

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

ISSN 1512-3979 (print)

EISSN 1512-2174 (online)

DOI.org/10.36073/1512-3979

უ რ ო მ ე ბ ი

მართვის ავტომატიზებული სისტემები

TRANSACTIONS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

N 1(39)



გამოიცემა 2006 წლიდან

პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში

თბილისი – TBILISI
2025

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-3979 (print)
EISSN 1512-2174 (online)
DOI.org/10.36073/1512-3979

შ რ ო მ ე ბ ი

მართვის ავტომატიზებული სისტემები

TRANSACTIONS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Т Р У Д Ы

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 1(39)



გამოიცემა 2006 წლიდან

პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში

თბილისი-TBILISI-ТБИЛИСИ
2025

სარედაქციო კოლეგია:

- აზმაიფარაშვილი ზ., ახოხაძე მ., ბუაჩიძე ზ., გასიტაშვილი ზ., გიგინეიშვილი ა., გიორგაშვილი ლ., გოგიჩაიშვილი გ., გოცირიძე ი., თევდორაძე მ., იმნაიშვილი ლ., კაიშაური თ., კაპანაძე დ., კვარაცხელია ვ., კოტრიკაძე ქ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., ოთხოზორია ნ., პეტრიაშვილი ლ., ჟვანია თ., სურგულაძე გ., ფრანგიშვილი ა., ქართველიშვილი ი., ღურწყაია ზ., ჩხაიძე მ.
- ბოსიკაშვილი ზ., თოფურია ნ., კაკუბავა რ., კიკნაძე მ., მაგრაქველიძე დ., ნარეშელაშვილი გ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., ხუციშვილი ს., შანშიაშვილი ბ., შერმაზანაშვილი ლ., შონია ო., წვერაიძე ზ.
- გერმანია: ბოტე კ., ვედკინდი ჰ., მაიერ-ვეგენერი კ., რეისიგი ვ.
- აშშ: ტრივედი კ. (დუკის უნივერსიტეტი), ჩიხრაძე ბ. (კორპორაცია Apple)
- კანადა: ქაჩიბაია ვ. (IT Industry)
- უნგრეთი: სტრიკ ი. დებრეცენის უნივერსიტეტი
- რუსეთი: ბაბაიანი რ. (მპი), ვასინი ა.(მსუ), შჩუკინი ბ.(ეროვნ..ბირთვული უნივ.), ფომინი ბ. (სანქტ-პეტერბურგის ელ-ტექნიკური უნივერსიტეტი)

პასუხისმგებელი რედაქტორი: გ. სურგულაძე.

სტატიები: <http://gtu.ge/Journals/mas/>

EDITORIAL BOARD:

- Akhobadze M., Azmaiparashvili Z., Buachidze Z., Chkhaidze M., Gasitashvili Z., Giginishvili A., Giorgashvili L., Gogichaishvili G., Gozirdze I., Ghurtskaia Z., Imnaishvili L., Kaishauri T., Kapanadze D., Kartvelishvili I., Khutsishvili S., Kotrikadze K., Kvaratskhelia V., Lominadze N., Lominadze T., Natroshvili D., Otkhazia N., Petriashvili L., Prangishvili A., Surguladze G., Tevdoradze M., Zhvania T.
- Bosikashvili Z., Kakubava R., Kiknadze M., Magrakvelidze D., Nareshelashvili G., Obgadze T., Samkharadze R., Shermazanashvili L., Sesadze V., Shanshiashvili B., Shonia O., Topuria N., Tsveraidze Z., Turkia E.
- Germany: Bothe K.(Humboldt univ. Berlin), Meyer-Wegener K. (Erlangen univ.), Reisig W. (Humboldt univ.Berlin), Wedekind H.(Erlangen univ.)
- USA: Trivedi K. (Duke University), Chikhradze B. (Apple Co.)
- Canada: Kachibaia V. (IT Industry)
- Hungary: Sztrik J. (University of Debrecen)
- Russia: Babaian R.(IPU), Tshukin B.(Mephi), Vasin A.(MSU), Fomin B.(St-Petersburg, El-Techn.Univ.)

Executive Editor: G. Surguladze.

References: http://gtu.ge/Journals/mas/jurnali_web/referE.html

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Азмаипарашвили З., Ахобадзе М., Буачидзе З., Гаситашвили З., Гигинеишвили А., Гиоргашвили Л., Гогичаишвили Г., Гоциридзе И., Гурцкая З., Имнаишвили Л., Каишаური Т., Картвелишвили И., Капанაძე დ., კიკნაძე მ., კვარაცხელია ვ., კოტრიკაძე კ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., პრანგიშვილი ა. სურგულაძე გ., ტევდორაძე მ., ჩხაიძე მ.
- Босикашвили З., Какубава Р., Кикнадзе М., Маграквелидзе Д., Нарешелашвили Г., Обгадзе Т., Самхарадзе Р., Сесадзе В., Топурия Н., Туркия Е., Шаншиашвили Б., Шермазанашвили Л., Шония О., Цвараидзе З., Цинцадзе А.
- Германия: Ботэ К., Рейсиг В. (Гумболдт унив. Берлин), Ведыкин Х., Мейер-Вегенер К. (Ерланген унив.)
- США: Триведи К. (Университет Дюке), Чихрадзе Б. (Apple корпорация)
- Канада: Качибая В. (IT Industry)
- Россия: Бабаян Р. (ИПУ), Васин А. (МГУ), Щукин Б. (МИФИ), Фомин Б. (ЛЭТИ.С-т Петербург)

Ответственный редактор: Г. Сургуладзе. Статьи: http://gtu.ge/Journals/mas/jurnali_web/referE.html

ISSN 1512-3979, DOI.org/10.36073/1512-3979

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2025
Publishing House „Technical University“, 2025
Издательство „Технический Университет“, 2025

შინაარსი - CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

- საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირება სტუ-ის სტუდენტთა ჩართულობით ინოვაციური პროექტების შესრულების პროცესში. თამარ ლომინაძე, თალიკო ჟვანია, თინათინ კაიშაური, ნონა ოთხოზორია, ლილი პეტრიაშვილი, დავით კაპანაძე, გია სურგულაძე, თამთა გრძელიშვილი, საბა პეტრიაშვილი, ლუკა ხაჩიძე, ლევან ესიაშვილი, გიორგი კაპანაძე, ოთარ მაჩალაძე, თორნიკე ჩაკვეტაძე // FORMATION OF AN INFORMATION SOCIETY WITH THE INVOLVEMENT OF STUDENTS IN THE PROCESS OF IMPLEMENTING INNOVATIVE PROJECTS. Lominadze Tamar, Zhvania Taliko, Kaishauri Tinatin, Otkhзорia Nona, Petriashvili Lili, Kapanadze Davit, Surguladze Gia, Grdzeliashvili Tamta, Petriashvili Saba, Khachidze Luka, Esiashevili Levan, Kapanadze Giorgi, Machaladze Otar, Chakvetadze Tornike // Формирование информационного общества с вовлечением студентов ГТУ в процесс реализации инновационных проектов. Ломинадзе Т., Жвания Т., Каишаури Т., Отхозрия Н., Петриашвили Л., Капанაძე Д., Сургуладзе Г. Гრძელიშვილი Т., Петриашვილი С.. Хачидзе Л., Есиашვილი Л., Капанაძე Г., Маჩალაძე О. Чакветაძე Т. 5
- [გამოყენებითი ინფორმატიკა – APPLIED INFORMATICS – ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА](#)
- უნივერსიტეტის სტუდენტთა მიღწევების მართვის პროცესების ავტომატიზაცია. სურგულაძე გია, იბადოვ ილიკინი, ნარეშელაშვილი გულბათ, შურგაია ირაკლი // AUTOMATION OF PROCESSES OF MANAGEMENT OF UNIVERSITY STUDENTS' ACHIEVEMENT. Surguladze Gia, Ibadov Ilkin, Nareshelashvili Gulbaat, Shurgaia Irakli // Автоматизация процессов менеджмента. успеваемости студентов вуз-а. Сургуладзе Г., Ибадов И., Нарешелашвили Г., Шургая И. 15
- ალბათური კრიტერიუმების გამოყენება რისკის შეფასებაში ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხების ფართომასშტაბიან სისტემებში. ვალიდა სესაძე, გელა ჭიკაძე, გოჩა დალაქიშვილი // APPLICATION OF PROBABILISTIC CRITERIA IN RISK ASSESSMENT IN INFORMATION SECURITY ISSUES IN LARGE-SCALE SYSTEMS. Sesadze Valida, Chikadze Gela, Dalakishvili Gocha // Применение вероятностных критериев при оценке рисков в проблемах информационной безопасности в крупномасштабных системах. Сесаძე В., Чикаძე Г., Далакишвили Г. 22
- ფრაქტალების მეთოდების გამოყენება მაღალგანზომილებიან სისტემებში ინფორმაციული უსაფრთხოების დაუცველობების გამოსავლენად. ვალიდა სესაძე, გელა ჭიკაძე, გოჩა დალაქიშვილი // APPLICATION OF FRACTAL METHODS IN HIGH DIMENSIONAL SYSTEMS TO DETECT INFORMATION SECURITY VULNERABILITIES. Sesadze Valida, Chikadze Gela, Dalakishvili Gocha // Применение фрактальных методов в высокоразмерных системах для обнаружения уязвимостей информационной безопасности. Сесаძე В., Чикаძე Г., Далакишвили Г. 28
- ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქციის საკითხებისთვის. მედეა თევდორაძე, გოჩა დალაქიშვილი, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი // FOR HUMAN-COMPUTER INTERACTION ISSUES. Tevdoradze Medea, Dalakishvili Gocha, Giashvili Ia, Asatiani Tamar // По вопросам взаимодействия человека и компьютера. Тевдორაძე М., Далакишвили Г., Гиашвили И., Асатиани Т. 35
- პარალელური პროგრამირება ვებდეველოპმენტში. თენგიზ ბახტაძე // PARALLEL PROGRAMMING IN WEB DEVELOPMENT. Bakhtadze Tengiz // Параллельное программирование в веб-разработке. Бахтаძე Т. 43
- მარკეტინგული კვლევის ციფრული ავტომატიზაციის სისტემა .NET პლატფორმაზე. კუკური ნებაძე, თენგიზ ბახტაძე // MARKETING RESEARCH DIGITAL AUTOMATION SYSTEM ON THE .NET PLATFORM. Nebadze Kukuri, Bakhtadze Tengiz // Система цифровой автоматизации маркетинговых исследований на платформе .NET. Небаძე К., Бахтаძე Т. 49
- ნანოტექნოლოგიებისა და ნანოფსიქოლოგიის თანამედროვე გამოწვევები. ია ირემაძე, დალი ზერაგია, გიორგი კაიშაური, ანა თათეშვილი // MODERN CHALLENGES OF NANOTECHNOLOGY AND NANOPSYCHOLOGY. Iremadze Ia, Zeragia Dali, Kaishauri Giorgi, Tateshvili Anna // Современные вызовы нанотехнологий и нанопсихологии. Иремаძე И., Зерагия Д., Каишаури Г., Татешვილი А. 54

- სინათლის ზემოქმედებისას რთული სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის განსაზღვრა. დავით გზირიშვილი, მარიამ გულაშვილი, გოჩა ზედგინიძე, მანანა ჩიხლაძე // Assessing the length of a multifaceted sensorimotor response to light stimulation. Gzirishvili David, Gulashvili Mariam, Zedginidze Gocha, Chikhladze Manana // Определение продолжительности сложной сенсомоторной реакции на световое воздействие. Гзиришвили Д., Гулашвили М., Зедгинидзе Г., Чихладзе М. 62
- არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებით მართვის სისტემის შემუშავება ამინდის პროგნოზირებისა და სეტყვისგან დამცავი ბადეებისთვის. ნინო მჭითური // Development of a control system using fuzzy logic methods for weather forecasting and hail protection nets. Mtsituri Nino // Разработка системы управления на основе нечеткой логики для прогнозирования погоды и противогородовых сеток. Мцитури Н. 68
- მენეჯმენტის ინფორმაციული ტექნოლოგიები ხელოვნური ინტელექტის კონცეფციის საფუძველზე. ეკატერინე როჭიკაშვილი, ნატალია გაბაშვილი, ანა ბუზალაძე // The use of information technology based on the concept of artificial intelligence. Rotchikashvili Ekaterine, Gabashvili Natalia, Buzaladze Anna // Информационные технологии управления на основе концепции искусственного интеллекта. Рочикашвили Е., Габашвили Н., Бузаладзе А. 75
- რეგულაციები ქ. თბილისის მართვის არსებული სისტემიდან „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის კონცეფციაზე გადასვლისათვის. ნატალია ტაკიძე, მარიკა ბრეგვაძე, ანა ბუზალაძე, მზიანა ნიჟარაძე // Regulations for the transition from the existing tbilisi management system to the „SMART CITY“ management concept. Takidze Natalia, Bregvadze Marika, Buzaladze Ana, Nizharadze Mziana // регламент перехода от существующей системы управления тбилиси к концепции управления «УМНЫЙ ГОРОД». Такидзе Н., Брегвадзе М., Бузаладзе А., Нижарадзе М. 82
- საგანმანათლებლო სისტემაში პერსონალის თანამდებობაზე განაწილების ალგორითმი და მისი კომპიუტერზე რეალიზება. ელზა იმნაძე, ნუგზარ კერესელიძე // Algorithm for personnel allocation to positions in the educational system and its implementation on a computer. Imnadze Elza, Kereselidze Nugzar // Алгоритм распределения кадров на должности в системе образования и его реализация на компьютере. Имнадзе Э., Кереселидзе Н. 88
- არასტრუქტურირებულ მონაცემთა ანალიზისა და სტრუქტურირებულში ტრანსფორმირების პროცესების ავტომატიზაცია ინფორმაციის მოპოვების თანამედროვე მეთოდებით. ნინო თოფურია, მარიამ შეყლაშვილი, გია სურგულაძე, ბექან გელაძე // Automation of processes of analysis of unstructured data and their transformation into structured using modern methods of information mining. Topuria Nino, Sheklashvili Mariam, Surguladze Gia, Geladze Bejan // Автоматизация процессов анализа неструктурированных данных и преобразования их в структурированные с использованием современных методов добыча информации. Топурия Н., Шеклашвили М., Сургуладзе Г., Геладзе Б. 94
- საწარმოო პროცესების მართვის იმიტაციური მოდელის აგების კონცეფცია მარკეტინგის, ლოგისტიკისა და BI-ტექნოლოგიის მიდგომათა ინტეგრაციით. მერი არხოშაშვილი, ზვიად არხოშაშვილი, გია სურგულაძე // Concept of building a simulation model of production process management by integrating marketing, logistics and BI-technology approaches. Arkhoshashvili Mary, Arkhoshashvili Zviad, Surguladze Gia // Концепция построения имитационной модели управления производственным процессом на основе интеграции подходов маркетинга, логистики и BI-технологий. Архошашвили М., Архошашвили З., Сургуладзе Г. 100
- სიგნალის გადაცემა 56 ომიანი ხაზით: კონვოლუცია, გადაცემითი ფუნქცია და MATLAB ანალიზი. დარეჯანი ვედიაკოვი // Signal Transmission through a 56-Ohm Line: Convolution, Transfer Function, and MATLAB Analysis. Vediakovi Darejani // Передача сигнала по линии с сопротивлением 56 Ом: свёртка, передаточная функция и анализ в MATLAB. Ведиакови Д. 106
- ავტორთა საყურადღებოდ // To Authors Attention ! // Вниманию авторов! 111

საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირება და სტუდენტთა ჩართულობა ინოვაციური პროექტების შესრულების პროცესში

თამარ ლომინაძე, თალიკო ჟვანია, თინათინ კაიშაური, ნონა ოთხოზორია,
ლილი პეტრიაშვილი, დავით კაპანაძე, გია სურგულაძე, თამთა გრძელიშვილი,
საბა პეტრიაშვილი, ლუკა ხაჩიძე, ლევან ესიაშვილი, გიორგი კაპანაძე,
ოთარ მაჩალაძე, თორნიკე ჩაკვეტაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, t.kaishauri@gtu.ge, n.otkhozoria@gtu.ge,
l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge, petriashvili.saba@gtu.ge,
grdzlishvili.tamta@gtu.ge, khachidze.luka@gtu.ge, esiashvili.levan22@gtu.ge,
giorgi.kapanadze1991@gmail.com, otomachaladze@gmail.com, t.chakvetadze@rs.ge

რეზიუმე

განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა აქტიური ჩართულობის ზოგიერთი მაგალითი მსოფლიო გლობალური პრობლემის, საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პროცესებში. კერძოდ, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის „პროგრამული ინჟინერიის“ დეპარტამენტის ფარგლებში წარმატებულ სტუდენტთა მონაწილეობა ინოვაციური სტუდენტური პროექტების შესრულების პროცესში, მათი სამეცნიერო კვლევითი შედეგები ბაკალავრიატის, მაგისტრატურის და დოქტორანტურის საფეხურებზე. ნაშრომთა ძირითადი სამეცნიერო-პრაქტიკული შედეგები ასახავს ICT სფეროს აქტუალურ მიმართულებებს კომპიუტერული მეცნიერების და ინჟინერიის, ხელოვნური ინტელექტის და კიბერუსაფრთხოების და სხვ. საკითხების გადაწყვეტას, რაც ასე მნიშვნელოვანია საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების და სოციალურ-ეკონომიკური დონის მომავალი მდგრადი განვითარებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: საინფორმაციო საზოგადოება. ორგანიზაციული მართვის სისტემა. ინფორმატიზაციის პრობლემური სფერო. ციფრული ტექნოლოგია. ხელოვნური ინტელექტი. ინოვაციური პროექტი. საუნივერსიტეტო განათლება.

1. შესავალი

XXI საუკუნის ერთ-ერთი გლობალური პრობლემაა საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირება და მისი დაჩქარების ხელშეწყობა. კოვიდ-პანდემიის წლებმა (2020-2021) აშკარად დაადასტურა ამ საკითხის მოგვარების მნიშვნელობა და სადღეისო აქტუალურობაც საზოგადოების, ეკონომიკის, მატერიალურ-ტექნიკური და ცხოვრების დონეების სამომავლო მდგრადი განვითარებისათვის [1].



Orbicom – ITI LiRiC CIAREI კონგრესი „კომუნიკაცია, ხელოვნური ინტელექტი, რეაბილიტაცია, ეთიკა და ინკლუზია“ მიზნად ისახავს კომუნიკაციაში გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის (AI) განვითარებასთან დაკავშირებული შესაძლებლობებისა და რისკების შეფასებას, განსაკუთრებით ეთიკური გამოყენებისა და ინკლუზიურობის, ასევე საზოგადოებრივი პრობლემების გამოსწორების პერსპექტივიდან [2].

გენერაციული AI ინსტრუმენტების ბუმი შესაძლებელი გახდა ტრანსფორმაციებზე დაფუძნებული ღრმა ნეირონული ქსელების, განსაკუთრებით დიდი ენობრივი მოდელების (LLM) გაუმჯობესების წყალობით. ძირითად ინსტრუმენტებს შორისაა ჩატბოტები, როგორიცაა ChatGPT, Copilot, Gemini, Claude, Grok და DeepSeek [3]. გენერაციული ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება მრავალ ინდუსტრიაში: პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება, ჯანდაცვა, ფინანსები, გართობა, მომხმარებელთა მომსახურება, გაყიდვები და მარკეტინგი, ხელოვნება, მოდა და პროდუქტის დიზაინი და სხვ. სამწუხაროდ, მისი გამოყენება შესაძლებელია კიბერდანამაშულის, ადამიანების მოტყუების ან მანიპულირების მიზნით ყალბი ამბების მიწოდებით. ეთიკური გამოყენების შემთხვევაშიც კი, მან შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანური სამუშაო ადგილების მასობრივი ჩანაცვლება. თავად ინსტრუმენტები კრიტიკის საგანია *ინტელექტუალური საკუთრების* კანონების დარღვევისთვის, რადგან ისინი გაწვრთნილია საავტორო უფლებებით დაცულ ნამუშევრებზე [4].

ერთის მხრივ, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისა და ინსტრუმენტების განვითარება მეტად აქტუალური და მნიშვნელოვანი მეცნიერული მიმართულებაა, მაგრამ, მეორეს მხრივ, იგი მკაცრად უნდა ეფუძნებოდეს ახალ ეთიკურ და სამართლებრივ ნორმებს [5].

საუნივერსიტეტო განათლების თვალსაზრისით მეტად საყურადღებოა (ყველა საფეხურზე) აღნიშნული პრობლემების გადასაწყვეტ ამოცანათა მიზნებისა და შედეგების ღრმად გააზრება, ეთიკური და ჰუმანური ნორმების გათვალისწინება. ამიტომაც უნდა შემუშავდეს და სტუდენტებსაც მიეწოდოს იურიდიული უზრუნველყოფის ახალი ინფორმაცია ამ სფეროში.

სტუდენტი ახალგაზრდობის დიდი ნაწილი (ქართულ-, ინგლისურ- და რუსულ-ენოვანი სექტორებიდან) აქტიურად ერთვებიან თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიებისა და ხელოვნური ინტელექტის კომპიუტერული სისტემების აგების საფუძვლების შესწავლის პროცესებში, მათგან გამოირჩევიან ისეთებიც, რომლებიც ფაკულტეტის პროფესორების ხელმძღვანელობით წარმატებით ართმევენ თავს ინოვაციური პროექტების შესრულებას. ეს შეიძლება იყოს საკურსო პროექტები მაღალ კურსებზე, მაგისტრატურისა და დოქტორანტურის თეზისები და დისერტაციები. არის შემთხვევები, როდესაც ჩვენი ფაკულტეტის სტუდენტები ახერხებენ სამეცნიერო გრანტების ან სტარტაპ პროექტების მოპოვებას და შესრულებას.

წინამდებარე სტატიაში გადმოცემულია 2024/2025 სასწავლო წელს ინფორმაციის ფაკულტეტზე „პროგრამული ინჟინერიის“ დეპარტამენტში შესრულებული გამორჩეული საბაკალავრო შრომების, მაგისტრატურის თეზისების და სადოქტორო დისერტაციების მხოლოდ ნაწილი. რა ნაშრომებს ასრულებენ ჩვენი სტუდენტები და როგორ ეხმარებიან ისინი UNESCO-ს გლობალური, საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პრობლემას ინფორმაციისა და კომუნიკაციის ტექნოლოგიების (ICT) სფეროდან [3].

2. ძირითადი ნაწილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა ჩართულობა ინოვაციურ პროექტებში არის საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების ერთ-ერთი ეფექტიანი მექანიზმი. იგი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს საინფორმაციო კომპეტენციების განვითარებასა და ინოვაციური კულტურის ჩამოყალიბებაში, რაც ცოდნისა და უნარ-ჩვევების ძირითადი წყაროა.

„საინფორმაციო საზოგადოების“ კონცეფცია გულისხმობს საზოგადოებრივ ურთი-ერთობათა ისეთ სისტემას, სადაც ინფორმაცია და ცოდნა ხდება ეკონომიკური და სოციალური

განვითარების ძირითადი მამოძრავებელი ძალა. ამ კონტექსტში უმაღლესი განათლების დაწესებულებები იღებს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას, რადგან ისინი ახორციელებს ცოდნის შექმნას, გავრცელებას და პრაქტიკულ გამოყენებას.

ჩვენი უნივერსიტეტის მისიაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სტუდენტთა ჩართულობას კვლევით და ინოვაციურ საქმიანობაში. ეს მიდგომა ხელს უწყობს არა მხოლოდ ინდივიდუალური კომპეტენციების განვითარებას, არამედ აყალიბებს საინფორმაციო საზოგადოებისთვის აუცილებელ ინსტიტუციურ კულტურას. ინოვაციური პროექტები, როგორც სწავლებისა და კვლევის ინტეგრაციის მექანიზმი, იძლევა უნიკალურ შესაძლებლობებს საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირებისთვის.

ინოვაციური პროექტები საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების ეფექტური ინსტრუმენტია რამდენიმე მნიშვნელოვანი ფაქტორის გამო. პირველ რიგში, ისინი ქმნის ინტერდისციპლინურ სამუშაო გარემოს, სადაც სტუდენტები სწავლობენ სხვადასხვა სფეროს ცოდნის ინტეგრაციასა და სინერგიულ გამოყენებას [6-8]. ეს მიდგომა ასახავს საინფორმაციო საზოგადოების ბუნებას, სადაც ცოდნა არ არის ფრაგმენტული, არამედ ქმნის ერთიან ქსელურ სტრუქტურას.

მეორე მნიშვნელოვანი ასპექტი ეხება ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) ინტენსიურ გამოყენებას ინოვაციურ პროექტებში. სტუდენტები ეუფლებიან თანამედროვე ციფრულ მეთოდებსა და ინსტრუმენტებს, სწავლობენ მონაცემთა ანალიზის მეთოდებს, ითვისებენ ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანური დასწავლის ტექნოლოგიებს. ეს კომპეტენციებია საინფორმაციო საზოგადოებაში ფუნქციონირების საფუძველი.

მესამე მნიშვნელოვანი ელემენტი ეხება კოლაბორაციული კულტურის განვითარებას. ინოვაციური პროექტები ხშირად მულტიდისციპლინურია, რაც ხელს უწყობს ქსელური მუშაობის უნარების განვითარებას. ეს ასახავს საინფორმაციო საზოგადოების მთავარ მახასიათებელს – ქსელურ სტრუქტურას, სადაც ჯგუფების გუნდური თანამშრომლობა იძლევა სინერგიულ ეფექტს.

კვლევითი საქმიანობის ინტეგრაცია ინოვაციურ პროექტებში ხელს უწყობს ახალი ცოდნის შექმნისა და გავრცელების მექანიზმების განვითარებას. სტუდენტები სწავლობენ არა მხოლოდ ცოდნის გამოყენებას, არამედ მის შექმნას და ტრანსფერს. ეს კომპეტენცია განსაზღვრავს საინფორმაციო საზოგადოებაში ეკონომიკურ კონკურენტუნარიანობას.

სტუ განსაკუთრებულ აქცენტს აკეთებს სტუდენტთა ჩართულობაზე ინოვაციურ პროექტებში. ეს მიდგომა ღრმა ისტორიულ ტრადიციებზე იქნა აგებული, რაც ასახავს ინჟინრული განათლების სპეციფიკურ ბუნებას. ინჟინერია, როგორც დისციპლინა, ბუნებრივად აერთიანებს თეორიულ ცოდნას და პრაქტიკულ გამოყენებას, რაც იდეალურ გარემოს ქმნის ინოვაციური პროექტებისთვის.

ინტერდისციპლინური მიდგომა ხელს უწყობს ინოვაციურ გადაწყვეტილებათა განვითარებას, რაც საინფორმაციო საზოგადოების ძირითადი მახასიათებელია. უნივერსიტეტის სტუდენტთა ჩართულობა ინოვაციურ პროექტებში ხდება სხვადასხვა საფეხურზე და სხვადასხვა ფორმით. ბაკალავრიატის დონეზე სტუდენტები ჩართულნი არიან საკურსო პროექტებისა და დამამთავრებელი სადიპლომო კვლევითი სამუშაოების შესრულებაში. მაგისტრატურისა და დოქტორანტურის დონეზე მნიშვნელოვნად იზრდება ინოვაციური პროექტების კომპლექსურობა და სამეცნიერო ღირებულება კვლევითი კომპონენტების არსებობით.

უნივერსიტეტის თანამედროვე ინფრასტრუქტურა, ლაბორატორიები და მის დაქვემდებარებაში არსებული სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტები და ცენტრები იძლევა ისეთ შესაძლებლობას, რომ სტუდენტებმა განახორციელონ ინოვაციური პროექტები მაღალი ტექნოლოგიური სტანდარტებით [9,10].

ასევე ძალზე მნიშვნელოვანია ბიზნეს სექტორთან თანამშრომლობა, სადაც სტუდენტებს აქვთ თავიანთი თეორიული ცოდნის პრაქტიკაში რეალიზების შესაძლებლობა. სტუ-ის ინოვაციური პროექტები ხშირად ხორციელდება ისეთ ფორმატში, რომელიც მოიცავს საწარმოო და ბიზნეს პარტნიორობას. ეს მიდგომა ხელს უწყობს ინოვაციების პრაქტიკულ გამოყენებას და აყალიბებს ეფექტურ ინტერფეისს უნივერსიტეტსა და ბიზნეს-სექტორს შორის.

ინოვაციურ პროექტებში მონაწილეობა ხელს უწყობს სტუდენტთა კომპეტენციების მრავალმხრივ განვითარებას. ეს კომპეტენციები შეიძლება დაიყოს რამდენიმე კატეგორიად და ყოველი მათგანი მნიშვნელოვანია საინფორმაციო საზოგადოებისთვის.

ტექნიკური კომპეტენციების განვითარება მოიცავს თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების ფლობას, პროგრამირების ენების ცოდნის უნარებს, მონაცემთა ანალიზისა და ვიზუალიზაციის მეთოდებს. სტუდენტები სწავლობენ ციფრული ხელსაწყოების გამოყენებას, ეუფლებიან მოდელირებისა და სიმულაციის ტექნიკებს. ეს კომპეტენციები იძლევა უნარს ეფექტურად ჩაებას საინფორმაციო საზოგადოებაში.

ანალიტიკური კომპეტენციების ჩამოყალიბება ეხება კრიტიკული აზროვნების უნარებს, პრობლემების სისტემური ანალიზისა და მოგვარების მეთოდებს. ინოვაციური პროექტები ხელს უწყობს უნარების განვითარებას, როგორცაა რთული ამოცანების დეკომპოზიცია, ალტერნატიულ გადაწყვეტილებათა შეფასება/მიღება, განსაკუთრებით განუსაზღვრელობის პირობებში.

ინოვაციური პროექტები ქმნის ისეთ გარემოს, სადაც სტუდენტები ერთდროულად სწავლობენ შემოქმედებითი პროცესების მართვას და ინოვაციების კომერციალიზაციას.

კომუნიკაციური კომპეტენციების განვითარება მოიცავს ეფექტურ ინტერაქციას სხვადასხვა სუბიექტთან. ინოვაციური პროექტები ითხოვს პრეზენტაციების მომზადებას, პროექტის დოკუმენტაციას, თანამშრომლობას მულტიდისციპლინურ გარემოში. ეს კომპეტენციები განსაზღვრავს ეფექტურ ფუნქციონირებას საინფორმაციო საზოგადოების განაწილებული სტრუქტურების ჩამოყალიბებაში.

ამგვარად, საუნივერსიტეტო განათლება ითვლება ერთ-ერთ პრიორიტეტულ საბაზო სფეროდ საინფორმაციო (ანუ ცოდნის) საზოგადოების ფორმირებისათვის [11-13].

სტატიის მომდევნო ნაწილში წარმოდგენილია სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის „პროგრამული ინჟინერიის“ კონცენტრაციით შემუშავებული რამდენიმე სტუდენტური (2024/2025 წლის) პროექტი, რომლებმაც წარმატებით გაიარეს პლაგიატის საკონტროლო ეტაპიც და დასკვნითი გამოცდის საფეხურიც. პროექტების თემატიკა შერჩეულ იქნა თვით სტუდენტთა ინიციატივით (ხელმძღვანელთან კონსულტაციის გზით) და მოიცავს ICT სფეროს გამოყენების საკითხებს, ინფორმაციული სისტემების, ხელოვნური ინტელექტის, კიბერუსაფრთხოების და სხვა ახალი ციფრული ტექნოლოგიების საფუძველზე.

➤ „საუნივერსიტეტო პროცესების მართვის გაუმჯობესება ITIL/Agile მეთოდოლოგიებისა და Jira პლატფორმის ინტეგრაციის საფუძველზე“ [14,15]. დისერტაციაში შემუშავებულია უნივერსიტეტისათვის სპეციალურად მორგებული მოდელი, რომელიც აერთიანებს ITIL-ის სტანდარტებს, Agile მეთოდოლოგიურ მიდგომებს და Jira Service Management-ის პლატფორმას, რაც ქმნის მოქნილ, მომხმარებელზე

ორიენტირებულ და ავტომატიზირებულ სერვისის სისტემას; შესრულებულია კონკრეტული ბიზნეს-პროცესის (საერთაშორისო სტუდენტების განაცხადების მიღების) მოდელირება Jira Service Management-ში, რაც ახლებურად აჩვენებს ITIL-ის გამოყენების შესაძლებლობას აკადემიურ გარემოში; პირველად არის აღწერილი კონკრეტული უნივერსიტეტის ბიზნესპროცესის მოდელირება და ოპტიმიზაცია Agile iterations პრინციპზე დაყრდნობით, რაც უზრუნველყოფს უწყვეტ გაუმჯობესებასა და ადაპტაციას; შეფასებულია პროცესის სრულყოფის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლები – რეაგირების დრო, მომხმარებელთა კმაყოფილება, პროცესის გამჭვირვალობა; შემუშავებულია რეკომენდაციები უნივერსიტეტებისათვის ITIL-ის, Agile და JSM-ის ინტეგრაციის საფუძველზე, რაც წარმოადგენს ინოვაციურ და პრაქტიკულად მეტად აქტუალურ და გამოსადეგ მიდგომას.

➤ „ელექტრონული სერვისების დეველოპმენტი თვითმომსახურების აპარატებისთვის“ [16]. დისერტაციის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს არსებული თვითმომსახურების აპარატების და მათი სერვისების პრობლემების სისტემური ანალიზის ჩატარებაში, მათ კლასიფიკაციასა და არსებული მდგომარეობის სრულყოფის მიზნით თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტისა და მონაცემთა დამუშავების სრულყოფილი მეთოდების ეფექტიანი გამოყენებით. საბოლოო შედეგია ეფექტური, მოქნილი და ადაპტირებული თვითმომსახურების სისტემების შექმნა, რაც მომხმარებლის გამოცდილების გაუმჯობესებას და მომსახურების ხარისხის ამაღლებას უწყობს ხელს. გამოკვლეულ იქნა მომხმარებელთა მოთხოვნილებები არსებული ბიზნესპროცესების და ბიზნესწესების ფორმალიზაციის საშუალებით, UML ენის საფუძველზე. რამაც შესაძლებელი გახადა ე.წ. CASE ტექნოლოგიების გამოყენება, დიზაინისა და პროგრამირების პროცესების ავტომატიზაცია კოდის ავტომატური გენერირების ჩათვლით. დისერტაციის პრაქტიკული, ექსპერიმენტული ნაწილი შერულდა „ფიზიკური პირის საბაჟო დეკლარაციის“ ინფორმაციული სისტემის აგების მაგალითზე. პროტოტიპის სახის ასეთი სისტემა მომხმარებლის მიერ შეყვანილ მონაცემებს ავტომატურად ამუშავებს და შესაბამის დოკუმენტაციას მიაწვდის მომხმარებელს (რომელიც იგი ადრე მეტაჟე ოპერატორისგან იღებდა). ადმინისტრაციული პროცედურების ავტომატიზაცია ეფექტურად უწყობს ხელს როგორც მომხმარებელთა კმაყოფილების გაზრდას, ასევე ადმინისტრაციული რესურსების რაციონალურ გამოყენებას. უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი პროექტი გათვლილია საერთაშორისო მომხმარებლებზე, შესაბამისად, ის მხარს დაუჭერს მრავალ ენას, რათა სხვადასხვა ქვეყნის მოქალაქეებისთვის გამოყენების გამოცდილება იყოს მაქსიმალურად კომფორტული. შესაბამისად, სისტემის ინტერფეისის დიზაინი არის მარტივი და ინტუიციური. პროექტი მუშაობს პროგრამირების C# (back-end) და Angular (front-end ფრეიმვორკის) ენებზე, .NET პლატფორმაზე, აგრეთვე მონაცემთა განაწილებული ბაზის Oracle-ს საფუძველზე.

➤ „საძიებო სისტემის ოპტიმიზაციის ალგორითმის შემუშავება და ინტეგრაცია ვებ ტექნოლოგიებში“ [17]. დისერტაციის ინოვაციურობა, ანუ სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს ისეთი საძიებო სისტემის ოპტიმიზაციის (SEO)-ს ალგორითმის შემუშავებასა და რეალიზაციაში, რომელიც მიზნად ისახავს JavaScript-ზე დაფუძნებულ ფრონტ-ენდ ფრეიმვორკებით (Angular, React, Vue.js) შექმნილი Single Page Application (ერთგვერდიანი - SPA) ტიპის ვებ გვერდის მაღალ ინდექსირებას Google-ის საძიებო სისტემებში. ნაშრომის ორიგინალობა იმ სიახლეშია, რომელიც ახორციელებს: საძიებო სისტემის ოპტიმიზაციის (SEO)-ს ალგორითმის ინტეგრირებას ფრონტ-ენდ ფრეიმვორკში; ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირებას Angular ფრეიმვორკში ჩატბოტის სახით, რომელიც ასრულებს ონლაინ კონსულტაციას, კერძოდ მომხმარებლის მიერ დასმული კითხვის შინაარსობრივი ანალიზის საფუძველზე ახდენს შესაბამისი პასუხის დაბრუნებას. აღნიშნული ზრდის ვებ-გვერდზე მომხმარებლის სესიის დროს და აუზმობებს ვებ-გვერდის ინდექსაციას საძიებო სისტემებში; დინამიკური საკვანძო სიტყვების მართვის ალგორითმის შემუშავებას და ინტეგრაციას, რაც ხელს უწყობს ვებ-გვერდის შინაარსის სწორ ანალიზს და ინდექსირებას Google-ს „ვებ-მცოცავების“ მიერ; AJAX API Rendering ტექნოლოგიას და მარტივი შეწონილი ჯამის მეთოდის გამოყენებას, რაც მნიშვნელოვნად აუზმობებს ვებ-გვერდების ინდექსირებას და ხილვადობას საძიებო სისტემებში.

➤ „ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაცია ციფრული საწყობების მართვაში ASP.NET Core-ის მოდულარული არქიტექტურის გამოყენებით“ [18]. ინოვაციური სამაგისტრო ნაშრომი ეხება ციფრული საწყობის (საცავის) სისტემის დაგეგმვას, შექმნას და ანალიზს ASP.NET Core ტექნოლოგიით. კერძოდ, იგი ყურადღებას ამახვილებს, თუ როგორ შეუძლია სწორად დაგეგმილ ციფრულ სისტემას მარაგების ეფექტური კონტროლი, შეცდომების შემცირება და ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაცია. ნაშრომის

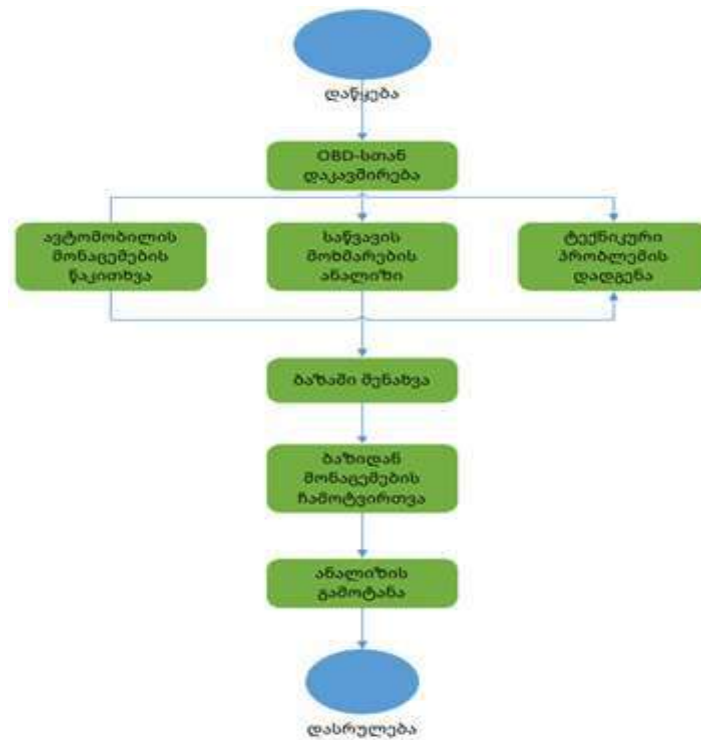
ორიგინალური მხარეა მოდულარული არქიტექტურის შემუშავება რომელიც პირდაპირ გავლენას ახდენს შექმნილი სისტემის კოდის სტაბილურობაზე და RESTful API-ის სტრუქტურაზე. კვლევა ყურადღებას ამახვილებს იმაზე, თუ როგორ შეუძლია სწორად დაგეგმილ ციფრულ სისტემას მარაგების ეფექტური კონტროლი, შეცდომების შემცირება და ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაცია, რაც მნიშვნელოვანია როგორც ადგილობრივ, ასევე გლობალურ დონეზე. აპლიკაციის ავთენტიფიკაცია და ავტორიზაცია რეალიზებულია JWT (JSON Web Token) ტოკენების მეშვეობით, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლის სესიების დაცულ მართვას. არქიტექტურული თვალსაზრისით, შემუშავებულია მოდულარული არქიტექტურა რომელიც ითვალისწინებს პროექტის ლოგუკურად დახარისხებას კომპონენტებად და ფენებად, სადაც დანერგილია Domain-Driven Design (DDD) და Command Query Responsibility Segregation (CQRS) პატერნები. ისინი მონაცემთა წაკითხვისა და ჩაწერის ოპერაციების გამიჯვნით ხელს უწყობს სისტემის მაღალ წარმადობას და გამართულობას. საცავის მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიების (WMS-ის) დანერგვა და ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაცია საშუალებას იძლევა გამჭვირვალედ აკონტროლონ საწყობის პროცესები და ავტომატიზაციის მეშვეობით დაზოგონ დრო და რესურსები.

➤ „ფეხბურთის კლუბის მენეჯმენტის სისტემის შექმნა და რეალიზაცია Python ენის გამოყენებით“ [19]. სპორტული ინფორმაციის სფერო ერთ-ერთი უძველესი დროის, მაგრამ აქტუალური, დიდი და მრავალფეროვანი ინფორმაციის მატარებელი სისტემაა. ინტერნეტი მდიდარია მისი ინფორმაციით სპორტის მრავალ სახეობაში და, რაც მთავარია, იგი ძალზე პოპულარულია საზოგადოებისათვის სოციალურ ქსელებში. საბაკალავრო ინოვაციური პროექტი მიზნად ისახავს საფეხბურთო (ან სხვა სახის სპორტის) კლუბის სრულფასოვანი მენეჯმენტის სისტემის შექმნას, რომელიც მოიცავს შემდეგ საკითხებს: ფეხბურთელების სტატისტიკური მონაცემების სრულყოფილი მართვა, რათა მარტივად და გამჭვირვალედ მოხდეს თითოეული მოთამაშის შესრულების ანალიზი და გაუმჯობესება; კლუბის ფინანსური საქმიანობის მობილიზაცია, შემოსავლებისა და ხარჯების მართვა, ბიუჯეტის დაგეგმვა და ანგარიშგებების წარმოება; ტრანსფერების პროცესის ოპტიმიზაცია, რაც უზრუნველყოფს მენეჯერებს ფეხბურთელთა მიღების, გაგზავნისა და ტრანსფერული შეთანხმებების დროულ და ეფექტურ მართვას; ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ინდივიდუალური დიეტისა და ვარჯიშების რეკომენდაციების მისაღებად, რაც ხელს შეუწყობს სპორტსმენების ფიზიკურ მომზადებას და შედეგების გაუმჯობესებას; გუნდური მონაცემების ვიზუალიზაცია და შეფასება სხვადასხვა ასპექტში, როგორცაა გოლები, ასისტები და ტრამპები, გუნდის მუშაობის გამართული შეფასებისთვის და ა.შ. სისტემა აგებულია დაპროგრამების Python ენის გამოყენებით, ისეთი ბიბლიოთეკებით, როგორცაა PyQt5 (ინტერფეისისთვის), SQLite (მონაცემთა შენახვისთვის), Pandas და Matplotlib (ანალიტიკისთვის და ვიზუალიზაციისთვის). კომპიუტერული სისტემა ხელს შეუწყობს მცირე და საშუალო საფეხბურთო კლუბების ადმინისტრაციული და სპორტული მენეჯმენტის სრულყოფას და თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრირებას სპორტულ პროცესებში.

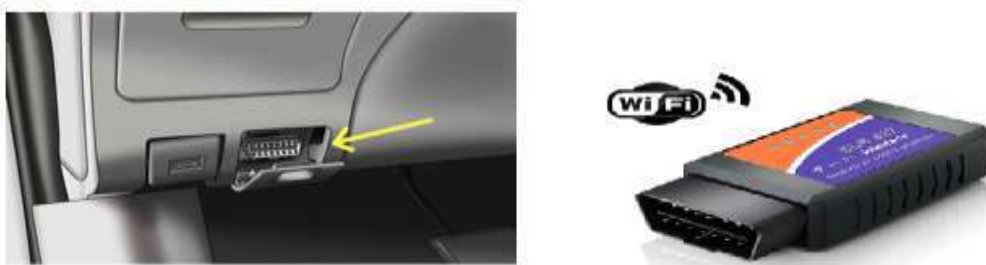
➤ „AI-ზე დაფუძნებული მცენარეთა დაავადების დიაგნოსტიკა და მოვლა ინტერფეისი Python ენის ბაზაზე“ [20]. სოფლის მეურნეობის სფეროში ხელოვნური ინტელექტის სისტემებისა და ინატრუმენტების დანერგვა მრავალფეროვანი და აქტუალურია. წინამდებარე სტუდენტური პროექტი ეხება სახეთა ამოცნობის მეთოდების გამოყენებას მცენარეთა დაავადებების დიაგნოსტიკისა და მათი მოვლის პროცესების განსაზღვრის მიზნით. დაავადებათა ამოცნობის თანამედროვე მიდგომა, რომელიც ეფუძნება *ხელოვნურ ინტელექტსა და კომპიუტერულ ხედვას*, დაავადების ამოცნობას ფოტომასალის ანალიზით ახორციელებს. იგი შეიძლება იყოს სოკოვანი, ვირუსული, ბაქტერიული დაავადება ან ფიზიკური დაზიანება – და მყისიერად მიაწვდის მომხმარებელს შესაბამის, პრაქტიკულ და დარგობრივად დაფუძნებულ რეკომენდაციებს მოვლისთვის. ამ პროცესში კონვოლუციური ნეირონული ქსელები (CNN) ამუშავებს მცენარის სურათს და ავტომატურად განსაზღვრავს დაავადების ტიპს. ეს უზრუნველყოფს სწრაფ, ზუსტ და ხელმისაწვდომ დიაგნოსტიკას.

➤ „OBD II-ზე დაფუძნებული ავტომობილის რეალურ დროში მონიტორინგის ინტერფეისი C# და WPF პლატფორმაზე“ [21]. სტუდენტური პროექტის მიზანია შეიქმნას თანამედროვე ავტომობილის დიაგნოსტიკური სისტემა, რომელიც დაეხმარება მძღოლებს ავტომობილის მდგომარეობის ზუსტ და დროულ მონიტორინგში. ეს სისტემა გამოიყენებს OBD-II (On-Board Diagnostics) ტექნოლოგიას, რათა მიიღოს მონაცემები ავტომობილის კომპიუტერისგან და წარმოაჩინოს ისინი ვიზუალიზირებულ და ადვილად აღსაქმელ ფორმატში. შედეგად, მძღოლებს ეძლევათ შესაძლებლობა, ადვილად გაეცნონ

ავტომობილის მიმდინარე ფუნქციებს, მუშაობას და მიიღონ გაფრთხილებები პოტენციური პრობლემების შესახებ. პროექტის ინოვაციურობა მდგომარეობს იმ კონცეფციაში, რომ ხელოვნური ინტელექტის (AI) და რეალტაიმის ტექნოლოგიების ინტეგრაციით უზრუნველყოფილია უფრო მაღალი ხარისხის მომსახურება, რაც სამომავლო ბაზარზე გამოიყენებს სამომხმარებლო ინტერფეისებს და ამასთანავე გააუმჯობესებს ავტომობილის მომსახურების ხარისხს. პროექტი მოიცავს: მონაცემთა ანალიზს (სიჩქარის, RPM-ის, ძრავის ტემპერატურის, საწვავის მოხმარების და სხვ.; მონაცემთა ვიზუალიზაციას - გრაფიკული ფორმატით შედეგების მიწოდება (მაგ: სტატისტიკა) და დიაგნოსტიკური კოდების (DTC) ანალიზი (პროგრამა ავტომატურად შეამოწმებს და ამოიცნობს ავტომობილის შეცდომებს) (ნახ.1).



ნახ. 1. ავტომანქანის დიაგნოსტიკის აქტიურობის დიაგრამა



ნახ 2. ობდ პორტის ადგილმდებარეობა და ELM 327 მოდული

WPF აპლიკაცია, რომელიც ჩვენ პროექტში შეიქმნა, უკავშირდება ELM327 მოწყობილობას Bluetooth-ის მეშვეობით და აგზავნის სტანდარტულ OBD ბრძანებებს (მაგალითად, 010C – RPM, 010D – სიჩქარე). მოწყობილობა პასუხობს შესაბამისი მონაცემებით, რომლებიც საჭიროებს გადამუშავებას და კონვერტაციას. აპლიკაცია არის desktop ტიპის პროგრამა, შექმნილი WPF (Windows Presentation Foundation) პლატფორმაზე, რაც უზრუნველყოფს თანამედროვე, ინტუიციური და გრაფიკულად მდიდარი ინტერფეისის შექმნას. სისტემის მთავარი ამოცანებია: ავტომობილის ტექნიკური მონაცემების მიღება OBD-II მოდულიდან; მონაცემების დამუშავება და შენახვა მონაცემთა ბაზაში; მომხმარებლისთვის გრაფიკული ვიზუალიზაცია; საწვავის ხარჯისა და ტექნიკური პრობლემების ანალიზი.

➤ **სხვა პროექტები** - ორი სტუდენტური პროექტი [23,24] იბეჭდება დამოუკიდებლად ამავე ჟურნალში სრული სახით. აქ მათ აღარ განვიხილავთ.

3. დასკვნა

შეიძლება ითქვას, რომ სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე განათლების სამივე საფეხურის სტუდენტები აქტიურად არიან ჩართულები აქტუალური და ინოვაციური სტუდენტური პროექტების, ნაშრომების და დისერტაციების შესრულების პროცესებში. ICT სფეროში შესრულებული შრომები ეყრდნობა თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტისა და კიბერუსაფრთხოების სისტემების მოთხოვნებს. ასეთი პრინციპების საფუძველზე პროექტდება მართვის საინფორმაციო სისტემების კლიენტ-სერვერული და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურები, რომელთა პროგრამული ინტერპრეტაცია და ტესტირება ასევე ხორციელდება უახლესი მეთოდოლოგიებით (Agile Software Development, Agile Testing) და ვერსიების მართვის DevOps მიდგომით.

ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესი უშუალო კავშირშია განათლების სისტემასთან და, კერძოდ, თითქმის ყველა დარგობრივ სფეროში კომპიუტერული მეცნიერების, ხელოვნური ინტელექტისა და პროგრამული ინჟინერიის მიღწევების დანერგვასთან. მასობრივი განათლება *კომპიუტინგის* ფართო სფეროში – არის და იქნება მომავალშიც საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიკური მდგრადი განვითარების ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. World Summit on the Information Society Forum 2025. Internet resource: <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2025/> (17.04.25)
2. CIAREI Congress „Communication, artificial intelligence, remediation, ethics and inclusion”. (29.09-1.10.2025), Strasbourg (France). Internet resource: <https://orbicom-2025.sciencesconf.org/?forward-action=index&forward-controller=index&lang=en> (5.05.25)
3. Generative Artificial Intelligence. Internet resource: https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_artificial_intelligence (5.05.25)
4. Intellectual Property Protection for Software: What You Need to Know. (2024). Internet resource: <https://www.questel.com/resourcehub/intellectual-property-protection-for-software/> (10.05.25)
5. ISO 27002:2022 – Control 5.32 – Intellectual Property Rights. (2025). Internet resource: <https://www.isms.online/iso-27002/control-5-32-intellectual-property-rights/> (10.05.25)
6. Lominadze T., Zhvania T., Petriashvili L., Kapanadze D., Surguladze G. (2024). Development of interdisciplinary research projects based on interfaculty cooperation of GTU (results and prospects). Transactions of GTU “Automated Control Systems. No 1(23), pp. 7-16. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
7. Anderson R.E. (2008). Implications of the information and knowledge society for education. University of Minnesota, Minnesota, MN, USA
8. Bozieva A.M., Zhurtov A.V., Bozieva M.M. (2018). Modern Information Society and its Impact on the Education. Publisher: IEEE, International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). St. Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8524904
9. What you need to know about UNESCO's new AI competency frameworks for students and teachers. Internet resource: <https://www.unesco.org/en/articles/what-you-need-know-about-unescos-new-ai-competency-frameworks-students-and-teachers> (20.05.25)
10. UNESCO. ICT Competency Framework for Teachers. Internet resource: https://teachertaskforce.org/sites/default/files/2020-07/ict_framework.pdf

11. Surguladze G., Papavadze S., Machaladze O. (2023). Information Society and Informatics Didactics. ISBN 978-9941-8-5443-9. Monograph. GTU, "IT Consulting Scientific Center", 260 p., (in Georgian)
12. Information Society and Interdisciplinary Didactics of Informatics. ISBN 978-1-8380555-5-4 (PDF). Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Cambridge, December 9, 2022. Cambridge-Vinnytsia: P.C. Publishing House & European Scientific Platform, 2022. DOI 10.36074/logos-09.12.2022. pp. 114-117.
13. Chogovadze G., Surguladze G., Topuria N., Kharitonashvili M. Information society and interdisciplinary learning based on digital technologies. ISBN 978-9941-8-3338-0. Monograph. GTU, Tbilisi, 2021. 360 p. (in Georgian)
14. Machaladze O. (2025). Improving University Management Processes Based on ITIL/Agile Methodologies and Jira Platform Integration. Doctoral these. Georgian Technical Univ., Tbilisi. -31 p.
15. Machaladze O. (2025), IT Infrastructure Management in Educational Institutions Using ITIL Framework and Atlassian Products JIRA. American Journal of Engineering Research, Vol.14, Issue 3, March 2025. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250402>
16. Chakvetadze T. (2025). The Evolution of Services Used By The Government. (04/14/2025). Available at SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5188099
17. Kapanadze G. (2024). Integration of Artificial Intelligence into the Angular Framework. Transactions of GTU "Automated Control Systems. No1(37). Tbilisi, pp.59-64. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
18. Esiashvili L. (2025). Automating business processes in digital warehouse management using ASP.NET Core's modular architecture. Master's Thesis, Fac.of Informatics, GTU. Tbilisi, 67 p. (in Georg.)
19. Petriashvili S. (2025). Creation and Implementation of a Football Club Management System using Python. GTU Faculty of Informatics Bachelor's Project (in Georgian)
20. Grdzlishvili T. (2025). Building an AI-based Plant Disease Diagnosis and Maintenance System Based on the Python Language. GTU Faculty of Informatics Bachelor's Project (in Georgian)
21. Khachidze L. (2025). Real-time Vehicle Monitoring Interface Based on OBD-II on C# and WPF Platforms. GTU Faculty of Informatics Bachelor's Project (in Georgian)
22. Surguladze G., Nareshelashvili G., Machalade O., Dalakishvili G. (2025). SOFTWARE DEVELOPMENT. Textbook. ISBN 978-9941-8-7053-8. GTU, „IT-Consulting Scientific Center", Tbilisi. -513 p., (in Russian)
23. Surguladze G., Ibadov I., Nareshelashvili G., Shurgaia I. (2025). Automation of processes of management of university students' achievement. Transactions of GTU "Automated Control Systems. No1(39). Tbilisi, pp.15-21. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Russian)
24. Topuria N., Sheklashvili M., Surguladze G., Geladze B. (2025). Automation of processes of analysis of unstructured data and their transformation into structured using modern methods of information mining. Transactions of GTU "Automated Control Systems. No1(39). Tbilisi, pp.99-104. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian).

(სტატია მიღებულია 15.04.2025)

FORMATION OF AN INFORMATION SOCIETY WITH THE INVOLVEMENT OF STUDENTS IN THE PROCESS OF IMPLEMENTING INNOVATIVE PROJECTS.

Lominadze Tamar, Zhvania Taliko, Kaishauri Tinatin, Otkhozoria Nona, Petriashvili Lili, Kapanadze Davit, Surguladze Gia, Grdzlishvili Tamta, Petriashvili Saba, Khachidze Luka, Esiashvili Levan, Kapanadze Giorgi, Machaladze Otar, Chakvetadze Tornike

Georgian Technical University

t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, t.kaishauri@gtu.ge, n.otkhozoria@gtu.ge,
l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge, petriashvili.saba@gtu.ge,
grdzelishvili.tamta@gtu.ge, khachidze.luka@gtu.ge, esiashvili.levan22@gtu.ge,
giorgi.kapanadze1991@gmail.com, otomachaladze@gmail.com, t.chakvetadze@rs.ge

Summary

Examples of active participation of students of the Georgian Technical University in the processes of solving a global world problem - the formation of an information society are considered. In particular, the participation of successful students of the Software Engineering Department of the Faculty of Informatics and Control Systems in the process of implementing innovative student projects, the results of their scientific research at the bachelor's, master's and doctoral levels are considered. The main scientific and practical results of the work reflect the current directions of development of the ICT sphere in the field of computer science and engineering, artificial intelligence and cybersecurity, etc., as well as solutions to problems that are so important for the formation of an information society and the future sustainable development of its socio-economic level.

(Received 15.04.2025)

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА И ВОВЛЕЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕСС РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Ломинадзе Т., Жвания Т., Каишаури Т., Отхозория Н., Петриашвили Л., Капанадзе Д.,
Сургуладзе Г., Грдзелишвили Т., Петриашвили С., Хачидзе Л., Есиашвили Л.,
Капанадзе Г., Мачаладзе О., Чакветадзе Т.

Грузинский Технический Университет

t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, t.kaishauri@gtu.ge, n.otkhozoria@gtu.ge,
l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge, petriashvili.saba@gtu.ge,
grdzelishvili.tamta@gtu.ge, khachidze.luka@gtu.ge, esiashvili.levan22@gtu.ge,
giorgi.kapanadze1991@gmail.com, otomachaladze@gmail.com, t.chakvetadze@rs.ge

Резюме

Рассматриваются примеры активного участия студентов Грузинского технического университета в процесс решения глобальной мировой проблемы – формирования информационного общества. В частности, рассматривается участие успешных студентов департамента «Программной инженерии» факультета информатики и систем управления в процессе реализации инновационных студенческих проектов, результаты их научных исследований на уровне бакалавриата, магистратуры и докторантуры. Основные научные и практические результаты работ отражают актуальные направления развития сферы ИСТ в области компьютерных наук и инженерии, искусственного интеллекта и кибербезопасности и т.д., а также решения задач, столь важных для формирования информационного общества и будущего устойчивого развития его социально-экономического уровня.

(Поступила 15.04.2025)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕНЕДЖМЕНТА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗ-а

Сургуладзе Гия, Ибадов Илькин, Нарешелашвили Гулбаат,
Шургая Иракли

Грузинский Технический Университет

g.surguladze@gtu.ge, ibadov.ilkin@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge,
i.shurghaia@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются вопросы организационного управления системой Университета, в частности постановка и решение оперативных задач автоматизации процессов учета успеваемости студентов и определения их контингента на факультете для назначения им стипендии. Излагаются результаты системного анализа данной проблемы, определены инфраструктура системы на основе теории чистой архитектуры (СА), информационная база, критерии оценки уровня успеваемости студентов и соответствующие алгоритмы и программы разработанной подсистемы „АСУ Студент“. Объектно-ориентированное проектирование целевой системы выполнялось на основе языка унифицированного моделирования (UML), а программная реализация соответствующей аппликации – на платформе Visual Studio .NET 8.0 (C# и БД SQL Server).

Ключевые слова: АСУ. Организационное управление. ВУЗ. Учебный процесс. Студент. Стипендия. Автоматизация процессов. Чистая архитектура. Алгоритм. Программа. UML. Visual Studio.NET.

1. Введение

В наше время, когда информационные технологии занимают все большее место в различных аспектах современной жизни, трудно представить себе, что управление таким процессом, как обработка информации о начислении стипендий студентам даже в сравнительно небольшом учебном заведении осуществляется вручную, практически невозможно. Поэтому проблема создания подобной автоматизированной системы весьма актуальна, поскольку объем обрабатываемой информации в деканате факультета информатики и систем управления технического университета значителен и вручную справиться с таким количеством данных не только сложно и трудоемко, но экономически невыгодно. Таким образом, можно говорить об актуальности разработанного проекта

2. Основная часть

Система „АСУ Студент“ обеспечивает учёт личных дел студентов, их посещаемости и успеваемости, формирование приказов и отчётов.

Система предназначена для использования в образовательных учреждениях — в первую очередь, в университетах, колледжах и техникумах. Основными пользователями программного продукта станут сотрудники учебных отделов, деканатов и бухгалтерий, ответственные за учёт успеваемости студентов, расчёт академических и социальных стипендий, а также за подготовку справок по запросу студентов или внешних организаций.

Системный администратор — технический актёр, отвечающий за администрирование системы. Он управляет пользователями системы, настраивает и даёт доступы, а также отвечает за резервное копирование базы данных.

Программа АСУ (Автоматизированная Система Управления) — виртуальный актёр, представляющий автоматизированную часть системы. Именно эта подсистема выполняет:

- расчёт успеваемости (GPA) по введённым предметам и оценкам;
- проверку права на стипендию;
- генерацию списка студентов с высокой успеваемостью ($GPA \geq 91$), который затем поступает на рассмотрение и на подпись декану.

В диаграмме отражены следующие основные действия системы по выдаче стипендии студентам, и кто за что отвечает.

Сотрудник деканата:

- Добавить студента — ввод ФИО, группы, курса, номера паспорта, оценок.
- Рассчитать GPA — вызывается вручную (включён в добавление).
- Проверить право на стипендию — логическая проверка по результату GPA.
- Оформить справку — создание документа на студента со всеми атрибутами (дата выдачи, назначение стипендии, компенсация за проезд).
- Выдать справку — завершающий этап, возможен только после подписи декана.
- Экспорт в Excel / Word — дополнительные действия, связанные с обработкой справки.
- Удалить / редактировать студента, отправить в архив / восстановить, фильтрация и поиск — вспомогательные действия, поддерживающие жизненный цикл данных в системе.

Диаграмма прецедентов позволила: чётко разделить ответственность между актёрами; отразить как ручные, так и автоматические процессы; встроить бизнес-логику утверждения стипендий на основе реальных критериев; обеспечить прозрачность и полноту функциональности.

В рамках разработки системы учёта успеваемости студентов принципы чистой архитектуры были адаптированы к особенностям настольного приложения на базе технологий C# и WPF [1].

Сущности. На уровне сущностей реализованы базовые модели:

- Класс Student содержит основную информацию о студенте (ФИО, номер паспорта, факультет, курс и т.д.).
- Класс Subject описывает отдельную дисциплину и полученные оценки.
- Класс ScholarshipCalculator инкапсулирует правила расчёта средней оценки (GPA) и определения права на получение стипендии.

Эти сущности не зависят от пользовательского интерфейса, базы данных или каких-либо других внешних факторов. Они отражают только суть бизнес-правил проекта.

Сценарии использования. На уровне Use Cases реализованы основные бизнес-процессы:

- Добавление нового студента с автоматической проверкой уникальности паспортных данных.
- Расчёт средней успеваемости студента на основании введённых оценок.
- Определение права на получение академической стипендии (если средний балл выше заданного порога).
- Учет социального статуса студента для расчёта права на получение социальной стипендии.

Логика этих сценариев изолирована от технических деталей реализации.

➤ **Адаптеры интерфейсов**

Этот уровень отвечает за обработку взаимодействий между пользователем и системой:

- Форма добавления студента принимает данные, проверяет их на корректность и передаёт в бизнес-логику.
- Окно расчёта стипендии принимает оценки, запускает расчёт и отображает результаты пользователю.
- Модуль работы с базой данных преобразует объекты доменной модели в записи таблиц SQLite и обратно.

Адаптеры интерфейсов создают мост между миром пользователя и внутренним устройством приложения.

➤ **Фреймворки и драйверы**

Самый внешний уровень представляет собой конкретные реализации:

- Графический интерфейс разработан с использованием Windows Presentation Foundation (WPF).
- Для хранения данных используется встроенная база данных SQLite, которая обеспечивает надёжность и компактность решения.

Эти элементы можно изменить в будущем без нарушения работы всей системы, поскольку они слабо связаны с внутренней логикой.

➤ **Диаграмма активности:**

Activity Diagram показывает как происходит выполнение действий в рамках бизнес-логики приложения. В ней описывается пошаговый процесс, можно даже сказать маршрут от запуска системы до назначения стипендии и выдачи справки, с учётом условий, логических развилки и участников процесса (Рис. 2).

В рамках текущего проекта основной процесс начинается с того, что сотрудник деканата запускает программу и начинает работу с добавления нового студента. После ввода необходимых данных (ФИО, номер паспорта, курса), сотрудник деканата совершает расчёт среднего балла (GPA), вводятся предметы и баллы студента, и калькулятор автоматический рассчитывает средний балл. Система проверяет, превышает ли этот показатель установленный порог — 91, и автоматически вносится в поле с данными о студенте.

После вычисления GPA предусмотрена проверка:

- Если GPA ниже 91, система делает вывод, что студент не соответствует критериям получения стипендии. Его данные сохраняются в базе, и оформление справки не производится.
- Если же GPA равен или выше 91, то система определяет, что студент потенциально имеет право на академическую стипендию. Сотрудник деканата начинает оформлять справку: заполняются дата выдачи, дата назначения, окончания и при необходимости компенсация за пользование общественным транспортом. После этого справка распечатывается и подписывается деканом.

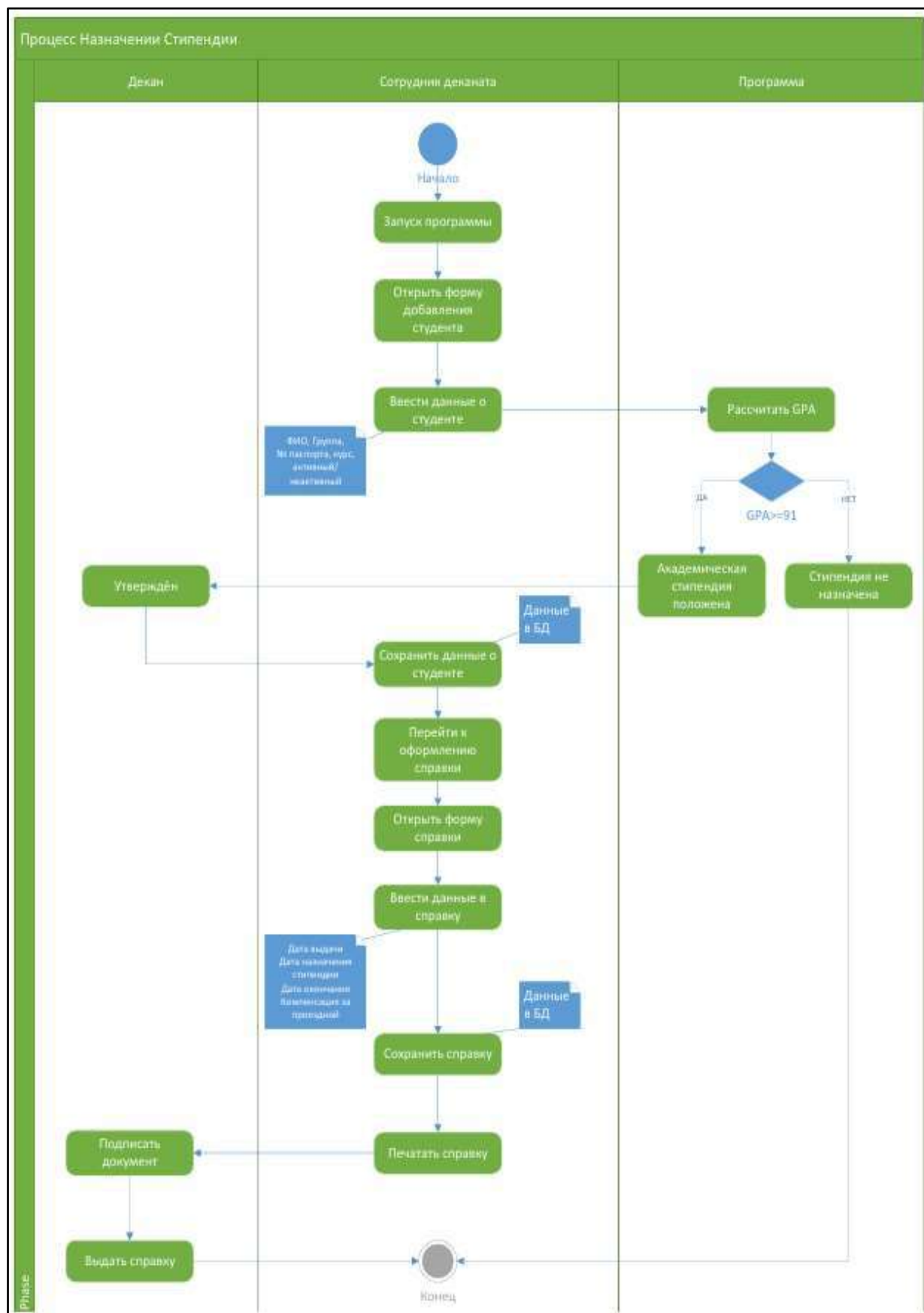


Рис. 2. Диаграмма активности процесса оформления академической стипендии

3. Выводы

В данной работе была спроектирована и реализована программная система назначения академической стипендии для студентов вуза.

Система охватывает полный цикл обработки: от регистрации студента, расчёта среднего балла и определения права на стипендию — до формирования официальной справки и её экспорта в электронные документы. Кроме того, в системе реализованы фильтрация, архивация, восстановление записей, а также базовые средства безопасности и авторизации пользователей.

Интерфейс разработан с использованием WPF на языке программирования C#, а для хранения данных применена встроенная база SQLite.

Система ориентирована на сотрудников деканата и разработана таким образом, чтобы все действия могли выполняться без привлечения технических специалистов. Поддержка авторизации и встроенная валидация данных обеспечивает защиту от ошибок и несанкционированного доступа.

В результате реализации проекта были достигнуты все поставленные цели. Разработанное программное обеспечение может быть использовано как основа для более масштабных систем управления учебными процессами или интегрировано в существующие решения вуза.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Сургуладзе Г., Нарешелашвили Г., Мачаладзе О., Далакишвили Г. Девелопмент программных продуктов. Учебник. ISBN_978-9941-8-7053-8. ГТУ, „Научный центр IT-консалтинга“, Тбилиси. 2025. -513 стр.
2. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. ISBN 978-5-4461-0772-8. — СПб.: Питер, 2018. — 352 стр.
3. Model-View-ViewModel (MVVM) — шаблон проектирования архитектуры приложения. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-ViewModel>
4. Microsoft Learn. Документация по WPF. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/overview/>
5. Dapper ORM. URL: <https://github.com/DapperLib/Dapper>
6. Сургуладзе Г., Нарешелашвили Г. Основы программной инженерии. Учебное пособие. ISBN_978-9941-8-5590-0. ГТУ, „Научный центр IT-консалтинга“, Тбилиси. 2023. -171 стр.

(Поступила 30.04.2025)

AUTOMATION OF PROCESSES OF MANAGEMENT OF UNIVERSITY STUDENTS' ACHIEVEMENT

Surguladze Gia, Ibadov Ilkin, Nareshelashvili Gulbaat, Shurghaia Irakli

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, ibadov.ilkin@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge,

i.shurghaia@gtu.ge

Summary

This article explores the organizational management aspects of a university system, with particular emphasis on the formulation and resolution of operational tasks aimed at automating the processes of academic performance monitoring and determining student cohorts within faculties for scholarship allocation. The study presents the outcomes of a comprehensive systems analysis, outlines the system's infrastructure based on Clean Architecture (CA) principles, and defines the informational foundation, criteria for evaluating student performance, as well as the algorithms and software components implemented in the developed subsystem "Student Management Information System (SMIS)". The design of the target system was carried out using an object-oriented approach and modeled with the Unified Modeling Language (UML). The software implementation of the application was developed on the Visual Studio .NET 8.0 platform, utilizing C# as the programming language and SQL Server as the database management system.

(Received 30.04.2025)

უნივერსიტეტის სტუდენტების მიღწევების მართვის პროცესების ავტომატიზაცია

სურგულაძე გია, იბადოვ ილკინი, ნარეშელაშვილი გულბათ,
შურღაია ირაკლი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.surguladze@gtu.ge, ibadov.ilkin@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge,
i.shurghaia@gtu.ge

რეზიუმე

განიხილება უნივერსიტეტის, როგორც ორგანიზაციული მართვის სისტემის საკითხები, კერძოდ სტუდენტებისათვის სტიპენდიის დანიშვნის პროცესები ავტომატიზაცია. მოყვანილია აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის შედეგები სისტემური ანალიზის ჩატარების საფუძველზე. განსაზღვრულია სისტემის ინფრასტრუქტურა სუფთა არქიტექტურის (CA) თეორიის გამოყენებით. შემუშავებულია საინფორმაციო ბაზა, სტუდენტების ცოდნის დონისა და მათი მოსწრების კრიტერიუმი. წარმოდგენილია „სტუდენტები“-ს ინფორმაციული სისტემის სეწრვისული ალგორითმები და პროგრამები და მათი მუშაობის შედეგების ანალიზი. სისტემის ობიექტ-ორიენტირებული პროექტირება განხორციელებულია უნივერსალური მოდელირების ენაზე (UML), ხოლო შესაბამისი აპლიკაციის პროგრამული რეალიზაცია Visual Studio .NET 8.0 პლატფორმაზე (C#, WPF App და SQL Server ბაზით).

(სტატია მიღებულია 30.04.2025)

APPLICATION OF PROBABILISTIC CRITERIA IN RISK ASSESSMENT IN INFORMATION SECURITY ISSUES IN LARGE-SCALE SYSTEMS

Valida Sesadze, Gela Chikadze, Gocha Dalakishvili
Georgian Technical University
v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

Abstract

The article discusses the well-known methods of risk analysis of information security in the telecommunication network, Bayesian probabilistic methods, fuzzy logic, and the nearest false neighbor method. It should be noted that the mentioned methods are quite difficult to implement and do not allow (U) to analyze certain network attacks in real time. Therefore, in the article, we have presented combined (integrated) traditional methods, which show how they perform telecommunication traffic analysis and obtain appropriate results. This approach gives better results compared to traditional calculation and analysis tools. The article discusses existing methods based on well-known statistical principles and well-known theorems, which allow us to determine information security (IU) issues in telecommunication networks with an arbitrarily approach (with a certain probability). The paper also discusses (U) the modernized method of determining risks by probabilistic methods, where expected, typical threats related to risks in telecommunication networks are taken into account. There are some expensive software packages that are not efficient enough. The article is developed and presented based on an integral method, ultimately it can be considered as a fractal indicator related to the information security risks of the telecommunication system, through which we can draw a conclusion about the state of the telecommunication system. We realized the theoretical results of the mentioned paper using the Maple computer program.

Keywords: Large-dimensional system. Telecommunication network. Probabilistic method. Statistical method. Matrix theory. Security system. Risk theory. Computer modeling system.

1. Introduction

To create a model of the information security system of telecommunication networks, we proceed as follows: Suppose we have a certain telecommunication network, the structural scheme of which is given in Fig.1.

A telecommunication network is a set of telecommunication devices freely connected to each other (these devices are servers, routers, switches, etc.). Let's call one separate device a telecommunication network node, which in general has a unique IP address. Only authorized administrators will have access to individual nodes for debugging purposes. Let's do the numbering $i = \overline{1, N_p}$ by means of an index where N_p - Total number of nodes. Note that all telecommunications networks are not equivalent to each other, and their operation out of the normal mode requires different levels of criticality. Each node is uniquely vulnerable to different types of network attacks. That's why each one i Admissible sets of vulnerable situations should be defined for the node $\{U_{ik}\}(k = \overline{1, N_{ik}})$, where N_{ik} - is i Total number of vulnerabilities for the node.

Later, when building the model, we consider the case when we have the same number of possible vulnerabilities for each node. This is of course a limitation in terms of using the model, but the following must be said.

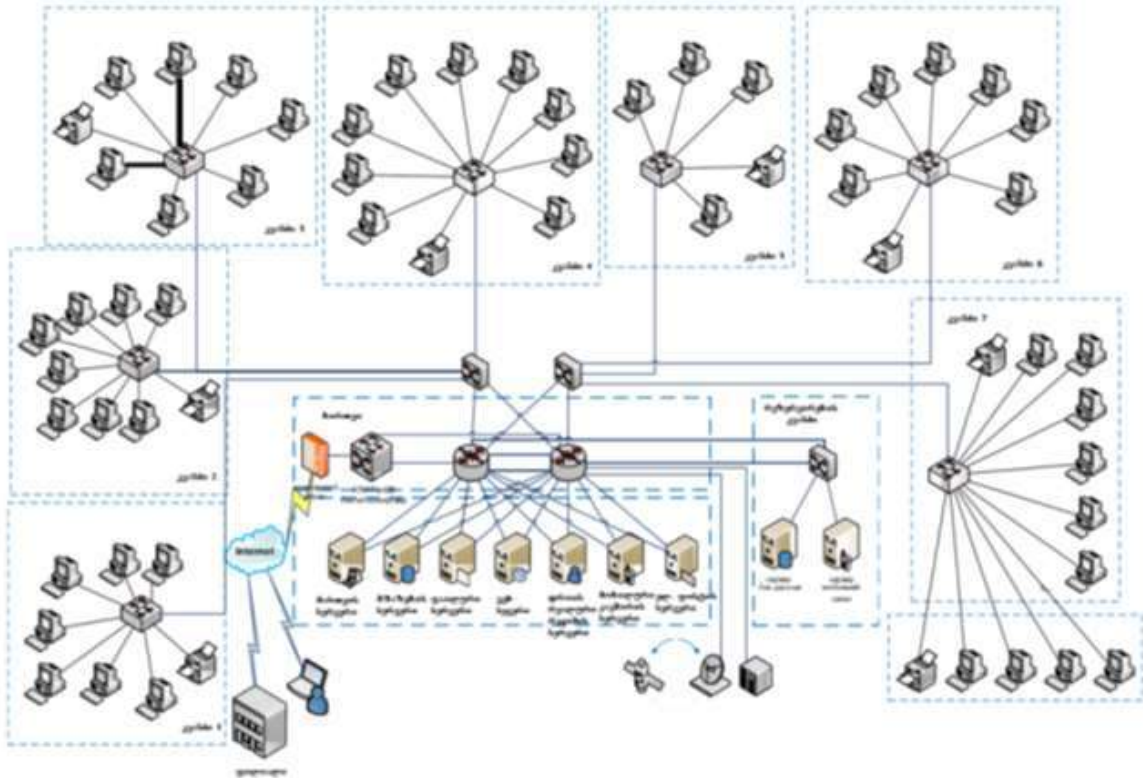


Fig. 1. General structural scheme of the telecommunication network

In most cases, the expected risks of vulnerability to attacks, which are characteristic of different nodes, are caused by similar reasons, but with different probabilities. Among the expected risks for each node from these attacks, the main types of network attacks, access to different network devices by illegitimate users, the existence of connection interfaces with external devices, etc. Sh. Therefore, it is enough to select a certain set of expected threats and spread it to other nodes. However, due to the fact that nodes are not equal in terms of the degree of critical situations in telecommunication networks as a whole, the use of the same set in the design of the model of expected risks will not bring proper results. That is why a different approach is used in the development of the model. Let's assume the following:

1) We have a full range of expected dangers of the telecommunication network as a whole (various types of network attacks, physical access, etc.). Let's celebrate This is this abundance i for the node $\{U_{ik}\} (k = \overline{1, N_{ik}})$. But for the node j

$\{U_{jk}\} (k = \overline{1, N_{jk}})$ etc.

2) Let us state that any i and j For numbered nodes $N_{ik} = N_{jk} (\forall i, j)$, which means an equal number of expected hazards.

3) For each node, let's introduce a vector of vulnerabilities, which should be given the following form:

$$U_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}, \quad (1)$$

where p_{im} – is i for the node m probability of effectiveness of numerical vulnerability action.

Let us now consider the origin of these probabilities. They are defined either by an expert or by generating network attacks on nodes to determine the probability for a particular node. Therefore m-he

to determine the probability of integral vulnerability, we must make a linear combination of the elements of the vector of probabilities Π_m with different weighting factors that will depend on the importance of the experts taking the data. In this case, for a specific node of the telecommunication system, we have:

$$\Pi_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{mN_s}\} \quad (2)$$

where p_{ms} - is m -of the number vulnerability s when inspecting a node.

Let's make a linear combination now Π_m from the elements of the vector

$$P_m = \alpha_{m1}p_{m1} + \alpha_{m2}p_{m2} + \dots + \alpha_{mN_s}p_{mN_s} = \sum_{s=1}^{N_s} \alpha_{ms}p_{ms} \quad (3)$$

where α_{ms} - is a weighting factor less than 1 upon inspection m on vulnerability. Similar integral features need to be introduced in each telecommunication system i for the node. Let's enter for each node P_{im} a quantity that corresponds to i for the node m - the effective action of the vulnerability. Therefore, for each node we can introduce an algebraic tensor on vulnerability as follows:

$$\hat{U}_{ims} = \begin{bmatrix} \alpha_{i11}p_{i11} & \alpha_{i21}p_{i21} & \dots & \alpha_{iN_k1}p_{iN_k1} \\ \alpha_{i12}p_{i12} & \alpha_{i22}p_{i22} & \dots & \alpha_{iN_k2}p_{iN_k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{i1N_s}p_{i1N_s} & \alpha_{i2N_s}p_{i2N_s} & \dots & \alpha_{iN_kN_s}p_{iN_kN_s} \end{bmatrix} = \{U_{ims}\} \quad (4)$$

where U_{ims} the element determines the probability that i an element occurs on an e-node and determines the probability that m vulnerability s during inspection. For simplicity, if we assume that the results of all checks are identical and assume that all $\alpha_{ims}=1$. in this case (4) the matrix will take the form:

$$\hat{U}_{ims} = \begin{bmatrix} p_{i11} & p_{i21} & \dots & p_{iN_k1} \\ p_{i12} & p_{i22} & \dots & p_{iN_k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{i1N_s} & p_{i2N_s} & \dots & p_{iN_kN_s} \end{bmatrix} = \{U_{ims}\} \quad (5)$$

Now let's note the following. As we have already said, a different number of checks is possible for each vulnerability, and a different number of vulnerabilities for each node. In this case, it is sufficient to obtain (5) for the insecurities not present in the tensor $U_{ims} < \varepsilon$ where ε - a given infinitesimal quantity in advance. For example, if there is no vulnerability number 2 for node 5, then the required element U_{52s} we should take a hundred $U_{52s} < \varepsilon$.

All in the telecommunication network i on the node Information security, we can use the following quantity as all integral characteristics:

$$K_i = \det[\hat{U}_{ims}]. \quad (6)$$

At the same time, it is not difficult to understand that what is smaller K_i The greater the magnitude, the smaller the total threat i on the node.

Now let's consider the task of calculating all the integral characteristics of the information security of the entire telecommunication network. Here we can have two approaches. The first approach is not to consider the vulnerability of each node as a critical indicator. And the integral indicator of the entire telecommunication network is obtained by simple multiplication of the total indicators of each node, that is, as follows:

$$K = \prod_{i=1}^{N_p} \det[\hat{U}_{ims}] = \prod_{i=1}^{N_p} K_i. \quad (7)$$

The study shows that such an approach does not adequately reflect the consideration of all the integral features of the telecommunication network as a whole. For example, if we have a network based on two basic switching cores and access levels on switches located in specific enterprise subdivisions, Then a switch failure at any level will not affect the operation of the entire telecommunication network, but practice shows that during an attack on the network, we may have a different result. Therefore, it is fundamentally necessary to rank all nodes of the telecommunication network according to their level and vulnerability. In particular, at this time, it is convenient to introduce the critical vulnerability values of each node of the telecommunication network as follows:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_{N_p}\} \quad (8)$$

where w_i - is a telecommunications network each i The weight of the knot (minimum weight). The weight should vary between $[0,1]$. The weights are determined by experts (auditors) based on the analysis of the structural diagram of the telecommunication network

The weights are determined by experts (auditors) based on the analysis of the structural diagram of the telecommunication network:

$$K = w_1 K_1 + w_2 K_2 + \dots + w_{N_p} K_{N_p} = \sum_{i=1}^{N_p} w_i K_i.$$

Therefore, the following algorithm can be used to determine the information security level of the telecommunication network:

- 1) Telecommunication analysis of the structural scheme of the network and determination of the level of critical vulnerability of each node
- 2) $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{N_p}\}$ find a vector;
- 3) Especially the definition of the spectrum of characteristic vulnerabilities expected for this particular network (network attacks, physical penetration into the network or building, etc.) and, accordingly, the composition of the vulnerability vector for each node $\mathbb{U}_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}$;
- 4) Let's make each one i State vector for vulnerability for a node
- 5) $\Pi_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{N_s}\}$;
- 6) (5) and (6) using formulas each i Information security risk level for the node;
- 7) Let's determine the integral indicators of information security risk with formula (9).

3. Conclusion

The conclusion from this is that for the description of the entire telecommunication network, it is necessary to find two vectors for each node

$\mathbb{U}_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN_k}\}$ and $\Pi_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{mN_s}\}$ The elements of these vectors represent conditional probabilities that a given node will go into a non-functioning (damaged) state during the operation (testing) of the telecommunication network. That is, to determine this, it is necessary to develop a certain methodology to determine probabilities p_{ms} .

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Azhmukhamedov I.M. (2016). Management of information security risks in a context of uncertainty. I.M. Azhmukhamedov, O.N. Vybornova, Y.M. Brumshtein. Automatic Control and Computer Sciences. Vol. 50, N 8. pp. 657-663
2. De Assis M.V.O. (2015). Scorpius: sflow network anomaly simulator. Journal of Computer Science. Vol. 11. N. 4. pp. 662-674
3. Sesadze V. Chikadze G. Dalakishvili G. (2021). Fundamentals of Control Engineering. Textbook. ISBN 978-9941-8-3534-6. Tbilisi. 235 p., (in Georgian)
4. Chikadze Gela, Sesadze Valida. (2021). Mathematics on the Computer. Textbook. ISBN 978-9941-8-3533-9 Tbilisi. 296 p. (in Georgian)

(Received 3.05.2025)

ალბათური კრიტერიუმების გამოყენება რისკის შეფასებაში ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხების ფართომასშტაბიან სისტემებში

ვალადა სესაძე, გელა ჭიკაძე, გოჩა დალაქიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ტელეკომუნიკაციურ ქსელში ინფორმაციული უსაფრთხოების რისკების ანალიზის ცნობილი მეთოდები, ბაიესის ალბათური მეთოდები, ფაზური ლოგიკა და უახლოესი ცრუ მეზობლის მეთოდი. უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული მეთოდები საკმაოდ რთულია განსახორციელებლად და არ იძლევა (U)-ს საშუალებას, რეალურ დროში გააანალიზოს გარკვეული ქსელური შეტევები. ამიტომ, სტატიაში წარმოდგენილია კომბინირებული (ინტეგრირებული) ტრადიციული მეთოდები, რომლებიც აჩვენებს, თუ როგორ ახორციელებენ ისინი ტელეკომუნიკაციური ტრაფიკის ანალიზს და იღებენ შესაბამის შედეგებს. ეს მიდგომა უკეთეს შედეგებს იძლევა ტრადიციულ გამოთვლებისა და ანალიზის ინსტრუმენტებთან შედარებით. სტატიაში განხილულია არსებული მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია ცნობილ სტატისტიკურ პრინციპებსა და ცნობილ თეორემებზე, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს, თვითნებური მიდგომით (გარკვეული ალბათობით) განვსაზღვროთ ინფორმაციული უსაფრთხოების (IU) საკითხები ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში. ნაშრომში ასევე განხილულია (U) რისკების ალბათური მეთოდებით განსაზღვრის მოდერნიზებული მეთოდი, სადაც გათვალისწინებულია მოსალოდნელი, ტიპური საფრთხეები, რომლებიც დაკავშირებულია ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში რისკებთან. არსებობს რამდენიმე ძვირადღირებული პროგრამული პაკეტი, რომლებიც საკმარისად ეფექტური არ არის. სტატია შემუშავებული და წარმოდგენილია ინტეგრალური მეთოდის საფუძველზე, საბოლოო ჯამში, ის შეიძლება

ჩაითვალოს ფრაქტალურ ინდიკატორად, რომელიც დაკავშირებულია ტელეკომუნიკაციური სისტემის ინფორმაციული უსაფრთხოების რისკებთან, რომლის მეშვეობითაც შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა ტელეკომუნიკაციური სისტემის მდგომარეობის შესახებ. აღნიშნული ნაშრომის თეორიული შედეგები განვახორციელეთ Maple კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით.

(სტატია მიღებულია 3.05.2025)

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ В ПРОБЛЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ

Валида Сесадзе, Гела Чикадзе, Гоча Далакишвили
Грузинский Технический Университет
v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются известные методы анализа рисков информационной безопасности в телекоммуникационной сети, байесовские вероятностные методы, нечеткая логика и метод ближайшего ложного соседа. Следует отметить, что указанные методы достаточно сложны в реализации и не позволяют (U) анализировать определенные сетевые атаки в реальном времени. Поэтому в статье представлены объединенные (интегрированные) традиционные методы, которые показывают, как они выполняют анализ телекоммуникационного трафика и получают соответствующие результаты. Такой подход дает лучшие результаты по сравнению с традиционными инструментами расчета и анализа. В статье рассматриваются существующие методы, основанные на известных статистических принципах и известных теоремах, которые позволяют определять проблемы информационной безопасности (ИБ) в телекоммуникационных сетях с произвольным подходом (с определенной вероятностью). В статье также рассматривается (U) модернизированный метод определения рисков вероятностными методами, где учитываются ожидаемые, типичные угрозы, связанные с рисками в телекоммуникационных сетях. Существуют некоторые дорогостоящие программные пакеты, которые недостаточно эффективны. Статья разработана и представлена на основе интегрального метода, в конечном итоге ее можно рассматривать как фрактальный индикатор, связанный с рисками информационной безопасности телекоммуникационной системы, с помощью которого можно сделать вывод о состоянии телекоммуникационной системы. Теоретические результаты указанной статьи реализованы нами с использованием компьютерной программы Maple.

(Поступила 3.05.2025)

APPLICATION OF FRACTAL METHODS IN HIGH DIMENSIONAL SYSTEMS TO DETECT INFORMATION SECURITY VULNERABILITIES

Sesadze Valida, Chikadze Gela, Dalakishvili Gocha
Georgian Technical University
v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

Abstract

The article discusses some problems related to information security issues of large-scale systems. Already existing methods, such as Hurst's normalized displacement method, phase space reconstruction method, false Uach-Loess neighbor method, are discussed. Approaches to ensuring the information security of large systems of these methods have been established. The article presents ways and importance of using fractal structures in solving the mentioned problems. Graphic portraits of LAN and WAN traffic were obtained using Matlab. For the traffic of large systems, the state of the node is uniquely defined by a one-dimensional sequence of temporary reports. Therefore, we reconstructed the phase space according to the one-dimensional time series. After restoring the phase space of the system, it is necessary to determine how similar the initial and restored attractors are. We do this using the pseudo nearest neighbor method. As a result, we determined the P/N dependence of the recoverable phase space with the dimension of the phase space m . It was determined that the dimension of the phase space for the normal functioning of the traffic of large systems was found to be 13. Therefore, in addition to the Hurst index, which we will later use to determine the state of the system, the second index is the dimension of the reconstructed phase space. The results obtained in the article are implemented on a computer using the Maple and Matlab programs.

Keywords: Big system, security, risks, traffic, fractals, attractor, computer programs Maple and Matlab, phase space.

1. Introduction:

➤ Making calculations using Hurst's normalized displacement method

One of the main methods of describing deterministic chaos is represented by **Hurst's normalized displacement method (R/S analysis)**. Hurst's indicator is used as the main parameter for determining the quality of telecommunication traffic and the chaos of the entire system. According to this indicator, it is possible to discuss the fractal nature of the research object. Matlab and Maple programs were used to determine the structure of the fractal (self-similar) structure of the traffic, and the appropriate tests were carried out in the unit of time, and the comparison of the traffics is shown in Fig.1.

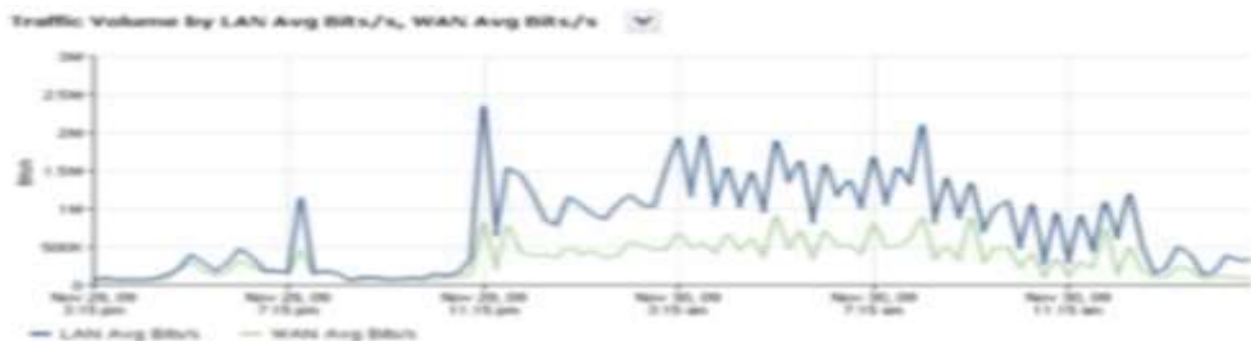


Fig. 1. Examples of LAN and WAN traffic in Matlab

Let's consider the calculation of Hurst's indicators for the telecommunication network. The graphs in Fig. 1 show network congestion per unit of time, so they can be used to detect fractals. From a practical point of view, the information about overcrowding in Kassel is especially important. The graph, which shows the number of information packets passing through the network in a unit of time, is so overloaded that it becomes quite difficult to establish the similarity of the traffic. At this time, it is expected that there will be many small packets of useless information in the network. From Fig. 1, we find that the process has a pulsating character for quite wide time scales. This allows us to talk about fractal self-similarity. Now let's consider a specific example of network congestion. The graph given in Fig. 2 corresponds to the time when there is no attack on the network on one of the hosts. Every second the network congestion in (bit/s) was recorded and the data was written to a file. The number of the record is indicated on the abscissa axis, and the network congestion (bit/s) on the ordinate axis.

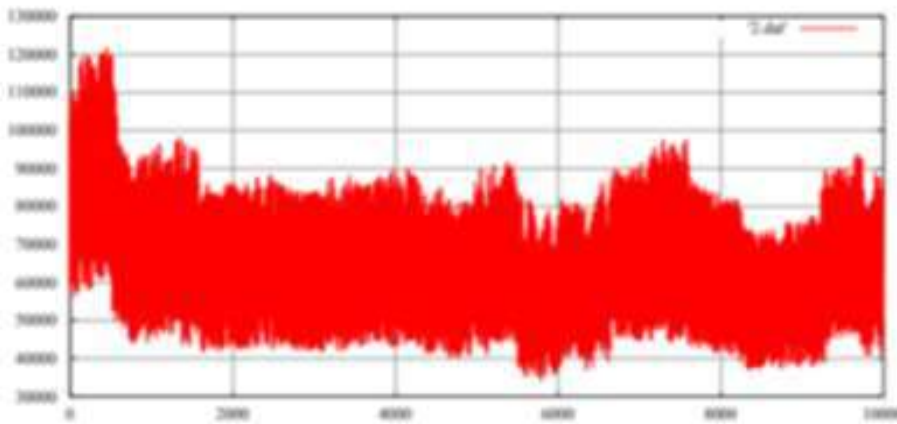


Fig. 2. Telecommunication network to be investigated

Let's explore the fractal nature of the traffic in this example. **Hurst index.** In his work, Hurst introduces a dimensionless normalized quantity that can describe the normalized strain (R/S). The calculation of the parameter given in various works is mainly based on the accumulated values of deviations from the average load of the large system. $\langle A \rangle_N$ N in time:

$$\langle A \rangle_N = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N A(n). \quad (1)$$

Then it will be calculated on the BJ

$X(n, N)$ so $A(n)$ accumulated deviation $\langle A \rangle_N$ from

$$X(n, N) = \sum_{p=1}^n \{A(p) - \langle A \rangle_N\} \quad (2)$$

where the mean value $\langle A \rangle_N$ Searches with (1).

The deflection amplitude of $X(n, N)$ is found by the difference between its maximum and minimum:

$$R(N) = \max_{1 \leq n \leq N} X(n, N) - \min_{1 \leq n \leq N} X(n, N) \quad (3)$$

The standard deviation is determined by the formula:

$$S(N) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{A(n) - \langle A \rangle_N\}^2} \quad (4)$$

Usually Hurst's normalized strain R/S is determined by the following empirical ratio:

$$R/S = (\alpha N)^H \quad (5)$$

where H - Hurst's index is α — is a free constant.

The deviation is called normalized, because during the calculations, it is based on the value of the square root of the dispersion. The determination of R/S for the traffic given in Fig. 2 is shown in Fig. 3. H can most easily be found by approximating the angle of inclination to the line (calculated by the method of least squares) with R/S (in Fig. 3), logarithmic scales are used on both axes. In addition, decimal logarithms are used on both axes, where $\alpha=1$.

Fig. 3 shows R/S in binary logarithmic form with the distribution of N . Here is shown the approximating ceremony. The hash rate of the investigated traffic was found to be $H=0.94$, which indicates the fractal nature of this traffic. The R/S -method is not very accurate, because it gives us an estimate of self-similarity only in time series. That is why the mentioned method is used only in those cases when we want to determine whether the time series are self-similar or not, and if they are, get Hurst's estimate, or H value.

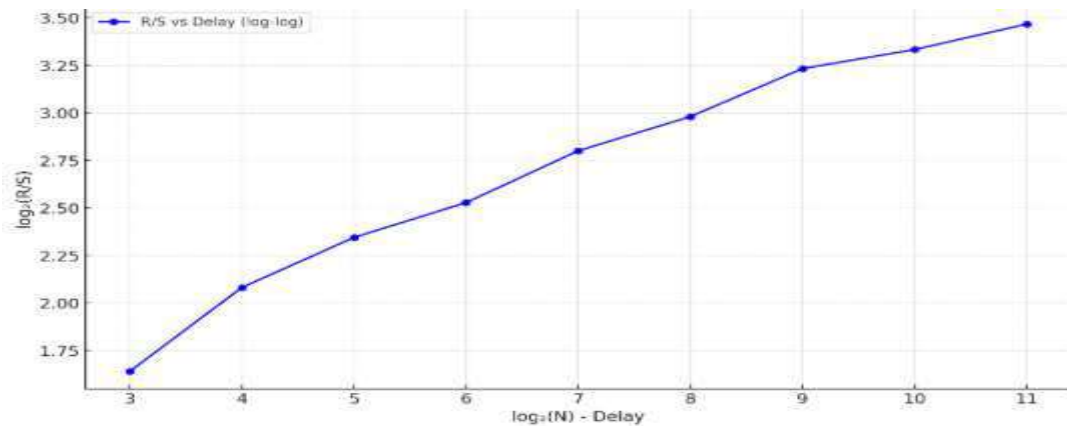


Fig. 3. This is a graph of R/S parameter of telecommunication traffic with delay N in binary logarithmic scale

According to the theory of fractals, if the Hertz index $H > 0.5$, then this system is persystemic, that is, the system has a long memory. That is, if a positive increase in network traffic is observed in any period of time and the increase is implemented, then the increase is observed, then the average increase is observed everywhere. If $H > 0.5$ then the system and the process become antipersystemic. If $H = 0.5$, then network traffic deviations are random and do not depend on previous values.

Below we show that the effect of self-similarity in network attacks on large systems will be reduced. That's why Hurst's index can be considered as the primary indicator of network condition assessment.

➤ Phase space reconstruction method

For the traffic of large systems, the state of the node is uniquely defined by the one-dimensional sequence of temporal reports. Therefore, it is interesting to reconstruct the phase space according to the one-dimensional temporal sequence.

It is known that after a certain time with a certain cycle the system returns to the initial state or its close state (Poincare's theorem). Absence of cyclic return to the initial state in the system allows us to shift the sequence towards itself by "half a period". "Period" is the average value of return time τ . Based on the works of Takens, it becomes possible to calculate the so-called Correlation integral and correlation measure.

For this we need to build a space $\mathbf{m}$ - Dimensional vector of research traffic $\mathbf{x}(i)$ – according to:

$$\vec{\mathbf{X}}(i) = \{\mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 1)\tau), \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 2)\tau), \dots, \mathbf{x}(i)\},$$

$$(i = 1, N - (\mathbf{m} - 1)\tau) \quad (6)$$

where τ - is the time displacement, $\mathbf{m}$ - is the dimension of the constructed space. Multidimensional vectors, which are obtained according to the scheme (6), form an $\mathbf{m}$ -dimensional phase ($\mathbf{R}^m$) space.

The phase space formed in this way is calculated $\mathbf{D}_c$ Correlation measure. The phase space constructed by scheme (6) will have the dimension of the initial phase space:

$$N \geq \text{int}[\mathbf{D}_c] + 1.$$

After reconstructing this space, it is possible to determine the dimension of the phase space $\mathbf{m}$.

➤ False nearest neighbor method

After restoring the phase space of the system, it is necessary to determine how similar the initial and restored attractors are. Most often, this is done by the pseudo-nearest neighbor method. It is known that the phase trajectories of the initial attractor should not be satisfied. The condition that the attractors do not intersect is that the phase $\mathbf{R}^m$ Neighboring points of the space attractor are also neighbors $(\mathbf{m} + 1)$ in space too. The False Nearest Neighbors method helps us minimize the dimensionality of our space $\min(\mathbf{m})$ Let's find the meaning. of this importance ($\mathbf{R}^m$) and ($\mathbf{R}^{m+1}$) There will also be neighbors in the spaces and they will differ very little. In total, by finding this $\mathbf{m}$, it is possible to restore the phase space of the intersection of spaces.

Think of discrete telecommunication traffic as discrete temporal accounts $\mathbf{A}(n)$.

In the first stage, according to the initial time series, the following are determined:

1. Minimum value $\min\{\mathbf{A}(n)\}$;
2. Find the interval between the maximum and the minimum
 $\mathbf{I} = \max\{\mathbf{A}(n)\} - \min\{\mathbf{A}(n)\}$
3. Let's implement norming:

$$\mathbf{x}(n) = \frac{\mathbf{A}(n) - \min\{\mathbf{A}(n)\}}{\max\{\mathbf{A}(n)\} - \min\{\mathbf{A}(n)\}}$$

Then we restore the phase space using the delay method. One-dimensional vectors in the reconstructed space are generated from the initial time series with time delays.

$$\vec{\mathbf{X}}(i) = \{\mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 1)\tau), \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 2)\tau), \dots, \mathbf{x}(i)\},$$

$$(i = 1, N - (\mathbf{m} - 1)\tau)$$

where τ is the time shift and $\mathbf{m}$ is the dimension of the reconstructed phase density. As a result, we get a multidimensional vector from a one-dimensional normalized row $\vec{\mathbf{x}}$:

$$\mathbf{x} \Rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 1)\tau), \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 2)\tau), \dots, \mathbf{x}(N) \\ \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 1)\tau), \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 2)\tau), \dots, \mathbf{x}(N) \\ \dots \\ \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 1)\tau), \mathbf{x}(i - (\mathbf{m} - 2)\tau), \dots, \mathbf{x}(N) \end{pmatrix}$$

If the initial discrete row describes the channel load, in which there are $\mathbf{N}$ elements, then the number of vectors will be $\mathbf{N} - (\mathbf{m} - 1)\tau$. For the practical implementation of this method, in the construction

of a sequence of multidimensional vectors, increasing their dimension by 1 and determining the "closeness" of the phase trajectories between the initial and restored attractors.

1. The phase space dimension recovered in the first step $\mathbf{m=1}$.
2. Let's construct a multidimensional vector in the following form:

$$\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1} = \begin{pmatrix} \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(1) \\ \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(2) \\ \dots \\ \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(1) & x(1+\tau) & x(1+2\tau) & \dots & x(N) \\ x(2) & x(2+\tau) & x(2+2\tau) & \dots & x(N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x(N) & x(N+\tau) & x(N+2\tau) & \dots & x(N) \end{pmatrix}.$$

3. Then we define a multidimensional vector for the $\mathbf{m=2}$ dimensional space:

$$\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2} = \begin{pmatrix} \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(1) \\ \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(2) \\ \dots \\ \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(1-\tau) & x(1) & x(1+\tau) & \dots & x(N) \\ x(2-\tau) & x(2) & x(2+\tau) & \dots & x(N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x(N-2\tau) & x(N-\tau) & x(N+\tau) & \dots & x(N) \end{pmatrix}$$

4. then $i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}$; We determine the length (norm) of the vectors:

$$\begin{aligned} & \|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)\| = \\ & = \sqrt{(\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i)_1 - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)_1)^2 + (\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i)_2 - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)_2)^2 + \dots + (\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i)_N - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)_N)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(j)\| = \\ & = \sqrt{(\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(i)_1 - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(j)_1)^2 + (\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(i)_2 - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(j)_2)^2 + \dots + (\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(i)_N - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(j)_N)^2} \end{aligned}$$

5. Then the ratio of the norms of the vectors in different dimensional spaces is calculated:

$$R_{i(12)} = \frac{\|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)\|}{\|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=1}(j)\|}$$

when $R_{i(12)} > R_t$ where R_t - is the "closeness" limit of the phase trajectories then $\vec{\mathbf{X}}(j)$ A point in the vector is called a false neighbor $\vec{\mathbf{X}}(i)$ to the letter of the vector. As a result, the number of these false neighboring points will be counted P_{12} which is calculated $\vec{\mathbf{X}}(i)$ for each point of the vector.

6. is calculated $\frac{P_{12}}{N}$ The meaning of the relationship.

7. Then we construct a multidimensional vector for the $\mathbf{m=3}$ dimensional space:

$$R_{i(23)} = \frac{\|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=3}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=3}(j)\|}{\|\vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(i) - \vec{\mathbf{X}}_{\mathbf{m}=2}(j)\|}$$

8. is calculated $\frac{P_{23}}{N}$ The meaning of the relationship.

9. Then this procedure is repeated $\mathbf{m} = \overline{4, \dots, m_d}$ where m_d – is the maximum value of the nested space.

3. Conclusion

As a result, we determined the P/N relationship of the recoverable phase space with the dimension of the phase space m . For the normal functioning of the traffic of large systems, the dimension of the phase space was found to be 13.

Therefore, in addition to the Hurst exponent, which we will later use to determine the state of the network, the second exponent is the dimension of the reconstructed phase space. fig.4 Network traffic of large systems is shown under normal operation of a network segment and its phase space report (ie trajectories in phase space).

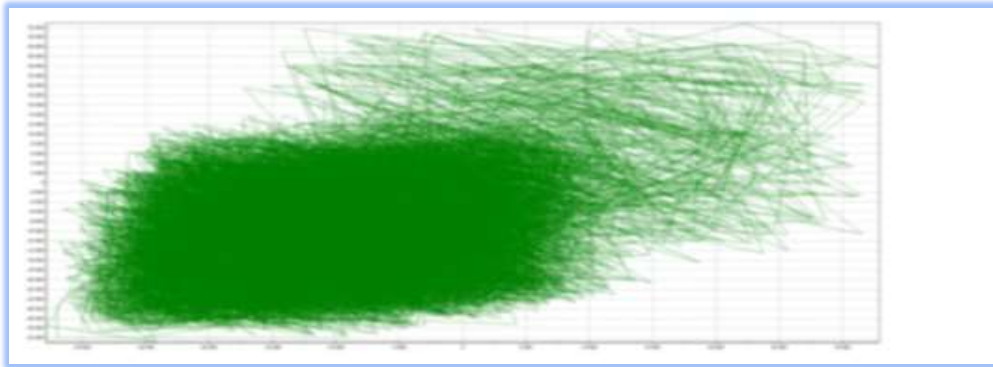


Fig. 4 Basic portrait of telecommunication traffic under normal conditions

Therefore, we have discussed here a method of estimating the traffic state of large systems using the structure of phase portraits.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Peitgen H.O. (2004). Chaos and Fractals / H.-O. Peitgen, H. Jurgens, D.-N.Y. Saupe. – Springer, 2004. – 864 p.
2. Buranova, M.A. (2014). Analysis of statistical characteristics of multimedia traffic of the aggregation node in a multiservice network. Radio engineering and telecommunication systems. -M., (in Russian)
3. Golovko, V.A. (2005). Neural network methods for processing chaotic processes: VII All-Russian scientific and technical conference "Neuroinformatics 2005". - M: MEPhI, (in Russian)
4. Sesadze V. Chikadze G. Dalakishvili G. (2021). Fundamentals of Control Engineering. Textbook. ISBN 978-9941-8-3534-6. Tbilisi. 235 p., (in Georgian)
5. Chikadze Gela, Sesadze Valida. (2021). Mathematics on the Computer. Textbook. ISBN 978-9941-8-3533-9 Tbilisi. 296 p. (in Georgian)

(Received 7.05.2025)

ფრაქტალების მეთოდების გამოყენება მაღალგანზომილებიან სისტემებში ინფორმაციული უსაფრთხოების დაუცველობების გამოსავლენად

ვალიდა სესაძე, გელა ჭიკაძე, გოჩა დალაქიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მასშტაბური სისტემების ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხებთან დაკავშირებული ზოგიერთი პრობლემა. განხილულია უკვე არსებული მეთოდები, როგორიცაა ჰერსტის ნორმალიზებული გადაადგილების მეთოდი, ფაზური სივრცის რეკონსტრუქციის მეთოდი,

ცრუ უახ-ლოესის მეზობლის მეთოდი. დადგენილია ამ მეთოდების დიდი სისტემების ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიდგომები. სტატიაში წარმოდგენილია ფრაქტალური სტრუქტურების გამოყენების გზები და მნიშვნელობა აღნიშნული პრობლემების გადაჭრაში. ლოკალური და უან ქსელური ტრაფიკის გრაფიკული პორტრეტები მიღებულია Matlab-ის გამოყენებით. დიდი სისტემების ტრაფიკისთვის, კვანძის მდგომარეობა უნიკალურად განისაზღვრება დროებითი ანგარიშების ერთგანზომილებიანი თანმიმდევრობით. ამიტომ, ჩვენ აღვადგინეთ ფაზური სივრცე ერთგანზომილებიანი დროითი სერიების მიხედვით. სისტემის ფაზური სივრცის აღდგენის შემდეგ, აუცილებელია იმის დადგენა, თუ რამდენად მსგავსია საწყისი და აღდგენილი ატრაქტორები. ამას ვაკეთებთ ფსევდო უახლოესი მეზობლის მეთოდის გამოყენებით. შედეგად, ჩვენ განვსაზღვრეთ აღდგენილი ფაზური სივრცის P/N დამოკიდებულება ფაზური სივრცის m განზომილებასთან. დადგინდა, რომ დიდი სისტემების ტრაფიკის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის ფაზური სივრცის განზომილება 13-ის ტოლი აღმოჩნდა. ამიტომ, ჰერსტის ინდექსის გარდა, რომელსაც მოგვიანებით სისტემის მდგომარეობის დასადგენად გამოვიყენებთ, მეორე ინდექსი არის რეკონსტრუირებული ფაზური სივრცის განზომილება. მიღებული შედეგები რეალიზებული Maple და Matlab პროგრამების გამოყენებით.

(სტატია მიღებულია 7.05.2025)

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ВЫСОКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сесадзе В., Чикадзе Г., Далакишвили Г.

Грузинский технический университет

v.sesadze@gtu.ge, g.chikadze@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются некоторые проблемы, связанные с вопросами информационной безопасности крупномасштабных систем. Рассматриваются уже существующие методы, такие как метод нормализованных смещений Херста, метод реконструкции фазового пространства, метод ложных соседей Уаха-Лесса. Установлены подходы к обеспечению информационной безопасности больших систем этими методами. В статье представлены способы и значение использования фрактальных структур при решении указанных задач. Получены графические портреты трафика LAN и WAN с использованием Matlab. Для трафика крупных систем состояние узла однозначно определяется одномерной последовательностью временных отчетов. Поэтому мы реконструировали фазовое пространство по одномерному временному ряду. После восстановления фазового пространства системы необходимо определить, насколько подобны исходный и восстановленный аттракторы. Мы делаем это с помощью метода псевдоближайших соседей. В результате мы определили зависимость P/N восстанавливаемого фазового пространства с размерностью фазового пространства m . Определено, что размерность фазового пространства для нормального функционирования трафика больших систем оказалась равной 13. Поэтому, помимо индекса Херста, который мы в дальнейшем будем использовать для определения состояния системы, вторым индексом является размерность реконструированного фазового пространства. Полученные результаты реализованы на компьютере с использованием программ Maple и Matlab.

(Поступила 7.05.2025)

ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქციის საკითხებისთვის

მედეა თევდორაძე, გოჩა დალაქიშვილი, ია გიაშვილი, თამარ ასათიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

medeat@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

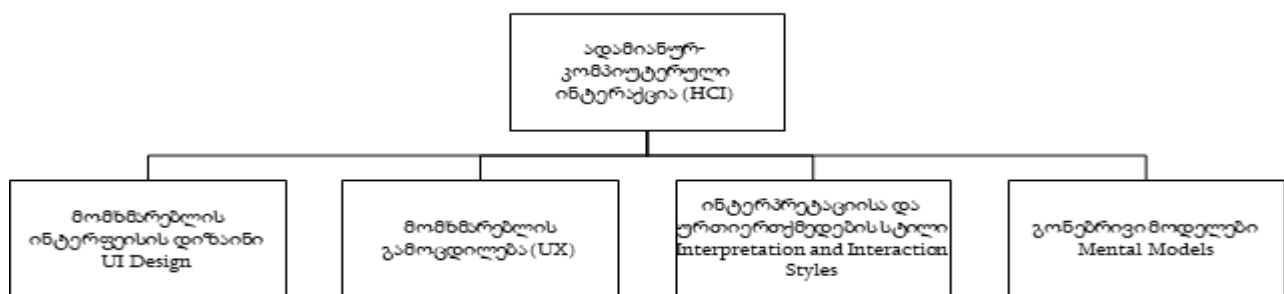
რეზიუმე

განხილულია ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქციის საკითხები, მისი ისეთი ძირითადი მიმართულებები, როგორიცაა: ინტერფეისის დიზაინი (UI Design), მომხმარებლის გამოცდილება (UX), ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილები და გონებრივი მოდელები. ეფექტიანი კომუნიკაციისათვის ინტერფეისის დიზაინი ქმნის სისტემის ვიზუალურ მხარეს და მოსახერხებელ ფუნქციონალს, რომელიც ამავედროულად მარტივად გასაგებია მომხმარებლისთვის. მისი გამოცდილება (UX) ხაზს უსვამს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია სისტემის გამოყენების კომფორტულობა და მომხმარებლის მოთხოვნილებათა გათვალისწინება. წარმოდგენილია ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილები, როგორიცაა: გრაფიკული, ტექსტური და ხმოვანი ინტერფეისები. ისინი განსაზღვრავს, თუ როგორ ხდება მომხმარებლისა და კომპიუტერის ურთიერთქმედება. გონებრივი მოდელები გადმოსცემს, თუ როგორ აღიქვამენ ადამიანები კომპიუტერულ სისტემებს და როგორ უნდა იყოს დიზაინი ადაპტირებული მათ მოლოდინებთან, რათა იგი მარტივი და ინტუიციური იყოს მათთვის. ნაშრომი აღწერს, თუ რა მნიშვნელობა აქვს HCI-ს ამ სხვადასხვა მიმართულებას, რათა შეიქმნას ეფექტური, ადვილად გამოყენებადი და სიცოცხლისუნარიანი სისტემები, რომლებიც მომხმარებლის საჭიროებებს მაქსიმალურად შეესაბამება.

საკვანძო სიტყვები: ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქცია. HCI. UI დიზაინი. UX. ინტერპრეტაციის სტილი. ურთიერთქმედების სტილი. გონებრივი მოდელი.

1. შესავალი: ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქციების ძირითადი მიმართულებები

ადამიანურ-კომპიუტერული ურთიერთქმედება (Human-Computer Interaction – HCI) არის ადამიანებსა და კომპიუტერებს/ტექნოლოგიებს შორის ურთიერთქმედების შესწავლა, დაგეგმვა და შემუშავება [1-3]. ხშირად მას განიხილავენ როგორც შემდეგი მეცნიერებებისა და სხვა კვლევების ერთობლიობას: კომპიუტერულ მეცნიერებათა, დიზაინის, ბიჰევიორიზმისა და სხვა სფეროების (ნახ.1).



ნახ. 1. HCI -ის ძირითადი მიმართულებები

HCI მოიცავს მრავალ მიმართულებას, მაგალითად:

- 1) მომხმარებლის ინტერფეისის დიზაინი - ეხება კომპიუტერული სისტემის დიზაინს, რომელიც ადამიანებს ეხმარება ურთიერთობაში;
- 2) მომხმარებლის გამოცდილება (UX) - აქ ყურადღება ექცევა იმას, თუ რამდენად მოხერხებულია და სასიამოვნოა სისტემის გამოყენება;
- 3) ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილი - ამ მიმართულებით იკვლევენ, როგორ შეიძლება კომპიუტერმა უკეთ აღიქვას და უპასუხოს ადამიანის მოთხოვნებს;
- 4) გონებრივი მოდელები - სწავლობენ, თუ როგორ ფიქრობენ და იღებენ გადაწყვეტილებებს ადამიანები ტექნოლოგიებთან ურთიერთქმედებისას.

2.1. მომხმარებლის ინტერფეისის დიზაინი

მომხმარებლის ინტერფეისის დიზაინი (UI Design) არის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტი ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქციის (HCI) სფეროში. მისი მიზანია შექმნას მომხმარებლებისთვის გამოსაყენებელი, ვიზუალურად სასიამოვნო და ფუნქციურად ეფექტური ინტერფეისები, რომლებსაც ადამიანები ადვილად, ბუნებრივად და სწრაფად გამოიყენებენ.

ინტერფეისის დიზაინის ძირითადი ელემენტებია:

- 1) ვიზუალური იერარქია – მნიშვნელოვანია, რომ დიზაინი და მისი ელემენტები (ტექსტი, გამოსახულებები, ღილაკები) აშკარად გამოხატავდეს პრიორიტეტებს და მარტივად აღიქმებოდეს. რაც უფრო მნიშვნელოვანია ელემენტი, მით უფრო თვალშისაცემი უნდა იყოს ის;
- 2) შესაძლებლობები და ფუნქციონალი – მომხმარებლისთვის გასაგები უნდა იყოს, რა ფუნქციები და რა მოქმედებები არის ხელმისაწვდომი ინტერფეისში. მაგალითად, ღილაკების, სლაიდერების და სხვა ელემენტების ოპერაციული ფუნქცია უნდა იყოს გასაგები და გარკვეული ნიშნით წარმოდგენილი;
- 3) რეაგირება და მნიშვნელობა – ინსტრუმენტი და ფუნქცია უნდა უზრუნველყოფდნენ შესაბამის რეაგირებას მომხმარებლის მოქმედებებზე, მაგალითად, ღილაკზე დაჭერისას ან სხვა ინტერაქციულ ქმედებაზე. როდესაც მომხმარებელი აკეთებს არჩევანს, სისტემამ უნდა მიაწოდოს გასაგები პასუხი ინტერაქციის მსვლელობის შესახებ;
- 4) ესთეტიკა და დიზაინის სტრუქტურა – დიზაინი უნდა იყოს ვიზუალურად ჰარმონიული, გარკვეული სტილით, ფერებით და ტიპოგრაფიით. ხოლო, ნებისმიერი ახალი ეკრანი ან ფუნქცია სტრუქტურულად მსგავსი ვიზუალური იყოს წარმოდგენილი;
- 5) მობილური თავსებადობა – დღესდღეობით ბევრ ინტერფეისს მობილურ მოწყობილობებზე იყენებენ, ამიტომ დიზაინი უნდა იყოს ადაპტირებადი სხვადასხვა ეკრანთან;
- 6) დამწყებთათვის მხარდაჭერა – დიზაინი უნდა მოიცავდეს მასალებს და ინსტრუქციებს, რომლებიც დაეხმარება ახალ მომხმარებელს ინტერფეისთან ადაპტირებაში.

მომხმარებლის ინტერფეისის ძირითადი აქსიომა არის კარგი დიზაინი, რომელიც გულისხმობს, რომ სისტემა შეესაბამება მომხმარებლის მოლოდინებს იმის შესახებ თუ რას უნდა აკეთებდეს პროგრამა. ყველაფერი დანარჩენი - არის შედეგი.

ინტერფეისის დიზაინის ამოსავალი წერტილი უნდა იყოს ადამიანი. ადამიანზე ორიენტირებული დიზაინი გულისხმობს სამი ლინზის გადაფარვას: ადამიანებისთვის მიმზიდველობა, განხორციელებადობა და სიცოცხლისუნარიანობა (ნახ.2).

დიზაინი იძლევა ისეთი გადაწყვეტების შექმნის საშუალებას, რომელიც შეესაბამება მომხმარებლების მოთხოვნილებებს და მიზნებს, ერთის მხრივ, და, მეორეს მხრივ, ბიზნეს-მოთხოვნებსა და ტექნოლოგიურ შეზღუდვებს.

2.2. მომხმარებლის გამოცდილება (UX)

მომხმარებლის გამოცდილება (UX) არის დიზაინის და ინტერაქციის პროცესი, რომელიც ფოკუსირებულია მომხმარებლის საჭიროებების, მიზნებისა და მოლოდინის გათვალისწინებაზე, რათა შეიქმნას სისტემა ან პროდუქტი, რომელიც იქნება არა მხოლოდ ფუნქციონალური, არამედ კომფორტული, სასიამოვნო და ეფექტური გამოყენებისთვის.

UX-ის ძირითადი ელემენტებია:

1) მომხმარებლის საჭიროებები – UX დიზაინი იწყება მომხმარებლის კვლევით: რა პრობლემა აქვს მომხმარებელს? რა მოლოდინი აქვს მას კონკრეტული პროდუქტიდან ან სისტემიდან? მისიის გააზრება მნიშვნელოვანია, რათა დიზაინი ითვალისწინებდეს რეალურ საჭიროებებს;

2) ინტერფეისის სიმარტივე და სიზუსტე – მომხმარებლის გამოცდილება უმნიშვნელოვანესია მაშინ, როდესაც სისტემა მარტივი და გასაგებია. რთულად გასაგებმა ინტერფეისმა შეიძლება გამოიწვიოს მომხმარებლის დაბნევა. დიზაინი უნდა იყოს ინტუიციური, რათა მომხმარებელი საჭირო მიმართულებებს სწრაფად მიხვდეს;

3) ფუნქციების კომფორტი და ადაპტირება – UX-ს მიზანია, რომ სისტემა და ინტერფეისი იყოს მორგებული მომხმარებლის კომფორტზე. ეს შეიძლება გულისხმობდეს დიზაინის ელემენტების მოქნილობას, როგორც პლატფორმაზე (მაგალითად, კომპიუტერი, მობილური მოწყობილობა), ასევე მომხმარებლის ინდივიდუალურ მოთხოვნებზე (მაგალითად, ბადე-ინტერფეისი ან შავი რეჟიმი);

4) სამოქმედო ნაკადები (User Flows) – არის ყველა იმ ნაბიჯისა და პროცესის წესი, რომელსაც მომხმარებელი გადის სისტემის გამოყენებისას. გამართული UX დიზაინი უზრუნველყოფს მომხმარებლის სწორ გზაზე მარტივად დაყენებას, რაც გულისხმობს სისტემის გასაგებადობას და ლოგიკური ნაბიჯების გადადგმას;

5) ტესტირება და feedback-ი – დიზაინის პროცესში მნიშვნელოვანია, რეალური მომხმარებლების აზრით ხშირად დაინტერესება. სხვადასხვა ტესტირების მეთოდები (მაგალითად, A/B ტესტირება, ან მომხმარებელთან ინტერვიუ) იძლევა საშუალებას, რომ შეიქმნას დიზაინი, რომელიც რეალურად აკმაყოფილებს მომხმარებლების საჭიროებებს;

6) კომუნიკაცია და დახმარება – კარგი UX დიზაინი ქმნის მკაფიო კომუნიკაციას, რათა მომხმარებელმა გაიგოს, თუ როგორ მუშაობს სისტემა. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ მომხმარებელს პრობლემის ან კითხვის გაჩენის შემთხვევაში ჰქონდეს შესაბამისი დახმარების მიღების მარტივი საშუალება;

7) შეფასება და გაუმჯობესება – UX დიზაინი არ სრულდება პროდუქტის ან სისტემის გაშვების შემდეგ. მუდმივი შეფასება და მომხმარებლის უკუკავშირის მიღება მნიშვნელოვანია იმისთვის, რომ დიზაინი გაუმჯობესდეს და მოახდინოს რეალური მოთხოვნების გათვალისწინება.



ნახ. 2. ადამიანზე ორიენტირებული დიზაინი

2.3. ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილები

ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილი (Interpretation and Interaction Styles) მომხმარებლის და კომპიუტერული სისტემის შორის კომუნიკაციისა და ურთიერთქმედების ასპექტს შეეხება. ეს არის პროცესი, რომელიც განსაზღვრავს, თუ როგორ ხდება ადამიანის მიერ მონაცემების შეტანა-აღქმა, გაანალიზება და ურთიერთქმედება ტექნოლოგიებთან.

ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილები შეიძლება სხვადასხვანაირი იყოს, მაგალითად:

1) გამოყენების მეთოდების მიხედვით:

- გრაფიკული ინტერფეისები (GUI): ეს არის ყველაზე გავრცელებული ტიპი, სადაც მომხმარებელი ეკრანზე ხედავს გამოსახულ ელემენტებს (როგორიცაა ღილაკები, სლაიდერები, დიალოგური ფანჯრები), რომელიც იძლევა სისტემასთან კონტაქტის საშუალებას;

- ტექსტური ინტერფეისები: მათ შორის არის Command Line Interface (CLI), სადაც მომხმარებელი შედის უშუალოდ ტექსტურ ბრძანებებში სისტემასთან ინტერაქციისთვის. ამ სტილს ხშირად იყენებენ უფრო გამოცდილი მომხმარებლები, რომლებიც იცნობენ სისტემას და ინტერფეისს;

- ხმოვანი ინტერფეისები: ასეთ სისტემაში მომხმარებელი კომუნიკაციას ხმოვანი ბრძანებებით აწარმოებს. მაგალითად, Google Assistant, Alexa – სადაც მომხმარებელი აუდიო ბრძანებებს იძლევა და სისტემა ამის მიხედვით პასუხობს;

2) მომხმარებლის მიერ ინფორმაციის ინტერპრეტაციის მიხედვით:

- კონტექსტი: როცა მომხმარებელი ურთიერთქმედებს სისტემასთან, მნიშვნელოვანია, რომ დიზაინი კონტექსტუალურად ახდენდეს იდენტიფიცირებას თუ რა მოქმედების შესრულება უნდა განახორციელდეს. მაგალითად, როდესაც სისტემა ითხოვს გარკვეულ ინფორმაციას მომხმარებლისგან, ეს უნდა იყოს გასაგებად გამოხატული - თუ რა ინფორმაციაა საჭირო და როგორ უნდა იყოს შეტანილი მომხმარებლის მიერ;

- ეკრანის კოდირება და მოქმედების გამარტივება: ინტერფეისის ელემენტები უნდა იყოს ზუსტად განმარტებული, რათა მომხმარებელი არ დაიბნეს. მაგალითად, როდესაც მომხმარებელი ხედავს გარკვეულ ღილაკს "Submit" ან "Cancel", ის ინტუიციურად ხვდება, რომ "Submit" ნიშნავს მოქმედების დადასტურებას, ხოლო "Cancel" კი მოქმედების გაუქმებას;

3) მომხმარებლის ქცევასა და რეაგირების მიხედვით:

- პასუხები და უკუკავშირი: როდესაც მომხმარებელი ასრულებს რაიმე მოქმედებას, სისტემამ უნდა მოახდინოს სწრაფი და გასაგები უკუკავშირი. მაგალითად, თუ ის ატვირთავს ფაილს, ეკრანზე უნდა გამოჩნდეს Progress Bar-ის ან შეტყობინების მეშვეობით მინიშნება პროცესის მიმდინარეობის შესახებ;

- ინტერაქციის რეგულარობა: სისტემამ უნდა გააძლიეროს ურთიერთქმედება, სთავაზობდეს ნაბიჯ-ნაბიჯ პროცედურებს და მუდმივად უნდა აფრთხილებდეს მომხმარებელს, მათი მოქმედება სწორად სრულდა თუ არა;

4) ინტერაქციის სპეციფიკური ტიპების მიხედვით:

- მულტიმოდალური ურთიერთქმედება: ეს სტილი ერთდროულად იყენებს რამდენიმე კომუნიკაციის ფორმას, როგორიცაა ხმის, ვიზუალური და ხელის მოძრაობები (მაგალითად, ტაჩ-

სკრინით ნავიგაცია). ამ ტიპის ინტერაქცია ეხმარება მომხმარებელს უფრო ინტერაქტიულ და მრავალფეროვან გამოცდილებაში;

- ტაქტილური ინტერფეისები (Haptic Interfaces): ეს არის ინტერფეისები, რომლებიც იყენებენ ტაქტილურ „ფიდბეკს“ (მაგალითად, ვიბრაცია ან სხვა სენსორული იმპულსი), რათა მომხმარებელს მიაწოდონ ინფორმაცია საპასუხო რეაგირების შესახებ;

5) ინტერფეისის და სისტემის „ემოციური“ რეაგირების მიხედვით:

- მომხმარებლის ემოციური დამოკიდებულება: თუ რამდენად კომფორტულად გრძნობს მომხმარებელი თავს სისტემასთან ურთიერთქმედებისას დიდ წილად დამოკიდებულია სისტემის მხრიდან უკუკავშირის სტილსა და ვიზუალურ გამოსახულებაზე. მაგალითად, ღილაკების ფერი და ა.შ.;

- მოტივაცია: მაგალითად, თუ სუსტემა მომხმარებელს მისცემს გარკვეულ სტიმულს, რომელიც აჩქარებს პროცესს ან ხელს უწყობს ქმედებების შესრულებას, მომხმარებელი განაგრძობს სისტემასთან აქტიურად მუშაობას;

6) მომხმარებლის ქცევასა და სისტემის ქცევის მიხედვით:

- ავტომატიზაცია და ხელოვნური ინტელექტი: ხშირად, როდესაც ინტერფეისის დიზაინი არის უფრო პროგრესული, ის იყენებს მანქანური სწავლების ალგორითმებს, რათა გააუმჯობესოს ინტერფეისის გაგება და აქციოს უფრო პერსონალიზებული. მაგალითად, ხმოვანი ასისტენტები, რომლებიც სწავლობენ და აუმჯობესებენ მომხმარებლის ქცევაზე უკუკავშირის.

2.4. გონებრივი მოდელები

გონებრივი მოდელები (Mental Models) არის სისტემის ცოდნისა და წარმოდგენის მოდელი, რომლის საფუძველზე ადამიანები აღიქვამენ რეალობას, ურთიერთქმედებენ და იღებენ გადაწყვეტილებებს. კომპიუტერულ და ტექნოლოგიურ კონტექსტში, გონებრივი მოდელი განსაზღვრავს, თუ როგორ წარმოუდგენია მომხმარებელს სისტემის მუშაობა, მისი ინტერფეისი და მიმდინარე პროცესები.

გონებრივი მოდელები მომხმარებლებს ხელს უწყობს ტექნოლოგიასთან ურთიერთ-ქმედებაში, მის სწორად გაგებაში. ხოლო, დიზაინერებს ეხმარება, რომ შექმნან უფრო ადვილად გასაგები და გამოსაყენებელი სისტემები.

აქ შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ძირითადი ასპექტები:

1) გონებრივი მოდელის ჩამოყალიბება: როდესაც ადამიანი პირველად ხვდება ახალ სისტემას ან აპლიკაციას, ის იყენებს "გონებრივ მოდელს". მისი მეშვეობით ხდება წარმოდგენის შექმნას, თუ როგორ მუშაობს სისტემა. მაგალითად, თუ ადამიანი არის კომპიუტერის გამოცდილი მომხმარებელი, ის გონებაში აღიქვამს, რომ "მოცემული აპლიკაცია ფაილებს ინახავს და ამუშავებს, როგორც ფაილთა მენეჯერი", რაც ხელს უწყობს აპლიკაციის უფრო სწრაფად და ინტუიციურად გამოყენებას;

2) გონებრივი მოდელის ზეგავლენა ინტერფეისის დიზაინზე: დიზაინი ხშირად ეფუძნება იმ გონებრივ მოდელებს, რომლებიც მომხმარებლებს სისტემის შესახებ გააჩნიათ. თუ დიზაინი არ ემთხვევა იმ გონებრივ მოდელებს, რომლებიც მომხმარებელს უკვე გააჩნია, მაშინ ის შეიძლება იყოს რთული, არაპროგნოზირებადი და არაბუნებრივი. ამის გამო, მნიშვნელოვანია, რომ დიზაინერებმა შექმნან ინტერფეისები, რომლებიც ემთხვევა მომხმარებლის მოლოდინებს.

მაგალითად, თუ მობილური აპლიკაცია აჩვენებს "მთავარ გვერდს", სადაც მხოლოდ რამდენიმე ღილაკია, მაგრამ ეს ღილაკები არ ემთხვევა იმ გონებრივ მოდელს, რომელიც მომხმარებელს გააჩნია (მაგალითად, მენიუები და ქვედა პანელები), ამან შეიძლება გამოიწვიოს გაურკვევლობა;

3) გონებრივი მოდელის ტიპები:

- შექმნილი მოდელები: ამ მოდელებს ადამიანის ცოდნა, გამოცდილება და ინტერესები განსაზღვრავს. მაგალითად, თუ მომხმარებელი ხშირად იყენებს ფოტო აპლიკაციას, მისი გონებრივი მოდელი შეიძლება მოიცავდეს სხვადასხვა ინსტრუმენტებს და ღილაკებს, რომლებიც ფოტოების დაჭრასა და რედაქტირებას ეხება;

- მდგომარეობითი მოდელები: ადამიანის გონებრივი მოდელი დამოკიდებულია კონკრეტულ კონტექსტზე, რომელშიც ის ოპერირებს. მაგალითად, მობილური ტელეფონის გონებრივი მოდელი განსხვავდება კომპიუტერის ან ტაბლეტის მოდელისგან. მომხმარებლის გამოცდილება სხვადასხვანაირად იცვლება, რადგან მოწყობილობებს სხვადასხვა ფორმა და ფუნქცია აქვს;

4) გონებრივი მოდელის როლი მომხმარებლის გამოცდილებაში (UX):

- ინტუიციურობა: როდესაც დიზაინში ასახულია გონებრივ მოდელი, სისტემის გასაგებად მომხმარებელს ნაკლები დრო სჭირდება. სისტემის ელემენტები ლოგიკურად უნდა იყოს დაყენებული ისე, რომ მომხმარებელმა არ მოანდომოს დიდი დრო მისი ფუნქციონალის გასაგებად;

- სისტემის პროგნოზირებადობა: როდესაც მომხმარებელი სწავლობს სისტემას, მისი გონებრივი მოდელი უფრო დასამახსოვრებელი და მართვადი ხდება. იგი ასევე იწყებს პროგნოზირებას, თუ როგორ განვითარდება ან როგორ შესრულდება რაიმე მოქმედება, რაც ამარტივებს სისტემის გამოყენებას;

5) გონებრივი მოდელის შეცვლა (Cognitive Shift): როდესაც მომხმარებელი ახლის სწავლას იწყებს, მისი გონებრივი მოდელი შეიძლება შეიცვალოს. მაგალითად, როდესაც ადამიანი გადადის ახალი ტიპის საოფისე პროგრამიდან სხვა პროგრამაზე, მან შეიძლება შეიმუშაოს ახალი გონებრივი მოდელი მასზე, თუ როგორ მუშაობს ახალი სისტემა და რა უნდა გააკეთოს, რომ უფრო სწრაფად და ეფექტურად მოახდინოს მოქმედებები;

6) გონებრივი მოდელის გამართულობა: როდესაც მომხმარებელი თავიდან ვერ აცნობიერებს, როგორ ფუნქციონირებს სისტემა, დიზაინერმა უნდა შექმნას გონებრივი მოდელი, რომელიც ასახავს მის მოლოდინებს და ითვალისწინებს არსებულ გამოცდილებას. მომხმარებელს უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა, რომ სისტემას „ესაუბროს“ ისე, რომ სწორად გაიგოს და გამოიყენოს მისი ფუნქციები.

შემდეგ მოყვანილია მაგალითები:

1) ფაილების მართვა: კომპიუტერის მომხმარებელი, რომელიც მუშაობს ფაილების მენეჯერთან (მაგალითად, Windows Explorer), გონებრივად აღიქვამს ფაილების სისტემას, როგორც "დოკუმენტების ტომარას", რომელშიც ფოლდერები და ფაილები არიან დანაწევრებული. როდესაც იგი გადადის ახალ სისტემაზე, რომელიც იყენებს სხვა ინტერფეისს (მაგალითად, cloud storage), ამ მოდელისთვის აუცილებელია გარკვეული "მივიწყებული" ან შეცვლილი ელემენტების განმარტება.

2) მობილური აპლიკაციები: როდესაც მომხმარებელი პირველად იწყებს აპლიკაციის გამოყენებას, ის გონებრივად აღიქვამს სისტემას, როგორც ეკრანების რიგს, რომლებიც გადადიან ერთმანეთზე. მაგალითად, მობილურ აპლიკაციაში, მომხმარებლისთვის ნაცნობი გამოსახულებები (მენიუს დილაკები, ბერკეტები, ან ვიზუალური ეფექტები) ეხმარება გონებრივი მოდელის ჩამოყალიბებაში და აპლიკაციასთან ურთიერთქმედებაში.

3. დასკვნა

ადამიანურ-კომპიუტერული ინტერაქცია შეისწავლის, თუ როგორ ურთიერთქმედებენ ადამიანები კომპიუტერებთან და ტექნოლოგიასთან. ნაშრომში განხილულია ადამიანურ-კომპიუტერული ურთიერთქმედების ძირითადი მიმართულებები, როგორცაა ინტერფეისის დიზაინი (UI Design), მომხმარებლის გამოცდილება (UX), ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილები და გონებრივი მოდელები. მომხმარებლის ინტერფეისის დიზაინის (UI Design) მთავარი მიზანი არის ის, რომ მომხმარებელს ჰქონდეს პოზიტიური გამოცდილება და მისი მოთხოვნილებები მაქსიმალურად დაკმაყოფილდეს სწრაფად და მარტივად. მომხმარებლის გამოცდილება (UX) არის დიზაინის და ინტერაქციის პროცესი, რომელიც ფოკუსირებულია მომხმარებლის საჭიროებების, მიზნებისა და მოლოდინის გათვალისწინებაზე, რათა შეიქმნას სისტემა ან პროდუქტი, რომელიც იქნება არა მხოლოდ ფუნქციონალური, არამედ კომფორტული, სასიამოვნო და ეფექტური გამოყენებისთვის.

ინტერპრეტაციისა და ურთიერთქმედების სტილი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რათა მომხმარებელმა თავი იგრძნოს კომფორტულად და უსაფრთხოდ ტექნოლოგიასთან მუშაობისას. მნიშვნელოვანია, რომ თითოეული კომუნიკაციის ფორმა, როგორც ემოციური, ისე ფუნქციონალური, იყოს მომხმარებლისთვის ხელმისაწვდომი, გასაგები და ეფექტური.

გონებრივი მოდელები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს UX-ში, რადგან ისინი განსაზღვრავენ, როგორ აღიქვამს მომხმარებელი სისტემას. თუ დიზაინი ამ მოდელებს შეესაბამება, მაშინ ინტერფეისი უფრო იოლად გასაგებია. დიზაინერებმა უნდა გაათვითცნობიერონ, რომ მომხმარებელს არ აქვთ მსგავსი გონებრივი მოდელები, ამიტომ დიზაინის პროცესში მნიშვნელოვანია შემუშავდეს მოქნილი ურთიერთქმედების გზები, რათა მოხდეს სისტემის მორგება მომხმარებლის განსხვავებულ გონებრივ მოდელთან.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ HCI-ის მიზანია, შექმნას უფრო ადვილად გასაგები და მომხმარებლებისთვის კომფორტული ინტერფეისები, რათა ადამიანებმა შეძლონ ეფექტურად გამოიყენონ კომპიუტერული სისტემები და ტექნოლოგიები.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Official Guidelines for User Interface Developers and Designers. Internet resource: https://download.microsoft.com/download/B/0/7/B070724E-52B4-4B1A-BD1B-05CC28D07899/Human_Interface_Guidelines_v1.7.0.pdf
2. Cooper A., Reimann R. (2023). About Face 2.0: The Essentials of Interaction Design– Wiley Publishing Inc. https://books.google.com/books/about/About_Face_2_0.html?id=bILjIS9z31QC
3. Denig V., Essig G., Maas S. (1984). „Man-Computer” Dialogue Systems. Adaptation to User Requirements. – M., Publishing House “Mir”, (in Russian). https://www.vsu.ru/ru/university/structure/communicate/pdf/comm-research/comm-research_2008.pdf

(სტატია მიღებულია 3.05.2025)

FOR HUMAN-COMPUTER INTERACTION ISSUES

Tevdoradze Medea, Dalakishvili Gocha, Giashvili Ia, Asatiani Tamar

Georgian Technical University

medeat@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

Summary

The paper "Human-Computer Interaction Issues" analyzes the main directions of human-computer interaction (HCI), emphasizing its importance in the design of intuitive, effective and convenient computer systems and technologies. The paper covers the main directions of human-computer interaction, such as interface design (UI Design), user experience (UX), interpretation and interaction styles and mental models. For effective communication, interface design creates a visual side of the system and convenient functionality that is at the same time easily understandable for the user. User experience (UX) emphasizes how important it is to make the system comfortable for use and to take into account the user's needs. The paper also discusses interpretation and interaction styles, such as graphical, textual and voice interfaces. They determine how the user and the computer interact. Mental models convey how people perceive computer systems and how the design should be adapted to their expectations so that it is simple and intuitive for them. The paper describes the importance of these different directions of HCI in order to create effective, easy-to-use and viable systems that best meet the needs of the user.

(Received 3.05.2025)

ПО ВОПРОСАМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И КОМПЬЮТЕРА

Тевдорадзе М., Далакишвили Г., Гиашвили И., Асатиани Т.

Грузинский Технический Университет

medeat@gtu.ge, dalaqishviligocha08@gtu.ge, i.giashvili@gtu.ge, t.asatiani@gtu.ge

Резюме

Обсуждаются вопросы взаимодействия человека и компьютера, его основные направления, такие как: дизайн интерфейса (UI Design), пользовательский опыт (UX), стили интерпретации и взаимодействия и ментальные модели. Для эффективной коммуникации дизайн интерфейса создает визуальную сторону системы и удобный функционал, который в то же время легко понятен пользователю. Его опыт (UX) подчеркивает, насколько важно сделать систему удобной для использования и учитывать потребности пользователя. Представлены стили интерпретации и взаимодействия, такие как: графический, текстовый и голосовой интерфейсы. Они определяют, как взаимодействуют пользователь и компьютер. Ментальные модели передают, как люди воспринимают компьютерные системы и как дизайн должен быть адаптирован к их ожиданиям, чтобы он был простым и интуитивно понятным для них. В статье описывается важность этих различных направлений HCI с целью создания эффективных, простых в использовании и жизнеспособных систем, максимально отвечающих потребностям пользователя.

(Поступила 3.05.2025)

პარალელური პროგრამირება Web-დეველოპმენტში

თენგიზ ბახტაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

t.bakhtadze@gtu.ge

რეზიუმე

პარალელური პროგრამირება ვებაპლიკაციებში მუშაობის გაუმჯობესების ფუნდამენტურ პარადიგმად იქცა. მრავალბირთვიანი პროცესორებისა და კლიენტ-სერვერის განაწილებული არქიტექტურის აღზევებასთან ერთად, თანამედროვე ვებ სისტემები სულ უფრო მეტადაა დამოკიდებული პარალელიზმზე რეაგირების, მასშტაბირებისა და ეფექტურობისთვის. ეს სტატია იკვლევს ვებგანვითარებაში პარალელური პროგრამირების ძირითად პრინციპებს, ტექნოლოგიებსა და გამოყენების შემთხვევებს, უპირატესად JavaScript-ზე, Node.js-ზე, Web Workers-ზე და მრავალნაკადიან ტექნიკაზე ისეთ backend ჩარჩოებში, როგორიცაა Python/Flask და C#, ასევე PHP-ზე. შემთხვევების კვლევები აჩვენებს რეალურ სამყაროში აპლიკაციებსა და მუშაობის სრულყოფას. პუბლიკაციის მიზანია ასევე ახალი კვლევების სტიმულირება და საუნივერსიტეტო სწავლებაში ახალი დისციპლინების და სასწავლო-მეთოდური ლიტერატურის შემუშავება და დანერგვა.

საკვანძო სიტყვები: task. Parallelism. Data. Pipeline parallelism. Browser. Javascript. Web. Workers. Node.js. Python. Flask. C#. ASP.NET. PHP. CLI.

1. შესავალი

ვების ევოლუციამ სტატიკური გვერდებიდან კომპლექსურ, ინტერაქტიულ აპლიკაციებამდე პარალელიზმის გამოყენება განაპირობა. პარალელური პროგრამირების კონცეფცია და ძირითადი პრობლემები და მათი გადაწყვეტის ზოგიერთი გზები განხილულია არსებულ წყაროებში [1-3]. თანამედროვე ვებაპლიკაციები ხშირად მოითხოვს რეალურ დროში რეაგირებას, ფონურ დამუშავებას და მონაცემებზე ინტენსიურ ოპერაციებს, რომელთა ეფექტურად მართვა შეუძლებელია ერთნაკადიანი შესრულებით. პარალელური პროგრამირება ამ პრობლემას აგვარებს დავალებების ერთდროულად შესრულების შესაძლებლობით, რაც აუმჯობესებს სიჩქარეს და რესურსების გამოყენებას.

სტატიაში ჩვენ განვიხილავთ პარალელიზმის ძირითად კონცეფციებს [4-8], მის შესაბამისობას ვებგანვითარებისთვის და იმას, თუ როგორ უწყობს ხელს სხვადასხვა პროგრამირების გარემო და ჩარჩოები პარალელურ დამუშავებას. ასევე განვიხილავთ პრაქტიკულ სცენარებს და შესრულების შედეგებს.

2. თეორიული საფუძველი

პარალელური პროგრამირება გულისხმობს პრობლემის დაყოფას დამოუკიდებელ ან ნახევრად დამოუკიდებელ ამოცანებად, რომელთა ერთდროულად შესრულებაც შესაძლებელია. კერძოდ, შემდეგი გზით:

- **დავალების პარალელიზმი** : სხვადასხვა ფუნქციის პარალელურად შესრულება (მაგ., API გამოძახებები, სხვადასხვა UI კომპონენტის რენდერინგი);
- **მონაცემთა პარალელიზმი**: ერთი და იგივე ოპერაციის ერთდროულად შესრულება მონაცემთა სხვადასხვა ნაწილზე (მაგ., დიდი მონაცემთა ნაკრების ნაწილების დამუშავება);

- **კონვერტირება პარალელიზმი** : ჯაჭვური ოპერაციები, სადაც ერთი გამომავალი მეორის შემავალია, შესრულებული პარალელურად (მაგ., მულტიმედიური ნაკადი);

პარალელიზმი შეიძლება იყოს:

- **ფარული**: იმართება გაშვების დროის ან ჩარჩოს მიერ (მაგ., Node.js მოვლენის ციკლი).
- **აშკარა**: პირდაპირ დამუშავებულია პროგრამისტის მიერ თემების, პროცესების ან ასინქრონული დავალებების მეშვეობით.

პარალელიზმის ტიპისა და შესაბამისი ინსტრუმენტის გაგება კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ეფექტური ვებაპლიკაციების შესაქმნელად.

3. პარალელიზმი ბრაუზერში

➤ JavaScript და მოვლენების ციკლი

JavaScript იყენებს ერთნაკადიან პარალელიზაციის მოდელს, რომელიც მოვლენების ციკლით იმართება. მიუხედავად იმისა, რომ JavaScript-ს არ შეუძლია მრავალი ნაკადის პირდაპირ შესრულება, ის იყენებს არაბლოკირებად ასინქრონულ ფუნქციებს (უკუკავშირი, დაპირება, ასინქრონი/მოლოდინი) შეყვანა/გამოყვანის და ტაიმერზე დაფუძნებული მოვლენების ეფექტურად დასამუშავებლად.

მაგალითი_1:

```
fetch('/api/data')
  .then(response => response.json())
  .then(data => console.log(data));
```

ეს არაბლოკირებადი შეყვანა/გამოსვლა მასშტაბირებადი კლიენტის მხარის აპლიკაციების შემუშავების მთავარი უპირატესობაა.

➤ ვებმუშაკები

ვებმუშაკები ბრაუზერებში რეალურ პარალელიზმს უზრუნველყოფენ დავალებების ფონურ ნაკადებზე გადატანით. ისინი იდეალურია გამოთვლითი ინტენსიური ამოცანებისთვის, როგორიცაა:

- სურათის ფილტრაცია;
- რთული მათემატიკური ოპერაციები;
- JSON-ის დამუშავება დიდ მონაცემთა ნაკრებებზე.

მაგალითი_2:

```
const worker = new Worker('worker.js');
worker.postMessage({ data: bigArray });
worker.onmessage = (e) => {
  console.log('Result:', e.data);
};
```

ვებმუშაკებს არ აქვთ წვდომა DOM-ზე (Document Object Model) და ურთიერთობენ შეტყობინებების გაცვლის გზით. ეს უზრუნველყოფს ნაკადების უსაფრთხოებას, მაგრამ სერიალიზაციისას დამატებით ხარჯებს ქმნის.

4. პარალელიზმი Backend Web Development-ში

➤ Node.js და მოვლენების ციკლი

Node.js იყენებს არაბლოკირებად შეყვანა/გამოყვანის მოდელს, რომელიც დაფუძნებულია მოვლენათა ციკლზე. ის კარგად შეეფერება შეყვანა/გამოყვანის სისტემებთან დაკავშირებულ ამოცანებს. CPU-სთან დაკავშირებული ამოცანებისთვის პარალელიზმი მიიღწევა შემდეგი გზით:

- **მუშა თემები** : Node.js-ის მშობლიური თემები, რომლებიც წარმოდგენილია ვერსია 10.5+-ში.

- **კლასტერის მოდული** : მრავალბირთვიანი პროცესორების გამოსაყენებლად Node.js-ის მრავალი პროცესის გაშვება

მაგალითი_3:

```
const { Worker } = require('worker_threads');
new Worker('./heavyTask.js');
```

ეს გამოთვლითი ლოგიკის გამოყოფის საშუალებას იძლევა მთავარი ნაკადისგან, რაც აუმჯობესებს გამტარუნარიანობას.

5. Python Flask-ით და მულტიპროცესები

Python-ის GIL (Global Interpreter Lock) CPython-ში ნამდვილ პარალელურ ნაკადებს ზღუდავს. Flask-ის მსგავსი ვებ ბექენდებისთვის, მულტიპროცესორული დამუშავება უკეთესი ვარიანტია პროცესორის მძიმე დავალებებისთვის.

- მრავალპროცესორული მოდული ცალკეული პროცესების წარმოქმნის. საშუალებას იძლევა;
- Celery + Redis განაწილებულ კონფიგურაციებში, ფონურ რეჟიმში, დავალების დამუშავების საშუალებას იძლევა.

მაგალითი_4:

მრავალპროცესორიანი პროცესიდან იმპორტი

```
def heavy_task(data):
    # intensive processing pass
    p = Process(target=heavy_task, args=(data,))
    p.start()
```

6. C# და ASP.NET პარალელური ტექნიკები

ASP.NET მხარს უჭერს საიმედო პარალელურ პროგრამირებას შემდეგი გზით:

- async/await ასინქრონული/მოლოდინის რეჟიმი;
- Task.Run and Parallel.For დავალება .Run და პარალელური .For;
- TPL (დავალებების პარალელური ბიბლიოთეკა).

მაგალითი_5:

```
var task1 = Task.Run(() => ComputeOne());
var task2 = Task.Run(() => ComputeTwo());
await Task.WhenAll(task1, task2);
```

ეს უზრუნველყოფს რეაგირებად API-ებს მძიმე გამოთვლების ან შეყვანის/გამოყვანის დაგვიანების შემთხვევაშიც კი.

პარალელური პროგრამირება შესაძლებელია PHP-ში, თუმცა ის ისეთი მარტივი არ არის, როგორც ზოგიერთ სხვა ენაში, როგორიცაა Python, Java ან C#. PHP თავდაპირველად შექმნილი იყო სინქრონული, ერთნაკადიანი შესრულებისთვის (ძირითადად ვებ მოთხოვნა-პასუხის ციკლებისთვის), მაგრამ პარალელიზმის განხორციელების რამდენიმე გზა არსებობს:

- 1) pthreads-ის გამოყენება (მხოლოდ PHP 5.x - PHP 7.2);
- 2) პარალელური გაფართოების გამოყენება (PHP 7.2+);
- 3) pcntl_fork()-ის გამოყენება (მხოლოდ Unix/Linux);
- 4) დავალებების რიგები და ასინქრონული სისტემები;
- 5) ReactPHP ან Amp.

შეზღუდვები:

- არ არის შესაფერისი პარალელიზმისთვის პროცესორის ძლიერი დატვირთვისას;
- PHP-ის მეხსიერების მოდელი და მოთხოვნებზე დაფუძნებული სასიცოცხლო ციკლი ვებ კონტექსტში ნამდვილ ნაკადიან წერას ართულებს;
- რეალურ დროში ან მძიმე პარალელური სისტემებისთვის განიხილეთ Python , Node.js , Go ან Rust;

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ PHP-ში პარალელური პროგრამირება შესაძლებელია შემდეგი გზით:

- პარალელური (თანამედროვე, CLI-სთვის);
- pcntl (პროცესზე დაფუძნებული, მხოლოდ Unix);
- Curl Multi (პარალელური HTTP ზარები);
- ასინქრონული ბიბლიოთეკები, როგორიცაა ReactPHP ან Amp.

ვებზე დაფუძნებული ანალიტიკური პანელი შემუშავებულია შემდეგი ფუნქციებით:

- React (frontend) + Web Workers JSON ჟურნალების დასამუშავებლად;
- Node.js (backend) Worker Threads-ით მონაცემების შეჯამებისთვის;
- Redis Pub/Sub ღონისძიებების რეალურ დროში ტრანსლაციისთვის;

შედეგები:

- რეაგირების 45%-იანი გაუმჯობესება;
- დიდი რაოდენობით მონაცემების შეყვანისას დაბლოკვის დროის 60%-ით შემცირება;
- მასშტაბირებულია 1000+ ერთდროული კლიენტის მხარდასაჭერად სტაბილური შესრულებით.

ამ მონაცემებმა frontend და backend პარალელიზმის ურთიერთქმედების ეფექტურობა წარმოაჩინა.

7. გამოწვევები და შეზღუდვები

მიუხედავად იმისა, რომ პარალელური პროგრამირება აუმჯობესებს მუშაობას, ის წარმოქმნის გამოწვევებს:

- **რბოლის პირობები** : მრავალი ნაკადი ერთდროულად იყენებს საერთო რესურსებს;
- **ჩიხები** : ორი ან მეტი თემა განუსაზღვრელი ვადით ელოდება;
- **გამართვის სირთულე** : ერთდროულობის გამო შეცდომების აღმოჩენა უფრო რთულია;

- **მეხსიერების გადატვირთვა:** ნაკადები და მუშაკები ზრდიან ოპერატიული მეხსიერების გამოყენებას.

საუკეთესო პრაქტიკად შეგვიძლია ჩავთვალოთ:

- ნაკადებისთვის უსაფრთხო მონაცემთა სტრუქტურების გამოყენება
- გაზიარებული ცვალებადი მდგომარეობის თავიდან აცილება
- ერთდროული შესრულების რეგისტრირება და მონიტორინგი

8. მომავლის მიმართულებები

ვებგანვითარებაში პარალელიზმის მომავალს რამდენიმე ტენდენცია განსაზღვრავს:

- **WebAssembly Threads** : ნამდვილი მრავალმფიანი ტექნოლოგიის გამოყენება ბრაუზერებში WASM-ის საშუალებით.

- **სერვერის გარეშე არქიტექტურები:** ფუნქციები, რომლებიც პარალელურად სრულდება კონტეინერებს შორის.

- **Edge Computing** : პარალელური დავალებები გადატანილია განაწილებულ კიდის კვანძებზე.

- **ხელოვნური ინტელექტით მართული დატვირთვის დაბალანსება:** დინამიური დავალების განაწილება მანქანური სწავლების გამოყენებით.

ისეთი ჩარჩოები, როგორიცაა Deno, Bun და Next.js, ასევე აფართოებს საზღვრებს ოპტიმიზებული პარალელური მოდელების გამოყენებით.

9. დასკვნა

პარალელური პროგრამირება აღარ წარმოადგენს ვებგანვითარების ვიწროდ სპეციალიზირებულ ტექნიკას. ის აუცილებელი გახდა შესრულების, რეაგირების და მასშტაბირებისთვის. ვებმუშაკებიდან დაწყებული მრავალპროცესორიანი ბექენდებით დამთავრებული, დევლოპერებს ახლა აქვთ წვდომა ძლიერ ინსტრუმენტებზე ეფექტური აპლიკაციების შესაქმნელად. რადგან ვები აგრძელებს განვითარებას, პარალელიზმის გამოყენება გადამწყვეტი იქნება მომხმარებლის მოლოდინებისა და სისტემის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. T. Bakhtadze, I. Rodonaia, M. Gegechkori. Analysis of parallel execution time of hyperthreads for the Open MP platform paradigm. Proceedings of the Archil Eliashvili Institute of Control Systems of GTU No. 26, 2022 pp. 142-151. ISSN 0135-0765.

2. T. Bakhtadze, I. Rodonaia, M. Gegechkori. Analysis of data race and research of ways to overcome it in the OpenMP paradigm. Proceedings of the Archil Eliashvili Institute of Control Systems of GTU No. 27, 2023 pp. 170-180. ISSN 0135-0765.

3. T. Bakhtadze, I. Rodonaia, M. Gegechkori. Method for determining the share of parallel operations of a computer program for assessing the acceleration of multiprocessor and multicore systems. Collection of works of the Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the Georgian State Technical University. No. 28, 2024, pp. 159-164. ISSN 0135-0765. Mozilla Developer Network. "Web Workers". Internet resource: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Workers_API

4. Node.js Documentation. "Worker Threads". Internet resource: https://nodejs.org/api/worker_threads.html

5. Python Docs. Multiprocessing. Internet resource: <https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html>

6. Microsoft Docs. Asynchronous Programming in C#.
7. Lea, Doug. Concurrent Programming in Java. Addison-Wesley.
8. Mohammad Alsmirat, et al. Multi-threading in PHP Web Applications: A Performance Analysis. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 2016

(სტატია მიღებულია 10.05.2025)

PARALLEL PROGRAMMING IN WEB DEVELOPMENT

Bakhtadze Tengiz

Georgian Technical University

t.bakhtadze@gtu.ge

Summary

Parallel programming has become a fundamental paradigm for improving performance in web applications. With the rise of multi-core processors and distributed client-server architectures, modern web systems increasingly rely on parallelism for responsiveness, scalability, and efficiency. This article explores the main principles, technologies, and use cases of parallel programming in web development, primarily on JavaScript, Node.js, Web Workers, and multithreading techniques in backend frameworks such as Python/Flask and C#, as well as PHP. Case studies demonstrate real-world applications and performance improvements. The publication also aims to stimulate new research and introduce new disciplines and teaching-methodological literature into university teaching. Parallel programming is no longer a niche technique for web development. It has become essential for performance, responsiveness, and scalability. From web workers to multiprocessor backends, developers now have access to powerful tools to build efficient applications. As the web continues to evolve, the use of parallelism will be critical to meeting user expectations and system requirements.

(Received 10.05.2025)

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ВЕБ-РАЗРАБОТКЕ

Бахтадзе Тенгиз

Грузинский Технический Университет

t.bakhtadze@gtu.ge

Резюме

Параллельное программирование стало фундаментальной парадигмой для повышения производительности веб-приложений. С появлением многоядерных процессоров и распределенных архитектур клиент-сервер современные веб-системы все больше полагаются на параллелизм для обеспечения отзывчивости, масштабируемости и эффективности. В данной статье рассматриваются основные принципы, технологии и примеры использования параллельного программирования в веб-разработке, в первую очередь на JavaScript, Node.js, Web Workers и многопоточных методах в таких фреймворках бэкэнда, как Python/Flask и C#, а также PHP. Практические примеры демонстрируют реальные приложения и улучшения производительности. Публикация также направлена на стимулирование новых исследований и внедрение новых дисциплин и учебно-методической литературы в университетское обучение. Параллельное программирование больше не является узкоспециализированной техникой для веб-разработки. Оно стало необходимым для производительности, отзывчивости и масштабируемости. От веб-воркеров до многопроцессорных бэкэндов разработчики теперь имеют доступ к мощным инструментам для создания эффективных приложений. Поскольку веб продолжает развиваться, использование параллелизма будет иметь решающее значение для удовлетворения ожиданий пользователей и системных требований.

(Поступила 10.05.2025)

მარკეტინგული კვლევის ციფრული ავტომატიზაციის სისტემა .NET პლატფორმაზე

კუკური ნებაძე, თენგიზ ბახტაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
nebadze.k@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge

რეზიუმე

ბიზნესების თანამედროვე განვითარება შეუძლებელია მომხმარებელზე ორიენტირებული, სანდო და დროული ინფორმაციის გარეშე. მარკეტინგული კვლევა სწორედ ამ ამოცანას ემსახურება, ხოლო მისი ციფრული ავტომატიზაცია .NET პლატფორმის გამოყენებით, პროცესს ხდის სწრაფს, მოქნილსა და მასშტაბურს. სტატიაში განხილულია სისტემის არქიტექტურა, ძირითადი მოდულები, ანალიტიკის ალგორითმები, უსაფრთხოების მექანიზმები და მისი შედარება ალტერნატიულ პლატფორმებთან, წარმოდგენილია რეალური დანერგვის პერსპექტივა და გაუმჯობესების რეკომენდაციები.

საკვანძო სიტყვები: მარკეტინგული კვლევა. ციფრული ტექნოლოგია. ავტომატიზაცია. .NET პლატფორმა.

1. შესავალი

მარკეტინგული კვლევა წარმოადგენს სტრატეგიულ ინსტრუმენტს, რომელიც კომპანიებს ბაზრის ტენდენციების, მომხმარებელთა საჭიროებებისა და კონკურენტების ქცევის ანალიზში ეხმარება. ვინაიდან, ტრადიციული კვლევები დიდ რესურსს მოითხოვს, ამიტომ აუცილებელი ხდება პროცესის ავტომატიზაცია.

.NET პლატფორმაზე აგებული სისტემა იძლევა სრულფასოვან მარკეტინგული კვლევის ციკლის—კითხვარების შექმნის, მონაცემთა შეგროვების, ანალიზისა და ანგარიშების—ავტომატიზაციის შესაძლებლობას [1-10].

2. მარკეტინგული კვლევის არსი და საჭიროება

მარკეტინგული კვლევა მოიცავს ორ ტიპს: პირველადი (გამოკითხვები, ინტერვიუები) და მეორადი (სტატისტიკა, ბაზრის ანგარიში). მისი მთავარი ამოცანაა: მომხმარებლის მოთხოვნის განსაზღვრა, სეგმენტაცია, უკუკავშირის მიღება და მარკეტინგული კამპანიების შეფასება.

ციფრული საშუალებების ინტეგრაციით შესაძლებელი გახდა კვლევის ეტაპების გამარტივება, ეფექტიანობის ზრდა და შედეგების სწრაფი დამუშავება.

3. სისტემის არქიტექტურა და ფუნქციონალი

სისტემა დაფუძნებულია მრავალფენიან არქიტექტურაზე:

- **Presentation Layer** – მომხმარებელთან ურთიერთობა (Blazor/Angular);
- **Application Layer** – ლოგიკა და როლებზე დაფუძნებული წვდომა;
- **Data Layer** – მონაცემთა ბაზა (SQL Server, PostgreSQL) EF Core-ით.

ფუნქციური მოდულები:

- კვლევის შემუშავება;
- კითხვარების რედაქტორი (მრავალარჩევითი, ღია კითხვები);
- რეალურ დროში მონაცემთა შეგროვება;
- ანგარიშგება და ვიზუალიზაცია.

4. მოდულების ავტომატიზაცია

➤ ავტორიზაცია (.NET Identity)

- მომხმარებლის რეგისტრაცია და როლების მართვა,
- JWT token ავთენტიკაცია API-სთვის,
- RBAC მოდელი.

➤ კვლევის გენერატორი

- კითხვარების ვიზუალური აგება (drag & drop),
- კითხვების ვალიდაცია,
- პასუხების დინამიკური შენახვა.

➤ შედეგების ანალიზი და ვიზუალიზაცია

- საშუალო, პროცენტები, სეგმენტაცია,
- Chart.js ან Telerik-ზე დაფუძნებული გრაფიკები,
- Excel და PDF ფორმატში ექსპორტი.

5. კითხვარების ავტომატიზაცია

კითხვარების ავტომატიზაცია .NET პლატფორმაზე წარმოადგენს სისტემის ერთ-ერთ უმთავრეს კომპონენტს, რომელიც კვლევის დაგეგმვის, ჩატარებისა და მონაცემთა შეგროვების პროცესს მნიშვნელოვნად ამარტივებს.

სისტემაში კითხვარები გენერირდება დინამიკურად — მენეჯერი ან ადმინისტრატორი ქმნის ახალ კვლევას, აგებს კითხვარებს *drag-and-drop* ინტერფეისით და ირჩევს კითხვების ტიპებს:

- დახურული (ერთარჩევიანი ან მრავალარჩევიანი);
- ღია ტექსტური;
- რეიტინგული;
- მატრიცული (მაგალითად, შეფასება სხვადასხვა კრიტერიუმით).

სისტემა იძლევა შეკითხვებზე ლოგიკის ჩამატების შესაძლებლობას — მაგალითად, კონკრეტული პასუხის შემთხვევაში შემდეგი კითხვების გამოტოვება ან გადამისამართება.

რესპონდენტი იღებს უნიკალურ ბმულს და სისტემაში შევსებული კითხვარი ინახება რეალურ დროში. გამოყენებულია ავტომატური შენახვის ფუნქციონალი (*auto-save*), პროგრესის ინდიკატორი და რისკებისგან დაცული შევსების მექანიზმები. კითხვარების ინტერფეისი ადაპტირებულია როგორც დესკტოპ, ასევე მობილური მოწყობილობებისთვის.

დაგროვილი პასუხები ინახება სტრუქტურირებულ ცხრილებში (*SurveyResponses*, *SurveyAnswers*), რაც ამარტივებს შედეგების ანალიზს. შესაძლებელია სტატისტიკური აგრეგაცია, სეგმენტაცია და ვიზუალიზაცია უშუალოდ პასუხებზე დაყრდნობით.

5.1. შეკითხვების ლოგიკა და პირობითი გადასვლები

სისტემა მომხმარებელს საშუალებას აძლევს განსაზღვროს ლოგიკური წესები კითხვებს შორის. მაგალითად:

თუ პასუხი = „არა“ → გამოტოვე შეკითხვები 5–8 და გადადი 9-ზე.

აღნიშნული ფუნქციონალის დახმარებით შესაძლებელია რესპონდენტის პასუხებზე დაყრდნობით, მოქნილი და მიზნობრივი კითხვარების აგება, რაც თავის მხრივ ამცირებს რესპონდენტის ტვირთს გამოკითხვისას, რაც ნებისმიერი კვლევის მნიშვნელოვან ელემენტს წარმოადგენს.

5.2. კითხვარების შაბლონების შენახვა და ხელახალი გამოყენება

სისტემაში შესაძლებელია კითხვარების სტრუქტურის შენახვა როგორც შაბლონი. შაბლონები ხელმისაწვდომია კვლევის მენეჯერებისთვის და მათი ხელახალი გამოყენება ამცირებს დროსა და სხვა რესურსების ხარჯებს.

შაბლონები განსაკუთრებით ეფექტურია განმეორებითი კვლევებისთვის ან სხვადასხვა რეგიონში იდენტური კვლევის ჩასატარებლად.

5.3. დაშვების კონტროლი და ანონიმური რეჟიმი

კითხვარებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა წვდომის დონე:

- **დახურული** — მხოლოდ ავტორიზებული მომხმარებლებისთვის;
- **ღია** — ბმულის მქონე ნებისმიერი პირისთვის;
- **ანონიმური** — არ ხდება პირადობის იდენტიფიკაცია.

ანონიმური რეჟიმი უზრუნველყოფს რესპონდენტის კონფიდენციალურობას, რაც აუცილებელია სენსიტიური თემების მქონე კვლევისთვის.

5.4. მრავალენოვანი მხარდაჭერა

სისტემას აქვს მრავალენოვანი მექანიზმი, რაც შესაძლებელს ხდის ერთი და იმავე კითხვარის წარდგენას სხვადასხვა ენაზე.

- თითოეულ კითხვას შეუძლია ჰქონდეს თარგმანი;
- რესპონდენტს შეუძლია აირჩიოს ენა კითხვარის დაწყებისას;
- ლოკალიზაცია ხორციელდება .NET-ის რესურსების ფაილების ან მონაცემთა ბაზის დონეზე.

6. მონაცემთა დამუშავება და BI ინტეგრაცია

მონაცემები მუშავდება LINQ-ს მეშვეობით (.NET). რეალურ დროში განახლება ხდება SignalR-ის გამოყენებით. BI მხარდაჭერა მოიცავს:

- **Power BI** – ინტეგრაცია REST API-ით, ინტერაქტიული Dashboard-ები;
- **.NET MAUI** – მონაცემების მობილურ/დესკტოპ ვერსიაში ვიზუალიზაცია.

გამოიყენება ბიბლიოთეკები: MathNet.Numerics, Statistics.Net.

7. უსაფრთხოება და კონფიდენციალურობა

სისტემაში განხორციელებულია:

- **RBAC** – წვდომის კონტროლი როლის მიხედვით;
- **დაშიფვრა** – HTTPS (TLS), AES მონაცემებისთვის;
- **GDPR შესაბამისობა** – მონაცემთა მინიმალიზაცია, წაშლის უფლება, თანხმობის ფორმები;
- **ILogger აუდიტი** – მომხმარებლის ქმედებების ლოგირება.

უსაფრთხოების მექანიზმები უზრუნველყოფს სანდო მონაცემთა ბაზას და მომხმარებლის დაცულობას.

8. ტესტირება და სისტემის დანერგვა

დაპროექტებულია მრავალდონიანი ტესტირება:

- **Unit ტესტები** – ძირითადი ფუნქციონალის შემოწმება;
- **Integration ტესტები** – მოდულებს შორის ურთიერთქმედება;
- **UI ტესტები** – მომხმარებლის სცენარების სიმულაცია (Selenium).

CI/CD ინტეგრაცია (GitHub Actions) უზრუნველყოფს განახლებების უწყვეტ მიწოდებას. სისტემა გაშვებულია Docker კონტეინერით და უზრუნველყოფს მარტივ გადაადგილებას სერვერებს შორის.

9. შედარება ალტერნატიულ პლატფორმებთან

➤ **.NET vs Node.js / Django:**

პარამეტრი	.NET	Node.js	Django
შესრულება	მაღალი	საშუალო	საშუალო
ტიპიზაცია	სტატიკური (C#)	დინამიური (JS)	დინამიური (Python)
უსაფრთხოება	ჩაშენებული მაღალი	დამატებითი ბიბლიოთეკების საჭირო	საშუალო
BI მხარდაჭერა	Power BI, MAUI	შეზღუდული	გარე ბიბლიოთეკებით
საწარმოო მზადყოფნა	ძლიერი	მაღალი	საშუალო

.NET გამოირჩევა შესრულებით, უსაფრთხოებითა და კროსპლატფორმული მხარდაჭერით.

10. დასკვნა

მარკეტინგული კვლევის პროცესების ავტომატიზაცია .NET პლატფორმაზე უზრუნველყოფს სრულფასოვან, მოქნილ და უსაფრთხო გადაწყვეტას. სისტემა ამარტივებს კვლევის დაგეგმვას, გამოკითხვების წარმართვას და შედეგების ანალიზს რეალურ დროში. ხოლო რეალურ დროში ინფორმაციაზე ხელმისაწვდომობა საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სწრაფი, ინფორმირებული გადაწყვეტილებები და ეფექტურად ვუპასუხოთ მუდმივად ცვალებად გარემოებებს.

მისი დანერგვა მიზანშეწონილია როგორც მცირე, ისე მსხვილ კომპანიებში, კვლევით ცენტრებსა და საგანმანათლებლო დაწესებულებებში. ავტომატიზაციის მეშვეობით იზრდება ეფექტიანობა და მცირდება ადამიანური შეცდომის რისკი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Microsoft Learn – <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/> (10.03.25)
2. ASP.NET Core Documentation – <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/> (7.04.25)
3. SignalR Overview – <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/signalr/> (11.04.25)
4. Chart.js Library – <https://www.chartjs.org/> (10.03.25)
5. Power BI Documentation – <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/> (20.04.25)
6. GDPR Overview – <https://gdpr.eu/> (9.04.25)
7. Blazor Docs – <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/blazor/> (10.03.25)
8. MAUI Docs – <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/maui/> (30.03.25)
9. EF Core – <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/core/> (1.04.25)
10. MathNet Numerics – <https://numerics.mathdotnet.com/> (7.04.25)

(სტატია მიღებულია 15.05.2025)

**DIGITAL MARKETING RESEARCH AUTOMATION SYSTEM
ON THE .NET PLATFORM**

Kukuri Nebadze, Tengiz Bakhtadze

Georgian Technical University

nebadze.k@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge

Summary

This article explores the automation of the marketing research process using the .NET platform. It presents a modular and scalable system architecture that streamlines every phase of marketing research—from survey creation and data collection to real-time analysis and reporting. The proposed solution emphasizes performance, flexibility, and data security, leveraging tools such as ASP.NET Core, SignalR, LINQ, and Power BI. The study also compares .NET to alternative platforms like Node.js and Django, highlighting its advantages in enterprise readiness and cross-platform capabilities. The article concludes with practical recommendations for implementing such systems across various business and research environments to enhance decision-making through data-driven insights.

(Received 15.05.2025)

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ МАРКЕТИНГОВЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПЛАТФОРМЕ .NET**

Небадзе К., Бахтадзе Т.

Грузинский Технический Университет

nebadze.k@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge

Резюме

Рассматривается автоматизация процесса маркетинговых исследований с использованием платформы .NET. Она представляет собой модульную и масштабируемую архитектуру системы, которая оптимизирует каждый этап маркетинговых исследований — от создания опроса и сбора данных до анализа и отчетности в реальном времени. Предлагаемое решение подчеркивает производительность, гибкость и безопасность данных, используя такие инструменты, как ASP.NET Core, SignalR, LINQ и Power BI. Исследование также сравнивает .NET с альтернативными платформами, такими как Node.js и Django, подчеркивая его преимущества в готовности к работе на предприятии и кроссплатформенных возможностях. Статья завершается практическими рекомендациями по внедрению таких систем в различных бизнес- и исследовательских средах для улучшения принятия решений с помощью аналитических данных.

(Поступила 15.05.2025)

ნანოტექნოლოგიებისა და ნანოფსიქოლოგიის თანამედროვე გამოწვევები

ია ირემაძე¹, დალი ზერაგია², გიორგი კაიშაური¹, ანა თათეშვილი³

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი,

3-ბერლინის თავისუფალი უნივერსიტეტი

i.iremادze@gtu.ge, dalizeragia@gmail.com, kaishauri.giorgi@gtu.ge,

anatareshvili@gmail.com

რეზიუმე

მე-20 საუკუნის მიწურულმა და 21-ე საუკუნის, კომპიუტერული ერის დასაწყისმა მოიტანა ტექნოლოგიებით „შეპყრობილი“ ადამიანის ფსიქოემოციური ტრანსფორმაცია და საფუძველი ეყრება ხელოვნური რეპროდუქციული ტექნოლოგიების განვითარებას. სამყარომ, ამ მოკლე პერიოდში, გააკეთა უდიდესი ტექნოლოგიური ნახტომი. ტექნოლოგიები გამოიყენება ყველა სფეროში, დაწყებული ენათმეცნიერებიდან, დამთავრებული ხელოვნური ორგანოების შექმნით. დღეს ხელოვნური ინტელექტის ელემენტები პლანეტის მოსახლეობის 90%-ის თანმდევა, ისე, რომ ზოგჯერ ადამიანი-მომხმარებელი ამას ვერც კი იაზრებს. პრობლემებზე, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ტექნოლოგიების განვითარების მზარდი ტემპით - უკვე სიფრთხილით საუბრობს და მსჯელობს სამყარო. ეძებენ მაკონტროლებელ და მარეგულირებელ მექანიზმებს, რათა აღნიშნული „მიღწევები“ ადამიანის კონტროლის სფეროდან არ გამოვიდეს, როგორც სამართლებრივი ასევე ეთიკური თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: ნანოტექნოლოგია. ნანოფსიქოლოგია. ტვინი. ხელოვნური ინტელექტი. საინჟინრო ფსიქოლოგია.

1. შესავალი

21-ე საუკუნის გამოწვევაა ხელოვნური ინტელექტი და მისი თანმდევი ახალი მიმართულება ნანოფსიქოლოგია. ტერმინი „ნანოფსიქოლოგია“ დაახლოებით ერთი და იმავე დროს შემოიტანეს მეცნიერებმა: მაიკლ ეპშტეინმა - ემორის უნივერსიტეტის (აშშ) პროფესორმა, ლივერპულის უნივერსიტეტის ფსიქოლოგიის პროფესორმა პაულ ციოლომ (დიდი ბრიტანეთი) და რუსმა მკვლევარმა, ფსიქოლოგიის პროფესორმა ვ.მ. ლივშიცმა [1]. პ. ციოლო მოუწოდებს, რომ გაერთიანდეს ტექნოლოგიები და ფსიქოლოგია ერთგვარ ფუნდამენტური რეინჟინერინგის მიმართულებით, რათა შეიცვალოს ადამიანური არსებობა ულტრასტრუქტურების დონეზე. ხელოვნურ რეპროდუქციულ ტექნოლოგიებს აქვს საბაზო გენომის რეპროდუქციულობის უნარი - მომავალში კაცობრიობას წარუდგენენ კიბორგებად, ანდროიდებად და ტრანსჰუმანურ მანქანებად [2].

2022 წლის მიწურულს გამოჩნდა პუბლიკაცია, სადაც ილონ მასკის კომპანიის Neuralink-ის გუნდი სიხარულით აუწყებდა მსოფლიო საზოგადოებას FDA-სგან (აშშ-ში მოქმედი მარეგულირებელი ორგანო - სურსათისა და მედიკამენტების ხარისხის კონტროლის სამსახური) ადამიანებზე პირველი კლინიკური ცდის ჩატარებისთვის ნებართვის მივლილებას. ამას წინ უსწრებდა 2020 წელს განაცხადი, როდესაც კომპანია Neuralink-მა FDA-სგან მოთხოვნაზე უარი მიიღო. Neuralink-მა ტვინში ჩიპის იმპლანტირების უფლების

მოსაპოვებლად ხელმეორე განაცხადი 2022 წლის პირველ ნახევარში შეიტანა. კომპანია Neuralink-ის მიზანს წარმოადგენდა ნევროლოგიურ პაციენტთა კომუნიკაციის შესაძლებლობების ხარისხის გაზრდის მიზნით ე.წ. ნეიროკომპიუტერული ინტერფეისის შექმნა. ნებართვა, ადამიანის ტვინში ჩიპის იმპლანტაციის შესახებ კომპანიამ 2022 მაისში მიიღო. პროექტი 6 წელზე არის გაწერილი და კლინიკური ცდა პარალიზებულ ადამიანებზე ჩატარდება. იმპლანტი, ტვინის იმ უბანში ჩაიდგმება, რომელიც ადამიანის მოტორიკას აკონტროლებს. ჩიპი სიგნალებს კომპიუტერს გაუგზავნის, რომელიც თავის მხრივ მიღებული ინფორმაციის დეკოდირებას შეძლებს. 2024 წლის მიწურულს უკვე ჩატარდა მსგავსი ოპერაცია ადამიანის ტვინზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კომპანიამ „Blackrock Neurotech“ ადამიანის ტვინში ჩიპის ჩანერვა ჯერ კიდევ 2004 წელს განახორციელა.

იღონ მასკის კომპანიის პროდუქტს Telepathy დაარქვეს. Telepathy-ს შეედლება გონებით ტელეფონისა და კომპიუტერის გაკონტროლება (ნახ.1). თუმცა საბოლოო შედეგებზე საუბარი ჯერ ნაადრევია.



ნახ. 1. Telepathy - Neuralink-ის მიერ შექმნილი ტვინში ჩასანერგი ჩიპის იმპლანტი

2. ძირითადი ნაწილი

სხვადასხვა დარგის მსოფლიო მეცნიერები გასულ საუკუნეში პროგნოზირებდნენ მსგავსი რეპროდუქციული ტექნოლოგიების განვითარებას. გამოთქვამდნენ მოსაზრებებს, საფრთხეებსა და შეშფოთებას.

დღეს აქტიურად ახორციელებს ამ მიმართულებას ფსიქოლოგი რამილ გარიფულინი [3], რომელიც სამეცნიერო წრეებში 2005-2011 წწ-ში მსოფლიოში მიმდინარე კონფერენციაზე „ადამიანი გლობალური გამოწვევების პირისპირ“, საერთაშორისო სიმპოზიუმზე „ბუნების ფენომენი და ადამიანის ეკოლოგია“ და ა.შ. წლებია აგენერირებს ახალი მეცნიერების შექმნის იდეას. როგორც რ.რ.გარიფულინი ვარაუდობს, რომ ახალი მეცნიერება კაცობრიობას მომავალში მიიყვანს ნანოფსიქოლოგიის განვითარებასთან და წარმოაჩენს, როგორც აბსოლუტურად ახალ მსოფლმხედველობას. თანამედროვე მეცნიერებების ფილოსოფიური სიახლე აუცილებელია ვეძებოთ ნანოფილოსოფიაში, როგორც მსოფლმხედველობა, რომელშიც ანგარიშგასაწევია ფსიქიკური არსებობის ახალი ფორმების ხარისხი (მაგალითად ფსიქოსფეროები), რომელიც ვითარდება ახალი ფსიქოლოგიის - ნანოფსიქოლოგიის წყალობით. მისი მეშვეობით გაჩნდება სინდისიერებისა და სულიერების პროცესების მართვისა და მანიპულირების შესაძლებლობა. აი, ასე მსჯელობს ახალი მეცნიერების შემოქმედი: „ტვინის სიგნალები პირდაპირ გადაეცემა ელექტრონული ქსელების მეშვეობით, აზრები წაკითხვადი იქნება, ამიტომ უნდა ვიყოთ ფრთხილად. ტვინში, ნანოჩიპების საშუალებით, დროდადრო „აციმციმდება ფირფიტა“,

რომელიც შეგახსენებთ როგორ იფიქროთ და ა.შ. მიზანშეწონილია არსებობდეს ფსიქოსფეროზე ორიენტირებული ღია საზოგადოება, რომელსაც შეუძლია მოითხოვოს თავისი წევრებისგან ფსიქიკური ასპექტიზმი. მენტალური „ეკოლოგიურობა“ გამოიმუშავებს მკაცრი აზროვნების უნარებს და ადამიანი დროის ინტერვალით მიეცემა „რეალურ მილს“ განსაკუთრებული სიხარულით, რომელიც სპეციალურად იქნება გამოყოფილი აზროვნების „ანარქიისთვის“. პიროვნებას შეეძლება კონტინენტებზე, პლანეტებზე, ვარსკვლავურ სისტემებში მენტალური მოგზაურობა, სხვადასხვა სოციალურ-პროფესიული როლის შესრულება და ამავდროულად გათავისებული ჰქონდეს საკუთარი ბედისა და მორალური პასუხისმგებლობის ერთიანობა. შემოქმედებითად ძლიერ, შთაგონებულ ადამიანს შეეძლება მთელი სამყარო დაასახლოს საკუთარი უსასრულო რაოდენობით წარმოდგენილი "მე". მოწყობილობების, ინსტრუმენტებისა და მანქანების გაადამიანებით, რომლის წყალობითაც ისინი აღიჭურვებიან მოძრავი ადამიანის ფუნქციებით, გამოთვლებისა და აზროვნების უნარებითაც კი, მაშინაც როცა, პოსტმოდერნისტულ გაგებაში ადამიანი მოკვდავია და თუ კი წარმოიქმნებიან სრულიად განსხვავებული ქმნილებები, ამ მოცემულობაში ცნება - "ადამიანი" ვეღარ იწერა გამოყენებული. ზეადამიანი - უკვე ადამიანი აღარ არის!, არამედ წარმოადგენს ერთგვარ „კვაზიდმერთს“ [3]. ზოგიერთი ავტორი დარწმუნებულია, რომ ნანოფსიქოლოგიის, როგორც მეცნიერების არსებობა უმრავლესობისათვის უკვე აღარ არის ეჭვქვეშ, მაგრამ, ინტერნეტში ტერმინი „ნანოფსიქოლოგიის“ მოძიებისას, ძეგლის შედეგში სხვა ბმულები რ. გარიფულინის გარდა არ არსებობს. შესაძლებელია, რომ ნანოფსიქოლოგია - კლუბურ, ვიწრო წრეში, მხოლოდ რჩეულ ადამიანთა დაჯგუფების ინტერსეთა სფეროს წარმოადგენს. მოკლედ რომ ვთქვათ, ფსიქოლოგები, თუ კი დაუუჯერებთ შესაბამის ბმულებზე გაკეთებულ განცხადებებს - „ნანოფსიქოლოგია“ წარმოადგენს მაღალი კატეგორიის ფსიქოლოგების კლუბს, რომლებიც ეწევიან ტრენინგების ორგანიზაციას, პირად კონსულტაციებს, აქვეყნებენ საავტორო პუბლიკაციებს და სატატიებს. ახორციელებენ მორალურ და ემოციურ მხადაჭერას, ადამიანები გამოყავთ კრიზისული მდგომარეობიდან, ეხმარებიან სხვადასხვა სახის პრობლემების გადაჭრაში: საბავშვო ბაღებში, სკოლაში, უმაღლეს სასწავლებელში ჩარიცხვისას, სამუშაო ადგილებზე, ბიზნესში, საორატორო ხელოვნების დაუფლებაში, თვითგანვითარებაში, თვითშეფასებაში“.

ნანოფსიქოლოგიის შესახებ წარმოდგენილი ინფორმაციის გაანალიზების მცდელობა ჰქონდა ტ.ნ. ბერეზინას [4,5]. კვლევის წრე აღმოჩნდა საკმაოდ ფართო - არამეცნიერულიდან დაწყებული ფსიქოლოგებით დამთავრებული. მეტად სერიოზულიად არის წარმოდგენილი ცნობიერების კვანტური თეორია და ნანოფსიქოლოგიის მიკუთვნება ინჟინერიის ფსიქოლოგიასთან, რომელიც განიხილავს ადამიანი-მანქანის ურთიერთქმედებას (ინტერაქციას). ტ.ნ. ბერეზინა გვთავაზობს ზემოქმედებას ნანოტექნოლოგიურ პროცესებზე ოდორანტების (ნივთიერება, რომელიც შეჰყავთ აირში ოდორიზაციისათვის) მეშვეობით, რომელსაც გამოყოფს ადამიანი ფუნქციონალური მდგომარეობის ცვლილებისას.

თუმცა, რ.რ.გარიფულინის მსჯელობაში ბევრი რამ გაზვიადებულია, მოლოდინებია ფანტასტიკის სფეროდან, არც თუ ისე კორექტულია მსჯელობაში, ხოლო, თვითონ ფაქტი - ახალი დისციპლინის, ნანოფსიქოლოგიის წარმოქმნის აუცილებლობაში არის რაღაც რაციონალური. მართალია, მას ჯერ კიდევ არა აქვს საყოველთაო აღიარება, ფართო მეცნიერული ასპარეზი, ექსპერიმენტების საჭირო რაოდენობა და სავსე კვლევები. მაგრამ მეცნიერებაში იყო პიონერი საკმაოდ რთულია. ის, რაც ადამიანების უმრავლესობას 30-50 წლის წინ მარტოხელა მეცნიერის კვლევები და იდეები ეგონა, რომ იყო ბოდეა და ფანტაზია, დროთა

განმავლობაში ხდება მსოფლიოს მიერ აღიარებული სამეცნიერო მოვლენა, რომელზედაც უბრალო ხალხი ამბობს: „და რა არის ამაში ახალი“?! ეს ხომ ყველამ იცის! მიუხედავად ამისა, თვალყურის მიდევნება ღირს, რადგან შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ ჩვენ ახალი მეცნიერული აღმოჩენის მიჯნაზე ვართ, მაგრამ ჯიუტად ვიყურებით წარსულისაკენ, ვებლაუჭებით მოძველებულ შეხედულებებს და ვერ ვხედავთ გავუსწოროთ თვალი მომავალს.

რ. გარიფულინის ნანოფსიქოლოგიის შეხედულებებში შეგვიძლია გამოვყოთ სამი სფერო:

1) ფსიქოლოგიური პროცესების კვლევა, განპირობებული ტვინის ბუნებრივი ნაოსტრუქტურებით, ნერვული და ნეიროჰუმორალური სისტემებით;

2) ხელოვნურად განპირობებული ფსიქიკური პროცესები, რომელიც წარმოქმნილია და მართულია ან არ არის მართული ნაოსტრუქტურებით, რომელიც ჩანერგილია ტვინში, ნერვულ და ნეიროჰუმორალურ სისტემებში;

3) ფსიქიკური პროცესები, სისტემის (მოწყობილობები, ჩიპები, ნანოჩიპები, ნანობოტები, მიკროგამომსხივებლები, მიკროგამომრთველები, მიკროკომპიუტერები, კოდირებისა და დეკოდირების მიკროსისტემები, დმნ კომპიუტერები და ა.შ.) ზემოქმედებით განპირობებული, რომლებიც შექმნილია ნანოტექნოლოგიური მიღწევების საფუძველზე. ეს სისტემები ან ჩანერგილია ტვინის ნერვულ ნეიროჰუმორალურ სისტემაში ან ზემოქმედებს გარედან. მისი აზრით, ნეიროფსიქოლოგიაში არსებობს შემდეგი სახის ძირითადი პრობლემები: ნანონაწილაკების ზემოქმედების პრობლემა (ნანობლოკატორები, ნანოეკრანები, ნანოჩიპები და სხვასხვაგვარი ნანოენერგეტიკული სტრუქტურები) ფსიქიკურ პროცესებზე, რომელშიც ჩართულია: ნანოჩიპების მეშვეობით ტვინის ბიოინფორმაციული ველების გარდაქმნის პრობლემა, რომელიც მოთავსებულია ტვინის სხვადასხვა უბნებში; ნანობლოკატორების, ნანოჩიპების და სხვადასხვა ნანოენერგეტიკული სტრუქტურების გავლენით გამოწვეული ფსიქიკური პრობლემების პროცესების კვლევა; ზემოთ ხსენებული პროცესების მართვის პრობლემა; გლობალურ (ინტერნეტის მაგვარ) ქსელში ტვინის სტრუქტურების და ნერვების მიერთების პროცესების მართვის პრობლემა; გლობალური რადიოქსელით ინდივიდებში, რომლებსაც ჩაშენებული აქვს ტვინში ნანოჩიპები და სხვა ნაოსტრუქტურები, მათი ფსიქიკური პროცესების მართვის პრობლემა; ხელოვნური ნაოსტრუქტურების გამოყენების პრობლემა ფსიქიკური პროცესების შესწავლის ახალი მეთოდებისა და მეთოდების შესაქმნელად; ბუნებრივი ტვინის ნაოსტრუქტურებთან ტვინის ხელოვნურ ნაოსტრუქტურებსა და ნერვებს შორის ურთიერთობის პრობლემა; სუბიექტური ფსიქიკური რეალობის მოდელირების პრობლემა ხელოვნური ნაოსტრუქტურების ზემოქმედების გამოყენებით; ფსიქიკური რეალობის გარდაქმნის, პროგნოზირებისა და აგების პრობლემა ნაოსტრუქტურების მეშვეობით ინფორმაციის ვარიაციულობის დახმარებით, რომელიც მიეწოდება ნაოსტრუქტურების გავლით; ნანონაწილაკების ხსნარებში მიმდინარე პროცესების შესწავლის პრობლემა (იდეალური და რეალური ხსნარები) - მაკრო დონეზე გადასვლა ნანონაწილაკების ხსნარებით [7, 8].

აღბათ, მოცემულ ინტერპეტაციაში ნანოფსიქოლოგიის საგნობრივი სფერო მნიშვნელოვან ხარისხში იკვეთება ან მთლიანად კვეთს მეცნიერებას, რომელიც ახლა იწყებს განვითარებას, კერძოდ ტვინის ნეიროფსიქოლოგიას. იგი შეისწავლის ტვინის ნეირონული სტრუქტურების განაწილებას, რომელიც შედგება მინი და მაკრო სვეტებისაგან.

დღეს, სხვა ავტორებიც ასევე საუბრობენ ნანოფსიქოლოგიის წარმოქმნის აუცილებლობაზე. „ნანოტექნოლოგიის ეპოქის მოახლოებასთან დაკავშირებით, ფსიქოლოგიაში იქმნება ახალი მიმართულება - ნანოფსიქოლოგია, შესაბამისად, საინჟინრო ფსიქოლოგიისთვის

ახალი გამოწვევები წარმოიქმნება. ინფორმატიკის განვითარების გავლენის ქვეშ ჩამოყალიბდა ვირტუალური ფსიქოლოგია, რომელიც განიხილავს სისტემას, როგორც "ადამიანი-ვირტუალურობა". ფსიქოლოგიის ამ ახალი მიმართულების შექმნის პიონერია ნ.ა ნოსოვა [9]. ამრიგად, ყალიბდება კიდევ ერთი ინტერდისციპლინური კავშირი: ნანოფსიქოლოგია - ტვინის ნეიროფსიქოლოგია - საინჟინრო ფსიქოლოგია. ისინი აქტიურად არიან დაკავშირებული ნანოტექნოლოგიურ რევოლუციასთან და თანამედროვე საზოგადოების განვითარების ახალ ფაზასთან.

ნანოფილოსოფიის იდეები და პოსტმოდერნისტული ფილოსოფოსობის საშუალებები მჭიდროდ არიან ინტეგრირებული ნანოფსიქოლოგიის იდეებთან. რ. გარიფულინი, სხვა საკითხებთან ერთად, ავითარებს პოსტმოდერნულ (არაწრფივ) ფსიქოლოგიის იდეებს, რომელიც ემყარება პოსტმოდერნული მიდგომების გამოყენებას (ტექსტოლოგიური, ნომადოლოგიური, სიმულაციური, ნარატოლოგიური, შიზონალიტიკური, სინერგიული და სხვა) ფსიქიკური რეალობის ბუნების აღწერისა და ახსნისას [10].

ნანოფსიქოლოგიის რამდენიმე მიმდევარს დასავლეთში აღიქვამენ, როგორც სამეცნიერო კვლევის სფეროს, ზემცირე სიდიდეების ზონებში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. კაცობრიობა მიუახლოვდა ზღვარს, თვლის ა. ზაქარია [11], რომლის მიღმა უნდა დაიწყოს კვლევები ადამიანებში ზემცირე დროის ზონაში (წამებში), იქნებიან ისინი ზრდასრულები თუ ბავშვები, და ასევე შეისწავლოს პირისპირ შეჯახების ეფექტს (ერთი შეხედვის გავლენა) სხვადასხვა ფიზიკურ მოვლენებთან - ფერის აღქმა, კვების პროდუქტებით, წარუმატებლობასა და წარმატებასთან და აქედან გამომდინარე ფსიქოლოგიური შედეგები, მაგრამ უნდა იყოს აღმოჩენილი ქცევის უმცირესი კომპონენტები და ქმედებები.

არ იწვევს ეჭვს ის ფაქტი, რომ ზოგიერთი ფსიქოლოგიური რეაქცია, მდგომარეობა და პროცესი შესაძლებელია შეიცვალოს მხოლოდ ჯუჯა მოწყობილობებით ან ნანო ჩიპებით. პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს მცირე დროის მანძილზე, არის ნანოფსიქოლოგიის საფუძველი.

ნანოფსიქოლოგია არის ფსიქოლოგიის დარგი, „ფსიქოლოგია ძალიან, ძალიან მცირე ქცევითი ველების“. როგორც მოსალოდნელია, მომავალში ფსიქოლოგიის განსაზღვრული ნაწილი დამოკიდებული უნდა იყოს ჯუჯა ტექნოლოგიებზე, რომელიც დაცურავს სისხლში მახასიათებლების შესაცვლელად და შესაძლებლობების გასაზომად, შესაფასებლად, სამკურნალოდ, აგრეთვე ქცევის ინტერპრეტაციისა და ანალიზისთვის, სტიმულებისა და ჩვეულებრივი და არაჩვეულებრივი პასუხებისთვის, ამ პატარა ნაწილაკებში, მათი დროც კი, როგორც უბრალო ფლემ-მეხსიერება. ამას გარდა, საზოგადოებაში მოქმედი ღირებულებების შესაბამისად უნდა მოხდეს ნერვული სისტემის წარმოქმნიდან დაბერებამდე ადამიანის ან სხვა ქმნილებების, თუნდაც რობოტების რეაქციაზე მათი ზემოქმედების განსაზღვრა. ნანოფსიქოლოგიაში იკვეთება ფსიქოლოგიის სხვადასხვა სფეროები, ისეთები როგორებიც არიან: ფსიქოლოგიური გაზომვები, ეკოლოგიური ფსიქოლოგია, პედაგოგიური ფსიქოლოგია, კრიმინალური ფსიქოლოგია, სოციალიზაცია, სოციალური ფსიქოლოგია, ზოგადად ფსიქოთერაპია, ხელოვნური ინტელექტი, პარაფსიქოლოგიაც კი [12].

ვ. ლიფშიცის შემოთავაზებაა შეიქმნას „მონაცემთა ბაზების კონფიდენციალობის დაცვით, მონიტორინგის მექანიზმი თითოეული ადამიანის ქცევის შეფასებისთვის. ფსიქოლოგიური მდგომარეობის კონტროლი უნდა გახდეს ქალაქებში სოციალური მართვის ძირითადი საშუალება. კოლექტიური კონტროლის სხვადასხვა ფორმები ნელ-ნელა, ნაწილობრივ ან მთლიანად უნდა გაქრეს, ან მნიშვნელოვნად შემცირდეს. ფაქტიურად, საუბარი მიდის

საზოგადოების (მცენარეების წერტილოვანი მორწყვის მსგავსად) წერტილოვანი მართვის სისტემის შექმნისკენ. ამ კონცეფციის ფილოსოფია მიეკუთვნება ნანოფსიქოლოგიას (შესაძლებელია გახდეს ფსიქოლოგიის ახალი მიმართულება), რომელიც შეისწავლის ძალიან პატარა ელემენტებისაგან შემდგარ (ნანო= 10^{-9} მეტრი) სისტემებს.

ნანოფსიქოლოგია უნდა ვითარდებოდეს ტვინის ნეიროფსიქოლოგიასთან მჭიდრო კავშირში, რომელიც შეისწავლის ზემოთაღნიშნულ სიდიდის უბნებს. თანამედროვე პიროვნების დინამიურ ბუნებას, ვ. ლიფშიცის აზრით, უნდა აღწერდეს პიროვნების ტალღური თეორია, რომლის ემპირიული კვლევა მან დაიწყო ჯერ კიდევ 1967 წელს, ადამიანის თვითდასწავლისას რხევითი პროცესების აღწერით. 1972 წელს ა. ამინაევმა, ხოლო 1998 წელს ლ. ვოლკოვა იკვლევდნენ ინდივიდუალურობის ფსიქოფიზიოლოგიურ და იერარქიულ თვისებებში რითმულ პროცესებს და აღმოაჩინეს ადამიანში სხვადასხვა ფსიქორითმები ურთიერთდამოკიდებული პიროვნული თვისებების ერთიანი ანსამბლის სახით.

2025 წელს, როდესაც წამოვა ახალი ტექნიკური მეცნიერების წამყვანი სფერო ნანოტექნოლოგიური ტალღა, მკვლევარ მეცნიერთა აზრით იქნება ნანოფსიქოლოგია. „ნანოფსიქოლოგია და ნანოტექნოლოგია რადიკალურად შეცვლიან ეკონომიკას და ადამიანისა და კაცობრიობის მართვის სისტემას. ნანოფსიქოლოგია არის კვანტური ფიზიკის, ხელოვნური ინტელექტის, ფსიქოანალიზის სინთეზი. ნაწილობრივ იგი უკვე შექმნილია და მასზე ძალიან ცოტა იწერება, რადგან წარმოადგენს სამხედრო, ბიზნესისა და რაღაც წილად რელიგიურ სფეროს. საჭიროა მოხდეს დიფერენცირება მიკრონანოფსიქოლოგიის - ტვინის კვანტური პროცესების დონეზე და მაკრონანოფსიქოლოგია - ადამიანის, საზოგადოებისა და გლობალური სისტემების მართვის დონეზე“. ნანოტექნიკოსების ახალი ეპოქისთვის მოითხოვება - „კვანტურ დონეზე ტვინის შესაბამისი (მეხუთე) სტრუქტურის მქონე ადამიანი“.

3. დასკვნა

ნანოტექნოლოგიებს, სამეცნიერო და პრაქტიკული თვალსაზრისით აქვს დიდი პოტენციალი, მაგრამ არსებობს ისეთი სერიოზული საფრთხეები, რომლებზედაც უნდა გამახვილდეს ყურადღება:

1) **ნანო- მასალების ზომების კონტროლი და უსაფრთხოება:** ნანო- მასალები საკმაოდ მცირე ზომისაა. კონტროლისა და გასატარებელი თუ გატარებული უსაფრთხოების ზომების უზრუნველყოფა რთულია. ნანოლითები შესაძლოა იყოს ტოქსიკური და ზიანის მომტანი გახდეს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ან გარემოსთვის;

2) **შეუკავშირებელი შედეგები:** სამეცნიერო კვლევებში, ნანოტექნოლოგიების ნებაყოფლობით თუ არაკეთილსინდისიერად ჩანერგვა, ზრდის ადამიანის პერსონალური მონაცემების ხელშეუხებლობის დარღვევის ალბათებას;

3) **ადამიანის ჯანმრთელობის საფრთხეები:** ნანო- მასალებს და ტექნოლოგიებს შესაძლოა ჰქონდეთ ტოქსიკური, ალერგიული ან სხვა სამედიცინო თუ ბიოლოგიური ნეგატიური ზეგავლენის ეფექტები;

4) **ეკოლოგიური პრობლემა:** ნანო- მასალებმა შესაძლოა გამოიწვიოს ეკოსისტემის მძიმე დაზიანება, რადგან მათი ეფექტიანი უტილიზების არანაირი სტანდარტი და საკანონმდებლო ნორმები არ არის შემუშავებული;

5) **ბიოლოგიური თავდასხმის რისკები:** არსებობს გონივრული ეჭვი იმის თაობაზე, რომ ნანო- მასალების შესაძლო უკონტროლო გამოყენებამ დააზიანოს ადამიანის ჯანმრთელობა და ხელყოს კაცობრიობის ყველაზე მნიშვნელოვანი მონაპოვარი - ადამიანის იდენტობა!

ნანოტექნოლოგიები უნდა ექვემდებარებოდეს მკაცრ რეგულაციებსა და ეთიკურ მონიტორინგს, რათა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი შესაძლო ზიანის მომტანი შედეგები.

და ბოლოს, ადამიანის გონების პროდუქტები უნდა ემსახურებოდეს ადამიანების ცხოვრების დონის ამაღლებას. სახიფათო ტენდენცია – „ადამიანი-მანქანა“ უკვე ქმნიდეს საფრთხეებს! ყველაფერი უნდა გაკეთდეს იმისთვის, რომ ახლო მომავალში კაცობრიობა არ დადგეს უზარმაზარი პრობლემის წინაშე – „გაადამიანუროს“ მართულ მანქანად ქცეული ადამიანი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Livshits V. (2006). Psychological Manifesto and comments to it. Internet resource: <http://www.proza.ru/2006/03/26-46> (12.03.25)
2. Ziolo P. Trauma and Transcendence: Psychosocial Impacts of Cybernetics and Nanotechnology. University of Liverpool. Internet resource: <http://wsarch.ucr.edu/archive/papers/ziolo/PISTA03-paper.doc> (17.04.25)
3. Garifullin R. Nanopsychology as a new science. Nanophilosophy as a new worldview. (Russian). Internet resource: <http://psyfactor.org/lib/nanopsychology2.htm> (21.04.25)
4. Organization of psychological trainings for personal growth. (Russian). Internet resource: <http://nanopsychology.ru/> (12.03.25)
5. Berezina T.N. Myths about nanopsychology and olfaction. Internet resource: http://www.nbpublish.coin/ptmag/contents_571.html (15.04.25)
6. Garifullin R.R. (2005). Nanopsychology as a new science. Nanophilosophy as a new worldview. Man in the face of a global challenge. (Russian). Kazan: Philosophical Society of Tatarstan. pp. 101-106
7. Garifullin R.R. Nanopsychology and psychiatry on the phenomenon of "Avatar". (Russian). Internet resource: <http://lnsk.ru/forum/threads> (01.05.25)
8. Nanopsychology as a new science or media in the era of nanotechnology. (Russian). Internet resource: <http://www.sdteam.coin/t2927> (10.05.25)
9. Arakelov G.G. (2004). Neurosciences - the basis for the development of the psyche. Questions of Psychology. № 5.
10. Engineering psychology. (Russian). Internet resource: http://www.psychologos.ru/articles/view/inzhenernaya_psihologiya (11.03.25)
11. Garifullin R.R. (1997). Illusionism of personality as a new philosophical and psychological concept. Kazan (Russian)
12. Garifullin R.R. (2005). Language, algorithms and principles of art in psychology // International Congress on creativity and psychology of art. Perm
13. Garifullin R. Postmodernist psychology (introduction to non-classical psychology and nanopsychology) (Russian). Internet resource: // <http://kitap.net.rU/garifullin/7.php>
14. Zakaria A. Al-Sherbeny. Towards Nano Psychology. Remodeling psychological status. Internet resource: // <https://docs.google.com> (20.03.25)
15. Concept of Nano-psychology. Internet resource: // <https://docs.google.com> (05.02.25)
16. Marcus P. (2011). Adams Modularity, Theory of Mind, and Autism Spectrum Disorder // Philosophy of Science. 78 (5): pp. 763-773;
17. Sirswal D. (2010). Ryle's Dispositional Analysis of Mind and its Relevance. Journal of Philosophy and Social Sciences (April, 2010): pp. 103-112;
18. Dullstein M. (2012). The Second Person in the Theory of Mind Debate. Review of Philosophy and Psychology. 3 (2): pp. 231-248

19. Burge T. (2007). Foundations of Mind. Oxford University Press.

(სტატია მიღებულია 1.05.2025)

MODERN CHALLENGES OF NANOTECHNOLOGY AND NANOPSYCHOLOGY

Ia Iremadze¹, Dali Zeragia², Giorgi Kaishauri¹, Anna Tateshvili³

1-Georgian Technical University,

2- Georgian-American University (Tbilisi),

3-Free University of Berlin

i.iremadze@gtu.ge, dalizeragia@gmail.com, kaishauri.giorgi@gtu.ge,
anatateshvili@gmail.com

Summary

The late 20th and early 21st centuries, the computer nation, brought about a psycho-emotional transformation of technology-obsessed man and laid the foundation for the development of artificial reproductive technologies. In this short period of time, the world has made a huge technological leap. Technologies are used in all areas: from linguistics to the creation of artificial organs. Today, elements of artificial intelligence are present in 90% of the world's population, so much so that sometimes the human user does not even realize it. The world is already cautiously discussing and condemning the problems that may arise due to the acceleration of the pace of technological development. They are looking for mechanisms of control and regulation so that these “advances” do not go beyond human control, both from a legal and moral point of view.

(Received 1.05.2025)

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОПСИХОЛОГИИ

Ия Иремадзе¹, Дали Зерагия², Георгий Каишаури¹, Анна Татешвили³

1-Грузинский Технический Университет,

2-Грузино-Американский Университет (Тбилиси),

3- Свободный университет Берлина

i.iremadze@gtu.ge, dalizeragia@gmail.com, kaishauri.giorgi@gtu.ge,
anatateshvili@gmail.com

Резюме

Конец 20-го и начало 21-го века, компьютерная нация произвела психоэмоциональную трансформацию одержимого технологиями человека и заложила основу для развития искусственных репродуктивных технологий. За этот короткий промежуток времени мир совершил огромный технологический скачок. Технологии используются во всех областях, от лингвистики до создания искусственных органов. Сегодня элементы искусственного интеллекта присутствуют у 90% населения планеты, причем настолько, что порой человек-пользователь даже не осознает этого. В мире уже настороженно обсуждают и осуждают проблемы, которые могут возникнуть в связи с ускорением темпов развития технологий. Они ищут механизмы контроля и регулирования, чтобы эти «достижения» не выходили за рамки человеческого контроля как с правовой, так и с моральной точки зрения.

(Поступила 1.05.2025)

სინათლის ზემოქმედებისას რთული სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის განსაზღვრა

დავით გზირიშვილი, მარიამ გულაშვილი, გოჩა ზედგინიძე,

მანანა ჩიხლაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

gzirishvilidaviti08@gtu.ge, gulashvili.mariam@gtu.ge, g.zedginidze@gtu.ge,

chikhladzemanana08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ადამიანის ფიზიოლოგიური პარამეტრების კვლევაში ერთ-ერთი პერსპექტიული მიმართულების, სენსომოტორული აქტივობის მახასიათებლების შესწავლის საკითხები. სენსომოტორული რეაქციების დროის გაზომვის მეთოდის გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს პიროვნების როგორც შემეცნებითი, ისე ემოციურ-პიროვნული სფეროს ფსიქოფიზიოლოგიური კვლევისთვის. წარმოდგენილია სასწავლო ლაბორატორიულ პირობებში სუბიექტზე სინათლით ზემოქმედებისას რთული სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის გაზომვის მეთოდი. აღწერილია ექსპერიმენტისას გამოყენებული ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი. მოცემულია შესაბამისი ელექტრული ბლოკ-სქემა, მითითებულია ექსპერიმენტის ცდომილების საზღვრები.

საკვანძო სიტყვები: რეცეფცია. რეცეპტორი. ნერვული იმპულსი. რთული სენსომოტორული რეაქცია. ლატენცური და მოტორული პერიოდი.

1. შესავალი

ბიოლოგიურ სისტემათა – ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა და მასში მიმდინარე ყველა სასიცოცხლო პროცესი განუყოფლად დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ისინი მათი ზომებისა და განვითარების სტადიისგან დამოუკიდებლად, ღია თერმოდინამიკური სისტემებია. ანუ ენერგიის, ნივთიერებისა და ინფორმაციის ცვლით მუდმივ კონტაქტშია გარემოსთან [1].

მრავალუჯრედიან ორგანიზმში ინფორმაციის გავრცელება ხდება ნერვული უჯრედების მოქმედების პოტენციალის მეშვეობით. მიწოდებული ენერგიის (სტიმულის) ტრანსფორმაციას სათანადო აქტივობაში უზრუნველყოფს სპეციალური სტრუქტურები, რომლებსაც გრძნობათა ორგანოების რეცეპტორები - სენსორული სისტემები ეწოდება. რეცეპტორები მგრძნობიარე ნერვების დაბოლოებებია, რომლებიც სპეციფიკურ გაღიზიანებას აღიქვამენ, რის გამოც მათი დაყოფა გამღიზიანებლის ბუნებიდან გამომდინარე ხდება [2]. განასხვავებენ: ფოტო, მექანიკურ, ქიმიო, თერმო, ოსმო, ელექტრო და ა.შ. მათზე სინათლის, ბგერითი ტალღის, მექანიკური ზემოქმედების, ქიმიკატების მოქმედება შესაბამისი შეგრძნებებით აისახება: ხედვა, სმენა, შეხება, გემო, სუნის და ა.შ. გამღიზიანებლებიდან ენერგიის მიღებას და რეცეპტორების საშუალებით მის ნერვულ სიგნალებად გარდაქმნას ფიზიოლოგიაში რეცეფცია ეწოდება.

სენსომოტორული აქტივობა არის სენსორული და მოტორული კომპონენტების ურთიერთკოორდინაცია [2]. მას უზრუნველყოფს ორგანიზმის რთული ფუნქციური სისტემა, რომელიც მოიცავს განსხვავებული შემადგენლობის და მნიშვნელობის რგოლებს. სენსორული სისტემების სრულყოფილი ფუნქციონირებისთვის ყველაზე მნიშვნელოვანი პირობაა კოორდინაცია სენსორულ და მოტორულ კომპონენტებს შორის. რომელსაც აორგანიზებს

ნეირონები ტვინის სხვადასხვა უბანში. სენსომოტორული რეაქციის კომპონენტები მჭიდროდ არის დაკავშირებული უმაღლეს ფსიქიკურ ფუნქციებთან, რაც შესაძლებელს ხდის სენსომოტორული ტესტების გამოყენებას ადამიანის ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციური მდგომარეობის შესაფასებლად. სენსომოტორული რეაქციის (რეაგირების) ხანგრძლივობა მოიცავს დროით ინტერვალს გამაღიზიანებლის მოქმედების დაწყებიდან საპასუხო მოქმედების დამთავრებამდე. ის დამოკიდებულია სტიმულის ტიპზე, სუბიექტის ნერვული სისტემის ინდივიდუალურ თვისებებზე და ასაკზე.

2. ძირითადი ნაწილი

სენსომოტორული რეაქციას ახასიათებენ სწორი მოქმედებით, სიზუსტით, დროულობით. შეიძლება რეაგირება სწორი იყოს მაგრამ ნაადრევად, ან პირიქით სწორი მაგრამ დაგვიანებული. სენსომოტორული რეაქციის დრო შედგება ლატენცური (ინკუბაციური) და მოტორული (მოქმედების) პერიოდებისგან [1].

ლათენცური პერიოდი (ლპ) შეიცავს რამდენიმე კომპონენტს: რეცეპტორის აგზნების დრო, სიგნალის გადაცემა აფერენტული გზებით პერიფერიიდან ცენტრამდე, ინფორმაციის დამუშავება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში (ცნს), პასუხის შესახებ გადაწყვეტილების მიღება, ბრძანების გაგზავნა აღმასრულებელი ორგანოებისთვის (ეფექტორებისთვის) და აგზნების განვითარება ეფექტორებში. ლათენცური პერიოდის სიდიდით შესაძლებელია შეფასება ნეიროფსიქიური პროცესების სიჩქარის და არის ნერვული სისტემის ლაბილურობის არაპირდაპირი მაჩვენებელი.

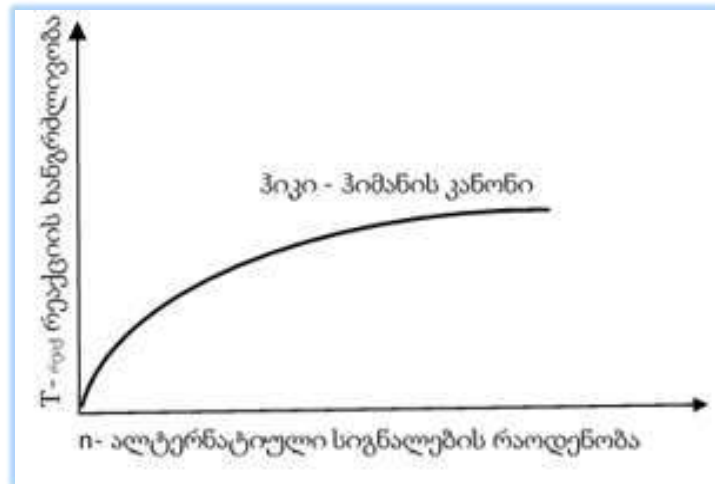
მოტორული პერიოდი (მპ) საპასუხო მოქმედების ხანგრძლივობაა. ის კუნთების აგზნების, მოსვენებულ მდგომარეობაში მყოფი სხეულის კიდურების ინერციული ძალების დაძლევის და სივრცითი რეაქციის დროთა ჯამის ტოლია. ამ უკანასკნელში იგულისხმება დრო რომელიც საჭიროა კიდურის შესაბამისი გადაადგილებისთვის. მოტორული პერიოდის სიდიდით შესაძლებელია კუნთების შეკუმშვის სიჩქარის (ეფექტორების და კუნთების ბოჭკოების მუშაობის) შეფასება [2].

სენსომოტორული რეაქციის ორი ტიპი არსებობს მარტივი და რთული [2]. მარტივი სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის განსაზღვრისას სუბიექტს მიეწოდება სიგნალი და ის აფიქსირებს მის არსებობას. ის საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სუბიექტის მოტორულ-სენსორული რეაქციის სისწრაფე და სტაბილურობა. რთული სენსომოტორულ რეაქციის დროითი პარამეტრების გაზომვისას, სუბიექტს მიეწოდება რამდენიმე ალტერნატიული სიგნალიდან ერთერთი, მან არა მხოლოდ უნდა განსაზღვროს სიგნალის არსებობა ან არარსებობა, არამედ უნდა შეაფასოს შემოთავაზებული სიგნალებიდან რომელი იყო მიღებული და შეარჩიოს რეაგირების ერთადერთი ვარიანტი.

1952 წელს უილიამ ედმუნდ ჰიკისა და რეი ჰიმანის ბრიტანული და ამერიკული ფსიქოლოგიური გუნდის წევრილმა შეისწავლა კავშირი არსებული სტიმულების რაოდენობასა და ადამიანის რეაქციის დროზე და ექსპერიმენტულად დაადასტურა, რომ რიგი ალტერნატიული სიგნალებიდან ერთერთის არჩევისას რეაქციის დრო დამოკიდებულია სიგნალთა რაოდენობაზე [3]. კერძოდ, რაც ნაკლებია არჩევის ვარიანტები, მით უფრო სწრაფად მიიღება გადაწყვეტილება და ცნობილია როგორც *ჰიკი-ჰიმანის კანონი*. ამ კანონზომიერებას აქვს ლოგარითმული ფუნქციის ფორმა (ნახ. 1):

$$T_{რეაქ} = a \log_2^{(n+1)}, \text{ სადაც}$$

- $T_{რეაქ}$ - არის საშუალო რეაქციის დრო ყველა ალტერნატიული სიგნალისათვის;



ნახ. 1 ჰივი-ჰიმაჩის კანონი

- n არის თანაბრად სავარაუდო ალტერნატიული სიგნალების რაოდენობა, ხოლო მასზე ერთის დამატებით გათვალისწინებულია სიგნალის მიწოდების ტიპის ალტერნატივა;
- a პროპორციულობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ამოცანის შესრულების პირობებზე.

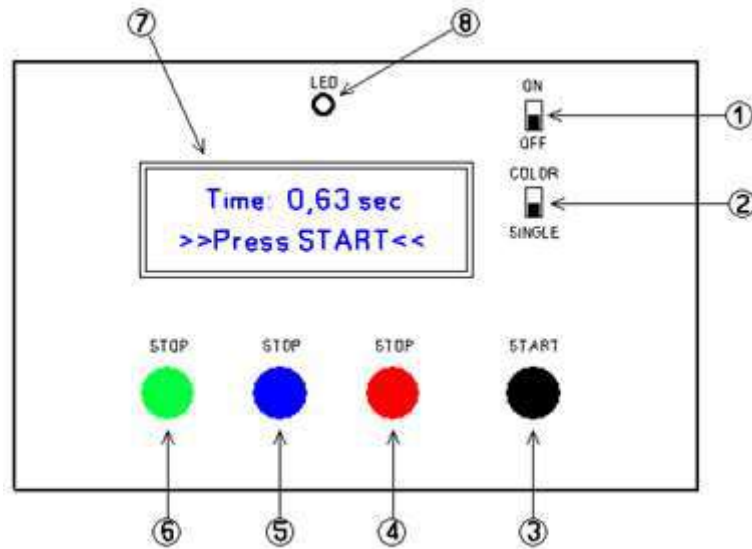
სუბიექტზე სინათლით ზემოქმედებისას რთული სენსომოტორულ რეაქციის დროითი პარამეტრების გაზომვისას, ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ვარიანტში, სუბიექტმა არა მხოლოდ უნდა განსაზღვროს სიგნალის არსებობა ან არარსებობა, არამედ უნდა შეაფასოს სამი შესაძლო სიგნალიდან რომელი იყო მიღებული და შეარჩიოს რეაგირების ერთადერთი ვარიანტი.

ასეთი ექსპერიმენტის დროს ყურადსაღებია ფიტსის კანონიც [2,3]. ის აღწერს ურთიერთობას იმ დროს შორის, რომელიც სჭირდება მაჩვენებელს (მაგალითად, მაუსის კურსორს, ადამიანის თითს ან ხელს) კონკრეტულ სამიზნემდე (ფიზიკური ან ციფრული ღილაკი, ფიზიკური ობიექტი) გადაადგილებისთვის, რათა დაუკავშირდეს მას რაიმე გზით (მაგალითად, შეხებით, დაჭერით და ა.შ.):

$$T = a + b \log_2^{(D/W+1)}, \text{ სადაც}$$

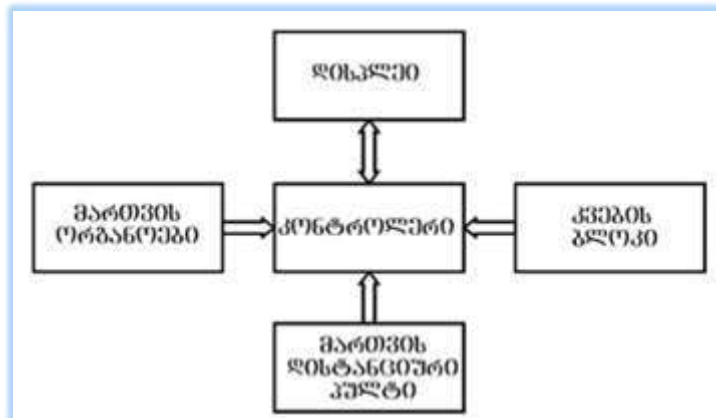
- T არის მოძრაობის დრო სამიზნემდე;
- D მანძილია სამიზნემდე;
- w სამიზნის დამახასიათებელი წერითი ზომაა, ხოლო
- a და b არის მუდმივები, რომლებიც განსხვავდება მაჩვენებლის ტიპის მიხედვით (მაგალითად, მაუსი, თითი და ა.შ.). ე.ი. მიზნის მიღწევის დრო პირდაპირპროპორციულია სამიზნემდე მანძილისა და უკუპროპორციულია სამიზნის ზომისა. ანუ, რაც უფრო შორს არის ობიექტი, მით მეტი დრო დასჭირდება მომხმარებელს მასზე მაუსის მაჩვენებლის, თუ თითის გადასატანად.

სინათლის ზემოქმედებისას სენსომოტორული რეაქციის დროის გასაზომად შემუშავებულ იქნა ხელსაწყოს ელექტრული და სამონტაჟო სქემები, კონსტრუქცია და პროგრამული უზრუნველყოფა. ხელსაწყოს წინა პანელზე განთავსებული მართვისა და ინდიკაციის ორგანოები ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 2 ხელსაწყოს წინა პანელი

ხელსაწყოს ელექტრული სქემის ლოგიკური ნაწილი შესრულებულია ARDUINO UNO-ს ბაზაზე (კონტროლერი - ATMEGA328P) [4]. გათვალისწინებულია ავტონომიური კვება ლითიუმ-იონის (LI-Ion 18650) აკუმულატორით, რომლის დასამუხტადაც გამოიყენება სტანდარტული დამუხტავი მოწყობილობა (5ვ, 1ა). ხელსაწყო მოთავსებულია პოლივინილქლორიდის კორპუსში. გააჩნია მართვები დისტანციური პულტისა და დამუხტავის შესაერთებლად. ხელსაწყოს ელექტრული ბლოკ-სქემა მოცემულია მე-3 ნახაზზე.



ნახ. 3. ხელსაწყოს ელექტრული ბლოკ-სქემა

3. ექსპერიმენტის ჩატარების მსვლელობა

მარტივი და რთული რეჟიმის არჩევა ხდება ღილაკი 2-ის საშუალებით. მას შემდეგ რაც ღილაკი 1-ის საშუალებით ჩავრთავთ სტენდს, დისპლეიზე აისახება შეტყობინებები:

- თუ არჩეულია რეჟიმი „მარტივი“, გამოვა შეტყობინება: >> რეჟიმი მარტივი << და შემდეგ: >> როცა აინთება, დააჭირე წითელ ღილაკს <<

- თუ არჩეულია რეჟიმი „რთული“, გამოვა შეტყობინება: >> რეჟიმი ფერადი << და შემდეგ: >> როცა აინთება, დააჭირე შესაბამის ღილაკს <<

3 წამის შემდეგ გამოდის შეტყობინება

- >> დააჭირე სტარტს <<

მას შემდეგ, რაც დავაჭერთ თითოს ღილაკს 3 „სტარტი“, გამოვა შეტყობინება

- >> მოემზადე <<

ხელსაწყო გამოიმუშავებს შემთხვევით კოდს და რაღაც დროის შემდეგ იძლევა სიგნალს შუქდიოდ 8-ის საშუალებით. „მარტივი“ რეჟიმის არჩევის შემთხვევაში შუქდიოდი ინთება მხოლოდ წითლად და რეაქციის გასაზომად უნდა დავაწვეთ წითელ ღილაკს 3 (ცხადია, რაც შეიძლება სწრაფად).

დისპლეიზე 7 აისახება რეაქციის შედეგი წამის მეასედის სიზუსტით და ხელსაწყო მზად არის შემდგომი სტარტისთვის (შესაძლებელია რეჟიმის – მარტივი/როტული შეცვლა). მაგალითად:

>> დრო: 0,63 წმ <<

>> დააჭირე სტარტს <<

„როტული“ რეჟიმის არჩევისას შუქდიოდი ინთება წითლად, ლურჯად ან მწვანედ და რეაქციის დროის გასაზომად უნდა დავაწვეთ შესაბამის ღილაკს (წითელს 3, ლურჯს 4 ან მწვანეს 5). ამ შემთხვევაშიც, ეკრანზე აისახება რეაქციის შედეგი და გამოვა შემოთავაზება შემდგომი სტარტის შესახებ.

ექსპერიმენტის გასართულებლად შესაძლებელია ხელსაწყოს მიუერთდეს დისტანციური მართვის პულტი წითელი, ლურჯი და მწვანე ღილაკებით, რომელიც მოთავსდება ხელსაწყოდან გარკვეულ (5 მ-მდე) მანძილზე.

მარტივი რეაქციის საშუალო ლატენცური პერიოდი სინათლით ზემოქმედებისას $0,2 \div 0,4$ წმ-ია, როტული სენსომოტორულ რეაქციის დროითი პარამეტრების გაზომვისას, ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ვარიანტში, სუბიექტმა არა მხოლოდ უნდა განსაზღვროს სიგნალის არსებობა ან არარსებობა, არამედ უნდა შეაფასოს სამი შესაძლო სიგნალიდან რომელი იყო მიღებული და შეარჩიოს რეაგირების ერთადერთი ვარიანტი.

4. დასკვნა

ექსპერიმენტის სიმარტივე და შესრულების მცირე დრო (საშუალოდ 10-15 წთ) შესაძლებლობას მისცემს სტუდენტებს, სამედიცინო ფიზიკის საფუძვლებისა და ბიოფიზიკის კურსის შესწავლის პროცესში, ლაბორატორიული მეცადინეობისას, ან ამ საკითხებით დაინტერესებულ პირებს უკეთ აითვისონ აღნიშნული საკითხები.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Chikhladze M., Gigineishvili M., Ketiladze O. (2018). Fundamentals of Medical Physics. Pub. of „Technical University”. ISBN 978–9941–20–998–7 (PDF), (in Georgian)
2. Uznadze D. (2000). General Psychology. E-book. Tbilisi. (in Georgian)
3. Sidorov P.I., Parnyakov A.V. (2000). Introduction to Clinical Psychology: T. I.: Textbook for students of medical universities. Moscow: Academic Project, Yekaterinburg: Business Book, (in Russian)
4. Mosashvili I., Oniani S. (2016). Arduino. Programming Basics. Georgian Technical University. Tbilisi. (in Georgian)

(სტატია მიღებულია 14.04.2025)

ASSESSING THE LENGTH OF A MULTIFACETED SENSORIMOTOR RESPONSE TO LIGHT STIMULATION

Gzirishvili David, Gulashvili Mariam, Zedginidze Gocha,
Chikhladze Manana

Georgian Technical University

gzirishvilidaviti08@gtu.ge, gulashvili.mariam@gtu.ge, g.zedginidze@gtu.ge,
chikhladzemanana08@gtu.ge

Summary

A significant area of research in human physiological parameters involves examining the characteristics of sensorimotor activity. The measurement of sensorimotor reaction times plays a crucial role in the psychophysiological exploration of both cognitive and emotional aspects of individuals. This paper introduces a methodology for assessing the duration of complex sensorimotor reactions in response to light stimuli within a controlled laboratory setting. The operational principles of the devices utilized in the experiment are outlined, accompanied by the relevant electrical block diagram, and the potential error margins of the experiment are discussed.

(Received 14.04.2025)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СЛОЖНОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ НА СВЕТОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Гзиришвили Д., Гулашвили М., Зедгинидзе Г., Чихладзе М.

Грузинский Технический Университет

gzirishvilidaviti08@gtu.ge, gulashvili.mariam@gtu.ge, g.zedginidze@gtu.ge,
chikhladzemanana08@gtu.ge

Резюме

Одним из перспективных направлений в изучении физиологических параметров человека является изучение особенностей его сенсомоторной активности. Использование метода измерения времени сенсомоторной реакции имеет большое значение для психофизиологического изучения как когнитивной, так и эмоционально-личностной сфер человека. В статье представлен метод измерения длительности сложной сенсомоторной реакции при воздействии света на испытуемого в условиях учебной лаборатории. Описан принцип работы оборудования, использованного в эксперименте. Приведена соответствующая электрическая блок-схема и указаны пределы погрешности эксперимента.

(Поступила 14.04.2025)

არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებით მართვის სისტემის შემუშავება ამინდის პროგნოზირებისა და სეტყვისგან დამცავი ბადეებისთვის

ნინო მწითური

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

tikelegabrieli@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ამინდის პროგნოზირებისა და სეტყვისგან დამცავი ბადეებისთვის მართვის სისტემის შემუშავების სააკიოხები არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებით. მოძიებულია მასალები არამკაფიო ლოგიკის მნიშვნელოვან როლზე ავტომატური მართვის სისტემებში, რომელსაც შეუძლია ეფექტურად გაუმკლავდეს გაურკვევლობას და არაწრფივობას. შემუშავებულია რეალურ დროში მეტეოროლოგიური მონაცემებისა და არამკაფიო ლოგიკის ალგორითმების მხარდაჭერით მოქმედი, აქტივაციის სისტემების გამოყენებით შემოთავაზებული გადაწყვეტა, რომელსაც არამკაფიო ან არაზუსტი ინფორმაციის მოდელირების უნარი შესაფერისს ხდის ამინდის ზუსტი პროგნოზირებისა და სეტყვისგან დამცავი ბადეების ავტომატური განლაგების მართვის სისტემების შემუშავებისათვის და რომელიც მიზნად ისახავს სოფლის მეურნეობის მდგრადობის გაზრდას სეტყვის მიმართ, მოსავლის დაზიანების მინიმიზაციას და ოპერაციული ეფექტურობის ოპტიმიზაციას.

საკვანძო სიტყვები: ამინდის პროგნოზირება. არამკაფიო ლოგიკა. სეტყვა. დამცავი ბადე.

1. შესავალი

თანამედროვე სამყაროს კომპიუტერიზაციამ ანალიზის რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენების სფეროს სწრაფი გაფართოება გამოიწვია, მათი საშუალებით ხორციელდება თითქმის ყველა სისტემის მათემატიკური მოდელირება და მართვის პრობლემების გადაჭრა. რაც უფრო რთულია სისტემა მით ნაკლებადაა შესაძლებელი მისი „მოქმედების“ ზუსტი და პრაქტიკულად ღირებული დახასიათება. სწორედ ამიტომ არამკაფიო ლოგიკა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ავტომატური მართვის სისტემებში, იგი გთავაზობთ მოქნილ და ინტუიციურ მიდგომას გაურკვეველ ან არაზუსტ ინფორმაციასთან მუშაობის დროს. არამკაფიო ლოგიკა გთავაზობს მრავალმხრივ და მძლავრ ინსტრუმენტს ავტომატური მართვის სისტემების შესაქმნელად, რომელსაც შეუძლია ეფექტურად გაუმკლავდეს გაურკვევლობას, არაწრფივობას და სირთულეს. იგი გამოიყენება სხვადასხვა დარგებში, მათ შორის რობოტიკა, ავტომობილების წარმოება, კოსმოსური პროცესების მართვა, სამომხმარებლო ელექტრონიკა და სხვა. საქართველო ცნობილია თავისი მდიდარი სასოფლო-სამეურნეო ტრადიციებითა და მევენახეობის ხანგრძლივი ისტორიით. ქართული ღვინოები, რომლებიც მზადდება ადგილობრივი ვაზის ჯიშებისგან, როგორცაა საფერავი და რქაწითელი, საერთაშორისო აღიარებას თავისი ხარისხითა და გამორჩეულობით იძენს. მევენახეობა და ღვინის ტურიზმი ქართული კულტურისა და ეკონომიკის მნიშვნელოვანი ასპექტებია. მისი უწყვეტი განვითარება და საერთაშორისო აღიარება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური კეთილდღეობისთვის [1].

2. მეტეოროლოგიური პირობების გავლენა მევენახეობაზე და სოფლის მეურნეობაზე

სოფლის მეურნეობა არის გლობალური ეკონომიკის ხერხემალი, რომელიც გადამწყვეტ როლს თამაშობს საკვების, ნედლეულის და ეკონომიკური საარსებო წყაროს უზრუნველყოფაში. მასში მილიარდობით ადამიანია დასაქმებული მთელ მსოფლიოში და მხარს უჭერს მთელ ეკონომიკას, განსაკუთრებით სოფლად. სოფლის მეურნეობის სექტორი პასუხისმგებელია ძირითადი კულტურების წარმოებაზე, როგორიცაა მარცვლეული, ბოსტნეული და ხილი, და რა თქმა უნდა ვენახი. რამდენადაც მსოფლიოს მოსახლეობა უფრო და უფრო იზრდება, საკვებზე მოთხოვნაც მზარდია, რაც სოფლის მეურნეობას უფრო მოთხოვნადს ხდის, ვიდრე ოდესმე. სოფლის მეურნეობის ფართო სექტორში მევენახეობას - მეღვინეობისთვის ვაზის გაშენებას - განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. მევენახეობა, როგორც სოფლის მეურნეობის ქვაკუთხედი, მრავალი გარემოსდაცვითი გამოწვევის წინაშე დგას, რამაც შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს ვაზის ჯანმრთელობასა და მოსავლის ხარისხზე. ამ გამოწვევებს შორის სეტყვა განსაკუთრებით დამლუპველია და სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ვენახებს მთელ მსოფლიოში. აქ მოცემულია მევენახეობის წინაშე მდგარი ძირითადი გამოწვევების მიმოხილვა, განსაკუთრებული აქცენტით სეტყვაზე:

➤ სეტყვა და მისი გავლენა

სეტყვა არის ერთ-ერთი ყველაზე მოულოდნელი და დამანგრეველი ამინდის მოვლენა, რომელმაც შეიძლება გავლენა იქონიოს ვენახებზე. როდესაც სეტყვა — ყინულის გაყინული ბურთულები — ეცემა ვაზებს, მათ შეუძლიათ მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენონ როგორც ვაზს, ასევე ნაყოფს. სეტყვის ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს:

- **ნაყოფის დაზიანება:** სეტყვამ შეიძლება დაჟეჟოს ან გაანადგუროს ყურძნის მტევნები, რის გამოც ისინი მოსავლისთვის გამოუსადეგარი გახდება. ვინაიდან ყურძენი მგრძნობიარეა დაზიანების მიმართ, ნებისმიერმა დაჟეჟილობამ ან გახეთქვამ შეიძლება გამოიწვიოს ღპობა, ობის ან სხვა სოკოვანი ინფექცია, რაც აფუჭებს ღვინის ხარისხს.

- **ვაზის დაზიანება:** ყურძნის გარდა, სეტყვამ შეიძლება ზიანი მიაყენოს ვაზის სტრუქტურას. ფოთლები შეიძლება დაქუცმაცდეს ან საერთოდ დასცვივდეს, რაც ამცირებს ვაზის ფოტოსინთეზის უნარს და ასუსტებს მის მთლიან ჯანმრთელობას. ვაზის სერიოზულმა დაზიანებამ შეიძლება შეამციროს მოსავლიანობა მიმდინარე სეზონზე და გავლენა მოახდინოს ვაზის გრძელვადიან მოსავლიანობაზე.

- **ეკონომიკური ზარალი:** სეტყვამ შეიძლება გამოიწვიოს ვენახის წარმოების მნიშვნელოვანი დანაკარგი, რაც გამოიწვევს ყურძნის მწარმოებლების ფინანსურ ზარალს. დაზიანებული ყურძენი შეიძლება ვერ გაიყიდოს, ან დაკრეფილი ნაყოფის ხარისხი გაფუჭდეს, რაც გამოუსადეგარი გახდება მაღალი ხარისხის ღვინის წარმოებისთვის.

სეტყვის ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა მისი არაპროგნოზირებადობაა. სეტყვა ხშირად ხდება მოულოდნელად, მცირე გაფრთხილებით, რაც ართულებს ვენახის დასაცავად წინასწარ მომზადებას. მიუხედავად იმისა, რომ მეტეოროლოგიური პროგნოზები გაუმჯობესდა წლების განმავლობაში, ზუსტი პროგნოზირება, როდის და სად მოხდება სეტყვა, რთულ ამოცანად რჩება. ეს არაპროგნოზირებადობა ვენახებს დაუცველს ტოვებს, რადგან მევენახეებს შეიძლება არ ჰქონდეთ საკმარისი დრო დამცავი ზომების მისაღებად ან მოსავლის დასაცავად. კლიმატის

ცვლილების დაჩქარებასთან ერთად, ექსტრემალური ამინდის მოვლენები, სეტყვის ჩათვლით, უფრო ხშირი და ინტენსიური ხდება ბევრ რეგიონში. დათბობის ტენდენციამ შეიძლება გამოიწვიოს უფრო არასტაბილური ამინდის შაბლონები, რამაც შეიძლება გაზარდოს სეტყვის და სხვა არასასურველი ამინდის პირობების სიხშირე. ეს აძლიერებს ვენახების მოწყვლადობას, განსაკუთრებით იმ რეგიონებში, სადაც სეტყვა ადრე იშვიათი ან ნაკლებად ძლიერი იყო.

➤ **სეტყვის სტაციონალური ბადეები:** დაცვის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ფორმაა ვაზებზე სეტყვის ბადეების სტაციონალურად დაყენება. ეს ბადეები შექმნილია იმისთვის, რომ დაიჭირონ და გადააგდონ სეტყვა, საწამ ისინი ვაზებს მიაღწევენ. თუმცა, სტაციონალურად განლაგებული სეტყვის ბადეები შეიძლება იყოს მოუხერხებელი ვაზის მოვლა-პატრონობის თვალსაზრისით, გარდა ამისა, სტაციონალურმა ბადეებმა შეიძლება შეაფერხოს ჰაერის ნაკადის მოძრაობა რაც ვაზის ვინტილაციას უწყობს ხელს და საჭირო რაოდენობის მზის შუქის მიწოდება, რამაც შეიძლება გავლენა მოახდინოს ვაზის ზრდასა და ჯანმრთელობაზე დროთა განმავლობაში.

➤ **არამკაფიო ლოგიკის შესაბამისობა სოფლის მეურნეობასთან:** სოფლის მეურნეობა, განსაკუთრებით ისეთ სფეროებში, როგორიცაა მევენახეობა, მოიცავს უამრავ ცვლადს, რომელთა ზუსტი რაოდენობრივი დადგენა შეიძლება რთული იყოს. ამინდის შაბლონები, ნიადაგის პირობები, მოსავლის ჯანმრთელობა და მრავალი სხვა ფაქტორი შეიძლება იყოს გაურკვეველი, ცვალებადი და ურთიერთდაკავშირებული. სწორედ აქ არამკაფიო ლოგიკა გვთავაზობს მთავარ უპირატესობას. ეს საშუალებას იძლევა გაურკვევლობის პირობებში იქნას მიღებული გადაწყვეტილება, რაც საშუალებას აძლევს ფერმერებს და მევენახეებს მიიღონ გააუმჯობესონ თავიანთი მევენახეობის ოპერირება მაშინაც კი, როდესაც საქმე ეხება არასრულ ან არაზუსტ მონაცემებს. მევენახეობაში არამკაფიო ლოგიკა შეიძლება გამოყენებულ იქნას რამდენიმე ძირითად სფეროზე:

- **ამინდის პროგნოზი და რისკის შეფასება:** ამინდის მოვლენების პროგნოზირება, როგორიცაა სეტყვა არსებითად გაურკვეველია. ამინდის ტრადიციული მოდელები ხშირად ეყრდნობიან ზუსტ მიჯნებს (მაგ., გარკვეულ ტემპერატურას ან ქარის სიჩქარეს) პირობების პროგნოზირებისთვის. თუმცა, რეალურ ცხოვრებაში, ეს პირობები ხშირად ხვდება გაურკვეველ ზონაში, სადაც მკაფიო საზღვრები არ არსებობს. არამკაფიო ლოგიკა გვებმარება უფრო მოქნილი მოდელების შექმნით, რომლებიც ითვალისწინებენ სხვადასხვა ფაქტორებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ ამინდის ნიმუშებზე. მაგალითად, იმის ნაცვლად, რომ უბრალოდ იწინასწარმეტყველოს "იქნება სეტყვა" ან "არ იქნება სეტყვა", არამკაფიო ლოგიკის სისტემამ შეიძლება იწინასწარმეტყველოს მთელი რიგი ალბათობები, როგორიცაა სეტყვის "დაბალი ალბათობა", "საშუალო ალბათობა" ან "მაღალი ალბათობა".

- **გადაწყვეტილების მხარდაჭერის სისტემები:** არამკაფიო ლოგიკა ხშირად გამოიყენება გადაწყვეტილების მხარდაჭერის სისტემებში, რომელიც ეხმარება ფერმერებს კრიტიკული გადაწყვეტილებების მიღებაში სარწყავი, განაყოფიერება, მავნებლების კონტროლი და მოსავლის აღების დროცას კი. არამკაფიო ლოგიკის ინტეგრირებით რეალურ დროში მონაცემებთან (მაგ., ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარის სიჩქარე), ამ სისტემებს შეუძლიათ უზრუნველყონ რეკომენდაციები, რომლებიც მოერგებიან ფერმის ან ვენახის სპეციფიკურ პირობებს. მაგალითად, არამკაფიო ლოგიკის სისტემამ შეიძლება განსაზღვროს, გააქტიურდეს თუ არა სეტყვისგან დაცვის ზომები, როგორიცაა ბადეების განლაგება ან დამცავი ქიმიკატების შესხურება, ამინდის ცვლადების ერთობლიობის საფუძველზე.

- **დინამიკური და ადაპტაციური მენეჯმენტი:** არამკაფიო ლოგიკის დინამიკური სისტემების ცვალებადობით გატარების უნარი მას განსაკუთრებით გამოსადეგს ხდის სოფლის მეურნეობის პირობებში. ამინდის მახასიათებლები და გარემო პირობები სწრაფად იცვლება, არამკაფიო ლოგიკის სისტემას შეუძლია მუდმივად ადაპტირება და გადაწყვეტილებების შესაბამისად მოქმედება. მაგალითად, თუ ვენახს ემუქრება არასასურველი ამინდის მოვლენა, არამკაფიო ლოგიკის სისტემას შეუძლია მოახდინოს რეაგირება ამ ახალ პირობებზე მიმდინარე დროში, რაც უზრუნველყოფს, რომ ვენახის ყველაზე სწრაფ დაცვას სეტყვისგან, ყინვისგან ან სხვა ექსტრემალური მოვლენებისგან.

- **რესურსების გამოყენების ოპტიმიზაცია:** სოფლის მეურნეობაში რესურსები, როგორიცაა წყალი, სამუშაო ძალა და სასუქები, საჭიროა ეფექტურად იქნას გამოყენებული ხარჯების და გარემოზე ზემოქმედების შესამცირებლად. არამკაფიო ლოგიკას შეუძლია ამ რესურსების ოპტიმიზაცია მოახდინოს რამდენიმე ფაქტორის ერთდროულად შეფასებით (მაგ. ნიადაგის ხარისხი, ტენიანობის დონე და ამინდის პროგნოზი) და შემოგვთავაზოს რესურსების განაწილების გადაწყვეტილებები, რომლებიც მაქსიმალურად გაზრდის მოსავალს და მოახდენს ნარჩენების მინიმიზაციას. ამან შეიძლება გამოიწვიოს უფრო მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკა.

3. არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენება ამინდის

პროგნოზირებისთვის და სეტყვისგან დამცავი ზადეების ექსპლუატაცია

არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენებით ამინდის პროგნოზირებამ და ამის საშუალებით ვენახებში სეტყვისგან დამცავი ზადეების ფუნქციონირებამ შეიძლება დიდი სარგებელი მოიტანოს. არამკაფიო ლოგიკა, მრავალმნიშვნელოვანი ლოგიკის ფორმაა, რომელიც მიღებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიიდან, მსჯელობის დასამუშავებლად, რომელიც არის მიახლოებითი და არა ზუსტი, იგი განსაკუთრებით კარგად შეესაბამება სასოფლო-სამეურნეო გარემოს სირთულეებს:

- **არამკაფიო ლოგიკის გამოყენება სეტყვის რისკის პროგნოზირებაში:** არამკაფიო ლოგიკის გამოყენება შესაძლებელია სეტყვის ალბათობის პროგნოზირებისთვის სხვადასხვა გარემო ფაქტორებზე დაყრდნობით, მათ შორის ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარის სიჩქარე და ატმოსფერული წნევა. ჩვენ განვიხილავთ, თუ როგორ ამუშავებს არამკაფიო ლოგიკის სისტემები ამ ცვლადებს, რათა შექმნას სავარაუდო მოდელები, რომლებიც უზრუნველყოფს უფრო მოქნილ და ზუსტ რისკების შეფასებას, ვიდრე ტრადიციული მეთოდების გამოყენებითაა შესაძლებელი;

- **როგორ შეიძლება Fuzzy Logic-მა გამოიწვიოს დროული დამცავი მოქმედებები:** გამოვიკვლიეთ, თუ როგორ შეიძლება არამკაფიო ლოგიკის სისტემების ინტეგრირება მევენახეობის პრაქტიკაში გადაწყვეტილების მიღების ავტომატიზებისთვის და დამცავი ზომების გასააქტიურებლად, როდესაც სეტყვა გარდაუვალია. ეს შეიძლება მოიცავდეს ისეთ ქმედებებს, როგორიცაა სეტყვის ზადეების განლაგება, სეტყვის ჩახშობის სისტემების გააქტიურება ან დამცავი შესხურების გამოყენება. ჩვენ ვაჩვენებთ, თუ როგორ შეიძლება შეიქმნას ბუნდოვანი წესები, რათა განისაზღვროს პირობები, რომლებშიც განხორციელდება ეს ქმედებები, რაც უზრუნველყოფს ყველაზე ადეკვატურ რეაგირებას სეტყვის რისკის სხვადასხვა დონეზე [5];

- **არამკაფიო ლოგიკის უპირატესობები რეალურ დროში გადაწყვეტილების მიღებისას:** განვიხილოთ არამკაფიო ლოგიკის სისტემების უპირატესობები ცვალებად პირობებზე დინამიკური და ადაპტირებადი პასუხების მისაღებად. იმის გამო, რომ ამინდის მოვლენები

ხშირად არაპროგნოზირებადია და სწრაფად ვითარდება, არამკაფიო ლოგიკის ახალ მონაცემებთან ადაპტაციის უნარი მას იდეალურ ინსტრუმენტად აქცევს ვენახში რეალურ დროში გადაწყვეტილების მიღებისთვის. ჩვენ წარმოგიდგენთ მაგალითებს იმის შესახებ, თუ როგორ შეუძლია არამკაფიო ლოგიკის სისტემებს უწყვეტად გაანალიზოს ამინდის მონაცემები და შეცვალოს რისკის პროგნოზები ამინდის პირობების შეცვლისას;

- **დანახარჯების დაზოგვისა და მოსავლის გაუმჯობესების პოტენციალის შეფასება:** არამკაფიო ლოგიკის სისტემების დანერგვამ შეიძლება გამოიწვიოს ვენახის უფრო ეკონომიური და ეფექტური მართვა. ტრადიციულ, ხშირად ძვირადღირებულ, დაცვის მეთოდებზე დამოკიდებულების შემცირებით, როგორიცაა ადამიანების მიერ განხორციელებული მონიტორინგი ან აბსოლუტური ინტერვენციები. არამკაფიო ლოგიკა დაეხმარება მევენახეებს რესურსების უფრო სტრატეგიულად განაწილებაში, რაც გამოიწვევს ხარჯების მნიშვნელოვან დაზოგვას. გარდა ამისა, ჩვენ ვაჩვენებთ, თუ როგორ შეუძლია სისტემამ გააძლიეროს მოსავლის დაცვა იმით, რომ უზრუნველყოფილი იქნება მხოლოდ ყველაზე საჭირო ზომების მიღება, როდესაც სეტყვის რისკი მაღალია;

- **განვიხილოთ არამკაფიო ლოგიკის მომავალი სოფლის მეურნეობაში:** სეტყვის დამაზიანებელი შედეგების შერბილების გარდა სოფლის მეურნეობაში არამკაფიო ლოგიკას ფართო პოტენციალი აქვს. მევენახეობაში მისი ეფექტურობის დემონსტრირებით, ჩვენ მიზნად ვისახავთ გავარდნავით შემდგომი კვლევა და შევიმუშავოთ არამკაფიო ლოგიკის აპლიკაციები სოფლის მეურნეობის სხვა გამოწვევებისთვისაც, როგორიცაა მავნებლების მართვა, ირიგაციის ოპტიმიზაცია და მოსავლის დაავადებების პროგნოზირება;

- **ამინდის პროგნოზირება არამკაფიო ლოგიკის საშუალებით,** მონაცემთა ინტეგრაცია-არამკაფიო ლოგიკას შეუძლია კლიმატის მონაცემთა სხვადასხვა წყაროების ინტეგრირება, როგორიცაა ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარის სიჩქარე და რადარის მონაცემები სეტყვის რისკის შესაფასებლად. რისკის შეფასება-ამინდის პროგნოზების არაზუსტი ბუნების გატარებით, არამკაფიო ლოგიკის სისტემებს შეუძლია შეაფასოს პოტენციური სეტყვის ალბათობა და სიმძიმე. შემავალი ცვლადები – ტემპერატურის მერყეობა, ტენიანობის დონე, ქარის შაბლონები და დაარქივებული სეტყვის მონაცემები. Fuzzy Sets – განვსაზღვროთ არამკაფიო კომპლექტები შემავალი ცვლადებისთვის, როგორიცაა „დაბალი“, „საშუალო“ და „მაღალი“ რისკი ამინდის თითოეული პარამეტრისთვის. შევქმნათ წესები, რომლებიც აღწერს ურთიერთობას შემავალი ცვლადებსა და სეტყვის რისკს შორის (მაგალითად, „თუ ტენიანობა მაღალია და ტემპერატურა სწრაფად ეცემა, მაშინ სეტყვის რისკი მაღალია“). რეალურ დროში გადაწყვეტილების მიღება - არამკაფიო ლოგიკის სისტემებს შეუძლია რეალურ დროში კლიმატის მონაცემების დამუშავება, რათა დაუყოვნებლივ მიიღოს გადაწყვეტილებები რისკის დონის შესახებ, რაც უზრუნველყოფს ვენახის მეპატრონეებს ქმედითი შეხედულებებით [3].

- **სეტყვისგან დამცავი ზადეების ფუნქციონირება არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებით,** ავტომატური განლაგება – არამკაფიო ლოგიკას შეუძლია აკონტროლოს უსაფრთხოების ზადეების ავტომატური განლაგება შეფასებული რისკის დონის მიხედვით. შემავალი ცვლადები – რისკის შეფასება კლიმატის მონიტორინგიდან, ქარის სიჩქარე და ზადეების ოპერაციული მდგომარეობა. განვსაზღვროთ არამკაფიო კომპლექტები ოპერაციული გადაწყვეტილებებისთვის, როგორიცაა „განლაგება“, „ლოდინი“ და „გამოყვანა“. დავაწესოთ წესები ზადეების განლაგების ან ამოღების შესახებ (მაგალითად, „თუ სეტყვის რისკი მაღალია და ქარის სიჩქარე

დაბალი, მაშინ განათავსეთ ბადეები“). სისტემას შეუძლია მოერგოს ცვალებად პირობებს, ბადეების გამოყვანას, თუ რისკი შემცირდება ან ქარის სიჩქარე იზრდება იმ დონემდე, რამაც შეიძლება დააზიანოს ბადეები. ენერგოეფექტურობა – ოპერაციის ოპტიმიზაცია ენერგიის მოხმარების მინიმუმამდე შესამცირებლად ბადეების განლაგებით მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში, არამკაფიო ლოგიკის წესების საფუძველზე. უსაფრთხოების ბადეების ექსპლუატაციისათვის საჭიროა ამინდის მონაცემების შეგროვება – დავაყენოთ ამინდის სადგურები და სენსორები მთელს ვენახში შესაბამისი მონაცემების შესაგროვებლად და არამკაფიო ლოგიკის კონტროლერების შექმნა, რომელიც დაამუშავებს შემავალ მონაცემებს და მიჰყვება წინასწარ განსაზღვრულ წესებს სეტყვის რისკის შესაფასებლად და აკონტროლებს ქსელის განლაგებას. მოახდენს არამკაფიო ლოგიკის კონტროლერის ინტეგრირებას ავტომატიზაციის სისტემასთან უსაფრთხოების ბადეების ფიზიკური განლაგებისა და გამოყვანის მიზნით [4].

4. დასკვნა

მევენახეობა-სოფლის მეურნეობაში, სადაც ამინდის პირობები ხშირად გაურკვეველი და დინამიკურია, გადაწყვეტილების მიღების უფრო მოქნილი და ინტუიციური არამკაფიო ლოგიკის სისტემის შემუშავება სეტყვის რისკების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა. არამკაფიო კომპლექტების, წევრობის ფუნქციების და არამკაფიო წესების გამოყენებით, ჩვენ შევქმენით სისტემა, რომელიც რეაგირებს რეალურ დროში ამინდის მონაცემებზე და უზრუნველყოფს სეტყვის სავარაუდო პროგნოზებს, აუმჯობესებს მზადყოფნას და ამცირებს მოსავლის პოტენციურ ზიანს. სისტემა შეიძლება მუდმივად დაიხვეწოს, რაც უფრო მეტი მონაცემი გახდება ხელმისაწვდომი, რაც უზრუნველყოფს ადაპტირებულ გადაწყვეტას სეტყვის რისკის ეფექტურად მართვისთვის.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Georgia the Gradle of Viticulture. <https://nationalgeographic.ge/story/georgia-the-cradle-of-viticulture/> (15.03.25)
2. Hail in vineyards – damage, protection methods and management. (2024). <https://www.evineyardapp.com/blog/2019/07/23/hail-in-vineyards-damage-protection-methods-and-management/> (3.3.25)
3. Silver M., Svoray T., Karnieli A., Fredj E. (2019). Improving weather radar precipitation maps: A fuzzy logic approach. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169809519307343>
4. Temperature controlling using fuzzy logic library. <https://www.youtube.com/watch?v=Dvy35QIY8Qo>
5. Fuzzy control system. (2024). https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_control_system

(სტატია მიღებულია 12.05.2025)

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM USING FUZZY LOGIC METHODS FOR WEATHER FORECASTING AND HAIL PROTECTION NETS

Mtsituri Nino

Georgian Technical University

tikelegabrieli@gmail.com

Summary

The development of a control system for weather forecasting and hail protection nets using fuzzy logic methods is discussed. Materials were found on the important role of fuzzy logic in automatic control systems, which can effectively deal with uncertainty and nonlinearity. A proposed solution using activation systems supported by real-time meteorological data and fuzzy logic algorithms has been developed, the ability to model fuzzy or imprecise information makes it suitable for the development of accurate weather forecasting and automatic deployment control systems for hail protection nets, and which aims to increase agricultural resilience to hail, minimize crop damage, and optimize operational efficiency.

(Received 12.05.2025)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ И ПРОТИВОГРАДОВЫХ СЕТОК

Мцитури Н.

Грузинский Технический Университет

tikelegabrieli@gmail.com

Резюме

Рассматриваются вопросы прогнозирования погоды и разработки системы управления противоградовыми сетками с использованием методов нечеткой логики. Произведен обзор материалов о важной роли нечеткой логики в системах автоматического управления, которые могут эффективно справляться с неопределенностью и нелинейностью. Разработано возможное решение с использованием систем активации, поддерживаемых метеорологическими данными в реальном времени и алгоритмами нечеткой логики, возможность моделирования нечеткой или неточной информации делает его пригодным для разработки систем управления точным прогнозированием погоды и автоматическим разворачиванием противоградовых сеток, и которое направлено на повышение устойчивости сельского хозяйства к граду, минимизацию ущерба урожая и оптимизацию эффективности эксплуатации.

(Поступила 12.05.2025)

მენეჯმენტის ინფორმაციული ტექნოლოგიები ხელოვნური ინტელექტის კონცეფციის საფუძველზე

ეკატერინე როჭიკაშვილი, ნატალია გაბაშვილი, ანა ბუზალაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
e.rochikashvili@gtu.ge n.gabashvili@gtu.ge a.buzaladze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მენეჯმენტის ინფორმაციული ტექნოლოგიების ფორმირების ასპექტები. აღწერილია როგორია ბიზნეს-გადაწყვეტილების მიღების გამოწვევები გლობალიზაციის, კონკურენციის და სტანდარტული ERP-სისტემებით სარგებლობის პირობებში, ხელოვნური ინტელექტზე (AI) ორიენტირებული სისტემების როლი რთული, გაურკვეველი და მრავალვარიანტიანი სცენარების ანალიზსა და რისკების შეფასებაში. წარმოდგენილია AI-ის პრაქტიკული გამოყენება ბიზნესში, BI- მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის, ანგარიშგების გენერირების, მოთხოვნების ფორმირების და ტენდენციების პროგნოზირების ინფორმაციული სისტემების შექმნის ინსტრუმენტები. აღნიშნულია ევოლუციური ალგორითმების და მულტიაგენტური სისტემების როლი ინფორმაციული სისტემების განვითარების მომავალში. ნაშრომი ხაზს უსვამს AI-ს მზარდ როლს ბიზნესის მართვაში და ინფორმაციული სისტემების განვითარებაში, რაც თავის მხრივ ხელს შეუწყობს ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღებას გაურკვევლობის პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული ტექნოლოგიები. მენეჯმენტი. ხელოვნური ინტელექტი. ბიზნეს-გადაწყვეტილება. გადაწყვეტილების მხარდაჭერი სისტემა. DSS. BI. მონაცემთა ანალიზი. ევოლუციური ალგორითმი.

1. შესავალი

ხელოვნური ინტელექტის კონცეფციაზე დაფუძნებული ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას და აქტუალობას იძენს.

გლობალიზაციის და ეკონომიკის ინტერნაციონალიზაციის, ბიზნესის დინამიკის მკვეთრი აჩქარების, მკაცრი კონკურენციის და ნედლეულისთვის ბრძოლის პირობებში მენეჯერები იძულებულნი არიან გააანალიზონ სიტუაცია მოკლე დროში და მნიშვნელოვანი გაურკვევლობის პირობებში. მათ უწევთ გადაწყვეტილებების ალტერნატიული ვარიანტების (Decision Tree) ფორმირება, რისკების შეფასება და მიღებულ გადაწყვეტილებათა განხორციელება. ამ ყველაფერმა განაპირობა ფორმალიზებული მეთოდების განვითარება, რომლებიც ეყრდნობა გაურკვევლობის პირობებში გადაწყვეტილებების მიღების თეორიას და არაცხადი/ბუნდოვანი ლოგიკის (Fuzzy Logic) გამოყენებას, ასევე განაპირობა ხელოვნური ინტელექტის თეორიასა და მეთოდებზე დაფუძნებული სპეციალიზებული საინფორმაციო სისტემების შექმნა [1].

2. ძირითადი ნაწილი

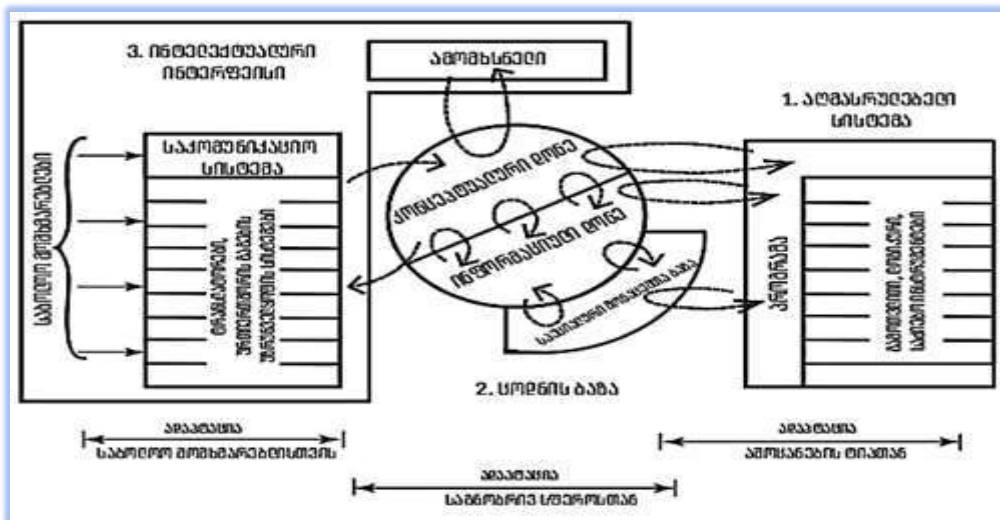
არაცხადი (Fuzzy Logic) ლოგიკის სიტუაციების ანალიზის ალგორითმები, როგორც წესი, სცენარების მიხედვით განიხილავს სიტუაციის განვითარებას და აფასებს თითოეული ვარიანტის რისკებს [1]. ასეთ შემთხვევებში, საინფორმაციო სისტემის ფუნქციონალობა უნდა გაფართოვდეს მონაცემთა შეგროვების, შენახვისა და გადაცემის ფუნქციების ფარგლებს გარეთ, რათა მოიცავდეს მონაცემთა დამუშავებასა და მრავალვარიანტიანი ანალიზის შესაძლებლობებს [4]. ამ ევოლუციის

ასახვა ხშირად არაწრფივია. შესაბამისად, პირველადი მიზანი მოიცავს მრავალმხრივ შეფასებას და არაწრფივ ოპტიმიზაციას. საინფორმაციო სისტემების ანალიტიკური მოდულები, მათ შორის გადაწყვეტილების მხარდამჭერი სისტემები (DSS), საექსპერტო სისტემები (EIS), გადაწყვეტილების შესრულების მხარდამჭერი სისტემები (ESS), დიაგნოსტიკური სისტემები (DIS), სახეთა ამოცნობის სისტემები (IRS) და საძიებო სისტემები, როგორც წესი დაფუძნებულია ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებზე [4]. ხოლო მიზანია გონივრული მსჯელობისა და ქმედებების შექმნა, რომელიც მიმართულია მოსალოდნელი ან ახალი შედეგის მისაღწევად. ხელოვნური ინტელექტი ორი ძირითადი მიმართულებით მუშაობს:

- **სემიოტიკური (სიმბოლური) მიდგომა** – გულისხმობს ადამიანის აზროვნების პროცესების მოდელირებას სიმბოლური სისტემების წარმოდგენას და ცოდნის გამოყენებას;
- **ნეიროკიბერნეტიკული (ნეირონული ქსელების) მიდგომა** – ტვინის ცალკეული დაბალი დონის სტრუქტურების (ნეირონების) ფუნქციონირების ალგორითმების მოდელირებას [4].

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებითი ასპექტი მოიცავს არაცხადი მიზნებისა და არაცხადი ლოგიკის მქონე ამოცანების კომპიუტერულ გადაჭრას. ეს ხორციელდება „ადამიანური“ მეთოდებით, ემსგავსება ადამიანის მიდგომებს პრობლემის გადაჭრისას და მიზნად ისახავს ადამიანის შემეცნებითი პროცესის გაუმჯობესებას [1].

ვინერმა, ნიუელმა, საიმონმა და შოუმ შეისწავლეს ამოცანების გადაჭრის პროცესები, რითაც საფუძველი ჩაუყარეს ალგორითმებისა და ევრისტიკული მეთოდების განვითარებას. ევრისტიკა, განსხვავებით ალგორითმული მიდგომისგან, ინტუიციურ მიგნებებს ეყრდნობა და ადამიანის აზროვნების მოდელირებას ცდილობს [5]. ამრიგად, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების მიზანია ისეთი კომპიუტერული ინტელექტუალური სისტემის შექმნა, რომელიც არაფორმალიზებული ამოცანების გადაჭრაში ადამიანის შესაძლებლობებს გაუტოლდება ან გადააჭარბებს. 1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია ასეთი ფუნქციონალური სისტემა [4].



ნახ. 1. ხელოვნური ინტელექტის სისტემის გამოყენების ფუნქციონალური სტრუქტურა

„ტიურინგის ტესტი“, როგორც გონებრივი ექსპერიმენტი, რომელიც შემოთავაზებულია ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების საფუძველზე შექმნილი სისტემების ინტელექტის მაღალი დონის კრიტერიუმად, წარადგინა ალან ტიურინგმა 1950 წელს სტატიაში *Computing Machinery and Intelligence* [2]. ტესტი ამოწმებს შეუძლია თუ არა კომპიუტერს იყოს „ინტელექტუალური“ ადამიანური თვალსაზრისით. ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების

გამოყენების სფეროები უკიდურესად ფართოა [5]. არაფორმალური თეორემების დამტკიცება და ამოცანების გადაჭრა არაცხადი ლოგიკის გამოყენებით, თამაშის თეორია, სათამაშო სიტუაციების კვლევა და გადაწყვეტილებების სინთეზის შესაძლებლობა, სპეციალიზებული საინფორმაციო სისტემების განვითარება ბიზნეს გადაწყვეტილებების მხარდასაჭერად.

ბიზნეს-გადაწყვეტილების მხარდაჭერისთვის შექმნილი „ინტელექტუალური მონაცემთა ანალიზის სისტემები“ (Business Intelligence — BI) ფართოდ გამოიყენება განვითარებადი გაურკვევლობის პირობებში [4]. BI (*ბიზნეს-ინტელექტი*) არის მონაცემთა ანალიზის, ანგარიშების და მოთხოვნების შექმნის ინსტრუმენტი, რომელიც ბიზნეს-მომხმარებელს ეხმარება მონაცემთა დამუშავების, ინტერპრეტაციისა და ასახვის პროცესების დროს მნიშვნელოვანი ინფორმაციის სინთეზის სირთულეების გადალახვაში და მნიშვნელოვანი ინფორმაციის გამოკვეთაში. ეს ინსტრუმენტები ერთიანდება „ბიზნეს-ინტელექტის ინსტრუმენტების“ კატეგორიაში და ეწოდება BI (*Business Intelligence Toolware*) BI-პროდუქტებია [4]:

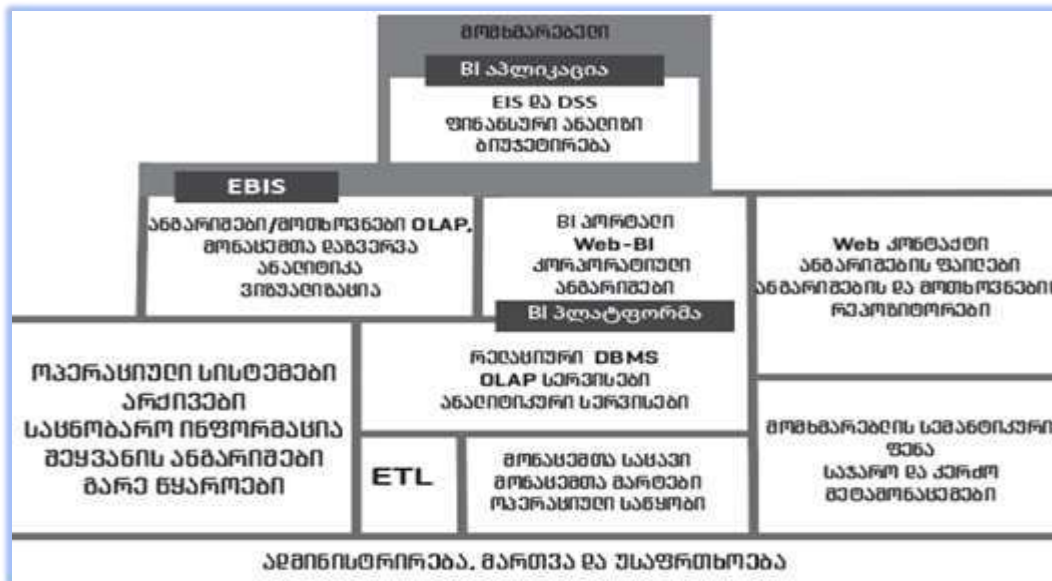
- მოთხოვნების და ანგარიშების გენერატორები (*Query/Report Generator — QRG*);
- განვითარებული BI-ინსტრუმენტები — პირველ რიგში, მონაცემთა ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავების ინსტრუმენტები (*Online Analytical Processing — OLAP*);
- კორპორატიული BI- ნაკრებები (*Enterprise BI Suites — EBIS*) სხვადასხვა კონფიგურაციით, და ERP-სისტემებში ინტეგრირებული;
- BI-პლატფორმები.

მრავალგანზომილებიანი OLAP (Online Analytical Processing)-სერვერები და რელაციური OLAP-მექანიზმები BI-ინსტრუმენტებისა და BI-პლატფორმების ინფრასტრუქტურას წარმოადგენენ, რომელთა ბაზაზე იქმნება სხვადასხვა აპლიკაციები „მომხმარებელზე მორგებული“ ინტერფეისით. ეს ინსტრუმენტები მონაცემებზე წვდომას, მრავალგანზომილებიან და მრავალფაქტორიან ანალიზისა და ანგარიშებების გენერირებას უზრუნველყოფს. მონაცემები განთავსებულია სხვადასხვა ვიტრინებში (*ოპერატიულ საცავებში*), ბაზებსა ან მონაცემთა საწყობებში. BI-აპლიკაციის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ხელმძღვანელის საქმიანობის მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემა (*Executive Support System — ESS*).

BI-აპლიკაციები გამოიყენება ბაზრის ტენდენციების ანალიზისთვის, რისკების შეფასებისთვის, გაყიდვებისა და ბიუჯეტის პროგნოზირებისთვის. მათი ფუნქციონალი ასევე მოიცავს საბალანსო მაჩვენებლების სისტემის (Balanced Scorecard System) და კომპანიის ეფექტურობის მართვის სისტემის (Enterprise Performance Management) განვითარებას. სურათზე 2 ნაჩვენებია BI ზოგადი კორპორატიული არქიტექტურის მაგალითი [4].

ნეირონულ თვითდასწავლად ქსელებზე დაფუძნებული მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის მეთოდები და სისტემები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ინფორმაციული სისტემების შექმნაში [4]. ამ კლასის სისტემების არქიტექტურა ნეირონების ქსოვილის სტრუქტურის მოდელირებას ეფუძნება. ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებული მოდელია— მრავალშრიანი პერსეპტრონი, რომელიც შეცდომის უკუ გავრცელების ალგორითმის მეშვეობით წონის ოპტიმიზაციას ახდენს, რითაც უზრუნველყოფს სწავლის პროცესს. იმიტირდება ნეირონების მუშაობა იერარქიულ ქსელში, სადაც მაღალი დონის ნეირონი შესასვლელით შეერთებულია დაბალი დონის ნეირონების გამოსასვლელთან. ყველაზე დაბალ ფენაზე

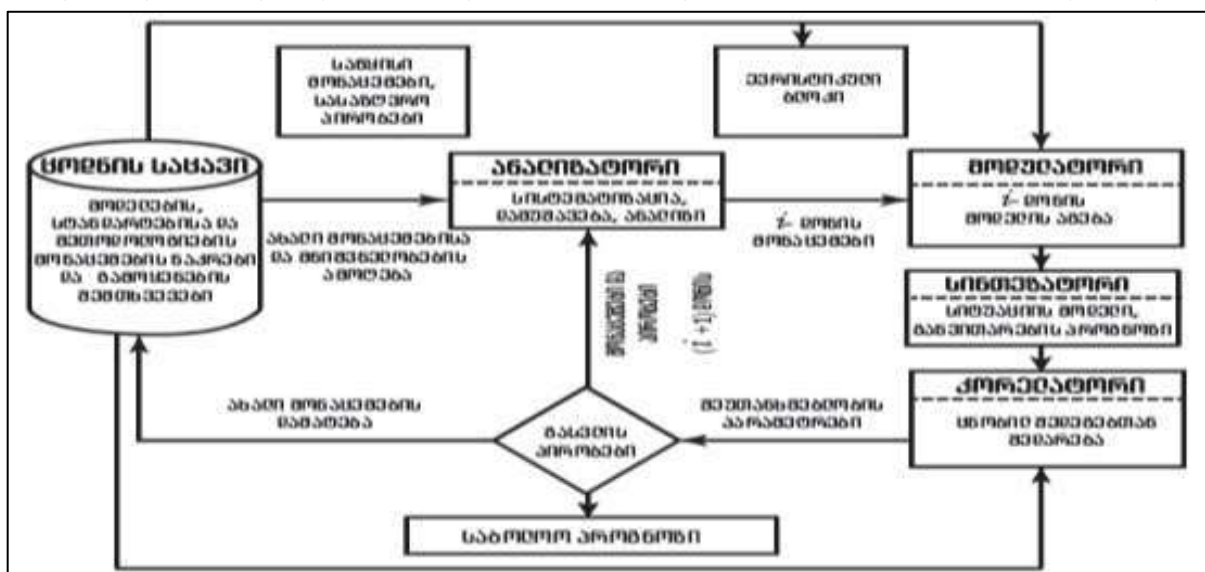
ნეირონებს მიეწოდება შესასვლელი პარამეტრები, რომელთა საფუძველზე საჭიროა გადაწყვეტილების მიღება, სიტუაციის პროგნოზირება და ა.შ.



ნახ. 2 BI ზოგადი კორპორატიული არქიტექტურის მაგალითი

ეს მნიშვნელობები განიხილება როგორც სიგნალები, რომლებიც გადის შემდეგ ფენაში. ისინი სუსტდება ან ძლიერდება ნეირონულ კავშირებზე მინიჭებული რიცხვითი მნიშვნელობების (წონების) მიხედვით. შედეგად, საბოლოო ფენაზე მიღებული მნიშვნელობა წარმოადგენს ქსელის მიერ გაცემულ პასუხს, რომელიც განსაზღვრავს მიღებული მონაცემების ინტერპრეტაციას და გადაწყვეტილების მიღების პროცესს [4].

ქსელის ეფექტური მუშაობისთვის აუცილებელია მისი „სწავლება“, რომელიც ეფუძნება მონაცემებს, სადაც ცნობილია როგორც საწყისი პარამეტრები, ასევე შესაბამისი სწორი შედეგები. „სწავლების“ პროცესში ნეირონული ბმების წონები ოპტიმიზირდება ისე, რომ ქსელის პასუხები მაქსიმალურად მიუახლოვდეს ცნობილ სწორ მნიშვნელობებს. მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილია



ნახ. 3. ინტელექტუალური თვითდასწავლადი ქვების სქემა

„ინტელექტუალური თვითსწავლებადი სისტემის" სქემა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ექსპერტულ, დიაგნოსტიკურ, საძიებო და სხვა მსგავსი სისტემების შემადგენლობაში [3].

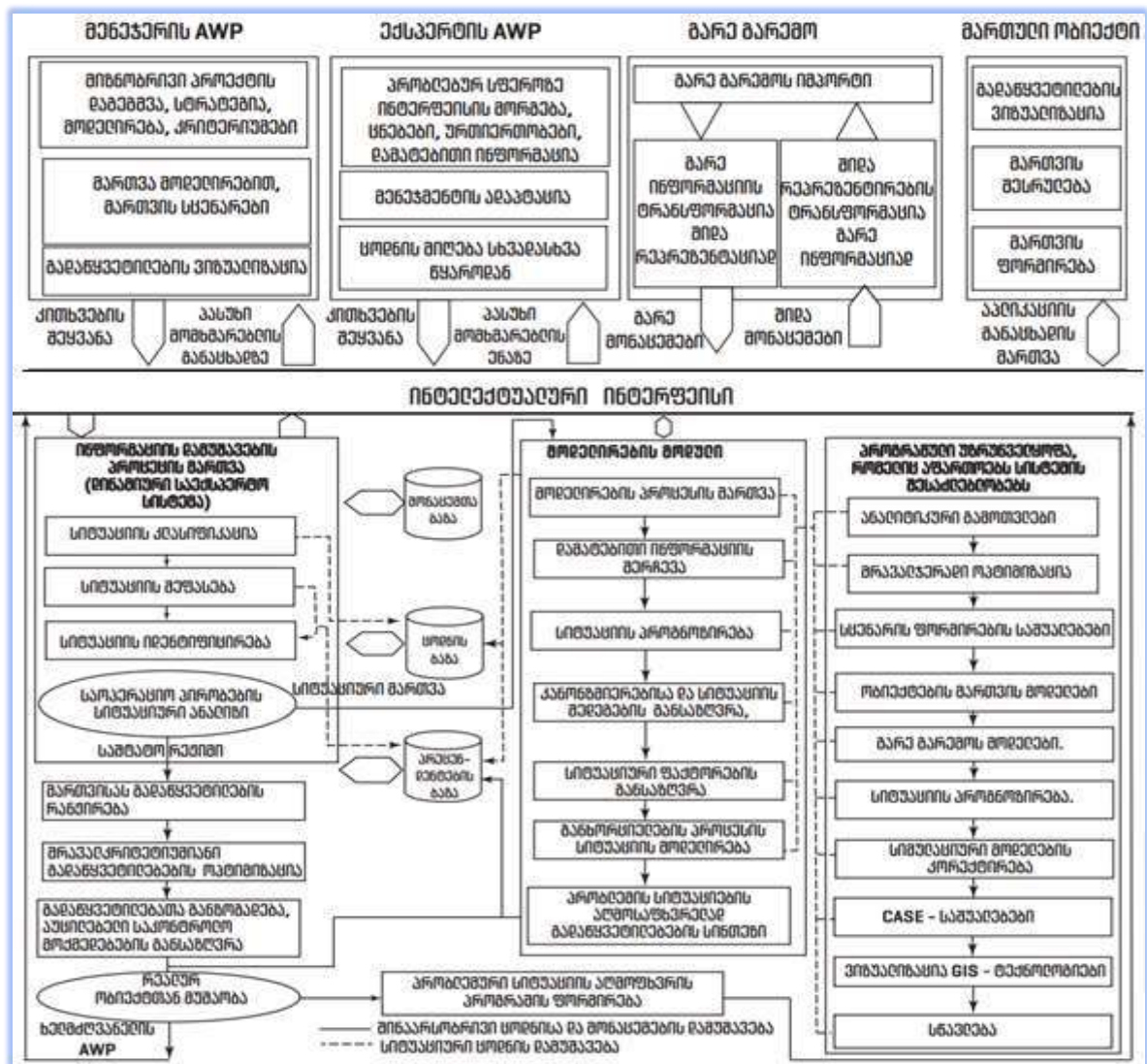
„გაშვებული“ პროგრამა საწყის მონაცემებს, ზღვრულ პირობებსა და იტერაციური პროცესის შეწყვეტის კრიტერიუმებს ამუშავებს. ეს პარამეტრები ეფუძნება ცნობილ სიტუაციებისა და შესაბამისი გადაწყვეტილებების ნაკრებს. ნეირონული ქსელი აანალიზებს მონაცემებს, ამოიცნობს კორელაციებს და შემდეგ ირჩევს ყველაზე ოპტიმალურ გადაწყვეტილებათა ნაკრებს, რომელიც ქმნის საწყის მოდელს. შემდგომ ეტაპზე პარამეტრები ეტაპობრივად განახლდება ახალი მონაცემებისა და ევრისტიკულად გენერირებული წესების მეშვეობით [5]. როდესაც შესაძლო ცვლილებები აღარ იწვევს მოდელის გაუმჯობესებას, აქტიურდება საბოლოო პროგნოზის გამოტანის პირობა.

ბოლო პერიოდში აქტიურად ვითარდება ევოლუციური ალგორითმები, რაც გულისხმობს გარკვეული პროგრამული პოპულაციების შექმნას, მათ სწავლებას, მუტაციას, შეჯვარებას (პროგრამების ნაწილების გაცვლას) და ტესტირებას, მიზნობრივი ამოცანის შესრულების მიზნით [5]. პროგრამები, რომლებიც საუკეთესო შედეგს აღწევს, გადარჩება, რაც საბოლოოდ მეტად ეფექტური პროგრამის მეღებას უზრუნველყოფს. ძალზე ეფექტურია ინტელექტუალური საძიებო და საინფორმაციო სისტემების შექმნის მეთოდები აქტიური აგენტების (Multi Agent System) ტექნოლოგიების გამოყენებით [5]. ეს აგენტები ოპერირებს საინფორმაციო სივრცეში, ახდენს დასმული ამოცანის ინტერპრეტაციას, არსებული პირობებისა და ძებნის შედეგების მიხედვით. აგენტი არის პროგრამული ან პროგრამულ-აპარატურული ერთეული, რომელიც მოქმედებს მომხმარებლის მიზნების შესაბამისად და თვითორგანიზების უნარი გააჩნია.

აგენტის ინტელექტის დონე განისაზღვრება მისი უნარით, გამოიყენოს დაგროვილი „ძველი“ ცოდნა და დააგენერიროს „ახალი“ ინფორმაციული სტრუქტურები, დაკისრებული ამოცანის გადასაწყვეტად წინასწარ უცნობ სიტუაციებსა და პრობლემურ სფეროებში. აქ შეფასებადი აგენტი გამოიყენება, როგორც ამოცანების აქტიური გადამწყვეტი ერთეული. მე-4 ნახაზზე მოცემულია გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის სქემა, რომელიც დაფუძნებულია მულტიაგენტური სისტემების ტექნოლოგიაზე [4].

3. დასკვნა

კომპიუტერზე ადამიანის ტვინის რეალობის მოდელირების პირველმა პროექტებმა მკაფიოდ წარმოაჩინა ამ მიმართულების პერსპექტივები. ასე, მაგალითად, პროექტი „IBM Blue Brain“-ისახავდა ამბიციურ მიზანს, ტვინის იმ ნაწილის მოდელირებას, რომელიც პასუხისმგებელია აღქმაზე, მოტორულ ფუნქციებზე, სივრცულ წარმოსახვაზე, ენაზე და ცნობიერებაზე [4]. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანის ტვინი ამჟამად აღემატება ელემენტების რაოდენობითა და გამოთვლითი სისწრაფით, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ თუ *მურის კანონი* მომავალშიც იმოქმედებს, დიდი დრო აღარ რჩება იმ მომენტამდე, როდესაც ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობები გაუთანაბრდება ადამიანის ტვინის უნარებს [4].



ნახ. 4. გადაწყვეტილების მხარდაჭერის ინტელექტუალური სისტემის (DSS) სქემა, რომელიც დაფუძნებულია მრავალაგენტური სისტემების ტექნოლოგიაზე

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Bellman R.E., Zadeh L.A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), B141–B164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
2. Turing A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
3. Zadeh L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
4. Turban E., Sharda R., Delen, D. (2020). *Decision support and business intelligence systems* (10th ed.). Pearson.
5. Jacob J. (2024). Fuzzy logic decision model for robust risk management in ubiquitous environments. *Journal of Ubiquitous Computing*, 5(4), 399–411
6. ScienceDirect. (2025). Search results for Business Intelligence (BI). <https://www.sciencedirect.com/search?q=BI>
7. Transhumanism Russia. (2025, April 10). Artificial intelligence. <http://transhumanism-russia.ru/content/view/16/138/>

8. Russell S., Norvig P. (2007). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (Russian ed.).
9. Chekinov, G. P., & Chekinov, S. G. (2023). *Multiagent technologies for intelligent support of decision making*.
10. Chekinov G.P., Chekinov S.G. (2023). *Management: Theory and Practice*
(სტატია მიღებულია 2.05.2025)

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY BASED ON THE CONCEPT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rotchikashvili Ekaterine, Gabashvili Natalia, Buzaladze Anna

Georgian Technical University

e.rochikashvili@gtu.ge n.gabashvili@gtu.ge a.buzaladze@gtu.ge

Summary

The utilization of information technology founded upon the notion of artificial intelligence is progressively accruing significance. This article delves into the intricacies of the evolution of management information technologies, the intricacies of business decision-making within the context of globalization, competition, and the implementation of standard ERP systems. It also explores the function of AI-based systems in the analysis of complex and uncertain, multi-variant scenarios and the evaluation of risks. The article explores the practical application of AI in business, including Business Intelligence (BI) tools for intelligent data analysis, report generation, requirement formation, and trend forecasting in information systems. It highlights the role of evolutionary algorithms and multi-agent systems in the future development of information systems. The article emphasizes the growing role of AI in business management and the development of information systems, which, in turn, will contribute to making effective decisions under conditions of uncertainty.

(Received 2.05.2025)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рочикашвили Е., Габашвили Н., Бузаладзе А.

Грузинский Технический Университет

e.rochikashvili@gtu.ge n.gabashvili@gtu.ge a.buzaladze@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются аспекты формирования информационных технологий управления, вызовы в процессе принятия бизнес-решений в условиях глобализации, конкуренции и использования стандартных ERP-систем, а также роль систем, созданных на основе ИИ, в анализе сложных, неопределённых и многовариантных ситуаций и в оценке рисков. Обсуждается практическое применение искусственного интеллекта (ИИ) в бизнесе, инструменты создания информационных систем Business Intelligence (BI) для интеллектуального анализа данных, генерации отчётности, формирования запросов и прогнозирования тенденций. Отмечается роль эволюционных алгоритмов и мультиагентных систем в будущем развитии информационных систем. Статья подчёркивает растущую роль ИИ в управлении бизнесом и развитии информационных систем, что, в свою очередь, будет способствовать принятию эффективных решений в условиях неопределённости.

(Поступила 2.05.2025)

რეგულაციები ქ. თბილისის მართვის არსებული სისტემიდან „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის კონცეფციაზე გადასვლისათვის

ნატალია ტაკიძე, მარიკა ბრეგვაძე, ანა ბუზალაძე,

მზიანა ნიჟარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

nataliatakidze@yahoo.com, m.bregvadze@gtu.ge, a.buzaladze@gtu.ge,

mziana60@mail.ru

რეზიუმე

განხილულია „ჭკვიანი ქალაქის“ განვითარების ინფორმაციულ, ციფრულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებათა მიღების საკითხები, დიდ ქალაქში ურბანული განვითარების პრობლემების გადასაჭრელად, ცხოვრების ხარისხის გასაუმჯობესებლად. მიღებული გადაწყვეტილებები ფოკუსირებულია ქალაქის მდგრადი ინფრასტრუქტურის შექმნაზე, რათა მოხდეს მისი ეკონომიკური გავითარება. გაანალიზებულია არსებული „ჭკვიანი ქალაქების“ მართვის კონცეფციები. წარმოდგენილია რეგულაციები ქ. თბილისის არსებული მართვის სისტემიდან „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის სისტემაზე გადასვლისათვის. ჩატარებულია ანალიზი არსებული „ჭკვიანი ქალაქის“ ფუნქციონირების და მართვის საკითხების შესწავლის მიზნით. დამუშავებულია ქ. თბილისის განვითარების ახალი სტრატეგია, რომელიც მოითხოვს მუნიციპალიტეტის განვითარების კარდინალურ გარდაქმნას, რაც მოიცავს ქალაქის მართვის სტრუქტურის გარდაქმნას მართვის ტერიტორიული დაყოფიდან დარგობრივ-ფუნქციონალური მართვის სისტემაზე.

საკვანძო სიტყვები: ურბანული განვითარება. ჭკვიანი ქალაქი. მართვის კონცეფცია.

1. შესავალი

თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდასაქმნელად საჭიროა რიგი ახალი ინსტიტუტების შექმნა და არსებული დარგების მნიშვნელოვანი ტრანსფორმაცია. ამისთვის მოცემულ ეტაპზე მნიშვნელოვანია ურბანული დაგეგმარება ყველა არსებული ასპექტის გათვალისწინებით, დაინტერესებული პირების ჩართულობა, ეკონომიკური ზრდა, ინვესტიციების და ინფრასტრუქტურული უზრუნველყოფა. აღნიშნული უნდა განხორციელდეს მონაწილეებს შორის გამართული განხილვების საშუალებით. ამასთანავე, ანალიზისათვის უნდა შეირჩეს ფოკუსირებული სექტორები: ურბანული მობილობა, განათლება, მთავრობა, ენერგეტიკა, ჯანდაცვა და ა.შ. აღნიშნული მიმართულებები უნდა შეირჩეს მონაწილეების: მოქალაქეების, დაინტერესებული მხარეების მიერ [1].

მნიშვნელოვანი ცვლილებებია განსახორციელებელი ინსტიტუციურ სტრუქტურებში, არ არსებობს სააგენტოების კორდინირებული მუშაობა, დაბალია პერსონალის პროფესიონალიზმის დონე, არ არსებობს შესაბამისი რეგულაციები, რომლითაც უნდა განისაზღვროს მონაცემთა შეგროვების, ბაზების შექმნის და ანალიზის ნორმები, სტრატეგიული გეგმა და ა.შ. ყოველივე ეს უნდა ეფუძნებოდეს მონაწილეებს შორის მსჯელობას, რიგი ფოკუსირებული მიმართულებები განსახილველად უნდა გადაეცეს მოსახლეობას ანალიზისათვის, როგორიცაა: ურბანული მობილობა, ეფექტური მთავრობა და ა.შ.

ჭკვიანი გადაწყვეტილებები. „ჭკვიანი ქალაქის“ განვითარება მოიცავს ინფორმაციულ, ციფრულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებებს, იმისათვის რომ ქალაქში გადაიჭრას ურბანული განვითარების პრობლემები ცხოვრების ხარისხის გასაუმჯობესებლად, მოხდეს ქალაქის ეკონომიკური განვითარება, გადაწყვეტილებები ფოკუსირებული უნდა იყოს მდგრად ინფრასტრუქტურაზე, რომ მოხდეს განვითარების პროცესის გაუმჯობესება. ცალკეული გადაწყვეტილების განხორციელებამ შეიძლება მოითხოვოს შემდგომი განვითარების შესაბამისი ზომების მიღება, სამთავრობო რეფორმა, საზოგადოებრივი ჩართულობა, იმისათვის უზრუნველყოფილი იყოს მმართველობის ეფექტურობა და მდგრადი განვითარება.

თბილისის მართვის ამგვარი მოდელი მოითხოვს მნიშვნელოვან სისტემურ გარდაქმნას და შესაბამისად სისტემურ აზროვნებას. ფაქტობრივად არ არსებობს ქალაქის ტერიტორიული მმართველობის ორგანოების საქმიანობის ეფექტური კონტროლისა და შეფასების სისტემა, საკმაოდ დაბალ დონეზეა ანგარიშვალდებულებისა და კოორდინაციის სისტემა, ფაქტობრივად არ არსებობს მექანიზმი შიდაუწყებრივი და უწყებათაშორისი კოორდინაციისათვის, რაც ხშირად საქმიანობის განხორციელების დუბლირებას იწვევს.

ქალაქ თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნისათვის აუცილებელია ერთიანი ინტეგრირებული ვებ-პლატფორმის დამუშავება, რომელიც შეკრებს ინფორმაციას და სისტემური ანალიზის საფუძველზე, შეიმუშავებს ქალაქის მდგრადი განვითარების ალტერნატიულ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ხელმისაწვდომი იქნება ქალაქის მოსახლეობისა და ყველა სტრუქტურისადმი.

2. ძირითადი ნაწილი

აღსანიშნავია, რომ ქართველ მეცნიერთა მიერ უკვე დამუშავებულია თბილისის „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის სისტემის იმიტაციური პლატფორმა ინტეგრირებულ ვებ-სისტემის ბაზაზე. ერთიანი ინტეგრირებული ვებ-პლატფორმის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ქალაქში მიმდინარე პროცესების ამსახველი ე.წ. ინფორმაციის გადამწოდების ქსელის დამონტაჟება და ამოქმედება [4].

თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნისათვის ასევე, შემუშავებულია ქ. თბილისის, როგორც „ჭკვიანი ქალაქის“ მმართველობითი სტრუქტურის ცვლილების პროექტი, რომელიც საფუძვლად დაედება მთელ რიგ საკანონმდებლო ცვლილებებს.

გარდაქმნის სრული რეალიზაციის მიზანია ქალაქის ეფექტური რესტრუქტურისაციის ამოქმედება მართვის თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების, ყველა საქალაქო სისტემისა და ქალაქის ბიზნეს-საწარმოების ფუნქციონირების გათვალისწინებით. ყოველივე ეს ქალაქის ტექნოლოგიური და საინფორმაციო გარემოს ხარჯზე უნდა შეიქმნას. ქალაქში არსებული პირობების შესაბამისად ის მიმზიდველი ხდება ინვესტორებისათვის და სხვადასხვა სახის ბიზნესის განვითარებისთვის. ეს გამოიწვევს ქალაქში ცხოვრების კომფორტულობის ახალ ხარისხობრივ დონეზე გადასვლას და შესაბამისად, კონკურენციას გაუწევს მსოფლიოს ყველა თანამედროვე ქალაქს.

პროექტის რეალიზაციის ფარგლებში მოხდება ინდუსტრიის გლობალური ლიდერების ძალისხმევით გაერთიანება კერძო კომპანიებში, სამეცნიერო-კვლევით, საგანმანათლებლო და ტრენინგის ცენტრებში, რისი შედეგიც იქნება უნივერსალური გამოყენების ფასეულობების დამკვიდრება „ჭკვიანი ქალაქებისა“ და „მწვანე ეკონომიკის“ სფეროში. ასეთი თანამშრომლობის წყალობით, შეიქმნება პროექტის შესრულების ერთობლივი პროგრამების პლატფორმა, რომელიც

ღია იქნება ნებისმიერი მონაწილისთვის და უზრუნველყოფს ცალკეული ღონისძიებებიდან „ჭკვიანი ქალაქის“ კონცეფციის ერთიან სინერგიულ მიდგომაზე გადასვლას.

კომპლექსური პროექტი „ჭკვიანი ქალაქი“ მიზნად ისახავს მდგომარეობის გაუმჯობესებას ქალაქის საქმიანობის ისეთ ძირითად სფეროებში, როგორიცაა [3]:

- ქალაქის გარემო – შენობა-ნაგებობები, წყალმომარაგება, ნარჩენების მართვა, ენერგომომარაგების სამსახურები და საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები;
- საზოგადოებრივი კაპიტალი – განათლება, სოციალური და გენდერული თანასწორობა;
- ეკონომიკური პირობები – სიღარიბის შემცირება და ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა;
- „ჭკვიანი ქალაქის“ პროექტებს შორის, ამჟამად, პირველი ადგილი, ჯანდაცვის პროექტებს უკავია.

ასევე მნიშვნელოვანია:

- შრომის ენერგოდამზოგი და ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო მეთოდების გამოყენება, გადაზიდვებისა და მშენებლობის ორგანიზაცია;
- ხელმისაწვდმი სოციალური საცხოვრებელი უზრუნველყოფა;
- ქალაქების მდგრადობა გარემოსა და დემოგრაფიული ცვლილებებისადმი;
- ქალაქების კომპაქტური და ეფექტური დაგეგმვა;
- ეკოლოგიურად სუფთა ტრანსპორტი და ტრანსპორტის პროფესიონალურად ორგანიზებული მოძრაობა;
- დაგეგმვა და მშენებლობა ხანდაზმულთათვის;
- ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრაცია ქალაქის გარემოში.

ნაშრომში ჩატარებულია ანალიზი არსებული „ჭკვიანი ქალაქების“ ფუნქციონირების და მართვის საკითხების შესწავლის მიზნით. აქედან გამომდინარე, ნათელი ხდება, რომ ურბანული განვითარების თანამედროვე ვითარება მოითხოვს ქალაქების „ჭკვიან ქალაქებად“ გარდაქმნას, რაც წარმოადგენს მსოფლიო ტრენდს და რეალურად მიღწევადია ქართულ რეალობაშიც.

დამუშავებულია ქალაქების განვითარების ახალი სტრატეგია, რომელიც მოითხოვს მუნიციპალიტეტების განვითარების მართვის სისტემის კარდინალურ გარდაქმნას, რაც მოიცავს ქალაქის მართვის სტრუქტურის გარდაქმნას მართვის ტერიტორიული დაყოფიდან დარგობრივ-ფუნქციონალური მართვის სისტემაზე. საჭიროა აგრეთვე ქალაქის მართვის პრიორიტეტების, სტანდარტების, კრიტერიუმების, ამოცანებისა და მიზნების, შედეგებისა და ეფექტურობის მაჩვენებლების სისტემის გარდაქმნა. ამისათვის უნდა განხორციელდეს არსებული რესურსების პოტენციალის გადაფასება, დასახული მიზნების მიღწევის ახალი საშუალებების გამონახვა, რაც ქალაქის განვითარებასთან კომპლექსურ, მულტისექტორულ მიდგომას გულისხმობს [2].

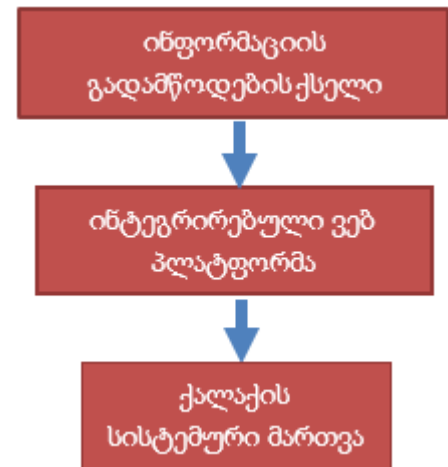
თბილისის მართვის ამგვარი მოდელი მოითხოვს მნიშვნელოვან სისტემურ გარდაქმნას და შესაბამისად სისტემურ აზროვნებას (ნახ.1). ფაქტობრივად არ არსებობს ქალაქის ტერიტორიული მმართველობის ორგანოების საქმიანობის ეფექტური კონტროლისა და შეფასების სისტემა, საკმაოდ დაბალ დონეზეა ანგარიშვალდებულებისა და კოორდინაციის სისტემა, ფაქტობრივად არ არსებობს მექანიზმი შიდაუწყებრივი და უწყებათაშორისი კოორდინაციისათვის, რაც ხშირად საქმიანობის განხორციელების დუბლირებას იწვევს.

ქალაქ თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნისათვის აუცილებელია ერთიანი ინტეგრირებული ვებ-პლატფორმის დამუშავება, რომელიც შეკრებს ინფორმაციას და სისტემური ანალიზის საფუძველზე, შეიმუშავებს ქალაქის მდგრადი განვითარების ალტერნატიულ

გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ხელმისაწვდომი იქნება ქალაქის მოსახლეობისა და ყველა სტრუქტურისადმი.

აღსანიშნავია, რომ ქართველ მეცნიერთა მიერ უკვე დამუშავებულია თბილისის „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის სისტემის იმიტაციური პლატფორმა ინტეგრირებულ ვებ-სისტემის ბაზაზე [5]. ერთიანი ინტეგრირებული ვებ-პლატფორმის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ქალაქში მიმდინარე პროცესების ამსახველი ე.წ. ინფორმაციის გადამწოდების ქსელის დამონტაჟება და ამოქმედება.

თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნისათვის ასევე შემუშავებულია ქ. თბილისის, როგორც „ჭკვიანი ქალაქის“ მმართველობითი სტრუქტურის ცვლილების პროექტი.



მიზნის მისაღწევად განსახორციელებელი ამოცანებია:

- მუდმივი მონიტორინგი და ქალაქის ინფრასტრუქტურის ობიექტების გამართული ტექნიკური მდგომარეობის უზრუნველყოფა;

ნახ.1 „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნის ეტაპები

- კომუნიკაციის დამყარება ურბანული გარემოს მონაწილეთა შორის (მაცხოვრებლები, ქალაქის ხელისუფლება, მენეჯერები და მომსახურე კომპანიები);

- ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების მუშაობის ოპერატიულობის ამაღლება;
- მოსახლეობის ჩართვა ქალაქის განვითარებაში;
- მმართველობითი გადაწყვეტილების მიღების ეფექტურობის გაზრდა;
- ქალაქში უსაფრთხოების დონის გააუმჯობესება;
- მოხერხებული სატრანსპორტო საშუალებით უზრუნველყოფა;
- სატრანსპორტო ნაკადების ოპტიმიზაცია;
- უძრავი ქონების რეგისტრაციის უზრუნველყოფა;
- საცხოვრებელი და კომუნალური მომსახურების მიწოდების ეფექტურობის და ხარისხის გაზრდა;

- და ა.შ.

სრულყოფილი და მრავალსიმომცველი ინფორმაციის საფუძველზე ქალაქის ხელმძღვანელობამ უნდა მიიღოს შესაბამისი გადაწყვეტილება, იმისათვის, რომ გაუმჯობესდეს ქალაქის მაცხოვრებელთა მდგომარეობა. ყოველივე ეს საჭიროებს საჯარო სამართლებრივი ნორმებისა და ინსტიტუციების ანალიზს, კანონის გააზრებას და ეფექტიანი საჯარო მართვის განსახორციელებლად ახალი საკანონმდებლო ინიციატივების ინიცირებას.

ამგვარად, ნებისმიერი გადაწყვეტილების მიღებისას ქვეყნის, ქალაქის, რეგიონის ხელისუფლება უნდა ეყრდნობოდეს განვითარების ზოგადსისტემურ კანონზომიერებებს და უზრუნველყოფდეს მიღებული გადაწყვეტილებების შედეგს, წინააღმდეგ შემთხვევაში, მართვის ყოველი არასისტემური ქმედებას მიჰყავს არაეფექტურ მართვამდე, რაც საბოლოოდ ქვეყანას კატასტროფამდე მიიყვანს ინტეგრირებული ვებ სისტემის ბაზაზე დამუშავებულია ქალაქის როგორც „ჭკვიანი ქალაქის“ მართვის სისტემა.

თბილისის მართვის ამგვარი მოდელი მოითხოვს მნიშვნელოვან სისტემურ გარდაქმნას და შესაბამისად სისტემურ აზროვნებას. ზემოხსენებულიდან გამომდინარე, აუცილებელია „ჭკვიანი ქალაქის“ კონცეფციის მაქსიმალური გამოყენება, რაც ითვალისწინებს ადგილობრივი კეთილდღეობისა და კონკურენტუნარიანობის გაზრდას და გულისხმობს კომპლექსურ, მულტისექტორულ მიდგომას ქალაქის განვითარებასთან.

არსებული სტრუქტურით თბილისის „ჭკვიან ქალაქად“ გარდაქმნა და ჩამოყალიბება შეუძლებელია, აუცილებელია ქალაქის თვითმმართველი ორგანოების მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ცვლილებები. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ სამართავი რესურსები არის ყოველთვის შეზღუდული, თანაც მიღევადი. ეს გვაავალდებულებს რაც შეიძლება ნაკლები შეცდომებით, დროულად და ოპტიმალურად განვახორციელოთ ქალაქის მართვა არსებული მდგომარეობიდან სასურველ მდგომარეობაში გადასასვლელად. კერძოდ, სასურველია მმართველობის ტერიტორიული (რაიონული) დაყოფიდან, დარგობრივ დაყოფაზე გადასვლა, განვითარებული „ჭკვიანი ქალაქების“ გამოცდილებებისა და თბილისის სოციალური, ეკონომიკური, კულტურულ-ისტორიული და ა.შ. ნიშან-თვისებების გათვალისწინებით (ნახ.2).

„ჭკვიანი ქალაქის“ დარგობრივი დაყოფა				
ჭკვიანი ენერგეტიკა	ჭკვიანი ტრანსპორტი	ჭკვიანი გამოსა და წყლის მომარაგება	ჭკვიანი ურბანული გარემო	ჭკვიანი სახლი
მომხმარებელი ენერგიის გადაწოდება	ინტელექტუალური სატრანსპორტო სისტემები	წყლის აღრიცხვის ჭკვიანი მრიცხველები	ჭკვიანი ვიდეო თვალი და უსაფრთხოება	ინტეგრირებული ავტომატომაკია
შეზღუდული მართვა ენერგიაზე	გადახდის სისტემები ინფრასტრუქტურის სარგებლობისათვის	კონტროლი წყლის მოხმარებაზე	ჭკვიანი განათება	ბინისა და სახლის დისტანციური მართვა
ელ. ენერგიაზე მომუშავე ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურა	ჭკვიანი პარკინგი	კონტროლი წყლის დანაკარგებზე	ნარჩენების ჭკვიანი მართვა	ჭკვიანი მაკონტროლებელი მოწყობილობები
გენერაცია განაწილების ინტეგრაცია	მოსახლეობისათვის ინფორმაციის მიწოდების სისტემები	საგანგებო სიტუაციათა მართვა	ქალაქმშენებლობისა და მინათსარგებლობის ჭკვიანი მართვა	IT სერვისები და ჭკვიანი გამოყენებითი სისტემები
კოგენერაცია	ავტომატიზებული მყირე გამოწვობა/დამუშავება	დანაკარგების შემცირება	ეფექტური საავადმყოფოები	შენობათა ენერგოეფექტური დაგეგმვა
განახლებადი გენერაცია	ეკოლოგიური საზოგადოებრივი მომსახურების ტრანსპორტი	წყლის განმუხდის ინოვაციური მეთოდები	სოციალური მომსახურების სერვისები	ძველი ნაგებობების ენერგოეფექტური რესტავრაცია

ნახ. 2. თბილისის დარგობრივი პინციპის მართვის პროექტი

3. დასკვნა

ჩვენს მიერ შესწავლილი და გაანალიზებული, არსებული „ჭკვიანი ქალაქების“ მართვის სისტემებიდან და თბილისის სოციალური, ეკონომიკური, კულტურულ-ისტორიული და ა.შ. სხვა სპეციფიური ნიშან-თვისებებიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია, ქ. თბილისის მმართველობის ტერიტორიული (რაიონული) დაყოფიდან, დარგობრივ დაყოფაზე გადასვლა.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Melbourne as a smart city. Internet resource: <https://www.melbourne.vic.gov.au/about-melbourne/melbourne-profile/smart-city/Pages/smart-city.aspx> (15.03.2025)

2. San Francisco smart city challenge. (2016). Internet resource: <https://urbandevelopmentcph.kk.dk/indhold/smart-city> (11.04.2025)
3. Smart City Spotlight: Phuket. (2018). The ASEAN Post Team. Internet resource: <https://theaseanpost.com/article/smart-city-spotlight-phuket> (11.04.2025)
4. Akhobadze M., Dolidze M., Kurtskhalia E., Gigiberia I., Takidze N., Shalamberidze Ir. (2023). Principles of building a unified integrated web platform for information support of “smart city” management systems”. Monograph, ISBN 978-9941-8-5734-8, GTU, “IT Consulting Scientific Center”
5. Akhobadze M., Shalamberidze I. (2020). Web platform for „Smart City“ data collection and analytics. *Economia argo-alimentare/ Food Economy*, ISSN 1126-1668 – ISSN 1972-4802, Vol. 21, Iss. 3, pp.847-854, DOI: 10.3280/ECAG2019-003015,
(სტატია მიღებულია 22.04.2025)

REGULATIONS FOR THE TRANSITION FROM THE EXISTING TBILISI MANAGEMENT SYSTEM TO THE „SMART CITY“ MANAGEMENT CONCEPT

Takidze Natalia, Bregvadze Marika, Buzaladze Ana, Nizharadze Mziana
Georgian Technical University

nataliatakidze@yahoo.com, m.bregvadze@gtu.ge, a.buzladze@gtu.ge, mziana60@mail.ru

Summary

The development of a “smart city” includes solutions based on information and digital technologies. In order to solve urban development problems in the city, improve the quality of life, and achieve economic development of the city, the decisions taken should be focused on creating a sustainable infrastructure. The paper analyzes the existing concepts of “smart cities” management. The regulations for the transition from the existing management system of Tbilisi to the “smart city” management system are discussed. An analysis has been conducted to study the functioning and management issues of the existing “smart city”. A new strategy for the development of Tbilisi has been developed, which requires a cardinal transformation of the development of the municipality, which includes the transformation of the city management structure from the territorial division of management to a sectoral-functional management system.

(Received 22.04.2025)

РЕГЛАМЕНТ ПЕРЕХОДА ОТ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТБИЛИСИ К КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫЙ ГОРОД»

Такидзе Н., Брегвадзе М., Бузаладзе А., Нижарадзе М.

Грузинский Технический Университет

nataliatakidze@yahoo.com, m.bregvadze@gtu.ge, a.buzladze@gtu.ge, mziana60@mail.ru

Резюме

Развитие «умного города» включает в себя решения вопросов на основе информационных и цифровых технологий. Для решения проблем городского развития с целью улучшения качества жизни и содействия экономическому развитию принимаемые решения должны быть направлены на создание устойчивой инфраструктуры. Проанализированы существующие концепции управления «умным городом». Приведены регуляции для осуществления перехода от существующей системы управления Тбилиси к системе управления «умного города». Проведен анализ с целью изучения проблем функционирования и управления существующим «умным городом». Новая стратегия развития Тбилиси, требует кардинальной трансформации развития муниципалитета, включающая преобразование структуры управления городом с территориального разделения на отраслево-функциональную систему управления.

(Поступила 22.04.2025)

საგანმანათლებლო სისტემაში პერსონალის თანამდებობაზე განაწილების ალგორითმი და მისი კომპიუტერზე რეალიზება

ელზა იმნაძე¹, ნუგზარ კერესელიძე², ვალიდა სესაძე³

1-ილიას უნივერსიტეტი,

2-სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

3-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

elza.imnadze@iliauni.edu.ge , nkereslidze@sou.edu.ge . v_sesadze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში (უსდ) - უნივერსიტეტებში და საერთოდ მთლიანად საგანმანათლებლო სისტემაში, მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის საკითხი. მართვის პროცესის მოდელირებისთვის გამოყენებულია მათემატიკური პროგრამირების აპარატი. აგებულია შესაბამისი მონჟი-კანტაროვიჩის მოდელი. კომპიუტერზე მოდელის ამოხსნა განხორციელებულია გამოყენებითი პროგრამების პაკეტის **Maple**-ის საშუალებით. ნაპოვნია მონჟი-კანტაროვიჩის ამოცანის ოპტიმალური ამონახსნი, რომლის საშუალებით შეიძლება წარიმართოს უსდ-ს ეფექტური მენეჯმენტი. მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მაგალითად, უსდ-ში კადრების ოპტიმალური განაწილებისთვის.

1. შესავალი

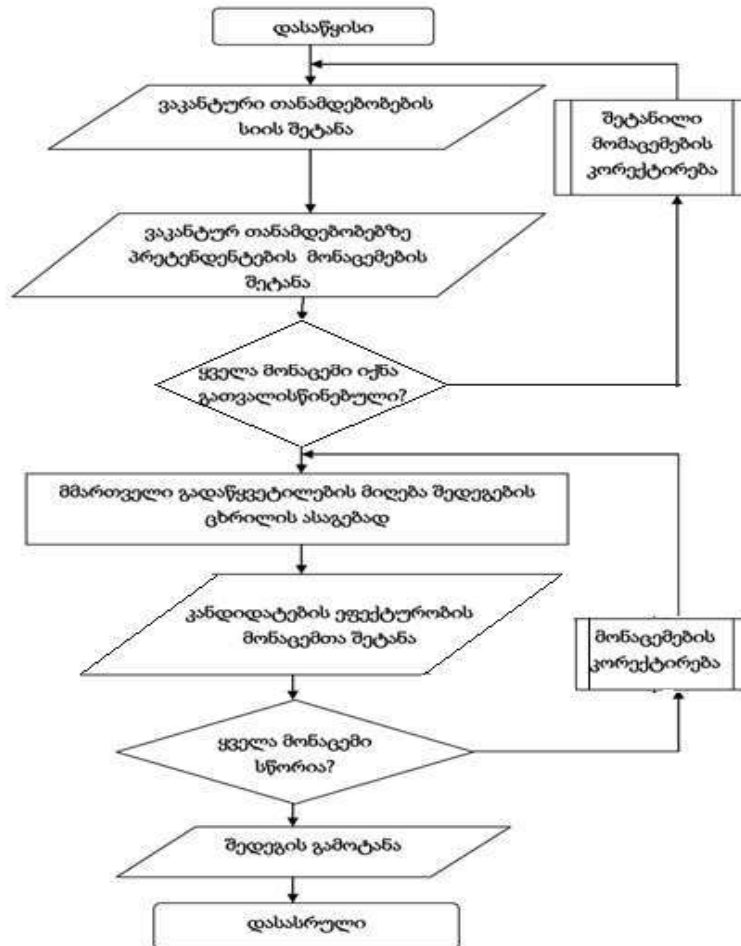
უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში უნივერსიტეტებში და საერთოდ მთლიანად საგანმანათლებლო სისტემაში, მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის საკითხებში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავია პედაგოგების და პროფესორ-მასწავლებლების აკადემიურ თანამდებობებზე სწორი განაწილების საკითხებს [1,3]. თითოეული კანდიდატი თავისი პედაგოგიური გამოცდილების და კვალიფიკაციის შესაბამისად, შეიძლება შეფასებული იქნას 10 ბალიანი სისტემით. სტატიაში გამოყენებულია შეფასების 10 ბალიანი სისტემა. მოდელი შესაძლებლობას იძლევა 10 ბალიანი სისტემა შევცვალოთ მაგალითად 100 ბალიანი სისტემით. გამოყენებულია ტრადიციული ძალიან ეფექტური ე.წ. **მონჟი-კანტაროვიჩის მოდელი**, რომელიც ეფექტურად არის გამოყენებული აღნიშნული სასაწავლო პროცესის ამ რგოლში. სტატიაში მითითებული მოდელი რეალიზებულია 7x7 განზომილების ამოცანაზე. შეგვიძლია განზომილება გავზარდოთ ამის საშუალებას გვაძლევს ამოცანის რეალიზებისათვის გამოყენებული კომპიუტერული გამოყენებითი პროგრამა **Maple**. სტატიაში შემუშავებულია მათემატიკური მოდელი, ალგორითმი და იგი რეალიზებულია კომპიუტერზე.

2. ძირითადი ნაწილი

საგანმანათლებლო ორგანიზაციის ხელმძღვანელის ერთ-ერთ ძირითად ფუნქციას წარმოადგენს n რაოდენობა თანამშრომლობის მსურველთა თანამდებობებზე ეფექტური განაწილება. თითოეული თანამდებობა ხასიათდება შესასრულებელი სამუშაოს მოცემული მოცულობით და მოითხოვს თანამშრომლის სათანადო კვალიფიკაციას. ამ თანამდებობებზე კანდიდატები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან, გარკვეული სტაჟითა და კვალიფიკაციით, განათლების დონითა და ხარისხით, მოწესრიგებულობითა და ერთგულებით. ეს ყველა მაჩვენებელი ხელმძღვანელის (დირექტორის, რექტორის და ა.შ.) უნდა იქნეს გაერთიანებული და განსაზღვრული ერთიანი კომპლექსური მაჩვენებლით - **სამუშაოს შესრულების**

ეფექტურობის დონით. ეს დონე, როგორც წესი განისაზღვრება შკალაზე 10 ბალიანი სისტემით. გასაგებია, რომ 1 ბალი შეფასება არის არადამაკმაყოფილებელი, ხოლო 10 ბალიანი შეფასება უმაღლეს ეფექტურობას ნიშნავს [2].

საგანმანათლებლო დაწესებულების ხელმძღვანელმა უნდა მოახერხოს, კანდიდატების თანამდებობებზე ისეთი განაწილება, რომ საერთო ეფექტურობის დონე იყოს მაქსიმალური. ამ სამუშაოს სტრუქტურული სქემა გამოისახება ქვემოთ მოცემული ბლოკ-სქემით (ნახ.1).



ნახ.1 პროცესის მართვის ალგორითმი

შემოვიტანოთ შემდეგი აღნიშვნები: $i(i=\overline{1,n})$ - თანამდებობის დაკავების კანდიდატები; $j(j=\overline{1,n})$ - სისტემაში ვაკანტური თანამდებობები, R_{ij} - მუშაობის ეფექტურობის დონე.

i პრეტენდენტის j თანამდებობაზე დანიშვნის ფაქტი მათემატიკურ მოდელში აღვნიშნოთ x_{ij} ცვლადით, რომელიც იღებს მხოლოდ ორ მნიშვნელობას: 0 ან 1.

ამოცანის ამონახსნი გულისხმობს ცვლადების ისეთი ერთობლიობის მოძებნას, რომელიც უზრუნველყოფს სამუშაოს ეფექტურობის მაქსიმალურ ჯამურ დონეს.

ამ ამოცანის მიზნის ფუნქციაა საგანმანათლებლო დაწესებულებაში ვაკანტური თანამდებობების ისეთი კანდიდატებით დაკომპლექტება, რათა მიღწეულ იქნას სამუშაოების წარმოების მაქსიმუმი. იმდენად, რამდენადაც წინასწარ პრეტენდენტების ოპტიმალური განაწილება თანამდებობებზე არაა ცნობილი, ამიტომ მიზნის ფუნქციაში უნდა იქნეს

გათვალისწინებული დანიშვნების ყველა შესაძლო ვარიანტი, ანუ უნდა უტოლდებოდეს ყველა თანამშრომლის ყველა თანამდებობაზე დაკავების ჯამს, ანუ სიტყვიერად მიზნის ფუნქციის აზრი ასე შეიძლება გამოიხატოს:

$$F = [1 \text{ კანდიდატის ყველა თანამდებობაზე დანიშვნის ეფექტურობა}] + [2 \text{ კანდიდატის ყველა თანამდებობაზე დანიშვნის ეფექტურობა}] + \dots + [n\text{-ური კანდიდატის ყველა თანამდებობაზე დანიშვნის ეფექტურობა}] \rightarrow \max \quad (1)$$

ანუ ჩვენი აღნიშვნებით მიზნის ფუნქცია **F** ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$F = R_{11}x_{11} + R_{12}x_{12} + \dots + R_{1n}x_{1n} + R_{21}x_{21} + R_{22}x_{22} + \dots + R_{n1}x_{n1} + R_{n2}x_{n2} + \dots + R_{nn}x_{nn} \rightarrow \max \quad (2)$$

ანუ მოკლედ ჩავწერთ ასე:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n R_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

ცვლადებზე უნდა გავითვალისწინოთ ორი ტიპის შეზღუდვა

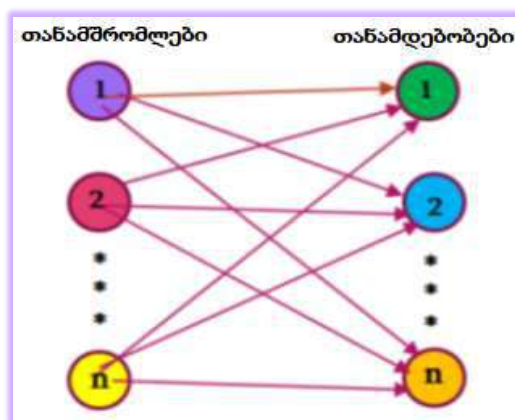
პირველი ტიპის შეზღუდვა - ერთ თანამდებობაზე შეიძლება დაინიშნოს მხოლოდ ერთი კანდიდატი. მეორე ტიპი - ერთ კანდიდატს შეუძლია დაიკავოს მხოლოდ ერთი თანამდებობა.

მონჟი-კანტაროვიჩის ამოცანაში შეზღუდვები (3) და (4) გრაფიკულად წარმოდგენილია მე-2 ნახაზზე.

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = 1 \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} = 1 \\ \vdots \\ x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} = 1 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + \dots + x_{n1} = 1 \\ x_{12} + x_{22} + \dots + x_{n2} = 1 \\ \vdots \\ x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{nn} = 1 \end{cases} \quad (4)$$

(2)-(4) ამოცანა წარმოადგენს წრფივი დაპროგრამების მონჟი-კანტაროვიჩის ტიპიურ ამოცანას, რომლის ამოხსნაც ჩვენ შეგვიძლია ჩვენს მიერ განხილულ და ტრადიციულ პროგრამებზე **Maple** და **Matlab**-ზე.



ნახ. 2. მონჟი -კანტაროვიჩის ამოცანის გრაფი

მოცემული ამოცანა შეიძლება გადაწყვეტილი იქნას, როგორც პროგრამა Maple-ს საშუალებით ასევე სხვა პროგრამებში, აგრეთვე შესაძლებელია Excel-ში. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ყველაზე კომფორტულია Maple-ს ვარიანტი, რადგანაც ამ პროგრამას გააჩნია ძალიან მოხერხებული, მრავალფუნქციური ინტერფეისი. ავიღოთ კონკრეტული შემთხვევა: 7 თანამშრომელი 7 სამუშაო ადგილზე [4]. თავიდან გამოვიყვანოთ მუშაობის ეფექტურობის R შემთხვევითი მატრიცა (7×7) წარმოდგენილი ამოცანის ამოხსნის პროგრამას აქვს სახე:

> with(Linear Algebra) :

$l := 7 : j := 7$

$R := \text{RandomMatrix}(i, j, \text{generator}=1 \dots 10)$

$$\begin{pmatrix} 10 & 8 & 3 & 2 & 9 & 1 & 5 \\ 1 & 9 & 3 & 6 & 2 & 7 & 6 \\ 6 & 1 & 4 & 6 & 5 & 8 & 1 \\ 1 & 5 & 6 & 8 & 7 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 5 & 8 & 7 & 1 & 2 \\ 9 & 9 & 6 & 7 & 1 & 2 & 7 \\ 7 & 7 & 8 & 1 & 10 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

საძიებელია $X(7 \times 7)$ მატრიცა სადაც თითოეული x_{ij} არის ან 1 ან 0; ზემოთ მიღებული შემთხვევითი მატრიცისათვის მიზნის ფუნქციას ექნება სახე:

$$\begin{aligned} F = & 10x_{11} + 8x_{12} + 3x_{13} + 2x_{14} + 9x_{15} + x_{16} + 5x_{17} + \\ & + x_{21} + 9x_{22} + 7x_{23} + 6x_{24} + 2x_{25} + 7x_{26} + 6x_{27} + \\ & + 6x_{31} + x_{32} + 4x_{33} + 6x_{34} + 5x_{35} + 8x_{36} + x_{37} + \\ & + x_{41} + 5x_{42} + 6x_{43} + 8x_{44} + 7x_{45} + 2x_{46} + 2x_{47} + \\ & + 3x_{51} + 4x_{52} + 5x_{53} + 8x_{54} + 7x_{55} + x_{56} + 2x_{57} + \\ & + 9x_{61} + 9x_{62} + 6x_{63} + 76x_{64} + x_{65} + 2x_{66} + 7x_{67} + \\ & + 7x_{71} + 7x_{72} + 8x_{73} + x_{74} + 10x_{75} + 3x_{76} + 3x_{77} \end{aligned}$$

შეზღუდვებს ექნებათ შემდეგი სახე:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} = 1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} = 1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} = 1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} = 1 \\ x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} = 1 \\ x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{66} + x_{67} = 1 \\ x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} + x_{77} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

უნდა მოვძებნოთ $\text{Max } F$ (5) შეზღუდვების გათვალისწინებით ეს ამოცანა Maple-ზე იხსნება ასე:

restart

with(simplex) :

maximize

$$\begin{aligned}
 &10x_{11} + 8x_{12} + 3x_{13} + 2x_{14} + 9x_{15} + x_{16} + 5x_{17} + \\
 &+ x_{21} + 9x_{22} + 7x_{23} + 6x_{24} + 2x_{25} + 7x_{26} + 6x_{27} + \\
 &+ 6x_{31} + x_{32} + 4x_{33} + 6x_{34} + 5x_{35} + 8x_{36} + x_{37} + \\
 &+ x_{41} + 5x_{42} + 6x_{43} + 8x_{44} + 7x_{45} + 2x_{46} + 2x_{47} + \\
 &+ 3x_{51} + 4x_{52} + 5x_{53} + 8x_{54} + 7x_{55} + x_{56} + 2x_{57} + \\
 &+ 9x_{61} + 9x_{62} + 6x_{63} + 76x_{64} + x_{65} + 2x_{66} + 7x_{67} + \\
 &+ 7x_{71} + 7x_{72} + 8x_{73} + x_4 + 10x_{75} + 3x_{76} + 3x_{77}, \{x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} = 1, \\
 &x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} = 1, \\
 &x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} = 1, \\
 &x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} = 1, \\
 &x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} = 1, \\
 &x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{66} + x_{67} = 1, \\
 &x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_4 + x_{75} + x_{76} + x_{77} = 1\}, \text{NONNEGATIVE, 'VT'}
 \end{aligned}$$

შედეგი გამოდის შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned}
 &\{x_{11} = 1, x_{12} = 0, x_{13} = 0, x_{14} = 0, x_{15} = 0, x_{16} = 0, x_{17} = 0, \\
 &x_{21} = 0, x_{22} = 1, x_{23} = 0, x_{24} = 0, x_{25} = 0, x_{26} = 0, x_{27} = 0, \\
 &x_{31} = 0, x_{32} = 0, x_{33} = 0, x_{34} = 0, x_{35} = 0, x_{36} = 1, x_{37} = 0, \\
 &x_{41} = 0, x_{42} = 0, x_{43} = 1, x_{44} = 0, x_{45} = 0, x_{46} = 0, x_{47} = 0, \\
 &x_{51} = 0, x_{52} = 0, x_{53} = 0, x_{54} = 1, x_{55} = 0, x_{56} = 0, x_{57} = 0, \\
 &x_{61} = 0, x_{62} = 0, x_{63} = 0, x_{64} = 0, x_{65} = 0, x_{66} = 0, x_{67} = 1, \\
 &x_{71} = 0, x_{72} = 0, x_{73} = 0, x_{74} = 0, x_{75} = 1, x_{76} = 0, x_{77} = 0\}
 \end{aligned}$$

ოპტიმალური შედეგებია

$$x_{11} = 1, x_{22} = 1, x_{36} = 1, x_{43} = 1, x_{54} = 1, x_{67} = 1, x_{75} = 1$$

ანუ მიზნის ფუნქციის მაქსიმუმი იქნება:

$$\begin{aligned}
 F &= 10x_{11} + 9x_{22} + 8x_{36} + 6x_{43} + 8x_{54} + 7x_{67} + 10x_{75} = \\
 &= 10*1 + 9*1 + 8*1 + 6*1 + 8*1 + 7*1 + 10*1 = 58
 \end{aligned}$$

3. დასკვნა

შემუშავებული მათემატიკური მოდელის ალგორითმი და კომპიუტერული პროგრამა გვაძლევს საშუალებას სასაწავლო დაწესებულებაში პედაგოგიური პერსონალის თანამდებობებზე განაწილების ოპტიმალური მაქსიმალურად მომგებიანი სქემის დადგენას. ამ შედეგების მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ თუ რომელ აკადემიურ თანამდებობაზე, რომელი კანდიდატის განაწილება იქნება ყველაზე ეფექტური. გარდა სასაწავლო პროცესისა აღნიშნული მოდელი შეიძლება ეფექტურად იყოს გამოყენებული სხვა სფეროებშიც სადაც თანამშრომლების თანამდებობებზე ეფექტური განაწილების ამოცანა იქნება გადასაწყვეტი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/808300/Olwal_Thomas.pdf?sequence=2&isAllowed=y
2. Şekerci Y., Petrovskii S. (2015). Mathematical modelling of spatiotemporal dynamics of oxygen in a plankton system, Mathematical Modelling of Natural Phenomena, 10(2), pp. 96–114
3. Ermakova T. (2017). Methods and models of educational systems management efficiency. Moscow. 200 p.
4. Chikadze G., Sesadze V. (2021). Mathematics on the Computer. Textbook. ISBN 978-9941-8-3533-9 Tbilisi. 296 p. (in Georgian).

(სტატია მიღებულია 24.05.2025)

ALGORITHM FOR PERSONNEL DISTRIBUTION TO POSITIONS IN THE EDUCATIONAL SYSTEM AND ITS IMPLEMENTATION ON A COMPUTER

Elza Imnadze¹, Nugzar Kereselidze², Valida Sesadze³

1-Ilia University (Tbilisi),

2-Sukhumi State University (Georgia),

3-Georgian Technical University

elza.imnadze@iliauni.edu.ge , nkereselidze@sou.edu.ge . v_sesadze@gtu.ge

Summary

The issue of optimizing the management process in higher educational institutions - universities and, in particular, in the entire educational system is discussed. A mathematical programming tool is used to model the management process. The corresponding Monzhi-Kantarovich model is constructed. The model is solved on a computer using a package of applied programs Maple. An optimal solution to the Mongy-Kantarovich problem has been found, which can be used to effectively manage a university. The results obtained can be used, for example, for optimal staffing allocation in a university.

(Received 24.05.2025)

АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАДРОВ ПО ДОЛЖНОСТЯМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЭВМ

Элза Имнадзе¹, Нугзар Кереселидзе², Валида Сесадзе³

1-Университет Ильи (Тбилиси),

2-Сухумский Государственный Университет (Грузия),

3-Грузинский Технический Университет

elza.imnadze@iliauni.edu.ge, nkereselidze@sou.edu.ge, v_sesadze@gtu.ge

Резюме

Рассматривается вопрос оптимизации процесса управления в высших учебных заведениях - университетах и, в общем, во всей образовательной системе. Для моделирования процесса управления используется аппарат математического программирования. Построена соответствующая модель Монжи-Кантаровича. Для решения использован пакет прикладных программ Maple. Найдено оптимальное решение задачи Монги-Кантаровича, которое может быть использовано для эффективного управления вузом. Полученные результаты могут быть использованы, например, для оптимального распределения кадров в высших учебных заведениях.

(Поступила 24.05.2025)

არასტრუქტურირებულ მონაცემთა ანალიზისა და სტრუქტურირებულში ტრანსფორმირების პროცესების ავტომატიზაცია ინფორმაციის მოპოვების თანამედროვე მეთოდებით

ნინო თოფურია, მარიამ შეკლაშვილი, გია სურგულაძე,
ბექან გელაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
nino.topuria@gtu.ge, sheklashvili.mariam@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,
bejangeladze67@gmail.com

რეზიუმე

დიდი რაოდენობით არასტრუქტურირებული დოკუმენტებიდან ინფორმაციის მოპოვება დღესდღეობით მნიშვნელოვან გამოწვევად იქცა. ნაშრომში წარმოდგენილია სისტემა, რომელიც ავტომატურად გარდაქმნის ტექსტურ-არასტრუქტურირებულ ინფორმაციას სტრუქტურირებულ მონაცემებად. ნიმუშის სახით აღებულია სამეცნიერო ჟურნალის სარჩევი. სისტემა იყენებს Python-ით დაწერილ მოდულს, რომელიც ამოიცნობს სტატიების სათაურებსა და ავტორებს Word დოკუმენტიდან. დამუშავებული ინფორმაცია ინახება SQL Server-ის ბაზაში, რაც უზრუნველყოფს მონაცემების უსაფრთხო და სტრუქტურირებულ შენახვას. ამ პროცესმა მნიშვნელოვნად შეამცირა ინფორმაციის ხელით შეყვანის საჭიროება და გაზრდა მონაცემთა დამუშავების სისწრაფე. დახარისხებული მონაცემები უკვე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ანალიტიკური ან საძიებო სისტემისთვის.

საკვანძო სიტყვები: არასტრუქტურირებული დოკუმენტი. სტრუქტურირებული მონაცემი. მონაცემთა მოპოვება.

1. შესავალი

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში ორგანიზაციები და კერძო თუ საჯარო სექტორის ბიზნესსუბიექტები ქმნიდნენ და აგროვებდნენ მონაცემთა დიდ მოცულობებს, რომლებიც სხვადასხვა სტრუქტურულ ფორმაში – სტრუქტურირებულ, ნახევრად სტრუქტურირებულ და არასტრუქტურირებულ სახით – გვევლინება. აღნიშნული მონაცემების მნიშვნელოვანი ნაწილი ინახება როგორც ლოკალურად (ფიზიკური ან ციფრული ფაილების სახით), ასევე ქსელურ საცავებში, მონაცემთა საწყობებსა და მონაცემთა ტბებში. მათ შენახვას საფუძვლად უდევს შემდგომი გამოყენების მიზანი გადაწყვეტილების მიღების პროცესში, ან როგორც ისტორიული ცნობარის როლი.

არასტრუქტურირებული მონაცემების დიდი ნაწილი დღემდე აუთვისებელია, თუმცა სწორედ ამ ტიპის მონაცემებშია მოქცეული მაღალი სარგებლობის მქონე ინფორმაციული რესურსი. მონაცემთა მოპოვება, ანალიზი და ინტერპრეტაცია ორგანიზაციებს აძლევს შესაძლებლობას მიიღოს უკეთ ინფორმირებული, მტკიცებულებაზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებები და განავითაროს მონაცემზე ორიენტირებული მართვის კულტურა.

მეცნიერები და პრაქტიკოსები ფართოდ იყენებენ ტექსტური მონაცემებიდან ინფორმაციის მოპოვების (Information Extraction, IE) ტექნოლოგიებს სხვადასხვა სფეროში – ბიზნეს ანალიტიკიდან საინვესტიციო პროგნოზირებამდე. მაგალითად, სელიმისა და ბესიმის მიერ

შემუშავებულ მოდელში წარმოდგენილია საფონდო ბირჟის პროგნოზირების მექანიზმი, რომელიც ეფუძნება ფინანსური სიახლეების ტექსტებიდან მიღებულ ინფორმაციას და განწყობის (sentiment) ანალიზს.

თუმცა, არასტრუქტურირებული მონაცემების დამუშავება ტრადიციული ალგორითმებით ტექნიკურად რთულია. მათი ძირითადი სირთულე ის არის, რომ ეს მონაცემები არ ექვემდებარება ერთიან სტრუქტურას ან ფორმატს. შესაბამისად, ტექსტზე დაფუძნებული IE მეთოდები შეუთავსებელია სხვა ტიპის მონაცემებთან, როგორებიცაა აუდიო, ვიდეო ან გრაფიკული ფაილები. თითოეული მათგანი საჭიროებს განსხვავებულ მიდგომას, სპეციალურ კოდირებას და სემანტიკური შრის ამოცნობას, რაც საგრძნობლად ზრდის მონაცემთა წინასწარი დამუშავების სირთულესა და ხარჯებს.

ამ პრობლემის გადასაჭრელად შემუშავდა ალტერნატიული მიდგომები, რომლებიც მიმართულია ტექსტში არსებული სემანტიკური ერთეულების, ობიექტების, ფაქტების, ურთიერთობებისა და მოვლენების ამოსაღებად და მათი სტრუქტურირებულ მონაცემებად გარდაქმნისკენ. ინფორმაციის მოპოვების ამ პროცესის მიზანია ტექსტური მონაცემებიდან ისეთი ინფორმაციების გამოყოფა, რომლებიც მნიშვნელოვან მნიშვნელობას ატარებს შემდგომი ანალიტიკური ან მოდელირებისთვის.

ეფექტურად განხორციელებული IE პროცესები მნიშვნელოვნად ამცირებს მონაცემთა წინასწარი დამუშავების ხანგრძლივობას, ზრდის მონაცემთა ანალიზის სიზუსტეს და აუმჯობესებს ზოგად ეფექტიანობას გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში. ამავდროულად, არასტრუქტურირებული მონაცემების სტრუქტურირებულ ფორმაში გარდაქმნა განიხილება როგორც გარდაუვალი ეტაპი კომპლექსური ინფორმაციული სისტემების განვითარებისას – მათ შორის ბუნებრივი ენის დამუშავების (Natural Language Processing), საძიებო სისტემებისა და მანქანური სწავლების მოდულების შექმნისას.

მონაცემთა კლასიფიკაცია სტრუქტურულ, ნახევრადსტრუქტურულ და არასტრუქტურულ ტიპებად არ წარმოადგენს მხოლოდ თეორიულ მიდგომას. პრაქტიკაში, ეს დაყოფა განსაზღვრავს მონაცემთა დამუშავების სტრატეგიას, ხელს უწყობს პროცესების ოპტიმიზაციას და ქმნის მყარ საფუძველს მონაცემებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებების მხარდასაჭერად.

➤ არასტრუქტურირებული, ნახევრადსტრუქტურირებული და სტრუქტურირებული მონაცემები

არასტრუქტურირებული მონაცემები – არ ექვემდებარება ერთიან, წინასწარ განსაზღვრულ სქემას ან ფორმატს. მათ არ გააჩნია ფორმალიზებული სტრუქტურა, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს მათი ავტომატიზებული დამუშავების პროცესს. ამ კატეგორიაში შედის ისეთი ტიპის მონაცემები, როგორიცაა ტექსტური დოკუმენტები (მაგალითად, Word, PDF), ელ. ფოსტა, სურათები, ვიდეო და აუდიო ფაილები, ასევე სოციალური ქსელის პოსტები. მონაცემთა ანალიტიკოსებისა და დარგის ექსპერტების შეფასებით, ბიზნესში არსებული ინფორმაციის დაახლოებით 80% არასტრუქტურირებულია.

ნახევრადსტრუქტურირებულ მონაცემებს – გააჩნია გარკვეული ორგანიზაციული მახასიათებლები, რაც შესაძლებელს ხდის მათი ნაწილობრივ ავტომატიზებულ დამუშავებას. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთ მონაცემებს არ აქვს მკაცრად განსაზღვრული სქემა, ისინი შეიცავს სტრუქტურულ ნიშნებს, როგორიცაა ტეგები, ატრიბუტები და კვანძები. ტიპური მაგალითებია: XML, JSON და YAML ფორმატები. ამ მონაცემებს ახასიათებს მეტი მოქნილობა და გაფართოებადობა, სტრუქტურირებულ მონაცემებთან შედარებით.

სტრუქტურირებული მონაცემები – ორგანიზებულია წინასწარ განსაზღვრული სქემის შესაბამისად და, როგორც წესი, ინახება რელაციურ მონაცემთა ბაზებში. ამ ტიპის მონაცემები შედგება ცხრილების, სვეტებისა და ჩანაწერებისგან, რაც უზრუნველყოფს მაღალ დამუშავებადობას, ეფექტიან მიებას, ინდექსირებასა და ანალიტიკურ შესაძლებლობებს. ტიპური მაგალითებია: SQL ბაზების ცხრილები.

2. ძირითადი ნაწილი

2.1. მათემატიკური ასპექტი

სტრუქტურირებულ მონაცემთა მოდელი შეიძლება აღწერილ იქნას რელაციური ალგებრით:

$$R(A_1, A_2, \dots, A_n) R(A_1, A_2, \dots, A_n) R(A_1, A_2, \dots, A_n),$$

სადაც A_i წარმოადგენს ატრიბუტებს. კონკრეტული ჩანაწერი (ტუბლი) ფორმალურად განსაზღვრულია როგორც:

$$t = (a_1, a_2, \dots, a_n),$$

$$a_i \in \text{dom}(A_i) \quad t = (a_1, a_2, \dots, a_n), \quad \text{where } a_i \in \text{dom}(A_i),$$

სადაც $\text{dom}(A_i)$ აღნიშნავს შესაბამის ატრიბუტის დომენს.

ნახევრადსტრუქტურირებული მონაცემები ხშირად წარმოდგენილია გრაფული ან ხისებური სტრუქტურით:

$$T = (N, E) \quad T = (N, E) \quad T = (N, E),$$

სადაც N არის კვანძების სიმრავლე, ხოლო $E \subseteq N \times N$ – კავშირების სიმრავლე.

ასეთი მოდელი გამოიყენება XML ან JSON დოკუმენტების შიდა სტრუქტურის ფორმალიზაციისთვის.

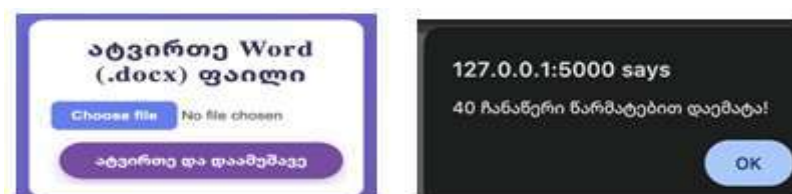
არასტრუქტურირებული მონაცემების ფორმალური აღწერა ხშირად წარმოდგენილია როგორც სიმბოლოების ან ბაიტების მიმდევრობა, რომლებიც ეკუთვნის გარკვეულ ანბანს:

$$S \in \Sigma^* \quad S \in \Sigma^* \quad S \in \Sigma^*,$$

სადაც Σ წარმოადგენს სიმბოლოების ანბანს, ხოლო Σ^* – მისი ყველა შესაძლო ბმების (სტრიქონების) ერთობლიობას.

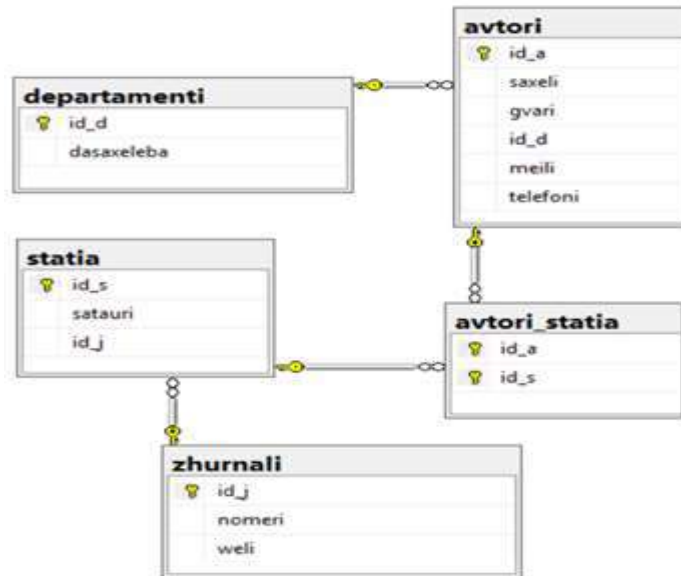
2.2. პროგრამული რეალიზაცია

მომხმარებლის ინტერფეისის მიზანია ფაილის ატვირთვის პროცესის მაქსიმალურად გამარტივება და მისთვის მეგობრული გარემოს შექმნა, რაც შემდგომი სერვერული ლოგიკის (მაგ., Word ფაილიდან მონაცემთა ამოღება და სტრუქტურირება) ეფექტურად შესრულების წინაპირობაა (ნახ.1).



ნახ. 1. მომხმარებლის ინტერფეისი და შეტყობინება პროცესის შესახებ

პროგრამაში რეალიზებულია მონაცემთა კონტროლი, რომელიც გამორიცხავს ორჯერ ერთიდაიმავე მონაცემებზე ჩაწერის პროცედურის შესრულებას ბაზაში. მონაცემთა ბაზა დაპროექტებულია Ms SQL Server-ზე და მისი კონცეპტუალური სქემა ასახულია მე-2 ნახაზზე. იგი შედგება 5 ცხრილისა და მათ შორის კავშირებისგან. თითოეული ცხრილისთვის გათვალისწინებულია პირველადი და მეორეული გასაღებური ატრიბუტები.



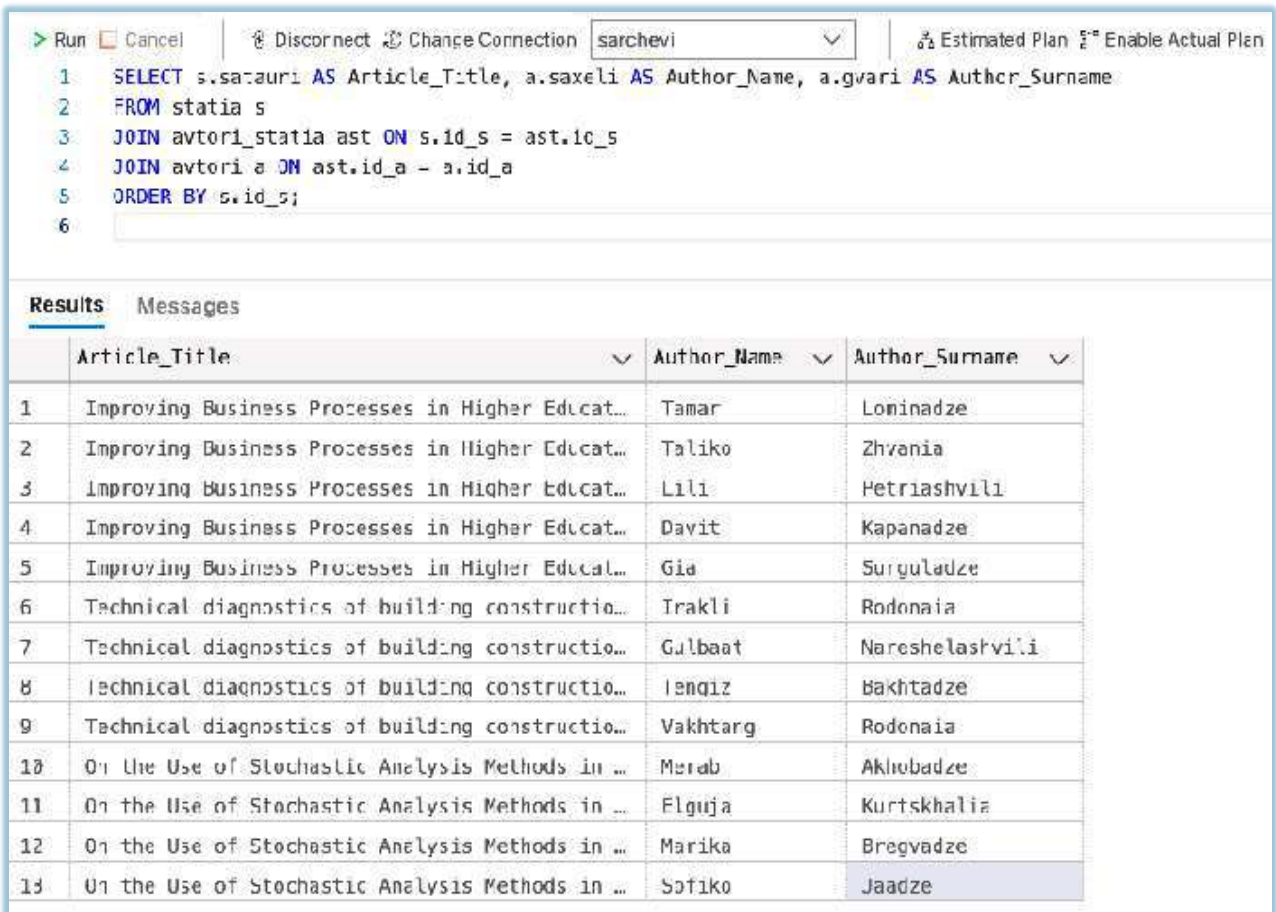
ნახ. 2. ER-კონცეპტუალური მოდელი მონაცემთა ბაზისთვის

Python პროგრამის გაშვების შედეგად ჟურნალის სარჩევიდან (Word ფაილი) ამოღებული იქნა სტატიების სათაურები და ავტორები. ეს ინფორმაცია ჩაემატა მონაცემთა ბაზას (ნახ.3).

	id	title	author
17	888	Climate Monitoring and Operation of Safety Nets Using Fuzzy Logic Methods	Mchedlishvili Nino
18	889	Climate Monitoring and Operation of Safety Nets Using Fuzzy Logic Methods	Mtsituri Nino
19	890	The Development of Internet Protocols	Gvaladze Miranda
20	891	The Development of Internet Protocols	Papiashvili Rusudan
21	892	The Development of Internet Protocols	Kakauridze Nika
22	893	Use of Regulators in Automatic Control Systems	Kotrikadze Ketevan
23	894	Use of Regulators in Automatic Control Systems	Barnovi Sophio
24	895	Determining Lack of Cohesion of Methods in Digital Control Systems Software	Jokhadze Paata
25	896	Determining Lack of Cohesion of Methods in Digital Control Systems Software	Mtivlishvili Levan
26	897	Features of Using Digital Control Systems for Controlling Current Processes..	Jokhadze Paata
27	898	Comparative Analysis Conducted Between Ventilation Calculation Methods Usin..	Murjikneli Guram
28	899	Comparative Analysis Conducted Between Ventilation Calculation Methods Usin..	Murjikneli Givi
29	900	Comparative Analysis Conducted Between Ventilation Calculation Methods Usin..	Modebadze Yuri
30	901	Comparative Analysis Conducted Between Ventilation Calculation Methods Usin..	Tomardze Omar
31	902	Research of Information Systems Data and Modern Methods of Organizing Work ..	Sitchinava Ana
32	903	Research of Information Systems Data and Modern Methods of Organizing Work ..	Bejanishvili Lolita

ნახ. 3. ტექსტური ინფორმაციის ასახვა ბაზაში

მე-4 ნახაზზე ნაჩვენებია მონაცემთა ბაზიდან გარკვეული ინფორმაციის ამოღების საილუსტრაციო მაგალითი. მოთხოვნა: „ვიპოვოთ ყველა სტატიის სათაური და შესაბამისი ავტორები“ (ნახ.4).



The screenshot shows a SQL query execution window. The query is as follows:

```

1 SELECT s.satauri AS Article_Title, a.saxeli AS Author_Name, a.gvari AS Author_Surname
2 FROM statia s
3 JOIN avtor1_statia ast ON s.id_s = ast.id_s
4 JOIN avtor1 a ON ast.id_a = a.id_a
5 ORDER BY s.id_s;
6

```

The results are displayed in a table with the following columns: Article_Title, Author_Name, and Author_Surname. The table contains 13 rows of data.

	Article_Title	Author_Name	Author_Surname
1	Improving Business Processes in Higher Educat...	Tamar	Lominadze
2	Improving Business Processes in Higher Educat...	Taliko	Zhvania
3	Improving Business Processes in Higher Educat...	Lili	Petriashvili
4	Improving Business Processes in Higher Educat...	Davit	Kapanadze
5	Improving Business Processes in Higher Educat...	Gia	Surguladze
6	Technical diagnostics of building constructio...	Irakli	Rodonaia
7	Technical diagnostics of building constructio...	Gulbaat	Naresheleshvili
8	Technical diagnostics of building constructio...	Iengiz	Bakhtadze
9	Technical diagnostics of building constructio...	Vakhtang	Rodonaia
10	On the Use of Stochastic Analysis Methods in ...	Merab	Akhvabadze
11	On the Use of Stochastic Analysis Methods in ...	Elguja	Kurtskhalia
12	On the Use of Stochastic Analysis Methods in ...	Marika	Bregvadze
13	On the Use of Stochastic Analysis Methods in ...	Sofiko	Jaadze

ნახ. 4. მოთხოვნის და შედეგის ილუსტრაცია

3. დასკვნა

პროექტის ფარგლებში წარმატებით იქნა განხორციელებული Word დოკუმენტში არსებული ტექსტის ანალიზი და სტრუქტურირებული მონაცემების მიღება Python პროგრამული სკრიპტის დახმარებით. განხორციელდა არასტრუქტურირებული ტექსტის გადაყვანა სტრუქტურირებულ მონაცემებად, მათი დამუშავება და Microsoft SQL Server-ის მონაცემთა ბაზაში შენახვა.

ამგვარად, პროექტმა პრაქტიკულად აჩვენა როგორ შეიძლება ტექსტური დოკუმენტების ციფრული დამუშავება რეალურ პრაქტიკაში; როგორ ხდება აკადემიური სტრუქტურის შესაბამისი ინფორმაციის ამოღება; მონაცემთა ბაზაში შენახვა და შემდგომი ანალიზისთვის მომზადება.

ამგვარი მიდგომა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვა დოკუმენტურ მასალებთან მუშაობის დროსაც – მაგალითად, ბიბლიოგრაფიული მონაცემების სისტემატიზაციისას, ჟურნალის სტატიების კატალოგის შესაქმნელად, ან საარქივო ტექსტების ციფრულ ბაზებთან დასაკავშირებლად.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Mohd Hafizul Afifi Abdullah, Norshakirah Aziz, Said Jadid Abdulkadir, Hitham Seddig Alhassan Alhussian, Noreen Talpur. (2023). Systematic Literature Review of Information Extraction From Textual Data. Internet resource: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10032132> (21.05.25)
2. Information Extraction System for Transforming Unstructured Text Data in Fire Reports into Structured Forms: A Polish Case Study. (2020). Vol.56, pp.545-581. Internet resource: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-019-00891-z?u>

(სტატია მიღებულია 25.05.2025)

AUTOMATION OF PROCESSES OF ANALYSIS OF UNSTRUCTURED DATA AND THEIR TRANSFORMATION INTO STRUCTURED USING MODERN METHODS OF INFORMATION MINING

Topuria Nino, Sheklashvili Mariam, Surguladze Gia, Geladze Bejan

Грузинский Технический Университет

nino.topuria@gtu.ge, sheklashvili.mariam@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,
bejangeladze67@gmail.com

Summary

Extracting information from large amounts of unstructured documents has become a serious problem today. The article presents a system that automatically converts unstructured text information into structured data. The example is the table of contents of a scientific journal. The system uses a module written in Python that recognizes article titles and authors from a Word document. The processed information is stored in a SQL Server database, which ensures secure and structured data storage. This has significantly reduced the need for manual data entry and increased the speed of data processing. Sorted data can now be used in various analytical and search systems.

(Received 3.05.2025)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ АНАЛИЗА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИХ В СТРУКТУРИРОВАННЫЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ИНФОРМАЦИИ

Топурия Н., Шеклашвили М., Сургуладзе Г., Геладзе Б.

Грузинский Технический Университет

nino.topuria@gtu.ge, sheklashvili.mariam@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,
bejangeladze67@gmail.com

Резюме

Извлечение информации из большого количества неструктурированных документов стало сегодня серьёзной проблемой. В статье представлена система, которая автоматически преобразует неструктурированную текстовую информацию в структурированные данные. В качестве примера взято оглавление научного журнала. Система использует модуль, написанный на Python, который распознаёт названия и авторов статей из документа Word. Обработанная информация сохраняется в базе данных SQL Server, что обеспечивает безопасное и структурированное хранение данных. Это значительно сократило необходимость ручного ввода информации и увеличило скорость обработки данных. Отсортированные данные теперь могут быть использованы в различных аналитических и поисковых системах.

(Поступила 3.05.2025)

საწარმოო პროცესების მართვის იმიტაციური მოდელის აგების კონცეფცია მარკეტინგის, ლოგისტიკისა და BI-ტექნოლოგიის მიდგომათა ინტეგრაციით

მერი არხოშაშვილი, ზვიად არხოშაშვილი, გია სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

arkhoshashvili.meri24@gtu.ge, arkhosha@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია საწარმოო პროცესების მართვის იმიტაციური მოდელის შექმნისა და კვლევის მიდგომა, რომელიც ინტეგრირებს მარკეტინგის, ლოგისტიკისა და ბიზნეს ინტელიჯენსის (BI) ტექნოლოგიების პრინციპებს. აღწერილია, თუ როგორ უწყობს ხელს BI-ტექნოლოგიების გამოყენება მონაცემთა ანალიზსა და პროგნოზირებას, რაც ზრდის გადაწყვეტილებების ეფექტურობას გაურკვევლობის პირობებში. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მარკეტინგისა და ლოგისტიკის ინტეგრაციას, რაც საშუალებას იძლევა, ოპტიმიზებული იქნას მიწოდების ჯაჭვი და მომხმარებელთა მოთხოვნების პროგნოზირება. წარმოდგენილია იმიტაციური მოდელის აგების მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება სისტემურ დინამიკას, მონტე-კარლოს მეთოდსა და მრავალაგენტურ სისტემებს. ნაშრომი ხაზს უსვამს ინტეგრირებული მიდგომის მნიშვნელობას საწარმოო პროცესების მართვის ოპტიმიზაციაში, რაც ხელს უწყობს ორგანიზაციის კონკურენტუნარიანობის ზრდას.

საკვანძო სიტყვები: საწარმოო პროცესი. იმიტაციური მოდელირება. მარკეტინგი. ლოგისტიკა. BI-ტექნოლოგი. გადაწყვეტილების მიღების მხარდაჭერა. მონაცემთა ანალიზი. მრავალაგენტური სისტემა.

1. შესავალი

თანამედროვე საწარმოო გარემოში, სადაც გლობალიზაცია, მკაცრი კონკურენცია და მომხმარებელთა მოთხოვნების სწრაფი ცვლილება დომინირებს, საწარმოო პროცესების ეფექტური მართვა გადამწყვეტია. იმიტაციური მოდელირება საშუალებას აძლევს მენეჯერებს, გააანალიზონ სხვადასხვა სცენარები, შეაფასონ რისკები და მიიღონ ინფორმირებული გადაწყვეტილებები. ამ კონტექსტში, მარკეტინგის, ლოგისტიკისა და BI-ტექნოლოგიების ინტეგრაცია ქმნის სინერგიულ ეფექტს, რომელიც ზრდის საწარმოს ოპერაციულ ეფექტიანობას [1,2]. BI-ტექნოლოგიები, როგორიცაა Microsoft Power BI, Tableau ან SAP BusinessObjects, უზრუნველყოფს მონაცემთა ინტელექტუალურ ანალიზს, რაც საშუალებას იძლევა, პროგნოზირდეს ბაზრის ტენდენციები და მომხმარებელთა ქცევა [3-5]. მარკეტინგის მიდგომები, თავის მხრივ, ხელს უწყობს მოთხოვნის ფორმირებას, ხოლო ლოგისტიკა ოპტიმიზაციას უკეთებს მიწოდების ჯაჭვს [6]. ამ სამი დისციპლინის ინტეგრაცია იმიტაციურ მოდელში საშუალებას იძლევა, შეიქმნას ჰოლისტიკური სისტემა, რომელიც ასახავს საწარმოო პროცესების სირთულეს.

2. ძირითადი ნაწილი

2.1. იმიტაციური მოდელირების მეთოდები

იმიტაციური მოდელირება საწარმოო პროცესების მართვაში ეფუძნება რამდენიმე მეთოდს. ესაა **სისტემური დინამიკა**, რომელიც გამოიყენება რთული სისტემების ქცევის მოდელირებისთვის, სადაც გათვალისწინებულია უკუკავშირის მარყუქები (Feedback Loops) და დროის

ცვლილება [7]. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა, გაანალიზდეს, თუ როგორ მოქმედებს მარკეტინგული კამპანიები მოთხოვნაზე და, შესაბამისად, მიწოდების ჯაჭვზე. **მონტე-კარლოს მეთოდი** კი გამოიყენება გაურკვევლობის პირობებში სცენარების ანალიზისთვის [8]. მაგალითად, ის საშუალებას აძლევს, შეფასდეს მოთხოვნის ცვალებადობის გავლენა ლოგისტიკურ ხარჯებზე. **მრავალაგენტური სისტემები (MAS):** მოდელირებს დამოუკიდებელ აგენტებს (მაგ., მომხმარებლები, მომწოდებლები, საწარმოო ერთეულები), რომლებიც ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. MAS საშუალებას იძლევა, გაანალიზდეს, თუ როგორ მოქმედებს თითოეული აგენტის გადაწყვეტილება მთლიან სისტემაზე [12].

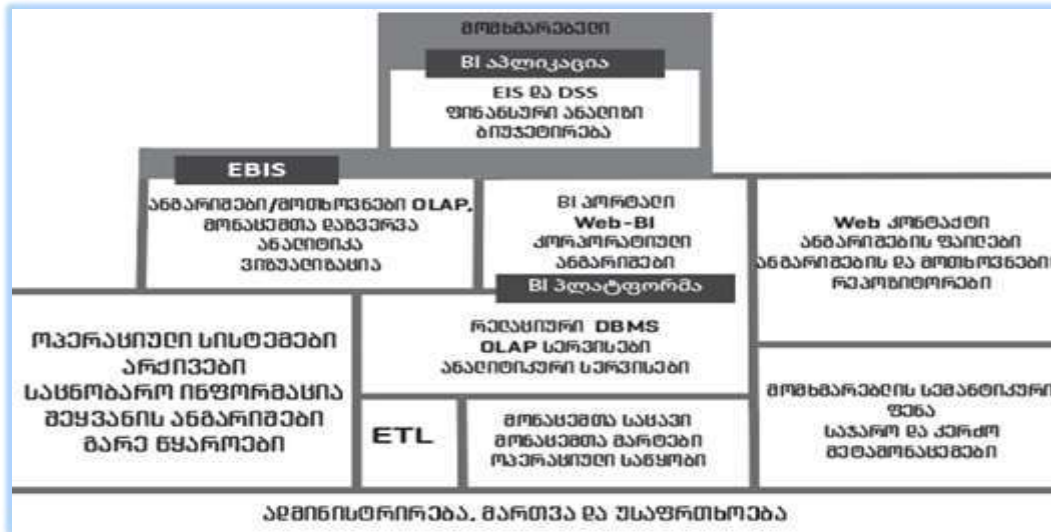
BI-ტექნოლოგიები წარმოადგენს იმიტაციური მოდელის ძირითად კომპონენტს, რადგან ისინი უზრუნველყოფს მონაცემთა ანალიზისა და ვიზუალიზაციის ინსტრუმენტებს. BI სისტემები აგროვებს მონაცემებს მარკეტინგული კამპანიებიდან, ლოგისტიკური ოპერაციებიდან და საწარმოო სისტემებიდან (მაგალითად, ERP, CRM) [9]. უზრუნველყოფს **ანალიტიკას და პროგნოზირებას** OLAP (Online Analytical Processing) და მანქანური დასწავლის ალგორითმები გამოიყენება ტენდენციების, მოთხოვნისა და რისკების პროგნოზირებისთვის. მისი ინტერაქტიული დაშორდები, რომლებიც შექმნილია Power BI-ის ან Tableau-ის გამოყენებით, საშუალებას აძლევს მენეჯერებს, სწრაფად გაანალიზონ მონაცემები [3,4]. BI-აპლიკაციების საუკეთესო მაგალითია Executive Support System (ESS), რომელიც ხელმძღვანელებს ეხმარება, შეაფასონ საწარმოო პროცესების ეფექტურობა, მაგალითად, Balanced Scorecard-ის ან Enterprise Performance Management-ის მეშვეობით.

ეს ინსტრუმენტები ერთიანდება „ბიზნეს-ინტელექტის ინსტრუმენტების“ კატეგორიაში და ეწოდება BI (*Business Intelligence Toolware*) BI-პროდუქტებია [11]:

- მოთხოვნების და ანგარიშგების გენერატორები (*Query/Report Generator – QRG*);
- განვითარებული BI-ინსტრუმენტები – პირველ რიგში, მონაცემთა ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავების ინსტრუმენტები (*Online Analytical Processing – OLAP*);
- კორპორატიული BI- ნაკრებები (*Enterprise BI Suites – EBIS*) სხვადასხვა კონფიგურაციით და ERP-სისტემებში ინტეგრირებული;
- BI-პლატფორმები.

მონაცემთა საცავების მრავალგანზომილებიანი OLAP (Online Analytical Processing) სერვერები და რელაციური OLAP-მექანიზმები BI-ინსტრუმენტებისა და BI-პლატფორმების ინფრასტრუქტურას წარმოადგენს, რომელთა ბაზაზე იქმნება სხვადასხვა აპლიკაციები „მომხმარებელზე მორგებული“ ინტერფეისით [13]. ეს ინსტრუმენტები მონაცემებზე წვდომას, მრავალგანზომილებიან და მრავალფაქტორიან ანალიზისა და ანგარიშგებების გენერირებას უზრუნველყოფს. მონაცემები განთავსებულია სხვადასხვა ვიტრინებში (ოპერატიულ საცავებში), ბაზებსა ან მონაცემთა საწყობებში. BI-აპლიკაციის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ხელმძღვანელის საქმიანობის მხარდაჭერი საინფორმაციო სისტემა (Executive Support System – ESS) [10].

BI-აპლიკაციები გამოიყენება ბაზრის ტენდენციების ანალიზისთვის, რისკების შეფასებისთვის, გაყიდვებისა და ბიუჯეტის პროგნოზირებისთვის. მათი ფუნქციონალი ასევე მოიცავს საბალანსო მაჩვენებლების სისტემის (Balanced Scorecard System) და კომპანიის ეფექტურობის მართვის სისტემის (Enterprise Performance Management) განვითარებას. 1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია BI ზოგადი კორპორატიული არქიტექტურის მაგალითი [11].



ნახ. 1.

ნეირონულ თვითდასწავლად ქსელებზე დაფუძნებული მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის მეთოდები და სისტემები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ინფორმაციული სისტემების შექმნაში [1]. ამ კლასის სისტემების არქიტექტურა ნეირონების ქსოვილის სტრუქტურის მოდელირებას ეფუძნება. ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მოდელია— *მრავალშრიანი პერსპექტორი*, რომელიც შეცდომის უკუგავრცელების ალგორითმის მეშვეობით წონის ოპტიმიზაციას ახდენს, რითაც უზრუნველყოფს დასწავლის პროცესს [1]. იმიტირდება ნეირონების მუშაობა იერარქიულ ქსელში, სადაც მაღალი დონის ნეირონი შესასვლელით შეერთებულია დაბალი დონის ნეირონების გამოსასვლელთან. ყველაზე დაბალ ფენაზე ნეირონებს მიეწოდება შესასვლელი პარამეტრები, რომელთა საფუძველზე საჭიროა გადაწყვეტილების მიღება, სიტუაციის პროგნოზირება და ა.შ.

2.2. მარკეტინგისა და ლოგისტიკის ინტეგრაცია

მარკეტინგის მიდგომები, როგორცაა CRM (Customer Relationship Management) სისტემები, საშუალებას აძლევს, გაანალიზდეს მომხმარებელთა ქცევა და ფორმირდებოდეს მოთხოვნა [9]. ეს ინფორმაცია გადამწყვეტია ლოგისტიკისთვის, რათა ოპტიმიზებული იქნას მიწოდების ჯაჭვი. მაგალითად:

- მარკეტინგული კამპანიის შედეგად მოთხოვნის ზრდის პროგნოზირება საშუალებას აძლევს, მოიზიდოს მარაგები და შემცირდეს ლოგისტიკური ხარჯები;
- ლოგისტიკის მონაცემები, როგორცაა მიწოდების დრო ან ხარჯები, გამოიყენება მარკეტინგული სტრატეგიის შესწავლისთვის.

იმიტაციური მოდელი, რომელიც ინტეგრირებს ამ ორ დისციპლინას, საშუალებას იძლევა, შეიქმნას სისტემა, რომელიც ასახავს მომხმარებლის მოთხოვნიდან პროდუქტის მიწოდებამდე მთელ ციკლს.

2.3. იმიტაციური მოდელის ფუნქციონალური სტრუქტურა

მოდელი შეიძლება შეიქმნას AnyLogic ან MATLAB-ის [16,17] გამოყენებით, სადაც:

- **მონაცემთა წყაროები:** მარკეტინგული (CRM), ლოგისტიკური (WMS) და საწარმოო (ERP) სისტემები.
- **ანალიტიკური ფენა:** BI-საშუალებები (Power BI) უზრუნველყოფს მონაცემთა ანალიზს, ხოლო მანქანური სწავლის მოდელები (Python, scikit-learn) პროგნოზს;
- **აგენტები:** მრავალაგენტური სისტემა მოდელირებს მომხმარებლებს, მომწოდებლებსა და საწარმოო ერთეულებს [12].

მოდელი საშუალებას იძლევა, გაანალიზდეს, თუ როგორ მოქმედებს მარკეტინგული კამპანიის გაზრდა მოთხოვნაზე, ლოგისტიკურ ხარჯებზე და საწარმოო პროცესების ეფექტურობაზე.

3. დასკვნა

საწარმოო პროცესების მართვის იმიტაციური მოდელის აგება, რომელიც ინტეგრირებს მარკეტინგის, ლოგისტიკისა და BI-ტექნოლოგიების მიდგომებს, საშუალებას მისცემს ორგანიზაციებს, გააუმჯობესონ გადაწყვეტილების მიღების პროცესი და გაზარდონ ოპერაციული ეფექტურობა [1, 9,15]. BI-ტექნოლოგიები უზრუნველყოფს მონაცემთა ანალიზისა და პროგნოზირების ინსტრუმენტებს, მარკეტინგი ხელს უწყობს მოთხოვნის ფორმირებას, ხოლო ლოგისტიკა ოპტიმიზაციას უკეთებს მიწოდების ჯაჭვს. მრავალაგენტური სისტემები და სისტემური დინამიკა საშუალებას მისცემს მოდელირებული იყოს რთული სისტემები, რაც ზრდის მოდელის სიზუსტეს.

მომავალი კვლევები უნდა ფოკუსირდეს ხელოვნური ინტელექტის (AI) და ნეირონული ქსელების ინტეგრაციაზე, რათა გააუმჯობესდეს პროგნოზირების სიზუსტე და მოხდეს მოდელის ადაპტირება რეალურ დროში ცვლილებებთან.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Russell S., Norvig P. (2007). Artificial Intelligence: Modern Approaches. Internet resource: [http://repo.darmajaya.ac.id/5272/1/Artificial%20Intelligence-A%20Modern%20Approach%20\(3rd%20Edition\)%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](http://repo.darmajaya.ac.id/5272/1/Artificial%20Intelligence-A%20Modern%20Approach%20(3rd%20Edition)%20(%20PDFDrive%20).pdf) (20.05.25)
2. Steiner M. (2024). Harness the Power of AI & BI: Key Differences and Synergies. Internet resource: <https://valueworks.ai/harness-the-power-of-ai-bi-key-differences-and-synergies/> (31.05.25)
3. Ferrari A., Russo M. (2016). Introducing. Microsoft Power BI. ISBN: 978-1-5093-0228-4. Publ. by Microsoft Press.
4. Milligan J.N. (2019). Learning Tableau. ISBN 978-1-78883-952-5. Third Edition. 805 p. <http://projanco.com/Library/Learning%20Tableau%202019%20Tools%20for%20Business%20Intelligence,%20data%20prep,%20and%20visual%20analytics.pdf> (20.05.25)
5. Botticchio G. (2025). Welcome to SAP BusinessObjects BI 2025. Technology Blog Posts by SAP. Internet resource: <https://community.sap.com/t5/technology-blog-posts-by-sap/welcome-to-sap-business-objects-bi-2025/ba-p/14040695> (21.05.25)
6. Holloway S. (2024). The Role of Supply Chain Management in Shaping Marketing Strategies for Emerging Markets. doi: 10.20944/preprints202406.1428.v1. Internet resource:

https://www.researchgate.net/publication/381553125_The_Role_of_Supply_Chain_Management_in_Shaping_Marketing_Strategies_for_Emerging_Markets (25.05.25)

7. Karnopp D.C., Margolis D.L., Rosenberg R.C. (2012). System Dynamics. Modeling, Simulation, and Control of Mechatronic Systems. Fifth Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Internet resource: [https://repo.poltekbangsby.ac.id/id/eprint/596/1/System%20Dynamics%20Modeling,%20Simulation,%20and%20Control%20of%20Mechatronic%20Systems%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://repo.poltekbangsby.ac.id/id/eprint/596/1/System%20Dynamics%20Modeling,%20Simulation,%20and%20Control%20of%20Mechatronic%20Systems%20(%20PDFDrive%20).pdf) (2.06.25)

8. Cox M., Siebert B.R.L. (2006). The use of a Monte Carlo method for evaluating uncertainty and expanded uncertainty. DOI: 10.1088/0026-1394/43/4/S03. https://www.researchgate.net/publication/231152390_The_use_of_a_Monte_Carlo_method_for_evaluating_uncertainty_and_expanded_uncertainty (5.05.25)

9. Surguladze Gia, Kristesiashvili Kh., Surguladze Gio. (2015). Modeling and Analysis of Enterprise Resource Management Business Process. ISBN 978-9941-20-557-6. Monogr., GTU, Tbilisi, -167 p. http://gtu.ge/book/gia_surguladze/GiaSurgul_BPMN_ERP_2014.pdf

10. Rashidi M., Ghodrat M., Samali B., Mohammadi M. (2018). Decision Support Systems. In book: Management of Information Systems. DOI: 10.5772/intechopen.79390. Internet resource: https://www.researchgate.net/publication/328508044_Decision_Support_Systems (6.06.25).

11. Surguladze G., Zhvania T., Kiviladze N., Kobulashvili S. (2024). Web-application building technology with microservice architecture. ISBN 978-9941-8-6333-2, Monograph, GTU „IT-Consulting Scientific Center", Tbilisi, 302 p., (in Georgian)

12. Chekinov G.P., Chekinov S.G. (2023). Multi-agent Technologies for Intelligent Support of Decision Making. <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html>

13. Simon A.R., Shaffer S.L. (2001), Data Warehousing and Business Intelligence for e-Commerce. https://www.google.ge/books/edition/Data_Warehousing_And_Business_Intelligen/-lqQMhnxPU4C?hl=en&gbpv=1&printsec=frontcover (7.06.25)

14. Artificial intelligence (yesterday, today, tomorrow). Internet resource: <http://transhumanism-russia.ru/content/view/16/138/> (1.05.25)

15. Turkia E., Arkhoshashvili Z. (2015). Perfection of Organiztional Management Processes by using Model-Driven Development. ISBN 978-9941-8-6333-2. GTU. Publ.House “Technical University”, Tbilisi, -111 p. (in Georgian).

16. Kaniskkan A., Kaniskkan A. Sam Selwyn J. (2024). Simulation using Anylogic. DOI: 10.13140/RG.2.2.20359.61604. https://www.researchgate.net/publication/379639905_Simulation_using_Anylogic (7.06.25)

17. Matlab - Modelling, Programming and Simulations. (2010). Edited by Emilson Pereira Leite. ISBN 978-953-307-125-1. https://www.docjava.com/posterous/file/2011/12/8011743-Matlab_-_Modelling__Programming_and_Simulations.pdf (9.06.25)

(სტატია მიღებულია 12.06.2025)

CONCEPT OF BUILDING A SIMULATION MODEL OF PRODUCTION PROCESS MANAGEMENT BY INTEGRATING MARKETING, LOGISTICS AND BI- TECHNOLOGY APPROACHES

Arkhashashvili Mary, Surguladze Gia, Arkhashashvili Zviad
Georgian Technical University
arkhashashvili.meri24@gtu.ge, arkhosha@gmail.com
g.surguladze@gtu.ge

Summary

This article discusses the approach to developing and researching a simulation model for managing manufacturing processes, integrating principles of marketing, logistics, and Business Intelligence (BI) technologies. It describes how the use of BI technologies facilitates data analysis and forecasting, thereby enhancing the efficiency of decision-making under conditions of uncertainty. Particular attention is paid to the integration of marketing and logistics, which enables the optimization of supply chains and the forecasting of customer demands. The article presents methods for constructing simulation models based on system dynamics, the Monte Carlo method, and multi-agent systems. The work emphasizes the importance of an integrated approach in optimizing manufacturing process management, contributing to increased organizational competitiveness.

(Received 12.06.2025)

КОНЦЕПЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ПОДХОДОВ МАРКЕТИНГА, ЛОГИСТИКИ И BI-ТЕХНОЛОГИЙ

Архашашвили М., Архашашвили З. Сургуладзе Г.
Грузинский Технический Университет
arkhashashvili.meri24@gtu.ge, arkhosha@gmail.com,
g.surguladze@gtu.ge

Резюме

Рассматривается подход к созданию и исследованию имитационной модели управления производственным процессом, которая интегрирует принципы технологий маркетинга, логистики и бизнес-аналитики (BI). Описывается, как использование BI-технологий способствует анализу данных и прогнозированию, что повышает эффективность решений в условиях неопределенности. Особое внимание уделено интеграции маркетинга и логистики, которая позволяет оптимизировать цепочку поставок и прогнозировать требования клиентов. Представлены методы построения имитационной модели на основе системной динамики, метода Монте-Карло и многоагентных систем. В статье подчеркивается важность комплексного подхода в оптимизации управления производственными процессами, способствующего росту конкурентноспособности организации.

(Поступила 12.06.2025)

სიგნალის გადაცემა 56 ომიანი ხაზით: კონვოლუცია, გადაცემითი ფუნქცია და MATLAB ანალიზი

დარეჯანი ვედიაკოვი

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

vediakovi@gmail.com

რეზიუმე

სიგნალის გადაცემის ზუსტი მოდელირება მაღალსიჩქარიან სქემებში კრიტიკულად მნიშვნელოვანია სისტემის საიმედოობის უზრუნველსაყოფად. აღნიშნულ ნაშრომში განიხილება პერიოდული იმპულსის გადაცემა 56 ომიან მიკროზოლოვან ხაზზე. სიგნალის გამოსასვლელი ფორმის ანალიზისთვის გამოყენებულია კონვოლუცია სისტემის გადაცემით ფუნქციასთან. გარდა ამისა, რეალურ პირობებში არსებული გარემოს მოდელირებისთვის სიგნალს დაემატა გაუსის თეთრი ადიტიური ხმაური MATLAB-ის `awgn()` ფუნქციის გამოყენებით. ხმაურის დონის ცვლილების გზით შევისწავლეთ სიგნალის სტაბილურობა და განვსაზღვრეთ ხმაურის ის ზღვარი, რომლის ფარგლებშიც სიგნალი რჩება საიმედო.

საკვანძო სიტყვები: სიგნალის გადაცემა. მოდელირება. საიმედოობა. კონვოლუცია. Matlab. გაუსის თეთრი ადიტიური ხმაური.

1. შესავალი

მიკროსტრიპული გადამცემი ხაზები ფართოდ გამოიყენება მაღალსიჩქარიან და მაღალსიჩქარიან ციფრულ სქემებში, ვინაიდან მათი იმპედანსი წინასწარ განსაზღვრულია და სიგნალის გავრცელების პროგნოზირება მარტივია [1]. მათი მარტივი გეომეტრია და ინტეგრაციის შესაძლებლობა პლატაზე აქცევს მათ შეუცვლელ კომპონენტად თანამედროვე ელექტრონიკაში [2]. მიუხედავად ამისა, სიგნალის დამახინჯება, რომელიც გამოწვეულია გადამცემი ხაზის თვისებებითა და გარე ხმაურით, მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს მაღალსიჩქარიან სისტემებში [3].

მიკროზოლოვან ხაზში სიგნალის ქცევის ანალიზი ხშირად ხდება გადაცემითი ხაზების თეორიისა და სიხშირითი დომენის მოდელირების გამოყენებით, სადაც გადაცემითი ფუნქცია წარმოადგენს ხაზის ქცევის სიზუსტით მოდელირების საშუალებას [4]. კონვოლუციის გამოყენება სიხშირით დომენში გვაძლევს საშუალებას ზუსტად განვსაზღვროთ იმპულსზე გადამცემი ხაზის გავლენა [5].

სისტემებში ხშირად ვხვდებით სხვადასხვა ტიპის ხმაურს, რომელთა შორის ყველაზე გავრცელებულია გაუსის თეთრი ადიტიური ხმაური (AWGN). იგი კარგად აღწერს თერმულ და ელექტრონულ ხმაურებს რეალურ გარემოში [6]. MATLAB-ის `awgn()` ფუნქცია კი საშუალებას იძლევა ექსპერიმენტულად დაემატოს ეს ხმაური სიგნალს და შეფასდეს მისი ზემოქმედება [7].

ამ კვლევაში ვიხილავთ, თუ როგორ ზემოქმედებს 56 ომიანი მიკროზოლოვანი ხაზი პერიოდულ იმპულსზე და როგორ იცვლება სიგნალის სტაბილურობა სხვადასხვა ხმაურის პირობებში.

2. მეთოდოლოგია:

2.1. მიკროზოლოგანი ხაზის მოდელირება და იმპულსის აღწერა

განხილულია პერიოდული იმპულსი, რომელიც ახასიათებს განსაზღვრული ამპლიტუდა, პულსის სიგრძე და განმეორების სიხშირე, გადაცემული 56 ომიან მიკროზოლოგან ხაზზე. მიკროზოლოგანი ხაზი აღიწერება მისი სიხშირითი გადაცემითი ფუნქციით $H(f)$, რომელიც ასახავს ხაზის შესუსტებასა და ფაზურ ცვლილებებს.

შეყვანილი სიგნალი $x(t)$ გარდაიქმნება სიხშირულ არეში:

$$X(f) = \mathcal{F}\{x(t)\} \quad (1)$$

2.2. კონვოლუცია გადაცემით ფუნქციასთან

სისტემის რეაქცია სიხშირით დომენში მიიღება შეყვანილი სიგნალისა და გადაცემითი ფუნქციის ნამრავლით:

$$Y(f) = H(f) \cdot X(f) \quad (2)$$

შემდეგ კი დროით არეში აღდგება:

$$y(t) = \mathcal{F}^{-1}\{Y(f)\} \quad (3)$$

ასეთი მოდელირება ასახავს რეალურ დამახინჯებებს, მაგალითად, სიგნალის შესუსტებასა და გადაცემის შეფერხებას.

2.3. გაუსის თეთრი ადიტიური ხმაურის დამატება MATLAB-ში

რეალური გარემოს ზუსტი მოდელირებისთვის შევიტანეთ AWGN, MATLAB-ის awgn() ფუნქციის გამოყენებით:

matlab

CopyEdit

```
y_noisy = awgn(y_clean, SNR);
```

სადაც:

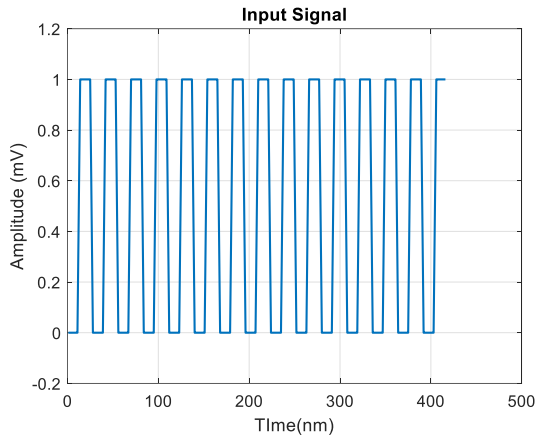
- y_{clean} – კონვოლუციით მიღებული სუფთა სიგნალია;
- SNR – სიგნალ-ხმაურის ფარდობა დეციბელებში;
- y_{noisy} – ხმაურიან სიგნალთან ერთად.

AWGN არის საშუალო მნიშვნელობის მქონე ნულოვანი და ფიქსირებული დისპერსიის ხმაური, რომლის სიმძლავრე განისაზღვრება მოცემული SNR-ის შესაბამისად. მისი სპექტრი თეთრია (ყველა სიხშირეზე ერთნაირი), ხოლო ამპლიტუდა – თანაბარი.

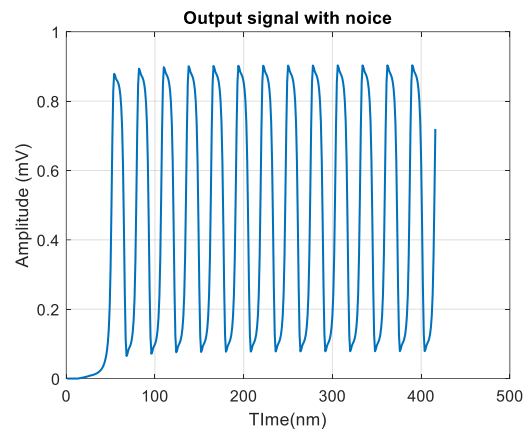
3. შედეგები და დაკვირვებები

კვლევის ფარგლებში გამოვიყენეთ სხვადასხვა SNR:

- 20 dB
- 50 dB

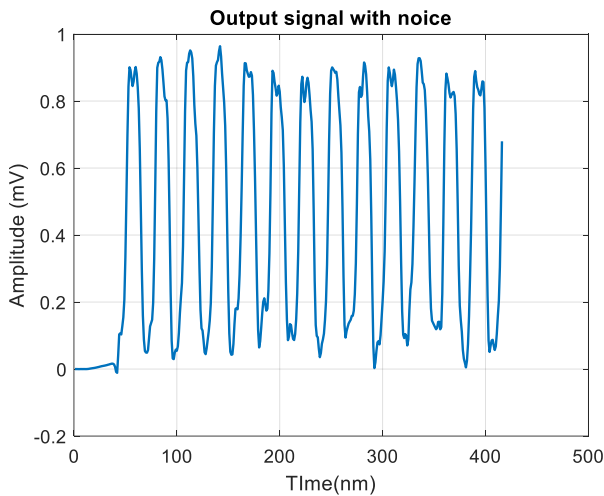


ნახ. 1. შემავალი სიგნალი

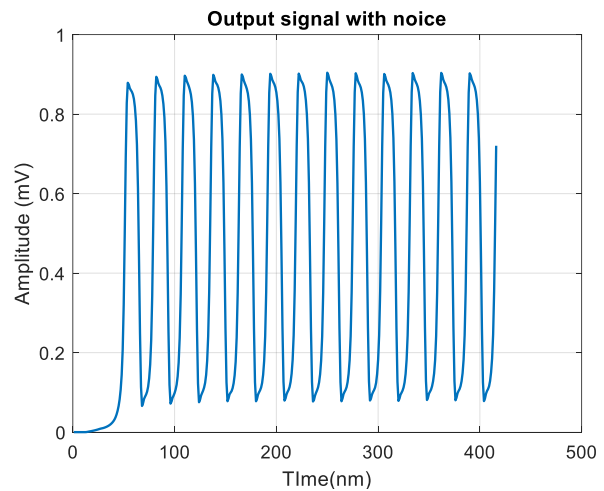


ნახ. 2. გამომავალი სიგნალი ხმაურის გარეშე

1-ელ ნახაზზე მოცემულია შემავალი პერიოდული სიგნალი. როგორც ვხედავთ იმპულსები კვადრატულია და თანაბარი. მე-2 ნახაზი გვიჩვენებს გამომავალ სიგნალს ხმაურის გარეშე და გამომავალი იმპულსი ცოტა შეცვლილია მიკროზოლოვან ხაზში გავლის გამო, თუმცა ამპლიტუდები თითქმის თანაბარია.



ნახ. 3. გამომავალი სიგნალი ხმაურით SNR=20 DB



ნახ. 4. გამომავალი სიგნალი ხმაურით SNR=50 DB

მე-3 ნახაზი გვიჩვენებს გამომავალ იმპულსს, როდესაც ხმაურის დონე SNR=20 DB. ამ შემთხვევაში სიგნალი მნიშვნელოვნად დამახინჯებულია. გადახრა სუფთა სიგნალსა და დამახინჯებულს შორის $\varepsilon = 13\%$.

მე-4 ნახაზი გვიჩვენებს გამომავალ სიგნალს, როდესაც ხმაურის დონე SNR=50 DB. ამ შემთხვევაში სიგნალი თითქმის სუფთაა. გადახრა სუფთა სიგნალსა და დამახინჯებულს შორის $\varepsilon = 0.4\%$.

შედეგებმა აჩვენა, რომ $SNR \geq 50 \text{ dB}$ უზრუნველყოფს სიგნალის სტაბილურობას და სავალდებულოა მაღალკვალიფიციური სისტემებისთვის.

4. დასკვნა

კვლევამ დაადასტურა, რომ სისტემის გადაცემითი ფუნქციის გამოყენებით კონვოლუცია ეფექტურად აჩვენებს 56 ომიან მიკროზოლოვან ხაზში პერიოდული იმპულსის გადაცემას. MATLAB-ის awgn() ფუნქცია კი საშუალებას იძლევა რეალისტურად შევისწავლოთ ხმაურის გავლენა. $SNR \geq 50$ dB ოპტიმალური პირობაა სიგნალის ხარისხის შესანარჩუნებლად.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Pozar D.M. (2011). Microwave Engineering, 4th ed., Wiley
2. Collin R.E. (2001). Foundations for Microwave Engineering, 2nd ed., IEEE Press
3. Bogatin E. (2017). Signal and Power Integrity–Simplified, 3rd ed., Pearson
4. Ramo S., Whinnery J.R., Van Duzer T. (1994). Fields and Waves in Communication Electronics, 3rd ed., Wiley
5. Oppenheim A.V., Willsky A.S. (1997). Signals and Systems, 2nd ed., Pearson
6. Proakis J.G., Salehi M. (2008). Digital Communications, 5th ed., McGraw-Hill
7. MathWorks Documentation, AWGN Function. Internet resource: <https://www.mathworks.com/help/comm/ref/awgn.html>

(სტატია მიღებულია 5.06.2025)

SIGNAL TRANSMISSION THROUGH A 56-OHM LINE: CONVOLUTION, TRANSFER FUNCTION AND MATLAB ANALYSIS

Vediakovi Darejan

Samtskhe-Javakheti State University

vediakovi@gmail.com

Summary

The presented article stands out for its thematic precision and modern scientific approach. The authors have thoroughly analyzed the effect of a 56-ohm microstrip on a periodic pulse using the convolution method — a scientifically sound modeling technique. The application of MATLAB's awgn() function to simulate the impact of Additive White Gaussian Noise on the signal demonstrates the solid foundation and practical value of this work. The experimental results are clearly described and well-interpreted. The visual materials effectively illustrate how different noise levels influence the signal, giving readers a deep insight into the research findings. The article is characterized by academic clarity, precise structure, and the use of relevant literature. This study makes a valuable contribution to the field of signal transmission modeling and analysis.

(Received 5.06.2025)

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА ПО ЛИНИИ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ 56 ОМ: СВЁРТКА, ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ И АНАЛИЗ В MATLAB

Ведиакови Дареджани

Государственный университет Самцхе-Джавахети

vediakovi@gmail.com

Резюме

Представленная статья отличается тематической точностью и современным научным подходом. Авторы всесторонне проанализировали влияние микрополосковой линии с сопротивлением 56 Ом на периодический импульс, используя метод свёртки — научно обоснованную модельную методику. Применение функции `awgn()` в MATLAB для моделирования воздействия аддитивного белого гауссовского шума на сигнал свидетельствует о прочной теоретической базе и практической ценности данной работы. Экспериментальные результаты чётко описаны и грамотно интерпретированы. Визуальные материалы эффективно демонстрируют влияние различных уровней шума на сигнал, предоставляя читателю глубокое понимание полученных результатов. Статья отличается академической ясностью, чёткой структурой и использованием актуальной научной литературы. Данное исследование вносит существенный вклад в область моделирования и анализа передачи сигналов.

(Поступила 5.06.2025)

ავტორთა საყურადღებოდ !

- ჟურნალი არის საერთაშორისო ინდექსით, რეფერირებადი (რეზიუმეებით სამ ენაზე: ქართული, რუსული, ინგლისური);
- *გამოიცემა პერიოდულად: მაისი, დეკემბერი;*
- სტატიასთან ერთად საჭიროა: 1-რეცენზია (რედკოლეგიის წევრის), სხვა რეცენზენტის-თვის CV და მისი ამ თემატიკის 2 ნაშრომის ქსეროასლი (სატიტულო გვერდითა და სარჩევით);
- *ყოველი სამეცნიერო სტატია ჟურნალში გამოქვეყნებამდე მოწმდება პლაგიატზე.*
- სტატიები ქვეყნდება ქართულ, რუსულ ან ინგლისურ ენებზე;
- *სტატიების რეზიუმეები (ინგლისური და ქართულ ენებზე) ქვეყნდება პოლითემატურ ქართულ რეფერატულ ჟურნალში (ტექინფორმი)*
- მინიჭებული აქვს **DOI (Digital Object Identifier)** ციფრული ობიექტის იდენტიფიკატორი;
- სტატიის შინაარსის სტრუქტურა: სათაური (Sylfaen=16-B), ავტორები და უნივერსიტეტის დასახელება (Sylfaen=11), ელ-მისამართები; რეზიუმე სტატიის ენაზე, საკვანძო სიტყვები. 1. შესავალი: აქტუალობა და ამოცანის დასმა, 2. ძირითადი ნაწილი, 3. დასკვნა, 4. ლიტერატურა;
- რეზიუმე ინგლისურ და რუსულ ენებზე (*მინიმუმ 7-10 სტრიქონი*);
- ტექნიკური მოთხოვნები: MsWord, A4-ფორმატი, ტექსტის შრიფტი Sylfaen=11, სტრიქონ-შუა ინტერვალი 1,15, რუსულ-ინგლისური TimesNewRoman. არეები 2,5 სმ. (ზემოთ/ქვემოთ) და 2 სმ – მარცხენა/ მარჯვენა, გრაფიკული მასალა – JPG ფაილი;
- სტატია (4 – 12 გვერდი), 1-ეგზემპლარი გამობეჭდილი, CD.
სტატიის გადმოგზავნა შეიძლება ელ-ფოსტით: **g.surguladze@gtu.ge** (CD-ის გარეშე);
- საჭიროა ავტორთა საკონტაქტო ტელეფონები და ელ-მისამართები.
- სტატიების შრომები იბეჭდება ავტორთა ხარჯით (სტუ-ის საბანკო ანგარიშზე გადარიცხვით). თანხა დამოკიდებულია გვერდების რაოდენობაზე.

„მართვის ავტომატიზებული სისტემების“
შრომების გამომცემლობა

TO AUTHOR'S ATTENTION!

- Journal has international index, is abstracted (resumes are in three languages: Georgian, Russian, English).
- Periodically published: May, December.
- Together with article the following is required: A Review, reviewer's CV and copies of own two publications (with cover page and table of contents).
- Every scientific article is checked for plagiarism before publication in a journal.
- Articles are published in Georgian, Russian or English languages.
- Abstracts of articles (in English and Georgian) are published in a multi-thematic Georgian abstract journal (Techinform)
- Has a DOI (Digital Object Identifier)
- Article contents: Title (center, Times New Roman-12pt, Lit Mt-11pt, B), Authors', coauthors' and name of University (center, Times New Roman -11pt, Lit.Nusx-11pt), Summary in article's language, Keywords. 1. Introduction, 2. Main part, 3. Conclusion, 4. Literature. Summary in Russian and English (or in Georgian, if the article is in Russian or English) languages (At least 7-10 lines).
- Technical requirements: MS Word, A4-Format, Font - Lit-Nusx-11 for Georgian, Times New Roman-11pt for Russian-English, 1,5-Line spacing. Page Layout 2,5 pt, Graphic Material - JPG, GIF or BMP files.
- Article (4 – 12 pages), Single printed copy and single electronical copy on CD.
- The article can be sent via e-mail: g.surguladze@gtu.ge
- Authors' contact phone and e-Mail.
- The articles are printed at the expense of the authors (by transfer to the university's bank Account). The amount depends on the number of pages.

Publishing House of
"Automated Control Systems"

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: გ. სურგულაძე, გ. ნარეშელაშვილი,
ლ. პეტრიაშვილი, გ. დალაქიშვილი

გადაეცა წარმოებას 26.06.2025 წ. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 6.25. ტირაჟი 50 ეგზ.

=====

იბეჭდება ავტორთა ხარჯით