტზე, ნაოჭის კორექციის შესაბამისად ინარჩუნებს მყარ ფიქსაციას. აღნიშნული კვლევის მიზანია დააკვირდეს P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის გაწოვადობის თავისებურებებს საცდელი ბაჭიების კანქვეშ ძაფების in-vivo იმპლანტაციის შემდგომ, შეაფასოს მათი სრული გაწოვადობის პერიოდი, გაანალიზოს დაკვირვების საფუძველზე მიღებული შედეგები და დაადგინოს P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის სრული გაწოვადობის პერიოდი. ექსპერიმენტი მოიცავს კვლევის ორ ეტაპს:

1) **კვლევის ექსპერიმენტულ ნაწილს**, რომელიც შემოიფარგლება GLP აკრედიტირებულ ლაბორატორიაში WuXi AppTec ქირურგიული ძაფის დეგრადაციის პროცესზე და რბილი ქსოვილების რეაქციაზე იმპლანტაციის შემდგომ გაწოვადობის პროცესში საცდელი ბოცვრების მაგალითზე დაკვირვებით. დაკვირვება მიმდინარეობს ჯამში 24 ბოცვრზე, რომელთაც ჩაუტარდათ საკვლევი მასალის იმპლანტაცია. თითოეულ ბოცვრში განთავსდა 6 - 8 იმპლანტი.



სურ..1. 72 კვირიანი პოსტიმპლანტაციის ფრაგმენტი

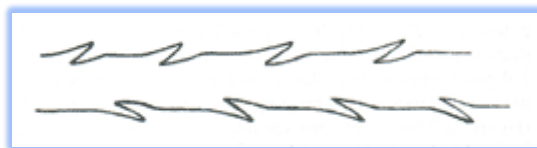
იმპლანტაციის ადგილები მოინიშნა და შეფასდა ძაფის გაწოვადობა დროის შემდეგი იტერვალების 4, 13, 26, 34, 52,64 და 72 კვირის (7 დღე) გასვლისთანავე. დროის თითოეულ ინტერვალზე ევთანზია ჩაუტარდათ 3 ბოცვრს, ამოიკვეთა იმპლანტირებული ქსოვილები ძაფთან ერთად, მოიძებნა ძაფები, გათავისუფლდნენ ისინი ზედმეტი ქსოვილის ნარჩენებისაგან, რის შემდეგაც გაიზომა იმპლანტირებული ძაფის დიამეტრი. გაწოვადობის კრიტერიუმად მიჩნეულ იქნება სხვაობა იმპლანტირებული ძაფის დიამეტრის თავდაპირველ ზომასა და თითოეული დროის ინტერვალის გასვლის შემდგომ ნარჩენი ძაფის დიამეტრს შორის, გამოსახული პროცენტებში.

2) გაზომვების საფუძველზე მიღებული შედეგების სტატისტიკურ დამუშავებას და მათს ანალიზს.

ობიექტური შედეგების მისაღწევად შერჩეულია ნიმუშების ოპტიმალური რაოდენობა - 273 ნიმუში. ექსპერიმენტის ჩატარებისას ნებისმიერი გადახრა აღიწერა, შეფასდა გადახრის კრიტიკულობა და აღირიცხა შესაბამის ფორმაში. სტატისტიკურად დამუშავებული მონაცემთა ანალიზი საშუალებას მოგვცემს, რომ შეფასდეს P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის გაწოვადობა 72 კვირიანი გაწოვადობის შემდეგ, ვიმსჯელოთ თითოეული გაწოვადობის ინტერვალის შედეგების მიხედვით ქირურგიული საკერი მასალის თავისებურებებზე და დავადგინოთ შესაძლებელია თუ არა გაწოვადობის პერიოდის პროგნოზი იმპლანტაციის შემდგომ ძაფის სრულ გაქრობამდე.

აპტოს ძაფები შექმნილია იმისათვის, რომ შეამციროს ასაკის მატებით გამოწვეული ცვლილებები პაციენტებში და შეუნარჩუნოს მათ სილამაზე, გაახალგაზრდაოს ისინი. გამახალგაზრდავებელი შედეგების მიღწევა კი ნებისმიერი აპტოსის ძაფით შეიძლება. არ აქვს ამას მნიშვნელობა პროდუქტი დაკბილული იქნება, დაწნული თუ სპირალისებრად დახვეული. პროდუქტი მზადდება ძირითადად სინტეტიკურ ძაფების 2 განსხვავებული USP ზომის ნედლეულისგან: USP 2-0 ან USP 5-0, განთავსდება სპეციალური კანულის ან ნემსის საშუალებით მოშვებულ კანქვეშა ცხიმოვან ფენაში ინდივიდუალურად ნაოჭის შესავსებად ან კანის ასაწევად. პროცედურის დროს ძაფის შეყვანის მიმართულება მასზე განთავსებული კბილანების მოპირდაპირე მიმართულებით გადაადგილების საშუალებით ხდება, იმისათვის რომ იმპლანტირებული ძაფის გაჭიმვის შემდეგ, კბილანა დაფიქსირდეს განთავსებულ ადგილას და აწიოს მოშვებული კანი. ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით განლაგებული კბილანები კი საშუალებას იძლევა, რომ გადაკეცილი ძაფის იმპლანტაციის შემთხვევაში ერთი მოძრაობით ორი ერთმანეთის პარალელურად განლაგებული ოვალის ხაზი აიწიოს. პროდუქტის კანქვეშ განთავსების შემდგომ ჩამაგრების ადგილას ძაფის გაქაჩვა იწვევს მასზე დატანილი კბილანების გახსნას და მყარ ფიქსაციას იმპლანტაციის არეალში. პროცესი მარტივია, მიმდინარეობს 20 წთ-ის განმავლობაში ადგილობრივი ანესთეზიის ქვეშ სახის ნებისმიერი ზონის კორექციისას (ყვრიმალეები, წარბები, ყელი) და ხასიათდება მოკლე სარეაბილიტაციო პერიოდით. (M.A. Sulamanidze 2013).

სურ. 2-ზე ნაჩვენებია ერთი მიმართულებით დაკბილული ძაფის გეომეტრია. ამგვარად დაკბილული ძაფის კანქვეშ ჩასმის შემდეგ კბილანები მოეჭიდებიან ცხმპვან ფენას, ხელს უშლიან ძაფის მოძრაობას, უზრუნველყოფენ რბილი ქსოვილების თანაბარ შეკუმშვას, აწევენ მათ და ქმნიან ახალ მოცულობით კონტურს. (Woffles T. L. Wu 2004)



სურ. 2. დაკბილული ძაფის გეომეტრია

იმპლანტაციის შემდგომ კანქვეშა რბილი ქსოვილების გაუმჯობესება მიმდინარეობს იმპლანტირებულ ადგილას ძაფების ირგვლივ ფიბროზული ქსოვილის წარმოშობის ხარჯზე. აღნიშნული ფიბროზული ქსოვილი იმპლანტირებულ ძაფებთან ერთად მოქმედებს როგორც კარკასი რბილი ქსოვილების მატრიცაში. ეს არის ფიბროკოლაგენური რეაქცია, რომელიც აძლიერებს დერმისა და კანქვეშა ქსოვილის კოლაგენის მატრიცას. რაც უფრო დიდხანს დარჩება ძაფი ქსოვილებში მის სრულ გაწოვამდე, მით უფრო მყარი კარკასი - ფიბროზული ქსოვილი წარმოიქმნება კანქვეშა. (Bishara S Atiyeh 2010)

სწორედ აღნიშნული ფიბროზული კარკასი განაპირობებს იმას, რომ ადამიანის სახე გამოიყურება უფრო ახალგაზრდად და მკვრივად და სწორედ ამიტომ არის მნიშვნელოვანი, რომ გამოკვლევულ და შესწავლილ იქნას P(LA/GL) ქირურგიული საკერი მასალის თავისებურებები in-vivo იმპლანტირებულ მოდელებზე მის სრულ შთანთქმამდე. აუცილებელია დადგინდეს და შეფასდეს მათი სრული შთანთქმის დრო, რადგანაც ეს დრო არის რბილი ქსოვილებისთვის ძლიერი კარკასის წარმოქმნის მთავარი წინაპირობა.

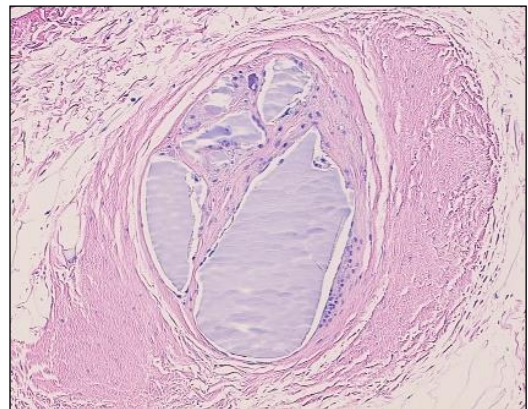
2. კვლევის საგანი და მიზანი

აღნიშნული კვლევის საგანია აპტოსის დაკბილული ძაფი - პროდუქტი "Visage Excellence Method", რომელიც გამოყენებულ იქნა ლაბორატორიულ ექსპერიმენტში „ქირურგიული ძაფის დეგრადაცია და რბილი ქსოვილების რეაქცია იმპლანტაციის შემდგომ საცდელი ბოცვრების მაგალითზე (GLP)“. ექსპერიმენტი ჩატარდა პენსილვანიის შტატში, ლაბორატორიაში WuXi AppTec თავპირველად 24.07.2017 წელს და გადახედულ იქნა 29.11.2021წელს. ჩვენი კვლევის მიზანია, რომ ექსპერიმენტის გზით მიღებული შედეგები დამუშავდეს, გაანალიზდეს სტატისტიკურად და დადგინდეს აპტოს პროდუქტებისთვის გაწოვადობის პერიოდულობა მის სრულ შთანთქმამდე.

ანალიზის მეთოდის შერჩევა და განხილვა

დაკვირვება მიმდინარეობდა 273 მინის სლაიდზე. სლაიდები იდენტიფიცირებულია იმპლანტაციების ადგილების მიხედვით: L1-დან L5-მდე, რომელიც წარმოადგენს მარცხენა საკონტროლო მხარეებს და R1-დან R5-მდე, რომელიც წარმოადგენს მარჯვენა საკონტროლო მხარეებს. ნიმუშების აღნიშნული რაოდენობა ზოგადად საკმარისია მონაცემთა ნებისმიერი ნაკრების სტატისტიკურად შესაფასებლად. რაც უფრო მეტია გასაანალიზებელი მონაცემი, მით უფრო მეტად სანდოა ამ მონაცემებით წარმოებული გამოთვლები. ჩვენს შემთხვევაში 273 სანიმუშო ეგზემპლარი საკმარისია იმისათვის, რომ მიღებული შედეგები სარწმუნოდ მივიჩნიოთ. ფართობის გაზომვები განხორციელდა NIS-Elements AR პროგრამული უზრუნველყოფის ვერსიის 5.21.02 გამოყენებით, რათა გაანალიზდეს თითოეული ქსოვილის მონაკვეთის ცოცხალი გამოსახულებები. იდეალური განივი მონაკვეთი მასალაზე წარმოადგენს წრეს.

თითოეული ქსოვილის მონაკვეთზე მოინიშნა მაქსიმალური დიამეტრის წრე და განისაზღვრა წრეში მოხვედრილი ნარჩენების ფართობები. ზოგიერთ შემთხვევაში იდეალური წრის მოხაზვა გამწვანებულ იქნა და ამიტომ მკვლევარებმა ძაფის ნარჩენები ელიფსის ფართობის მიხედვით გამოიანგარიშეს (სურ.: 3).



სურ.3. ნარჩენი ძაფების ვიზუალური წარმოდგენა

ამრიგად, საბოლოო შედეგის მისაღებად 4, 13, 26, 34, 52, 64, და 72 კვირის გაწოვადობის შემდგომ ნარჩენი ძაფების ფართობები სათითაოდ შედარდა „ნულოვანი“ ძაფის განივი კვეთის ფართობს და გამოისახა პროცენტულად: (ცხრილი 1):

ნარჩენი ძაფების განიკვეთის ფართობი და შედარება ნულოვან ძაფთან

ცხრ.1

Duration	Best-Estimate Average Residual Test Article Material Cross-Sectional Area (mm ²)	Percentage Residual Test Article Material Compared to Time 0
Time 0	0.14341	
4 Weeks	0.12275	85.593%
13 Weeks	0.10421	72.668%
26 Weeks	0.09490	66.17%
34 Weeks	0.11423	79.658%
52 Weeks	0.06467	45.09%
64 Weeks	0.06727	46.91%
72 Weeks	0.03227	22.51%

როგორც ცხრილი 1-დან ირკვევა, 72-ე კვირაზე იმპლანტი ჯერ კიდევ სრულად არ არის გაწოვილი და კანქვეშა ნარჩენების საერთო რაოდენობა ამ დროისათვის მისი საწყისი მონაცემის 22,51% შეადგენს.

ძაფების სრულად შთანთქმის დროის პერიოდის დასადგენად შეგროვდა თითოეული დროის ინტერვალისთვის არსებული ნარჩენების განიკვეთის ფართობები (როგორც ელიფსური, ასევე წრიული) და დასახულ იქნა ამოცანა, რომ შეფასდეს განაწილების პრინციპი და გაიწეროს დამოკიდებულება ძაფის ნარჩენებსა და დროის ინტერვალს შორის.

ანალიზისთვის შეირჩა წრფივი რეგრესიის მეთოდი, რომელმაც შესაძლოა ყველაზე უკეთ აღწეროს დამოკიდებულება იმპლანტირებულ P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის ნარჩენებსა და დროის ინტერვალს შორის. ჩვენი ვარაუდით, ამ მეთოდმა საშუალება უნდა მოგვცეს, რომ წინასწარ განვსაზღვროთ დროის ის ინტერვალი, როცა ნარჩენი ძაფის განიკვეთის ფართობი თავდაპირველი ძაფის განიკვეთის ფართობის 10%-ზე ნაკლები იქნება. შემდგომ ამისა, საშუალება მოგვცემა რომ ვიმსჯელოთ დროის იმ ინტერვალზე, როდესაც იმპლანტირებული ძაფი სრულიად გაქრება ადამიანის ორგანიზმიდან.

წრფივი რეგრესიული ანალიზი არის მოდელი, რომელშიც ორ X და Y ცვლადს შორის დამოკიდებულების მათემატიკური წესის მოსაცემად გამოყენებულია წრფივი ფუნქცია. კერძოდ, ეს დამოკიდებულება გამოსახულია ფორმულით: $Y=bX+a+\epsilon$,

სადაც a და b რეგრესიის წრფის კოეფიციენტებია, ხოლო ϵ ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდე, მათემატიკური ლოდინით 0 და დისპერსიით

$$\sigma^2>0\sigma^2>0$$

ამასთან, აგრეთვე იგულისხმება, რომ X და ϵ დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეებია.

X-ს დამოუკიდებელ (ამხსნელ) ცვლადს ან/და პრედიქტორს უწოდებენ,

Y-ს დამოკიდებულ (მოპასუხე) ცვლადს, ხოლო ϵ -ს - შემთხვევით გადახრას, შეცდომას.

სწორედ ϵ -ით აღიწერება Y ცვლადის დაკვირვებულ მნიშვნელობათა გადახრა რეგრესიის $y=bx+a$ წრფიდან.

a კოეფიციენტს თანაკვეთას უწოდებენ, რადგან ის წარმოადგენს რეგრესიის $y=bx+a$ წრფის Y ორდინატთა ღერძთან გადაკვეთის წერტილს. b - წრფის დახრილობის კოეფიციენტი, რომელსაც შეიძლება მიეცეს შემდეგი ინტერპრეტაცია:

დამოუკიდებელი X ცვლადის ერთი ერთეულით ცვლილება იწვევს დამოკიდებულ Y ცვლადის ცვლილებას საშუალოდ სიდიდით.

a და b კოეფიციენტებს აფასებენ X და Y ცვლადებზე დაკვირვებათა წყვილების $(x_1,y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n,y_n)$ საშუალებით უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით.

განსაზღვრის კოეფიციენტი, რომელსაც ჩვეულებრივ უწოდებენ R^2 , აღწერს ცვალეზადობის პროპორციას შედეგის ცვლადში, რომელიც შეიძლება აიხსნას დამოუკიდებელი ცვლადებით. მარტივი წრფივი

რეგრესიით, განსაზღვრის კოეფიციენტი ასევე უდრის პირსონის კორელაციის კვადრატს x და y მნიშვნელობებს შორის.. (Schober und Vetter 2021, volume 132)

ამრიგად, წრფივი რეგრესიის მეთოდი უპირატესია შედეგზე სხვადასხვა ცვლადის ზემოქმედების გამოსაყოფად და სხვა ცვლადების გასაკონტროლებლად, როგორცაა სისტემატური გაბნევა დაკვირვების კვლევებში ან საბაზისო დისბალანსი შემთხვევითობის გამო რანდომიზებულ კონტროლირებად კვლევაში. საბოლოო ჯამში, წრფივი რეგრესია შეიძლება გამოყენებულ იქნას დამოკიდებული შედეგის ცვლადის მნიშვნელობის პროგნოზირებისთვის, დამოუკიდებელი პროგნოზირების ცვლადის მნიშვნელობებზე დაყრდნობით. წრფივი რეგრესიის მართებული დასკვნები ეყრდნობა მის დაშვებებს, მათ შორის:

- *სხვაობა არის განსხვავება დაკვირვებულ მნიშვნელობებსა და რეგრესიის მოდელის მიერ პროგნოზირებულ მნიშვნელობებს შორის.*
- *სხვაობა უნდა იყოს დაახლოებით ნორმალურად განაწილებული და ჰქონდეს დაახლოებით იგივე განსხვავება პროგნოზირებულ მნიშვნელობების დიაპაზონში.*
- *დაკვირვებები ერთმანეთისგან დამოუკიდებელია.*

3. შედეგების შეფასება

P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის ნარჩენებს განიკვეთის ფართობები დაანგარიშდა და შედეგები მოცემულია ცხრილებში 2-დან 5-ის ჩათვლით:

Duration	How Tissue Processed	Test Article 2 Slide and Section Measured (When Multiple Sections on a Slide)	Article Area within Circular Region of Interest (mm ²)	Article Area within Elliptical Region of Interest (mm ²)	Total Article Area (mm ²)	Time 0 Average (Baseline Article Area in mm ²)	
Time 0	Unimplanted Test Article 2 Material	Slide 1	0.13388	0.26303	0.32058	0.14341	
		Slide 2 section 1	0.13908	0.22834	0.25398		
		Slide 2 section 2	0.12704	0.23591	0.31686		
		Slide 3	0.11969	0.18150	0.18656		
	How Tissue Processed	Test Article 2 Slide and Section Measured (When Multiple Sections on a Slide)	Tissue Section Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)		
	Implanted into Rabbit Cadaver Skin / Subcutaneous Tissue	Slide 1 section 1	0.20216	0.21127	NI		
		Slide 1 section 2	0.18771	0.28272	NI		
		Slide 1 section 3	0.15404	0.25728	NI		
		Slide 2 section 1	0.12860	0.17277	NI		
		Slide 3 section 2	0.16024	0.24236	NI		
		Slide 4 section 1	0.10507	0.17237	NI		
		Slide 4 section 2	0.14575	0.17057	NI		
		Slide 4 section 3	0.11761	0.15198	NI		

ცხრ.2. იმპლანტაციამდე მასალის განიკვეთის ფართობი (მმ²)

Animal Number	Duration	Test Article 2 Implant Site (Slides Measured in Parentheses, When Multiple Slides or Different Name than Implant Site)	Tissue Section 1 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Tissue Section 2 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Duration Average Implant Material Area Within Circular Void (Minimum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average Circular Void Area (Maximum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average of Best Cross-Sectional Area Estimates for Each Site (Average Area in mm ² of Bolded Values)					
41314	4 Week	R1	0.11761	0.15051	NI	0.12896	0.14917	0.07322	0.03848	0.12275	0.12275					
		R2	0.11928	0.12135	0.06557	0.11987	0.14198	NI								
		R3	0.14501	0.28297	0.02750	0.13914	0.36486	0.02287								
		R4	0.12094	0.17330	0.03068	0.18698	0.28665	NI								
41315		R1	0.13094	0.15376	NI	0.09979	0.24513	NI								
		R2	0.10510	0.14383	0.01587	0.05400	0.11547	0.04436								
		R3	0.11457	0.35142	NI	0.13993	0.25557	NI								
41316		R4	0.14398	0.18840	NI	0.13993	0.19929	NI								
		R1	0.06730	0.12362	NI	NA	NA	NA								
		R2	0.14050	0.22570	NI	0.12202	0.17776	0.06720								
		R3	0.14050	0.22680	0.02723	0.11311	0.12628	0.01026								
41318		R4	NA	NA	NA	0.11094	0.12906	NI				0.04759	0.10421	0.10421		
	R1	0.09192	0.10954	0.00759	0.07731	0.09943	0.07647									
	R2	0.14119	0.19355	0.09892	0.06223	0.10251	0.01454									
	R3	0.10486	0.18529	NI	NA	NA	NA									
41319	R4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.07259	0.10790	0.09490						
	R1 (R1B is only slide available for this site)	0.13227	0.13227	0.05126	0.08121	0.12805	NI									
	R2	0.08121	0.12805	NI	0.09183	0.23247	0.01446									
	R3	0.10980	0.15651	0.00653	0.12693	0.14894	NI									
41321	R4	0.13839	0.14249	0.05006	0.10760	0.13033	0.10760				0.11683				0.11683	0.11683
	R1	0.07775	0.09671	NI	0.09907	0.10966	0.03687									
	R2	NA	NA	NA	0.12899	0.14072	0.08691									
	R3	NA	NA	NA	0.11656	0.13971	0.04781									
41325	R4	0.10550	0.13243	0.01961	0.10538	0.10234	NI					0.11990	NA	NA		
	R1	0.16667	0.26829	0.02254	0.02544	0.05152	0.01458									
	R2	0.04665	0.07377	0.04242	NA	NA	NA									
	R3	0.11094	0.12963	0.11093	0.15285	0.44800	0.03326									
41326	R4	0.11249	0.17062	0.10396	NA	NA	NA	0.09579	0.09579	0.09579						
	R1	0.13677	0.13677	0.12237	0.09579	0.11970	0.09579									
	R2	0.12304	0.13232	0.11826	NA	NA	NA									
	R3	0.06644	0.09904	0.04428	0.11698	0.13921	0.06171									
41327	R4	0.03996	0.07393	0.02964	0.14367	0.21375	0.07308				0.05248				0.05248	0.05248
	R1	0.13613	0.19723	0.09122	0.11638	0.12719	0.08468									
	R2	0.09505	0.19118	0.04132	0.08978	0.13027	0.05248									
	R3	NA	NA	NA	0.11683	0.22103	0.11683									

ცხრ.3. 4-26 კვირის იმპლანტირებული მასალის განიკვეთის ფართობი (მმ²)

Animal Number	Duration	Test Article 2 Implant Site (Slides Measured in Parentheses, When Multiple Slides or Different Name than Implant Site)	Tissue Section 1 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Tissue Section 2 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Duration Average Implant Material Area Within Circular Void (Minimum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average Circular Void Area (Maximum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average of Best Cross-Sectional Area Estimates for Each Site (Average Area in mm ² of Bolded Values)						
41320	34 Week	R1	0.05773	0.07857	0.01557	0.1225	0.15796	0.07912	0.07367	0.14803	0.11423						
		R2	NA	NA	NA	NA	NA	NA									
		R3 (slide labeled "RF3")	NA	NA	NA	0.08474	0.17892	0.02612									
		R4	NS	NS	NS	NS	NS	NS									
41328		R1 (RC)	NA	NA	NA	0.36790	0.53798	0.18922				0.05970	0.13277	0.06467			
		R2	0.16154	0.20507	0.03912	0.14662	0.26441	0.05920									
		R3	0.12184	0.19340	0.04555	0.17263	0.19495	0.09264									
41329		R4 (RC)	0.11302	0.13577	0.03653	0.30183	1.03181	0.12487							0.02072	0.14580	0.11076
		R1	NA	NA	NA	NA	NA	NA									
		R2	0.12784	0.13196	0.10736	0.13251	0.16634	0.04445									
		R3	0.03317	0.19533	0.02072	NA	NA	NA									
41330		R4	0.15080	0.70762	0.11379	0.12574	0.14580	0.11076									
	R1	0.08259	0.10337	0.02811	NA	NA	0.00040										
	R2	0.11174	0.22427	0.08816	0.07478	0.14058	0.02330										
	R3	0.10297	0.11435	0.05018	0.07478	0.08489	0.03735										
41331	R4	0.14852	0.17090	0.06330	0.14957	0.19382	0.05602	0.05602	0.05602	0.05602							
	R1	NA	NA	NA	0.35783	0.56921	0.07186										
	R2	NA	NA	NA	0	0	0										
	R3	0.14852	0.20399	0.09501	0.09204	0.14460	0.03103										
41332	R4	0.12962	0.19192	0.05637	0.14110	0.17863	0.04298				0.06246	0.18929	0.06852				
	R1	0.12250	0.17625	0.06246	0.14110	0.18929	0.06852										
	R2	0.13055	0.18526	0.09880	0.19895	0.37685	0.11315										
	R3	0.03596	0.05564	0.02077	0.19895	0.33912	0.14088										
41332	R4	NA	NA	NA	0.21340	0.42822	0.10506							0.10506	0.10506	0.10506	
	R1	0.03596	0.05564	0.02077	0.19895	0.33912	0.14088										

ცხრ.4. 34-52 კვირის იმპლანტირებული მასალის განიკვეთის ფართობი (მმ²)

Animal Number	Duration	Test Article 2 Implant Site (Slides Measured in Parentheses, When Multiple Slides or Different Name than Implant Site)	Tissue Section 1 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 1 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Tissue Section 2 Circular Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Elliptical Void Area (mm ²)	Tissue Section 2 Implant Material Area Within Circular Void (mm ²)	Duration Average Implant Material Area Within Circular Void (Minimum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average Implant Circular Void Area (Maximum Estimate of Average Area in mm ²)	Duration Average of Best Cross-Sectional Area Estimates for Each Site (Average Area in mm ² of Bolded Values)
41333	64 Week	R1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.04886	0.08896	0.06727
		R2 (RC 2 for section 1, RC 1 for section 2)	0.08242	0.40297	0.07057	0.00628	0.01638	0.00198			
		R3	0.08945	0.12845	0.01001	0.04550	0.06223	0.00260			
41334	64 Week	R4 (RC 1 for section 1, original for section 2)	0.09713	0.10121	0.08305	0.08649	0.12501	0.02139	0.04886	0.08896	0.06727
		R1	0.12392	0.13180	0.05111	0.11192	0.19929	0.01731			
		R2 (RC 2)	NA	NA	NA	0.15759	0.19697	0.10697			
		R3	0.00762	0.02292	0.00149	0.12223	0.12601	0.09657			
41335	64 Week	R4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.04886	0.08896	0.06727
		R1 (RC 1)	0.08444	0.11070	0.05297	0.12699	0.19249	0.03941			
		R2	0.02742	0.04272	0.01335	NA	NA	NA			
		R3 (original for section 1, RC 1 for section 2)	0.09493	0.26154	0.04819	0.12668	0.20682	0.11249			
41336	72 Weeks	R4	NA	NA	NA	0.12136	0.13717	0.10108	0.03227	0.04945	0.03227
		R1	NA	NA	NA	0	0	0			
		R2 (RC 1)	0	0	0	0	0	0			
		R3 (RC 1)	0.10945	0.11857	0.10641	0.12711	0.17464	0.09621			
		R3 RT	0.05153	0.08554	0.03850	0.09913	0.14680	0.08500			
		R4	0.09436	0.11000	0.08450	0.12026	0.12787	0.10149			
		R1 (RC 2)	NA	NA	NA	0	0	0			
		R1 RT	0.02256	0.02792	0.00181	0	0	0			
		R2 (original for section 1, RC 2 for section 2)	0.01660	0.04520	0.00869	0.02547	0.05592	0.00062			
		R2 RT	0.01444	0.03504	0.00882	0.04332	0.04895	0.02775			
41337	72 Weeks	R3	0.09499	0.14163	0.06753	0.12262	0.24509	0.02281	0.03227	0.04945	0.03227
		R4	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
		R1 RT	0	0	0	NA	NA	NA			
		R2	0.09663	0.16683	0.02763	NA	NA	NA			
41338	72 Weeks	R3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.03227	0.04945	0.03227
		R4	0	0	0	NA	NA	NA			

ცხრ.5. 64-72 კვირის იმპლანტირებული მასალის განივკვეთის ფართობი (მმ²)

მონაცემები დაანგარიშდა ნარჩენი ძაფების განივკვეთის ფართობების საშუალოს დაანგარიშების შედეგად და გამოისახა პროცენტულად.

შედეგების საფუძველზე ვასკნით, რომ იმპლანტირებული ძაფის დიამეტრი მცირდებოდა ძაფის იმპლანტაციიდან 26 კვირის ჩათვლით, შემდეგ 34 კვირაში დიამეტრმა უმნიშვნელოდ მოიმატა, კვლავ განაგრძო შემცირება 52 კვირამდე, შემდეგ კვლავ ოდნავ მოიმატა 64 კვირაში და საბოლოოდ, 72-ე კვირის ბოლოს მისი ფართობი შეადგენდა თავდაფირველი ძაფის ფართობის 22,51%.

ყოველი გაზომილი შედეგი გამოყენებულ იქნა, როგორც ნედლი მონაცემი შეფასებისთვის და აბტოს ძაფების - სტერილური გაწოვადი P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის სრული გაწოვადობის ინტერვალის დადგენისათვის. მისი მარტივი წრფივი რეგრესიის მოდელის წარმისაჩინებლად შეიძლება, რომ ეს მონაცემები, ცხრილურად ამგვარად გამოისახოს - ცხრილი 6:

Absorption period	Average Residuals of Test Article Material Cross-Sectional Area (mm ²)															
	0	4	13	26	34	52	64	72	0	4	13	26	34	52	64	72
0	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
4	0.36	0.29	0.25	0.26	0.20	0.18	0.35	0.19	0.28	0.17	0.14					
13	0.23	0.14	0.10	0.13	0.13	0.13	0.14	0.11	0.11	0.16	0.14					
26	0.17	0.05	0.11	0.11	0.14	0.12	0.07	0.12	0.14	0.10	0.10					
34	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10	0.12	0.11	0.14	0.13	0.03	0.09					
52	0.08	0.11	0.04	0.02	0.10	0.06	0.06	0.05	0.07	0.09	0.11					
64	0.09	0.08	0.10	0.01	0.08	0.03	0.09	0.07	0.08	0.05	0.05					
72	0.00	0.00	0.00	0.09	0.04	0.08	0.00	0.01	0.01	0.05	0.07					

ცხრ.6. 0-72 კვირის გაწოვადობის ნედლი მონაცემები

ცხრილი 6-ში პირველი სვეტი აღწერს გაწვავადობის ხანგრძლივობას კვირების მიხედვით, ხოლო ყოველ შემდგომ სვეტში მოცემულია შესაბამისი დროის ინტერვალისთვის ძაფის განიკვეთის ფართობის საშუალო მნიშვნელობა.

ზემოთ აღნიშნული მონაცემების გაანალიზების და მისი მათემატიკურ მოდელად გარდაქმნის შედეგად მივიღებთ შემდეგ გამომავალ მონაცემებს:

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.934964
R Square	0.874158
Adjusted R Square	0.853184
Standard Error	0.020453
Observations	8

ცხრ.7: რეგრესიის სტატისტიკა

ცხრილი 7 აღწერს, რომ გამოანგარიშებული R კვადრატი ანუ დეტერმინაციის კოეფიციენტი არის 0,87, რაც იმას ნიშნავს, რომ მონაცემები კარგად აღწერს წრფივ რეგრესიულ მოდელს და გვაქვს კარგი განაწილება.

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance</i>	
					<i>F</i>	<i>P</i>
Regression	1	0.017436	0.017436	41.67872	0.000654596	
Residual	6	0.00251	0.000418			
Total	7	0.019946				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard</i>		<i>P-value</i>	<i>Lower</i>		<i>Upper</i>	
		<i>Error</i>	<i>t Stat</i>		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>95.0%</i>	<i>95.0%</i>
Intercept	0.164908297	0.01184	13.92843	8.53E-06	0.135937617	0.193878976	0.135937617	0.193878976
X Variable	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0.001827103	0.000283	-6.45591	0.000655	-0.00251961	0.001134596	-0.00251961	0.001134596

რეგრესიული ანალიზი არის სტატისტიკური მეთოდების ერთობლიობა, რომელიც გამოიყენება დამოკიდებულ ცვლადსა და ერთ ან მეტ დამოუკიდებელ ცვლადს შორის ურთიერთობის შესაფასებლად. ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას ცვლადებს შორის ურთიერთობის სიძლიერის შესაფასებლად მათ შორის მომავალი ურთიერთობის მოდელირებისთვის. რეგრესიის კოეფიციენტის $k = -0.0018$ გათვალისწინებით შეგვიძლია დავახასიათოთ განტოლება დამოკიდებულ (Y) ცვლადსა და დამოუკიდებელ (X) ცვლადს შორის.

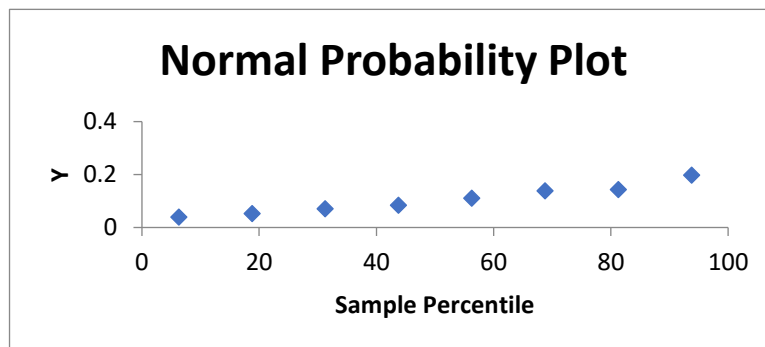
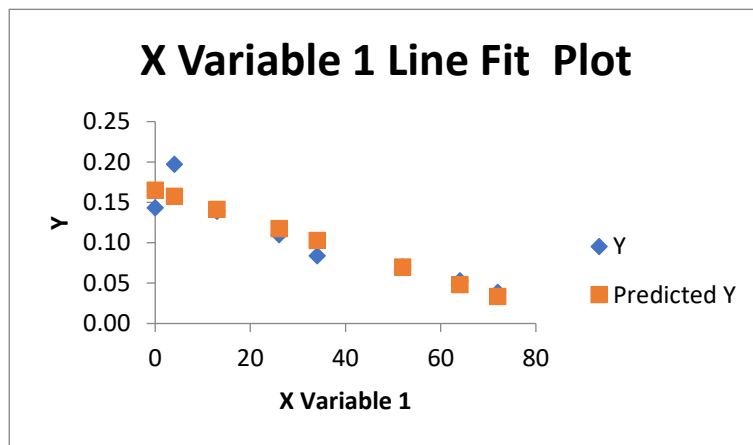
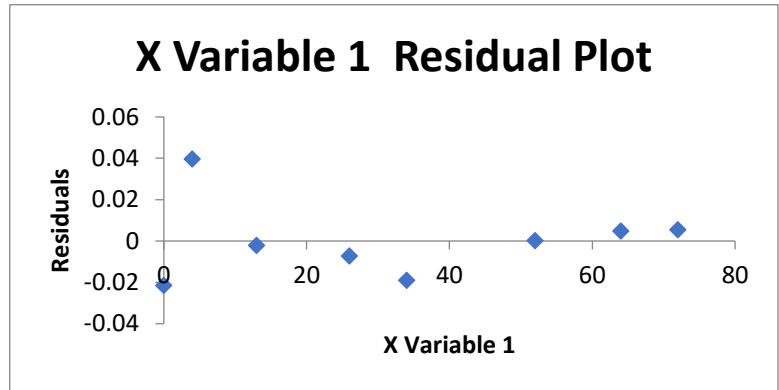
$$y = -0.0018x + 0.1649; \quad \text{სადაც } R^2 = 0.8742$$

RESIDUAL OUTPUT

<i>Observation</i>	<i>Predicted Y</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>
1	0.164908297	-0.021502463	-1.135536179
2	0.157599885	0.039683031	2.095644458
3	0.14115596	-0.00226096	-0.119400355
4	0.117403623	-0.007313623	-0.386229414
5	0.102786801	-0.019022217	-1.004555421
6	0.06989895	0.000195592	0.01032912
7	0.047973716	0.004810867	0.254059909
8	0.033356894	0.005409773	0.285687881

PROBABILITY
OUTPUT

Percentile	Y
6.25	0.038766667
18.75	0.052784583
31.25	0.070094542
43.75	0.083764583
56.25	0.11009
68.75	0.138895
81.25	0.143405833
93.75	0.197282917



4. დასკვნა

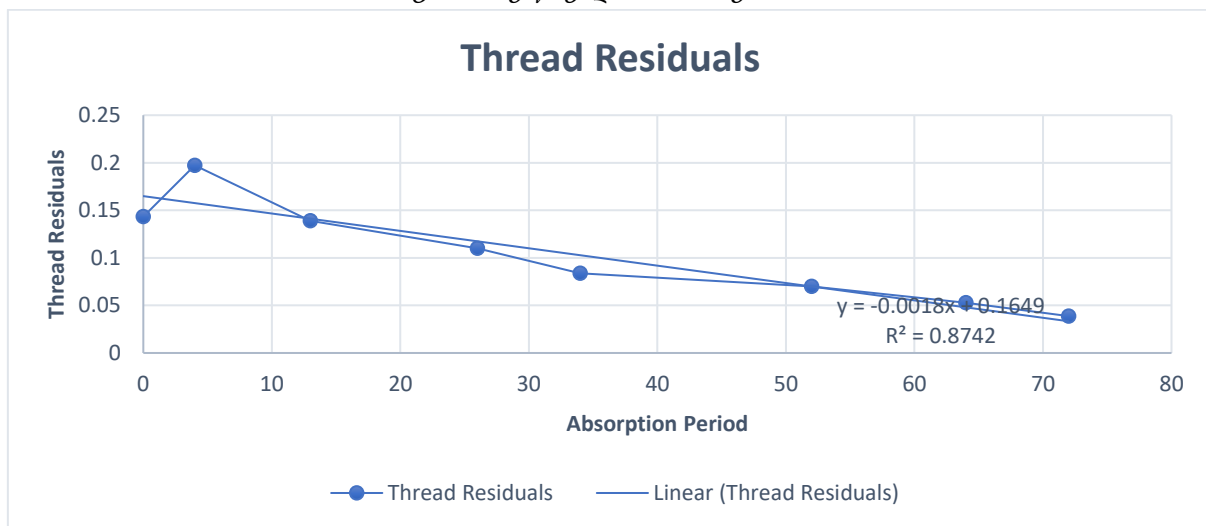
წინამდებარე კვლევით შეფასდა აპტოს ძაფების - სტერილური გაწოვადი P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის გაწოვადობის / შთანთქმის პერიოდი 0-დან 72 კვირის ჩათვლით და წრფივი რეგრესიული ანალიზის მეთოდის გამოყენებით შეიქმნა პროდუქტის გაწოვადობის მათემატიკური მოდელი. ანალიზის შედეგების გათვალისწინებით, ჩვენ ვადასტურებთ, რომ მონაცემები თავსებადია კარგი განაწილების

პრინციპთან, რას საშუალებას გვაძლევს, რომ 95% სანდობით ვიწინასწარმეტყველოთ აპტოს ძაფების - სტერილური გაწოვადი P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის სრული გაწოვადობის / შთანთქმის პერიოდი მისი იმპლანტაციის შემდგომ.

ცხრილში 8 ნაჩვენებია გაწოვადობის პროგნოზი, მომდევნო 90 კვირამდე $y = -0.0018x + 0.1649$ დამოკიდებულების გათვალისწინებით:

Absorption Period	Thread Residuals measured	Thread Residuals calculated	Prognose
0	0.143405833	0.164908297	0.16
4	0.197282917	0.157599885	0.15268
13	0.138895	0.14115596	0.13621
26	0.11009	0.117403623	0.11242
34	0.083764583	0.102786801	0.09778
52	0.070094542	0.06989895	0.06484
64	0.052784583	0.047973716	0.04288
72	0.038766667	0.033356894	0.02824
80			0.0136
88			-0.00104
90			-0.0047

ცხრ.8. გაწოვადობის პროგნოზი



ანალიზის საფუძველზე, 95% სანდობის დონით, ჩვენ ვადასტურებთ, რომ აპტოს ძაფების - სტერილური გაწოვადი P(LA/CL) ქირურგიული საკერი მასალის მთლიანად გაწოვადობის / შთანთქმის პერიოდია 88 კვირა მისი იმპლანტაციის შემდგომ. 80 კვირისთვის კი ნარჩენი ძაფების პროცენტული რაოდენობა შეადგენს **9.48%**.

ლიტერატურა:

1. Bishara S Atiyeh, MD, FACS,1 Saad A Dibo, MD,2 Michel Costagliola, MD,3 & Shady N Hayek, MD4. 2010. „Barbed sutures “lunch time” lifting: evidence-based efficacy.“ *Journal of Cosmetic Dermatology*, 9, 132–141.
2. M.A. Sulamanidze, G.M. Sulamanidze and C.M. Sulamanidze. 2013. „Midface Thread Lifting: Method of Internal Suturing.“ *InTech* 213-230.
3. Schober, Patrick MD, PhD, MMedStat*, და Thomas R. MD, MPH† Vetter. 2021, volume 132. „Linear Regression in Medical Research.“ *Anesthesia and Analgesia* 108-109.
4. Woffles T. L. Wu, MD. 2004. „Barbed Sutures in Facial Rejuvenation.“ *Aesthetic Surgery Journal* ~ November/December 582-587.

რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების ოპტიმიზირება ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიცირების გზით და მისი პრაქტიკული გამოყენება

ლელა გაჩეჩილაძე, ანა მარგველაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l_gachechiladze@gtu.ge, ana.margvelashvili@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიკაცია და მისი პროგრამული რეალიზება Python დაპროგრამების ენაზე რელაციურ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემის ოპტიმიზირების მიზნით. განხორციელებულია SQLite მონაცემთა ბაზის მართვა აღნიშნული დაპროგრამების ენის გარემოში ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომით. ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიცირებული ვარიანტის გათვალისწინებით შემუშავებულია სტუდენტთა შეფასების სისტემა Python დაპროგრამების ენაზე Pycharm ინტეგრირებულ გარემოში sqlite3 მოდულის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ბინარული ძებნა. ნაყოფიერი ფუნქციები. მულტიპარადიგმული დაპროგრამება. არაინდექსირებული ველები. აპლიკაცია. ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მასშტაბირება.

1. შესავალი

ცნობილია, რომ მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების პოპულარობა, ისევე როგორც მათი გამოყენება, დღით დღე იზრდება, რაც თავის მხრივ დიდ რესურსებს მოითხოვს. ცხადია, აღნიშნული მოთხოვნების შესრულება და დაკმაყოფილება, საწყის ეტაპზე, თავად პროგრამულ უზრუნველყოფაში არსებული ალგორითმების ან არქიტექტურის ოპტიმიზაციის გზით არის შესაძლებელი [2]. მაგრამ, რა ხდება მაშინ, თუ ყველაფერი, რისი ოპტიმიზაციაც შესაძლებელია, უკვე ოპტიმიზირებულია და აპლიკაცია მაინც ვერ უმკლავდება დატვირთვას? ასეთ დროს, მივმართავთ პროგრამული უზრუნველყოფის ე.წ. მასშტაბირებას (scale), რომლის განხორციელების ორი გზა არსებობს: ვერტიკალური და ჰორიზონტალური [3].

ვერტიკალური მასშტაბირება გულისხმობს პროგრამული უზრუნველყოფის წარმადობის გაზრდას რესურსების (პროცესორი, მეხსიერება, დისკი) დამატების გზით ერთი კვანძის (ჰოსტის) ფარგლებში; ხოლო ჰორიზონტალური მასშტაბირება დამახასიათებელია განაწილებული პროგრამული უზრუნველყოფისთვის და გულისხმობს ამავე მიზნით კიდევ ერთი კვანძის (ჰოსტის) დამატებას.

დავუშვათ, მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემის ყოველი ცხრილი მოიცავს საშუალოდ 40 მლნ ჩანაწერს და ვიყენებთ ცხრილების გაერთიანების სამ **INNER JOIN** მოთხოვნას. გამოდის, რომ დროებითი ცხრილი, ამ შემთხვევაში, შედგება 64×10^{21} ჩანაწერისგან. ეს კი, კოლოსალური რიცხვია. შესაბამისად, ასეთი მოთხოვნით მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემის ჩატვირთვა სტატისტიკური მონაცემების შეკრების თვალსაზრისით დაუშვებელია.

ვთქვათ, გვსურს შევასრულოთ მონაცემთა ბაზაში არსებული ცხრილების გაერთიანების **INNER JOIN** მოთხოვნა სამ ცხრილზე და შემდეგ დავსვათ პირობა, რომ „i სვეტი მოთავსებულია გარკვეულ [a,b] დიაპაზონში“. ამასთან, i სვეტს ინდექსი არ გააჩნია. სწორედ, ამ შემთხვევაში ვიღებთ ცხრილს აღნიშნული სვეტით და ვიყენებთ ბინარული ძებნის ალგორითმს პირველადი გასაღებების დიაპაზონის მოძებნის მიზნით, სადაც ადგილი აქვს შემდეგი პირობის შესრულებას: $a \leq i \leq b$.

2. ძირითადი ნაწილი

ბინარული ძებნის ალგორითმი მონაცემების ზრდადი ან კლებადი მნიშვნელობების მიხედვით დახარისხებას წინასწარ მოითხოვს, მაგრამ სანაცვლოდ, ძებნის პროცესს აჩქარებს ყოველ ეტაპზე საწყისი და მიღებული მასივების განახევრების გზით [3]. დაპროგრამების სხვადასხვა ენებზე აღნიშნული ალგორითმის საფუძველზე შემუშავებული ფუნქციები/მეთოდები ახდენენ საჭირო მნიშვნელობის მხოლოდ ერთი მონაცემის მოძებნას და შედეგის დაბრუნებას ინდექსის ან -1-ის ტოლი მნიშვნელობის სახით.

ცხადია, ასეთი ფუნქციები/მეთოდები ცნობილია ნაყოფიერი (fruitful) ფუნქციების /მეთოდების სახელწოდებით და რიგ შემთხვევებში, საკმაოდ კარგად გამოიყენება ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამების ისეთ ენებში, როგორებიცაა: C++, C#, Java და სხვა [1]. თუმცა, გასათვალისწინებელია

შემდეგი საკითხი: აღნიშნულ ენებში ელემენტების ინდექსაცია 0-დან იწყება და დანარჩენი ინდექსები ნატურალური რიცხვებია ან გამოსახულებები, რომელთა შედეგებიც, ასევე, მთელი დადებითი რიცხვებია. აღნიშნულ ენებში მეთოდიდან/ფუნქციიდან უარყოფითი მნიშვნელობის დაბრუნება იმ ფაქტს გულისხმობს, რომ საჭირო მნიშვნელობის ელემენტი ვერ მოიძებნა მისი არარსებობის გამო.

საყოველთაოდ ცნობილია ის ფაქტი, რომ Python დაპროგრამების ენაზე, როგორც მულტი-პარადიგმულ ენაზე მოთხოვნა მთელს მსოფლიოში მნიშვნელოვნად იზრდება. ისიც ფაქტია, რომ დაპროგრამების ზემოაღნიშნული ენებისგან განსხვავებით, პითონში ელემენტებს უარყოფითი მთელი მნიშვნელობებიც შეიძლება ჰქონდეს ინდექსების სახით. კერძოდ, ბოლო ელემენტის ინდექსი -1-ია, ბოლოს წინა ელემენტის -2 და ა.შ. გამოდის, რომ თუ ფუნქცია/მეთოდი -1-ის ტოლ მნიშვნელობას დააბრუნებს, სხვა ენებში ის საჭირო მნიშვნელობის არარსებობაზე მიუთითებს, ხოლო პითონში - ბოლო ელემენტზე. არა და, შესაძლებელია საჭირო მნიშვნელობა მართლა არ აღმოჩნდეს მასივში.

აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად ჩვენ არ გამოვიყენეთ ე.წ. ნაყოფიერი ფუნქცია/მეთოდი, რომელიც მთელი ტიპის შედეგის (დადებითის ან უარყოფითის) დაბრუნებას ახდენს, არამედ შემოვიტანეთ გარკვეული მთვლელი, რომელიც თავიდან განულებულია და იზრდება მხოლოდ მასივში საჭირო მნიშვნელობის ელემენტის მოძებნის შემთხვევაში. ასეთ დროს, ფუნქციას/მეთოდს თავად გამოაქვს მოძებნილი ელემენტის ინდექსი, ხოლო ელემენტის არარსებობის შემთხვევაში, მთვლელის მნიშვნელობა ნულის ტოლი რჩება და შესაბამის ინფორმაციას ელემენტის არარსებობის შესახებ კვლავ თავად ფუნქცია/მეთოდი გვაწვდის.

ახლა მივუბრუნდეთ ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიკაციას და მის გამოყენებას დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად.

დავუშვათ, გვაქვს n რაოდენობის ელემენტებისგან შემდგარი დახარისხებული მასივი, რომლის პირველი ელემენტის ინდექსი ნულის ტოლია, ხოლო ბოლო ელემენტის ინდექსი - $n-1$ -ის. საჭიროა მოვძებნოთ f მნიშვნელობის მქონე ელემენტის ინდექსი.

ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიკაცია შემდეგში მდგომარეობს:

- მთვლელის განულება: $s=0$;
- ალგორითმის მიხედვით მასივის შუა ელემენტის ინდექსის განსაზღვრა:
 $middle=round(პირველი\ ელემენტი + ბოლო\ ელემენტი)/2$.
- შუა ელემენტის მნიშვნელობის შედარება საძიებელ f მნიშვნელობასთან. ძებნის დიაპაზონი ორჯერ მცირდება.
- თუ მასივის შუა ელემენტის მნიშვნელობა დაემთხვევა საძიებელ f მნიშვნელობას, მთვლელი იზრდება ერთით ($s+=1$) და პროცესი სრულდება.
- თუ მასივის შუა ელემენტის მნიშვნელობა f მნიშვნელობაზე მეტი აღმოჩნდება, მაშინ მასივის ბოლო ელემენტის ინდექსს ვანიჭებთ შუა ელემენტის ინდექსის მნიშვნელობას;
- თუ მასივის შუა ელემენტის მნიშვნელობა f მნიშვნელობაზე ნაკლები აღმოჩნდება, მაშინ მასივის პირველი ელემენტის ინდექსს ვითვლით როგორც, შუა ელემენტის ინდექსის მნიშვნელობას დამატებული ერთი.
- ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ არ მოიძებნება საჭირო მნიშვნელობის ელემენტი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში).
- პროცესის დასრულებისთანავე მოწმდება მთვლელის შიგთავსი და თუ მისი მნიშვნელობა ნულის ტოლი დარჩა, ეს ნიშნავს, რომ მასივი არ შეიცავს საძიებელი მნიშვნელობის ელემენტს და გამოიტანება შესაბამისი შეტყობინება.

ალგორითმის მიხედვით, Python დაპროგრამების ენაზე შემუშავებულ პროგრამულ კოდს ქვემოთ ნაჩვენები სახე აქვს:

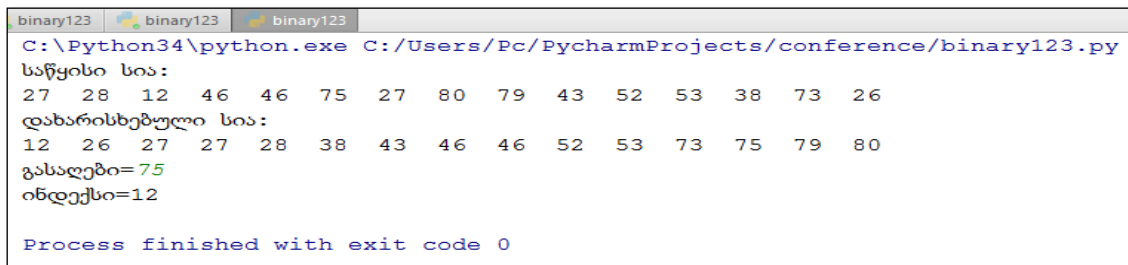
```
from random import randint
class Student:
    def __init__(self):
        self.mydata=list(range(0,15))
        print("საწყისი სია:")
        for i in list(range(0,15)):
            self.mydata[i]=randint(10,80)
#მონაცემების დახარისხება
def sort_by_asc(self):
```

```

self.mydata.sort()
#მონაცემების კონსოლზე გამოტანა
def myprint_method(self):
    for i in list(range(0,15)):
        print(self.mydata[i], "\t", end=")
#ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიკაცია
def binary_search(self):
    s=0; low=0; high=len(self.mydata)-1
    while low<high:
        middle=low + (high-low)//2
        if len(self.mydata)!=0 and self.mydata[middle]==key:
            print("ინდექსი=", middle, sep=")
            s+=1
            break
        elif key<=self.mydata[middle]:
            high=middle
        else:
            low=middle+1
    if s==0:
        print("ელემენტი ვერ მოიძებნა არარასებობის გამო")
ob=Student()
ob.myprint_method()
print("იდახარისხებული სია:")
ob.sort_by_asc()
ob.myprint_method()
key=int(input("იგასაღები="))
ob.binary_search()

```

პროგრამის შესრულების ერთ-ერთი შედეგი პირველ სურათზეა წარმოდგენილი.



სურ. 1 ბინარული ძებნის მოდიფიცირებული ალგორითმის შესრულების ერთ-ერთი შედეგი

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ბინარული ძებნის ალგორითმი ერთი ელემენტის მოსაძებნად გამოიყენება, მაგრამ არაფერი გვიძლის ცხადია, ხელს იმაში, რომ მოვძებნოთ, ვთქვათ, 20-ის ტოლი მნიშვნელობის მქონე პირველი ელემენტი და 80-ის ტოლი მნიშვნელობის მქონე ბოლო ელემენტი. მათი პირველადი გასაღებები კი იქნება დიაპაზონის შეზღუდვები. ამ დიაპაზონით ვუბრუნდებით ჩვენს მოთხოვნას, მაგრამ ამჯერად, WHERE $i \geq 20$ AND $i \leq 80$ პირობის ნაცვლად ვწერთ:

WHERE id_i BETWEEN min_id_i AND max_id_i , სადაც min_id_i და max_id_i დიაპაზონის ქვედა და ზედა საზღვრებია, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობას.

რას მივიღებთ ამით? ამ შემთხვევაში, ამორჩევას ვახდენთ არა რომელიმე i -ური სვეტის, არამედ - პირველადი გასაღების მიხედვით. შესაბამისად, ერთი ცხრილის „შემოვლის“ დრო შემცირებულია.

ამჯერად, მოვახდინოთ მონაცემთა ბაზის მართვა Python დაპროგრამების ენის გარემოში ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომით. **SQLite** წარმოადგენს მონაცემთა ბაზის მართვის საიმედო სისტემას, რომელიც დაპროგრამების ენა პითონში ჩაშენებულია **sqlite3** ბიბლიოთეკის სახით [2]. მონაცემთა ბაზასთან კავშირის დამყარების მიზნით საჭიროა გზის მითითება. იმ შემთხვევაში, თუ პითონი ბაზას ვერ მოძებნის, მას თავად შექმნის.

დავუშვათ, ვქმნით მონაცემთა ბაზას სახელწოდებით **grades.db**, რომელიც მოიცავს ცხრილს სახელით **students**. ეს უკანასკნელი შედგება შემდეგი ველებისგან: **student_ID** (სტუდენტის პირადი ნომერი), **last_name** (გვარი), **first_name** (სახელი) **midterm_grade** (შუალედური შეფასება) **final_exam_grade** (ფინალური გამოცდის შეფასება) და **total_grade** (ჯამური შეფასება)

მოცემული ცხრილი შევავსოთ მონაცემებით და პითონის სამომხმარებლო კლასისა და მასში განსაზღვრული მეთოდების გამოყენებით განვახორციელოთ **SQL**-მოთხოვნები. ასევე, შევქმნათ სამომხმარებლო მოდული და პითონის ფაილში მოვახდინოთ მისი იმპორტირება.

ჩვენი მიზანია, ვაჩვენოთ, რომ სამომხმარებლო მოდულიდან კლასის ნებისმიერი მეთოდის გამოძახება ასახვას ჰპოვებს არა მხოლოდ **Pycharm** ინტეგრირებულ გარემოში, არამედ **DB Browser (SQLite)** ბრაუზერშიც.

სამომხმარებლო მოდულის შესაბამის პროგრამულ კოდს ქვემოთ ნაჩვენებია სახე აქვს:

```
import sqlite3 as sql
#მონაცემთა ბაზასთან კავშირის დამყარება
con=sql.connect('grades.db')
cur=con.cursor()
class myclass:
    # ცხრილის შექმნა და მონაცემებით შევსება
    def students_db(self):
        cur.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS students(
            student_ID TEXT,
            last_name TEXT,
            first_name TEXT,
            midterm_grade INTEGER,
            final_exam_grade INTEGER,
            total_grade INTEGER
        )
        """)
        con.commit()
        my_list = [
            ('010293844576','დუნდუა', 'ირაკლი', 62, 35, 97),
            ('01029384710', 'ელიაშვილი', 'ნანა', 51, 30, 81),
            ('01039455738', 'ვარდოსანიძე', 'ნათია', 55, 37, 92),
            ('01030988476','ზარქუა', 'თამარ', 60, 38, 98),
            ('01038117264','თბილელი', 'გიორგი', 55, 33, 88),
            ('01021527835', 'იაშვილი', 'ზარბაზე', 52, 25, 77),
        ]
        cur.executemany("INSERT INTO students VALUES(?, ?, ?, ?, ?, ?);", my_list)
        con.commit()
    # ცხრილის ჩვენების მეთოდი
    def view_mydb(self):
        cur.execute("SELECT * FROM students")
        print("საწყისი მონაცემები:\n")
        for i in cur:
            print(i)
    # ცხრილის დახარისხების მეთოდი ჯამური შეფასების მიხედვით ზრდადობით
    def sort_mydb(self):
        result = cur.execute("SELECT * FROM students ORDER BY total_grade").fetchall()
        print("\nჯამური შეფასების მიხედვით ზრდადობით დახარისხებული ცხრილი:")
        for j in result:
            print(j)
    # მონაცემების ძებნის მეთოდი
    def find_mydb(self):
```

```
result_2 = cur.execute("SELECT * FROM students WHERE total_grade BETWEEN 90 AND 98;").fetchall()
print("\nიძებნის მეთოდის შესრულების შედეგები:")
for m in result_2:
    print(m)
```

ჩვენ მიერ შემუშავებული მოდულის იმპორტირება:

```
from module1 import myclass
ob=myclass()
ob.students_db()
ob.view_mydb()
ob.sort_mydb()
ob.find_mydb()
```

პროგრამის შესრულების შედეგები **DB Browser (SQLite)**-ში ნაჩვენებია 1-3 სურათებზე.

	student_ID	last_name	first_name	midterm_grade	final_exam_grade	total_grade
	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
1	010293844576	დუნდუა	ირაკლი	62	35	97
2	01029384710	ელთაშვილი	ნანა	51	30	81
3	01039455738	ვარდოსანიძე	ნათია	55	37	92
4	01030988476	ზარქუა	თამარ	60	38	98
5	01038117264	თბილელი	გიორგი	55	33	88
6	01021527835	იაშვილი	ბარბარე	52	25	77

სურ. 1 საწყისი მონაცემების ცხრილი

პირველ სურათზე წარმოდგენილია საწყისი მონაცემების ცხრილი, მე-2 სურათზე - ჯამური შეფასების მიხედვით ზრდადობით დახარისხებული ცხრილი, მე-3 სურათზე - ჯამური შეფასების კრიტერიუმის მიხედვით მოძებნილი მონაცემების ცხრილი, ხოლო მე-4 სურათზე - პროგრამის შესრულების საერთო შედეგი პითონის რედაქტორის კონსოლზე.

	student_ID	last_name	first_name	midterm_grade	final_exam_grade	total_grade
1	01021527835	იაშვილი	ბარბარე	52	25	77
2	01029384710	ელთაშვილი	ნანა	51	30	81
3	01038117264	თბილელი	გიორგი	55	33	88
4	01039455738	ვარდოსანიძე	ნათია	55	37	92
5	010293844576	დუნდუა	ირაკლი	62	35	97
6	01030988476	ზარქუა	თამარ	60	38	98

სურ. 2 ჯამური შეფასების მიხედვით ზრდადობით დახარისხებული ცხრილი

	student_ID	last_name	first_name	midterm_grade	final_exam_grade	total_grade
1	010293844576	დუნდუა	ირაკლი	62	35	97
2	01039455738	ვარდოსანიძე	ნათია	55	37	92
3	01030988476	ზარქუა	თამარ	60	38	98

სურ. 3 ჯამური შეფასების კრიტერიუმის მიხედვით მოძებნილი მონაცემების ცხრილი

3. დასკვნა

შემოთავაზებულია ბინარული ძებნის ალგორითმის მოდიფიკაცია და მისი პროგრამული რეალიზება Python დაპროგრამების ენაზე. SQLite მონაცემთა ბაზის მართვა Pycharm ინტეგრირებულ გარემოში შესრულებულია ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომით. შემუშავებულია სამომხმარებლო მოდული და კლასი SQLite მონაცემთა ბაზასთან კავშირის დასამყარებლად და ცვლილებების განსახორციელებლად, ხოლო პრაქტიკული მაგალითის სახით წარმოდგენილია სტუდენტთა შეფასების სისტემა sqlite3 მოდულის გამოყენებით.

საწყისი მონაცემები:

```
('010293844576', 'დუნდუა', 'ირაკლი', 62, 35, 97)
('01029384710', 'ელიაშვილი', 'ნანა', 51, 30, 81)
('01039455738', 'ვარდოსანიძე', 'ნათია', 55, 37, 92)
('01030988476', 'ზარქუა', 'თამარ', 60, 38, 98)
('01038117264', 'თბილელი', 'გიორგი', 55, 33, 88)
('01021527835', 'იაშვილი', 'ზარზარე', 52, 25, 77)
```

ჯამური შეფასების მიხედვით ზრდადობით დახარისხებული ცხრილი:

```
('01021527835', 'იაშვილი', 'ზარზარე', 52, 25, 77)
('01029384710', 'ელიაშვილი', 'ნანა', 51, 30, 81)
('01038117264', 'თბილელი', 'გიორგი', 55, 33, 88)
('01039455738', 'ვარდოსანიძე', 'ნათია', 55, 37, 92)
('010293844576', 'დუნდუა', 'ირაკლი', 62, 35, 97)
('01030988476', 'ზარქუა', 'თამარ', 60, 38, 98)
```

ქეზნის მეთოდის შესრულების შედეგები:

```
('010293844576', 'დუნდუა', 'ირაკლი', 62, 35, 97)
('01039455738', 'ვარდოსანიძე', 'ნათია', 55, 37, 92)
('01030988476', 'ზარქუა', 'თამარ', 60, 38, 98)
```

სურ. 4 პროგრამის შესრულების საერთო შედეგი კონსოლზე

ლიტერატურა - References:

1. Lutz M. Learning Python. 5th Edition. Published by O'Reilly Media, Inc. USA. 2013. 1640 p.
2. Rick F. van der Lans. The SQL guide to SQLite. Published by O'Reilly Media, Inc. USA. 2009. 517 p.
3. Miller B., Ranum D. Problem Solving with Algorithms and Data Structures. Release 3.0. John Wiley & Sons, Inc. USA. 2013. 240 p.

OPTIMIZATION OF RELATIONAL DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS BY MODIFICATION OF THE BINARY SEARCH ALGORITHM AND ITS PRACTICAL USE

Lela Gachechiladze, Ana Margvelashvili

Georgian Technical University

l_gachechiladze@gtu.ge, ana.margvelashvili@yahoo.com

Summary

Discussed the modification of the binary search algorithm and its software implementation in the Python programming language in order to optimize the relational database management system. SQLite database management is implemented in the environment of the specified programming language with an object-oriented approach. Taking into account the modified version of the binary search algorithm, a student evaluation system was developed in the Python programming language in the Pycharm integrated environment using the sqlite3 module.

keywords: Binary Search. Fruitful Functions. Multi-paradigm Programming. Unindexed Fields. App. Vertical and Horizontal Scaling.

OSCILLATOR STRENGTH OF BIEXCITON EXCITED STATES IN ELLIPSOIDAL QUANTUM DOT

Yuri Bleyan

Department of General Physics and Quantum Nanostructures,
Russian-Armenian University, Yerevan, Armenia,
yuri.bleyan@rau.am

Abstrakt

Investigation of the complexes of four charged particles is of fundamental importance, especially in semiconductors, where it is possible to vary parameters in a wide range. The experimental observation of biexcitons and trions in bulk semiconductors is rather difficult because of the low binding energy [1, 2]. However, the binding energy can increase due to the effect of dimensional quantization in semiconductor nanostructures (quantum wells, quantum wires, quantum dots) [3, 4]. In this connection, the theoretical and experimental investigation of biexciton states in quantum nanostructures is an actual problem. Semiconductor quantum dots (QDs) have a great potential for the further development of nanoelectronics due to their unique exciton–biexciton physics and the important contribution they make to quantum information processes.

Keywords: biexciton. oscillator strength. ellipsoidal quantum dot.

The biexciton is a neutral compound quasiparticle, that is also effectively a boson and it has an integer spin when the spin-orbit coupling can be neglected. The conversion of excitons to biexciton complexes leads to various optical and other interesting effects such as change in the nonlinear susceptibility, photoluminescence emission peaks shift etc [5, 6]. The excited states of biexcitons also have various applications and one of them is in sharp increase in two-photon absorption. So, the theoretical investigation of biexciton states in QDs is actual problem.

In this paper the excited states of biexciton states in ellipsoidal QD will be investigated theoretically. The ground state of the biexciton is a singlet state. It should be noted that the trial wave function is not symmetric with respect to electrons and holes.

The variational function for the biexciton will be constructed on the single-particle wave functions and will have the following form [7]:

$$\Psi_{\text{trial}}(\vec{\rho}_1, \vec{\rho}_2, \vec{\rho}_\alpha, \vec{\rho}_\beta) = C \psi_{100}(\vec{\rho}_1) \psi_{100}(\vec{\rho}_2) \psi_{100}(\vec{\rho}_\alpha) \psi_{100}(\vec{\rho}_\beta) \times e^{-\gamma \rho_{\alpha\beta}} \left\{ e^{-\lambda(\rho_{1\alpha} + \rho_{2\beta}) - \delta(\rho_{1\beta} + \rho_{2\alpha})} + e^{-\lambda(\rho_{1\beta} + \rho_{2\alpha}) - \delta(\rho_{1\alpha} + \rho_{2\beta})} \right\} \quad (11)$$

where C - normalization constant, $\rho_{jk} = |\vec{\rho}_j - \vec{\rho}_k|$, $j, k = \{1, 2, \alpha, \beta\}$, λ , δ and γ are variational parameters, which are determined after minimizing the integral:

$$E_{XX} = \left\langle \Psi_{\text{trial}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_\alpha, \vec{r}_\beta) \left| \hat{H} \right| \Psi_{\text{trial}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_\alpha, \vec{r}_\beta) \right\rangle. \quad (12)$$

The variational function for the excited biexciton (excited by one hole or by one electron) will have the following form:

$$\Psi_{\text{trial}}(\vec{\rho}_1, \vec{\rho}_2, \vec{\rho}_\alpha, \vec{\rho}_\beta) = C \psi_{110}(\vec{\rho}_1) \psi_{100}(\vec{\rho}_2) \psi_{100}(\vec{\rho}_\alpha) \psi_{100}(\vec{\rho}_\beta) \times e^{-\gamma \rho_{\alpha\beta}} \left\{ e^{-\lambda(\rho_{1\alpha} + \rho_{2\beta}) - \delta(\rho_{1\beta} + \rho_{2\alpha})} + e^{-\lambda(\rho_{1\beta} + \rho_{2\alpha}) - \delta(\rho_{1\alpha} + \rho_{2\beta})} \right\}$$

By the help of the variational method one can calculate the energy of biexciton for the ground and excited levels.

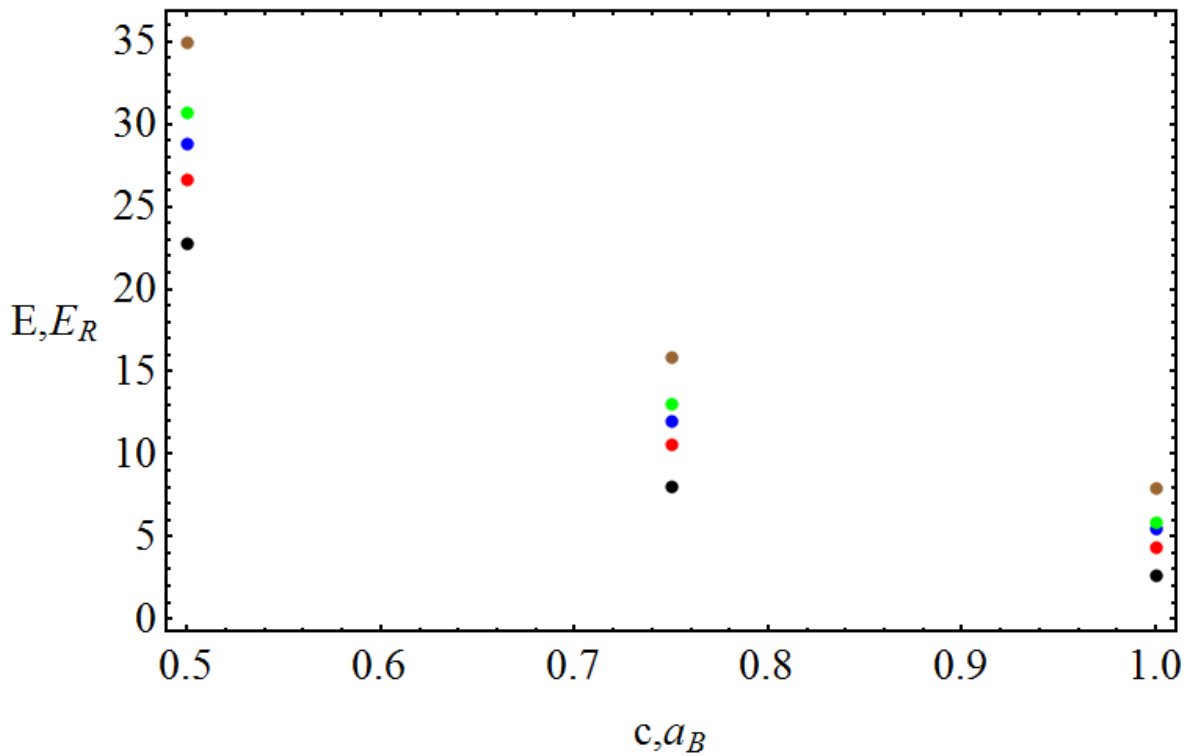


Fig. 1. Dependencies of the energies of biexciton for the ground and excited levels () on the small semiaxis.

Let us proceed to the calculation of the oscillator strength. The oscillator strength for the ground and excited biexcitons can be calculated using the following formula [8]:

$$f_{(XX^0, XX^1)} = A \frac{E_p}{2E_{(XX^0, XX^1)}} \left| \int_V \Psi^{0(1)}_{exc}(\vec{r}_e, \vec{r}_h) d\vec{r} \right|^2, \quad (8)$$

where E_p is the Kane energy, A - recombination probability factor.

References:

1. B. Patton, W. Langbein, and U. Woggon, Phys. Rev. B, 68, 125316, 2003.
2. D.B. Hayrapetyan, Y.Y. Bleyan, D.A. Baghdasaryan, H.A.Sarkisyan, S.Baskoutas, E.M. Kazaryan 105, 47-55, 2019.
3. R.A. Suris, Optical Properties of 2D Systems with Interacting Electrons, NATO Science ebook Series, Springer, Dordrecht, 2003.
4. C. Zhang, H. Wang, W. Chan, C. Manolatu, and F. Rana, Phys. Rev. B, 89, 205436, 2014.
5. S. Baskoutas, S. and A.F. Terzis, Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 5, 88-92, 2008.
6. L. Bányai, I. Galbraith, C. Ell and H. Haug, Physical Review B, 36, 6099, 1987.
7. T. Takagahara, Phys. Rev. B, 39, 10206, 1989.
8. M. Sahin, F. Koç, Appl. Phys. Lett., 102, 183103, 2013.

APPLICATION OF PARTIALLY OBSERVABLE MARKOV DECISION PROCESS TO SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT

Irakli Rodonaia¹, Gulbaat Nareshelashvili², Vakhtang Rodonaia¹

1-International Black Sea University

2-Georgian Technical University

Abstract

Due to the complex nature and numerous interacting factors that contributes to the increased vulnerability of supply chains, traditional methods have been found to be inadequate for Supply Chain Risk Management (SCRM). Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS), an agent-oriented approach to model and simulate complex adaptive systems, represents a recent development in supply chain planning that has been regarded highly appropriate for studying risk. Multi-Agent System paradigm views the supply chain as composed of a set of intelligent agents, each responsible for one or more activities in the supply chain and each interacting with other agents in planning and executing their responsibilities management. The risks in SCRM usually originate from uncertainty and volatility of the business environment, as well as disruptive events such as a supply, demand, exchange, and disruption. Demand is the main source of uncertainty in supply chains, but it is not the only one: shipments can be late; suppliers may not be able to deliver in full, etc.

Keywords: agents. Agent-based modeling. Simulation. Supply chain. Partially observable Markov decision process. Entropy.

1. Introduction

In practice, many issues cause the supply chain systems to only be partially observed [1]. A natural framework for such problems is the Partially Observable Markov Decision Process (POMDP). Although POMDPs provide principled treatment of state uncertainty, they only consider a single agent. In order to deal with the effects of uncertainty with respect to other agents, this paper considers an extension of the POMDP framework, called decentralized POMDP (Dec-POMDP).

The Dec-POMDP framework is illustrated in Figure 1:

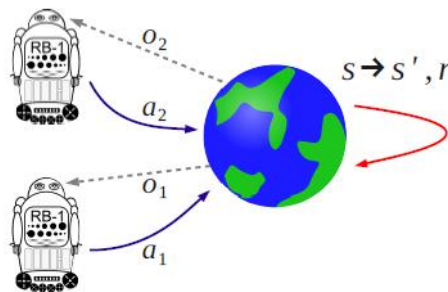


Fig.1. Schematic representation of an Dec-POMDP. At every stage, each agent takes an action based on only its own observations

As the figure shows, it generalizes the POMDP to multiple agents and thus can be used to model a team of cooperative agents that are situated in a stochastic, partially observable environment.

Formally, a Dec-POMDP can be defined as follows [1]:

A decentralized partially observable Markov decision process is defined as a tuple

$$\mathcal{M} = \langle \mathbb{D}, \mathbb{S}, \mathbb{A}, T, \hat{\mathbb{O}}, O, R, h, b_0 \rangle,$$

where:

- $\mathbb{D} = \{1, \dots, n\}$ is the set of n agents.
- \mathbb{S} is a (finite) set of states.
- \mathbb{A} is the set of joint actions.
- T is the transition probability function.
- $\hat{\mathbb{O}}$ is the set of joint observations.
- O is the observation probability function.
- R is the immediate reward function.
- h is the horizon of the problem as mentioned above.
- $b_0 \in \Delta(\mathbb{S})$, is the initial state distribution at time $t = 0$.

The Dec-POMDP model extends single-agent POMDP models by considering joint actions and observations. In particular $\mathbf{A} = \times_{i \in \mathcal{D}} \mathbf{A}_i$ is the set of *joint actions*. Here, \mathbf{A}_i is the set of actions available to agent i , which can be different for each agent. Every stage t , each agent i takes an action a_{it} ; leading to one joint action $a = \langle a_1, \dots, a_n \rangle$ at every stage. How this joint action influences the environment is described by the transition function T , which specifies $\Pr(o|a,s')$. In a Dec-POMDP, agents only know their own individual action; they do not observe each other's actions. We will assume that \mathbf{A}_i does not depend on the stage or state of the environment. Similar to the set of joint actions, $\mathbf{O} = \times_{i \in \mathcal{D}} \mathbf{O}_i$ is the set of joint observations, where \mathbf{O}_i is a set of observations available to agent i . Every time step the environment emits one joint observation $o = \langle o_1, \dots, o_n \rangle$ from which each agent i only observes its own component o_i . The observation function O specifies the probabilities $\Pr(s'|s,a)$ of joint observations. Figure 2 illustrates the dynamics of the Dec-POMDP model.

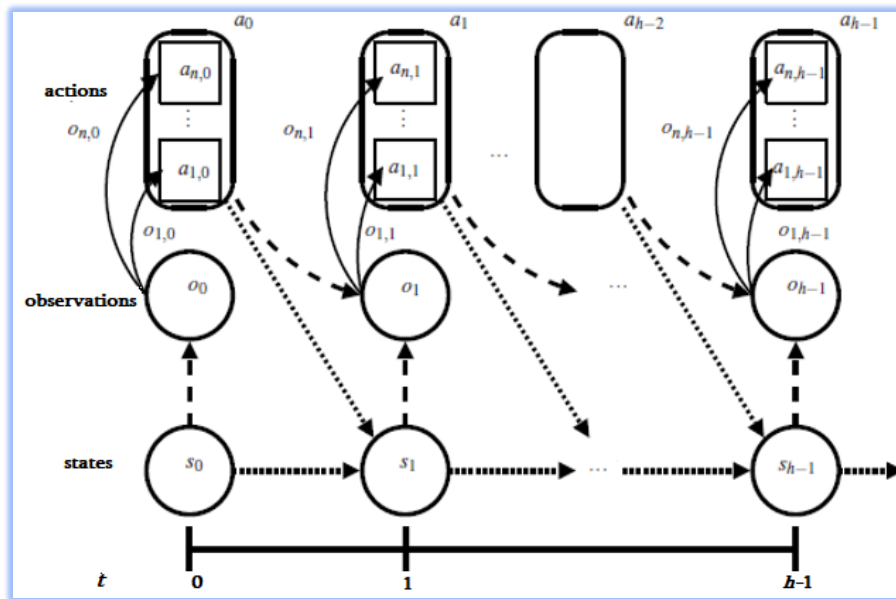


Fig. 2. A more detailed illustration of the dynamics of a Dec-POMDP. At every stage the environment is in a particular state. This state emits a joint observation according to the observation model (dashed arrows) from which each agent observes its individual component (indicated by solid arrows). Then each agent selects an action, together forming the joint action, which leads to a state transition according to the transition model (dotted arrows)

The immediate reward functor $R : \mathbf{S} \times \mathbf{A} \rightarrow \mathbb{R}$ maps states and joint actions to real numbers and is used to specify the goal of the agents. In particular, R only specifies the immediate reward that is awarded for each joint action. The goal, however, should be to optimize the behavior of the team of agents over a longer term, i.e., it should optimize over all h stages. Therefore, in order to fully specify the problem, one needs to select an *optimality criterion* that indicates how the immediate rewards are combined into a single number. The planning problem amounts to finding a tuple of policies, called a *joint policy* that maximizes the optimality criterion.

During execution, the agents are assumed to act based on their individual observations only and no additional communication is assumed. This does not mean that Dec-POMDPs cannot model settings which concern communication. For instance, if one agent has an action “mark blackboard” and the other agent has an observation “mark on blackboard”, the agents have a mechanism of communication through the state of the environment. However, rather than making this communication explicit, we say that the Dec-POMDP can model communication implicitly through the actions, states and observations. This means that in a Dec-POMDP, communication has no special semantics.

We consider two basic types of uncertainty related risk management: operational and informational. Supply chains are exposed to operational risks of different kinds. Demand-side, supply-side and catastrophic risks are distinguished in [1]. Demand-side risks originate in disruptions emerging from downstream supply chain operations. They can manifest in the physical distribution of products to the end customer (e.g. transportation problems, or improper functioning of the warehouses), or they can come from the mismatch between the forecasted and the actual demands or from the inappropriate supply chain coordination. The well-known bullwhip effect, i.e. the amplification

of the demand volatility in the upstream direction of the supply chain is such a characteristic phenomenon. The possible negative consequences of demand-side risks are costly shortages, obsolescence and inefficient capacity utilization.

Supply-side risks include suppliers' business risks, capacity problems, technological changes, product design changes, inappropriate quality of the supply, and poor logistics performance (late delivery).

There is no standard road to mitigate supply chains' operational risks. In supply chain risk management (SCRM) different approaches are used. Eight mitigation strategies are treated, namely add capacity, add inventory, have redundant suppliers, increase responsiveness, increase flexibility, aggregate or pool demand, increase capability, and have more customer accounts. We consider the supply chain studied as a complex system, in which members are not isolated and they interact with each other. Members are represented by agents, the computerized representation of the entities in a supply chain who perform specific tasks. A set of agents have been identified each performing specific function with a set of inputs and outputs. In the Figure 3 below the *systems thinking* approach is implemented: it considers the supply chain as a complete open system. Based on this approach, each part (the supplier, retailers, external demand, etc.) are all considered as the components of the supply chain system and they interact with each other.

As shown in the figure, the retailers are no longer information isolated from each other. The interactions among them give them the opportunity to exchange information at different levels, depending on the relationships established between them.

The objectives of an agent may vary depending on the types of agents to be modeled. For example, the objective of a supplier is to minimize its inventory cost and deliver the products to retailers on time. However, the objective of a retailer may be different in a sense that it seeks not to lose sales by ordering excessive inventory. The supplier has limited production capacity while the demand on the market is high. The supplier needs to carefully evaluate the true market demand before it dispatch the products. The reason is simply for retailers, they have the incentive to exaggerate the demand and get a bigger shipment

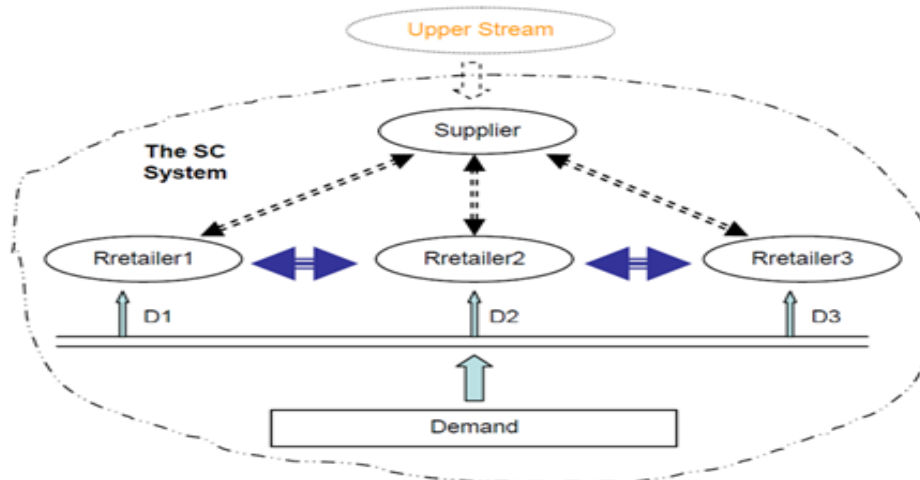


Fig. 3. The supply chain's systems thinking approach

Let us consider some examples of agents (Suppliers, Retailers, etc.) in framework of Dec-POMDPs. Think of an Supplier (K) agent as providing multiple commodities (K) that are for supplying them to Retailers. So, the process of inventory control of Supplier must be considered.

The objective of a supplier is to minimize its inventory cost and deliver the products to retailers on time. However, the objective of a retailer may be different in a sense that it seeks not to lose sales by ordering excessive inventory. The supplier has limited production capacity while the demand on the market is high. The supplier needs to carefully evaluate the true market demand before it dispatch the products. The reason is simply for retailers, they have the incentive to exaggerate the demand and get a bigger shipment.

The agent behaviors that we will model are in the form of rules. Based on these rules, an agent knows when to initiate an action and how to react when a request (an inquiry or a response) is received from another agent.

Agent objectives. The supplier and retailers may have very different design objectives due to their unique positions in the business relationship. The supplier holds the product, but it needs information from the retailers to know what the future orders are. Retailers order product from the supplier. However the shipment from the supplier may need a prolonged period to arrive. So the retailers may coordinate with each other their stock levels to reduce the chance of losing business due to insufficient stocks or to lower the inventory cost due to excessive product in stock. So the ultimate design objectives for these agents are:

-Supplier:

- ✓ Reduce the inventory cost (including overstock and backlog) by ordering carefully calculated quantity of inventory. This requires good communications with the retailers to obtain their (s, S) parameters;
- ✓ Deliver the product to retailers without delay.

- Retailer:

- ✓ Reduce the inventory cost (including overstock and backlog). This can be achieved by ordering the inventory according to the forecast.
- ✓ When the stock reduces to a level too low, it should seek to get immediate help from other retailers at a premium to increase the stock.
- ✓ When the stock is too high, it may ship some of its stock to other retailers to reduce the stock.

The MADP (Multiagent Decision Processes) toolbox is used to describe and solve this problem, providing building blocks for developing scheduling and learning algorithms for existing and new MADP instances.

The idea of information integration (in which IT is used to leverage operational activities) later emerged where supply chain performance is improved not only by sharing demand information, but other types of information such as production; inventory; capacity; and lead time information. There are various types and causes of information disruption (perturbation) that can occur in the supply chain/network. In [2] information security risks as a function of threat occurrence and the associated financial loss has been defined. An *entropy* as a measure of complexity which derives from variation in information and material flow between a supplier and a customer is established. We implemented the technique of entropy measurement to enhance the reliability and performance of the above agent-based simulation framework of supply chain. Our model is implemented using the AnyLogic system dynamics and agent-based simulation software platform.

3. Conclusion

Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS), an agent-based approach to modeling complex adaptive systems, is a recent development in supply chain planning that is considered highly suitable for risk studies. The multi-agent system paradigm views the supply chain as consisting of a set of intelligent agents, each responsible for one or more activities in the supply chain, and each interacting with other agents to plan and manage their responsibilities. The natural basis for such problems is the partially observable Markov Decision Process (POMDP). Although POMDPs provide fundamental handling of state uncertainty, they only consider a single agent. To deal with the effects of ambiguity towards other agents, this article discusses an extension of the POMDP framework called Decentralized POMDP (Dec-POMDP). The MADP (Multiagent Decision Processes) toolbox is used to describe and solve this problem. AnyLogic and AnyLogistics agent modeling packages are used to calculate agent parameters at each stage of the planning process.

References:

1. Frans A. Oliehoek & Christopher Amato. A Concise Introduction to Decentralized POMDPs (partially observable Markov decision process). Springer.2015
2. Olatunde Durowoju, Xiaojun Wang. Entropy assessment of supply chain disruption. Journal of Manufacturing Technology Management · October 2012

TELEHEALTH: CURRENT STATE ANALYSIS AND ITS EVALUATION IN GEORGIA

Mikheil Kitaevich
Georgian Technical University

Abstract

Healthcare sector is at the backbone of any modern economy--providing the infrastructure to ensure the wellbeing of citizens and by extension, contributing directly to national development and strength. Its success is contingent not only on continuous progress in scientific discoveries, but, equally importantly, on thoughtful and comprehensive management systems. A health care system features a complex web of individual sectors that include: industries, sub-industries, and companies that populate them. While there is no universally agreed-upon classification of sectors, some examples of industries would be pharmaceuticals, biotechnology, equipment, distribution, facilities, and managed health care. Given the complexity of the healthcare macrocosm, significant efforts have been extended towards exploring solutions to improve its efficiency. This study focuses on the role of telehealth as one of the most promising solutions to improve complex healthcare systems. Telehealth is one of the key strategies to improve the quality of public health care by ensuring a smooth interaction between healthcare sectors, increasing the efficiency of healthcare services, and facilitating their successful management. The World Health Organization (WHO) defines telehealth as involving the use of telecommunications and virtual technology to deliver healthcare outside of traditional facilities. Advances in information and communication technology (ICT) and health technology made telehealth a viable and attractive option for both developed and developing states.

Keywords: Telehealth, Virtual Health, Telemedicine, Implementation, Healthcare, Digital Health

1. Introduction

Ongoing COVID-19 pandemic is highlighting the benefits of telemedicine, thus making a compelling case to healthcare providers for a rapid adaptation, integration, and development of telemedicine. Given the pressing need to develop systemic national solutions for the development and integration of telemedicine, it is important to understand under what conditions the process is most optimal. In this study I offer an analysis of the current state, development possibilities and telehealth perception in Georgia. This work highlights why Georgia is an instructive case for examining the possibilities of the telehealth system, as well as presents a structured analysis and evaluation of the promises and challenges in its implementation.

The qualitative part of the project relies on interviews, a field study, and surveys among healthcare providers and consumers to gauge the perspectives from the ground on such topics as the current perception of virtual health, perceived positive and negative aspects of its adaptation, and the unique barriers and advantages of its implementation in Georgia

Telehealth is defined by the World Health Organization as a "delivery of health care services, where patients and providers are separated by distance. Telehealth uses Search Results Information and communications technology (ICT) for the exchange of information for the diagnosis and treatment of diseases and injuries, research and evaluation, and for the continuing education of health professionals. Telehealth can contribute to achieving universal health coverage by improving access for patients to quality, cost-effective, health services wherever they may be. It is particularly valuable for those in remote areas, vulnerable groups and ageing populations." Telemedicine is a term coined in the 1970s, whose literal meaning is "healing at a distance". Substantively, it implies the use of ICT to improve patient outcomes by expanding access to care and medical information. The meanings invested by scholars in the term "telemedicine", however, vary [1].

Given the multitude of interpretations, to facilitate standardization in discourse among practitioners and scholars, the World Health Organization has adopted the following broad description: "The delivery of health care services, where distance is a critical factor, by all health care professionals using information and communication technologies for the exchange of valid information for diagnosis, treatment and prevention of disease and injuries, research and evaluation, and for the continuing education of health care providers, all in the interests of advancing the health of individuals and their communities" While both terms have some minor differences, there is a clear similarity to these definitions--namely, the use of ICT - Information and communications technology in order to bring benefits to the patients and healthcare providers. The world of technology in recent years succeeded in measurable development of those communication technologies, as a result of which information transfer is becoming smoother, faster and more reliable. At the same time technology is getting more and more affordable and is starting to play a more prominent role in our everyday life. Despite more than two decades of adapting telemedicine, countries have not achieved limited success in integration and implementation of it into everyday healthcare. Proper enlisting and detailing of the barriers will assist healthcare to understand the loopholes and bottlenecks in the implementation of telemedicine and help them to develop appropriate solutions. [2]

Georgia's healthcare and technological sectors are developing rapidly, and the government has set healthcare sector improvement and development as one of its priorities. There is an untapped potential for telemedicine development

in the country but the strategies of integration, as well as advantages and difficulties of telehealth and influence it may bring to everyday health practices should be evaluated and analyzed through systematic research. In this study I am conducting an analysis of the current state, development possibilities and telehealth perception in Georgia. Georgia's properties make it amenable to beneficially integrating telehealth among consumers and medical service providers, thus positioning it as an interesting case study of its own kind, as well as for drawing informative parallels to other cases.

2. Field of Telehealth and qualitative approach

Virtual health is the distribution of health-related care, assistance and information via technological platforms. People are the cornerstone of a healthcare system-- it is provided by people, consumed by people and exists to help people. Virtual care can help to obtain the most convenient and timely care, with less time spent away from the people and things that really matter. Improved technology, increased access to smart devices, growing consumer expectations, evolving policies, and the transition to value-based care are all contributing to growing need in virtual health adoption. Evidence is mounting that virtual health can improve outcomes in certain populations by reducing length of hospital stays, improving the experience among chronically ill patients, and decreasing readmission rates.

Adoption of virtual health could extend the reach of physicians and other care providers, enable clinicians, and make it easier for patients to receive the care they are entitled to. Offering convenient, easy-to-access care options—and keeping patients out of waiting rooms—can translate to an improved patient experience. Virtual health can also help improve follow-ups, health outcomes tracking, and greater general patient accountability.

Need for virtual health in developing countries: Increasing population in the developing countries has created more demand for health care. Growing demand at the global level for healthcare management and improved healthcare quality has increased over the past few decades. People in less developed countries have less access to health care and lower socio-economic class--especially when barred by low mobility-- have even less access to healthcare services within the country. Growing costs of medical care increased the disparity within and among countries. Additional barriers in receiving healthcare in developing countries are: limited geographical access for rural residents, availability of appropriate care facilities, financial affordability, and social acceptability to pursue care access the health care. These barriers become more problematic for more vulnerable segments of population, such as women, children, old, and physically handicapped population. [3]

While there are clear benefits that telemedicine is bringing to the healthcare sector providers as well as consumers, there are quite a few difficulties on the systemic level that hinder its correct, reliable integration. Telemedicine, telehealth and virtual health and other new rising fields in the healthcare sectors, are rapidly growing through new developments in technologies, more and more fields are starting to influence these healthcare sectors, which makes it more complicated and difficult to control its correct implementation and growth. Such diverse disciplines as engineering, public health, communication, health economics and informatics, are starting to play a big role in the Telemedicine development. While it surely helps the field to grow and become more innovative and helpful, it also makes it less stable and brings more barriers into its correct integration

The qualitative part of the project relies on interviews, a field study, and surveys among healthcare providers and consumers to gauge the perspectives from the ground on such topics as the current perception of virtual health, perceived positive and negative aspects of its adaptation, and the unique barriers and advantages of its implementation in Georgia. Following is an overview on the methodology used, questions that were raised and discuss the results of the analysis.

Sample Composition: Each group consisted of 15 interviewees. Group of healthcare professionals included primary care physicians, professionals, Physicians employed or affiliated with hospitals or health systems and independent physicians. Group of consumers included consumers aged from 18 to 60, 5 of them were experiencing chronic conditions.

Given the scope of the project and the limitation in the resources available to me, I had to approach the question of sample strategically. Specifically, given that I was aware of the low likelihood of obtaining a large N representative sample of the population, I chose instead to construct my small-N sample carefully, recruiting respondents based on certain characteristics (such as age or an experience with chronic diseases). This is called convenience sampling. While convenience sampling cannot make the claim of representativeness, it permits the researcher to explore potential connections between characteristics and responses, which can be then explored further through a representative study. Respondents were presented with a set of carefully curated questions, assessing not only direct attitudes towards telehealth, but also related factors (such as the general use of technology at home, access to digital platforms, daily habits, etc). Below is report a set of survey questions posed to each group of the respondents.

Main questions for consumers were:

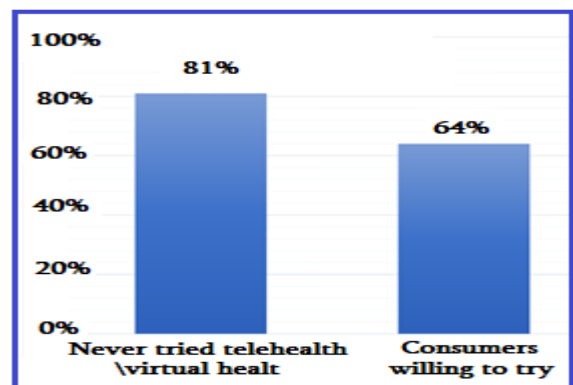


Fig 1. Usage and willingness to try

Do you use technology, such as online shopping, online banking, in your everyday life? 2.Do you use technology for healthcare related activities? Some examples of healthcare activity are monitoring fitness and health improvement goals, receiving medication alerts, reminders, measuring and transmitting data about medications. 3.Have you ever tried a virtual visit? 4.If not, are you willing to try? 5.If yes, were you satisfied? 6.What were the most beneficial aspects of using healthcare technology? Examples could be knowledgeable professionals, waiting less time, convenience, receiving information you were looking for. 7.What are the main concerns about using telehealth? Examples could be lack of personal connection with a physician, quality concerns of the service and confusion about access.

Main questions to the healthcare providers: 1. What are some of the benefits of virtual care technology? Examples could be improved patient access to the care, staying connected with patients and their caregivers, improved care coordination, quality and outcomes of care. 2.Do you have any sort of telehealth implemented? 3. What are the reasons you wouldn't adopt telehealth? Examples could be potential medical errors, workplace doesn't offer tech, security and privacy, won't work in current workflow. 4.What are your expectations about telehealth use in the future, will it increase or decrease?

A majority of consumers we surveyed are trying, or are interested in trying, virtual care. Although 81 percent of consumers have never tried a virtual visit, 64 percent are willing to try. Of those who have tried virtual visits, 81 percent report a high level of satisfaction Consumers with a chronic condition, and those who said their conditions have a major impact on their lives, are even more likely to report high satisfaction with virtual visits. According to our survey results, most consumers who have common chronic diseases are highly satisfied with virtual visits.

Only fifty three percent of consumers thought the professional they saw during the virtual visit was as professional or knowledgeable as the professional they see during an in-person visit. Less than fifty six of respondents said the wait time was shorter for a virtual visit. Only a third of respondents felt they received all the information they needed from the virtual visit.

These findings suggest that hospitals and physician practices should consider training clinicians to conduct virtual visits. Main outline for patients virtual visit experiences:

- Doctor or healthcare professional was just as knowledgeable as in person visits;
- Time consumption or wait time was shorter;
- Obtained the information they were looking for.

The data acquired suggests that there is a room for improvement of such aspects related to the experience of virtual health visits for consumers. Millennials that state that doctor or healthcare professional was just as knowledgeable as in person visits are 53%, while seniors only 37% believe of that. Time consumption or wait time was shorter was reported by 56% of millennials and 49% of seniors. That is quiet surprising, because one of the main characteristics of telehealth suggests that time consumption for the visit supposed to be short, not wasting time on commute and waiting for the visit. This may only be described by not perfect implementation of the system, and not optimizing the opportunities given by the process of virtual visits. 39% of millennials were satisfied with obtained information they were looking for, 42% of the senior group got the answers on their question.

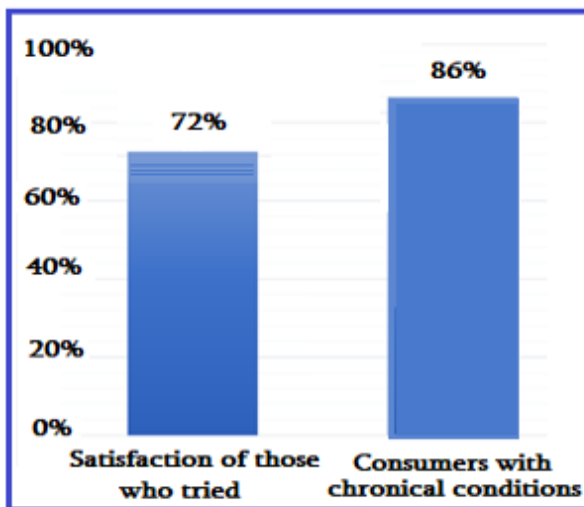


Fig. 2. Rate of satisfaction

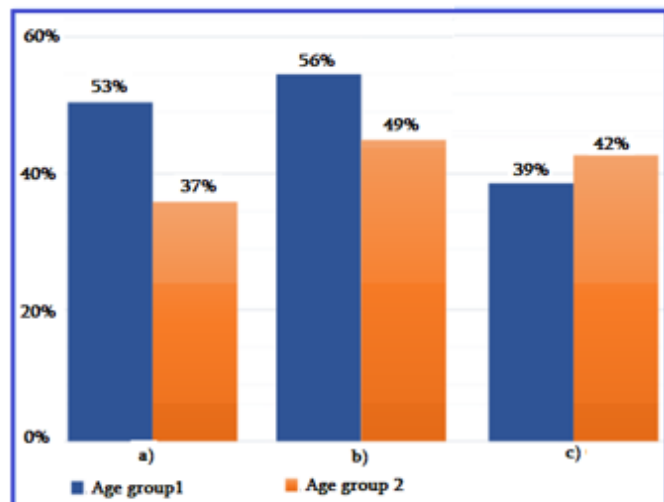


Fig.3 Main reflections on visits

a) Doctor or h.c. professional was just as knowledgeable as in person visits, b) Time consumption or wait time was shorter and c) Obtained the information they were looking for

Potential barriers to the integration of telehealth by healthcare professionals.

Most of the respondents (41%) identified potential medical errors as the most significant difficulty to overcome. For the healthcare providers, physicians or any other personal that use medicine from a distance using information and communication technologies. The second biggest aspect specifies the lack of technology, (39%) state that workplace doesn't support required environment and technology. This might be due to inefficient attention to the telehealth which strongly is dependent on the technology. Security and privacy of the information is another major problem in our new digital world. When a huge amount of digital private data is being generated every minute, especially in the health related sensitive data, there should be a absolute trust that the data is secured and privately stored. This was a concern to (28%) of participants.

3. Discussion and summary of the results

Results of the research that was conducted via surveys and interviews proves a high interest regarding telehealth field and its development. Both patients and healthcare providers are eager to try new technologies and systems in order to improve healthcare sector services. Although 81 percent of consumers have never tried a virtual visit, 64 percent of them are willing to try. Similar results also shown by the professionals, even though a majority 81% of the participants see some sort of the benefits in the integration of telehealth in their practice only 34% of them are actually able to use it. Majority of specialists 72%, of those who have not tried telehealth would like to try it.

This suggests that there is a high potential for the field's development in the country, when both providers and consumers see a demand. Also results suggest that telehealth is not well developed at this point in the country, showing that healthcare providers can't offer a proper telehealth solution that can be ready to answer all the concerns. Main barriers for integrating telehealth, physician highlight potential of medical errors and not having enough technology at the workplace. But those barriers are currently being a part of telehealth field, and only reflect on the whole situation. Technology development is rapidly growing, new systems are being developed which are ready to help healthcare professional to overcome their concerns and bring telehealth to the main scene. The benefits that telehealth currently is capable of bringing are largely appreciated by both patients and healthcare providers. Patients, who have already had a chance to experience telehealth in one way or another, show a huge satisfaction rate (72%), and even more patients that are experiencing any sort of chronic problems (86%). Most appreciated and valued benefits that telehealth may bring to the patients are time consumption and easiness to find required information about healthcare from a knowledgeable professional.

In summary, the greatest enthusiasm for telehealth has been observed among younger patients, although the interest is prominent among older patients as well. A group that was especially interested in the opportunity was a sub-sample of individuals who had already used virtual health in the past, and individuals with chronic conditions. These results suggest that with proliferation and popularization of new self-care practices, already possible through various gadgets and applications, along with informational campaigns to provide accurate information on telehealth, telemedicine can find a broad appeal.

References:

1. Kurji Z, Premani ZS, Mithani Y. Review and analysis of quality healthcare system enhancement in developing countries. *The Journal of the Pakistan Medical Association*. 2015;65(7):6
2. Surya Bali Barriers to Development of Telemedicine in Developing Countries DOI: 10.5772/intechopen.81723
3. Telemedicine for Developing Countries *Appl Clin Inform*. 2016; 7(4): 1025–1050. Published online 2016 Nov 2. doi: 10.4338/ACI-2016-06-R-0089 PMID: 27803948

ELECTRONIC PROPERTIES OF QUASI-CONICAL QUANTUM DOT

Khachik Khachatryan

Department of General Physics and Quantum Nanostructures,
 Russian-Armenian University, Yerevan, Armenia,
 khachik.khachatryan@rau.am

Keywords: electronic properties. Electron energy. Quasi-conical Quantum Dot

The development of modern technologies to produce semiconductor structures has made it possible to obtain nanostructures in which the free movement of charge carriers can be limited in one, two or three directions. Such structures are quantum well, where the movement of charge carriers is limited in one direction, quantum wires, which restrict the movement of charge carriers in two directions, and quantum dots (QDs), which provide quantization of the energies of charge carriers movement in all three directions [1–3].

QDs are semiconductor particles of several nanometers in size, having unique optical and electronic properties, different from similar properties of a bulk semiconductor due to size quantization [4–5]. Semiconductor QDs are unique systems in which the energy spectrum of charge carriers is completely quantized. QDs are like atomic systems, but unlike real atoms, the energy spectrum of charge carriers

in QDs can be controlled in a wide range by changing the geometric shape and dimensions of QDs [6–8].

In the last three decades, QDs had become the object of comprehensive theoretical and experimental studies, since the energy spectrum of a nanostructure can be flexibly controlled, and it has become possible to create new-generation semiconductor devices with controlled characteristics.

In this paper electronic properties of the quasi-conical QD will be investigated.

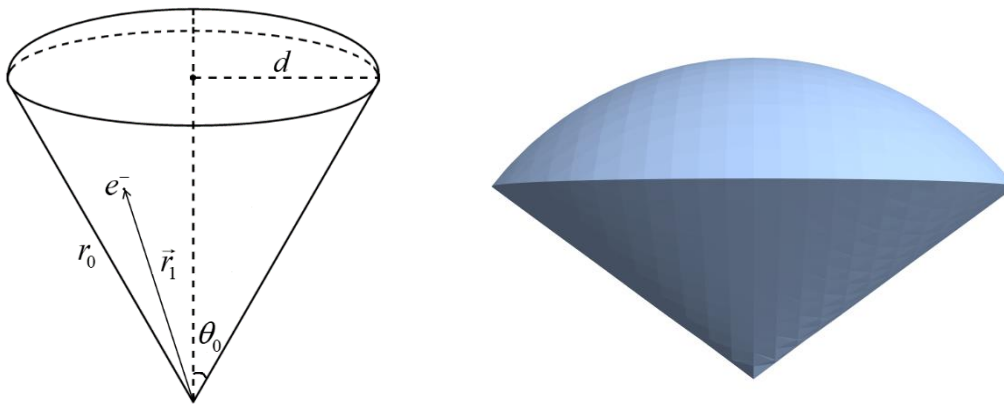


Figure 1. Quasi-conical QD

One-particle Schrodinger equation in the spherical coordinates has the following form:

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla_{r,\theta,\varphi}^2 \psi(r, \theta, \varphi) + V_{conf}(r) \psi(r, \theta, \varphi) - V_{e-i} = E \psi(r, \theta, \varphi), \quad (1)$$

where

$$V_{conf}^{rad}(r) = \begin{cases} 0, & r < r_0 \\ \infty, & r \geq r_0 \end{cases}, \quad (2)$$

$$V_{conf}^{pol}(\theta) = \begin{cases} 0, & \theta < \theta_0 \\ \infty, & \theta \geq \theta_0 \end{cases}. \quad (3)$$

For the wavefunction we have:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R(r)P(\theta)e^{im\varphi}, \quad (4)$$

The electron's wavefunction and energy can be calculated by the help of numerical methods. Based on the obtained results, one can calculate the electron's localization region in the quasi-conical QD, which is shown in Figure 2.

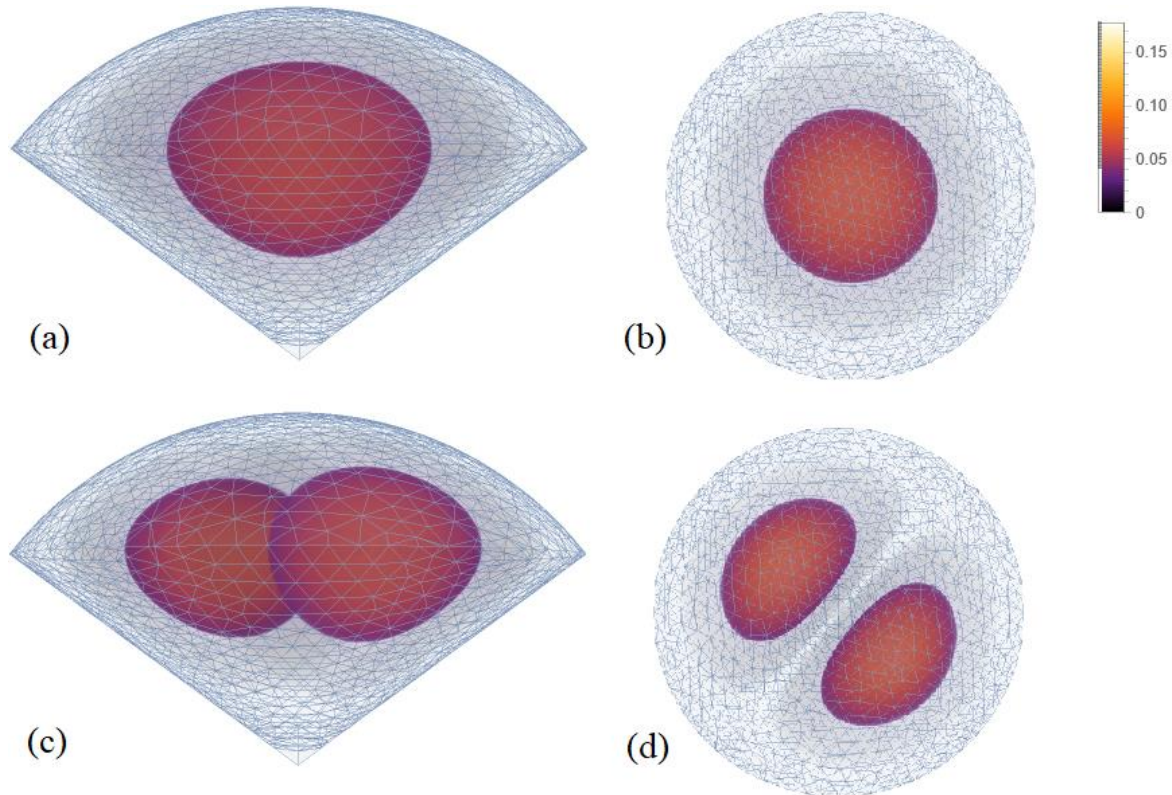


Figure 2. Electron localization region in the quasi-conical QD, (a), (b) – ground state, side view and from the top, respectively (c), (d) – first excited state, side view and from the top, respectively

References:

1. L.Jacak, P.Hawrylak, A. Wojs. Quantum dots. Springer Science & Business Media, 2013.
2. T.Chakraborty Quantum Dots. Amsterdam: Elsevier, 1999.
3. P. Harrison. Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics. University of Leeds, Leeds, United Kingdom, 2005.
4. Z. Wang. Self-Assembled Quantum Dots. Springer Science & Business Media, 2007.
5. V. Klimov. Nanocrystal quantum dots. CRC Press 2010
6. K. S. Khachatryan, M. A. Mkrtychyan, D. B. Hayrapetyan, E. M. Kazaryan, H. A. Sarkisyan. Adiabatic description of the electroabsorption in strongly prolate and oblate conical quantum dots. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 134: 114887, 2021
7. K. S. Khachatryan, M. A. Mkrtychyan, Quasi-conical Quantum Dot Helium, 2022
8. D. B. Hayrapetyan, E. M. Kazaryan, H. A. Sarkisyan. Magneto-absorption in conical quantum dot ensemble: Possible applications for QD LED. Optics Communications 371: p.138-143, 2016.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ ამოქმედების მიზნები და პრობლემები კონსტანტინე ფხაკაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტთან არსებული საქართველოს სახელმწიფო ენების კულტურული დაცვისა და ტექნოლოგიური განვითარების ცენტრი

საკვანძო სიტყვები: ქართული ენა, აფხაზური ენა, ციფრული ეპოქა, ციფრული კვდომა, ციფრული ტრანსფორმაცია, სრული ტექნოლოგიური უზრუნველყოფა.

1. შესავალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის - ბატონი დავით გურგენიძის მიერ 2022 წელს დამტკიცებული სამოქმედო გეგმით ქვეყნის ციფრული ტრანსფორმაციისა და საქართველოს სახელმწიფო ენების სრული ტექნოლოგიური უზრუნველყოფის უმნიშვნელოვანესი ამოცანების მხარდაჭერის მიზნით გადაწყდა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში 2024 წლის სექტემბრიდან ფაკულტეტთაშორისი საუნივერსიტეტო სასწავლო პროგრამის „ციფრული ჰუმანიტარია და გამოთვლითი ლინგვისტიკა“ (იხილეთ, ქვემოთ, ცხრილი_N1) ამოქმედება.

ცხრ.1

აქტივობა	საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში დაფუძნდება და ამოქმედდება ფაკულტეტთაშორისი 3 საფეხურიანი (საბაკალავრო, სამაგისტრო, სადოქტორო) სასწავლო მიმართულება „ციფრული ჰუმანიტარია და გამოთვლითი ლინგვისტიკა“
აქტივობის შედეგის ინდიკატორი	საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში 2024 წლის სექტემბრიდან მოქმედებს 3 საფეხურიანი ფაკულტეტთაშორისი სასწავლო მიმართულება „ციფრული ჰუმანიტარია და გამოთვლითი ლინგვისტიკა“
გადასატურების წყარო	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სასწავლო პროგრამა და ვებ-გვერდი
პასუხისმგებელი უწყება	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
პარტნიორი უწყება / ქვედანაყოფი	საინჟინრო ეკონომიკის, მედიატექნოლოგიებისა და სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტი; ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი; საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტთან არსებული სახელმწიფო ენების კულტურული დაცვისა და ტექნოლოგიური განვითარების სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრი
შესრულების ვადა	2024 წ. IV. კვარტ.
ბიუჯეტი	საბიუჯეტო-საფინანსო ბიუჯეტი
დაფინანსების წყარო	საბ. ბიუჯეტი ფონორი დეფიციტი
რისკი:	თუ საქართველოს სახელმწიფო ენების ციფრული კვდომის საფრთხისგან დაცვისა და ქვეყნის ციფრული ტრანსფორმაციის უმნიშვნელოვანესი ამოცანების მხარდაჭერის მიზნით აქტივობით დასაფუძნებელი „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ სასწავლო მიმართულებისადმი განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს შესაბამისი უწყებების მხრიდან არ გამოიკვეთა სათანადო სახელმწიფო-მიზნობრივი მხარდაჭერითი დამოკიდებულება, არ არის გამოიყენებული შეფერხდეს ამ აქტივობით დასახული მეტად მნიშვნელოვანი მიზნის მიღწევა.
კომენტარი:	კიდევ ერთხელ ხაზს ვუსვამთ, რომ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სასწავლო მიმართულება „ციფრული ჰუმანიტარია და გამოთვლითი ლინგვისტიკა“ დაფუძნდება საქართველოს სახელმწიფო ენების ციფრული კვდომის საფრთხისგან დაცვისა და ქვეყნის ციფრული ტრანსფორმაციის უმნიშვნელოვანესი ამოცანების მხარდაჭერის მიზნით.

ეს, მთლიანობაში, იმას ნიშნავს, რომ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ასამოქმედებელი „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ სასწავლო პროგრამა მიზნობრივად სრულ თანმთხვევაშია სახელმწიფო ენის შესახებ საქართველოს ორგანული კანონისა და 2021-2030 წლების სახელმწიფო ენის ერთიანი პროგრამის (სტრატეგიის) ისტორიული მნიშვნელობების მიზნებთან, რაც მომავლის ციფრულ ეპოქაში ქართული და აფხაზური ენების ციფრული კვდომის საფრთხისგან დაცვას გულისხმობს [1-7]. ეს კი, თავის მხრივ, ქართული და აფხაზური ენების კულტურულ დაცვასა და ტექნოლოგიურ განვითარებასთან ერთად ნიშნავს აგრეთვე მომავლის ციფრულ ეპოქაში ქართული და აფხაზური ენობრივ-კულტურული თვითმყოფადობების დაცვას, შენარჩუნებასა და განვითარებას [1-7].

2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის შესავალში ჩვენ მოკლედ უკვე წარმოვადგინეთ ასამოქმედებელი სასწავლო პროგრამის მიზნები. თუმცა, კიდევ უფრო გასაგები რომ იყოს ქართული და აფხაზური ენებისთვის ამ მიზნების სასიცოცხლო მნიშვნელობები, ოდნავ უფრო ვრცლად მათ შესახებ: საქმე ისაა, რომ უკვეკარს მომდგარ და სანახევროდ უკვე ამოქმედებულ ციფრულ ეპოქაში ციფრული კვდომის საფრთხის ქვეშ მყოფ ენებად მიიჩნევა ის ენები, რომელთა სრული ტექნოლოგიური უზრუნველყოფა ვერ მოხერხდება. ანუ, ეს ის ენებია, რომელთათვისაც ვერ მოხერხდება ამ ენებისთითქმის სრულყოფილად მცოდნე სწავლისა და თარგმნის უნარებით აღჭურვილი ინტელექტუალური კომპიუტერების შემუშავება. ამასთან, ამ სახის ქართულ და აფხაზურ კომპიუტერულ სისტემებს, ჩვენ, მოკლედ, და ვფიქრობთ, მკითხველისთვის გასაგებადაც, ქართული და აფხაზური ენების ტექნოლოგიურ ანბანებს ვუწოდებთ და ასეთი ტექნოლოგიური ანბანების შემუშავება - კიდევ უფრო გასაგები რომ გახდეს საკითხის არსი - ბუნებრივად თანაბრდება ქართული და აფხაზური კომპიუტერული „ტვინების“ შემუშავებასთან. ეს კი, თავის მხრივ, ქართული და აფხაზური ენებისთვის ხელოვნური ინტელექტის, კერძოდ კი, გამოთვლითი ლინგვისტიკის ფარგლებში წერითი და ზეპირი ტექსტების ანალიზის, გენერაციისა და თარგმნისპრობლემების სრულ და ამომწურავ გადაწყვეტებს ნიშნავს. ამგვარად, ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, გასაგები ხდება, რომ „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ დაფუძნებისა და ამოქმედების ძირითადი მიზანი ანუ ქართული და აფხაზური ენების თითქმის სრულყოფილად მცოდნე სწავლისა და თარგმნის უნარებით აღჭურვილი ინტელექტუალური კომპიუტერების შემუშავება სრული მოცულობით ექცევა გამოთვლითი ლინგვისტიკისფარგლებში. მართლაც, <https://plato.stanford.edu/entries/computational-linguistics/> მისამართზე იძებნება სტენფორდის ფილოსოფიური ენციკლოპედიის გამოთვლითი ლინგვისტიკის ანუ გამოთვლითი ენათმეცნიერების გვერდი, სადაც ხაზგასმულია, რომ „გამოთვლითი ენათმეცნიერება არის სამეცნიერო და საინჟინრო დისციპლინა, რომელიც გამოთვლითი მიზნებისგათვალისწინებით კონცენტრირებულია წერითი და ზეპირი ენების გაგება-გააზრების პრობლემებზე და, აგრეთვე, ისეთი ხელსაწყოების შექმნაზე, რომლებიც ამომწურავად ამუშავებენ და აწარმოებენ ენას როგორც საკუთარ მთლიანობაში, ისე სასაუბრო ურთიერთობებში.“

ეს ერთი მხრივ, მეორე მხრივ კი, ჩვენს ხელთ არსებული ინფორმაციით, საქართველოში, საუნივერსიტეტო კვალიფიკაციათა ჩამონათვალში, გამოთვლითი ლინგვისტიკა ანუ, რაც იგივეა, გამოთვლითი ენათმეცნიერება არ არის, რაც საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ ამოქმედების ძირითადი პრობლემაა.

3. დასკვნა

ამგვარად, დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, 2024 წლის სექტემბრიდან საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში „ციფრული ჰუმანიტარიისა და გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ სასწავლო პროგრამის აუცილებელი ამოქმედების მიზნების გათვალისწინებით ჩვენი პირველ რიგში გადასაჭრელი პრობლემაა საქართველოში საუნივერსიტეტო კვალიფიკაციათა ჩამონათვალში

„გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ ჩართვის საკითხის გადაწყვეტა, რაშიც, იმედია, მხარს დაგვიჭერსგანათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო და მისი შესაბამისი სამსახურები.

ჩვენს ამ იმედს ამყარებს ქართული და აფხაზური ენობრივ-კულტურული იდენტობების დაცვის, შენარჩუნებისა და განვითარების საკითხში „გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ ზემოთ ჩვენს მიერვე უკვე დასაბუთებული გადაწყვეტი როლი და, აგრეთვე, ის, რომ საქართველოს საუნივერსიტეტო კვალიფიკაციათა შორის „გამოთვლითი ლინგვისტიკის“ არ არსებობას არანაირად არ იზიარებს საერთო მსოფლიო საუნივერსიტეტო პრაქტიკა. მართლაც, <https://edurank.org/cs/computational-linguistics/> მისამართზე იხსნება ვებ-გვერდი დასახელებით

„მსოფლიოს საუკეთესო უნივერსიტეტები გამოთვლით ლინგვისტიკაში“. როგორც კი ვებ-

გვერდზე შევალთ არის ბმული „მიუთითე რეგიონი“, რომლის გააქტიურების შემდეგ ირკვევა, რომ გამოთვლით ლინგვისტიკაში მსოფლიოს საუკეთესო უნივერსიტეტებიდან „აზიაში არის 455, ევროპაში - 373, ჩრდილო ამერიკაში - 231, ლათინურ ამერიკაში - 28, აფრიკაში - 23, ოკიანეთში 33“.

ამგვარად, ის, რომ საქართველოში, გამოთვლითი ლინგვისტიკა საუნივერსიტეტო კვალიფიკაციების ჩამონათვალშიც კი არ არის შეტანილი, ცხადია არის ის ხელისშემშლელი გარემოება, რომელიც აუცილებლად უნდა გასწორდეს და, იმედია, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მხარდაჭერით გასწორდება კიდევ.

ლიტერატურა:

1. კ.ფხაკაძე, გ.ჩიჩუა, ა.ვაშალომიძე, კ.გაბუნია, ლ.აბზიანიძე, ა.მასხარაშვილი, მ.ჩიქვინიძე, ქართული ენის და აზროვნების მათემატიკური თეორიის და ქართული ინტელექტუალური კომპიუტერული სისტემის შემუშავების მიზნები და ქართული ენის წინაშე მდგარი საფრთხეები, საქართველოს საპატრიარქოს წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი, 1-24, 2009 <https://geoanbani.com/Other/PDFs/Articles/14.pdf>.
2. კ.ფხაკაძე, ქართული ენის ტექნოლოგიური ანბანი - XXI საუკუნის ერთ-ერთი უმთავრესი ქართული გამოწვევა, კონფერენცია „ქართული ენა და 21-ე საუკუნის გამოწვევები“, 98-105, 2013 <https://geoanbani.com/Other/PDFs/Articles/საპარლამენტოკონფერენცია.pdf>.
3. „ქართული ენა და ლოგიკა“, N9, 2015-2016, https://geoanbani.com/Other/PDFs/Articles/2015_2016_ქურნალიN9.pdf.
4. კ.ფხაკაძე, გ.ჩიჩუა, მ.ჩიქვინიძე, დ.კურცხალია, მივხედოთ ქართულ ენას. საქ. მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2016, 149-158, <https://geoanbani.com/Other/PDFs/Articles/12.pdf>.
5. კ.ფხაკაძე, მ.ჩიქვინიძე, გ.ჩიჩუა, შ.მალიძე, დ.კურცხალია, ი.ბერიაშვილი, ქართული ინტელექტუალური ვებ-კორპუსი: მიზნები, მეთოდები და რექომენდაციები, 1-320, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, <https://geoanbani.com/other/pdfs/aboutus/2.pdf>.
6. კ.ფხაკაძე, მ.ჩიქვინიძე, გ.ჩიჩუა, დ.კურცხალია, შ.მალიძე, კ.დემურჩევი, ნ.ოქროშიაშვილი, ქართული და აფხაზური ენებით ევროკავშირში ანუ ქართული და აფხაზური ენების სრული ტექნოლოგიური უზრუნველყოფის მიზნების და პრობლემები, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, ტ.14, N3, 36-42, 2020, http://science.org.ge/bnas/t14-n3/06_Pkhakadze_Informatics.pdf.
7. „ქართული ენა და ლოგიკა“, N12-N14, სტუ, 2019-2021, <https://geoanbani.com/Other/PDFs/Articles/15.pdf>.

ახალი თაობის სექვენატორები და მათგან მიღებული ინფორმაციის ბიონფორმატიკული ანალიზი SARS-CoV-2 მაგალითზე

გიორგი თომაშვილი, თინათინ კაიშაური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.tomashvili@gtu.ge; t.kaishauri@gtu.ge

რეზიუმე

კვლევა ჩატარდა რიჩარდ ლუგარის სახელობის საზოგადოებრივი ჯანდაცვის კვლევით ლაბორატორიაში, დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნულ ცენტრში. ლაბორატორიული სამუშაოები მიმდინარებოდა ბიოუსაფრთხოების მე-2 დონის (BSL-2) ლაბორატორიებში. კვლევის ფარგლებში მოხდა ბიონფორმატიკული პროგრამებისა და ალგორითმების შესწავლა, დახვეწა და მათი გამოყენება კვლევის მიზნისთვის. გამოყენებული იყო პროგრამების შესაბამისი ოპერაციული სისტემები, კომპიუტერები საჭიროებისამებრ დაუკავშირდა ერთმანეთს ქსელით, რამაც გაამარტივა ნავიგაცია სხვადასხვა პროგრამასა თუ კომპიუტერში. SARS-CoV-2-ის პანდემიასთან ბრძოლის მთავარი იარაღი მასზე დაგროვებული ცოდნაა. საქართველოში ახალი თაობის სექვენირების მეთოდით მიღებული მონაცემების გაზიარებით ხელი შეეწყო ვირუსის კვლევას და მისი გავრცელების შეკავებას საქართველოში და შესაბამისად, მთელს მსოფლიოში.

საკვანძე სიტყვები: ბიონფორმატიკული ანალიზი, სექვენატორები, ბიონფორმატიკა

1. შესავალი

2019 წლის დეკემბრის ბოლოს, ჩინეთმა გამოაცხადა მძიმე მწვავე რესპირატორული სინდრომის პირველი შემთხვევა, რომელსაც ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციამ (WHO) და ვირუსების ტაქსონომიის საერთაშორისო კომიტეტმა (ICTV) ახალი ვირუსი SARS-CoV-2 უწოდა. 2019 წლის 11 მარტისთვის ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციამ (WHO) მსოფლიო პანდემია გამოაცხადა. 2020 წლის 26 თებერვალს საქართველოში SARS-CoV-2-ით გამოწვეული COVID19-ის პირველი ლაბორატორიული შემთხვევა დადასტურდა. ორ კვირაში ინფიცირებულთა რიცხვი ქვეყანაში ორმოცამდე გაიზარდა. ამავე პერიოდისთვის (15 მარტი) მთელს მსოფლიოში დადასტურდა 80 000-ზე მეტი შემთხვევა (Dong, Du, and Gardner 2020).

დღევანდელი მონაცემებით (13.11.2022) საქართველოში დადასტურებულია კორონავირუსის 1 655 221 შემთხვევა, ბოლო 24 საათში - 51, მათ შორის გამოჯანმრთელებული - 1 637 293, ბოლო 24 საათში - 95, ხოლო გარდაცვლილი - 16 811, ბოლო 24 საათში - 1 (Stopcov.ge 2022).

ვირუსების სწრაფ რეპლიკაციას თან სდევს შეცდომები ე.წ. მუტაციები, მათ შორის ერთნუკლეოტიდური პოლიმორფიზმი (SNP - Single Nucleotide Polymorphism). დროთა განმავლობაში მსგავსი მუტაციების დაგროვება იწვევს ახალი ვარიანტების გავრცელებას. ზოგი SNP მუტაცია არ იწვევს ცილაში შესაბამისი ამინომჟავის ცვლილებას. თუმცა ზოგი ცვლის ცილას და შესაბამისად, ვირუსის მახასიათებლებს (მაგალითად, უჯრედში შეღწევის უნარს), რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ვირუსის გავრცელებაზე, დაავადების განვითარებაზე, დიაგნოსტიკის, მკურნალობისა და ვაქცინაციის ეფექტურობაზე (WHO, 2021). ამიტომ მნიშვნელოვანია ვარიანტების ზედამხედველობა მსოფლიო მასშტაბით, რათა ეს ინფორმაცია გაითვალისწინონ შესაბამისმა ორგანიზაციებმა პანდემიის სამართავად. გარდა ამისა, ზედამხედველობა მნიშვნელოვანია ახალი ვარიანტების იდენტიფიცირებისთვის. დაგროვილი ცოდნა ემსახურება შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების გატარებას, ვაქცინაციისა და სამკურნალო საშუალებების ეფექტურ გამოყენებას.

ახალი თაობის სექვენირების მეთოდები ოქროს სტანდარტია ცვალებად ვირუსზე ზედამხედველობის შესანარჩუნებლად. მისი გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია უცნობი წარმოშობის ინფექციური დაავადებების აღმოჩენის, ვირუსის დიაგნოსტიკისა და მისი ევოლუციის დაკვირვებისთვის (Hu et al. 2021, 631–41). ახალი თაობის სექვენირების მეთოდებს წინამორბედებთან შედარებით არაერთი უპირატესობა გააჩნია: გარდა იმისა, რომ შესაძლებელია მასობრივი პარალელური ანალიზი, მიღებული სექვენსებით შესაძლებელია პათოგენების უფრო ზუსტი დახასიათება, ფუნქციური მუტაციების კვლევა, რეკომბინაციის, ვირულენტობისა და პათოგენურობის დაკვირვება. NGS ტექნოლოგიების დაყოფა შესაძლებელია ორ ჯგუფად: ე.წ. „მეორე თაობის“ ტექნოლოგიები მოკლე თანმიმდევრობების სექვენირებისთვის და ე.წ. „მესამე თაობის“ ტექნოლოგიები გრძელი თანმიმდევრობების სექვენირებისთვის. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება Illumina და იონ ტორენტის პლატფორმები, ხოლო მეორეს პაკბიო და ოქსოფრდის ნანოფორის ტექნოლოგიები (Hu et al. 2021, 801–11).

პირველ ეტაპზე, ვირუსის აღმოჩენისთვის საჭიროა მისი მთელი გენომის სექვენირება. ამ დროს სექვენირდება ყველა გენომური მასალა, რაც ნიმუშშია. მეტაგენომური მასალის NGS-ის შედეგების ანალიზი მოიცავს ხარისხის კონტროლს, მასკინგის რნმ-ის / რიბოსომული რნმ-ის მოცილებას, დასექვენირებული თანმიმდევრობებისგან სექვენსების აწყობას, ტაქსონომიურ კლასიფიკაციასა და ვირუსული გენომის ვერიფიკაციას (Hu et al. 2021, 631–41). მას შემდეგ, რაც ცნობილი გახდა SARS-CoV-2 საწყისი ვირუსის სრული გენომური თანმიმდევრობა, შესაძლებელი გახდა შედარებითი ანალიზი და, ასევე, ამპლიკონების სექვენირება. განვითარდა მულტიპლექსური პჯრ ამპლიფიცირების ტექნოლოგია SARS-CoV-2-ის გენომის ამპლიფიცირებისთვის. შედეგად, შესაძლებელი გახდა ვირუსის ამპლიკონების სექვენირება. ეს ტექნოლოგია ეფექტურია ვირუსის შედარებით დაბალი შემცველობის მქონე ნიმუშების სექვენირებისასაც. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მულტიპლექსური პჯრ ამპლიფიკაციის შემდგომ ვერ სექვენირდება მრავალფეროვანი და რეკომბინანტული ვირუსები, რადგან პრაიმერების დიზაინი რეფერალურ გენომს შეესაბამება. (Hu et al. 2021, 631–41).

კვლევის მიზანია საქართველოში მოცირკულირე SARS-CoV-2-ის გენეტიკური ინფორმაციის შესწავლა, დახასიათება ახალი თაობის სექვენირების (NGS) მეთოდის გამოყენებით, ინფორმაციის დამუშავებისთვის საჭირო ბიოინფორმატიკული პროგრამების, ალგორითმების შესწავლა და დახვეწა. ასევე, მიღებული სექვენსების გაზიარება საერთაშორისო მონაცემთა ბაზაში — GISAID (Global Initiative on Sharing All Influenza Data), რათა ეს მონაცემები ხელმისაწვდომი გახდეს დაინტერესებული მკვლევარებისათვის.

2. ძირითადი ნაწილი

სანამ მეცნიერები ამპლიკონებით სექვენირების მეთოდს შეიმუშავებდნენ, ნიმუშების სექვენირება ხდებოდა სრული მეტაგენომური სექვენირებით (Whole Genome Sequencing - WGS) ანუ ნიმუშში კვლევის სამიზნის გარდა ხვდებოდა სრული მეტაგენომი, საიდანაც უნდა ამოგველო SARS-CoV-2-ის გენეტიკური ინფორმაცია ისე რომ რიდების ფილტრაციის დროს არ მომხდარიყო ინფორმაციის დაკარგვა. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სექვენატორიდან გამომავალი მეტაგენომური ინფორმაციული ფაილის ზომაც გაცილებით დიდია რისი დამუშავებაც გაცილებით დიდ კომპიუტერულ და ადამიანურ რესურსს მოითხოვს მულტიპლექსურ პჯრ ამპლიფიცირების ტექნოლოგიასთან შედარებით. სწორედ ამიტომ მრავალჯერადი ანალიზის ჩატარებამ სხვადასხვა ბიოინფორმატიკული პროგრამების გამოყენებით და უცხოელი კოლეგების გაზიარებულმა ინფორმაციებმა ეს პროცესი მიიყვანა იმ ალგორითმულ გრაფამდე, სადაც ალგორითმები ერთიმეორეს შენაცვლებით აანალიზებდნენ ნიმუშებს. პროგრამამ CLC genomics workbe 12.0.1 მოგვცა საშუალება ეს ალგორითმული მიმდევრობა ჩაგვეშენებინა პროგრამაში, მიმდევრობისთვის გადაგვეცა ნიმუში და პროგრამა ავტომატურად იწყებდა ანალიზს. საჭირო იყო ასევე ალგორითმის სხვა პროგრამებით (EDGE Bioinformatics, Geneious Prime) გადამოწმება. შემოწმების პროცესში ხდებოდა ალგორითმის სიუსტემების შესწავლა, რაც საშუალებას გვაძლევდა მიმდევრობის ალგორითმი უფრო სწრაფი და დახვეწილი ყოფილიყო.

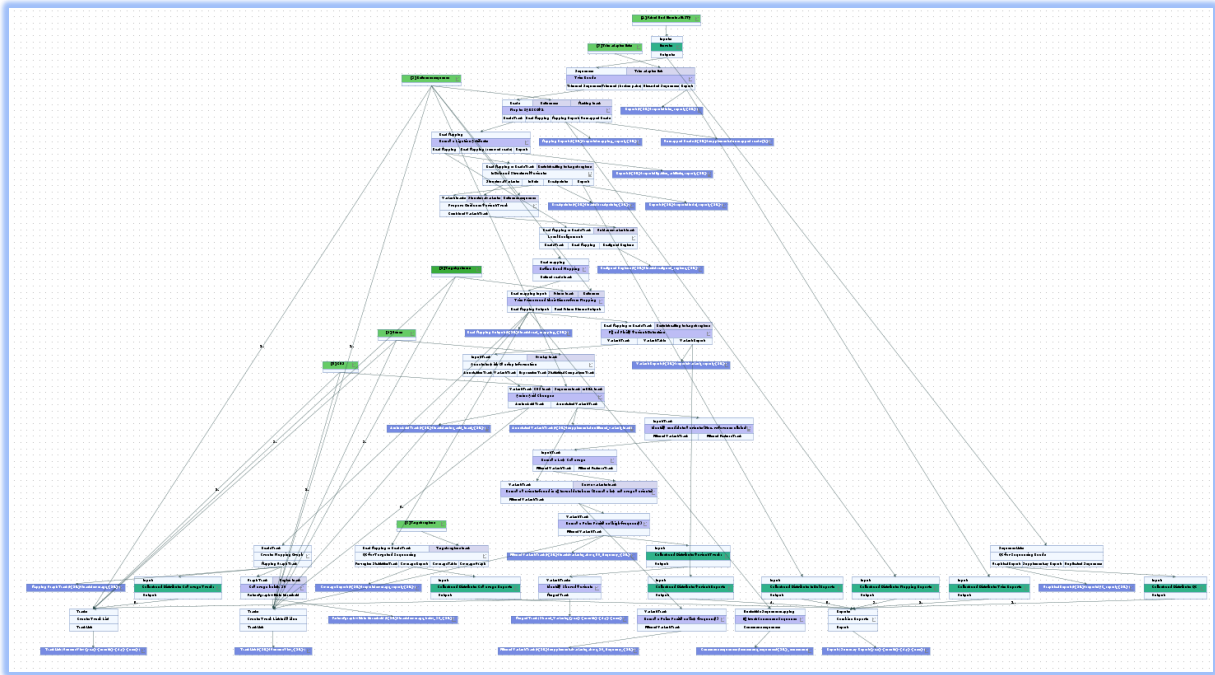
მოგვიანებით ხელმისაწვდომი გახდა ARTIC-V3 მეთოდოლოგია, რომელიც გულისხმობდა 98 წყვილი პრაიმერის გამოყენებას SARS-CoV-2 სრული გენომის ამპლიფიკაციისათვის. მულტიპლექსური პჯრ ამპლიფიცირების ტექნოლოგიით დასექვენირებული ნიმუშების მოცულობა WGS მეთოდით დასექვენირებულ ინფორმაციის ზომასთან შედარებით გაცილებით მცირეა და შესაბამისად სექვენირების პროცესიც უფრო მაღალი წარმადობის და სწრაფი. ამ მეთოდით დასექვენირებულ ინფორმაციაში მხოლოდ SARS-CoV-2 გენომის ფრაგმენტებია და არ შეიცავს სხვა რაიმე დამატებით ინფორმაციას, მაგრამ დამუშავებისათვის განსხვავებულ მიდგომას საჭიროებს - აუცილებელია პრაიმერების თანმიმდევრობის მოშორება, რომელიც გამოყენებული იყო ამპლიფიკაციაში; ასევე მნიშვნელოვანია გენომის იმ ადგილების მოძებნა და შეფასება, სადაც პრაიმერმა სუსტად ან საერთოდ ვერ მოახდინა ამპლიფიკაცია. ამის მიზეზი შესაძლოა იყოს შეცვლილი ნუკლეოტიდი გენომისა და პრაიმერის დაკავშირების უბანში (SNP). მულტიპლექსური პჯრ ამპლიფიცირების ტექნოლოგიით მიღებული ინფორმაციის ანალიზი თავდაპირველად ჩვენი შემუშავებული მეთოდით ხდებოდა. შევისწავლეთ დამუშავებისთვის საჭირო ალგორითმები და შემდეგ შევქმენით ალგორითმული მიმდევრობა CLC Genomics Workbench 12.0.1, რომელიც ინფორმაციას ავტომატურად ამუშავებდა. ხოლო მოგვიანებით გამოვიდა CLC Genomics Workbench ის ახალი ვერსია CLC Genomics Workbench 21.0.5 რომელშიც ინტეგრირებული იყო შესაბამისი დამუშავების ალგორითმული მიმდევრობები, რომლის შესწავლის შემდეგ დაიხვეწა მწარმოებლის მხრიდან მოწოდებული მიმდევრობა.

მას შემდეგ რაც კორონა ვირუსის გენომი იმდენად შეიცვალა მრავლობითი მუტაციების გამო, რომ პრაიმერები ვეღარ უკავშირდებოდა გენომის შეცვლილ უბნებს და შესაბამისად ვერ ხდებოდა გენომის სრული ამპლიფიკაცია, მეცნიერებმა შექმნეს პრაიმერების ახალი თანმიმდევრობები ARTIC-V4. მწარმოებლის მიერ შემოთავაზებულ ალგორითმულ მიმდევრობაში, რომელიც ჩამენებული იყო CLC Genomics Workbench 21.0.5 ვერსიაში, დავამატეთ ახალი პრაიმერების თანმიმდევრობები, რის შემდეგაც ალგორითმს შეეძლო დაემუშავებინა ორივე პრაიმერული მიმდევრობით დასექვენირებული ნიმუშები.

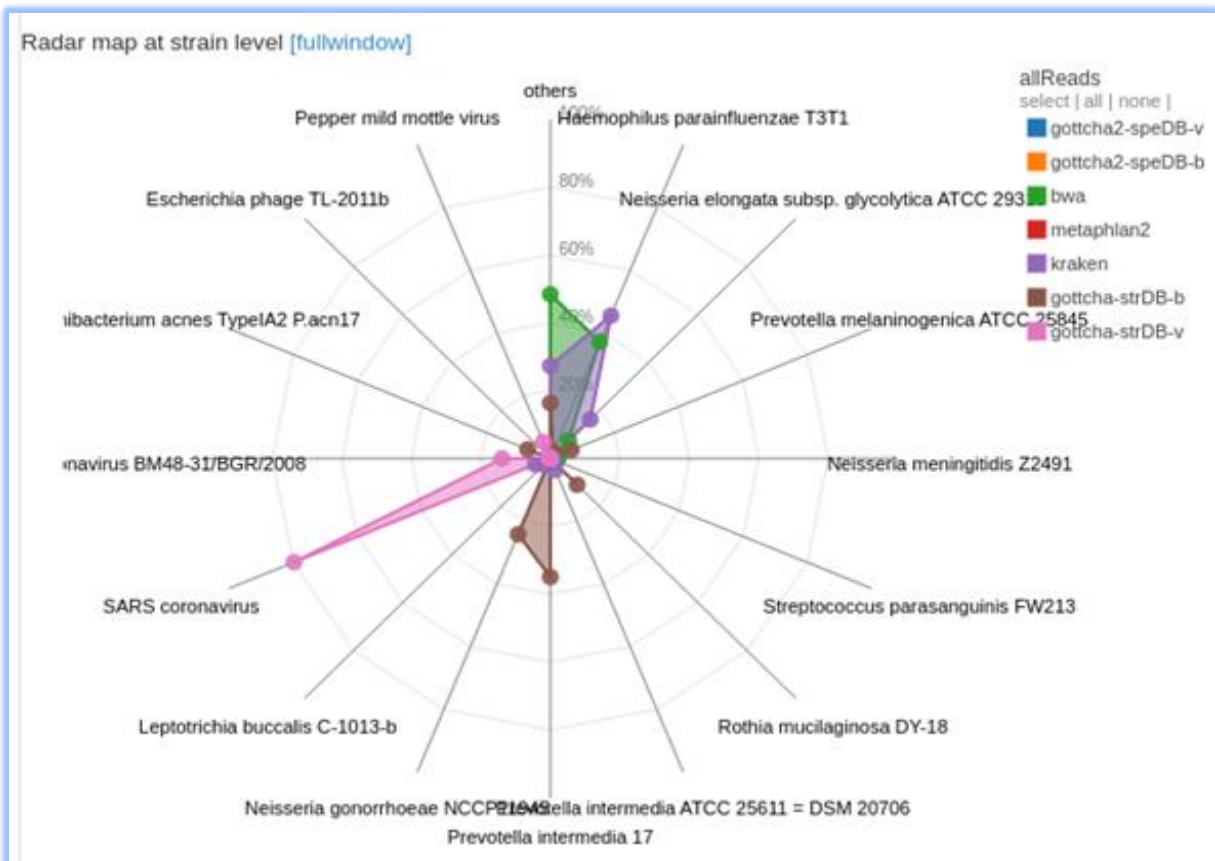
3. დასკვნა

CLC Bio-ში ჩამენებული ალგორითმების გამოყენებით შემუშავდა ალგორითმული მიმდევრობები სექვენსების დამუშავებისთვის. მიმდევრობის შესაბამისად დამუშავებული სექვენსები გადაირჩა რეფერენსის დავარვის და სიღრმის მაჩვენებლიდან გამომდინარე (სურ.1).

ინფორმაციის გადამოწმების მიზნით, CLC Bio სგან დამოუკიდებლად ანალიზი ხდებოდა EDGE Bioinformatics ვებ პლატფორმაზე რომელიც ადგილობრივ სერვერზეა ხელმისაწვდომი. აღსანიშნავია ამ პლატფორმის უპირატესობა სხვა პროგრამებთან შედარებით: EDGE Bioinformatics-ში ჩამენებული ტაქსონომიური ხელსაწყო რომელიც მეტაგენომურ ნიმუშში შემავალი ორგანიზმების იდენტიფიცირებას ახდენს გვარის, სახეობისა და შტამის დონეზე და გვაძლევს ადვილად კითხვად ანგარიშს (სურ.2).

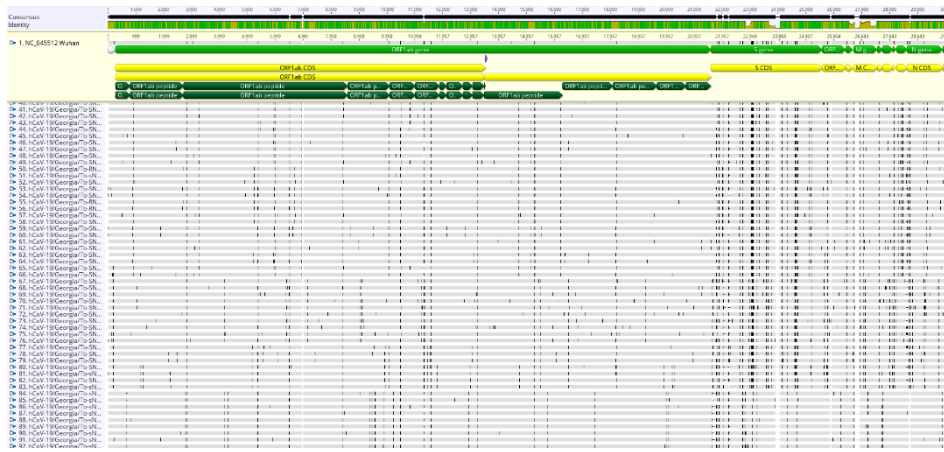


სურ. 1



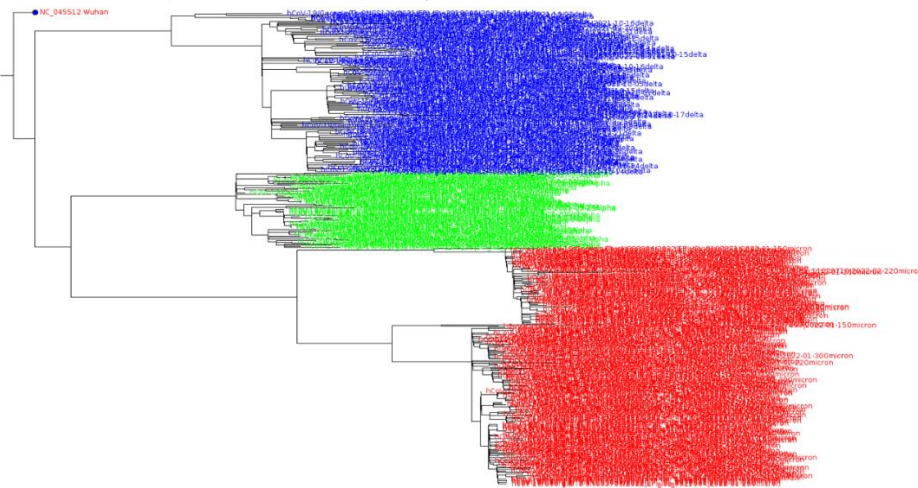
სურ. 2

ვორქელოუსგან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე SARS-CoV-2 ის გენეტიკური მიმდევრობისგან ამოირჩა ის სექვენსები რომლის გენომის გადაფარვის მაჩვენებელი და სიღრმე მაღალი იყო. შერჩეული გენომები გადადიოდა Geneious Prime ში Aligment - ის გასაკეთებლად და ფილოგენეტიკური ხეების ასაგებად. Geneious-ს სხვა პროგრამებთან შედარებით ელაიმენტის და ხეების უკეთესი ვიზუალიზაცია აქვს ასევე მარტივია ამ კუთხით ნავიგაცია, სასურველი გარემოს მოწყობა და ფლაგინების ინსტალაცია.



სურ. 3

შედარებით მაღალი ხარისხის სექვენსების გამოყენებით აიგო ფილოგენეტიკური ხე როგორც ვირუსის მთელი გენომისათვის, ასევე ცალკე სპაიკ ცილისათვის. ფილოგენეტიკის ასაგებად გამოყენებული იყო GENEIOUS PRIME, Maft Aligment, RAXML მეთოდი.



სურ. 4

ფილოგენეტიკურ ხეზე ლურჯად შეფერილი შტამები მიეკუთვნება დელტა შტამს, მწვანე მიეკუთვნება ალფას, ხოლო წითელი ომიკრონს.

სექვენსების GISAID-ზე ატვირთვის შედეგად შესაძლებელი გახდა ამ მონაცემთა ბაზასთან დაკავშირებული ხელსაწყოების გამოყენება. მაგალითად, ქართული სექვენსების მსოფლიო ფილოგენეტიკურ ხეზე გადანაწილების ნახვა შესაძლებელია GISAID-ის ხელსაწყო Audacity-ს საშუალებით, ხოლო GISAID-ის მონაცემებზე სტატისტიკური ინფორმაციის ვიზუალიზაცია — საიტზე <https://outbreak.info/> (Tsueng et al. 2022).

<input type="checkbox"/>	Virus name	Passage d	Accession ID	Collection da	Submission C	Length	Host	Location	Originating
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6369/2022	Original	EPI_ISL_15656142	2022-10-17	2022-11-04	29,733	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6368/2022	Original	EPI_ISL_15656141	2022-10-17	2022-11-04	29,728	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6367/2022	Original	EPI_ISL_15656140	2022-10-17	2022-11-04	29,785	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6366/2022	Original	EPI_ISL_15656139	2022-10-17	2022-11-04	29,791	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6365/2022	Original	EPI_ISL_15656138	2022-10-17	2022-11-04	29,736	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6364/2022	Original	EPI_ISL_15656137	2022-10-17	2022-11-04	29,730	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6361/2022	Original	EPI_ISL_15656136	2022-10-10	2022-11-04	29,740	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6359/2022	Original	EPI_ISL_15656135	2022-10-10	2022-11-04	29,730	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6358/2022	Original	EPI_ISL_15656134	2022-10-10	2022-11-04	29,730	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6357/2022	Original	EPI_ISL_15656133	2022-10-10	2022-11-04	29,758	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put
<input type="checkbox"/>	hCoV-19/Georgia/Tb-sNGS6356/2022	Original	EPI_ISL_15656132	2022-10-10	2022-11-04	29,729	Human	Asia / Georgia /	Kutaisi Put

total: 2,475 viruses

სურ. 5

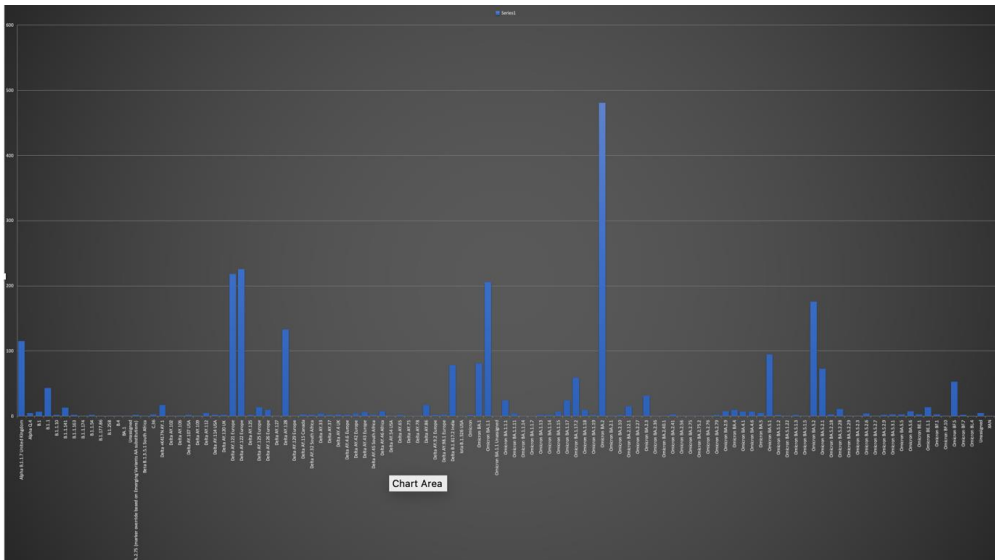


სურ. 6

ვარდისფერი ფერით ნაჩვენებია საქართველოდან ატვირთული სექვენსები.

კვლევის ფარგლებში შემუშავდა გამარტივებული ალგორითმი მონაცემთა ანალიზისა და შენახვისათვის. მონაცემთა განმეორებით დამუშავებისათვის დაიწერა სკრიპტი bash ენაზე პროცესების ავტომატიზებისათვის. მაგალითად, ერთ-ერთი სკრიპტი უზურნველყოფს fasta ფაილში სექვენსებისთვის სახელის გადარქმევას GISAID-ის მოთხოვნების მიხედვით, რათა რუტინული პროცესი სწრაფად და მარტივად შესრულდეს. ამ სკრიპტების საშუალებით მზადდებოდა fasta ფორმატის ფაილები სექვენსების მონაცემთა ბაზაში მაღალი წარმადობით ასატვირთად.

15 ნოემბრის მდგომარეობით, საქართველოდან GISAID-ზე ატვირთული იყო SARS-CoV-2-ის 2475. მოცემულ ცხრილში შეჯამებულია ინფორმაცია საქართველოდან GISAID-ზე ატვირთული ყველა ნიმუშისათვის და შესაბამისად, მოიცავს ინფორმაციას SARS-CoV-2-ის საქართველოში გავრცელებულ ვარიანტებზე პანდემიის დაწყებიდან დღემდე.



სურ. 7

3. დასკვნა

კვლევის ფარგლებში მოხდა ინფორმაციის დამუშავებისთვის საჭირო ბიოინფორმატიკული პროგრამების შესწავლა და ალგორითმების დახვეწა, რამაც შეამცირა მუშაობის დრო და რესურსი, მოგვცა საშუალება შეგვესწავლა და დაგვეხასიათებინა საქართველოში მოცირკულირე SARS-Cov-2-ის გენეტიკური თანმიმდევრობა ახალი თაობის სექვენირების (NGS) მეთოდის გამოყენებით.

ალგორითმული მიმდევრობებიდან გენერირებული ინფორმაციის დახარისხებით მიღებული შედეგები შედარდა ერთმანეთს და რეფერენს გენომს, აღიწერა ცვლილებები.

მაღალი ხარისხის სექვენსები აიტვირთა მსოფლიო ბაზაში, მოხდა მათი კლასიფიცირება და ხელმისაწვდომი გახდა ნებისმიერი დაინტერესებული პირისთვის.

ლიტერატურა:

1. Bull, Rowena A, Thiruni N Adikari, James M Ferguson, Jillian M Hammond, Igor Stevanovski, Alicia G Beukers, Zin Naing, et al. 2020. "Analytical Validity of Nanopore Sequencing for Rapid SARS-CoV-2 Genome Analysis." *Nature Communications* 11 (1): 6272. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20075-6>.
2. Dong, Ensheng, Hongru Du, and Lauren Gardner. 2020. "An Interactive Web-Based Dashboard to Track COVID-19 in Real Time." *The Lancet. Infectious Diseases*. United States. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1).
3. GISAID. 2022. "GISAID." 2022. <https://gisaid.org/>.
4. Heather, James M., and Benjamin Chain. 2016. "The Sequence of Sequencers: The History of Sequencing DNA." *Genomics*. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2015.11.003>.
5. NCBI. 2022. "NCBI." 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.
6. Pangolin. 2022. "Pangolin." 2022. <https://pangolin.cog-uk.io/>.
7. Stopcov.ge. 2022. "Stopcov.Ge." 2022.
8. Watson, J D, and A Berry. 2004. *DNA: The Secret of Life*. Arrow. https://books.google.ge/books?id=MYFh%5C_9Wy44IC.

NEW GENERATION SEQUENCERS AND BIOINFORMATIC ANALYSIS OF THE INFORMATION OBTAINED FROM THEM, ON THE EXAMPLE OF SARS-COV-2

Giorgi Tomashvili, Tinatin Kaishauri

Georgian Technical University
g.tomashvili@gtu.ge; t.kaishauri@gtu.ge

Summary

At the end of December 2019, China announced the first case of a new severe acute respiratory syndrome, the causative virus of which was named SARS-CoV-2 by the World Health Organization (WHO) and the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). On February 26, 2020, the first case of COVID-19 caused by SARS-CoV-2 was laboratory confirmed in Georgia. On March 11 of the same year, WHO officially announced the global pandemic of COVID-19, after which the world faced a common challenge. Thus, a great responsibility was assigned to scientists, whose main goal was to study the disease-causing virus — SARS-CoV-2 — and to develop therapy and vaccination against it. The multiple changes of the virus and the spread of new variants made the task more difficult. In such conditions, the involvement of different countries in the process of studying the rapidly spreading and mutating virus is of critical importance. Next-generation sequencing methods are the gold standard for maintaining surveillance of a mutated virus. In order to monitor the spread of the new coronavirus in Georgia, samples collected at different stages of the pandemic were sequenced using the new generation sequencing method on Illumina's MiSeq platform. The obtained sequences were analyzed within the scope of the study; It was determined what options were common in Georgia at different stages of the pandemic. Sequences with high coverage depth and length were selected from the obtained sequences and uploaded to the international database GISAID, where scientists share information on virus variants circulating in different countries. Also, phylogenetic trees were constructed to demonstrate the main variants circulating in Georgia. As of November 15, 2,475 sequences from Georgia have been shared on GISAID. In total, 110 different variants of SARS-CoV-2 were identified in Georgia. As part of the research, bioinformatics programs and algorithms were studied, refined and used for the research purpose. Operating systems corresponding to programs were used, computers were connected to each other through a network as needed, which made it easier to navigate between different programs or computers.

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ჩოგბურთის მატჩებზე ბუკმეკერების დასამარცხებლად

ირაკლი ჩალაგაშვილი, მარიამ ჩხაიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
chalagashvili_ir@gtu.ge; m.chkhaidze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ჩოგბურთის მატჩების შედეგის წინასწარმეტყველების ამოცანა. სტატისტიკის მიზანია შეიქმნას ისეთი პროგრამა, რომელიც ბუკმეკერებს ჩოგბურთის მატჩებში დაამარცხებს. აღსანიშნავი და ხაზგასასმელია, რომ დასმული ამოცანა არ მოიცავს ჩოგბურთის მატჩის გამარჯვებულის გამოვლენას, არამედ იგულისხმება ბუკმეკერის მიერ მატჩის შედეგის წინასწარმეტყველებაში დაშვებული შეცდომის აღმოჩენა. მანქანური სწავლების მოდელად გამოყენებულია შემთხვევითი ხეების მეთოდი. ამოცნობის მიღებული სიზუსტეა 55%, რაც ნიშნავს, რომ ბუკმეკერების მიერ დაშვებული შეცდომების 55%-ს სწორად აღმოვაჩინეთ. არსებულ პირობებში მიღებული შედეგები დადებითად არის შეფასებული, თუმცა სტატისტიკაში შემოთავაზებულია შედეგების გაუმჯობესების გზები.

საკვანძო სიტყვები: ჩოგბურთის მატჩი. შედეგების პროგნოზი. მანქანური სწავლება. ხელოვნური ინტელექტი. ბუკმეკერების დასამარცხება. შემთხვევითი ხე.

1. შესავალი

სპორტული მატჩების პროგნოზირება 21-ე საუკუნეში მძლავრ ინდუსტრიად ჩამოყალიბდა. მრავალი კომპანია თუ ცალკეული ინდივიდი ცდილობს იპოვოს გზები ბუკმეკერების დასამარცხებლად და ქონების მოსახვეჭად. ყველას თავისი აპრობირებული მეთოდი გააჩნია, ზოგი თავის ინტუიციას ენდობა, ზოგი უნივერსიტეტში ნასწავლ ანალიტიკურ მეთოდებსა და თამაშთა თეორიას იყენებს. კომპანიებში მომუშავე მონაცემთა მეცნიერების უმრავლესობა კი მარკოვის ჯაჭვებსა თუ მონტე-კარლოს მეთოდების გამოყენებით ცდილობს მომავლის განჭვრეტას. ძირითადი ყურადღება ამ წინასწარმეტყველთა მხრიდან ეთმობა ფეხბურთს, კალათბურთს, დოლს და სპორტის ისეთ სახეობებს, რომლებშიც მატჩები ძალიან დიდი სიხშირით იმართება. თუ პროგნოზების რაოდენობა დიდია, მაშინ არაა საჭირო დიდი უმრავლესობის სწორად გამოცნობა, რადგან საბოლოოდ ჯამური მოგება მაინც საკმარისად კარგი მიიღება. როგორც ცნობილია, ჩოგბურთი ინდივიდუალური სპორტია, ბევრად ნაკლები ფაქტორის და პარამეტრის გათვალისწინება ხდება საჭირო, ვიდრე ეს ფეხბურთის შემთხვევაში იქნებოდა. ეს არ გულისხმობს, რომ ჩოგბურთის პროგნოზირების ამოცანა მარტივია, უბრალოდ ერთი და იგივე მოდელის და ინფორმაციის იგივე რაოდენობის გამოყენებით ჩოგბურთის შემთხვევაში თეორიულად უკეთესი შედეგის მიღება შესაძლებელია. ეს შედარება ემპირიულად შემოწმებული არაა. ამისათვის საჭიროა ერთი მიდგომისა და იმპლემენტაციის გამოყენება ჩოგბურთისა და ფეხბურთის შემთხვევაში და შემდგომ მიღებული შედეგების შეჯერება.

დავუშვათ ჩოგბურთის მატჩი, რომელსაც უნდა დავაკვირდეთ, არის ნადალი ჯოკოვიჩის წინააღმდეგ. ბუკმეკერები (ტოტალიზატორები) თავიანთი მათემატიკური მოდელების, გარე ფაქტორებისა და სხვადასხვა მოლოდინების გათვალისწინებით ადგენენ, რომ ნადალის მოგების ალბათობა არის 60%, ხოლო ჯოკოვიჩის კი, შესაბამისად, 40%. სიმარტივისთვის გამოვრიცხოთ ის 4-10%, რომელსაც საკომისიოს სახით ბუკმეკერები აკლემენ ყველა კოეფიციენტს, რათა უქვეყელი მოგება მიიღონ, ამის გათვალისწინებით, ისინი შემდეგ კოეფიციენტებს გამოიყვანენ:

$$\text{ნადალის გამარჯვების კოეფიციენტი: } 1/0.6 = 1.67$$

$$\text{ჯოკოვიჩის გამარჯვების კოეფიციენტი: } 1/0.4 = 2.5$$

როგორც ვხედავთ, ნადალის გამარჯვების შემთხვევაში კოეფიციენტი ბევრად დაბალია, ვიდრე ჯოკოვიჩის შემთხვევაში, რაც სავსებით ლოგიკურია, რადგან კომპანიას ჰგონია, რომ დიდი ალბათობით ჯოკოვიჩი მოიგებს, შესაბამისად, მის მოგებაში ბევრად ცოტა ფულს გადაუხდის თავის მომხმარებლებს.

როგორც უკვე აღინიშნა, სტატისტიკაში განხილული კვლევის მიზანი არ არის, ჯოკოვიჩისა თუ ნადალის მოგების პირდაპირ გამოცნობა, არამედ ისეთი შემთხვევების ამოცნობა, როდესაც ბუკმეკერები შეცდნენ. ეს ნიშნავს, რომ მაგალითისათვის, თუ ამ წყვილში ჯოკოვიჩმა გაიმარჯვა, იგულისხმება, რომ ბუკმეკერების მოლოდინი არ გამართლდა.

რა არის ამოცანის ამგვარად დასმის მიზანი? პირველი და უმთავრესი არის ის, რომ თუკი მხოლოდ ისეთი თამაშები მოიძებნება და ისეთ თამაშებზე გაკეთდება ფსონი, სადაც სტატისტიკაში

განხილული მოდელის პროგნოზით ბუკმერები შეცდნენ, ეს გამოიწვევს ფაქტს, რომ ფსონი ყოველთვის მეტ კოეფიციენტზე გაკეთდება, რაც დაეხმარება ჯამური მოგების და ROI (უკუგება ინვესტიციაზე)-ის ოპტიმიზაციას.

შესაბამისად, ხელოვნური ინტელექტის მოდელმა უნდა გაანალიზოს ნადალი-ჯოკოვიჩის წყვილი თამაშის დაწყებამდე, დასვას და გადაჭრას ორობითი კლასიფიკაციის ამოცანა (Binary Classification) და პასუხად მიიღოს კი ან არა. კი ნიშნავს, რომ მოდელს სჯერა, ბუკმეკერები შეცდებიან. არა - ნიშნავს, რომ არ შეცდებიან. კი - პასუხის მიღების შემთხვევაში, ჩვენ გავაკეთებთ ფსონს, წინააღმდეგ შემთხვევაში, არ ვიმოქმედებთ.

საკვლევი მონაცემები მიღებულია ბრიტანული ვებ-გვერდიდან, სადაც 2001 წლიდან მოყოლებული, ვაჟთა და ქალთა აბსოლუტურად ყველა ტურნირის შედეგი და რამდენიმე ცნობილი ბუკმეკერული კომპანიის კოეფიციენტებია გაერთიანებული. (იხილეთ ლინკი: <http://www.tennis-data.co.uk/alldata.php>)

წარმოდგენილი ვებ-გვერდიდან შესაძლებელია ექსელის ფაილების გადმოწერა 2001 წლიდან 2022 წლის ჩათვლით. ყველა ფაილში არსებულ ინფორმაციას ერთი და იგივე სათაურები გააჩნია. ამ ფაილებიდან მიღებული კვლევისთვის საინტერესო ინფორმაცია არის: ტურნირის ჩატარების ლოკაცია, ტურნირის სახელწოდება, ჩატარების თარიღი, ტურნირის დონე (მასტერსი, გრანდ სლემი და ა.შ), მოედნის მდებარეობა (შენობაში თუ შენობის გარეთ), მოედნის ზედაპირი (თიხა, რეზინი, ბალახი), მერამდენე რაუნდია ტურნირში, 3 სეტისანი მატჩია თუ 5 სეტისანი, გამარჯვებული, წაგებული, გამარჯვებულის რანგი ზოგად ჩათვლაში, წაგებულის რანგი ზოგად ჩათვლაში, სხვადასხვა ბუკმეკერის ფსონები მოგებულსა და წაგებულზე.

როგორც ხედავთ, ზემოთ ჩამოთვლილი ინფორმაციის სვეტებიდან ზოგიერთი კატეგორული მონაცემია, ხოლო დანარჩენი რაოდენობრივი. რადგან მოცემული ინფორმაცია ცხრილის მონაცემებია, ამიტომ მოდელის შესაქმნელად გამოყენებულია ძალიან მარტივი, მაგრამ ეფექტური მეთოდი მანქანური სწავლებიდან, ეს გახლავთ შემთხვევითი ხეები (Random Forests). შეიქმნა ინფორმაციის ახალი სვეტი, რომელიც დაგენერირებულია შემდეგნაირად: თუკი გამარჯვებულის კოეფიციენტი მეტია დამრცხებულის კოეფიციენტზე, ესე იგი ბუკმეკერები შეცდნენ და ახალ სვეტს სახელად "Target" (სამიზნე) ამ სტრიქონში 1-იანი ჩაიწერება, ხოლო ყველა დანარჩენ შემთხვევაში 0-იანი. ექსელის ფაილების გაერთიანებით საბოლოო ჯამში მიიღება 20000-მდე სტრიქონი, სადაც დაახლოებით 35% ისეთი ჩანაწერები (სტრიქონები) არის, რომლებშიც ბუკმეკერები შეცდნენ და ვერ გამოიცნეს მატჩის შედეგი. შესაბამისად, 35% ინფორმაციაში გვაქვს ამ სამიზნე "target" სვეტში 1-იანები ჩაწერილი, ხოლო დანარჩენში 0-იანები. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ორი სამიზნე მნიშვნელობის განაწილება თანაბარი არაა, ანუ არაა 50%-50%, 35%-65%-იც დამაკმაყოფილებლად მიიჩნევა და შესაბამისად, კვლევაში დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად დაბალანსების სხვა ტექნიკა აღარ არის გამოყენებული.

შემთხვევითი ხეების მოდელის დასწავლამდე, არსებული მონაცემები დაიყოფა 70% სასწავლო, და შესაბამისად, 30% საკონტროლო ნაკრებებად. დასწავლის შედეგად მიღებული მოდელის საკონტროლო ნაკრებზე გაშვების შედეგად მივიღეთ, რომ მოდელი 1-იანებს, ანუ იმ მატჩებს, რომლებშიც ბუკმეკერები შეცდნენ 55% სიზუსტით იცნობს. იმის გათვალისწინებით, რომ კვლევაში გამოყენებულია მანქანური სწავლების შედეგებით მარტივი ალგორითმი, ხოლო მოდელისთვის მიწოდებული ინფორმაცია მწირია, მიღებული შედეგი კვლევის შემდგომ გასაგრძელებლად კარგ პლაცდარმს ქმნის.

უკეთესი შედეგის მისაღწევად ბევრი მეთოდისა და ტექნიკის გამოყენება შეიძლება. თუკი ისევ მანქანური სწავლების მოდელის ან სტანდარტული ნეირონული ქსელების გამოყენებას გადავწყვეტთ, მაშინ აუცილებელია, რომ სიმრავლეს დაემატოს მეტი ინფორმაცია (სვეტი) მაგალითად:

- ბოლო 5 მატჩის შედეგი პირველი და მეორე მოთამაშისათვის;
- ბოლო 5 მატჩის შედეგი ერთმანეთის პირისპირ ამ მოთამაშეებს შორის;
- ბოლო 5 მატჩის შედეგი ამ ტურნირზე ორივე მოთამაშისათვის;
- ბოლო 5 მატჩის შედეგი ერთმანეთის პირისპირ ამ მოთამაშეებს შორის იმავე ტიპის მოედნის საფარზე;
- კარიერაში საშუალოდ მოგებული ქულების რაოდენობა ორივე მოთამაშისათვის;
- ბოლო 5 მატჩში საშუალოდ მოგებული ქულების რაოდენობა ორივე მოთამაშისათვის;
- ინფორმაცია ტრავმების შესახებ.

შესაძლებელია tennis-data.co.uk-დან მიღებული მონაცემების უფრო ეფექტიანი წინასწარი დამუშავება (feature engineering). მიუხედავად ამისა, ვფიქრობთ, რომ ბევრად უკეთესი შედეგი მიიღება, თუკი არანაირ ნიშან-თვისებათა ინჟინერიას არ მივმართავთ და ხელით არ შევქმნით ახალ

ინფორმაციას. უკეთესი იქნება, თუკი ბევრად მძლავრ და ეფექტურ ხვეულ ნეირონულ ქსელს (Convolutional Neural Network)-ს გამოვიყენებთ. ამ შემთხვევაში, ორივე მოთამაშის ბოლო 5-5 მატჩს სხვებისა და ერთმანეთის წინააღმდეგ ერთ განზომილებიან მასივებად ავიღებთ და ერთმანეთზე ვერტიკალურად დავალაგებთ, რაც საბოლოოდ ორგანზომილებიან მასივს ან უფრო თუ გავართულებთ, სამგანზომილებიან მასივსაც კი მოგვცემს. ამ შემთხვევაში ხვეული ნეირონული ქსელი თავად აღმოაჩენს და ისწავლის კავშირებს და წარსულის ინფორმაციის ზეგავლენის დონეს მიმდინარე მატჩზე.

3. დასკვნა

მარტივი მანქანური სწავლების მოდელის - შემთხვევითი ხეების გამოყენებისა და ინფორმაციის თითქმის წინასწარი დამუშავების გარეშე შეყვანის მიუხედავად, მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ვასკვნით, რომ ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს თამაშების შედეგებზე მოქმედი ფაქტორების და წყაროების დადგენა, რაც მოდელს უკეთესი დასკვნების გაკეთებაში დაეხმარება. არსებული კვლევა ძალიან კარგი იქნება მომავალი ექსპერიმენტებისათვის, რადგან მიღებული შედეგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც საბაზისო ხაზი და ყოველი ახალი მოდელის წარმადობა და სიზუსტე შეედაროს უკვე არსებულ შედეგს. მეტად მძლავრი ნეირონული ქსელის გამოყენების შემთხვევაში, ბევრად უკეთესი შედეგის მიღწევა არის შესაძლებელი. მოსალოდნელია, რომ ამოცნობის სიზუსტე 65%-ეც კი შეიძლება ავიდეს. ამ შემთხვევაში კი, უკუგება ინვესტიციაზე ბევრად მაღალი იქნება და წარმატებული ბიზნეს-აპლიკაციისათვის შემდგომი ეტაპი არა ახალი მოდელის შექმნა, არამედ ფსონის განთავსების ოპტიმალური სტრატეგიის შემუშავება იქნება.

ლიტერატურა:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematics_of_bookmaking#:~:text=The%20decimal%20odds%20of%200a,probabilities%20of%20the%20individual%20bets.
2. https://www.tensorflow.org/tutorials/structured_data/preprocessing_layers
3. https://keras.io/examples/structured_data/classification_with_tfdf/
4. https://www.tensorflow.org/decision_forests
5. <http://www.tennis-data.co.uk/alldata.php>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Random_forest

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO BEAT THE BOOKIES ON TENNIS MATCHES

Irakli Chalagashvili, Mariam Chkhaidze

Georgian Technical University
chalagashvili_ir@gtu.ge; m.chkhaidze@gtu.ge

Summary

The article discusses the task of predicting the outcome of tennis matches. The purpose of the article is to create a program that will beat bookmakers in tennis matches. It should be noted and emphasized that the given task does not include finding out the winner of the tennis match, but it is meant to detect the error made by the bookmaker in predicting the outcome of the match. The random forest method is used as a machine learning model. The obtained detection accuracy is 55%, which means that we correctly detect 55% of the mistakes made by bookmakers. The results obtained under the existing conditions are positively assessed, however, the article suggests ways to improve the results.

Keywords: predicting tennis matches outcomes, machine learning, artificial intelligence, beating bookmakers, random forests

თბილისის ტერიტორიაზე მდინარე მტკვრის ძირითადი შენაკადი მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის კლასის დადგენა „ევროკავშირი წყლის ჩარჩო დირექტივა -2000/60/EC“ გათვალისწინებით

თეკლა ხუმარაშვილი, ნუგზარი ბუაჩიძე, დიმიტრი ერისთავი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი,
სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი

რეზიუმე

კვლევაში დამუშავებულ და შერჩეულ იქნა მოცემული მდინარეებისათვის დამახასიათებელი ის ინდიკატორები, რომელთა დახმარებითაც ყველაზე უფრო ზუსტად შეფასდებოდა მათი მოცემულ პერიოდში (2019-2020) ეკოლოგიური მდგომარეობა. ასევე ევროდირექტივების შემოთავაზებით გამოყენებულ იქნა განტოლება, რომლის დახმარებითაც გამოანგარიშებულ იქნა თვითოეული მდინარის დაბინძურების ინდექსი და შემდგომ კი შეფასდა თვითოეული მათგანის (ვერე, დიშულა, გლდანულა) წყლის ხარისხის კლასი.

საკვანძო სიტყვები: ტრანსსასაზღვრო მდინარეები, მცირე მდინარეები, ევროდირექტივა.

1. ძირითადი ნაწილი

საქართველოს ძირითადი მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება და მათი კლასიფიკაცია ზოგიერთი ჰიდროქიმიური ინდიკატორების მეშვეობით შესაძლებელია ჩვენს მიერ წარმოდგენილი მეტად საინტერესო, თანამედროვე კვლევის მეთოდით, რომელიც გულისხმობს მცირე მდინარეებისათვის, რომლებიც ჩაედინებიან ტრანსსასაზღვრო მდინარეებში წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის მინიჭებას ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივა - 2000/60/EC მიხედვით.

ამ ეტაპზე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს 2019-2021 წლების ჰიდროქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე, („ევროკავშირი წყლის ჩარჩო დირექტივა -2000/60/EC“ გათვალისწინებით) ისეთი მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის კლასის დადგენა, როგორებიცაა მდინარეები - ვერე, დიშულა და გლდანულა, რომლებიც ჩაედინებიან მდინარე მტკვარში.

ამისათვის კვლევაში დამუშავებულ და შერჩეულ იქნა მოცემული მდინარეებისათვის დამახასიათებელი ის ინდიკატორები, რომელთა დახმარებითაც ყველაზე უფრო ზუსტად შეფასდებოდა მათი მოცემულ პერიოდში (2019 - 2021) ეკოლოგიური მდგომარეობა. ასევე ევროდირექტივების შემოთავაზებით გამოყენებულ იქნა განტოლება, რომლის დახმარებითაც გამოანგარიშებულ იქნა თვითოეული მდინარის დაბინძურების ინდექსი და შემდგომ კი შეფასდა თვითოეული მათგანის (ვერე, დიშულა, გლდანულა) წყლის ხარისხის კლასი.

მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება ითქვას, რომ 2019-2021 წლების პერიოდში მდინარე ვერეს ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები მიგვანიშნებენ, რომ მდინარე იმყოფება მცირედ დაბინძურებულ ეკოლოგიურ მდგომარეობაში, ხოლო მდინარეები გლდანულა და დიშულა შეესაბამება მდინარის წყლის „სუფთა“ კატეგორიას.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდიკა პირველად იქნა გამოყენებული ამ მცირე მდინარეების დასახასიათებლად, რაც ზრდის ინტერესს წარმოდგენილი ნაშრომის მიმართ. კვლევაში კარგადაა დახასიათებული მოცემული მდინარეების გეოგრაფიული და ჰიდროლოგიური მდგომარეობა და რაც მთავარია შეფასებულია ის, თუ რა ტიპის ანტროპოგენულ დატვირთვას განიცდიან ისინი. მსგავსი მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული სხვა მდინარეების ეკო-ქიმიური კვლევების საფუძველზე და შესაბამისად მათი დაბინძურების ხარისხის დასადგენად, გამოანგარიშებულ იქნას თვითოეული მდინარის დაბინძურების ინდექსი და შემდგომ კი შეფასდეს თვითოეული მათგანის წყლის ხარისხის კლასი, შესაბამისად პრევენციული ღონისძიებების გატარების საჭიროებას.

ლიტერატურა:

1. ნ. ბუაჩიძე, ლ. შავლიაშვილი, ე. ბაქრაძე, გ. კუჭავა - „ქვემო ქართლის ზოგიერთი მდინარის წყლის ხარისხის კლასიფიკაციის დადგენა ჰიდროქიმიური ინდიკატორების მიხედვით“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო რეფერირებადი შრომათა კრებული/ ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის პრობლემები, 2022/ №132, გვ. 55-60.

2. ნ. ბუაჩიძე, ლ. ინწკირველი, გ. კუჭავა, ე. ბაქრაძე, ნ. ბეგლარაშვილი „საქართველოს ძირითადი ტრანსპორტული მდინარეების ეკოპროექტივური მდგომარეობა და მათი კლასიფიკაცია“, საქართველო/„ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2013/ ტ. 119, გვ. 238-243.

3. გ. კორმახია, ნ. ბუაჩიძე, მ. აზარაშვილი, ნ. კველიძე, ტ. ჯახუტაშვილი, მ. ჩხაიძე, ლ. მწარიაშვილი - “ზოგიერთი მეთოდოლოგიური საკითხი მდ. მტკვრის წყლის ხარისხზე ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზემოქმედების შეფასების შესახებ”, თსუ გამომცემლობა/ საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, საქართველოს ქიმიური საზოგადოების ჟურნალი, 2006/ტ. 6, № 4, გვ. 474-478.

4. მ. კობახიძე, მ. ციციშვილი, ე. შანავა, ნ. ბუაჩიძე, ც. გოლიაძე, ლ. ინწკირველი - „საქართველოს მდინარეების ერთობლივი მონიტორინგი“, ეკოლოგიური პრობლემები, 2006, ტ.4, გვ.59-101

5. European Union Water Framework Directive (2000/60/EC)

6. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 2, Identification Of Water Bodies.

DETERMINING THE WATER QUALITY CLASS OF SMALL RIVERS, THE MAIN TRIBUTARY OF THE MTKVARI RIVER IN THE TERRITORY OF TBILISI, TAKING INTO ACCOUNT THE "EUROPEAN UNION WATER FRAMEWORK DIRECTIVE - 2000/60/EC"

Tekla Khumarashvili; Nugzar Buachidze*; Dimitri Eristavi

Georgian Technical University, Tbilisi

* GTU, Hydrometeorological Institute

t.khumarashvili@gmail.com; emc.buachidze@yahoo.com; d.eristavi@gtu.ge

Summary

In the research, those indicators specific to the mentioned rivers were processed and selected, with the help of which their ecological condition could be assessed most accurately in the given period (2019-2020). Also, in accordance with the suggested Eurodirectives, an equation was used, with the help of which the pollution index of each river (Vere, Dimula, Gldanula) was calculated and then the water quality grade of each of them was evaluated.

სიბრტყისა და წრფის განტოლებების შედგენა, რომლებიც სივრცეში ორი გადაკვეთი წრფის მიერ შექმნილ რომელიმე ვერტიკალურ კუთხეებს ყოფენ რაიმე ფართობით

მასპინძელაშვილი ბორისი, ტაკაშვილი ვალერი, ბუზიაშვილი თამარი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

b.maspingdelashvili@gtu.ge; v.takashvili@gtu.ge; t.buziashvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია წრფისა და სიბრტყის განტოლებები, რომლებიც გადიან ორი გადაკვეთი წრფის მიერ შედგენილ მახვილ ან ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს ყოფენ რაიმე ფართობით, რომელიმე წრფის მხრიდან.

საკვანძო სიტყვები: სიბრტყისა და წრფის განტოლებები. ვერტიკალური კუთხეები.

1. ძირითადი ნაწილი

ზოგადი ამოცანა. მოცემულია ორი გადაკვეთი წრფე

$$\frac{x - x_1}{a_1} = \frac{y - y_1}{b_1} = \frac{z - z_1}{c_1} (L_1), \quad \frac{x - x_2}{a_2} = \frac{y - y_2}{b_2} = \frac{z - z_2}{c_2} (L_2),$$

შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც გადიან მახვილ ან ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს რომელიმე წრფის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით $m:n$, თუ საძებნი სიბრტყე იმ სიბრტყის მართობულია, რომელზეც წრფეები მდებარეობენ.

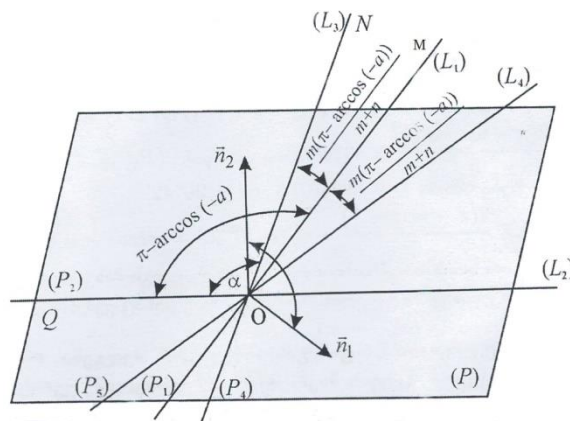
ამოხსნა. (L_1) და (L_2) წრფეები მდებარეობენ სიბრტყეზე, რომლის ნორმალური ვექტორია

$$\vec{n} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix} = A\vec{i} + B\vec{j} + C\vec{k},$$

ხოლო მისი განტოლება $A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1) = 0$, $Ax + By + Cz + D = 0$ (P), თუ $D = -Ax_1 - By_1 - Cz_1$. ნორმალური ვექტორი სიბრტყისა, რომელიც გადის (L_1) წრფეზე (P) სიბრტყის მართობულად არის

$$\vec{n}_1 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ A & B & C \end{vmatrix} = A_1\vec{i} + B_1\vec{j} + C_1\vec{k}$$

განტოლება კი იქნება $A_1(x - x_1) + B_1(y - y_1) + C_1(z - z_1) = 0$, $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0$ (P_1), თუ $D_1 = -A_1x_1 - B_1y_1 - C_1z_1$.



ნორმალური ვექტორი სიბრტყისა, რომელიც გადის (L_2) წრფეზე (P) სიბრტყის მართობულად არის

$$\vec{n}_2 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ A & B & C \end{vmatrix} = A_2\vec{i} + B_2\vec{j} + C_2\vec{k}, \text{ მისი განტოლება } A_2(x - x_2) + B_2(y - y_2) + C_2(z -$$

$z_2) = 0$, $A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0$ (P_2), თუ $D_2 = -A_2x_2 - B_2y_2 - C_2z_2$.

(P_1) და (P_2) სიბრტყეთა ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = a$; ვთქვათ ეს კუთხე არის ზღაგვი, ე.ი. $-1 < a < 0$, ხოლო $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \pi - \arccos(-a)$.

ვთქვათ უნდა შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც გადიან ზღაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს (L_1) წრფის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით $m:n$ სიბრტყე, რომელიც მართობულია (P) სიბრტყისა, გადის ზღაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს (P_1) სიბრტყის მხრიდან (L_1) წრფის მხრიდან ყოფს შეფარდებით $m:n$, ვეძებთ სახით $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 + \lambda(A_2x + B_2y + C_2z + D_2) = 0$, აქედან მივიღებთ $(A_1 + \lambda A_2)x + (B_1 + \lambda B_2)y + (C_1 + \lambda C_2)z + D_1 + \lambda D_2 = 0$ (P_3), სადაც λ უცნობი ნამდვილი რიცხვია.

რადგანაც $\frac{\angle MON}{\angle NOQ} = \angle MON + \angle NOQ = \pi - \arccos(-a)$. აქედან საძებნ (P_3) სიბრტყესა და (P_1)

სიბრტყეს შორის $\angle MON \left(\frac{\pi - \arccos(-a)}{m+n} \right)$, ხოლო მათ ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი, ე.ი

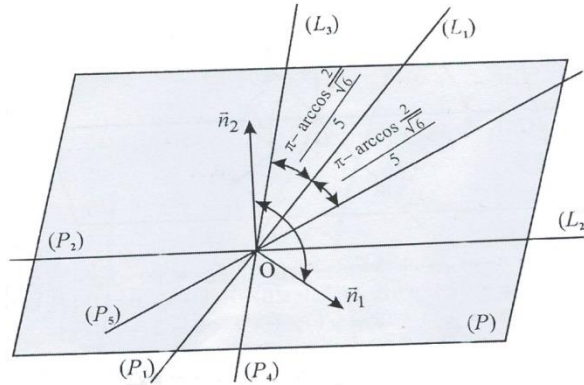
$$\cos \left(\frac{m(\pi - \arccos(-a))}{m+n} \right) = \frac{A_1(A_1 + \lambda A_2) + B_1(B_1 + \lambda B_2) + C_1(C_1 + \lambda C_2)}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{(A_1 + \lambda A_2)^2 + (B_1 + \lambda B_2)^2 + (C_1 + \lambda C_2)^2}}. \quad (1)$$

(1) განტოლებიდან მივიღებთ λ_1 და λ_2 მნიშვნელობებს, ხოლო (P_3) განტოლებიდან λ_1 -ის შესაბამისი სიბრტყის განტოლება იქნება $(A_1 + \lambda_1 A_2)x + (B_1 + \lambda_1 B_2)y + (C_1 + \lambda_1 C_2)z + D_1 + \lambda_1 D_2 = 0$, (P_4) λ_2 -ის შესაბამისი კი $(A_1 + \lambda_2 A_2)x + (B_1 + \lambda_2 B_2)y + (C_1 + \lambda_2 C_2)z + D_1 + \lambda_2 D_2 = 0$. (P_5) ცხადია, რომ საძებნი წრფე (P_4) ან (P_5) სიბრტყეზე მდებარეობს. რომ დავადგინოთ, თუ რომელია ეს სიბრტყე,

რომელიც ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში გაივლის, გამოვითვალოთ $\frac{m(\pi - \arccos(-a))}{m+n}$, შემდეგ ვიპოვოთ კუთხე ან (P_4) და (P_2) , ან (P_5) და (P_2) სიბრტყეთა შორის; მაგალითად (P_4) იქნება სამეზბნი სიბრტყე, თუ $\frac{m(\pi - \arccos(-a))}{m+n} + a = \pi - \arccos(-a)$, სადაც a არის კუთხე (P_4) და (P_2) სიბრტყეთა შორის. სამეზბნი წრფე იქნება (P) და (P_4) სიბრტყეთა თანაკვეთა

$$\begin{cases} Ax + By + Cz + D = 0, \\ (A_1 + \lambda_1 A_2)x + (B_1 + \lambda_1 B_2)y + (C_1 + \lambda_1 C_2)z + D_1 + \lambda_1 D_2 = 0. (P_3) \end{cases}$$

ამოცანა. მოცემულია ორი გადამკვეთი $\frac{x-3}{1} = \frac{y+1}{-1} = \frac{z-4}{1} (L_1), \frac{x+3}{-1} = \frac{y-1}{0} = \frac{z+2}{-1} (L_2)$ შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებს (L_1) წრფის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით 1:4; თუ სამეზბნი სიბრტყე იმ სიბრტყის მართებულია, რომელზეც წრფეები მდებარეობენ.



რადგან კუთხე $x + 2y + z - 5 = 0 (P_1)$ და $-y + 1 = 0 (P_2)$ სიბრტყეებს შორის $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}}$, ამიტომ კუთხე სამეზბნი $x + (2 - \lambda)y + z + \lambda - 5 = 0 (P_3)$ სიბრტყესა და (P_1) სიბრტყეს შორის იქნება

$$\frac{\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}}}{5}, \text{ ე.ი. } \cos\left(\frac{\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}}}{5}\right) = \frac{6-2\lambda}{\sqrt{6}\sqrt{\lambda^2-4\lambda+6}}, \frac{1 + \cos\left(\frac{2(\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}})}{5}\right)}{2} = \frac{18-12\lambda+2\lambda^2}{3\lambda^2-12\lambda+18};$$

ავღნიშნოთ $a = \frac{2(\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}})}{5}$ და მივიღებთ $(3 \cos a - 1)\lambda^2 + (12 - 12 \cos a)\lambda + 18 \cos a - 18 = 0$, საიდანაც $\lambda_1 \frac{6 \cos a - 6 + 3\sqrt{2} \sin a}{3 \cos a - 1}, \lambda_2 \frac{6 \cos a - 6 - 3\sqrt{2} \sin a}{3 \cos a - 1}$. (P_3) -დან λ_1 -ის შესაბამისი სიბრტყის განტოლება იქნება $(3 \cos a - 1)x + (4 - 3\sqrt{2} \sin a)y + (3 \cos a - 1)z + 3\sqrt{2} \sin a - 9 \cos a - 1 = 0 (P_4)$, λ_2 -ის შესაბამისი კი არის $(3 \cos a - 1)x + (4 + 3\sqrt{2} \sin a)y + (3 \cos a - 1)z - 3\sqrt{2} \sin a - 9 \cos a - 1 = 0$ $\frac{\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}}}{5}$ სადაც $a = \frac{2(\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}})}{5}$

დავადგინოთ, (P_4) არის თუ (P_5) სამეზბნი სიბრტყე. კუთხე (P_4) და (P_1) სიბრტყეებს შორის არის $\frac{\pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}}}{5} \approx 28^{\circ}56'$, ხოლო კუთხე (P_4) და (P_2) სიბრტყეებს შორის იქნება $\cos a_1 \approx -0,434997, a_1 \approx 115^{\circ}45'$. რადგანაც $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \pi - \arccos \frac{2}{\sqrt{6}} \approx 144^{\circ}40' \approx 28^{\circ}56' + 115^{\circ}45'$, ამიტომ (P_4) არის სამეზბნი სიბრტყე.

ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში გამავალი სამეზბნი წრფის განტოლება იქნება (P_4) სიბრტყისა და $x - z + 1 = 0$ სიბრტყის თანაკვეთა, ე.ი.

$$\begin{cases} x - z + 1 = 0, \\ (3 \cos a - 1)x + (4 + 3\sqrt{2} \sin a)y + (3 \cos a - 1)z + 3\sqrt{2} \sin a - 9 \cos a - 1 = 0 (L_3). \end{cases}$$

ლიტერატურა:

1. Моденов П.С. Аналитическая геометрия. М., Изд-во МГУ, 1969.
2. Постников М.М. Аналитическая геометрия М., <Наука> 1973.

COMPILATION OF PLANE AND LINE EQUATIONS THAT DIVIDE ANY VERTICAL ANGLES CREATED BY TWO INTERSECTING LINES IN SPACE BY ANY AREA

Boris Maspindzelashvili, Valery Takashvili, Buziashvili Tamari

Georgian Technical University

b.maspindzelashvili@gtu.ge; v.takashvili@gtu.ge; t.buziashvili@gtu.ge

Summary

The equations of the line and the plane passing through the acute or obtuse vertical angles formed by two intersecting lines are written, and they divide these angles by some ratio, from the side of one of the lines.

Keywords: equations of plane and line, vertical angles

გვირაბებში აფეთქებისას წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღის პარამეტრები და ადამიანებზე ზემოქმედების შეფასების მეთოდები

ირაკლი ახვლედიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

რეზიუმე

მოსახლეობისა და ინფრასტრუქტურის დაცვა ტექნოგენური, შემთხვევითი და ტერორისტული აფეთქებებისგან არის კაცობრიობის ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა. როგორც სამწუხარო სტატისტიკა გვაჩვენებს, ტერორისტული აფეთქებების მიმართ განსაკუთრებით მაღალი რისკის შემცველია კრიტიკული ინფრასტრუქტურის ობიექტები: სატრანსპორტო დანიშნულების და მეტროს გვირაბები, ფეთქებადი და საბრძოლო მასალების მიწისქვეშა საწყობები, ადამიანთა მასობრივი თავშეყრის ადგილები, კულტურული და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების მიწისქვეშა სივრცეები და ა.შ. მეორე მნიშვნელოვანი პრობლემა ქვანახშირის შახტებში ნახშირისა და მეთანის გაზის აფეთქებით გამოწვეული უბედური შემთხვევები. სხვადასხვა დანიშნულების გვირაბებში და შეზღუდულ სივრცეებში აფეთქებისას აღძრული დარტყმითი ტალღების გავრცელება, მათი ნაგებობის კონსტრუქციებთან ურთიერთქმედების დინამიკა და თანამდევი შედეგები სრულიად განსხვავდება ღია სივრცეებში დარტყმითი ტალღების გავრცელების ბუნებისგან. ამიტომ ასეთი საფრთხეების სწრაფი იდენტიფიკაცია, ინფორმაციის დამუშავება და შემთხვევაზე სწრაფი რეაგირება წარმოადგენს მძიმე შედეგების მინიმიზაციისა ერთადერთ ეფექტურ საშუალებას. პრობლემის გადაწყვეტის გზების ძიება მოითხოვს არსებული ვითარების ღრმა ანალიზს. განსახილველი საკითხებიდან ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს მიწისქვეშა ნაგებობებში/გვირაბებში დარტყმითი ტალღის გავრცელების ძირითადი კანონზომიერებების შესწავლა და ადამიანებზე ზემოქმედების საფრთხეების შეფასების მეთოდების ანალიზი, რათა შემუშავდეს შემთხვევითი აფეთქებისგან დამცავი სტრუქტურების არქიტექტურა და დადგინდეს მოწყობილობების ძირითადი საპროექტო პარამეტრები.

საკვანძო სიტყვები: ტერორისტული აფეთქება. ნახშირის და მეთანის გაზის აფეთქება. დარტყმითი ტალღა. დარტყმითი ტალღის გავრცელება. მიწისქვეშა ნაგებობები/გვირაბები.

1. შესავალი**აფეთქებისგან დამცავი სტრუქტურების დაპროექტებისთვის საჭირო ძირითადი პარამეტრები**

სამწუხაროდ შემთხვევითი და ტერორისტული აფეთქებების ხასიათი არ იძლევა საშუალებას შეიქმნას დამცავი სისტემა, რომელიც სრულიად გამორიცხავს აფეთქებიდან წარმოქმნილი ჭარბი წნევების ნეიტრალიზებას. ამასთან, დამცავი სისტემის პარამეტრების სწორმა შერჩევამ შესაძლოა

ეფექტურად შეზღუდოს ჭარბი წნევის გავრცელების არეალი და გაზარდოს ადამიანის და აღჭურვილობის უსაფრთხოება მიწისქვეშა ღობებში.

პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს დამცავი სისტემის მუშაობას, შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

ა) გარეგანი ზემოქმედების პარამეტრები: მიწისქვეშა ნაგებობებში აფეთქებისას წარმოქმნილი ჰიდროდინამიკური და თერმოდინამიკური პარამეტრები;

ბ) დამცავი სისტემის შიდა პარამეტრები: აქტივაციის დრო, ჰიდრაულიკური და ენერჯის შთანთქმის პარამეტრები

დამცავი სისტემის ეფექტურობის შეფასება უნდა მოხდეს მისი დროული და ადეკვატური რეაგირებით გარეგან ზემოქმედებაზე, რაც გამოიხატება დარტყმითი ტალღის მახასიათებლების უსაფრთხო დონემდე შემცირებაში ადამიანზე ზემოქმედების მიმართ.

გარეგანი ზემოქმედების ძირითადი პარამეტრებია: ჭარბი წნევა აფეთქების ტალღის ფრონტზე, დარტყმითი ტალღის დადებითი ფაზის ხანგრძლივობა, იმპულსი და დარტყმითი ტალღის სიჩქარე. განვიხილოთ ამ მახასიათებლებს შორის არსებული ფუნქციური დამოკიდებულებები და მათი საანგარიშო გამოსახულებები.

2. ძირითადი ნაწილი

გვირაბებში დარტყმითი ტალღების ძირითადი პარამეტრებს შორის არსებული დამოკიდებულებები და მათი თეორიული გაანგარიშების მეთოდები.

მთავარი მახასიათებლები, რომლებიც მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული დარტყმითი ტალღის ზემოქმედების სტრუქტურებზე, მათ შორის დამცავი ბარიერების პროექტირებისას, არის: ჭარბი წნევა, დარტყმითი ტალღის სიჩქარე, იმპულსი და ზემოქმედების ხანგრძლივობა. დარტყმითი ტალღის მაჩვენებლები გვირაბებში განისაზღვრება მუხტის წონით და გვირაბის მახასიათებლებით, რომელშიც ვრცელდება აფეთქება.

მკვლევარები [1-7] გვთავაზობენ გვირაბებში მუხტის მასასა და ჭარბ წნევას შორის სხვადასხვა დამოკიდებულებებს/განტოლებებს. გურინის[2] მიხედვით ჭარბი წნევის მნიშვნელობა მუხტის წონაზე, მუხტიდან დაშორებასა და გვირაბის მოწვევით ფართობზე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$\Delta P = \left(3270 \frac{W}{RS} + 780 \sqrt{\frac{W}{RS}} \right), \text{ kPa} \quad (1)$$

სადაც:

W = მუხტის წონა, კგ

R = მანძილი მუხტიდან, მ

S = მიწისქვეშა კვეთის ფართობი, მ²

აშშ-ს ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების ნაციონალური ინსტიტუტი გვთავაზობს შემდეგ დამოკიდებულებას [2]:

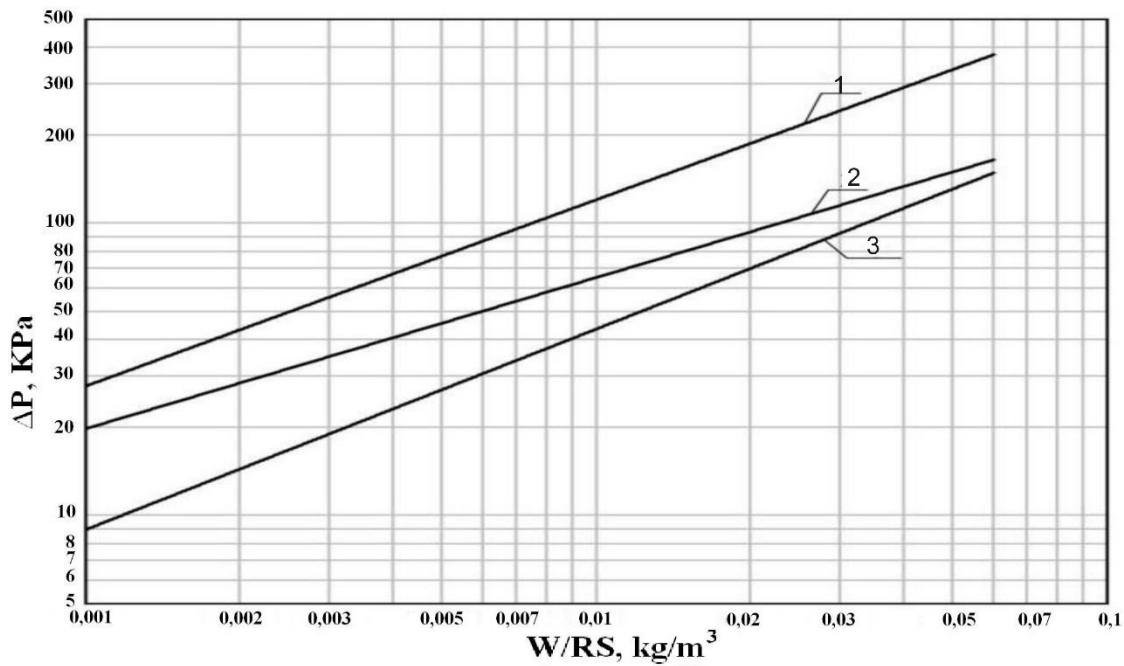
$$\Delta P = 702,8 \left(\frac{W}{RS} \right)^{0,514} \cdot (0,65)^n, \text{ kPa} \quad (2)$$

სადაც n არის გვერდითი შესასვლელის რაოდენობა n = 0,1,2... n.

ექსპერიმენტული კვლევების თანახმად ΔP გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$\Delta P = 2081,3 \frac{W}{RS} + 118,9 \left(\frac{W}{RS} \right)^{\frac{2}{3}} + 16,5 \left(\frac{W}{RS} \right)^{\frac{1}{3}}, \text{ kPa} \quad (3)$$

ΔP ურთიერთ განსაზღვრული მნიშვნელობა (1)–(3) წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე. კვლევითი ჯგუფის მიერ ჩატარებული კვლევების თანახმად, როდესაც W/RS მნიშვნელობა მეტია 0.01 კგ/მ³-ზე, ΔP უფრო ახლოს არის გამოანგარიშებულ მნიშვნელობებთან (1), ხოლო W/RS -ის შედარებით დაბალ მნიშვნელობებში ΔP უფრო ახლოს არის (2) და (3) ფორმულით მიღებულ მნიშვნელობებთან.



ნახ.4. ჭარბი წნევის დამოკიდებულება ΔP მოყვანილ მუხტთან q/RS

1-(1) ფორმულის მიხედვით, 2-(2) ფორმულის მიხედვით, 3-(3) ფორმულის მიხედვით. დარტყმითი ტალღის სიჩქარე დამოკიდებულია ჭარბ წნევაზე ΔP და განისაზღვრება ფორმულით (4)

$$U = C_a \left(1 + 0,85 \frac{\Delta P}{P_a} \right)^{0,5}, \text{ m/s} \quad (4)$$

სადაც $C_a = 331(1 + T_0/564)$ ბგერის სიჩქარე ჰაერში მ/წმ და T_0 ჰაერის ტემპერატურა, °K; P_a = ატმოსფერული წნევა.

დადებითი ფაზის ხანგრძლივობა მიწისქვეშა ლიობებში დეტონაციისას დამოკიდებულია მუხტის წონაზე და მუხტიდან მანძილზე და იანგარიშება შემდეგნაირად (5):

$$\tau = 0,92 \frac{R}{C_a} \sqrt{\frac{W}{RS}} \quad (5)$$

დარტყმითი ტალღის იმპულსი ბევრად ნელა ქრება ვიდრე ჭარბი წნევა. წრფივი გეომეტრიის მიწისქვეშა ლიობებში იმპულსის შემცირება შესაძლოა გამოითვალოს შემდეგი განტოლებით (6)

$$I = \Delta P \tau / 2, \text{ kPa s} \quad (6)$$

დარტყმითი ტალღის დამაზიანებელი ზემოქმედება ადამიანებზე, რომლებიც განიცდიან გვირაბში შიშველი მუხის აფეთქების ზემოქმედებას, შეიძლება გავყოთ ორ კატეგორიად:

- 1) ჭარბი წნევის პირდაპირი ზემოქმედება
- 2) დარტყმითი ტალღის მეორადი ეფექტი, რომელიც დაკავშირებულია აფეთქებისგან წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღის ადამიანის სხეულზე ზემოქმედებასთან

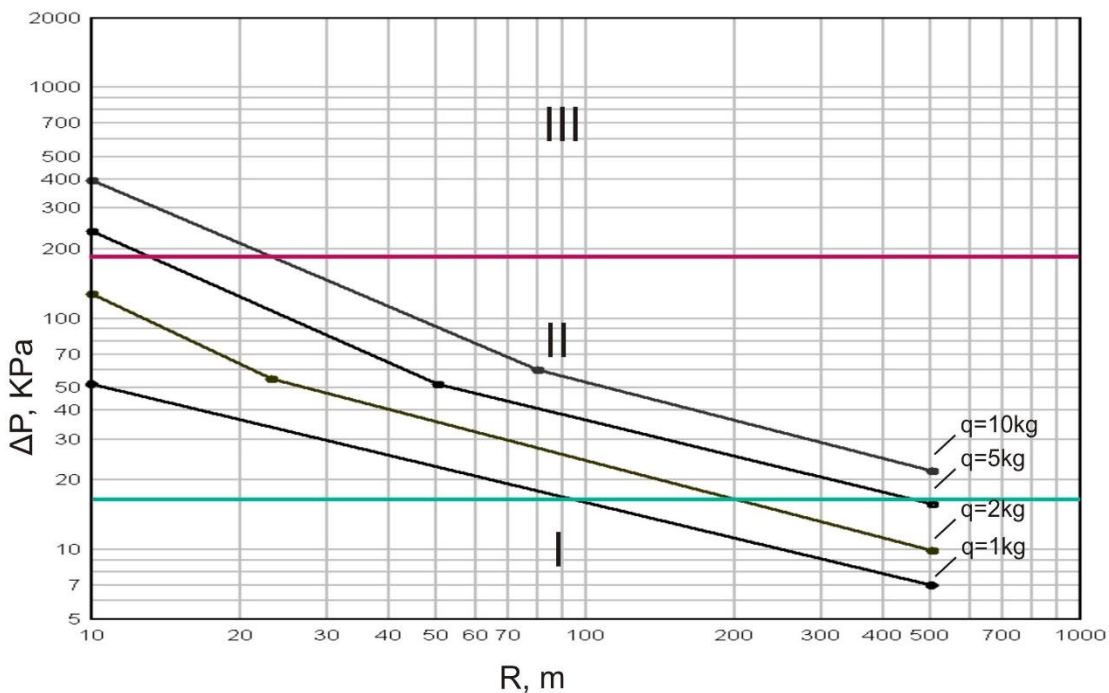
არსებობს სტანდარტები, რომლებიც ასახავენ ადამიანის სხეულზე მოსულ სხვადასხვა დონის ჭარბ წნევებს. ცხრილი 1 გვიჩვენებს, რომ ზღვრული ლეტალობის დონე მერყეობს 190-დან 400 kPa-მდე, ხოლო დამცავი სისტემა ითვლება ეფექტურად, როდესაც ჭარბი წნევა შეიძლება შემცირდეს 13-16 kPa-მდე.

მიწისქვეშა ლიობებში აფეთქებისგან წარმოქმნილი ჭარბი წნევის ქვედა და ზედა ზღვრების გათვალისწინებით, მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია სამი ზონა, რომლებიც განსაზღვრავენ აფეთქებასთან ახლოს მყოფი ადამიანების დაზიანებების შედეგებს

ადამიანისთვის საფრთხის შეფასება სხვადასხვა აფეთქების ინტენსივობის მიხედვით.

ცხრ.1

წყარო	ჭარბი წნევა , kPa					
DOD 5154.45 [9]	190	69...76	55	24	16	8,3...5,9
	ლეტალური შედეგი	ლეტალური შედეგი ან სერიოზული დაზიანება	ლეტალური შედეგი ან ყურებისა და ფილტვების სერიოზული დაზიანება	ყურებისა და ფილტვების დაზიანების ალბათობა 10%.	ლეტალური შედეგი ან სერიოზული დაზიანებები ნაკლებად სავარაუდოა	არანაირი ლეტალური შედეგი ან სერიოზული დაზიანება
რუსი სპეციალისტების შეფასებით [10]	400	120	65	35	13	10
	ტრავმის ალბათობა – 100%	ტრავმის ალბათობა - 75%	ტრავმის ალბათობა – 50%	ტრავმის ალბათობა –35%	ტრავმის ალბათობა – 5%	ტრავმის ალბათობა – 0%



ნახ.5. ჭარბი წნევის შემოქმედება აფეთქების ადგილიდან მიწისქვეშა დიობში კვეთით 16 მ² სხვადასხვა მასის მუხტისთვის. I – უსაფრთხო ზონა, II – სხვა და სხვა ხარისხის დაზიანებების ზონა, III – ლეტალური ზონა.

ბეიკერი განიხილავდა აფეთქების ტალღის შემოქმედებით გამოწვეულ გვერდით მოვლენებს. ადამიანის სხეულზე დარტყმითი ტალღის შემოქმედებით გამოწვეული ტრავმები, დაკავშირებულია დაყვანილ იმპულსებთან \bar{I} , რომელსაც აქვს შემდეგი გამოსახულება:

$$\bar{I} = I/P_a^{1/2}m^{1/3}(7)$$

სადაც, m - ადამიანის სხეულის მასაა, კგ; P_a - ატმოსფერული წნევა.

აფეთქების შედეგად ადამიანის სხეულზე ნამსხვრევებით/ფრაგმენტებით მიყენებული ტრავმები გამოითვლება მათი სიჩქარით. როდესაც $\Delta P/P_a \leq 3,5$, სიჩქარე წარმოადგენს ჭარბი წნევისა და იმპულსის ფუნქციას.

$$\bar{V} = f(\Delta P, \bar{I}) (8)$$

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ჭარბი წნევის შემცირება მშთანთქმელის მიერ ამცირებს ადამიანის სხეულზე გვერდითი ზემოქმედების ალბათობას, იმ დროს როდესაც 12-16 kPa-მდე ჭარბი წნევის ზემოქმედება პრაქტიკულად არ არის.

3. დასკვნა

1. მიმოხილულია გვირაბებში აფეთქებით ინიცირებული დარტყმითი ტალღის ძირითად პარამეტრებს შორის არსებული ფუნქციური დამოკიდებულებები და მათი გამოყენების საზღვრები;
2. გაანალიზებულია გვირაბებში აფეთქებისას დარტყმითი ტალღების ადამიანზე ზემოქმედებისას საფრთხეების დონეები და მათი შეფასების არსებული პრაქტიკა.

ლიტერატურა:

1. W. E. Baker Explosion Hazards and Evaluation
2. Gurin, A.A. Управление ударными воздушными волнами при взрывных работах Gurin, A.A. Control of air shock waves during blasting
3. A. A. Gurin, V. I. Den'gub, T. V. Den'gub, V. I. Lyashenko The Improvement in the Technology for the Blast Firing of the Explosives in the Open-Pit Mines
4. TM5-1300. Structures To Resist the Effects of Accidental Explosions, 1990
5. J. Henrych, and G.R. Abrahamson. The dynamics of explosion and its use. Prague: Academia, 1979
6. P.D.Smith P.Vismeg L.C.Teo L.Tingey Blast wave transmission along rough-walled tunnels International Journal of Impact Engineering Volume 21, Issue 6, 1 June 1998, Pages 419-432
7. W.E. Baker, Scale model tests for evaluating outer containment structures for nuclear reactors Methods of predicting loading and blast field outside suppressive structures
8. Q. A. Baker, M. J. Tang, E. A. Scheier, and G. J. Silva, "Vapor cloud explosion analysis," *Process Safety Progress*, vol. 15, no. 2, pp. 106–109, 1996.
9. Shinchuan Wu, Ziqiao Cheng, Yibo Jiang Numerical Investigation of the Dynamic Responses and Damage of Linings Subjected to Violent Gas Explosions inside Highway Tunnels
10. O. Igra, J. Falcovitz, L. Houas, and G. Jourdan, Review of methods to attenuate shock/blast waves. *Progress in Aerospace Sciences* 58, 2013
11. A. H. Chowdhury, CNWRA T. E. Wilt, CNWRA Characterizing Explosive Effects on Underground Structures (NUREG/CR-7201)

BORON-CONTAINING FINE-DISPERSIVE COMPOSITES FOR NEUTRON-THERAPY AND SHIELDING

Levan Chkhartishvili, Shio Makatsaria, Nika Gogolidze

Georgian Technical University

Abstract

Synthesizing methods are developed for neutron-capturing boron-containing fine-dispersive composites important in applications: hexagonal boron nitride h-BN powders doped with ferromagnetic clusters of iron Fe or iron oxide Fe₃O₄ useful as effective boron ¹⁰B isotope delivery agents in BNCT and sandwich-like structures of boron carbide B₄C and tungsten W as neutron-shield materials. These are chemical technologies utilizing liquid charges prepared from cheap precursors and multi-stage thermal treatment in inert atmospheres.

Keywords: fine-dispersive composite, boron, chemical synthesis, BNCT, neutron-shield

1. Introduction

Because of high capture cross-section of (epi)thermal neutrons by boron ¹⁰B isotope, boron and its compounds and composites are widely used for materials intensively interacting with neutron radiation. In the fine-dispersive form they reveal additional properties improving performance characteristics. We report on preparation methods of two important boron-containing fine-dispersive composites useful in BNCT (Boron-Neutron-Capture-Therapy) and neutron-shielding, respectively.

There are proposed: hexagonal boron nitride h-BN nanopowders added with iron Fe or its oxide Fe_3O_4 (magnetite) ferromagnetic clusters as prospective materials providing a magnetic field controlled delivery of ^{10}B isotopes in BNCT and boron carbide–tungsten B_4C –W thin-layered sandwich structures as effective shield composite materials, in which low- and high-Z atoms, B and W, act as effective absorbers, respectively, of (epi)thermal neutrons and secondary gamma-quanta, which accompany the neutrons capture by ^{10}B nuclei. Both of elaborated technologies are chemical synthesis routes including preparation of liquid charges from commercially available precursor materials and their further thermal treatment.

Fine-Dispersive h-BN:(Fe,Fe₃O₄)P as ¹⁰B Delivery Agents in BNCT

A key problem in the BNCT is achieving a critical concentration of neutron-capturing ^{10}B isotopes in target tumor cells. Here we aim preparing and testing the fine-dispersive powders of h-BN added with ferromagnetic clusters of Fe or Fe_3O_4 to provide the magnetic field controlled delivery.

From the last decade, BNCT has been actively utilized for treatment of some of aggressive cancers, including locally invasive malignant tumors such as melanoma, gliomas (cerebral glioblastoma multiforme), recurrent head and neck, and triple negative breast cancers, where standard chemo- and radiation therapies reveal their shortcomings. Main principles of the BNCT can be illustrated as follows. A collimated thermal (~ 0.025 eV) or epithermal ($\sim 10^3$ eV) neutrons beam must be absorbed by the tumor cells to sustain a lethal $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ capture reaction (epithermal neutrons become thermalized as they penetrate tissues). Since α -particles, i.e. ^4He nuclei, and ^7Li nuclei have short mean path-length in tissues (5–9 μm) and high LET (Linear-Energy-Transfer) their destructive effect is limited to B-containing cells. If the required amounts of ^{10}B , ~ 20 –50 $\mu\text{g/g}$ or ~ 20 ppm or $\sim 10^9$ atoms/cell, are delivered [1], BNCT might provide a selective destroying of tumor cells and spare of surrounding normal tissue [2].

As for the BNCT's actuality, it is related to the rapid growth in availability of portable neutron sources and effective ^{10}B -delivery agents in the form of fine-dispersive materials with high boron content. In current clinical practice, the delivery of ^{10}B isotopes to tumor cells usually is done by the use of boron-containing organic macromolecules (porphyrins, polyamines, nucleosides, peptides, monoclonal antibodies, liposomes, etc.), which are characterized by a predominant accumulation in the tumor. The disadvantage of this approach is the insufficient content of boron. There are done the attempts to overcome this problem by developing boron-containing nanosystems: BN nanotubes, boron-containing gold Au nanoclusters, boron-based aminoacids and polymers, etc. The novelty of our approach lies in the basic idea of creating ferromagnetic nanopowders with high boron content that can be transported to tumor cells with exposure to an external magnetic field – see the recent review [3].

In particular, our choice is made for BN-based ^{10}B -delivery nanocarriers for their: high B-content, good tumor-to-nontumor B-accumulation ratio, good biocompatibility, low toxicity and negligible other side-effects related to their chemical and oxidative instabilities, possibility to overcome the cancer multidrug resistance and possibility to undergo rapid on-demand degradation under physiological conditions. Some of interesting examples of therapeutic utilizations for nano-BN one can find in [4–6]. As for the magnetic nanocarriers for controlled delivery of therapeutic agents in general, see e.g. [7–11].

For the synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles, it has been reported hydrothermal, sonochemical, microemulsion, electrochemical, co-precipitation and microwave methods. In order to synthesize Fe_3O_4 on BN one needs to modify them. For a method of obtaining h-BN:Fe or h-BN: Fe_3O_4 compositions can serve the iron compounds reduction in the presence of BN [12]. That technique involves reduction of Fe^{2+} to Fe^0 followed by aerial oxidation to Fe_3O_4 and then applies to multicomponent reactions. The nano zero-valent iron formed during the reduction of iron(II) sulphate intercalates in the h-BN layered matrix, which further oxidizes in air forming h-BN: Fe_3O_4 . Previously, a similar method was used to coat nano zero-valent iron on biopolymers [13]. Here approach is adapted to obtain h-BN:Fe, h-BN: Fe_2O_3 and h-BN: Fe_3O_4 species.

In the case of reduction of iron sulphate with NaBH_4 , these three products are directly obtained. The product composition depends on $\text{Fe}^{2+}:\text{NaBH}_4$ molar ratio and air exposure time. XRD (X-Ray-Diffraction) data show that h-BN:Fe is formed by rapid filtration of the reaction mixture and its vacuum drying. XRD reveals BN and nano zero-valent Fe reflexes. But, reflexes of other compounds (in particular, Fe_3O_4) are not visible. From the SEM (Scanning-Electron-Microscopy), in the h-BN:Fe nano zero-valent Fe forms a fibrous mass surrounding BN particles and consisted of sphere-like particles, the size of which is ~ 45 nm.

Statistics	B	C	N	O	Mg	S	Fe
Max	29.96	13.85	38.01	26.63	0.22	0.13	15.92
Min	21.17	8.62	22.98	17.52	0.08	0.05	5.63
Average	24.65	12.28	29.41	21.38	0.17	0.10	12.02
Deviation	3.85	2.48	6.51	3.83	0.06	0.04	4.67

A brownish-yellow mass (amorphous iron oxo-hydroxide, possibly FeOOH) is formed when the BN– FeSO_4 – NaBH_4 reaction mixture is left in air for 3–4 h for iron oxidation. XRD of the obtained composite shows only BN reflections and no iron or its oxide phases are visible. Previously, we easily obtained amorphous $\text{Fe}(\text{OH})_3$ by heating Fe_2O_3 in air. And it is established that by heating at 250–300°C of the composite of h-BN and amorphous iron

compound obtained from the $\text{BN-FeSO}_4\text{-NaBH}_4$ reaction mixture in air, the $\text{BN:Fe}_2\text{O}_3$ composite is formed. The composite containing magnetite phase is also obtained from the $\text{BN-FeSO}_4\text{-NaBH}_4$ system, EDX (Energy-Dispersive-X-ray) elemental composition (wt.%) of $\text{BN:Fe}_3\text{O}_4$ is presented in the table. According to the EDX analysis, Fe content in this composite is within 5–16 wt.%. From the mapping, it can be seen that the iron (more specifically, Fe_3O_4) is not evenly distributed on the BN grains, which can be considered a disadvantage of the reduction method.

Due to the structural similarity between few-layered h-BN and graphene, they can reveal similar chemical properties, in particular, ability to be intercalated– see e.g. [14,15]. Based on this analogy, BN–Fe nanocomposites growth mechanism was proposed in [16]. Exfoliation of obtained $\text{BN-Fe(NO}_3)_3$ composite was carried out at 250–300°C in vacuum. Unlike the analogous graphene oxide (GO)– $\text{Fe(NO}_3)_3$ complex, in this case there is no increase in the volume and only $\text{BN-Fe}_2\text{O}_3$ is formed, which contains 8–12 wt.%Fe. By its reduction in a hydrogen stream at 360°C, magnetite phase and thus $\text{BN-Fe}_3\text{O}_4$ composite are formed. This difference is due to the fact that BN and $\text{Fe(NO}_3)_3$ do not chemically bond with each other, while GO and $\text{Fe(NO}_3)_3$ form a complex compound. This issue was studied in detail when making biocidal paraffin oxide–metal (oxide) composites [17].

Iron pentacarbonyl Fe(CO)_5 is often used to deposit metallic iron and its oxides on matrices of various natures [18]. Previously, chemical transformations of Fe(CO)_5 impregnated in porous sorbents and biopolymers were carried out in the autoclave in argon at 200°C [19–21]. Here we have obtained magnetite as a black powder with a density of 22–26 mg/ml. SEM determined particle size is 50–100 nm. Since iron pentacarbonyl forms magnetite phase only under certain conditions, we have developed a method of depositing magnetite phase on BN, which consists in heating $\text{BN-Fe(CO)}_5\text{-H}_2\text{O}$ in an autoclave. Elements distribution map proves that formed magnetite is evenly distributed on the BN grains.

Sandwich-Like Thin-Layered $\text{B}_4\text{C-W}$ Neutron-Shield Materials

Simulations [22,23] of neutron- and (secondary) gamma-radiations shielding have suggested that boron carbide–tungsten $\text{B}_4\text{C-W}$ is most effective thin-layered composite shield material, in which B (low-Z) and W (high-Z) atoms serve for effective absorbers of neutrons and gamma-quanta. Some recent data available on composite materials containing metallic tungsten layers are briefly summarized below.

Wear resistance and hardness of W sequentially implanted with 60 keV ions of B and C at 300–350 K were studied [24]. For testing hardness of samples modified by fluences of $1 \cdot 10^{15}$ – $3 \cdot 10^{15}$ and $1 \cdot 10^{16}$ – $3 \cdot 10^{17}$ ion/cm² nano- and micro-indentations were used. And composite materials with 1.3–4.5- and 2.0–6.7-times improved hardness and wear-resistance, respectively, were obtained. In [25], the suitability of using W-matrix coating materials supersaturated with B were applied to stainless steel substrates. All the W–B coated (including W–13%B and W–23%B) materials are found to be nearly an order of magnitude more resistant to material loss through corrosion–wear compared to uncoated substrates. Coatings containing high-temperature tungsten borides phases W_2B and $\beta\text{-WB}$ were obtained [26] on titanium and steel targets by a shaped charge explosion. In some regions of the target, microhardness achieves 42 GPa. The stability and hardness of the highest borides of W, which are built of borophenes separated by metal atoms, were explored in [27]. WB_{3+x} compounds were shown that have Vickers hardnesses approaching 40 GPa only for small values of x . W- and B-based thin film materials, including B_4C , WC and WB_3 display very high hardnesses. And W-doped borophene also was found to exhibit superior hardness. In [28], elastic properties of $\text{W}_{1-y}\text{B}_{3+x}$ structures were summarized. Only stoichiometric WB_3 can be considered as superhard material. Contamination by extra B-atoms is energetically unfavorable and affects the hardness: lowers shear modulus while maintaining the bulk modulus, effectively leading to a softer material. The presence of W-vacancies forms structures, e.g. $\text{W}_{0.75}\text{B}_{3+x}$, with hardness less sensitive to variations in B-content. Dense $\text{B}_4\text{C-WB}_2$ composites were fabricated at 1950°C using B_4C and WB_2 as raw materials via a hot press method [29]. The obtained $\text{B}_4\text{C-68.7vol.}\% \text{WB}_2$ composite demonstrated good comprehensive properties with high flexural strength of 696 MPa, superior hardness of 34.8 GPa, and acceptable fracture toughness of $3.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. In addition, $\text{B}_4\text{C-WB}_2$ composites demonstrated good electrical conductivity of $3.3 \cdot 10^5 \text{ S/m}$, which together with low density of 5.589 g/cm^3 make them of interests for cutting tools and armor protection applications. The possibilities for the ultrafast compacting of binderless tungsten carbide by electric current- and pressure-assisted sintering were explored in [30]. A limited AC (Alternative-Current) was applied to WC compact in combination with uniaxial pressure.

Severe plastic deformation of tungsten W is known to be an efficient way to reduce its inherently high DBTT (Ductile-to-Brittle-Transition-Temperature). Thin rolled W foils possess superior mechanical behavior at room temperature. It was then proposed to expand the beneficial mechanical properties of the foil to bulk by fabricating tungsten–copper W–Cu laminate composites. The effect of neutron irradiation on W foil was investigated [31] and determined the resulting DBTT shift. Diffusion of Cu into W could modify the response to irradiation. This hypothesis was substantiated with DFT (Density-Functional-Theory) calculations of Cu-vacancy and self-interstitial interactions. The method of synthesizing B_4C coatings by using an RF (Radio-Frequency) plasma source with an external magnetic field was described in [32]. The nanohardness of coated steel surfaces was in the range of 14.0–16.6 GPa. It was found

that the B_4C coatings have 1.73–3.89-times higher hardness than uncoated bare steels serving for targets. Practically complete available information about currently known obtaining methods, structure and physical and chemical properties of tungsten carbides and their alloys is collected in the latest monographic handbook [33].

Properties, processing techniques and possible applications of different structural high-temperature materials with an operating temperature higher than 1200°C were highlighted in [34]. Composites with a multi-layered structure based on ceramic/carbon, ceramic and metal systems were demonstrated to be promising materials. High-temperature composites with a multi-layered structure can have a graceful failure mode and higher toughness as compared to particle reinforced ceramic composites. The multi-layered shields provide better shielding efficacy than the single-layered ones. Various GSPs (Gamma-Shielding-Parameters) are required to investigate the materials gamma-ray shielding. Work [35] aimed to describe the development of an online-platform to calculate 36 GSPs in the energy range 0.015–15 MeV.

Here we have developed several different versions for preparation of B_4C –W sandwiches. At first WO_3 layer was deposited on B_4C surface by spin coating method to reduce it to α -W in hydrogen atmosphere at 600 – 800°C [36,37]. In many cases the metallic W layer was weakly attached to the B_4C surface. SPS (Spark-Plasma-Sintering) method was found to be most effective, by which it is possible to obtain the sandwich composites at 1300 – 2000°C . For our purpose, the method by which we previously obtained multi-component B_4C -matrix ceramics [38–41] was modified. For substrate served the SPS consolidated (at 1500 – 2000°C) ultra-dispersive B_4C powder obtained by wet method from systems of boron acid–organic compound–water, amorphous boron–carbohydrates–water and the like. When heating obtained sandwich structures, at temperatures of $>1300^\circ\text{C}$ it starts the tungsten pentaboride W_2B_5 formation, while at $>1600^\circ\text{C}$ the new sandwich composite B_4C/W_2B_5 is formed. Using SPS method, from two-component sandwiches one can fabricate multi-component ones: $B_4C/W/B_4C/W$, $W/B_4C/W/B_4C$, etc.

We have used the SPS method to obtain monolithic B_4C –W samples from boron carbide and tungsten powders. For this purpose, metallic tungsten powder was placed in a graphite press mould with graphitic foil lining and compacted. Boron carbide powder was then sprinkled on the tungsten layer. The surface was leveled and again the graphitic foil was placed. In this approach, during rapid heating and applying a certain pressure consolidation of the powder takes place and a sandwich composite is obtained. As showed SEM and EDX studies of the sandwich fracture surface, on the contact surface of the B_4C and W consolidated phases, there are diffusion of B and W atoms in the opposite directions and the formation of the intermediate phase W_2B_5 . The layers thickness can be adjusted within wide limits. After removing tungsten and boride layer from the sample sintered at 1600°C the relative density of boron carbide was determined as 87–92% of the theoretical value. The XRD study of the cleaned surface unambiguously confirmed its presence and also the removal of metallic tungsten from the sandwich surface.

A method of obtaining similar composites using metal tungsten plates was developed as well. It has been determined that by heating and pressing of a boron carbide powder and a metallic tungsten foil an intermediate phase W_2B_5 is formed and provides a strong bond between the two phases.

3. Conclusions

We have developed two different methods of chemical synthesis of boron nitride nanopowders doped with ferromagnetic nanoclusters intended for ^{10}B delivery agents in BNCT: intercalation of a ferromagnetic material in layered structure of h-BN and its deposition on particles surface. Besides, we have proposed methods for formation boron carbide–tungsten sandwich structures intended for neutron shield material. Main of them means the deposition of tungsten oxide WO_3 layer on boron carbide B_4C surface to reduce it to α -W by heating in hydrogen atmosphere. Further heating of such sandwich structures at high temperatures forms tungsten pentaboride W_2B_5 and the new sandwich composite B_4C – W_2B_5 is obtained. Then using SPS from two-component sandwiches the multi-component ones are fabricated.

References:

- [1] R. F. Barth, P. Mi, W. Yang. Boron delivery agents for neutron capture therapy of cancer. *Cancer Commun.*, 2018, 38, 35, 1-15.
- [2] F. Ali, N. S. Hosmane, Y. Zhu. Boron chemistry for medical applications. *Mol.*, 2020, 25, 828, 1-24.
- [3] Sh. Makatsaria, L. Chkhartishvili, Sh. Dekanosidze, R. Chedia. Nanopowder boron compounds doped with ferromagnetic clusters for BNCT: Mini-review. *Int. J. Adv. Nano Comp. Anal.*, 2022, 2, 1. – *in press*
- [4] G. Ciofani, V. Raffa, A. Menciasse, A. Cuschieri. Folate functionalized boron nitride nanotubes and their selective uptake by glioblastoma multiforme cells: Implications for their use as boron carriers in clinical boron neutron capture therapy. *Nanoscale Res. Lett.*, 2009, 4, 2, 113-121.

- [5] I. Yu. Zhitnyak, I. V. Sukhorukova, A. M. Koval'skiy, A. T. Matveev, I. N. Bychkov, D. V. Shtanskiy, N. A. Glushankova. The study of new anticancer drug delivery system based on the boron nitride nanoparticles. *Adv. Mol. Oncol.*, 2016, 3, 2, 34-41.
- [6] L. Li, J. Li, Y. Shi, P. Du, Z. Zhang, T. Liu, R. Zhang, Zh. Liu. On-demand biodegradable boron nitride nanoparticles for treating triple negative breast cancer with boron neutron capture therapy. *ACS Nano*, 2019, 13, 12, 13843-13852.
- [7] J. V. Nuzhina, A. A. Shtil, A. Y. Prilepskii, V. V. Vinogradov. Preclinical evaluation and clinical translation of magnetite-based nanomedicines. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, 2019, 54, 101282, 1-15.
- [8] V. Manescu (Paltanea), G. Paltanea, I. Antoniac, M. Vasilescu. Magnetic nanoparticles used in oncology. *Mater.*, 2021, 14, 5948, 1-37.
- [9] M. I. Anik, M. Kh. Hossain, I. Hossain, A. M. U. B. Mahfuz, M. T. Rahman, I. Ahmed. Recent progress of magnetic nanoparticles in biomedical applications: A review. *Nano Select*, 2021, 2, 1146-1186.
- [10] S. I. Hussain, L. O. Mair, A. J. Willis, G. Papavasiliou, B. Liu, I. N. Weinberg, H. H. Engelhard. Parallel multichannel assessment of rotationally manipulated magnetic nanoparticles. *Nanotechnol. Sci. Appl.*, 2022, 15, 1-15.
- [11] Zh. Xiao, L. Zhang, V. L. Colvin, Q. Zhang, G. Bao, Synthesis and application of magnetic nanocrystal clusters. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2022, <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c04879>, 1-13.
- [12] A. Molla, S. Hussain. Base free synthesis of iron oxide supported on boron nitride for the construction of highly functionalized pyrans and spirooxindoles. *RSC Adv.*, 2016, 6, 5491-5502.
- [13] R. Chedia, N. Jalagonia, T. Kuchukhidze, E. Sanaia, G. Kvartskhava, V. Gabunia, F. Marquis. Impregnation of nano zero-valent iron in biomaterials for remediation of wastewater. In: *Sustainable Industrial Processing Summit (SIPS) 2015*, 9 (Eds. F. Kongoli, J. M. Dubois, E. Gaudry, V. Fournee, F. Marquis), 2015, Montreal, Floren Star Outreach, 109-120.
- [14] Ch.-Ch. Hung, J. Hurst, D. Santiago, R. B. Rogers. Exfoliation of Hexagonal Boron Nitride via Ferric Chloride Intercalation. NASA/TM – 2014-218125, 2014, Cleveland, NASA Glenn Research Center, 1-20.
- [15] I. Pis, S. Nappini, F. Bondino, T. Onur Montes, A. Sala, A. Locatelli, E. Magnano. Fe intercalation under graphene and hexagonal boron nitride in-plane heterostructure on Pt(111). *Carbon*, 2018, 134, 274-282.
- [16] R. B. Patel, J. Liu, J. Eng, Z. Iqbal. One-step CVD synthesis of a boron nitride nanotube–iron composite. *J. Mater. Res.*, 2011, 26, 10, 1132-1139.
- [17] T. Dundua. Preparation of graphene oxide composites containing nanometals and oxides from graphite foil wastes and study of their biocidal activity. *Nano Studies*, 2021–2022, 21/22. – *in press*
- [18] D. Peters. Ultrasound in materials chemistry. *J. Mater. Chem.*, 1996, 6, 10, 1605-1618.
- [19] N. Barbakadze, M. Japaridze, T. Korkia, L. Nadaraia, G. Kvartskhava, R. Chedia. Obtaining of Fe–C–wood and Fe₃O₄–C–wood composites. In: *Proc. 3rd Int. Conf. "Inorganic Materials Science Modern Technologies and Methods"*, 2018, Tbilisi, Georgian Natl. Acad. Sci. Press, 19-21.
- [20] N. Barbakadze, K. Sarajishvili, M. Japaridze, L. Nadaraia, G. Kvartskhava. Some issues of obtaining sorbents containing iron and its oxides. *World Sci.*, 2018, 1, 4-32, 59-63.
- [21] K. Sarajishvili, N. Jalabadze, L. Nadaraia, G. Kvartskhava, T. Korkia, N. Nonikashvili, V. Gabunia, R. Chedia. Impregnation of iron and magnetite phases in wood and partial pyrolyzed wood. In: *Science and Technology of Polymers and Advanced Materials*, 2019, Burlington, Apple Acad. Press, Ch.7, 73-88.
- [22] B. R. Evans, J. Lian, W. Ji. Evaluation of shielding performance for newly developed composite materials. *Ann. Nucl. Energy*, 2018, 116, 1-9.
- [23] L. Chkhartishvili. Boron-contained nanostructured materials for neutron-shields. In: *Nanostructured Materials for the Detection of CBRN* (Eds. J. Bonca, S. Kruchinin), 2018, Dordrecht, Springer Science, Ch.11, 133-154.
- [24] A. Guldamashvili, Y. Nardaya, T. Nebieridze, E. Sanaia, A. Sichinava, M. Kadaria. Mechanical properties of tungsten implanted with boron and carbon ions. *J. Mater. Sci. Eng. A*, 2017, 7, 3/4, 82-88.
- [25] B. Mallia, P. A. Dearnley. Exploring new W–B coating materials for the aqueous corrosion–wear protection of austenitic stainless steel. *Thin Solid Films*, 2013, 549, 204-215.
- [26] S. A. Gromilov, S. A. Kinelovskii, A. V. Alekseev, I. B. Kirienko. Investigation of W₂B and β-WB high-temperature phases in coatings produced by a shaped charge explosion. *J. Str. Chem.*, 2010, 51, 6, 1126-1131.
- [27] N. Gonzalez Szwacki. The structure and hardness of the highest boride of tungsten, a borophene-based compound. *Sci. Rep.*, 2017, 7, 4082, 1-6.
- [28] P. M. Martin. Active Thin films: Applications for graphene and related materials. *Vac. Technol. Coat.*, 2018, 19, 11, 6-14.
- [29] K. Ma, X. Shi, X. Cao, Zh. Yang, J. Zuo, J. Xu, M. Li. Mechanical, electrical properties and microstructures of hot-pressed B₄C–WB₂ composites. *Ceram. Int.*, 2022, 48, 20211-20219.
- [30] I. Mazo, A. Molinari, V. M. Sglavo. Electrical resistance flash sintering of tungsten carbide. *Mater. Des.*, 2022, 213, 110330, 1-13.
- [31] A. Zinovev, D. Terentyev, Ch.-Ch. Chang, Ch. Yin, A. Bakaev, M. Rieth, Ph. Lied, J. Reiser, C. Bonnekoh. Effect of neutron irradiation on ductility of tungsten foils developed for tungsten–copper laminates. *Nucl. Mater. Energy*, 2022, 30, 101133, 1-10.

- [32] A. V. Taran, I. E. Garkusha, V. S. Taran, R. M. Muratov, T. S. Skoblo, O. I. Sidashenko, S. P. Romaniuk, T. V. Maltsev, A. A. Baturin. Structure and properties of B₄C coatings obtained by RF sputtering with external magnetic field. In: Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications (Eds. O. Fesenko, L. Yatsenko), 2021, Cham, Springer Nature, 51-57.
- [33] I. L. Shabalin. Refractory Carbides III (W Carbides). A Comprehensive Guide and Reference Book, 2022, Cham, Springer Nature: i-xiv & 1-934.
- [34] O. Yu. Sorokin, B. Yu. Kuznetsov, Yu. V. Lunegova, V. S. Erasov. High-temperature composites with a multi-layered structure (Review). Proc. All-Russ. Sci. Res. Inst. Aviation Mater., 2020, 4/5, 88, 42-53.
- [35] K. S. Mann, S. S. Mann. Py-MLBUF: Development of an online-platform for gamma-ray shielding calculations and investigations. Ann. Nucl. Energy, 2021, 50, 107845, 1-1.
- [36] H.-J. Kim, J.-H. Lee, I.-H. Sohn, T.-J. Hwang, K.-Y. Lee. Preparation of tungsten metal film by spin coating method. Korea–Australia Rheology J., 2002, 14, 2, 71-76.
- [37] Y. Wang, B. F. Long, Ch. Liu, G. Lin. Evolution of reduction process from tungsten oxide to ultrafine tungsten powder via hydrogen. High Temp. Mater. Proc., 2021, 40, 171-177.
- [38] N. Barbakadze, K. Sarajishvili, R. Chedia, L. Chkhartishvili, O. Tsagareishvili, A. Mikeladze, M. Darchiashvili, V. Ugrehelidze. Obtaining of ultrafine powders of some boron carbide based nanocomposites using liquid precursors. Nanotechnol. Percep., 2019, 15, 3, 243-256.
- [39] L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, R. Chedia, O. Tsagareishvili, N. Barbakadze, K. Sarajishvili, M. Darchiashvili, V. Ugrehelidze, T. Korkia. Synthesizing fine-grained powders of complex compositions B₄C–TiB₂–WC–Co. Solid State Sci., 2020, 108, 106439, 1-8.
- [40] N. Barbakadze, L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, O. Tsagareishvili, K. Sarajishvili, T. Korkia, M. Darchiashvili, L. Rurua, N. Jalabadze, R. Chedia. Method of obtaining multicomponent fine-grained powders for boron carbide matrix ceramics production. Mater. Today Proc., 2022, 51, 5, 1863-1871.
- [41] L. Chkhartishvili, A. Mikeladze, N. Jalabadze, L. Nadaraia, T. Korkia, R. Chedia. New low-temperature method of synthesis of boron carbide matrix ceramics ultra-dispersive powders and their spark plasma sintering. Solid State Phenomena, 2022, 331, 173-184.

ბორმემცველი წვრილ-დისპერსიული კომპოზიტები ნეიტრონული თერაპიისა და დაცვისათვის

ლევან ჩხარტიშვილი, შიო მაქაცარია, ნიკა გოგოლიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
რეზიუმე

შემუშავებულია სინთეზის მეთოდები გამოყენებისათვის მნიშვნელოვანი ნეიტრონების მშთანქმელი ბორმემცველი წვრილ-დისპერსიული კომპოზიტებისათვის, როგორცაა ბნჩთ-ში ბორის ¹⁰B იზოტოპის ეფექტურ გადამტან აგენტად გამოსადეგი რკინის Fe ან რკინის ოქსიდის Fe₃O₄ ფერომაგნიტური კლასტერებით დოპირებული ჰექსაგონალური ბორის ნიტრიდის h-BN ფხვნილები და ნეიტრონული ფარის მასალად გამოიზნული ბორის კარბიდისა B₄C და ვოლფრამის W სენდვიჩისებრი სტრუქტურები. ეს ქიმიური ტექნოლოგიებია, რომლებიც იყენებენ იაფი პრეკურსორებისაგან მომზადებულ თხევად კაზმებს და მრავალსაფეხუროვან თერმულ დამუშავებას ინერტულ ატმოსფეროებში.

თერმული მოწვის გავლენა მონოკრისტალური n-Si და n-Si+2ატ.%Ge შენადნობის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე

კახაბერ შამათავა, ია ყურაშვილი, ავთანდილ სიჭინავა
სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
სოხუმის ილია ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი
რეზიუმე

შესწავლილია გერმანიუმით დოპირებისა და მაღალტემპერატურული თერმული მოწვის გავლენა მონოკრისტალური n-Si და n-Si+2ატ.%Ge შენადნობის ელექტროფიზიკურ და დინამიურ მექანიკურ თვისებებზე (შინაგანი ხახუნი, ძვრის მოდული, დრეკადობის ზღვარი). ნაჩვენებია, რომ საცდელი ნიმუშების 1200°C ტემპერატურაზე 10 სთ-ის განმავლობაში მოწვა 10⁻⁵ ტორი ვაკუუმში იწვევს ელექტრონების ძვრადობის სუსტად ამაღლებას დაშესამჩნევად იზრდება კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის მნიშვნელობები; აღნიშნული ხასიათის ცვლილებები გაანალიზებულია თერმული მოწვით განპირობებული დისლოკაცია-მინარეების ურთიერთქმედებაში ცვლილებების დაშვების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: მაღალტემპერატურული თერმული მოწვა. შინაგანი ხახუნი. ძვრის მოდული. კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაცია.

1. შესავალი

თანამედროვე ნახევარგამტარულ ხელსაწყოთმშენებლობაში ფართოდ გამოიყენება სილიციუმის საფუძველზე შექმნილი მინიატურული მიკრო-ნანო ელექტრომექანიკური სისტემები, სენსორები, დეტექტორები, მრავალფენიანი სტრუქტურები, თხელი ეპიტაქსიური ფენები და დანაფარები. მათი დამუშავების პროცესში გათვალისწინებული უნდა იქნას ის გარემოება, რომ ახალი ნანოსტრუქტურირებული მასალებისა და თხელი ზედაპირული ფენების სტრუქტურულად მგრძობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები შესაძლებელია ძლიერად განსხვავდებოდეს მოცულობითი მასალების მაკროსკოპული მახასიათებლებისაგან. აღნიშნული განმასხვავებელი ნიშნების დიაგნოსტიკისა და ანალიზისათვის აუცილებელია სუბმიკრონული ზომებისა და მოცულობითი მასალების კვლევით მიღებული იქნას საიმედო ექსპერიმენტული მონაცემები ლოკალური ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესახებ.

აღსანიშნავია, რომ კოვალენტურ კრისტალებს, კერძოდ სილიციუმს, ახასიათებს სიმყიფე, რაც განაპირობებს ხელსაწყოების შექმნის ტექნოლოგიურ პროცესებში მიკროზხარების წარმოქმნასა და ნამზადების მსხვრევას. ეს იწვევს ხელსაწყოების ეფექტურობისა და მუშაობის რესურსის გაუარესებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე მეტად აქტუალურია სილიციუმის საფუძველზე ხელსაწყოების ეფექტურობისა და ვარგისიანობის მკვებრად ასამაღლებლად განხორციელდეს ყოველმხრივი ტექნოლოგიური კვლევითი ძიებანი მართვადი მახასიათებლების სტრუქტურული დეფექტებისა და ელექტრონული ტექნოლოგიებისათვის მნიშვნელოვან ფუნდამენტურ თვისებებზე მათი გავლენის მექანიზმების ექსპერიმენტული შესწავლა. მონოკრისტალური სილიციუმის სტრუქტურულად-მგრძობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მოდიფიცირებისა და მდგრადობის ასამაღლებლად ფართოდ გამოიყენება იზოვალენტური ელემენტებით, კერძოდ, გერმანიუმით დოპირება.

ნაშრომებში [1,2] ნაჩვენებია, რომ გერმანიუმით დოპირება მკვებრად ამცირებს ჟანგბადის შემცველი პრეციპიტატებისა და კრისტალიზაციის პროცესში წარმოქმნილი მიკროსიცარიელების ზომებს, რითაც იქმნება თერმული ზემოქმედებით მათი კონცენტრაციისა და ზომების მართვის შესაძლებლობები.

ნაშრომში [2] დადგენილი იქნა მონოკრისტალურ სილიციუმში მაღალტემპერატურული მოწვით (1200°C , 72 სთ) მალეგირებელ ფოსფორთან დაკავშირებული ღრმა დონორული ცენტრების გენერაციის პირობები. გამოვლენილია გაცივების სიჩქარის გავლენით დისლოკაციური მარყუჟების ზომების ცვლილებები. ყოველივე აღნიშნული იწვევს ელექტროფიზიკური თვისებების ცვლილებებს დიდ საზღვრებში. გერმანიუმის შემცველი სილიციუმის კრისტალურ მესერში ფორმირდებიან დრეკადი ძაბვების ველები, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წერტილოვანი დეფექტების სიმრავლეზე [3-5]. ნაჩვენებია [5], რომ სილიციუმის კრისტალურ მესერში ჩანერგის პოზიციებიდან ჟანგბადის გამოსვლაში გერმანიუმის ატომები ასრულებენ არსებით როლს. აღნიშნული თავისებურებანი განაპირობებენ გერმანიუმით ლეგირებული სილიციუმის სტრუქტურული, ელექტრო-ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კომპლექსური კვლევების აუცილებლობასა და აქტუალობას.

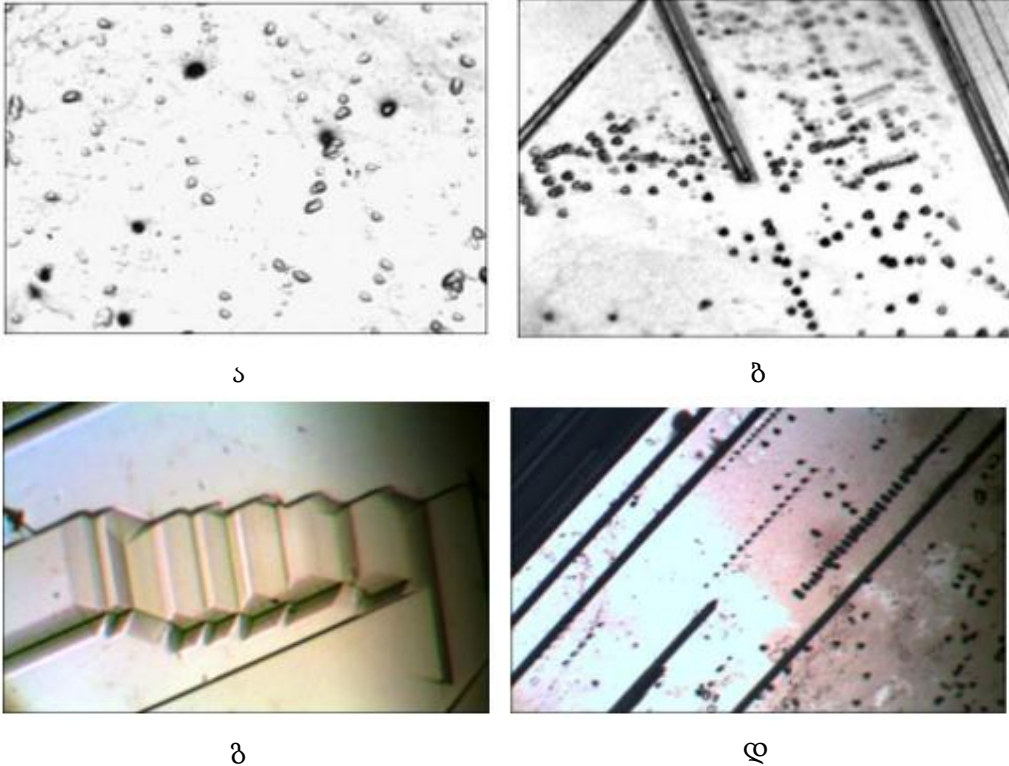
2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის მიზანია ფოსფორით დოპირებული $n\text{-Si}+2\text{ატ.}\% \text{Ge}$ მონოკრისტალური სილიციუმისა და $\text{Si}+1\text{ატ.}\% \text{Ge}$ შენადნობის მიკროსტრუქტურისა და სტრუქტურულად-მგრძობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა საწყის და 1200°C ტემპერატურაზე მომწვარ მდგომარეობაში. კვლევებში გამოყენებულია ჩოხრალსკის მეთოდით მიღებული მოცულობითი კრისტალების აღმასის დისკზე დაჭრით, შემდგომი ხეხვისა და პოლირებით შექმნილი (111) ორიენტაციის 0,5-1,0 მმ სისქის ფირფიტები.

ექსპერიმენტული კვლევები განხორციელდა მეტალოგრაფიული, ელექტროფიზიკური, ოპტიკური თვისებებისა და ინფრაბგერების 0,5-5,0 μm დიაპაზონში შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის რეგისტრაციის მეთოდებით. გამოყენებული იქნა შემდეგი დანადგარები და მოწყობილობები: მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი NMM-800RF/TRF, ელექტროფიზიკური მახასიათებლების გამოზომი Ecopia HMS-3000 სისტემის ხელსაწყო, შინაგანი ხახუნის ლაბორატორიული დანადგარი. გრებიითი რხევების შთანთქმის რელაქსაციური პროცესების აქტივაციური მახასიათებლების განსაზღვრა განხორციელდა სტანდარტული მეთოდით [6].

1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილია საცდელი ნიმუშების (111) ორიენტაციის ზედაპირების მიკროსტრუქტურის კვლევის შედეგები. საწყის მდგომარეობაში სილიციუმის მიკროსტრუქტურა ხასიათდება დისლოკაციური მოწამვლის ფიგურების უწყესრიგო განლაგებით. შეინიშნება მათი ზომების მკაფიო ცვლილებები. შედარებით დიდი ზომის მოწამვლის ფიგურები შესაძლებელია

წარმოადგენენ სიცარიელებს, რომლებიც წარმოიქმნენ ზედაპირის ქიმიური დამუშავების პროცესში მიკროფაზების დაშლის შედეგად. უფრო მცირე რაოდენობის მოწამვლის ფიგურები შესაძლებელია დაკავშირებულია დისლოკაციებთან. 1100°C ტემპერატურაზე 10^{-5} ტორი ვაკუუმში 10 სთ-ის განმავლობაში მოწვის შემდეგ სილიციუმის (111) ზედაპირზე ვლინდება მოწამვლის ფიგურების დიდი სიმრავლე. მათი ნაწილი განთავსებულია წრფივი ხაზების გასწვრივ. ისინი შესაძლებელია წარმოადგენდეს დეფორმაციის ხაზებს, რომლებიც ფორმირდებიან ალმასის პასტებით პოლირების პროცესში. მოწამვლის ფიგურების უმრავლესობა შესაძლებელია წარმოადგენდენ დისლოკაციების მადეკორირებელ თერმული წარმოშობის მიკროფაზებს. უფრო მცირე ზომების ფიგურები შესაძლებელია მივიჩნიოთ დისლოკაციების ზედაპირზე ამოსვლის პოზიციებად.



ნახ.1. n-Si და n-Si+2ატ%Ge შენადნობის მიკროსტრუქტურა

ა- დისლოკაციების მოუწყვრიგებელი განაწილება n-Si-ში;

ბ- n-Si-ში დისლოკაციების არათანაბარი განაწილება დისლოკაციურ გამყოფ საზღვრებსა და მოცულობაში;

გ - ინდივიდუალური და შეჯგუფებული ორეულები n-Si+2ატ%Ge შენადნობში;

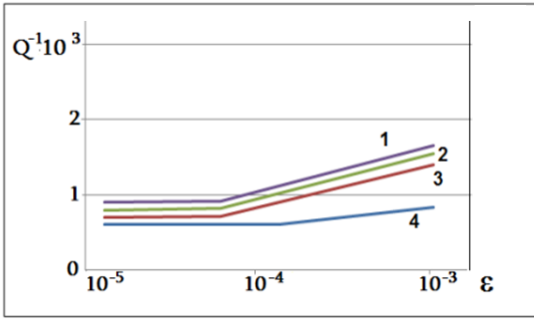
დ- n-Si+2ატ%Ge შენადნობში დისლოკაციების განაწილება მოცულობასა და გავრცობილ დეფექტებში

ექსპერიმენტული n-Si+2ატ%Ge შენადნობის მიკროსტრუქტურაში არაიშვიათად ვლინდება წყობის დეფექტები, რომლებიც თავისუფალი არიან წერტილოვანი დეფექტებისა და მიკროჩანართებისაგან და ახასიათებთ გავრცელების მიმართულებას, განპირობებული განსაზღვრული მიმართულების თერმული ძაბვებით. მაღალტემპერატურული თერმული მოწვით მიკროორეულებისა და წყობის დეფექტების გამყოფ დისლოკაციურ საზღვრებში მრავლად ვლინდება თერმული წარმოშობის წერტილოვანი დეფექტები.

მეტალოგრაფიული კვლევით დგინდება, რომ გერმანიუმით დოპირება ასტიმულირებს სილიციუმის კრისტალურ მესერში მცირე ზომის თერმული წარმოშობის დეფექტების ფორმირებას, რომლებიც უპირატესად განაწილებული არიან დისლოკაციური წარმოშობის წყობის დეფექტებისა და მიკროორეულების საზღვრებში.

გრეხითი რხევების მიღების ლოგარითმული დეკრემენტისა და სიხშირის კვადრატის რეგისტრაციის მეთოდით შესწავლილია საცდელი ნიმუშების შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის დამოკიდებულებები გრეხითი რხევითი დეფორმაციის ამპლიტუდაზე.

ოთახის ტემპერატურის პირობებში მონოკრისტალური სილიციუმი ხასიათდება შინაგანი ხახუნის ფონის მუდმივი სიდიდებით გრეხითი დეფორმაციის ამპლიტუდის 10^{-5} - $5 \cdot 10^{-4}$ დიაპაზონში (ნახ.2).



ნახ.2. n-Si და n-Si+2ატ%Ge შენადნობის შინაგანი ხახუნის დამოკიდებულება გრებიტი დეფორმაციის ამპლიტუდაზე, $T_{გაზ.}=20^{\circ}\text{C}$

1- n-SiGe (საწყისი), 2- n-SiGe (მოწვა 1200°C, 10სთ), 3-n-Si (საწყისი), 4- n-Si (მოწვა 1200°C, 10სთ)

ამპლიტუდური დეფორმაციის კრიტიკულ მნიშვნელობაზე ($5 \cdot 10^{-4}$) იწყება შინაგანი ხახუნის ფონის წრფივი ზრდა, რაც გრძელდება ამპლიტუდის $1 \cdot 10^{-3}$ მნიშვნელობამდე. ცნობილი ლიტერატურული წყაროების თანახმად [6,7] გრებიტი რხევების მიღების ინტენსივობის ასეთი ხასიათის ცვლილებები განპირობებულია კრისტალურ მესერში არსებული დისლოკაციების მერხვეი სეგმენტების მოწყვეტით დამაგრების წერტილოვანი დეფექტებისაგან. მოწვა 1200°C ტემპერატურაზე პრაქტიკულად არ ცვლის შინაგანი ხახუნის საერთო სურათს, მაგრამ შეინიშნება კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის სუსტი ზრდა.

გერმანიუმით დოპირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულებები მონოკრისტალური სილიციუმის ანალოგიური მახასიათებლებისაგან განსხვავდება მხოლოდ კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის შემცირებული მნიშვნელობებით.

აღნიშნულ შემთხვევაში ფიქსირებულია კრიტიკული ამპლიტუდის სუსტი ამაღლება ნიმუშის თერმულად მომწვარ მდგომარეობაში. ასეთი ცვლილებები განპირობებულია სილიციუმის კრისტალურ მესერში განთავსებული დიდი ატომური რადიუსის ($\approx 1,22\text{\AA}$) გერმანიუმის ატომის არეში დეფორმაციის ველის ფორმირებითა და, შესაბამისად, ლოკალურ უბნებში ატომთაშორისი კავშირის ძალების შესუსტებით.

კრიტიკულ ამპლიტუდებზე რეგისტრირებული იქნა რხევის სიხშირის შემცირებული სიდიდეები. თანახმად თეორიისა [7] ცვლილებას განიცდის ასევე სიხშირის კვადრატის პროპორციული ძვრის დინამიური მოდულის მნიშვნელობები. ძვრის დინამიური მოდული შეფასებული იქნა ეტალონთან შედარების მეთოდით: $G = G_0 \cdot \frac{f^2}{f_0^2}$ [7], სადაც f_0 და G_0 ეტალონური ნიმუშის (მოცემულ შემთხვევაში ვანადიუმი, V) რხევის სიხშირისა და ძვრის მოდულის მნიშვნელობებია, ხოლო f და G - საცდელი ნიმუშების სიდიდეები.

ცნობილი თანაფარდობიდან: $\sigma = G \cdot \epsilon_c$ [7] შეფასებული იქნა ასევე დრეკადობის ზღვრის სიდიდეები. მიღებული დინამიური ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილში 1, საიდანაც ჩანს, რომ გერმანიუმით დოპირება ამცირებს n-Si+2ატ%Ge შენადნობის დინამიურ მექანიკურ მახასიათებლებს.

ექსპერიმენტული ნიმუშების ფიზიკურმექანიკური მახასიათებლები

ცხრ.1

ნიმუშები	დისლოკაციების სიმკვრივე, სმ^{-2}	კუთრი ელექტროწინალობა, $\text{ომი}\cdot\text{სმ}$	ელექტრონების კონცენტრაცია, სმ^{-3}	ელექტრონების ძვრადობა, $\text{სმ}^2\cdot\text{ვ}^{-1}\cdot\text{წმ}^{-1}$	ძვრის მოდული, $\text{კგ}/\text{მმ}^2$	ამპლიტუდური დეფორმაცია	დრეკადობის ზღვარი, $\text{კგ}/\text{მმ}^2$
n-Si:P საწყისი	$5 \cdot 10^3$	10	$5 \cdot 10^{14}$	1250	4750	$5 \cdot 10^{-4}$	2.37
n-Si:P მოწვა, 1200°C , 10სთ	$3 \cdot 10^3$	24	$2 \cdot 10^{14}$	1300	4880	$6 \cdot 10^{-4}$	2.92
n-SiGe:P საწყისი	$2 \cdot 10^4$	12.5	$4 \cdot 10^{14}$	1180	4530	$3 \cdot 10^{-4}$	1.36
n-SiGe:P მოწვა, 1200°C , 10სთ	$3 \cdot 10^4$	11.8	$3.5 \cdot 10^{14}$	1230	4550	$4 \cdot 10^{-4}$	1.82

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ გერმანიუმით დოპირება და შემდგომი თერმული მოწვა იწვევს მიკროსტრუქტურაში გავრცობილი წრფივი და ბრტყელი დისლოკაციური წარმოშობის დეფექტების ფორმირებას. ისინი დეკორირებულია მინარევებითა და მათი კომპლექსებით, რაც ვლინდება შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ამპლიტუდურ დამოკიდებულებებში.

3. დასკვნა

შესწავლილია გერმანიუმით დოპირებისა n-Si და n-SiGe მაღალტემპერატურული თერმული მოწვის გავლენა მონოკრისტალური და შენადნობის ნიმუშების მიკროსტრუქტურასა, ელექტროფიზიკურ და დინამიკურ მექანიკურ თვისებებზე.

ნაჩვენებია, რომ გერმანიუმით დოპირება პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს დენის მატარებელი ელექტრონების კონცენტრაციასა და ძვრადობაზე.

ნაჩვენებია კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის, ძვრის დინამიური მოდულისა და დრეკადობის ზღვრის შემცირება გერმანიუმით დოპირებულ სილიციუმში.

ლიტერატურა - References:

1. G.P.Gaidar, P.I.Baranski. Effect of different heat treatment regimes on electrical properties and microstructures of n-Si. Journal of Nano and Electronic properties, vol. 12, #4, 04003 (5).
2. Daren Yang, Jiahe Chen et al. Micro-defects in Ge doped Czochralski grown Si crystals. Journal of Crystal Growth 292 (2006) 266-271.
3. Khirunenko L.J. Pomozov Yu.V. Sosnin M.G. Shinkarenko V.K. Oxygen in silicon doped with isovalent impurities. J. Physica, B273-274, 1999
4. Londos C.A., Sgorou E.N., Hall D., Chroneos. Vacancy-oxygen defects in silicon: the impact of isovalent doping. /J.matter.Sc.:Material Electrn; 2005, 2014, 1009-1015.
5. Yonenaga I, Taishi T., Ohno Y, Tokumoto Y. Cellular structures in Czochralski-grown SiGe bulk crystals. J.of Crystals Growth, 2010, 312,8,1065-1068.
6. R. de Batist. Internal friction of structural defects in crystalline solids. North-Holland Publ.Co., Amsterdam, 1972, 640p.
7. Blanter M.S. Golovin I, Neuhauser H., Sining H., Internal friction in metallic materials. A handbook Series: Springer Series in Materials Science, 90, 2007, XVII, 539p.

EFFECT OF THERMAL ANNEALING ON THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF MONOCRYSTALLINE N-SI AND N-SI+2AT.%GE ALLOY

Kakhaber Shamatava¹, Ia Kurashvili², Avtandil Sichinava³

¹PhD student at Sokhumi State University, researcher at Iliia Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology; e-mail: shamatavakakha@gmail.com

²Iliia Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology, e-mail: iakurashvili80@gmail.com

³Iliia Vekua Sukhumi Institute of Physics and Technology, e-mail: avtandil.sichinava@gmail.com

Summary

The impact of germanium doping and hightemperature thermal annealing on the electrophysical and dynamic mechanical properties (internal friction, shear modulus, elasticity limit) of monocrystalline n-Si and n-Si+2at%Ge has been studied. It has been shown that the annealing of the experimental samples at 1200°C for 10 hours in a 10⁻⁵ Torr vacuum leads to a weak increase of electron mobility and critical strain amplitude increase; The mentioned changes are analyzed considering the changes of dislocation-impurity interaction caused by thermal annealing.

Keywords: Hightemperature thermal annealing, internal friction, shear modulus, critical strain amplitude.

ინოვაციები ელექტრონული კომერციაში და სოციალური კომერციის თანამედროვე გამოწვევები

ლალი გოჩიტაშვილი, ია აფციაური, დვალი თორნიკე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ელექტრონული კომერცია არის ინტერნეტის საშუალებით პროდუქციის ან მომსახურების ყიდვა და გაყიდვა. სოციალური კომერცია ელექტრონული კომერციის ერთ-ერთი სახეა და გულისხმობს სოციალური ქსელების გამოყენებით ყიდვა-გაყიდვის წარმოებას. ინსტაგრამის კომერცია კი წარმოადგენს ყიდვა-გაყიდვას მხოლოდ ინსტაგრამის საშუალებით. ინსტაგრამი ვიზუალური პლატფორმაა და მარტივი გზაა დიდი აუდიტორიის მოსაზიდათ. ელექტრონული კომერცია ინსტაგრამზე არის ერთდროულად მარკეტინგისა და პროდუქციის ყიდვა-გაყიდვა ამ სოციალური ქსელის, როგორც პლატფორმის გამოყენებით. მწარმოებლები ქმნიან ინსტაგრამზე პროფილებს, აფართოებენ გამომწერთა ბაზას და სხვადასხვა კონტენტისა და რეკლამის სახეების გამოყენებით ზრდიან პროდუქციის გაყიდვებს.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრონული კომერცია. სოციალური კომერცია. ინსტაგრამი, მარკეტინგი.

1. შესავალი

სოციალური ქსელების მზარდ პოპულარიზაციასთან ერთად იზრდება მოთხოვნა მათ გამოყენებაზე ელექტრონული კომერციული მიზნებისათვის. დღეს უკვე ყველა სოლიდურ კომპანიას აქვს საკუთარი გვერდი ინტერნეტში. დიდი პოპულარობით სარგებლობს აგრეთვე პროდუქციის გაზიარებისა და საზიარო საყიდლის სიის სერვისებიც. მომხმარებლები სულ უფრო ხშირად ინტერესდებიან, თუ რას ყიდულობენ სხვა მომხმარებლები და რომელი პროდუქცია სარგებლობს პოპულარობით, განსაკუთრებით ნაცნობ-მეგობრების წრეში. სწორედ ამის საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს სოციალური ქსელების თანამედროვე ფუნქციონალობა. სოციალური კომერცია ელექტრონული კომერციის ფორმაა, რომლის დროსაც ხდება სოციალური მედიის გამოყენება.

სოციალური კომერცია, როგორც ტერმინი 2005 წლის ნოემბერში პირველად Yahoo-მ გამოიყენა, რათა დაეხასიათებინა გარკვეული ონლაინ-ურთიერთობის საშუალებები, რომლითაც ხდებოდა სავაჭრო სიების, რეიტინგების, შეფასებებისა და სხვა ტიპის საიტებზე მომხმარებლების მიერ პროდუქციაზე ინფორმაციისა და რჩევების სახით შექმნილი კონტენტის გაზიარება.

სოციალური კომერციის კონცეფცია პირველად დევიდ ზეისელმა შემოგვთავაზა 2005 წელს, რომელმაც იგი განმარტა როგორც მომხმარებელთა მიერ ელექტრონული კომერციის საიტებზე გაკეთებული სარეკლამო კონტენტი. სოციალური კომერცია შესაძლებლობას იძლევა მომხმარებელმა მოძებნოს მისთვის საჭირო პროდუქტი და მომსახურება მათი შემდგომი შეძენის მიზნით და ამასთან მიიღოს რჩევა მისთვის სანდო პირებისაგან. კვლევებმა აჩვენეს, რომ სოციალური ქსელები, რომლებიც ავრცელებენ რჩევებს, ზრდიან მომხმარებლის ნდობას გამყიდველი საიტების მიმართ. ამ მიმართულებით ყველაზე პოპულარულია ინსტაგრამის აპლიკაცია.

2. ძირითადი ნაწილი

სოციალური კომერციაში მეტად მნიშვნელოვანია ინტერნეტ სივრცის მობილური აპლიკაცია ინსტაგრამი-Instagram, რომელიც გამიზნულია სოციალურ ქსელში ფოტოებისა და ვიდეოების ასატვირთად. მისი პლატფორმა შეგვიძლია ჩამოვტვირთოთ როგორც IOS ასევე Android-ის მოწყობილობებზე. თითოეული ფოტოს გადაღების ან ვიდეოს ჩაწერის შემდეგ, შეგვიძლია გავუკეთოთ კორექტირება აპლიკაციაში ჩაშენებული ფილტრებით, რომ გავხადოთ უფრო ესთეტიური.

2010 წელს დაბადებულმა ინსტაგრამი დააარსა კევინ სისტრომმა და მაიკ კრიგერმა ორიგინალური სახელით burbn. ეს არის აპლიკაცია, რომელიც იყენებს HTML5 პლატფორმას და ეხმარება ადამიანებს დარეგისტრირდნენ ზუსტად იმ ადგილებში, სადაც მომხმარებლები შედიან. კვლევისა და განვითარების რამდენიმე ეტაპის მემეგობრით მან და მისმა პარტნიორებმა შეაგროვეს დაახლოებით \$500.000 ინვესტიციები Andreessen Horowitz-ისა და Baseline Ventures-ისგან. და ბოლოს, წარმატებით შეიმუშავეს უფრო ადვილად გამოსაყენებელი აპლიკაცია, კერძოდ Instagram.

2010 წლის მაისში ინსტაგრამის მომხმარებელთა რაოდენობამ 1 მილიონს მიაღწია.

2011 წლის ივნისში Instagram-მა გამოაცხადა სულ 5 მილიონი მომხმარებელი და სწრაფად გაიზარდა 2011 მილიონ მომხმარებელამდე 10 წლის სექტემბერში.

2011 მილიონი ფოტო აიტვირთა ამ აპლიკაციაში 100 წლის ივლისში და 150 მილიონი აგვისტოში, მაშინვე.

2012 წლის აპრილში ინსტაგრამზე სულ 3 მილიონი ექაუნთი შეიქმნა.

2012 წლის მაისში, დაახლოებით 58 ფოტო აიტვირთება წამში და 1 ახალი მომხმარებელი დარეგისტრირდება ანგარიშის შესაქმნელად. ინსტაგრამზე გამოქვეყნებული ფოტოების რაოდენობა 1 მილიარდზე მეტია.

2012 წლის აგვისტოს ბრიტანელმა მუსიკოსმა ელი გოლდინგმა გამოუშვა მუსიკალური ვიდეო მისი ახალი ნამუშევრისთვის სახელწოდებით "Anything Could Happen". ვიდეოში გამოყენებული სურათები აღებულია ინსტაგრამზე გამოქვეყნებული 1.200-ზე მეტი სურათიდან, სიმღერის სიტყვებთან და ტექსტებთან დაკავშირებული შინაარსით.

2014 წლის დეკემბერში, თანადამფუძნებელმა კევინ სისტრომმა გამოაცხადა, რომ აპლიკაციაში ყოველთვიურად 300 მილიონზე მეტი მომხმარებელი შედის.

27 წლის 2013 თებერვლის მდგომარეობით ინსტაგრამზე აქტიური ანგარიშების რაოდენობა 100 მილიონ ანგარიშს შეადგენდა.

2013 წლის სექტემბერში კომპანიამ გამოაცხადა, რომ აქტიური ანგარიშების რაოდენობა 150 მილიონი ანგარიშია.

2013 წლის ბოლოს US Time Magazine-მა ინსტაგრამი შეიტანა Android ოპერაციული სისტემის 50 საუკეთესო აპლიკაციის სიაში.

2016 წლის ბოლოს ინსტაგრამმა განაახლა "Stories" და "Live" ფუნქციები მომხმარებლებისთვის მთელი მსოფლიოს მასშტაბით და დღემდე მუდმივად იხვეწება და უფრო მოქნილი ხდება.

თავდაპირველად ინსტაგრამის მომხმარებლებს წარმოადგენდა სემენტაციის ის ჯგუფი, რომლებსაც უბრალოდ უყვარდა ბევრი ფოტოების გადაღება და მათი გაზიარება მეგობრებისთვის. რეკლამირების კუთხით გვერდი არ იყო დატვირთული, თუმცა ბოლო პერიოდში რთულად თუ მოიძებნება ისეთი კომპანია, რომელიც ცნობადობის ასამაღლებლად ან პროდუქტის გასაყიდად არ მიმართავს აღნიშნული გვერდის რეკლამებს. სოციალური ქსელი Instagram არის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური საკომუნიკაციო არხი, რომელიც ხელს უწყობს ძალიან კარგ ინტერაქციას და ადვილად აღწევს 1 მილიარდ მომხმარებელს მთელს მსოფლიოში.

დღეს Instagram არის ყველაზე დიდი და ყველაზე პოპულარული სოციალური ქსელი ფოტოებისა და ვიდეოების გასაზიარებლად, Facebook და Twitter, ორ მთავარ სოციალურ ქსელთან ერთად. ეს არის ასევე უფასო აპლიკაცია iOS და Android პლატფორმებზე, რომლის ფუნქციაა უზრუნველყოს მრავალი განსხვავებული ფოტო და ვიდეო რედაქტირების რეჟიმი მომხმარებლის პრეფერენციებზე დაყრდნობით. Instagram საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს გადაიღონ ფოტოები ტელეფონებით, დაამატონ სურათების ფილტრები, დაარედაქტირონ სურათები პირდაპირ ამ ხელსაწყოში და გააზიარონ ისინი მრავალ სხვადასხვა სოციალურ ქსელში. ინსტაგრამზე შეგვძლია დავდოთ ჩვენი Story, რომელსაც სტატისტიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით უფრო მეტი გამოხმაურება/ნახვა აქვს ვიდრე მხოლოდ ფოტოს ან ვიდეოს. ინსტაგრამ გვერდზე დარეგისტრირებულია ძალიან ბევრი ინფლუენსერი, რომელიც საკუთარ გამომწერებს უზიარებენ საკუთარ ყოველდღიურობას და ამიტომ უფრო იმაღლებენ პოპულარობას.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გამოვიყენოთ ინსტაგრამი საკუთარი ბიზნესისთვის. არსებობს უამრავი ხელსაწყო, რომლითაც შეგვიძლია გავიმარტივოთ საქმიანობა და წინასწარ შევიმუშაოთ სტრატეგიული გეგმა ჩვენი ბიზნესის წარმატებისთვის. ერთ-ერთი ასეთი გვერდია - Later (<https://later.com/>), სადაც შეგვიძლია დავარეგისტრირდეთ გვერდი, გავწეროთ კალენდარი, გავაკეთოთ მონაცემების ანალიზი, გავეცნოთ სხვადასხვა ბლოგებს და ვუყუროთ ვიდეო გაკვეთილებს. ბოლო პერიოდში, Facebook-ის განახლებასთან ერთად, ცვლილებები განხორციელდება Instagram-ზეც. სოციალურ ქსელს ახალი ფუნქციები დაემატა. როგორც თანამედროვე ტექნოლოგიის ყოველწლიურ კონფერენციაზე გახდა ცნობილი, Instagram-ზე მოწონებების და ნახვების რაოდენობა საჯარო აღარ იქნება. მათ მხოლოდ მომხმარებელი დაინახავს და არა მისი ფოლოვერები. ამას გარდა, ინსტაგრამის სოციალურ ქსელს, რომელსაც 1 მილიარდზე მეტი მომხმარებელი ჰყავს, სამი ძირითადი სიახლე ემატება,- პროდუქციის აპლიკაციიდან ყიდვა, შემოწირულობების ფუნქცია და კამერის განახლებული ინტერფეისი. კონკრეტულ პროდუქტზე ფასის მონიშვნის ფუნქციას კი საბანკო ბარათებით გადახდის შესაძლებლობაც ემატება და მომხმარებელს საშუალება ექნება პროდუქტი სხვადასხვა ბრენდისგან და ცნობილი ადამიანისგან იყიდოს.

Instagram-ის "სთორიში" შემოწირულობების სტიკერი გამოჩნდება, რომლის გამოყენებისას მომხმარებელი სურვილისამებრ სხვადასხვა ორგანიზაციაში ფულს გადარიცხავს.

რაც შეეხება Instagram-ის კამერას, როგორც კონფერენციაზე გახდა ცნობილი, სრულად იცვლება კამერის ინტერფეისი, რაც სოციალური ქსელის ეფექტების გამოყენებას ხელს შეუწყობს.

Instagram იყენებს ბევრ ფოტო რედაქტირების ეფექტს, რათა დაეხმაროს მომხმარებლებს შექმნან მიმზიდველი ვიდეოები, რომლებსაც სიამოვნებით და ფართოდ იყენებენ ახალგაზრდები, განსაკუთრებით ბუმერანგის ეფექტის ვიდეოებს. როგორც სოციალური ქსელი, რომელიც სპეციალიზირებულია პოპულარულ სურათებსა და ვიდეოებზე, Instagram ხდის მომხმარებლებს სრულიად უსაფრთხოს, ისინი ვერ ხედავენ უსარგებლო ინფორმაციას, როგორცაა Facebook-ზე ან სხვა სოციალურ ქსელებში.

ამჟამად ბევრი ცნობილი სახელი იყენებს ინსტაგრამს საკუთარი ბრენდის პოპულარიზაციისთვის, მათ შორის ცნობილი მომღერლები. მათი ძალიან მარტივი ყოველდღიური სურათები ეგზავნება თავიანთ მცემლებს, რათა წარმოიდგინონ კერპის ყოველდღიური ცხოვრება.

Sicherheit Instagram საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს გახადონ თავიანთი ანგარიშები საჯარო ან პირადი, ინდივიდუალური პოსტებისთვის კონფიდენციალურობის პარამეტრების გარეშე.

Facebook მომხმარებლებს სთავაზობს კონფიდენციალურობის მრავალფეროვან ვარიანტს, რომელიც ცვლის მომხმარებლის კონფიდენციალურობას, სტატუსს და აქტივობას თითოეული პოსტისთვის.

ეფექტური მარკეტინგის კუთხით ინსტაგრამი ზრდის მომხმარებელთა ჩართულობას, ინფორმირებულობის კომუნიკაციას, ახალი პროდუქტების/მომსახურების გაშვებას...

ინსტაგრამის არხის ოპტიმიზაციისა და კარგი შედეგების მისაღწევად, სურათების გამოყენების გარდა, კონტენტი ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. მოცემულია რამდენიმე რჩევა, რომელიც დაგეხმარებათ ინსტაგრამზე მომხმარებლისთვის მიმზიდველი ინფორმაციის შექმნაზე:

- გამოიყენეთ მოკლე სარეკლამო ნაკრები;
- ნათლად მიუთითეთ მიმზიდველი უპირატესობები;
- შეზღუდული დროით ფასდაკლება და შეთავაზებები;
- თუ ყიდით, მიუთითეთ გასაყიდი ფასი ზუსტად აღწერილობაში
- უფასო უნდა იყოს ხაზგასმული;
- მოქმედებისკენ მოწოდება აუცილებელია.

ინსტაგრამი არის კომუნიკაციისა და ბრენდინგის საუკეთესო პლატფორმა. ყველა სურათი წარმოდგენილი და შერჩეულია იმ თემის მიხედვით, რომელიც შეესაბამება თქვენს ბრენდის იმიჯს.

IGTV არის ახალი კლიპის სანახავი პლატფორმა, რომელიც ექსკლუზიურად მობილურის მომხმარებლებისთვის არის Instagram სოციალურ ქსელში. ეს ფუნქცია შექმნილია სრული ეკრანის რეჟიმში ვიდეოს ვერტიკალური გაშვებისთვის და მაყურებელს კარგ შთაბეჭდილებას უტოვებს. ეს არის ნაყოფიერი ნიადაგი მარკეტოლოგებისა და ინფორმაციის პროვაიდერებისთვის, რათა მოახდინონ მობილური ტელეფონების გამოყენებით ინტერნეტ მომხმარებლების მოზიდვა.

ინსტაგრამის არხებით ბიზნესს შეუძლია გამოიყენოს მრავალი ფუნქცია მყიდველებთან ინტერაქტიული კონტენტის შესაქმნელად. შეგიძლიათ დაუკავშირდეთ თქვენს კლიენტებს ისეთი ფორმებით, როგორცაა კითხვები, ემოციების ზოლები, ხმები.

სოციალური მედია დღეს ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მარკეტინგული სტრატეგიაა. დღეს Instagram-ს შეუძლია მიაღწიოს დიდ გლობალურ აუდიტორიას, ისევე როგორც მათ, ვინც სავარაუდოდ იყიდის მის ბრენდს. შედეგად, Instagram-ს დღემდე 4 მილიარდ ტიშზე მეტი აქვს და ყოველი პოსტი პლატფორმაზე საშუალოდ 23%-ით მეტ ჩართულობას იღებს, ვიდრე Facebook-ის გვერდი. მაშასადამე, პოსტების ფორმატის მიხედვით შინაარსის შექმნა არის მიმართულება, რომელსაც კომუნიკატორებმა უნდა მიაქციონ ყურადღება, რათა სწრაფად დაუკავშირდნენ თავიანთ მომხმარებელთა ბაზას.

3. დასკვნა

ყოველთვიურად 1 მილიარდი აქტიური მომხმარებელით, ინსტაგრამი მსოფლიოში მეექვსე ყველაზე პოპულარული სოციალური ქსელია. კვლევების მიხედვით, ყოველდღიურად სულ მცირე 200 მილიონი მომხმარებელი სტუმრობს ბიზნესის გვერდს. მათგან 60% ამას ახალი პროდუქტის აღმოსაჩენად აკეთებს, ხოლო 90%-ს გამოწერილი აქვს ბიზნესის გვერდი. ელექტრონული კომერციის სამყაროშიც ინსტაგრამი ერთ-ერთი განსაკუთრებული ინსტრუმენტი გახდა. Instagram პლატფორმის მნიშვნელოვანი ფაქტორია ის, რომ ინსტაგრამში არის თეგები და ძეგნის განყოფილება. თეგები საშუალებას გვაძლევს ფოლოვერებზე გაცილებით მეტ და კონკრეტული ინტერესების მქონე ადამიანს მივწვდეთ, რაც თავისთავად კონტენტის განთავსების მეტ მოტივაციას გვაძლევს. ასევე მნიშვნელოვანია ის, რომ ინსტაგრამი ალგორითმის მიხედვით ხედავს ჩვენს ინტერესებს, ლაიქებს, ექაუნთებს,

რომელსაც ვირჩევთ და მივყვებით და შემდეგ ამ მონაცემის მიხედვით სწორედ ამ სივრცეში აჯამებს და ერთი პოსტის ქვეშ აერთიანებს პოტენციურად ჩვენთვის ყველა საინტერესო პოსტს. ეს კი მომხმარებელს უმარტივებს ახალი ექსპუნტების აღმოჩენის პროცესს და სხვებისთვის საკუთარი პროდუქციის მარტივად მიწოდების საშუალებასაც გვაძლევს.

Reels Insights-ის წარმოდგენის შემდეგ რიღები ინსტაგრამის განუყრელი ნაწილი გახდა და საზოგადოებაშიც ძალიან დიდი მოწონება დაიმსახურა. დღესდღეობით, ის უკვე აპლიკაციის ერთ-ერთი მთავარი და გამორჩეული მახასიათებელია. ინსტაგრამის მიერ მისი გავრცელებისა და პოპულარიზაციის კამპანიაც საკმაოდ წარმატებით მუშაობს, ვინაიდან უფრო და უფრო მეტი ბრენდი და ინფლუენსერი იყენებს მას გასწავლებულ ფორმატში.

ლიტერატურა:

1. ლ. გოჩიტაშვილი, თ დვალი, „ელექტრონული კომერცია და ელექტრონული საგადასახადო სისტემები, 2017. 97 გვ თბილისი, სტუ-ს ბიბლიოთეკა. უაკ 621.38:338.83
2. Andreas Meier, Henrik Stormer, eBusiness and eCommerce, Springer, 2009, e-ISBN 978-3-540-89328.
3. <https://digitalnews.ge/ge/article/socialuri-media/280-instagrami-rogori-iqneba-aplikaciis-momavali> გადამოწმებულია 10.11.2022
4. <https://digitalnews.ge/ge/article/socialuri-media/265-rogor-gamovikhenot-instagramis-reels-insights-uketesi-kontentis-shesaqmnelad> გადამოწმებულია 15.10.2022
5. <https://sendpulse.com/support/glossary/instagram-ecommerce> გადამოწმებულია 12. 10.2022
6. <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report> გადამოწმებულია 19.09.2022

INNOVATIONS IN E-COMMERCE AND CONTEMPORARY CHALLENGES OF SOCIAL COMMERCE

Gochitashvili Lali, Apciauri Ia, Dvali Tornike
Georgian Technical University

Summary

eCommerce stands for ‘electronic commerce.’ It means buying and selling goods, products, or services over the internet. Social commerce is a subset of eCommerce. It involves buying and selling over social media. it’s an easy way to reach a large audience. Instagram commerce refers to just the buying and selling over Instagram. Instagram eCommerce is a combination of marketing, and selling products using this social network as a platform. Brands create their business profiles on Instagram, grow their follower bases, and promote products using various content and ad types.

Crystallographic Aspects of Shape Memory Effect and Reversibility in Shape Memory Alloys

Osman Adiguzel
Firat University Department of Physics, Elazig, Turkey
oadiguzel@firat.edu.tr

Abstract

Some materials take place in class of advanced smart materials with adaptive properties and stimulus response to the external changes. Shape memory alloys take place in this group, with the capacity of responding to changes in the environment by exhibiting shape reversibility. These alloys exhibit a peculiar property called shape memory effect, which is characterized by the recoverability of two certain shapes of material at different conditions. Shape memory effect is initiated on cooling and deformation processes and performed thermally on heating and cooling, with which shape of materials cycles between original and deformed shapes in reversible way in bulk level. Therefore, this behavior can be called thermal memory or thermoelasticity. These alloys exhibit another property called superelasticity performed mechanically stressing and releasing. These phenomena are performed by crystallographic transformations called martensitic transformation. Thermoelasticity is governed

by the thermal and stress induced martensitic transformations on cooling and stressing, and reverse austenitic transformation on heating.

Keywords: Shape memory effect, martensitic transformation, thermoelasticity, superelasticity, lattice twinning, detwinning.

These transformations occur with the movements of atoms in atomic scale. Thermal induced martensite occurs on cooling along with lattice twinning and ordered parent phase structures turn into twinned martensite structures by means of lattice invariant shears, and these structures turn into detwinned martensitic structures with deformation by means of stress induced transformation. Lattice twinning occurs in two opposite directions, $\langle 110 \rangle$ -type directions on the $\{110\}$ -type plane of austenite matrix in self-accommodating manner, by means of lattice invariant shear.

Superelasticity is performed with stressing and releasing material in elasticity limit at a constant temperature in parent phase region, and shape recovery occurs instantly upon releasing, by exhibiting elastic material behavior. Superelasticity exhibits ordinary elastic material behavior, but it is performed in non-linear way; loading and unloading paths are different at the stress-strain diagram, and hysteresis loop refers to energy dissipation. Superelasticity is also governed by stress induced martensitic transformations and ordered parent phase structure turns into the detwinned martensite structure with stressing.

Copper based alloys exhibit shape memory effect in metastable beta phase region. Lattice invariant shear and lattice twinning is not uniform in these alloys, and cause to the formation of long period layered martensitic structures with the transformation.

In the present contribution, electron diffraction and x-ray diffraction studies performed on two copper-based CuZnAl and CuAlMn alloys. Electron diffraction patterns and x-ray diffraction profiles show that these alloys exhibit super lattice reflections in martensitic condition. Specimens of these alloys aged at room temperature in martensitic condition, and a series of x-ray diffractions were taken during aging at room temperature. Reached results show that diffraction angles and peak intensities change with aging time at room temperature, and this result refers to the rearrangement of atoms in diffusive manner.

ფიზიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება

მარეხ მაზანაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

თანამედროვე სამყაროში მათემატიკა სულ უფრო და უფრო მეტად ხდება ადამიანის გარემომცველი სამყაროდან ცოდნის მიღების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტი. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში და ტექნოლოგიაში მათემატიკა არის თეორიული კვლევის მთავარი მეთოდი და პრაქტიკული ინსტრუმენტი. მათემატიკის გარეშე შეუძლებელია სერიოზული სამეცნიერო და საინჟინრო გამოთვლების განხორციელება. კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ ახალი ბიძგი მისცა მათემატიკის სხვა სეგმენტში განვითარებას, გაჩნდა ისეთი ახალი დისციპლინები როგორცა- „მათემატიკური ეკონომიკა“, „მათემატიკური ლინგვისტიკა“ და ა.შ. ამავდროულად წარმოიშვა „მათემატიკური მოდელირების“ ცნება.

საკვანძო სიტყვები: ალგორითმი. მოდელი. პროგრამა.

1. შესავალი

სიტყვა "მოდელი" მოდის ლათინურიდან სიტყვა *modulus*-დან — „ზომვა, ანალოგი, ნიმუში“) — ეს არის სისტემა, რომლის გამოკვლევაც ემსახურება სხვა სისტემის შესახებ ინფორმაციის მიღებას; ეს არის გამარტივებული სახე რეალური მოწყობილობის და/ან მასში მიმდინარე პროცესებისა და მოვლენების შესახებ.

მოდელების აგება და გამოკვლევა, ანუ *მოდელირება*, ამარტივებს რეალურ მოწყობილობაში / პროცესებში არსებული თვისებებისა და კანონზომიერებების გამოკვლევას. გამოიყენებენ შემეცნებისთვის (განხილვისთვის, ანალიზისა და სინთეზისთვის). მათემატიკური მოდელირება არის

ობიექტებისა და მოვლენების/პროცესების შესწავლის მეთოდი მათემატიკის ენაზე მათი შესაბამისი აღწერების – მათემატიკური მოდელების დახმარებით.

მათემატიკური მოდელირება სამი ძირითადი ნაწილისაგან შედგება: მოდელი, ალგორითმი და პროგრამა. განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე:

მოდელი - უნდა შეირჩეს და შეიქმნას შესასწავლი ობიექტის მოდელი, რომელიც ასახავს ობიექტის უმნიშვნელოვანეს თვისებებს მათემატიკური ფორმით. ჩვეულებრივ მათემატიკური მოდელები საკმაოდ რთულია. ობიექტის შესახებ ცოდნის მისაღებად აგებული მოდელი ძირითადად შექმნილია გამოყენებითი მათემატიკის ტრადიციული ანალიტიკური საშუალებებით რაც საშუალებას იძლევა შესასწავლი ობიექტის მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილების ანალიზს.

ალგორითმი - გამოთვლითი ალგორითმი არჩეულია და შემუშავებულია კომპიუტერულ პროგრამაში აგებული მოდელის დასანერგად, რომელმაც არ უნდა დაამახინჯოს მოდელის ძირითად თვისებები, უნდა იყოს ზუსტად მორგებული ამოცანების მახასიათებელ პარამეტრებთან და გამოყენებულ გამოთვლით ინსტრუმენტებთან. აგებული მათემატიკური მოდელის შესწავლა უნდა მოხდეს გამოთვლითი მათემატიკის მეთოდებით.

პროგრამა - პროგრამული ნაწილი იქმნება იმისათვის, რომ მოხდეს მოდელისა და ალგორითმის დაკავშირება და შემდეგ ერთობლიობის კომპიუტერით წარმოდგენა. შექმნილმა პროგრამულმა პროდუქტმა უნდა გაითვალისწინოს მათემატიკური მოდელირების ყველაზე მნიშვნელოვანი სპეციფიკა, რაც დაკავშირებულია მათემატიკური მოდელების ნაკრების გამოყენების აუცილებლობასთან და გამოთვლების მრავალვარიანტულობასთან. შედეგად, მკვლევარი იღებს უნივერსალურ, მოქნილ და იაფ ინსტრუმენტს, რომელიც ჯერ გამართულია, შესაძლებელია მისი ტესტირება და დაკალიბრება სხვადასხვა პარამეტრებზე. ამის შემდეგ კი ხდება მათემატიკური მოდელის ფართომასშტაბიანი გამოცდა შესასწავლი ობიექტის აუცილებელი თვისებრივი და რაოდენობრივი თვისებებისა და მახასიათებლების მისაღებად.

მათემატიკურ მოდელირებაში ძირითადად გამოყენებულია გამოთვლითი ექსპერიმენტი გამოთვლითი ექსპერიმენტი არის ინფორმაციული ტექნოლოგია, რომელიც შექმნილია გარემომცველი სამყაროში მიმდინარე პროცესების შესასწავლად. მას ძირითადად მიმართავენ, როდესაც სრულმასშტაბიანი ექსპერიმენტი ან შეუძლებელია (მაგალითად, ადამიანის ჯანმრთელობის შესწავლისას), ან ძალიან საშიშია (მაგალითად, გარემოს ფენომენების შესწავლისას), ან ძალიან ძვირი და რთული (მაგალითად, ასტროფიზიკური ფენომენების შესწავლისას).

აღსანიშნავია გამოთვლითი ექსპერიმენტის საკმაოდ ბევრი და მნიშვნელოვანი უპირატესობა ბუნებრივთან შედარებით:

- 1) გამოთვლითი ექსპერიმენტი, როგორც წესი, უფრო იაფია ვიდრე ფიზიკური;
- 2) ექსპერიმენტი შეიძლება უსაფრთხოდ ჩაითვალოს;
- 3) საჭიროების შემთხვევაში ის შეიძლება განმეორდეს და ნებისმიერ დროს შეწყდეს;
- 4) ექსპერიმენტის დროს შეგიძლიათ მოახდინოთ ისეთი პირობების სიმულაცია, რომლებიც ლაბორატორიაში შეუძლებელია.

ამჟამად შემუშავებულია არაერთი ტექნოლოგია რთული ამოცანების შესასწავლად, რომელიც დაფუძნებულია შესასწავლი ობიექტის მათემატიკური მოდელების აგებასა და ანალიზზე კომპიუტერის დახმარებით. კვლევის ამ მეთოდს ეწოდება გამოთვლითი ექსპერიმენტი ეწოდება. მათემატიკური მოდელირება და გამოთვლითი ექსპერიმენტი დღეს გამოიყენება არა მხოლოდ ზუსტ მეცნიერებებსა და ტექნოლოგიაში, არამედ ეკონომიკურ მეცნიერებებში, სოციოლოგიაში და ბევრ სხვა სფეროებში, რომლებიც ტრადიციულად განიხილებოდა მათემატიკისა და კომპიუტერებისგან შორს.

კომპიუტერების ფართო გამოყენება მათემატიკური მოდელირებაში, საკმარისად ძლიერი თეორიული და ექსპერიმენტული ბაზა საშუალებას გვაძლევს ვისაუბროთ გამოთვლით ექსპერიმენტზე, როგორც ახალ ტექნოლოგიასა და მეთოდოლოგიაზე სამეცნიერო და გამოყენებითი კვლევებისთვის. გამოთვლით ექსპერიმენტში მონაწილეობს მკვლევართა გუნდი, კონკრეტული საგნის სპეციალისტები, მათემატიკოსები, თეორეტიკოსები, კალკულატორები, გამოყენებითი ინჟინრები, პროგრამისტები. გამოთვლითი ექსპერიმენტის ტექნოლოგიური ციკლი ჩვეულებრივ იყოფა რამდენიმე ტექნოლოგიურ ეტაპად. და მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი დაყოფა ძირითადად თვითნებურია, ის საშუალებას გვაძლევს უკეთ გავიგოთ თეორიული კვლევის ჩატარების ამ მეთოდის არსი.

სქემატურად, გამოთვლითი ექსპერიმენტის ეტაპები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს შემდეგნაირად: ფიზიკური, მათემატიკური, რიცხვითი მეთოდი, დისკრეტული მოდელი- კვლევა გამოთვლა ალგორითმი;

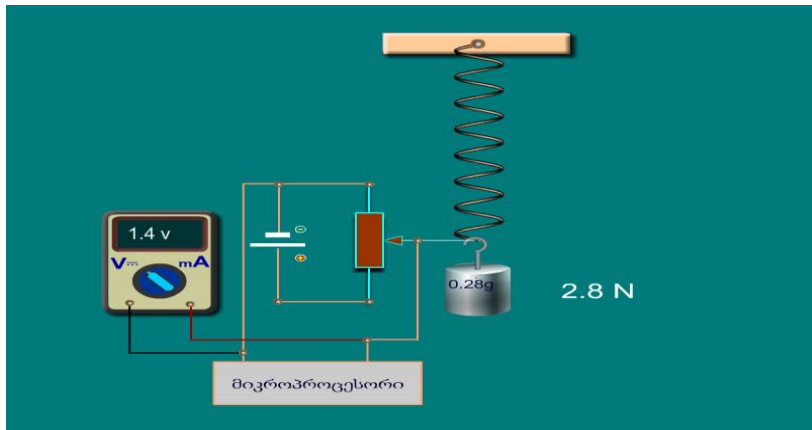
წარმოგიდგენთ ექსპერიმენტს, რომლის დროსაც მოხდა ფიზიკური მოდელის (სენსორის) შექმნა, შემდეგ კი ამ მოდელიდან მონაცემების აღება, დამუშავება, მათემატიკური მოდელირება და ანალიზი. შეიქმნა რა თქმა უნდა პროგრამული კოდი შესაბამისი ალგორითმით, შემდეგ კი კომპიუტერის საშუალებით მოხდა ამ პროცესების ვიზუალიზაცია.

გარდამქმნელი, სენსორი შეიქმნა სხეულის თავისუფალი ვარდნის პროცესში სხეულის წონის ცვლილების დასაკვირვებლად.

არსებობს რამდენიმე ექსპერიმენტი, კლასიკური ექსპერიმენტები, რომელიც რომელსაც ამ შემთხვევაში ვატარებთ მოცემულ მოვლენაზე დასაკვირვებლად. მაგალითად, დინამომეტრზე თუ დაკვიდრებთ ტვირთს, ჩამოვადებთ და დავაკვირდებით ამ პროცესს, ვარდნის პროცესში დინამომეტრის ზამბარა მართლაც შეიკუმშება, მაგრამ რამდენად დავინახავთ ამას? არის ამის დანახვა შესაძლებელი? რა მომენტში შეიკუმშა ზამბარა, ეს პროცესი ხომ ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს, ვარდნილი სხეული პირველ წამში 5 მეტრს გადის, მომდევნო წამში 15 მეტრს, რამდენად შესაძლებელია რომ ეს პროცესი თვალთ შევავსოთ?

- რა ხერხით არის შესაძლებელი, რომ რომ მივიღოთ ციფრული მონაცემები, რომელიც ძალის ცვლილების გვაჩვენებს.
- როგორ მოვახდინოთ ზამბარის დაჭიმულობის ცვლილება დაფიქსირება და ვიზუალურად გამოსახვა?

წარმოგიდგენთ ფიზიკის ორი ნაწილის, დინამიკის და ელექტრობის საკითხების, ომის კანონის და ჰუკის კანონის გაერთიანებით და გამოყენებით როგორ მოხდა გარდამქმნელის შექმნა ჯერ ვირტუალურად (ნახ.1), შემდეგ კი ამ ყველაფერმა როგორ მიიღო რეალური სახე.



ნახ. 1

ჩვენ მიერ შექმნილი ახალი სენსორი შედგება ზამბარისაგან და ცვლადი წინაღობისაგან-რეოსტატისაგან, ანუ მეორენაირად მას პოტენციომეტრსაც უწოდებენ. მას აქვს ორი ბოლო და მცოცავი კონტაქტი, რომლის გადაადგილება ცვლის წინაღობას და შესაბამისად ცვლის ძაბვის პოტენციალს. პოტენციომეტრის ერთი ბოლო მიერთებულია უარყოფით პოლუსთან, მეორე ბოლო დადებითთან ანუ 5 ვოლტთან, ხოლო მცოცავი კონტაქტი მიკროპროცესორის ანალოგ შესასვლელთან, რომლის საშუალებითაც მიკროპროცესორი არდუინო ინფორმაციას იღებს ძაბვის ცვლილების შესახებ. რომელსაც მიაწვდის პროგრამა ვიზუალ ბეისიკს, სადაც ხდება ინფორმაციის ვიზუალიზაცია. პროგრამულ ნაწილში გათვალისწინებულია პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც ძაბვის ცვლილების მნიშვნელობას ძალის ცვლილებასთან აკავსირებს. გარდამქმნილი ინფორმაცია კი შეგვიძლია მივიღოთ ვიზუალურად მონიტორებზე.

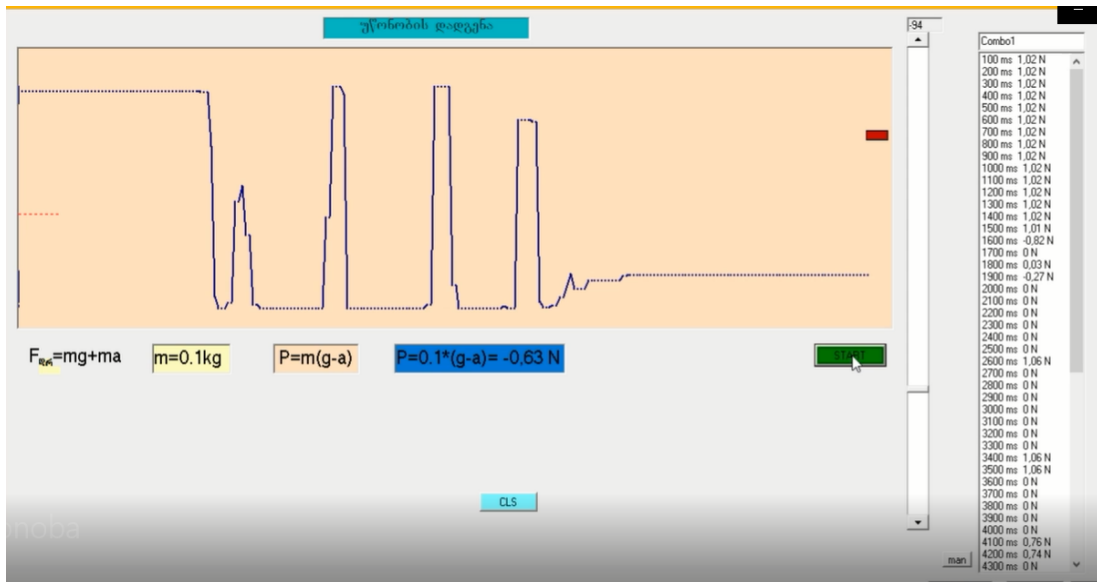
პრინციპიალური სქემის აწყობის შემდეგ მოხდა ხელსაწყოს- სმარტ დინამომეტრის რეალურად აწობა, ამისათვის გამოვიყენეთ, ზამბარა, წრფივი პოტენციომეტრი, ელსიდი მონიტორი მიკროკონტროლიორი, კვების წყარო, ბლუთუზი. დაიწერა შესაბამისი კოდი actionScript-ში (ნახ.2).

```

fsccommand("exec", "ZalisSensori.exe");
fsccommand("fullscreen", true);
var Zala:Number=0;
//var L0:Number=zambara.L._height;
var L0:Number=zambara.L._width;
var gx0:Number=giri._x;
var gy0:Number=giri._y;

```

ნახ.2-ა.



ნახ. 2-ბ.

სენსორის გამოსაცდელად ჩატარდა ექსპერიმენტი, გარკვეული სიმაღლიდან გადმოვავდეთ სმარტდამანომეტრი, მასზე დაკიდულ ტვირთით. ტვირთის მასა არის 100 გრამი, ანუ წონა / სიმძიმის ძალა 1 ნიუტონი.

მარჯვენა მხარეს დამახსოვრებულ მონაცემებს - წონას გარკვეული დროის განმვლობაში ინარჩუნებს სხეული ინერტულობის გამო. ასევე ვერდნის დასაწყისშივე აჩქარება ვერ გახდება გ-ეს ტოლი. მონაცემების აღრიცხვა აქაც 100 მილიწამის, ანუ წამის მეათედი ინტერვალით ხდება. ვიზუალიზაცია შესაძლებელი გახდა პროგრამა visual basic-ში დაწერილი კოდის საშუალებით (ნახ.3).

```

Project1 - Form1 (???)
(General)
Option Explicit
'Dim RxevaNum As Currency
'Dim RxevaMem As Currency
Dim mdore As Currency
Dim sichq As Currency
Dim Sashualo As Integer
Dim A0 As Integer
Dim MemA0 As Integer
Dim tau As Integer
Dim monacem As String
Dim adress As String
Dim telegramma As String
Dim position As Integer
Dim pos_N As Integer
Dim ufleba As Boolean
Dim max As Integer
Dim min As Integer
Dim n As Integer
Dim koreqcia As Integer
Dim kx As Currency
Dim ky As Currency
Dim memY As Currency
    
```

ნახ.3

3. დასკვნა

მათემატიკური მოდელირების, კერძოდ კი ფიზიკური მოდელის შექმნის, პროგრამული კოდის და ალგორითმის საშუალებით შევძელით ისეთი პროცესის ვიზუალიზაცია, რაც თვალისთვის შეუმჩნეველი და უხილავი იყო.

MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL PROCESSES

Marekh Mazanashvili

Summary

In the modern world, mathematics is increasingly becoming one of the most important tools for obtaining knowledge from the surrounding world. In natural sciences and technology, mathematics is the main method of theoretical research and a practical tool. Without mathematics, it is impossible to carry out serious scientific and engineering calculations. The development of computer technologies gave a new impetus to the development of another segment of mathematics, such new disciplines as "mathematical economics", "mathematical linguistics" etc. appeared. At the same time, the concept of "mathematical modeling" was born.