

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 2(38)



გამოიცემა 2006 წლიდან

*პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში*

**თბილისი – TBILISI
2024**

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

№ 2(38)



გამოცემა 2006 წლიდან

*პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში*

თბილისი-TBILISI-ТБИЛИСИ
2024

სარედაქციო კოლეგია:

- აზმაიფარაშვილი ზ., ახობაძე 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., უვანია თ., სურგულაძე გ., ფრანგიშვილი ა., ქართველიშვილი ი., ღურწყაია ზ., ჩხაიძე მ.
 - ბოსიკაშვილი ზ., თოფურია ნ., თურქია ე., კაკუბავა რ., კიკნაძე მ., მაგრაქველიძე დ., მელაძე ჰ., ობგაძე თ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., ხუციშვილი ს., მანშიაშვილი ბ., შერმაზანაშვილი ლ., შონია ო., ცვერაიძე ზ.
 - გერმანია: ბოტე კ., რეისიგ ვ., მაიერ-ვეგენერი კ., რეისიგ ვ.
 - აშშ: ტრივედი კ. (დუკის უნივერსიტეტი), ჩიხრაძე ბ. (კორპორაცია Apple)
 - კანადა: კაჩიბაია ვ. (IT Industry)
 - უნგრეთი: სტრიკი. დებრეცენის უნივერსიტეტი
 - რუსეთი: ბაბაიანი რ. (მპი), ვასინი ა.(მსუ), შუკინი ბ.(ეროვნ..ბირთვული უნივ.), ფომინი ბ. (სანქტ-პეტერბურგის ელ.ტუ)
- პასუხისმგებელი რედაქტორი: გ. სურგულაძე. სტატიები: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

EDITORIAL BOARD:

- Akhobadze M., Azmaiparashvili Z., Buachidze Z., Chkhaidze M., Gasitashvili Z., Gigineishvili A., Giorgashvili L., Gogichaishvili G., Goziridze I., Ghurtskaia Z., Imnaishvili L., Kaishauri T., Kapanadze D., Kartvelishvili I., Khutsishvili S., Kotrikadze K., Kvaratskhelia V., Lominadze N., Lominadze T., Natroshvili D., Otkhozoria N., Petriashvili L., Prangishvili A., Surguladze G., Tevdoradze M., Zhvania T.
 - Bosikashvili Z., Kakubava R., Kiknadze M., Magrakvelidze D., Meladze 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://www.gtu.ge/Journals/mas/>

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., თევდორაძე მ., ჩხაიძე მ.
 - Босикашвили З., Какубава Р., Кикнадзе М., Маграквелидзе Д., Меладзе Г., Обгадзе Т., Самхарадзе Р., Сесаძე ვ., Топурия Н., Туркия Е., Шаншиашвили Б., Шермазанашвили Л., Шония О., Цვერაიძე ზ., Цинцаძე ა.
 - Германия: Ботэ К., Рейсиг В. (Гумболдт унив. Берлин), Ведыкин Х., Меиер-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), Шукин Б. (МИФИ), Фомин Б. (ЛЭТИ.С-т Петербург)
- Ответственный редактор: Г. Сургуладзе. Статьи: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

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

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2024
Publishing House „Technical University“, 2024
Издательство „Технический Университет“, 2024

შინაარსი - CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

- ინტერდისციპლინური პროექტების დეველოპმენტი ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტ-თაშორისო კოლაბორაციის ბაზაზე (შედეგები და პერსპექტივები). თამარ ლომინაძე, თალიკო ჟვანია, ლილი პეტრიაშვილი, დავით კაპანაძე, გია სურგულაძე // Development of Interdisciplinary Research Projects Based on Interfaculty Cooperation of GTU (Results and Prospects). Lominadze Tamar, Zhvania Taliko, Petriashvili Lili, Kapanadze Davit, Surguladze Gia // Разработка Интердисциплинарных Научных Проектов на основе Межфакультетского Сотрудничества ГТУ (Итоги и Перспективы). Ломинадзе Т., Жвания Т., Петриашвили Л., Капанაძე Д., Сургулаძე Г. 5

თეორიული ინფორმატიკა – COMPUTER SCIENCE – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

- ბიზნეს პროცესების სრულყოფა უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში Enterprise Architecture მიდგომის გამოყენებით. ირაკლი როდონაია, გულბაათ ნარეშელაშვილი, თენგიზ ბახტაძე, ვახტანგ როდონაია. // Improving Business Processes in Higher Educational Institutions by Using Enterprise Architecture Approach. Rodonaia Irakli, Nareshelashvili Gulbaat, Bakhtadze Tengiz, Rodonaia Vakh tang // Улучшение бизнес-процессов в высших учебных заведениях с использованием подхода Enterprise Architecture. Родоная И., Нарешелашвили Г., Бахтадзе Т., Родоная В. 13
- სამშენებლო კონსტრუქციების ტექნიკური დიაგნოსტიკა Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენებით. მერაბ ახოზაძე, ელგუჯა კურცხალია, მარიკა ბრეგვაძე, სოფიკო ჯააძე // Technical Diagnostics of Building Constructions Using Fuzzy Technologies. Akhobadze Merab, Kurtskhalia Elguja, Bregvadze Marika, Jaadze Sofiko // Техническая диагностика строительных конструкций с использованием нечетких технологий. Ахобадзе М., Курцхалиа Э., Брегвадзе М., Джааძე С. 21
- სტოქასტური ანალიზის მეთოდების გამოყენების შესახებ საინჟინრო ტექნიკურ ამოცანებში. ტრისტან ბუაძე, მალხაზ ბიბილური // On the Use of Stochastic Analysis Methods in Engineering and Technical Problems. Buadze Tristan, Bibiluri Malkhaz // Об использовании методов стохастического анализа в инженерно-технических задачах. Буаძე Т., Бибиლური М. 26
- არამკაფიო ალბათობა გადაწყვეტილების მიღებისას განუსაზღვრელობის შემცირების გზა. დალი მაგრაქველიძე // Fuzzy Probability Way to Reduce Uncertainty in Decision Making. Magrakvelidze Dali // Нечеткая вероятность способ уменьшения неопределенности при принятии решений. Маграквелидзе Д. 33
- არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენება მართვის სისტემების ანალიზისა და კვლევისათვის. ნინო მჭედლიშვილი, ნინო მწითური // Using Fuzzy Logic Methods for Control Systems Analysis and Research // Mchedlishvili Nino, Mtsituri Nino // Использование методов нечеткой логики для анализа и исследования систем управления. Мчедлишвили Н., Мцитури Н. 37
- კლიმატის მონიტორინგი და უსაფრთხოების ბადეების ექსპლუატაცია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებით. ნინო მჭედლიშვილი, ნინო მწითური // Climate Monitoring and Operation of Safety Nets Using Fuzzy Logic Methods. Mchedlishvili Nino, Mtsituri Nino // Климатический мониторинг и эксплуатация защитных сетей с использованием методов нечеткой логики. Мчедлишвили Н., Мцитури Н. 43

ტექნიკური ინფორმატიკა – COMPUTER ENGINEERING – ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

- ინტერნეტ პროტოკოლების ევოლუცია. მირანდა გვალაძე, რუსუდან პაპიაშვილი, ნიკა კაკაურიძე // The Development of Internet Protocols. Gvaladze Miranda, Papiashvili Rusudan, Kakauridze Nika // Развитие интернет-протоколов. Гвалаძე М., Папиашвили Р., Какауриძე Н. 48
- რეგულატორების გამოყენება ავტომატური მართვის სისტემებში. ქეთევან კოტრიკაძე, სოფიო ბარნოვი // Use of Regulators in Automatic Control Systems. Kotrikadze Ketevan, Barnovi Sophio // Использование регуляторов в системах автоматического управления. Котрикадзе К., Барнови С. 56

- მართვის ციფრული სისტემების პროგრამული უზრუნველყოფის შეკრულობის განსაზღვრა. პაატა ჯოხაძე, ლევან მთივლიშვილი // Determining Lack of Cohesion of Methods in Digital Control Systems Software. Jokhadze Paata, Mtvilishvili Levan // Определение недостаточной связности методов в программном обеспечении систем цифрового управления. Джохадзе П., Мтивлишвили Л. 64
- მართვის ციფრული სისტემების გამოყენების თავისებურებები ჰესებში მიმდინარე პროცესების მართვაში. პაატა ჯოხაძე // Features of Using Digital Control Systems for Controlling Current Processes at HPPS. Jokhadze Paata // Особенности применения цифровых систем управления для управления процессами на ГЭС. Джохадзе П. 70
- შედარებითი ანალიზი ნახშირმჟავა გაზისა და წყლის ორთქლის მიხედვით გათვლილ ვენტილაციის შედეგებს შორის მეცხოველეობის ფერმებში. გურამ მურჯიკნელი, გივი მურჯიკნელი, იური მოდებაძე, ომარ ტომარაძე // Comparative Analysis Conducted Between Ventilation Calculation Methods Using Carbon Dioxide and Water Vapor on Livestock Farms. Murjikneli Guram, Murjikneli Givi, Modebadze Yuri, Tomaradze Omar // Сравнительный анализ проведенный между методами расчетов вентиляции углекислым газом и водяным паром в животноводческих фермах. Мурджикнели Гурам, Мурджикнели Гиви, Модебадзе Ю., Томарадзе О. 76
- [პრაქტიკული ინფორმატიკა – PRACTICAL INFORMATICS – ПРАКТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА](#)
- ინფორმაციული სისტემის მონაცემების და მათთან მუშაობის ორგანიზების თანამედროვე მეთოდების კვლევა. ანა სიჭინავა, ლოლიტა ბეჯანიშვილი // Research of Information Systems Data and Modern Methods of Organizing Work with Them. Sitchinava Ana, Bejanishvili Lolita // Исследование данных информационных систем и современных методов организации работы с ними. Сичинава А., Бежанишвили Л, 81
- [გამოყენებითი ინფორმატიკა – APPLIED INFORMATICS – ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА](#)
- ჰიპოკრატეს ფსიქიკური ტიპების დინამიკის მათემატიკური მოდელირება. თამაზ ობგაძე, მაია შევარდენიძე // Mathematical Modeling of the Dynamics of Mental Types Hypocratesah. Obgadze Tamaz, Shevardenidze Maia // Математическое Моделирование Динамики Психических Типов Гипократа. Обгадзе Т., Шеварденидзе М. 90
- ბილინგვური სწავლების მოდელირება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე. მიკუთვნების ფუნქციის იდენტიფიკაცია. აზიზ მამედოვი // Modeling Bilingual Education Based on Fuzzy Set Theory. Identification of the Belonging Function. Mamedov Aziz // Моделирование Двухязычного Образования на Основе Теории Нечетких Множеств. Идентификация Функции Принадлежности. Мамедов А. 95
- ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ნეოვასკულარული ასაკთან დაკავშირებული მაკულარული დეგენერაციის პროგრესის მონიტორინგისთვის. ირინე გოცირიძე, მარიამ სურგულაძე // Leveraging Artificial Intelligence for Monitoring Neovascular Age-Related Macular Degeneration Progression. Gotsiridze Irine, Surguladze Mariam // Использование Искусственного Интеллекта для Мониторинга Прогресса Неоваскулярной Возрастной Макулярной Дегенерации. Гоциридзе И., Сургуладзе М. 100
- მთავრობის მიერ გამოყენებული მომსახურებების ევოლუცია. თორნიკე ჩაკვეტაძე // Evolution of Services Used by the Government. Chakvetadze Tornike // Эволюция Услуг, Используемых Правительством. Чакветадзе Т. 106
- საგანმანათლებლო საინფორმაციო სისტემის დეველოპმენტის პროცესების სრულყოფა ITIL/Agile მეთოდოლოგიების და Jira-ტექნოლოგიის ინტეგრაციით. ოთარ მაჩალაძე // Improving Educational Information System Development Processes by Integrating ITIL/AGILE Methodologies and JIRA Technology. Machaladze Otar // Совершенствование процессов разработки образовательных информационных систем путем интеграции методологий ITIL/AGILE и технологии JIRA. Мачаладзе О. 111
- ღრუბლოვანი გამოთვლები მეოთხე ინდუსტრიულ რევოლუციაში. გიორგი ნაჭყეპია // Cloud Computing in the Fourth Industrial Revolution. Nachkepia George // Облачные вычисления в четвертой промышленной революции. Начкепия Г. 115

ინტერდისციპლინური პროექტების დეველოპმენტი ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტთაშორისო კოლაბორაციის ბაზაზე (შედეგები და პერსპექტივები)

თამარ ლომინაძე, თალიკო ჟვანია, ლილი პეტრიაშვილი,
დავით კაპანაძე, გია სურგულაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge,
david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge

რეზიუმე

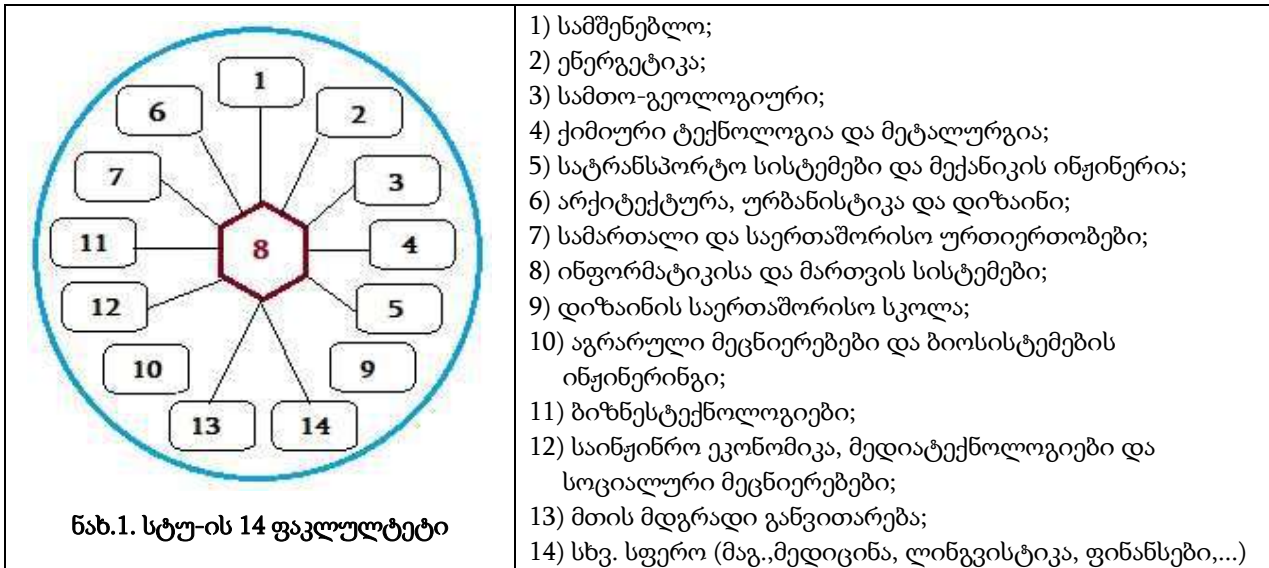
განხილულია ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT) სფეროში კომპიუტერული ინტეგრირებული პროექტების განვითარების კონცეფცია და მათი პრაქტიკული რეალიზაციის საკითხები. საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების გლობალური ტენდენცია, რომელსაც UNESCO-ს განათლების საერთაშორისო პროგრამა სთავაზობს თანამედროვე სტანდარტების საფუძველზე, საუნივერსიტეტო მენეჯმენტმა განახორციელოს სამეცნიერო და აკადემიური პროცესების სრულყოფა, რომელშიც პროფესურასთან ერთად აქტიურად იქნება ჩართული სამივე საფეხურის სტუდენტები. სტატიაში მოცემულია 21-ე საუკუნის დასაწყისიდან დღემდე სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე განხორციელებული ინტერდისციპლინური პროექტების შედეგები და ინდივიდუალური პრობლემური ამოცანები. გამოცემულია არაერთი მონოგრაფია და სახელმძღვანელო, სამეცნიერო და პრაქტიკულ ღირებულებათა მოკლე მიმოხილვით. მათი შექმნისა და დანერგვის პროცესებში აქტიურად მონაწილეობდნენ თანაავტორები – ჩვენი ფაკულტეტის „ინფორმატიკის“ საგანმანათლებლო სადოქტორო პროგრამის სტუდენტები.

საკვანძო სიტყვები: საინფორმაციო საზოგადოება. ICT სფერო. ინტერდისციპლინური პროექტი. უნივერსიტეტი. სასწავლო პროცესი. კომპიუტერული მეცნიერება. გამოყენებითი ინფორმატიკა. სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურა.

1. შესავალი

2024 წლის 27-31 მაისს ჟენევაში (შვეიცარია) ჩატარდა რიგით მე-20 მაღალი დონის ფორუმი (WSIS+20 – World Summit on the Information Society) UNESCO-ს, ITU-ს (International Telecommunication Union) და სხვ. სამთავრობო და კერძო სტრუქტურების მხარდაჭერით [1]. ეს მსოფლიო სამიტი არის გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის (United Nations) მრავალმხრივი პროცესი გლობალური ციფრული მმართველობის და თანამშრომლობის შესახებ. იგი ადამიანებზე და განვითარებაზე ორიენტირებული ინფორმაციულ და ცოდნის საზოგადოებათა ხელშეწყობის სისტემაა. ITU-ს საერთო მიზანია მხარი დაუჭიროს სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარებას და მის სერვისებზე ხელმისაწვდომობას მთავრობებს შორის თანამშრომლობის გზით. იგი მოიცავს ქსელის ოპერატორებს, სერვისის პროვაიდერებს და აღჭურვილობას.

სტუ-ის UNESCO-ს „საინფორმაციო საზოგადოების“ კათედრის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია ინტერდისციპლინური პროექტების (და გრანტების) განხორციელება ICT სფეროში. ამისათვის კი ტექნიკურ უნივერსიტეტში უნიკალური პირობებია მრავალდარგოვანი ფაკულტეტებით და აკადემიური დეპარტამენტების სამეცნიერო-პრაქტიკული მიმართულე-ბებით, რასაც კარგად მიესადაგება ინტერ-(ან მულტი-) დისციპლინური პროექტები (ნახ.1).



„ინფორმატიკა“, როგორც ინტერდისციპლინური მეცნიერების გენეტიკის მატარებელი, შუაში მოექცა. გამოყენებითი ინფორმატიკის (Applied Informatics) სფეროს საზღვრები არ აქვს. არ არსებობს ინდუსტრიის, განათლების, მედიცინის, ეკონომიკის, სოფლის მეურნეობის, ბიზნესის, მედიატექნოლოგიების, ლინგვისტიკის და ა.შ. დარგი, სადაც კომპიუტინგის (კომპიუტერული მეცნიერების, პროგრამული ინჟინერიის, ინფორმაციული ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტის და სხვ.) მეთოდებს და ინსტრუმენტულ საშუალებებს არ იყენებდნენ.

„კოვიდ-19“ პანდემიის პერიოდმა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა იქონია საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების ტემპის დაჩქარებაზე. წარმოების, ეკონომიკის, ბიზნესის, განათლების და სხვა სფეროები სასწრაფოდ გადავიდნენ „დისტანციური მუშაობის“ რეჟიმზე. იგი ნამდვილად ეფექტიანი აღმოჩნდა, იმდენად, რომ დღესაც ბევრი ადამიანი აგრძელებს ჰიბრიდული რეჟიმის გამოყენებას (რაც ბევრად ეკონომიურია ორგანიზაციებისათვის).

დისტანციური განათლებაც ერთ-ერთი მაგალითია ამ მოვლენებიდან. შეიქმნა ძალზე აქტუალური და მნიშვნელოვანი ახალი მიმართულება მეცნიერული მეთოდების შესამუშავებლად [4]. ეს პროცესი კვლავაც გრძელდება და იგი ემსახურება საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების დაჩქარებას.

2. ძირითადი ნაწილი

სტუ-ის იმს ფაკულტეტზე (XXI საუკუნის 20 წლის მანძილზე) პროგრამული ინჟინერიის და ინფორმაციული ტექნოლოგიების დეპარტამენტების კოლეგების მიერ შესრულებულია არაერთი პროექტი და გრანტი სხვადასხვა ფონდების დაფინანსებით. დაგროვილია დიდი გამოცდილება სხვადასხვა საპრობლემო სფეროს საინფორმაციო სისტემების მოდელირების, დაპროექტების, დაპროგრამების, ტესტირებისა და დანერგვის ამოცანების გადასაწყვეტად. ეს სფეროებია: ბიზნესი (საფინანსო ბანკები), ენერგეტიკა და ჰიდროტექნიკა, ტრანსპორტი (ლოგისტიკის მენეჯმენტი), ეკოლოგია (შავი ზღვა და მდინარეები), სასამართლო სისტემა, მედიცინა (ექსპერტული სისტემები) და ა.შ.

1-ელ ცხრილში ილუსტრაციის სახით წარმოდგენილია ჩვენი საპროექტო კვლევების საფუძველზე გამოქვეყნებული ზოგიერთი მონოგრაფია და სახელმძღვანელო, რომლებიც კარგად ასახავს ჩვენი ფაკულტეტის „ინფორმატიკის“ სამივე საფეხურის საგანმანათლებლო პროგრამის სამეცნიერო და აკადემიური მიზნების მიღწევის პრაქტიკულ შესაძლებლობებს.

გამოქვეყნებული მონოგრაფიების და სახელმძღვანელოების ნაწილი (2004-2024)

ცხრ.1



სახელმძღვანელოში, კრიპტოგრაფიული ალგორითმების დამუშავების მიზნით, განხილულია მოდულური, Xor და ე. გალუას ველის არითმეტიკები. მოცემულია ჰეშირების მეთოდები და AES (Advanced Encryption System) გაუმჯობესებული სიმეტრიული შიფრაციის ალგორითმები. გალუას მთვლელის საფუძველზე შესაძლებელია ერთდროულად მოხდეს როგორც მონაცემების შიფრაცია, ისე მისი ავტენტიკაცია. წარმოდგენილია ასიმეტრიული შიფრაციის დიფი-ჰელმანის ალგორითმი, რომელიც ფართო გამოყენებას პოულობს კლიენტ-სერვერული მისაღების (Handshake) ალგორითმებში. ასიმეტრიული შიფრაციის ალგორითმი RSA, რომელიც დღეისათვის საკმაოდ ფართოდაა გვარცელებული, მაგრამ მიღევად რეჟიმშია. ასიმეტრიული შიფრაციის ელიპტიკურ წირზე დაფუძნებული ალგორითმები, რომლებიც მახასიათებლებით დღეისათვის საუკეთესოა. შემოთავაზებულია წარმოდგენილი მოდელების კომპლექსურად გამოყენების საკითხები კომპიუტერულ ქსელებში ტრანსპორტის დონის უსაფრთხოების (TLS, Transport Layer Security) განხორციელების მიზნით.

© სტუ-ის „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2024
ISBN 978-9941-8-7348-5



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

© სტუ-ის „IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2024. 302 გვ.
ISBN 978-9941-8-6333-2



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

© სტუ-ის „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2024. 303 გვ.
ISBN 978-9941-8-6334-9



მონოგრაფიაში განხილულია საქართველოს 85-90-იან წლებში მეცნიერებისა და წარმოების ერთობლივი თანამშრომლობის საფუძველზე განხორციელებული ინოვაციური გამოწვევები. კერძოდ, კორპორაციის კომპლექსური ავტომატიზაციის პროექტის შესრულება და დანერგვა მსუბუქი მრეწველობის ობიექტებზე, პირველი ქართული ERP სისტემის სახით, მეცნიერებისა და ტექნიკის კომიტეტის, სტუ-ის მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრისა და თბილისის NI ტრიკოტაჟის ფაბრიკის („ოქსინო“) ბაზაზე. სისტემაში რეალიზებულია მარკეტინგის, საწარმოო და ტექნოლოგიური პროცესების მენეჯმენტის, დაპროექტების ავტომატიზაციის და ოპერატიული მართვის ამოცანები ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებით. შედეგები ადაპტირებულია სხვა დარგების ობიექტებისთვისაც. მოცემულია მიღებული ინოვაციური სამეცნიერო-ტექნიკური შედეგების როგორც ისტორიული მნიშვნელობა, ასევე თანამედროვე განვითარების ტენდენციები.

© სტუ-ს „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2023. 333 გვ.
ISBN 978-9941-8-5109-4



მონოგრაფიაში განხილულია ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების მენეჯმენტის ბიზნესპროცესების ავტომატიზებული სისტემის დაპროექტების და მისი პროგრამული რეალიზაციის საკითხები. კერძოდ, შემოთავაზებულია სახმელეთო (რკინიგზა, ავტოტრანსპორტი), საჰაერო (ავიაკომპანია, აეროპორტი) და საზღვაო (პორტები და ტერმინალები) საპრობლემო სფეროების სისტემური კვლევის და მოდელირების ამოცანები; სისტემის ვებ-პორტალის, მონაცემთა განაწილებული გლობალური ბაზებისა და მომხმარებელთა ინტერფეისების აგების ამოცანების გადაწყვეტა დაპროექტების CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდულ/მობილური ტექნოლოგიებით. განხილულია ავიაკომპანიების მენეჯმენტის ავტომატიზაციის, სისტემის ინფრასტრუქტურის საიმედოობის, ავიაციაში თანამედროვე პროგრამულ-აპარატურული უზრუნველყოფის გამოყენების საკითხები. მაღალმწარმოებლური, მტყუნებებისადმი მდგრადი ციფრული სისტემების პროექტირების მეთოდები. შესაძლო მაქსიმალური გამტარიანობით. საზღვაო ტვირთების იმპორტირების სისტემის პროგრამული აპლიკაცია რეალიზებულია სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით.

© სტუ-ის „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2020. 350 გვ.
ISBN 978-9941-8-2487-6



მონოგრაფიაში განხილულია მსოფლიო ბანკის მიერ დაფინანსებული პროექტის „საქართველოს სასამართლო სისტემის რეფორმა“ ფარგლებში (2003-2005) შესრულებული ამოცანების აღწერა. კერძოდ, გამოკვლეულია საქართველოს ერთიანი სასამართლო სისტემის სამივე დონის (საქალაქო, აპელაციის და უზენაესი სასამართლოები) სისხლის, სამოქალაქო და ადმინისტრაციული სამართლის საქმეთა წარმოების პროცესები (შესაბამისი საპროცესო კოდექსების საფუძველზე) და შემუშავებულია საქართველოს სასამართლოების ერთიანი ქსელური კომპიუტერული სისტემის პროექტი, რომელიც პროგრამულად იქნა რეალიზებული და დანერგული. კოლექტიური მონოგრაფიის უნიკალური შედეგები სასამართლო პროცესების შესახებ საფუძველად დაედო შემდგომ წლებში (2006-2011) საქართველოს პროკურატურისა და შინაგან საქმეთა სამინისტროს ერთიანი ქსელური სისტემის პროექტის შექმნას.

© სტუ-ის „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006. 300 გვ.
ISBN 99940-48-63-5



მონოგრაფიაში განხილულია შავი ზღვის ეკოლოგიური მონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგების საკითხები ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების ბაზაზე. კერძოდ, საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიაში ძირითადი ეკოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრის, შეგროვებისა და სისტემის პორტალის მონაცემთა ბაზების სერვერზე მათი გადაზიდვის საკითხები მობილური და ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. აგრეთვე მოცემულია ანალიზური კვლევის და სტატისტიკური დამუშავების პროცედურების ჩატარების, ეკოლოგიური მონიტორინგის ფუნქციური ამოცანების შესრულებისა და გადაწყვეტილების მიღების შესაბამისი რეკომენდაციების გამომუშავების ბიზნეს-პროცესების ობიექტორიენტებული და უნიფიცირებული მოდელირების ამოცანები ეკოსისტემის მხარდამჭერი პროგრამული უზრუნველყოფის შესაქმნელად. აგებულია ეკომონიტორინგის სისტემის პორტალის ექსპერიმენტული დემოვერსია ობიექტ-როლური მოდელირებით და მულტიმედიაური მონაცემთა ბაზებით.

© სტუ-ს „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2018. 214 გვ.
ISBN 978-9941-8-0624-7



მონოგრაფიაში განიხილება ორგანიზაციული მართვის სისტემებში (მაგ., კორპორაციაში) თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების საშუალებების, მათ შორის მონაცემთა მულტიმედიალური საცავების დაპროექტების, პროგრამული და აპარატურული რეალიზაციის პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები სერვისორიენტებული არქიტექტურის ბაზაზე. შემოთავაზებულია ელექტრონული საარჩევნო სისტემის, როგორც რთული და დიდი სისტემის მოდელირების, ობიექტ-ორიენტებული დაპროექტების, ობიექტ-ორიენტებული ანალიზის და შემდგომი ობიექტ-ორიენტებული პროგრამული რეალიზაციის საკითხები. განალიზებულია დასმული პრობლემების გადაწყვეტის საზღვარგარეთული გამოცდილება, არსებული მეთოდები, არქიტექტურები, პრინციპები, მოდელები, ორგანიზაციული და იურიდიული უზრუნველყოფების ასპექტები, რომლებიც აუცილებელია ელ-საარჩევნო სისტემის წარმატებით დასაწერად.

© საგამომცემლო სახლი "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2014. 345 გვ.
ISBN 978-9941-20-468-5



განიხილება ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების მიზნით საგამომცემლო მარკეტინგის ბიზნესპროცესების ავტომატიზაციის როლი; იმიტაციური მოდელირების, ანალიზის და პროექტირების ტექნოლოგიების შემუშავება პეტრის ქსელების თეორიის და საწარმოო რესურსების მართვის (ERP) სისტემების საფუძველზე. ჩატარებულია ელ-ბიბლიოთეკების და ონლაინ მაღაზიების არსებული მრავალფუნქციური ტექსტური რედაქტორების ანალიზი. შესწავლილია მათი თვისებები, მწერალი-ავტორებისა და მკითხველთა კომფორტის გათვალისწინებით. შემოთავაზებულია ახალი კონცეფცია, პრინციპები და მეთოდები მათი სრულყოფის მიზნით. კერძოდ, სამეცნიერო ნაშრომების შექმნისათვის ისეთი პროგრამული პროდუქტის აგება, რომელიც სხვადასხვა სფეროს (ყანრის) მეცნიერს (მწერალს) მიაწვდის მასზე მორგებულ ინტერფეისს და ფუნქციონალს. მანქანური დასწავლის ალგორითმების დახმარებით იქმნება მოდელები, რომელთა გამოყენებითაც შესაძლებელია ტექსტური ინფორმაციის შექმნის და საგამომცემლო მარკეტინგის სასიცოცხლო ციკლის ბიზნესპროცესების გამარტივება.

© სტუ-ს „IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2023. 216 გვ.
ISBN 978-9941-8-5442-2



განხილულია მობილური აპლიკაციების აგების საფუძვლები, მათი დაპროგრამების მეთოდოლოგია და ძირითადი პრინციპები Android ოპერაციული სისტემისათვის. გადმოცემულია მობილური აპლიკაციის სასიცოცხლო ციკლის ეტაპები, სისტემის ბიზნეს-მოთხოვნების ფორმირების, დაპროექტების/დიზაინის (UI/UX), პროგრამული დეველოპმენტის (Java და Kotlin ენები), ტესტირების, დანერგვისა და თანხლების პროცესების გათვალისწინებით. წიგნის ორიგინალური მხარეა მობილური აპლიკაციების აგება და გამოყენება ტელეფონის სფეროში, კერძოდ, მობილურებში შემავალი და გამავალი ზარების და SMS/MMS-ების მონიტორინგისთვის Intent-ების გამოყენებით, აგრეთვე ლოკაციის სერვისებისა და რუქის ანიმაციისთვის და სხვ. პრაქტიკული რეალიზაციის მაგალითები წარმოდგენილია გადაუდებელი დახმარებისა და საგანგებო სიტუაციებისათვის („112“).

© სტუ-ს „IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2020. 176 გვ.
ISBN 978-9941-8-2488-3



განხილულია ინფორმაციული სისტემების პროგრამული აპლიკაციების ხარისხის მენეჯმენტის საკითხები, კერძოდ მათი შექმნის ბიზნეს-პროცესების ობიექტორიენტირებული ანალიზი, დაპროექტება, დეველოპმენტი, ტესტირება, ოპტიმიზაცია და დანერგვა. წარმოდგენილია პროგრამული პროდუქტის ხარისხის შეფასებისა და მართვის მეტრიკების და არსებული ინსტრუმენტების მიმოხილვა საერთაშორისო სტანდარტების საფუძველზე. ხარისხის სრულყოფის მიზნით გამახვილებულია ყურადღება მოდული (Unit) ტესტირების გამოყენებაზე სატესტო პროგრამული აპლიკაციების შექმნისას მათი სასიცოცხლო ციკლის მენეჯმენტის ეტაპებზე. განხილულია ტესტირების, ვერიფიკაციის და ვალიდაციის საკითხები, ავტომატური ტესტირების გამოყენების პრაქტიკული ამოცანა Coded UI ტესტ-სცენარი და მისი რეალიზაცია Visual Studio, Microsoft Test Manager და Selenium RC/WebDriver/AutoIT პროგრამული ინსტრუმენტებით, მონოგრაფიაში შეტანილია სტუ-ს UNESCO-ს და მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრების ერთობლივი სამეცნიერო კვლევის შედეგები.

© სტუ-ს „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2020. 365 გვ.
ISBN 978-9941-8-0629-2



განხილულია რეალური სამყაროს მოდელირების ხერხები და ტექნიკური საშუალებები, სხვადასხვა სფეროს პროცესების კომპიუტერული სინთეზი რეალურ დროში აუდიო-ვიზუალური, სამგანზომილებიანი გამოსახულებების აგების საფუძველზე; ვირტუალური რეალობის სისტემები, როგორც ინფორმაციული ტექნოლოგიის ერთ-ერთი აქტუალური მიმართულება, ინტერდისციპლინური მეცნიერულ-ტექნიკური პლატფორმა მედიაინფორმატიკისა და მედიატექნოლოგიების კომპლექსური გამოყენების სფეროში. წარმოდგენილია ამ დარგის სწრაფად განვითარებადი პროგრამული და ტექნიკური საშუალებები ისეთ სფეროებში, როგორცაა მეცნიერება, განათლება, მედიცინა, კომპიუტერული თამაშები და სხვ. გადმოცემულია ვირტუალური რეალობის არსი, მისი განვითარების ისტორია, არსებული და პერსპექტიული ტექნიკური და პროგრამული საშუალებები. ასევე წარმოდგენილია ადამიანის სხვადასხვა გრძნობის ორგანოების სტიმულირებით ვირტუალურ სივრცეში ობიექტებთან ურთიერთქმედების აღქმის საკითხები რეალურ დროსა და სივრცეში.

© სტუ-ს „IT-კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“, 2018. 112 გვ.
ISBN 978-9941-8-0626-1

წიგნების სრული სია [6]: <https://gtu.ge/ims/resources/library/ebooks.php>

3. დასკვნა

განაალიზებულია ინფორმაციისა და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების სფეროს (ICT) ინტერდისციპლინური ინოვაციური სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების დაგეგმვის, მათი თეორიული გადაწყვეტის, პროგრამული რეალიზაციის და ცხოვრებაში დანერგვის პროცესების როლი გლობალური „საინფორმაციო საზოგადოების“ ფორმირების მიზნით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მაგალითზე, როგორც მრავალდარგოვანი ფაკულტეტების ერთობლიობა და საინჟინრო კადრების მომზადების მრავალპროგრამიანი საგანმანათლებლო დაწესებულება, გამოიკვეთა ინტერდისციპლინური (და მულტიდისციპლინური) სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების (სავარაუდო გრანტების) ჩამოყალიბების და გადაწყვეტის საკმაოდ დიდი პოტენციალი. ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი და მისი აკადემიური პერსონალი (მაღალი თეორიულ-პრაქტიკული გამოცდილებით) განხილულ უნდა იქნას როგორც შემკავშირებელი რგოლი სხვა ფაკულტეტთა სფეროების საქმიანი (საწარმოო) ბიზნეს-პროცესების ფორმალიზაციის, მოდელირების და კომპიუტერიზაციის მიზნით. ასეთ პროცესებში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სტუ-ის სტუდენტური (დოქტორანტები და მაგისტრანტები) ძალის გამოყენება. მაგალითის სახით, ნაშრომში წარმოდგენილია სტუ-ის იმ ფაკულტეტის გარკვეული შედეგები და მიღწევები ბოლო 20 წლის განმავლობაში.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. World Summit on the Information Society Forum 2024. Internet resource: <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2024/en> (20.09.24)
2. Lominadze T., Petriashvili L., Surguladze G. (2024). The Role of Didactics of Informatics in the Processes of Information Society Formation and University Education. Internat. Scientific-practical conf. „Modern Challenges & Achievements of ICT”, 1-2 Nov. 2024. Tbilisi, Georgia (in Georgian)
3. Surguladze G., Zhvania T., Petriashvili L., Kapanadze D. (2024). On Evolutionary Development of Computing Faculty Structure and Academic Process Model. Transactions of Georgian Technical University. “Automated Control Systems”, No 1(37), 2024. Tbilisi, pp. 9-16 (in Georgian)
4. Lominadze T., Kapanadze D., Zhvania T., Todua T., Kobiashvili A. (2008). Organization of Distance Learning LMS MOODLE. Georgian Technical University. Tbilisi (in Georgian)
5. Lominadze T., Petriashvili L. (2024). The Potential for Artificial Intelligence in Healthcare, International Multidisciplinary School - Conference in medical and healthcare sciences proceedings book. ISBN: 978-625-7898-67-6
6. Surguladze G., Petriashvili L., Tsertsvadze M. (2022). Georgian Technical University is 100 years old - Some Historical Innovative Scientific Results of the Dep. of "Automated control systems". Transact. of GTU “Automated control systems”, No 2(34), Tbilisi, pp.7-26 (in Georgian).
7. Ahobadze M./, Z. Bosikashvili Z., Gogichaishvili G., Surguladze G., Sukhiashvili T., Ghvinefadze G. Automated system of network management of judicial proceedings.
8. 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.

(სტატია მიღებულია 01.10.2024)

DEVELOPMENT OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH PROJECTS BASED ON INTERFACULTY COOPERATION OF GTU (RESULTS AND PROSPECTS)

Lominadze Tamar, Zhvania Taliko, Petriashvili Lili,
Kapanadze Davit, Surguladze Gia
Georgian Technical University
t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge,
david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge

Summary

The article discusses the concept of developing computer-integrated projects in the field of information and communication technologies (ICT) and issues of their practical implementation. The global trend of forming an information society, which is required by the international educational program of UNESCO based on modern standards, obliges university management to improve scientific and academic processes in which, along with the teaching staff, students of all three levels will actively participate. The article offers some examples of the results of interdisciplinary projects and individual problem tasks implemented from the beginning of the 21st century to the present at the Faculty of Informatics and Control Systems of the State Technical University. A number of monographs and manuals have been published, with a brief overview of scientific and practical value. Our co-authors actively participated in the processes of their creation and implementation - doctoral students of the "Informatics" program (PhD) of our faculty..

(Received 01.10.2024)

РАЗВИТИЕ ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕЖФАКУЛЬТЕТСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ГТУ (ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

Ломинадзе Т., Жвания Т., Петриашвили Л.,
Капанадзе Д., Сургуладзе Г.
Грузинский Технический Университет
t.lominadze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge,
david@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются концепция развития компьютерно-интегрированных проектов в области информационно-коммуникационных технологий (ICT) и вопросы их практической реализации. Глобальная тенденция формирования информационного общества, которого требует международная образовательная программа ЮНЕСКО на основе современных стандартов, обязывает менеджмент университетов совершенствовать научные и академические процессы, в которых наряду с профессорско-преподавательским составом будут активно участвовать студенты всех трех уровней. В статье предлагаются некоторые примеры результатов междисциплинарных проектов и отдельных проблемных задач, реализованных с начала XXI века по настоящее время на факультете Информатики и систем управления ГТУ. Издан ряд монографий и учебных пособий, имеющие научное и практическое значение. Предлагаются краткие обзоры. Наши соавторы – докторанты программы «Информатика» нашего факультета – активно участвуют в процессах их создания и внедрения.

(Поступила 01.10.2024)

IMPROVING BUSINESS PROCESSES IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS BY USING ENTERPRISE ARCHITECTURE APPROACH

Irakli Rodonaia¹, Gulbaat Nareshelashvili², Tengiz Bakhtadze², Vakhtang Rodonaia¹

1- International Black Sea University, 2-Georgian Technical University

irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge, vrodoniaia@ibsu.edu.ge

Abstract

The article considers the application of Enterprise Architecture technology to improve the quality of business process management in higher education institutions. It examines the problem of determining the conditions for implementing the necessary changes to existing processes and modifying them to achieve the desired results. It describes the use of ArchiMate diagrams to describe interacting objects in the BUSINESS, APPLICATION, TECHNOLOGY and MOTIVATION layers when creating models of business processes for the functioning of higher education institutions. It offers models of Enterprise Architecture technology for specific examples of reengineering and improving the quality of processes for developing, preparing, conducting and evaluating the results of training courses.

Key words: Enterprise architecture, higher education, educational framework, ArchiMate, business processes, change management.

1. Introduction

Higher Educational Institution (HEI) is a complex enterprise that supports business processes related to the online and traditional learning and many other functions that are specific to private educational university such as human resources, finance and accounting, students' services, marketing and so on. HEI Enterprise Architecture (EA) results should convince the HEI management that IT systems will support the ways of doing business at HEI, achieve its strategic objectives and act as a strategic foundation for business enablement. Given that HEI is enterprise whose goal is education, its strategy is primary related to modernize and improve the quality of education by providing students better access to contents and knowledge needed to complete their study and an easier way to teach the learning material required for appropriate study programs. This is the way that the HEI increases the number of graduating students, decrease the average duration of studies for students in the participating academic programs and achieves better profits

2. Main Part

Enterprise Architecture (EA) is a consistent whole of principles, methods and models that are used in the design and realization of organizational structure, business processes, information systems, and infrastructure. However, these domains are not approached in an integrated way, which makes it difficult to judge the effects of proposed changes. Every domain speaks its own language, draws its own models, and uses its own techniques and tools. Communication and decision making across domains is seriously impaired. The goal of the ArchiMate project is to provide this integration. By developing an architecture language and visualization techniques that picture these domains and their relations, ArchiMate will provide the architect with instruments that support and improve the architecture process. Existing and emerging standards will be used or integrated whenever possible. ArchiMate will actively participate in national and international fora and standardization organizations, to promote the dissemination of project results.

A language for modelling enterprise architectures should focus on inter-domain relations. With such a language, we should be able to model:

- The global structure within each domain, showing the main elements and their dependencies, in a way that is easy to understand for non-experts of the domain;
- The relations between the domains.

Another important property of an enterprise modelling language – as for any modelling language – is a formal foundation, which ensures that models can be interpreted in an unambiguous way and that they are amenable to automated analysis. Also, it should be possible to visualize models in a different way, tailored towards specific stakeholders with specific information requirements

HEI’s ArchiMate 3.3 model is organized into the following layers [1]:

1. BUSINESS containing following elements: actor (i.e., Student, Teacher), roles (i.e., Patron of Plans and Programs of Studies), process (i.e., General University Education Process consisting of ten sub-processes), service (i.e., Course Learning Object Specification, Program and Course Description, Browsing, Courses’ Collecting in Programs, SLOs (Student Learning Outcomes) Specification, Student Enrollment Controlling, Learning Outcomes Controlling, and Learning Management Supporting Service, Consultancy Service, Open Content Providing). Each course is assumed to consist of some components, i.e., Learning Objects which are developed by teachers and frequently re-used

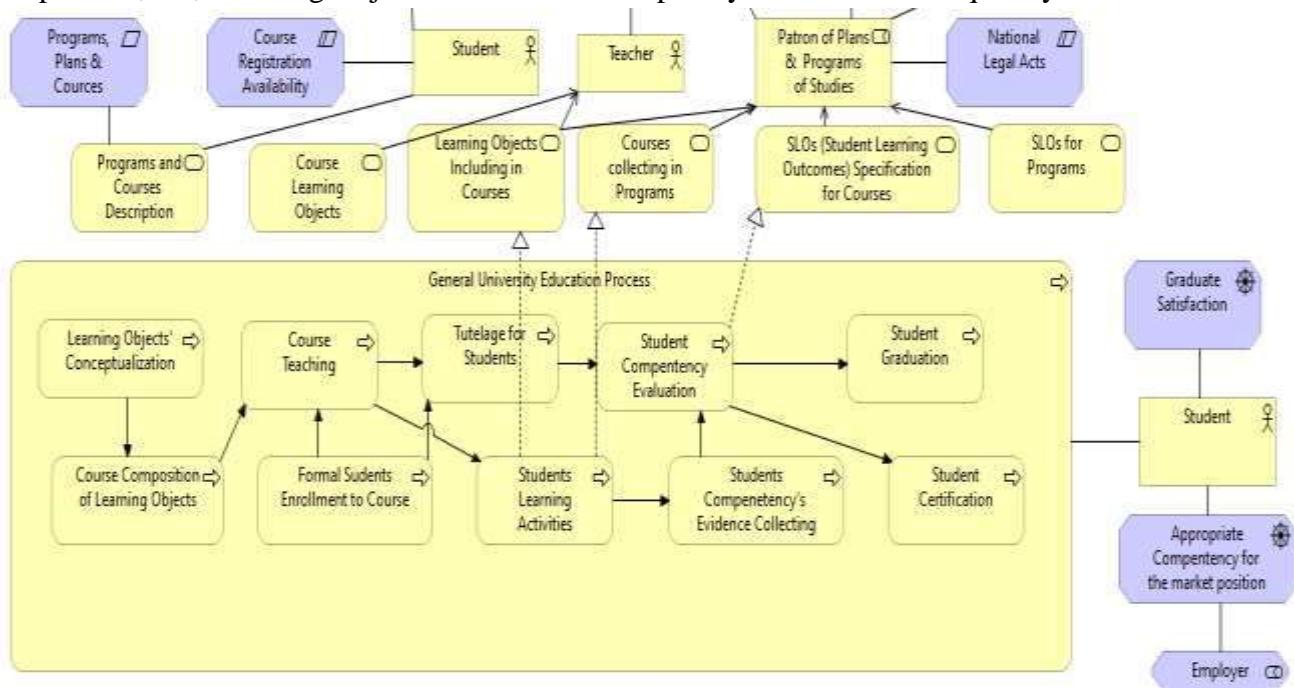


Fig.1

2. APPLICATION including elements such as University Learning Politics and Regulations, Student Enrolment System, Students’ Evaluation System, Learning Controlling System for control the course realization by teachers, Students' Portfolios’ Registration System for the controlling of the progress of students’ work, and the university IT (Information Technology) support as well as SLOs and Course Registration System, Library Management System

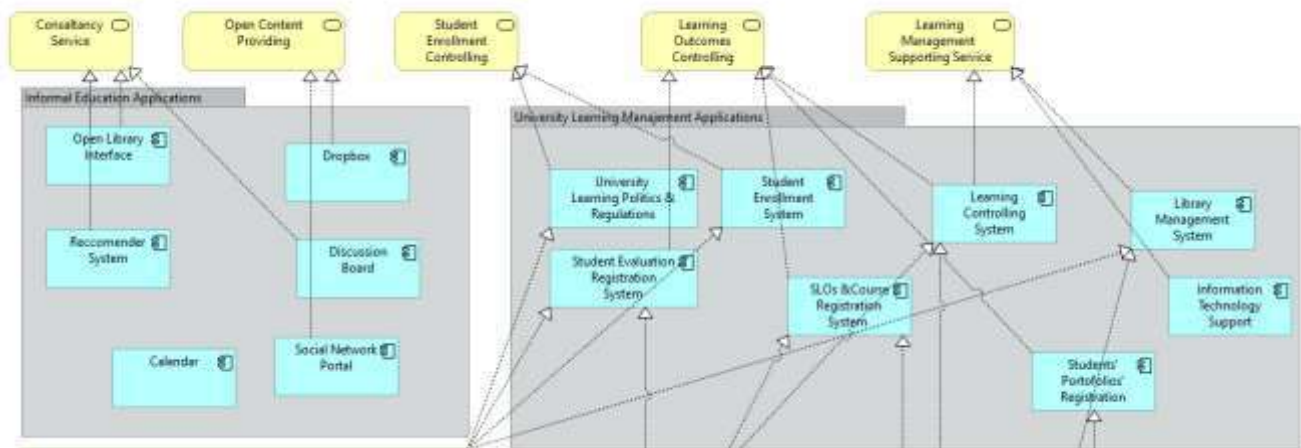


Fig.2

3. TECHNOLOGY including elements such as Data Server and Application Server as well as more than one – Student Mobile Devices, University Video Device, Student Desktop Computer connected together with Services in University Campus Network

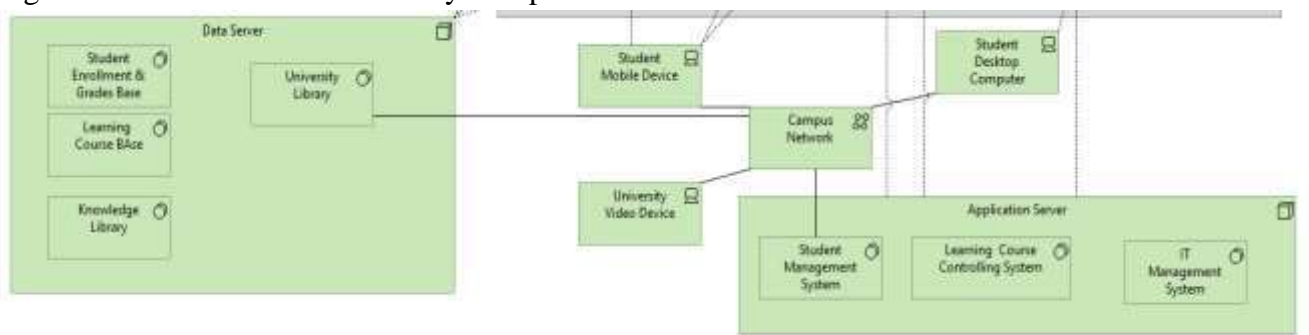


Fig.3

4. MOTIVATION containing the following elements: drivers (i.e., Course Participation, Learning Management and Knowledge Dissemination), principles (i.e., Guides for Plans and Programs of Studies), assessments (e.g., Accreditation Commission Assessment), goals (i.e., Graduate Satisfaction, Appropriate Competences for the market position,), requirements (i.e., Studies' Programs, Plans of Studies, and Courses' Proposals), stakeholders (i.e., Student, Teacher, Employer, LMS System Architect, LMS System Developer), and constraints covering course Registration Availability and National Legal Acts

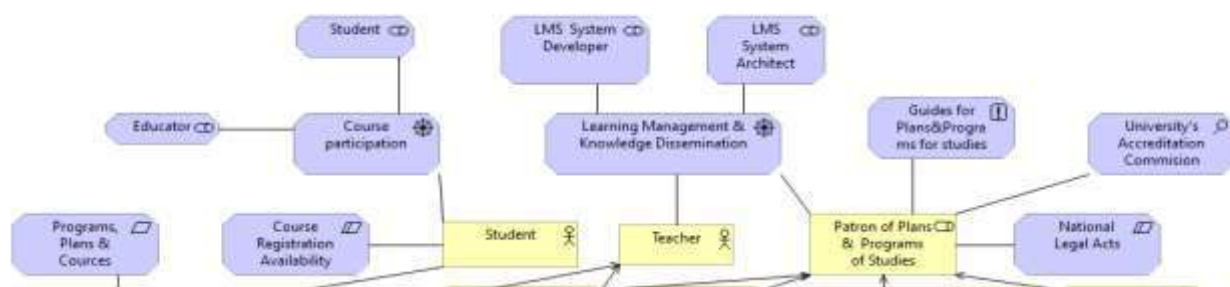


Fig.4

The General University Education Process is constantly self-organizing because of the internal self-organization and self-improvement of each components, so finally the whole over-process is self-producing and self-controlled. For the realization of that sub-processes and services, different software applications are utilized.

As a particular example of an educational business process in the Fig.5 the process of the students' admission is depicted:

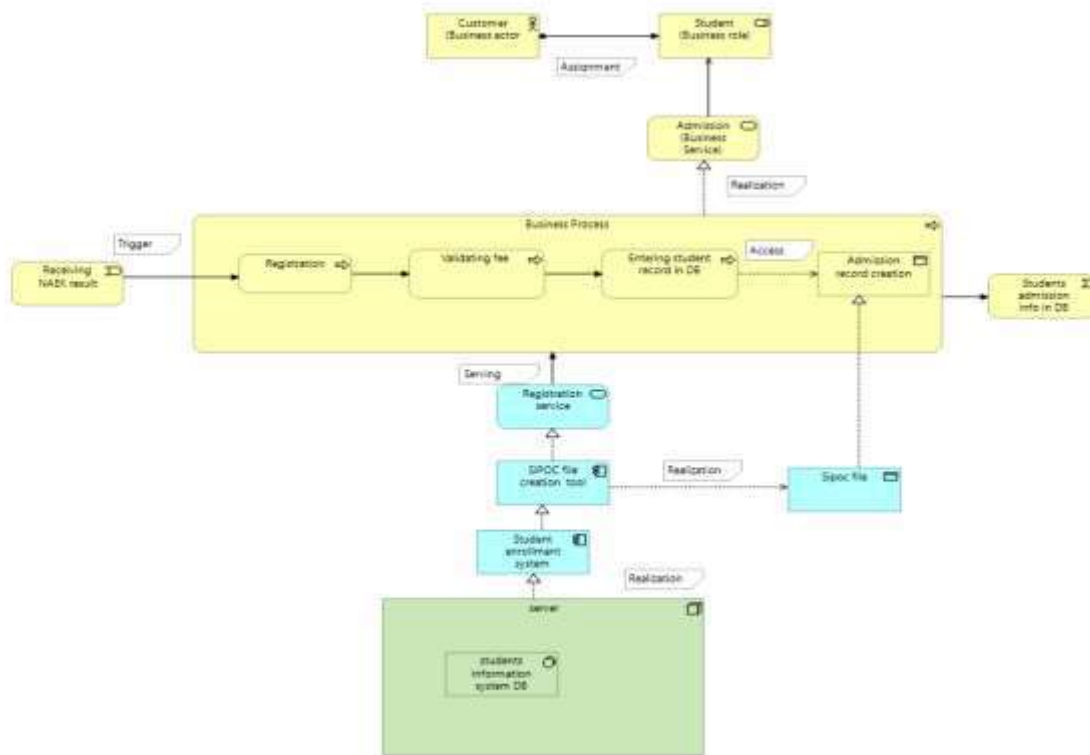


Fig. 5

The HEI has to follow the same high-level process for the development of each of the four architecture components (business, information, application and technology) [2]:

1. Create a current picture of the HEI and its operations (current state)
2. Define where the HEI wants to be and what it wants to achieve in the future (future state).
3. Identify the differences between the current and desired future state (gap identification).

Business Architecture drives the other three architectures, but all four are interrelated. As a result, the HEI will develop Business Architecture first, but may pursue a step of the process for two or more of the other architectures concurrently, to conserve staff time and recognize the interrelatedness of architectures.

➤ Current State (As-Is State) [2]

Before an HEI can map out where it wants to go and what it wants to achieve, it must document and understand where it is. Documentation of its current state need not be as detailed as documentation for the future state. The goal is to gather and analyze only the information that could inform a strategy for moving toward a future state and to use existing materials whenever possible. The HEI will determine the level of effort for developing each architecture. Its decisions about the scope and level of

documentation, and which materials to use as inputs and create as outputs, will depend on whether the agency already has descriptions or documentation for the existing architecture, and the extent to which the HEI is likely to carry over existing elements of each architecture into the future state

➤ Future State (To-Be State)[2]

The future state depicts where the HEI wants to be and what it wants to achieve in the future—an enactment of the vision. The future state for Business Architecture forms the foundation and anchor for Information, Application and Technology Architecture future states: the level of detail and scope for each of these is determined by their relevance to attaining the Business Architecture future state.

➤ Gap Identification [2]

Gap identification is the process of determining and documenting the differences between the current state and the future state across all four architectures. Note that gap identification is not limited exclusively to absences of processes or systems—gaps also include redundancies, contradictions or any other type of difference between how the agency currently operates and how it plans to operate in its future state. Analyzing this collective array of gaps forms the starting point for the implementation plan. Because of resource constraints and political factors, an agency is not likely to address all the gaps identified, but their documentation is a valuable way to ensure that the agency’s leadership has a comprehensive view of the issues to address if the HEI is to realize its future state.

➤ Implementation Plan [2]

To establish an implementation plan for HEI’s EA, the HEI’s team analyzes the gaps identified between the current and future state and decides which to address, and how and when to address them . First, the team consolidates the gaps identified across all architectures, classifies similar gaps and assesses the implications of the gaps in terms of interdependencies and potential solutions. This analysis leads to the identification of solutions that might address one or more gaps.

The ArchiMate has visualization of changes (described above) tool and consists of visual artifacts produced in the order presented below [3]:

- 1) 1.Strategy of changes; business strategy, IT principles and requirements - the motivation behind the IT transformation.
- 2) Transition between the As-Is (Current State) and To-Be (Future State) architecture, including the gap of changes and the goals, requirements and principles related to the architecture states and changes.
- 3) As-Is and To-Be architectures at the application layer without specific indication of changes.
- 4) Gap of changes, presented at the application layer. The focus is on changed elements and on relations between the obsolete and new elements.
- 5) Gap of changes, combining the application and technology layers and the motivation.
- 6) Gap of changes at the application and technology layers with the focus on communication elements.
- 7) Gap of changes, at the application and business layers with the focus on relations between business steps and the applications supporting these business steps.

Below the ArchiMate general requirements diagram is depicted (Fig.6) [3].

The main processes include

- 1) preparing the course,
- 2) delivering the course to the students, i.e. teaching,

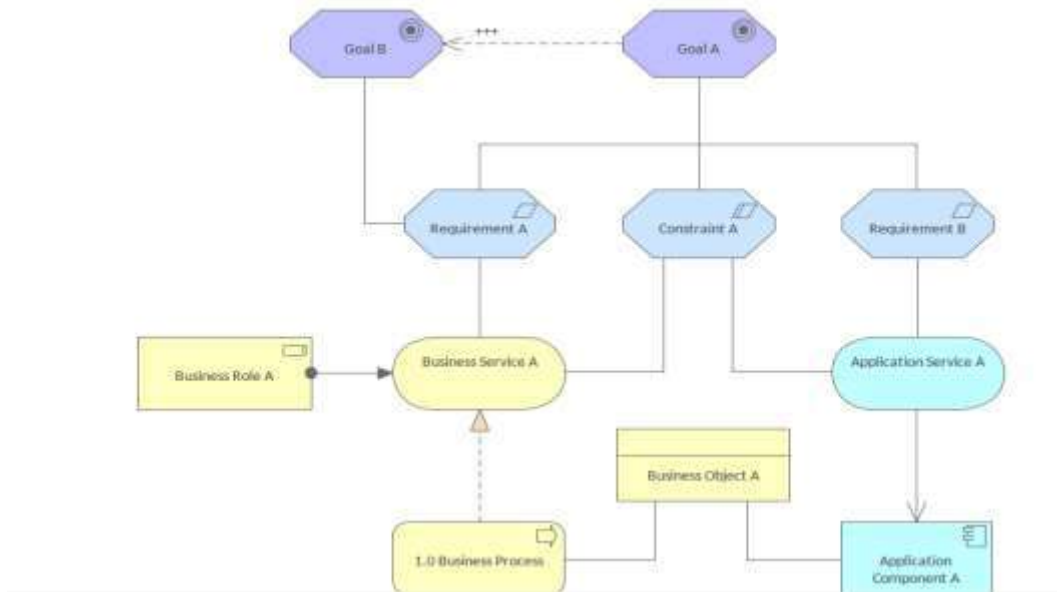


Fig.6

- 3) conducting the learning activities,
- 4) assessments and improving the course based on feedback from the students.

An overview of the main processes is shown in Figure 7.

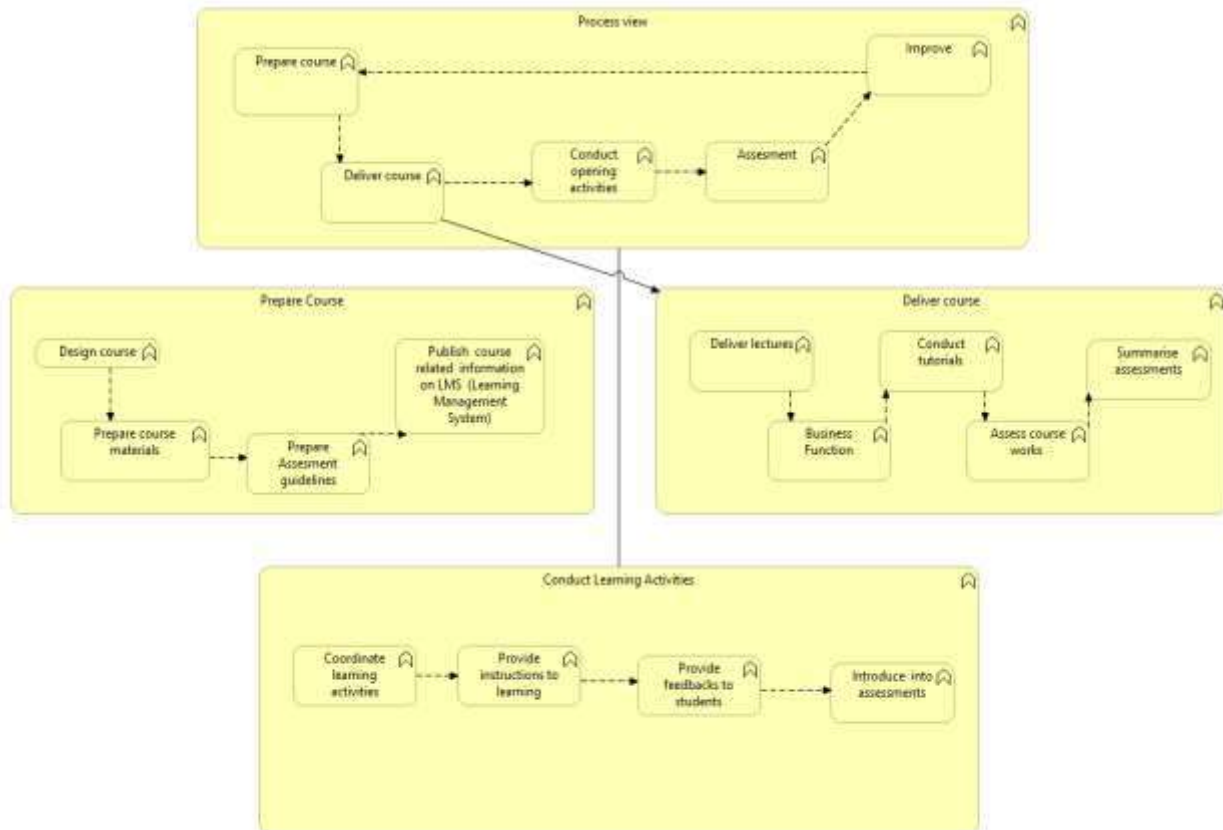


Fig. 7

Each of these main processes are detailed in the different sub-processes. Preparing the course involves designing (or improving or revising) the course, preparing the course material, such as lecture slides and learning tasks and activities, developing assessment guidelines, and publishing the course on the university's Learning Management System (LMS) which can be a Blackboard application. Delivering the course includes giving lectures, coordinating and conducting tutorials, assessments of the students' work and doing the final grading. The university encourages and recommends the use of engaging learning activities (cf. e.g. principle on active learning) and therefore, the process also includes coordinating and conducting learning activities (e.g., student presentations and peer reviews), providing the necessary instructions to the Learning Assistants, developing the relevant material for the activities, e.g., some hints and recommendations, and integrating any formative assessments into the final grade. The final process is improving the course for the future. Many activities are part of this course process, which are to be best aligned with principles and goals as with the changing requirements.

➤ Quality improvement management

As part of quality assurance, study programs can be assessed by an external accreditation body. For internal quality improvement loops, the curriculums and courses are often required to identify a reference group, who act as representatives of the class and provide feedback from the students to the teacher, and recommend actions for improving the course in the future. Here feedback is first gathered, and the course is improved based on the feedback. The improvement process (see Fig.8) includes gathering feedback from students and learning assistants, synthesizing feedback, checking updates from the university's strategy, quality assurance recommendations and guidelines, and then updating the course within the overall study program, and its three curriculum perspectives. The course syllabus and educational activities are then updated, ensuring also coherency with the overall curriculum architecture view.

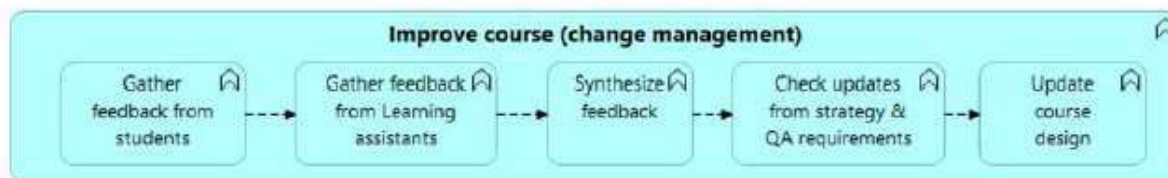


Fig. 8

3. Conclusion

An Enterprise Architecture (EA) framework incorporating models of a HEI can play a crucial role in facilitating sense making within an educational organization. Changing requirements, stemming from internal or external factors or events, impact both vision and goals, business processes, curriculum offers, as learning resources. Illustrated examples have shown that views and well documented models, using ArchiMate, can enhance collaboration and communication among stakeholders across different perspectives. Once the HE architecture is established, detailed descriptions provide the rationale behind strategic alignments, ensuring coherence and effectiveness in organizational transformations. Change within HES can stem from various sources such as strategic realignments at the organizational level, quality assessments based on student feedback, recommendations for accreditation, new or rationalized processes, evolving industry requirements, shifts in graduate profile expectations.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Pańkowska M. (2016). University 3.0 as a viable system in ArchiMate 3.3. *Studia Ekonomiczne, Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, ISSN 2083-8611, Nr 296

2. Education Enterprise Architecture Guidebook. (2014). Reform Support Network

3. Rouvrais S., Petersen S.A. (20214). An Architecture Framework for Higher Education. 26th International Conference on Enterprise Information Systems, Apr 2024, Angers, France. pp.739-747

(Поступила 1.12.2024)

ბიზნეს პროცესების სრულყოფა უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში Enterprise Architecture მიდგომის გამოყენებით

ირაკლი როდონაია¹, გულბათ ნარეშელაშვილი², თენგიზ ბახტაძე², ვახტანგ როდონაია¹

1- შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი,

2- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge, vrodonaiia@ibsu.edu.ge

რეზიუმე

განხილულია Enterprise Architecture ტექნოლოგიის გამოყენება უმაღლეს სასწავლებლებში ბიზნეს პროცესის მართვის ხარისხის გასაუმჯობესებლად. განხილულია არსებულ პროცესებში აუცილებელი ცვლილებების განხორციელების პირობების განსაზღვრა და სასურველი შედეგების მისაღწევად მათი მოდიფიკაციის ამოცანა. აღწერილია ArchiMate სისტემის დიაგრამების გამოყენება BUSINESS, APPLICATION, TECHNOLOGY და MOTIVATION ფენებში ურთიერთმოქმედი ობიექტების ასაღწერად უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების ფუნქციონირებისთვის ბიზნეს პროცესების მოდელების შედგენისას. შემოთავაზებულია Enterprise Architecture ტექნოლოგიის მოდელები რეინჟინირების კონკრეტული მაგალითებისთვის და პროცესების ხარისხის გაუმჯობესებისთვის სასწავლო კურსების შემუშავების, მომზადების, ჩატარების და შეფასების მიზნით.

(სტატია მიღებულია 20.11.2024)

УЛУЧШЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДА ENTERPRISE ARCHITECTURE

И. Родоная¹, Г. Нарешелашвили², Т. Бахтadze², В. Родоная¹

1- Международный Черноморский университет, 2- Грузинский технический университет

irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge, vrodonaiia@ibsu.edu.ge

Резюме

Рассматриваются вопросы применения технологии Enterprise Architecture для улучшения качества управления деловых процессов в институтах высшего образования. Рассматривается задача определения условий проведения необходимых изменений существующих процессов и их модификации для достижения желаемых результатов. Описано использование диаграмм системы ArchiMate для описания взаимодействующих объектов в BUSINESS, APPLICATION, TECHNOLOGY и MOTIVATION слоях при составлении моделей деловых процессов функционирования институтов высшего образования. Предложены модели технологии Enterprise Architecture для конкретных примеров реинжиниринга и улучшения качества процессов разработки, подготовки, проведения и оценки результатов учебных курсов.

(Поступила 1.12.2024)

სამშენებლო კონსტრუქციების ტექნიკური დიაგნოსტიკა Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენებით

მერაბ ახოზაძე, ელგუჯა კურცხალია, მარიკა ბრეგვაძე, სოფიკო ჯააძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

m.akhobadze@gtu.ge, e.kurtskhalia@gtu.ge, m.bregvadze@gtu.ge, sofikojaadze@gmail.com

რეზიუმე

წარმოდგენილია, შენობა-ნაგებობების, ნავმისადგომების, ტექნიკური დიაგნოსტიკის, დაზიანებათა დინამიკის პროგნოზირებისა და შესაბამისი გადაწყვეტილების მიღების მეთოდოლოგია და ალგორითმები, კომბინატორული ტოპოლოგიური ანალიზის, არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიისა და Fuzzy ტექნოლოგიების ბაზაზე.

საკვანძო სიტყვები: შენობა-ნაგებობა, ტექნიკური დიაგნოსტიკა, Fuzzy ტექნოლოგია.

1. შესავალი

შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციების ტექნიკური დიაგნოსტიკის არსებული მეთოდები ეფუძნება კონსტრუქციების სახასიათო პარამეტრების გაზომვით მიღებული მონაცემების ანალიზს. შესაბამისად, შენობა-ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისა და გადაწყვეტილების მიღებისათვის, გამოიყენება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები. აქვე, აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენება, ბოლომდე არაფორმალიზებადი, არამკაფიო მონაცემების დროს არაკორექტულია [1].

დღეისათვის, განუზღვრელობების, არამკაფიო მონაცემების და არაფორმალიზებადი ამოცანების მათემატიკური მოდელირებისა და მართვის უალტერნატივო თეორიას არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია და Fuzzy ტექნოლოგიები [2]. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია ზუსტი მეცნიერებაა არამკაფიო მოვლენების და მონაცემების, არაფორმალიზებადი ამოცანების დამუშავებისათვის, არამკაფიო მონაცემთა მკაფიო ლოგიკური ინტერპრეტაციისათვის. მისი გამოყენებისას გადაწყვეტილება მიიღება ექსპერტთა ცოდნის და გამოსაკვლევ ობიექტზე განხორციელებული მიმდინარე გაზომვათა ერთობლიობით.

2. ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი შენობა-ნაგებობა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც გარკვეული ნიშნით გაერთიანებული სასრული რაოდენობის („კონსტრუქციის ელემენტების“ „ტექნოლოგიური პროცესების“ და სხვა) სიმრავლეთა ერთობლიობა. „კონსტრუქციის ელემენტების“, „ტექნოლოგიური პროცესების“ ქვეშ ვგულისხმობთ შენობის, ნებისმიერ კონსტრუქციულ ერთეულს, მათი დაკავშირების საშუალებებს, მეთოდებს და სხვა: შესაბამისად, შენობა-ნაგებობის მათემატიკური მოდელი შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც იმ მათემატიკურ მიმართებათა $\Lambda(\lambda, \mu, \dots)$ სიმრავლე, რომლებიც არსებობენ „კონსტრუქციის ელემენტების“ (A, B, \dots) , „ტექნოლოგიურ პროცესების“ (S, P, \dots) და ა.შ. სხვა სიმრავლეთა შორის. ყოველი „კონსტრუქციის ელემენტი“ - σ ცალსახად განისაზღვრება იმ სიმრავლის ელემენტებით $\{k_0, k_1, \dots, k_n\}$ რომლებისგანაც ისაა

წარმოებული. ამოცანის ასეთი სახით ფორმალიზაცია საშუალებას გვაძლევს შენობა-ნაგებობის მათემატიკური მოდელი განვიხილოთ, როგორც სიმპლიციური კომპლექსი, რომლის შესწავლა, ხორციელდება კომბინატორული ტოპოლოგიის Q ანალიზის მეთოდით [5]. ასეთი სახით წარმოდგენილი ნაგებობის, მათემატიკური მოდელი, საშუალებას გვაძლევს აღმოვაჩინოთ ყველა სახის ბმულობა (კავშირი) ნაგებობის სტრუქტურის (კონსტრუქციების) ელემენტებს შორის და თვალი ვადევნოთ, რა რაოდენობრივ და თვისობრივ ცვლილებებს გამოიწვევს, სივრცე-დროით ჭრილში, თითოეულ „კონსტრუქციის ელემენტებზე“ განხორციელებული ქმედება [4,6].

სიმპლიციური კომპლექსი [5] არის წყვილი $\bar{K} = (K, S)$, სადაც $K = \{k_0, k_1, \dots, k_n\}$ არის რაიმე სასრული სიმრავლე (რომლის ელემენტებსაც ეწოდება \bar{K} კომპლექსის წევროები), ხოლო S კი მისი არაცარიელი ქვესიმრავლეების (რომელთაც მოცემული კომპლექსის სიმპლექსები ან წახნაგები ეწოდება) ისეთი ერთობლიობა, რომ:

1) ნებისმიერი $k_i \in K$ ელემენტისათვის, ერთელემენტიანი სიმრავლე $\{k_i\}$ არის \bar{K} -ის სიმპლექსი, ანუ ნებისმიერი $k_i \in K$ ელემენტისათვის, $\{k_i\} \in S$.

2) თუ σ არის სიმპლექსი და თუ $\tau \subseteq \sigma$, მაშინ τ აგრეთვე სიმპლექსია, ანუ თუ $\sigma \in S$ და თუ $\tau \subseteq \sigma$, მაშინ $\tau \in S$.

ორი σ და τ წახნაგი q -ბმულია, თუ \bar{K} -ში არსებობს წახნაგების ისეთი $\sigma, p_1, p_2, \dots, p_n, \tau$ მიმდევრობა, რომლის ნებისმიერ ორი მომდევნო წევრს აქვს q -განზომილების საერთო წახნაგი, ე.ი. მათ აქვს სულ მცირე $q+1$ საერთო წევრო. ასეთ მიმდევრობას ეწოდება q -გზა \bar{K} -ში. თუ ორი წახნაგი q -ბმულია, მაშინ ისინი არის აგრეთვე p -ბმული ყველა q -ზე ნაკლები p -სათვისაც. \bar{K} კომპლექსის q -ბმულობის კომპონენტების სრულ აღწერას q -ს ყველა $0, 1, 2, \dots, \dim \bar{K}$ მნიშვნელობისთვის, ამ კომპლექსის Q -ანალიზი ეწოდება.

$Q = (Q_0, Q_1, \dots, Q_{\dim \bar{K}})$, ვექტორს ეწოდება \bar{K} კომპლექსის Q -ვექტორი, მასში კოდირებულია ინფორმაცია, თუ რამდენი q -განზომილების „ნაწილისაგან“ შედგება \bar{K} კომპლექსი. უფრო დაბალი განზომილების ($< q$) წახნაგები ქმნიან „ნაპრალებს“ ამ ნაწილებს შორის, რომლებიც ხელს უშლის „ინფორმაციის გავრცელებას ან გადაადგილებას“ \bar{K} კომპლექსის შიგნით. ამიტომ, Q -ვექტორი, გარკვეული აზრით, ასახავს კომპლექსის გლობალურ გეომეტრიას, სტრუქტურულ მდგრადობას. Q -ვექტორი იძლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას კომპლექსის გლობალური (მთლიანი) გეომეტრიული სტრუქტურის შესახებ. კერძოდ, თუ როგორაა კომპლექსის სხვადასხვა წახნაგები მათი საერთო წევროებით ერთმანეთთან დაკავშირებული, როგორია სტრუქტურის მდგრადობა გარე ზემოქმედებების მიმართ.

კომპლექსის ბმულობის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია წახნაგის ექსცენტრისიტეტი, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მოცემული წახნაგი მთლიანი კომპლექსისათვის, კომპლექსის ბმულობისათვის, მდგრადობისათვის. მოცემული სიმპლექსის σ წახნაგის ექსცენტრისიტეტი გამოითვლება ფორმულით:

$$ecc(\sigma) = \frac{q - q^*}{q^* + 1}$$

სადაც q არის σ -ს განზომილება (ე.ი. $q = \dim \sigma$), ხოლო

$$q^* = \max\{0 \leq i \leq \dim \sigma \mid \exists \sigma' \in \bar{K} \text{ ისეთი, რომ } \sigma \neq \sigma' \text{ და } \sigma^{Y_i} = (\sigma')^{Y_i}\}.$$

აქ σ^{Y_i} და $(\sigma')^{Y_i}$ შესაბამისად აღნიშნავს σ -ს და σ' -ის Y_i -ექვივალენტობის კლასს. სიმპლიციალური კომპლექსის, სისტემის, ქვეშ ჩვენ ვგულისხმობთ ოთხეულს $(X; Y; \rho; \pi)$, სადაც X და Y სიმრავლეებია, $\rho \subset X \times Y$, ხოლო π ასახვაა $\pi: K_\rho \rightarrow R$, ე.ი შესაბამისობა, რომლის დროსაც ყოველ სიმპლქსს შეესაბამება ნამდვილი რიცხვი. π -ს ეწოდება მოდელი, K_ρ სიმპლიციალურ კომპლექსზე. π -ს მოცემა შეიძლება მაგალითად $f: \rho \rightarrow Z$ ასახვის მეშვეობითაც:

$$\pi[x_0; x_1; \dots; x_k] = \sum_{\forall_j (x_j; y) \in \rho} \sum_{j=0}^k f(x_j; y)$$

f და π -ს აქვს შემდეგი ფიზიკური შინაარსი: $f(x; y)$ არის სისტემაში $(x; y)$ კავშირის განხორციელებაზე გაწეული დანახარჯები (დროითი, ფულადი და ა.შ.), $\pi(\sigma)$ კი σ -სთან ყველა კავშირების დამყარებაზე გაწეული დანახარჯები. π მოდელის ნაზრდი ასახავს სისტემის დინამიკას, მასზე განხორციელებული ქმედებისას. π მოდელი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სარეაბილიტაციო სამუშაოების ოპტიმიზაცია სხვადასხვა კრიტერიუმით [6].

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიქმნა პროგრამული პაკეტი Matlab - ის ბაზაზე, ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და დაზიანებათა აღმოფხვრის სამუშაოთა ოპტიმალური დაგეგმვისათვის. ქვემოთ მოყვანილია შექმნილი პროგრამული პაკეტის გამარტივებული ვარიანტი. ნავმისადგომის, ტექნიკური მდგომარეობა ფასდება შემდეგი შესასვლელი პარამეტრების მიხედვით: [8]

„დაგვერდების კუთხე“, მიკუთვნების ფუნქციის საბაზისო ტერმები: „დასაშვები“, „ნორმატიული“, „სახიფათო“.

მიკუთვნების ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$X(x) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 1 - 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 0, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases}$$

„შეხების წერტილი“ - ხომალდის პირობითი ჯდომის მნიშვნელობა, მიკუთვნების ფუნქციის საბაზისო ტერმები: „დასაშვები“, „ნორმატიული“, „გადაჭარბებული“.

მიკუთვნების ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 1 - 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 1, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases}$$

„მზომელის (მყვინთავის) პროფესიონალიზმი“ - (გაზომვის ყველაზე დაბალი წერტილი მდებარეობს ფსკერიდან გარკვეულ მანძილზე) მიკუთვნების ფუნქციის საბაზისო ტერმები: „ახალბედა“, „პროფესიონალი“.

მიკუთვნების ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ \frac{x-d_1}{d_2-d_1}, & \text{თუ } x \in (d_1, d_2] \\ 1, & \text{თუ } x \in (d_2, +\infty) \end{cases}$$

გამოსასვლელი ცვლადის „გამართულობა“ - ნავმისადგომის ტექნიკური მდგომარეობა ფასდება, არამკაფიო ლინგვისტური ტერმებით: „დასაშვები“, „ტექნიკურად გამართული“ და „ტექნიკურად გაუმართავი“, რომლებიც ფორმირდება არამკაფიო დასკვნის გაკეთების მამდანის ალგორითმის საფუძველზე [9].

გადაწყვეტილების მიღების არამკაფიო ალგორითმს აქვს შემდეგი სახე:

1. თუ დაგვერდების კუთხე არის „დასაშვები“, შეხების წერტილი არის „დასაშვები“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „ახალბედა“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გაუმართავი“.

2. თუ დაგვერდების კუთხე არის „დასაშვები“, შეხების წერტილი არის „ნორმატიული“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „პროფესიონალი“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „დასაშვები“.

3. თუ დაგვერდების კუთხე არის „ნორმატიული“, შეხების წერტილი არის „ნორმატიული“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „ახალბედა“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გამართული“.

4. თუ დაგვერდების კუთხე არის „ნორმატიული“, შეხების წერტილი არის „სახიფათო“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „პროფესიონალი“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გამართული“.

3. დასკვნა

შეიქმნა შენობა-ნაგებობის მათემატიკური მოდელირების მეთოდი კომბინატორული ტოპოლოგიის Q ანალიზის და არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიისა ბაზაზე. ასევე, პროგრამული პაკეტი Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენებით ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის. ყოველივე ამან საშუალება მოგვცა, გაზომვით მიღებული სტატისტიკურ მონაცემებთან ერთად ნაგებობების საექსპლოატაციო მდგომარეობის შეფასებისათვის გამოგვეყენებინა არაკონტროლირებადი, არაფორმალიზებადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ შენობა-ნაგებობის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასება ხორციელდება ტაკაგი-სუგენოს [9] ალგორითმის საფუძველზე, რომელიც ეფუძნება ნეირონული ქსელებისა და არამკაფიო ლოგიკის მეთოდოლოგიას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Akhobadze M., Kurtskhalia E. (2022). Fuzzy Relationships in an Urban System; Georgian National Academy of Sciences. vol.15, no.1. (in Georgian)

2. Тугубалин И.Р., (1972). Теория вероятностей Издательство Московского Университета.
3. Zadeh L.A., (1965). Fuzzy sets // Information and Control, P.338-353.
4. Atkin R. H., (1974). Mathematikal structure in Human affairs, heinemann Educational Books LTD. London.
5. Akhobadze M., Kurtskhalia E. (2022). „Mathematical model of urban planning for sustainable development and reconstruction of the city“. Georgian National Academy of Sciences. vol.16, no.1. (in Georgian)
6. Akhobadze M., Mesablihvili B., Kurtskhalia E. (2018). Structural analysis and management of complex macrosystems. Auxiliary manual, Technical University Publishing House, p. 143.
7. Akhobadze M., (2021). Issues of mathematical modeling of macrosystems (based on the principle of entropy maximization). Monograph, IT Consulting Center Stu, p. 206.
8. Gurgeniძე D., Tsikarishvili M., Bulia T. (2024). Methods and models of comprehensive diagnostics of port reconstruction and expansion using the example of the port of Fot. Monograph, Technical University Publishing House, p. 365.
9. Takagi Y., Sugeno M. (1985) Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control // IEEE Trans. Systems Man and Cybern., Vol. SMC-15-P. 116-132.

(სტატია მიღებულია 15.11.2024)

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF BUILDING CONSTRUCTIONS USING FUZZY TECHNOLOGIES

Akhobadze Merab, Elguja Kurtskhalia, Marika Bregvadze, Sofiko Jaadze
Georgian Technical University

m.akhobadze@gtu.ge, e.kurtskhalia@gtu.ge, m.bregvadze@gtu.ge, sofikojaadze@gmail.com,

Summary

The article presents methods and algorithms for technical diagnostics and forecasting the dynamics of damage to structures and berths. Making appropriate optimal decisions based on combinatorial topological analysis, fuzzy set theory and fuzzy technologies.

(Received 15.11.2024)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ахобадзе М., Курцхалиа Э., Брегвадзе М., Джаадзе С.
Грузинский Технический Университет

m.akhobadze@gtu.ge, e.kurtskhalia@gtu.ge, m.bregvadze@gtu.ge, sofikojaadze@gmail.com

Резюме

В статье представлены методы и алгоритмы, технической диагностики и прогнозирования динамики повреждений сооружений и причалов. Принятия соответствующих оптимальных решений, на основе комбинаторного топологического анализа, теории нечетких множеств и нечетких технологий.

(Поступила 15.11.2024)

სტოქასტური ანალიზის მეთოდების გამოყენების შესახებ საინჟინრო ტექნიკურ ამოცანებში

ტრისტან ბუაძე, მალხაზ ბიბილური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
t.buadze@gtu.ge; m.bibiluri@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია კონკრეტული პრაქტიკული საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანების სტოქასტური მეთოდებით ამოხსნის გზები, იმ პირობებში, როდესაც შესასწავლი საპროექტო ობიექტის მახასიათებლები და პარამეტრები შემთხვევითი ხასიათისაა, ალბათობათა განაწილების წინასწარ ცნობილი კანონის შესაბამისად. გამომდინარე აქედან, მეტად საინტერესო და აქტუალური ხდება შესასწავლი ობიექტების შესახებ ჩვენ წინაშე დასმული ამოცანების ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით ჩატარებული ანალიზითა და გათვლებით მიღებული შედეგებისა და იგივე ამოცანათა ტრადიციული დეტერმინისტული მეთოდებით მიღებული შედეგების შედარების ამოცანის გადაწყვეტა. წარმოდგენილია ზოგიერთი ამოცანის ამოხსნისას შესაბამისი შედარებები და ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: სტოქასტური ანალიზი. დეტერმინისტული მეთოდი. ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდი. განაწილების კანონი. საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანა.

1. შესავალი

სტოქასტური ანალიზის მოდელებსა და მეთოდებს შემთხვევით მოვლენათა და პროცესთა კანონზომიერებების დასადგენად ვიყენებთ, რასაც ის მიზანი აქვს, რომ ოპტიმალური ხერხებით განვახორციელოთ შემდგომში ჩვენი ქმედებები. ამიტომ პროგნოზირების საკითხებს, რის დადგენასაც ჩვენ დიდ მნიშვნელობას ვანიჭებთ, განსაკუთრებული ყურადღებით ვეკიდებით და ვიხილავთ საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანების ამოხსნისას.

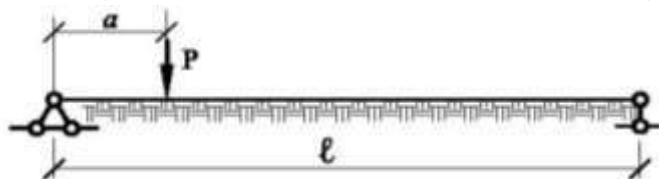
სტატიაში წარმოდგენილია ზოგიერთი პრაქტიკული საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანის ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდებით, ანუ სტოქასტური ანალიზის მეთოდებით გადაჭრის გზები. მაგრამ მეორე მხრივ, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ გაგვეკეთებინა გარკვეული სახის შედარებები ამ ამოცანების ტრადიციული დეტერმინისტული გზით ამოხსნილ ვარიანტებთან.

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ კონკრეტული საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანები, ცალ-ცალკე დალაგებული სხვადასხვა სპეციალობების მიხედვით.

➤ ამოცანა №1

აწარმოეთ სახსრულად დაყრდნობილი კოჭის გაანგარიშება, რომელიც იმყოფება P ძალის მოქმედების ქვეშ და განლაგებულია გრუნტზე შემთხვევითი მახასიათებლით (ნახ.1).



ნახ. 1

ამოხსნა:

ა) ტრადიციული დეტერმინისტული გაანგარიშება

ეს გაანგარიშება წარმოებს როგორც ამოცანაში №1¹, მაგრამ მხოლოდ მაქსიმალური მომენტი, გამომდინარე გრუნტის დასაყრდენი (განმტვირთავი ზეგავლენისა, განისაზღვრება ფორმულით

$$\bar{M}_{max} = M_{max} \cdot \xi,$$

სადაც M_{max} – კოჭში მაქსიმალური მომენტია, რომელიც განისაზღვრება გრუნტის დაწნევის გათვალისწინების გარეშე;

ξ – ერთზე ნაკლები კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გრუნტის დაწნევის ზეგავლენას. ეს კოეფიციენტი მივიღოთ შემდეგნაირად.

$$\xi = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon}}$$

სადაც α – უგანზომილებო კოეფიციენტი;

ε_g – გრუნტის დეფორმაციის მოდული;

ε – კოჭის მასალის დრეკადობის მოდული.

აღვნიშნოთ, რომ კოეფიციენტი ξ გამოისახება უფრო რთული ფორმულით, ვიდრე მიღებული ფორმულა.

ამგვარად, σ_{max} განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \cdot \xi}{W} = \frac{P(a\ell - a^2)}{W} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon}}$$

ბ) ალბათური გაანგარიშება

ვთქვათ P წარმოადგენს დეტერმინისტურ სიდიდეს, ხოლო E_g გრუნტის მახასიათებელი ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეა შემდეგი მახასიათებლებით:

\bar{E}_g – მათემატიკური მოლოდინია;

$(E_g)\delta$ – საშუალო კვადრატული გადახრა.

გაანგარიშების მსვლელობა უნდა წარმოებდეს ანალოგიურად ამოცანისა №1. მხოლოდ უნდა აღინიშნოს, რომ σ_{max} არის არაწრფივი ფუნქცია შემთხვევითი სიდიდის მიმართ. ამიტომ σ_{max} არაა ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდე (მიუხედავად იმისა, რომ E_g არის ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდე).

იმისათვის, რომ შემთხვევით სიდიდეს E_g ჰქონდეს ნორმალური განაწილება, უნდა გაწრფივდეს ფუნქცია

$$\frac{1}{1 + \alpha \cdot \frac{E_g}{E}}$$

¹ იხილეთ: გამოყენებული ლიტერატურიდან [6].

დავშალოთ იგი ბინომინალურ მწკრივად პირველი ორი წევრის შენარჩუნებით (დაშლა შესაძლებელია, რადგან $\alpha \cdot \frac{E_\beta}{E} < 1$):

$$\frac{1}{1 + \alpha \cdot \frac{E_\beta}{E}} = 1 - \alpha \cdot \frac{E_\beta}{E}.$$

მიღებული შედეგის ჩასმით σ_{max} -ის ფორმულაში მივიღებთ:

$$\sigma_{max} = \frac{P(a\ell - a^2)}{W} \cdot \left(1 - \alpha \cdot \frac{E_\beta}{E}\right).$$

ამ ფორმულის გამოყენებით გამოვიანგარიშოთ მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა σ_{max} -თვის

$$M(\sigma_{max}) = \bar{\sigma}_{max} \frac{P(a\ell - a^2)}{W} \left(1 - \alpha \cdot \frac{E_\beta}{E}\right);$$

$$\sigma(\sigma_{max}) = (\sigma_{max})_\beta \frac{P(a\ell - a^2)}{W} \cdot 1 - \alpha \cdot \frac{E_\beta}{E}.$$

თუ დავუშვებთ ალბათობას μ_0 და მიღებული $\bar{\sigma}_{max}$ და $(\sigma_{max})_\beta$ განტოლებაში ჩავსვავთ მივიღებთ:

$$\frac{\sigma_0 - \bar{\sigma}_{max}}{(\sigma_{max})_\beta} = \Phi^{-1}(\mu_0 - 0.5),$$

რომელიც მოყვანილია ამოცანაში №1, აქედან მივიღებთ W -ს.

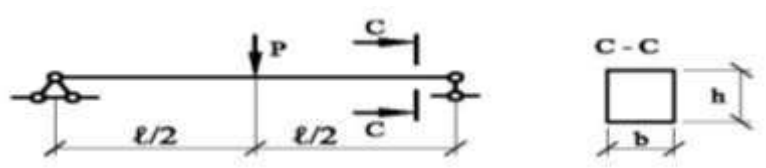
ამოხსნა

თანახმად [3]

$$B = \frac{3q\ell}{8 \left(1 + \frac{3EI}{k\ell^3}\right)}; \quad M_{max} = B\ell - \frac{q\ell^2}{2}.$$

➤ **ამოცანა №2**

აწარმოეთ დეტერმინისტული განივი ძალის P და ნორმალური კანონის მიხედვით განაწილებული შემთხვევითი მკუმშავი ძალის S მოქმედების ქვეშ მყოფი სახსრულად დაყრდნობილი კოჭის სიმტკიცეზე გაანგარიშება (ნახ. 2).



ნახ. 2

ამოცანა

ა) **ტრადიციული დეტერმინისტული გაანგარიშება**

წარმოებს ანალოგიურად №1 ამოცანისა, მხოლოდ ფორმულას σ_{max} მიახლოებითი გაანგარიშებისათვის ექნება შემდეგი სახე

$$\sigma_{max} = \frac{S}{F} + \frac{M_{max}}{W \left(1 + \frac{S}{P_{კრ}}\right)},$$

სადაც M_{max} – კოჭში მაქსიმალური მომენტი, რომელიც გაანგარიშებულია განივი ღუნვის შემთხვევისათვის (ჩვენი კოჭისათვის)

$$M_{max} = \frac{P\ell}{4};$$

$F = bh$ – განიკვეთის ფართობი;

$P_{კრ}$ – კრიტიკული ძალა, რომელიც გამოიანგარიშება ეილერის ფორმულით (ჩვენი კოჭისათვის $P_{კრ} = \pi^2 EI\ell^{-2}$).

შემდგომ აღვნიშნოთ, რომ ადრე (№1 ამოცანაში) σ_{max} -სათვის გასაანგარიშებელი ფორმულის კონსტრუქცია იძლეოდა საშუალებას უშუალოდ სიმტკიცის პირობიდან მოგვეძებნა W . ეხლა კი σ_{max} -სათვის საანგარიშო ფორმულაში შედის განიკვეთის სამი მახასიათებელი (W , F და I), რომლებიც დაკავშირებულია ფარდობებით $I = W \cdot h/2$, $F = W \cdot h/6$. ამიტომ თუ მივიღებთ კოჭის სიმაღლეს h , ჩვენ სიმტკიცის პირობიდან ვიპოვით W . შემდგომ, რადგან გვაქვს W და h , ვიპოვით კოჭის სიგანეს b . ამგვარად კოჭის კვეთის შერჩევა დასრულებულია.

ბ) ალბათური გაანგარიშება

გაანგარიშების მსვლელობა ანალოგიურია №1 ამოცანის. σ_{max} -სათვის მათემატიკური მოლოდინის და საშუალო კვადრატული გადახრის გაანგარიშებისათვის უნდა გავაწრფივოთ σ_{max} საანგარიშო ფორმულის მეორე შესაკრები. დავშალოთ იგი ბინომინალურ მწკრივად და შევეუნარჩუნოთ პირველი ორი წევრი (ამგვარ მწკრივში დაშლა შესაძლებელია, რადგან $\bar{S}/P_{კრ} < 1$).

ამგვარად σ_{max} საანგარიშო ფორმულა იქნება

$$\bar{\sigma}_{max} = \frac{\bar{S}}{F} + \frac{M_{max}}{W} \left(1 + \frac{\bar{S}}{P_{კრ}} \right).$$

ახლა ვიპოვით მათემატიკური მოლოდინი, დისპერსია და საშუალო კვადრატული გადახრა იმის გათვალისწინებით, რომ $M_{max} = P\ell$:

$$\begin{aligned} M(\sigma_{max}) &= \bar{\sigma}_{max} = E \left[\frac{\bar{S}}{F} + \frac{P\ell}{4W} \left(1 + \frac{\bar{S}}{P_{კრ}} \right) \right]_{(1)} = \\ &= \frac{1}{F} \bar{S} + \frac{P\ell}{4W} \left(1 + \frac{\bar{S}}{P_{კრ}} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\sigma_{max}) &= (\sigma_{max})_{\sigma}^2 = D \left[\frac{\bar{S}}{F} + \frac{P\ell}{4W} \left(1 + \frac{\bar{S}}{P_{კრ}} \right) \right]_{(2)} = \\ &= \frac{1}{F^2} D(\bar{S}) + \left(\frac{P\ell}{4WP_{კრ}} \right)^2 (\bar{S}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma(\sigma_{max}) &= (\sigma_{max})_{\sigma} = \left[\frac{1}{F^2} + \left(\frac{P\ell}{4WP_{კრ}} \right)^2 \right] \cdot S_{\sigma} \quad (3) \\ &= \frac{1}{W} \left[\left(\frac{h}{6} \right)^2 + \left(\frac{P\ell}{4WP_{კრ}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot S_{\sigma}. \end{aligned}$$

(1)- ში გამოყენებულია შემდეგი ფორმულები

$$E(x - y) = E(x) - E(y); E(c) = c; E(cx) = cE(x);$$

ხოლო (2)- ში გამოყენებულია ფორმულები

$$D(c) = 0; D(cx) = c^2 D(x); D(x + y) = D(x) + D(y);$$

და (3)- ში გამოყენებულია ფორმულა

$$F = \frac{6 \cdot W}{h}.$$

შემდგომ მივიღოთ μ_0 და h და მივუბრუნდეთ №1 ამოცანის შემდეგ განტოლებას

$$\frac{\sigma_0 - \bar{\sigma}_{max}}{(\sigma_{max})_{\sigma}} = \Phi^{-1}(\mu_0 - 0.5).$$

ამოხსნით ვიპოვიოთ W -ს.

➤ **ამოცანა 3**

განვიხილოთ თანაბრად ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი წნევით დატვირთული სქელკედლიანი რგოლის გაანგარიშება (იპოვეთ a/b).

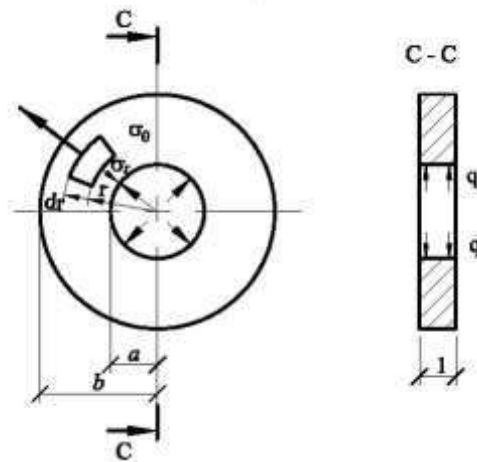
ამოხსნა

ა) ტრადიციული დეტერმინისტული გაანგარიშება

კოჭის დამაბული მდგომარეობა ხასიათდება ორი σ_r - რადიალური და σ_0 - წრიული ძაბვებით. ეს ძაბვები მოიპოვება შემდეგი ორი დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნიდან [4]:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_0}{r} = 0; \quad \frac{d\sigma_0}{dr} + \frac{\sigma_0 - \sigma_r}{r} = 0$$

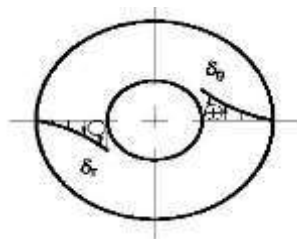
და სასაზღვრო პირობებიდან (ნახ. 3): $\sigma_r(r = a) = -q$; $\sigma_r(r = b) = 0$.



ნახ. 3

ამონახსნი გვაძლევს

$$\sigma_r = \frac{qa^2}{b^2 - a^2} \left(1 - \frac{b^2}{r^2}\right); \quad \sigma_0 = \frac{qa^2}{b^2 - a^2} \left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right).$$



ნახ. 4

მაბვათა ეპიურებიდან (ნახ.4) ნათელია, რომ როგორც σ_r , ასევე σ_0 აღწევენ თავის მაქსიმუმს რგოლის შიდა ზედაპირზე. თუ დავუშვებთ, რომ $r = a$, მივიღებთ ძაბვების შემდეგ მაქსიმალურ მნიშვნელობებს:

$$(\sigma_r)_{max} = -q; \quad (\sigma_0)_{max} = q \frac{b^2+a^2}{b^2-a^2}.$$

ფართობის b/a განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ სიმტკიცის შემდეგი კრიტერიუმი:

$$\sigma_{კვ} = (\sigma_0)_{max} - (\sigma_r)_{max} \leq \sigma_0,$$

სადაც σ_0 – სიმტკიცეზე დასაძვები ძაბვაა.

$(\sigma_0)_{max}$ და $(\sigma_r)_{max}$ ჩასმით ამ პირობაში მივიღებთ

$$\frac{2q}{1-\frac{a^2}{b^2}} \leq \sigma_0 \quad \text{ან} \quad \frac{a^2}{b^2} = 1 - \frac{2q}{\sigma_0}.$$

ამოხსნა დასრულებულია, რადგან მოცემული q და σ_0 დროს შესაძლებელი ვიპოვით ფარდობა (a/b) .

ბ) ალბათური გაანგარიშება

სიმტკიცის პირობა შევცვალოთ შემდეგი პირობით: $P\{\sigma_{კვ} \leq \sigma_0\} = \mu_0$.

ჩვეულებრივი გაანგარიშებიდან

$$\sigma_{კვ} = \frac{2q}{1 - \frac{a^2}{b^2}}.$$

შემდგომ ამოხსნის მსვლელობა ანალოგიურია №1 ამოცანის.

თუ $q = 2100$ კგ/სმ², $q_b = 30$ კგ/სმ², $\sigma_0 = 2400$ კგ/სმ², მაშინ მნიშვნელობა $(a/b)^2$ სხვადასხვა μ_0 დროს მოყვანილია ცხრილში 1

μ_0	0.8	0.9	0.95	0.97
$\Phi^{-1}(\mu_0 - 0.5)$	0/84	1.28	1.64	1.88
$\left(\frac{a}{b}\right)^2$	0.78	0.77	0.76	0.755

სამი სიგემების კანონის მიხედვით ვიპოვოთ მაქსიმალურად შესაძლებელი მნიშვნელობა $q_{max} = \bar{q} + 3q_b = 300$ კგ/სმ² და ვაწარმოთ ჩვეულებრივ გაანგარიშება ამ დეტერმინისტული წნევის მიხედვით. მაშინ მივიღებთ: $\left(\frac{a}{b}\right)^2 = 0.75$.

3. დასკვნა

საინჟინრო-ტექნიკური ნაგებობების ფუნქციონირებისას სამშენებლო კოსტრუქციები, საკომუნიკაციო საშუალებები და სხვ., ხშირად განიცდის შემთხვევითი ფაქტორების ზემოქმედებას. მათი სტოქასტური ბუნებიდან გამომდინარე და სწორად დაპროექტებისათვის ჩატარებული გათვლებისას მიზანშეწონილია სტოქასტური ანალიზის მეთოდების გამოყენებაც, შემდეგში მოსალოდნელი შედეგების პროგნოზირების მიზნით, რისი მიღწევაც შესაძლებელია ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდების და ანალიზის გამოყენებით. მიგვაჩნია, რომ მოცემული ნაშრომი გარკვეულ, მცირეოდენ წვლილს მაინც შეიტანს ზემოაღნიშნული მიმართულებით.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Mania G. (1963). Some methods of mathematical statistics. Pub. of Georgian Academy of Sciences. Tbilisi. -351 p.
2. Mania G. (1982). A course in Probability Theory. Tbilisi State Univ., -339 p.

3. Buadze T. (2001). Elements of Descriptive Statistics, Probability Theory and Mathematical Statistics. 2nd Completed Ed., Tbilisi State Univ., -272 p.
4. Buadze T. (2019). Probabilistic-statistical Methods and Tasks for Engineering and Construction Specialties. Tbilisi State Univ., -99 p.
5. Lazrieva N., Many M., Mari G., Mosidze A., Toronjadze A., Toronjadze T., Shervashidze T. (2000). Probability Theory, Mathematical Statistics for Economists. A. Razmadze Institute of Mathematics, "Eurasia Foundation". -661 p.
6. Zhuzhniashvili D., Buadze T., Giorgadze Vazha. (2023). Applied aspects of probabilistic-statistical methods. Transact. of Georgian Technical University "AUTOMATED CONTROL SYSTEMS", No 2(36). Tbilisi, pp. 29-36.

(სტატია მიღებულია 9.11.2024)

ON THE USE OF STOCHASTIC ANALYSIS METHODS IN ENGINEERING AND TECHNICAL PROBLEMS

Buadze Tristan, Bibiluri Malkhaz
Georgian Technical University
t.buadze@gtu.ge; m.bibiluri@gtu.ge

Summary

The article discusses ways of solving specific practical engineering and technical problems using stochastic methods in conditions where the characteristics and parameters of the studied project object are random in accordance with the previously known probability distribution law. Based on this, it becomes very interesting and relevant to compare the results of analysis and calculations of the tasks set before us using probabilistic-statistical methods and the results of solving these same problems using traditional deterministic methods [see 6]. Accordingly, the presented work discusses the corresponding comparisons and analysis in solving some problems.

(Received 9.11.2024)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ СТОХАСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

Буадзе Т., Бибилури М.
Грузинский Технический Университет
t.buadze@gtu.ge; m.bibiluri@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются пути решения конкретных практических инженерно-технических задач стохастическими методами в условиях, когда характеристики и параметры исследуемого объекта являются случайными в соответствии с известным ранее законом распределения вероятностей. Исходя из этого, становится весьма интересным и актуальным сравнение результатов анализа и расчетов поставленных перед нами задач вероятностно-статистическими методами и результатов решения этих же задач традиционными детерминистическими методами. В представленной работе обсуждаются соответствующие сравнения и анализ при решении некоторых задач.

(Поступила 9.11.2024)

FUZZY PROBABILITY WAY TO REDUCE UNCERTAINTY IN DECISION MAKING

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

Abstract

In traditional probability theory, the probability of an event is a number between 0 and 1 that precisely quantifies the likelihood of an event occurring. However, in some cases, the event itself may not be clearly defined. For instance, the term "likely" or "almost certainly" can be subjective, depending on the context. Fuzzy probability is a method that combines fuzzy logic with probability theory to handle uncertainty in situations where there is imprecision, vagueness, or incomplete information. It provides a way to reduce uncertainty in decision-making processes by representing and reasoning about events with fuzzy probabilities rather than crisp values, which can often be too rigid or deterministic for complex, real-world situations.

Key words: fuzzy probability, membership function, fuzzy set, fuzzy logic, fuzzy inference systems (FIS)

1. Introduction

The conventional approaches to decision analysis are based on the assumption that the probabilities which enter into the assessment of the consequences of a decision are known numbers. In most realistic settings, this assumption is of questionable validity since the data from which the probabilities must be estimated are usually incomplete, imprecise or not totally reliable. What do we mean by fuzzy probability theory? Isn't probability theory already fuzzy? That is, probability theory does not give precise answers but only probabilities. The imprecision in probability theory comes from our incomplete knowledge of the system but the random variables (measurements) still have precise values.

Fuzzy probability is a method that combines fuzzy logic with probability theory to handle uncertainty in situations where there is imprecision, vagueness, or incomplete information. It provides a way to reduce uncertainty in decision-making processes by representing and reasoning about events with fuzzy probabilities rather than crisp values, which can often be too rigid or deterministic for complex, real-world situations.

2. Main part

Fuzzy probability refers to a concept that combines principles from both fuzzy logic and probability theory to handle uncertainty in situations where the events or outcomes are not precisely defined or are subject to vagueness.

In traditional probability theory, the probability of an event is a number between 0 and 1 that precisely quantifies the likelihood of an event occurring. However, in some cases, the event itself may not be clearly defined. For instance, the term "likely" or "almost certainly" can be subjective, depending on the context.

Traditional probability theory works with precise values (i.e., the probability of an event is a single number between 0 and 1). However, in many real-world scenarios, events are not always well-defined. For example, statements like "the temperature is likely to be high" or "it might rain tomorrow" are fuzzy, because they involve vague linguistic terms.

Fuzzy probability attempts to handle such imprecision by representing uncertainty in the probability of events using fuzzy sets rather than crisp values. A fuzzy set is a set where the membership of elements is expressed in degrees, not in binary terms (i.e., it is not just a matter of being "in" or "out" of the set).

In classical probability theory the event has a precise description. For example, the event $A = \{1, 3, 5\}$ from the above example has a precise description and can be represented by an ordinary set. At the same time each fuzzy event may be represented by fuzzy set. For example, the event "large number" may be represented by a fuzzy set.

$$B = \{(6, 0.9), (5, 0.7), (6, 0.5)\}.$$

Probability of fuzzy event

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}$$

Fuzzy probability allows these fuzzy statements to be translated into mathematical terms. Instead of assigning a precise value, fuzzy probability provides a range or degree of belief, represented by a fuzzy set, that better reflects the uncertainty or vagueness of the situation.

Key points of fuzzy probability: Fuzzy Sets for Uncertainty - Events are described by fuzzy sets, where each outcome has a degree of membership between 0 and 1. This means the probability itself can be fuzzy, reflecting varying levels of certainty or uncertainty about the event; Fuzzy Probability Distributions: Instead of assigning a single value to the probability of an event, fuzzy probability theory assigns a range or a fuzzy set, providing a more flexible representation of uncertainty; Linguistic Variables: In fuzzy probability, terms like "likely", "unlikely", or "almost certain" can be used to describe the probability of events, and these terms are then quantified using fuzzy logic. For example, "likely" might correspond to a fuzzy set that includes values near 0.7 or 0.8, but not necessarily restricted to one exact number; Use in Decision Making: This approach is useful when the available data is imprecise, incomplete, or subjective, such as in decision-making processes, risk assessment, or situations where human judgment is involved.

This allows more nuanced reasoning compared to classical probability theory, where an event is either possible or not, without any middle ground.

In fuzzy probability, uncertainty is expressed using linguistic terms such as "unlikely," "likely," "certain," and "impossible," which are represented by fuzzy sets with membership functions. For instance: "Likely" could be represented by a fuzzy set with a high membership value (say, 0.8) for certain events; "Unlikely" might have a membership value close to 0 for most cases.

Instead of assigning a single value to an event's probability, fuzzy probability allows for fuzzy probability distributions. A fuzzy distribution can represent a range of possible outcomes with different degrees of certainty, allowing for more flexible modeling. This is particularly useful when data is imprecise or there is no clear-cut value for an event's likelihood.

A membership function is a key concept in fuzzy logic that defines how each element in the input space (or universe of discourse) is mapped to a membership value between 0 and 1. It is used to quantify the degree of membership of an element to a fuzzy set.

The output of a membership function is always a value between 0 and 1, where: 0 means that the element does not belong to the fuzzy set; means that the element fully belongs to the fuzzy set; Values between 0 and 1 indicate partial membership. The input space is the range of values over which the membership function is defined. For example, in a fuzzy set for "temperature," the input space might range from 0°C to 100°C.

The membership function can take various forms depending on how the fuzziness is modeled. Some common shapes include: Triangular - A simple shape with a peak at the point of maximum membership and linearly decreasing values on either side; Trapezoidal - Similar to the triangular membership function, but with a flat top to indicate a range of values that have full membership; Gaussian - A bell-shaped curve that is useful when modeling smooth, continuous transitions; Sigmoidal - A "S"-shaped curve, often used to model gradual transitions between two extremes.

Fuzzy probability can be incorporated into fuzzy inference systems (FIS), which are used to make decisions based on fuzzy logic. In these systems, fuzzy rules are applied to input data, and the resulting fuzzy probabilities help guide the decision-making process. For example, in an air conditioning system, the temperature may be fuzzy (e.g., "warm," "slightly cool"), and fuzzy probabilities are used to adjust the system's behavior (e.g., increase cooling or decrease fan speed).

How fuzzy probability reduce uncertainty:

1. **More Flexible Representation:** Traditional probability gives a single number, which might be insufficient when dealing with real-world uncertainty. Fuzzy probability provides a range of possibilities or degrees of belief, which helps better model uncertainty.
2. **Capturing Subjective Judgment:** Many real-world decisions involve human judgment, which is often imprecise. Fuzzy probability allows for subjective assessments (e.g., "somewhat likely") to be incorporated into the model, making it possible to handle uncertainty based on human experience or vague data.
3. **Adapting to Imprecise Information:** In cases where precise data is unavailable or unreliable, fuzzy probability can work with vague or partial information, reducing the need for highly accurate data and still enabling reasonable conclusions.
4. **Enhanced Decision Making:** Fuzzy probability helps decision-makers reason about uncertain situations more effectively by considering a range of possibilities, rather than forcing a deterministic or crisp conclusion. This leads to better-informed decisions in situations with complex, imprecise, or incomplete information.

3. Conclusion

In traditional set theory, an element either belongs to a set or it does not. In contrast, fuzzy set theory allows for partial membership, where an element can belong to a set to varying degrees, represented by a value between 0 and 1.

fuzzy probability reduces uncertainty by providing a framework for reasoning with vague or imprecise information, allowing for more nuanced decision-making. It is especially useful in domains where traditional probability models fall short due to their reliance on precise and deterministic inputs.

ლიტერატურა – References:

1. Gudder S., What is fuzzy probability theory? *Foundations of Physics*, Vol. 30, No. 10, (2000) p.1663-1678
2. Provotar O.A., O.A. Fuzzy probability of fuzzy events, *Cybernetics and Systems Analysis* · April (2020)
3. Provotar O.I., Provotar O.O. *Credibility in Fuzzy Inference Systems*. *International Scientific Journal Cybernetics and Systems Analysis*. 53, 866-876 (2017).
4. Zadeh L.A. *Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility* / Zadeh L.A. // *Fuzzy Sets ana Systems*. Vol. 1. p. 3–28. (1978)

(Received 15.11.2024)

არამკაფიო ალბათობა გადაწყვეტილების მიღებისას განუსაზღვრელობის შემცირების გზა

დალი მაგრაქველიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
d.magrakvelizde@gtu.ge

რეზიუმე

ტრადიციული ალბათობის თეორიაში, ხდომილების ალბათობა არის რიცხვი 0-დან 1-მდე, რომელიც ზუსტად განსაზღვრავს მოვლენის დადგომის ალბათობას. თუმცა, ზოგიერთ შემთხვევაში, თავად ხდომილება შეიძლება მკაფიოდ არ იყოს განსაზღვრული. მაგალითად, ტერმინი "სავარაუდოდ" ან "თითქმის აუცილებლად" შეიძლება იყოს სუბიექტური კონტექსტიდან გამომდინარე. არამკაფიო ალბათობა არის მეთოდი, რომელიც აერთიანებს არამკაფიო ლოგიკას და ალბათობის თეორიას, რათა გაუმკლავდეს განუსაზღვრელობას იმ სიტუაციებში, სადაც არის გაურკვევლობა, არამკაფიოობა ან არასრული ინფორმაცია. ის იძლევა საშუალებას შემცირდეს განუსაზღვრელობა გადაწყვეტილების მიღების პროცესში მოვლენების წარმოდგენით და დასაბუთებით არამკაფიო ალბათობის და არა მკაფიო მნიშვნელობების საშუალებით, რომლებიც ხშირად შეიძლება იყოს ძალიან ხისტი ან დეტერმინირებული, რეალურ სამყაროს რთული სიტუაციებისთვის.

(სტატია მიღებულია 17.11.2024)

НЕЧЕТКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Дали Маграквелидзе
Грузинский Технический Университет
d.magrakvelizde@gtu.ge

Резюме

В традиционной теории вероятностей вероятность события — это число от 0 до 1, которое точно определяет вероятность возникновения события. Однако в некоторых случаях само действие может быть нечетко определено. Например, термины «вероятно» или «почти наверняка» могут быть субъективными в зависимости от контекста. Нечеткая вероятность — это метод, который сочетает в себе нечеткую логику и теорию вероятностей для борьбы с неопределенностью в ситуациях, когда существует неопределенность, двусмысленность или неполная информация. Это позволяет снизить неопределенность в процессе принятия решений, представляя и обосновывая события посредством нечетких вероятностей, а не четких значений, которые часто могут быть слишком жесткими или детерминированными для сложных реальных ситуаций.

(Поступила 17.04.2024)

არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენება მართვის სისტემების ანალიზისა და კვლევისათვის

ნინო მჭედლიშვილი, ნინო მწითური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია არამკაფიო ლოგიკის არსი და მისი მნიშვნელოვანი როლი ავტომატური მართვის სისტემებში. იგი გვთავაზობს მოქნილ და ინტუიციურ მიდგომას გაურკვეველ ან არაზუსტ ინფორმაციასთან მუშაობის დროს. შემუშავებულია არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებისას ინფორმაციის დამუშავების ეტაპები. წარმოდგენილია ობიექტების მართვის თავისებურებანი, სამართავი და საკონტროლო ობიექტების მახასიათებლები და უპირატესობები. გამოვლენილ იქნა გამოყენების მაგალითები სხვადასხვა სფეროში. MATLAB პლატფორმის ბაზაზე დამუშავებულ იქნა სისტემა არამკაფიო მართვის პროცესების გამოყენების რამდენიმე შესაძლებლობით.

საკვანძო სიტყვები: არამკაფიო ლოგიკა. ფაზიფიკაცია და დეფაზიფიკაცია. სისტემა MATLAB.

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 გთავაზობს მოქნილ და ინტუიციურ მიდგომას გაურკვეველ ან არაზუსტ ინფორმაციასთან მუშაობის დროს. არამკაფიო ლოგიკა გვთავაზობს მრავალმხრივ და მძლავრ ინსტრუმენტს ავტომატური მართვის სისტემების შესაქმნელად, რომელსაც შეუძლია ეფექტურად გაუმკლავდეს გაურკვეველობას, არაწრფივობას და სირთულეს. იგი გამოიყენება სხვადასხვა დარგებში, მათ შორის რობოტიკა, ავტომობილების წარმოება, კოსმოსური პროცესების მართვა, სამომხმარებლო ელექტრონიკა და სხვა.

2. არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენება მართვის სისტემების ანალიზისა და კვლევისათვის

ზოგადად, ავტომატური მართვის სისტემებში გამოიყენება ტრადიციული მათემატიკური აპარატი, რომელიც ხშირად ვერ აკმაყოფილებს კვლევის თანამედროვე მოთხოვნებს. ამიტომ ბოლო პერიოდში ფართოდ გავრცელდა ე.წ. „რბილი გამოთვლები“, რომლის ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს მართვის ისეთი ხარისხის უზრუნველყოფაში, როცა განუსაზღვრელობის პირობებში, ხარჯის მისაღებ დონეზე შენარჩუნებით, რეალიზებულია მაღალი ხარისხის მართვის სისტემა. „რბილ გამოთვლებს“ მიაკუთვნებენ შემდეგ ინფორმაციულ ტექნოლოგიებს: ექსპერტული სისტემები, არამკაფიო ლოგიკის სისტემები, ნეირონული ქსელები, გენეტიკური ალგორითმები, ჰიბრიდული სისტემები და სხვ. არამკაფიო ლოგიკა არის ადამიანის სავარაუდო მსჯელობის გადატანა მანქანურ ენაზე. ხშირად იქმნება სიტუაცია, როცა

100%-ანი ალბათობით ვერ ვაფიქსირებთ ამა თუ იმ ფაქტს. ამ შემთხვევაში, კლასიკური ლოგიკა არ გამოდგება და შეუძლებელია ჩამოყალიბდეს ალგორითმი ჩვენი მსჯელობის საფუძველზე.

გარდა ამისა, ბოლო წლებში ენერჯის მოხმარების ზრდა კარნახობს ახალი სიმძლავრეების გენერირების დანერგვას და ქსელის სიმძლავრის გაზრდას. ელექტროენერჯის გათიშვა ხშირად იწვევს დიდ ეკონომიკურ ზიანს. ამის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია ახალი დაცვის საშუალებების გამოყენება და სისტემის დისპეტჩერიზაცია. ყველა ამ ფაქტორმა განაპირობა ახალი ტენდენციის გაჩენა შიგა ელექტროენერჯის ინდუსტრიაში – ტენდენცია არსებული კომპიუტერიზაციისა და ახალი ჰივანი ქსელების აგებისკენ.

არამკაფიო ლოგიკა განსაკუთრებით კარგად გამოიყენება არაწრფივი სისტემების სამართავად, სადაც მართვის ტრადიციულ მეთოდებმა შეიძლება ვერ მოგვცეს სასურველი შედეგი. არამკაფიო მართვის სტრატეგიებს შეუძლია შეეგუონ სისტემის არაწრფივ ქცევას და შესაბამისად დაარეგულიროს მართვის მოქმედებები, რაც გამოიწვევს გაუმჯობესებულ შესრულებას და სტაბილურობას.

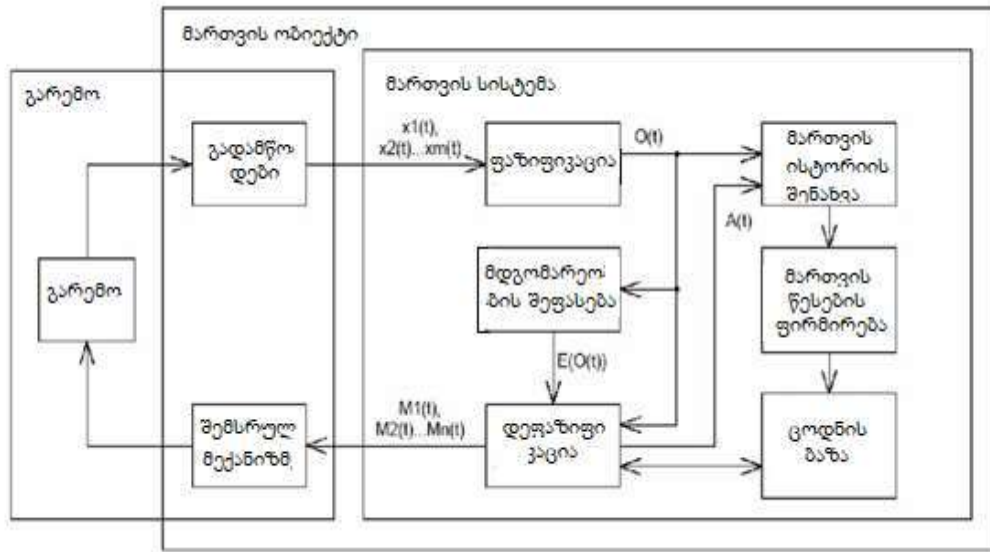
ავტომატური მართვის სისტემები ხშირად აწყდებიან გაურკვეველობას პარამეტრების ცვლადობის, დარღვევების ან გარემოს ცვლილებების გამო. არამკაფიო ლოგიკა უზრუნველყოფს მყარ ჩარჩოს გაურკვეველობის დასაძლევად ლინგვისტური ცვლადების და არამკაფიო წესების ჩართვით, რომლებიც ასახავს სისტემის ქცევას სხვადასხვა პირობებში.

კომპლექსურ მართვის სისტემებში, სადაც აშკარა მათემატიკური მოდელების შემუშავება შეიძლება რთული იყოს, არამკაფიო ლოგიკა საშუალებას აძლევს მართვის სტრატეგიებს დაეფუძნოს ექსპერტულ ცოდნას. არამკაფიო დასკვნის სისტემებს შეუძლია ადამიანის გადაწყვეტილების მიღების პროცესების მიბაძვა, რაც მათ შესაფერისს გახდის იმ აპლიკაციებისთვის, სადაც ადამიანის გამოცდილება ღირებულია. არამკაფიო ლოგიკა მრავალი შემავალი და გამომავალი ცვლადის მქონე სისტემების მართვის საშუალებას იძლევა, ცვლადებს შორის ურთიერთქმედების გათვალისწინებით. მათი ქცევის რეგულირებისთვის შესაბამისი არამკაფიო წესების განსაზღვრით დინამიკურ გარემოში და ცვლადად საექსპლუატაციო პირობებში.

არამკაფიო ლოგიკაზე დაფუძნებულ MIMO კონტროლერებს შეუძლია კომპლექსური ურთიერთქმედება და სასურველი მართვის მიზნების ეფექტურად მიღწევა. ასეთი კონტროლერები ფართოდ გამოიყენება ავტომატური მართვის სისტემებში, რათა დაარეგულირონ გამომავალი ცვლადები – შემავალ ცვლადებსა და წინასწარ განსაზღვრულ წესებზე დაყრდნობით. ტრადიციული კონტროლერებისგან განსხვავებით, რომლებიც ეყრდნობა ზუსტ მათემატიკურ მოდელებს, არამკაფიო კონტროლერებს (ამკ) შეუძლია არაწრფივი და რთული სისტემების ეფექტურად მართვა. ამკ შედგება ფაზიფიკაციის (რიცხვითი მნიშვნელობის გარდაქმნა სიმბოლურ არამკაფიო მნიშვნელობაში) და დეფაზიფიკაციის (სიმბოლური არამკაფიო მნიშვნელობის გარდაქმნა რიცხვით მნიშვნელობაში) ეტაპებისაგან (ნახ.1) [3, 4]:

1. ფაზიფიკაცია – რიცხვითი მნიშვნელობის გარდაქმნა სიმბოლურ არამკაფიო მნიშვნელობაში.
2. დეფაზიფიკაცია – სიმბოლური არამკაფიო მნიშვნელობის გარდაქმნა რიცხვით მნიშვნელობაში.

რაც შეეხება არამკაფიო დასკვნის სისტემას, იგი არის არამკაფიო დასკვნების მიღების პროცესის ობიექტის საჭირო მართვის შესახებ არამკაფიო პირობებზე ან წესებზე დაყრდნობით, რაც წარმოადგენს ინფორმაციას ობიექტის მიმდინარე მდგომარეობის შესახებ. ეს პროცესი აერთიანებს არამკაფიო სიმრავლეების თეორიის ყველა ძირითად ცნებას: მიკუთვნების ფუნქციებს, ლინგვისტურ ცვლადებს, არამკაფიო იმპლიკაციურ მეთოდებს და ა.შ.



ნახ.1. არამკაფიო ლოგიკის სისტემის ბლოკ-სქემა

არამკაფიო მეთოდებით აღწერილი სისტემის ქცევის პრინციპების გამოყენებით, პირველ რიგში, არ იხარჯება ბევრი დრო ცვლადთა ზუსტი მნიშვნელობების გასარკვევად და აღმწერ განტოლებათა შედგენით; მეორეც, შეიძლება შევადგათ გამომავალი სიგნალების სხვადასხვა ვარიანტი.

არამკაფიო ლოგიკის კონტროლერები აქტიურად გამოიყენება არაწრფივ სისტემებში ან სისტემებში არაწრფივი გარე ზემოქმედებით და სისტემებში ხანგრძლივი შეყოვნებით. ჩვეულებრივი PID (პროპორციული ინტეგრალური დიფერენციალური) რეგულატორები ფართოდ გამოიყენება მართვის სისტემებში სხვადასხვა დარგში, მათ შორის ავტომობილების წარმოებაში, აერონავტიკასა და რობოტიკაში. ისინი უზრუნველყოფს მარტივ, მაგრამ ეფექტურ მეთოდს დინამიკური სისტემების ქცევის სამართავად, გამოსავლის კორექტირებით სასურველ დანიშნულ წერტილსა და ფაქტობრივი პროცესის ცვლადს შორის შეცდომის საფუძველზე.

ქვემოთ მოცემულია ჩვეულებრივი PID კონტროლერების რამდენიმე ძირითადი მახასიათებელი:

- PID კონტროლერები შედარებით მარტივია დასაწერად და გასაგებად, რაც მათ შესაფერის ხდის აპლიკაციების ფართო სპექტრისთვის, სადაც უპირატესობა ენიჭება სიმარტივეს;
- PID კონტროლერები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ტიპის საკონტროლო სისტემებში, მათ შორის ტემპერატურის კონტროლი, წნევის კონტროლი, სიჩქარის კონტროლი, პოზიციის კონტროლი და სხვ.;
- სათანადო დარეგულირებით, PID კონტროლერებს შეუძლია უზრუნველყოს ძლიერი შესრულება, თუნდაც დარღვევების, ხმაურის და პარამეტრების ცვალებადობის არსებობის შემთხვევაში;
- PID კონტროლერები შეიძლება მოერგოს მართვის სხვადასხვა მიზნებს და სისტემის დინამიკას კონტროლერის პარამეტრების რეგულირებით.

მაგრამ მიუხედავად მათი ფართო გამოყენებისა და ეფექტურობისა, ჩვეულებრივ PID კონტროლერებს შეიძლება ჰქონდეს შეზღუდვები არაწრფივობის, რთული დინამიკისა და დიდი დარღვევების მართვაში. ასეთ შემთხვევებში შეიძლება საჭირო გახდეს მართვის თანამედროვე

ტექნიკა ან PID სტრუქტურის ცვლილებები უკეთესი შესრულების მისაღწევად ამიტომ არამკაფიო PID კონტროლერები, ასევე ცნობილი როგორც არამკაფიო ლოგიკაზე დაფუძნებული PID კონტროლერები ან fuzzy-PID კონტროლერები, აერთიანებს ტრადიციული PID კონტროლერის უპირატესობებს არამკაფიო ლოგიკის სისტემების მოქნილობასთან და ადაპტაციასთან. ეს კონტროლერები აერთიანებს არამკაფიო ლოგიკის ტექნიკებს PID კონტროლის სტრუქტურაში, რათა გაზარდონ მართვის ხარისხი განსაკუთრებით სისტემებში, რომლებსაც აქვთ არაწრფივობა, განუსაზღვრელობა ან რთული დინამიკა. არამკაფიო ლოგიკის PID კონტროლის სტრუქტურაში ჩართვით, არამკაფიო PID კონტროლერები გვთავაზობენ რამდენიმე უპირატესობას ტრადიციულ PID კონტროლერებთან შედარებით:

- არამკაფიო PID კონტროლერებს შეუძლიათ არაწრფივობის უფრო ეფექტურად მართვა, ვიდრე ჩვეულებრივ PID კონტროლერებს;
- არამკაფიო ლოგიკაზე დაფუძნებული მიდგომა საშუალებას იძლევა უფრო მოქნილი და ადაპტირებული მართვის სტრატეგიები იქნას შემუშავებული არაწრფივ სისტემებში;
- არამკაფიო PID კონტროლერები არსებითად მდგრადია გაურკვეველობებისა და სისტემის პარამეტრების ვარიაციებისთვის;
- არამკაფიო ლოგიკის ჩარჩოს შეუძლია შეიტანოს არაზუსტი შემავალი მონაცემები და ვარიაციები საოპერაციო პირობებში;
- არამკაფიო PID კონტროლერებს შეუძლიათ თავიანთი მართვის სტრატეგიის ადაპტირება სისტემის ამჟამინდელ მდგომარეობასა და სამუშაო პირობებზე დაყრდნობით;
- არამკაფიო დასკვნის მექანიზმი დინამიკურ გარემოში გონივრული გადაწყვეტილების მიღების საშუალებას იძლევა.

ხშირ შემთხვევაში, არამკაფიო PID კონტროლერებს შეუძლია მიაღწიოს უკეთეს შესრულებას ტრადიციულ PID კონტროლერებთან შედარებით, განსაკუთრებით რთულ ან გაურკვეველ სისტემებში. აქედან გამომდინარე არამკაფიო PID კონტროლერები არის ღირებული ინსტრუმენტი მართვის ინჟინერიაში, განსაკუთრებით არაწრფივი და განუსაზღვრელობის მქონე სისტემებისთვის [1].

არამკაფიო მართვის სისტემების ფართო გამოყენებას დიდად უწყობს ხელს MATLAB პროგრამა, რომელიც შეიცავს პროგრამულ პაკეტს არამკაფიო ლოგიკით. Fuzzy Logic Toolbox იძლევა საშუალებას შეიქმნას და დარედაქტირდეს არამკაფიო მართვის სისტემები არამკაფიო ლოგიკით, რომელსაც MATLAB პროგრამულ სისტემაში ეწოდება – Fuzzy Inference System ან FIS.

ეს სისტემები შეიძლება შეიქმნას როგორც გრაფიკული ინსტრუმენტებით, ასევე MATLAB სამუშაო ფანჯრის ბრძანებების გამოყენებით. გარდა ამისა, MATLAB მოიცავს პაკეტს Simulink დინამიკური სისტემების მოდელირებისთვის, რაც, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა შეიქმნას ერთ ან მრავალკონტურიანი სისტემები მის ბიბლიოთეკაში შემავალი სტანდარტული ბლოკების გამოყენებით. ავტომატიზაციის სისტემა ანალოგური ან არამკაფიო კონტროლერით. Fuzzy Logic Toolbox არის MATLAB-ისა და Simulink-ის გაფართოება, რომელიც უზრუნველყოფს არამკაფიო ლოგიკის სისტემების დიზაინის, სიმულაციისა და დანერგვის ინსტრუმენტებს. ის გვთავაზობს ფუნქციების და გრაფიკული მომხმარებლის ინტერფეისების (GUI) ყოვლისმომცველ კომპლექტს MATLAB-ის გარემოში არამკაფიო დასკვნების სისტემების (FIS) შესაქმნელად, ანალიზისა და მათი ინტეგრირებისთვის Simulink-ის მოდელურში. წესების რედაქტორი GUI მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს განსაზღვრონ არამკაფიო წესები ინტუიციურად ენობრივი ცვლადების და

ოპერატორების გამოყენებით. ის უზრუნველყოფს ვიზუალურ ინტერფეისს არამკაფიო წესების ნაკრების შესაქმნელად და შესაცვლელად, რომელიც ეფუძნება ექსპერტულ ცოდნას ან ემპირიულ მონაცემებს. მომხმარებლებს შეუძლიათ გააანალიზონ არამკაფიო ლოგიკის სისტემების ქცევა MATLAB სკრიპტების ან Simulink მოდელების გამოყენებით.

Fuzzy Toolbox პაკეტი უზრუნველყოფს ფუნქციებს სისტემის მუშაობის შესაფასებლად, სხვადასხვა შეყვანის სცენარის შესამოწმებლად და ვიზუალიზაციისთვის. რთული სისტემებისათვის, მაგალითად, მრავალსაფეხურიანი ავტომატური მართვის სისტემის მოდელირებისას, ინფორმაციის განუსაზღვრელობისას და არაწრფივი ბუნების დროს, არამკაფიო ლოგიკის გამოყენება რაციონალური გადაწყვეტილება იქნება, რადგან მისი დაყენების პრინციპები მართვის სისტემის მოდიფიცირების საშუალებას იძლევა ობიექტის სირთულის ხარისხის მიუხედავად [6].

თანამედროვე ინდუსტრიაში დიდი ყურადღება ექცევა ისეთ ასპექტებს, როგორცაა ენერჯის დაზოგვა, უსაფრთხოება, წარმოება და ეკოლოგია. ამასთან დაკავშირებით, როცა თანამედროვე ავტომატიზაციის პრობლემების გადაჭრა ხდება, უპირატესობა ენიჭება მოწინავე ტექნოლოგიურად განვითარებულ და ინტელექტუალურ სისტემებს. ამ სისტემებს შეუძლია ტექნოლოგიური პროცესის არა მხოლოდ ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნება, არამედ ექსტრემალური სიტუაციებზე რეაგირება, ავარიების თავიდან აცილება და პარამეტრების ნორმიდან გადახრების რეგულირება.

სითბოს მომარაგების სისტემებში საწვავის დაზოგვის ღონისძიებებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს თერმული ენერჯის მოპოვების პროცესის ავტომატიზაციას. გადაუდებელი ამოცანაა მანქანებისა და ავტომატური მართვის სისტემების შემუშავება ისეთი მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური პროცესებისათვის, როგორცაა მაგალითად, ავტომობილების წარმოება, კოსმოსური პროცესების მართვა, სამომხმარებლო ელექტრონიკა და სხვა მრავალი [2].

3. დასკვნა

არამკაფიო ლოგიკა არის ინტელექტუალური მართვის სისტემების ძირითადი კომპონენტი, რომელიც მიზნად ისახავს ადამიანის მსგავსი გადაწყვეტილების მიღების პროცესების მიბაძვას მართვის ალგორითმებში არამკაფიო დასკვნის სისტემების ჩართვით. არამკაფიო ლოგიკის მიმზიდველობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი უახლოვდება ბუნებრივ სამეტყველო ენას, მისი გამოყენება ეყრდნობა ყოველდღიურ გამოცდილებას და ინტუიციას. ავტომატური მართვის სისტემებს შეუძლია აჩვენოს ადაპტაციის, გამძლეობის და ავტონომიის უფრო მაღალი დონე. არამკაფიო ლოგიკის გამოყენება რაციონალური გადაწყვეტილება იქნება, უფრო რთული სისტემებისათვის, მაგალითად მრავალსაფეხურიანი ავტომატური მართვის სისტემის მოდელირებისას, ინფორმაციის განუსაზღვრელობისას და არაწრფივ ბუნების დროს, რადგან მისი დაყენების პრინციპები მართვის სისტემის მოდიფიცირების საშუალებას იძლევა ობიექტის სირთულის ხარისხის მიუხედავად.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. V.B. Uspensky, L.V. Shipulina. (2013). Modern control theory. methods of synthesis and optimization of control systems. <https://core.ac.uk/download/pdf/50574966.pdf>. (in Russian).
2. Fuzzy logic control system. (2020) <https://www.geeksforgeeks.org/fuzzy-logic-control-system/>

3. Fuzzy control system. (2024). https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_control_system (15.09.24)
4. Sara McCaslin. (2021). How to design a fuzzy logic controller. <https://control.com/technical-articles/how-to-design-a-fuzzy-logic-controller/> (20.10.24)
5. Fuzzy-Logic Control. (2023). <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fuzzy-logic-control> (14.09.24)
6. Fuzzy Logic Toolbox. (2024). <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/building-systems-with-fuzzy-logic-toolbox-software.html>

(სტატია მიღებულია 20.11.2024)

USING FUZZY LOGIC METHODS FOR CONTROL SYSTEMS ANALYSIS AND RESEARCH

Nino Mchedlishvili, Nino Mtsituri
Georgian Technical University
nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

Summary

We will talk about the essence and important role of fuzzy logic in automatic control systems, which offers a flexible and intuitive approach when working with uncertain or imprecise information. Stages of information processing when using fuzzy logic are elaborated. features of object management, characteristics and advantages of management and control objects was discussed. Examples of use in various fields were found. Several possibilities for using fuzzy control systems were developed using MATLAB.

(Received 20.11.2024)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Мchedlishvili Н., Мцитури Н.
Грузинский Технический Университет
nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

Резюме

Рассматриваются сущность нечеткой логики и ее важная роль в системах автоматического управления. Он предлагает гибкий и интуитивно понятный подход при работе с неопределенной или неточной информацией. Разработаны этапы обработки информации с использованием нечеткой логики. Представлены особенности управления объектами, характеристики и преимущества объектов управления и контроля. Были выявлены примеры использования в различных сферах. На базе платформы MATLAB разработана система с несколькими возможностями использования процессов нечеткого управления.

(Поступила 20.11.2024)

კლიმატის მონიტორინგი და უსაფრთხოების ბადეების ექსპლუატაცია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებით

ნინო მჭედლიშვილი, ნინო მწითური
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ამინდისა და მეტეოროლოგიური პირობების გავლენის საკითხები სოფლის მეურნეობასა და მევენახეობაზე. მოძიებულია მასალები სეტყვის გამანადგურებელ ეფექტებზე მევენახეობასა და მრავალწლიან ნარგავებში. დამუშავებულია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენებით ამინდის პროგნოზების ტრანსფორმირება, უსაფრთხოების ბადეების ფუნქციონირებისათვის. მოცემულია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენებით შექმნილი ვენახის დამცავი ბადეების უპირატესობების შედარება სეტყვის ღრუბლების გამფანტავი ქვემეხების მოქმედებასთან შედარებით.

საკვანძო სიტყვები: სეტყვა. არამკაფიო ლოგიკა. დამცავი ბადეები.

1. შესავალი

საქართველო ცნობილია თავისი მდიდარი სასოფლო-სამეურნეო ტრადიციებითა და მევენახეობის ხანგრძლივი ისტორიით. ქვეყნის მრავალფეროვანი კლიმატი და ნაყოფიერი ნიადაგი შესანიშნავ პირობებს ქმნის სხვადასხვა კულტურების მოსაყვანად. სოფლის მეურნეობა გადამწყვეტ როლს თამაშობს საქართველოს ეკონომიკაში, ძირითადი პროდუქტებით, მათ შორის ყურძენი, ციტრუსოვანი ხილი, ბოსტნეული და თხილი. საქართველო განსაკუთრებით ცნობილია მეღვინეობის უძველესი ტრადიციით, რომელიც 8000 წელზე მეტია. 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. მეღვინეობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკაში, რაც ხელს უწყობს როგორც შიდა ეკონომიკურ აქტივობას, ასევე საერთაშორისო ვაჭრობას. ქართული ღვინის საერთაშორისო პოპულარიზაცია ხელს უწყობს ამ კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნებას. მეღვინეობა საქართველოს ეკონომიკის ქვაკუთხედაა, რომელსაც შორსმომავალი გავლენა აქვს დასაქმებაზე, ვაჭრობაზე, ტურიზმსა და კულტურულ მემკვიდრეობაზე. მისი უწყვეტი განვითარება და საერთაშორისო აღიარება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური კეთილდღეობისთვის [1].

2. ამინდის და მეტეოროლოგიური პირობების გავლენა მევენახეობაზე

ამინდი და მეტეოროლოგიური პირობები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მევენახეობაზე, მეღვინეობისათვის ვაზის გაშენებაზე. მიმოვიხილოთ რამდენიმე ძირითადი ასპექტი:

- **ტემპერატურა** - ოპტიმალური დიაპაზონი: ვეგეტაციის პერიოდში ვაზი ხარობს 10-20°C ტემპერატურის დიაპაზონში. ექსტრემალურმა ტემპერატურამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს ყურძნის განვითარებასა და მომწიფებაზე;

- **სითბოს დაგროვება:** კონცეფცია „მზარდი ხარისხის დღეები“ (GDD) ზომავს სითბოს დაგროვებას. ოპტიმალური სიმწიფისთვის ყურძნის სხვადასხვა ჯიშს სპეციალური GDD სჭირდება;
 - **ნალექები** - წყლის მოთხოვნები: ვაზს წყალი ესაჭიროება, განსაკუთრებით ადრეული ვეგეტაციის პერიოდში, მაგრამ მოსავალთან ახლოს ზედმეტმა წვიმამ შეიძლება გააზავოს ყურძნის შაქარი და გამოიწვიოს დაავადებები. მორწყვა: მცირე ნალექის მქონე რეგიონებში მორწყვა აუცილებელია. პირიქით, წვიმიან რეგიონებში სათანადო დრენაჟი აუცილებელია ფესვების დაავადებების თავიდან ასაცილებლად;
 - **მზის შუქი** - ფოტოსინთეზი: მზის ადეკვატური შუქი გადამწყვეტია ფოტოსინთეზისთვის, რაც გავლენას ახდენს ყურძნის შაქრის დონეზე და ვაზის მთლიან ჯანმრთელობაზე;
 - **ტილოების მართვა:** მევენახეები მართავენ ვაზის ტილოებს მზის სხივების ზემოქმედებისა და ჰაერის მიმოქცევის ოპტიმიზაციისთვის;
 - **ტენიანობა** - დაავადებათა წნევა: მაღალი ტენიანობა ზრდის სოკოვანი დაავადებების რისკს, როგორცაა ჭრაქი და ბოტრიტის მტევნების ღპობა. ვენახის სწორი მენეჯმენტი, მათ შორის დაშორება და გასხვლა, ხელს უწყობს ამ რისკის შემცირებას;
 - **ქარი** - ჰაერის ცირკულაცია: ქარი ხელს უწყობს ტენიანობის და დაავადების დაქვეითებას. თუმცა, ძლიერმა ქარმა შეიძლება დააზიანოს ვაზი და დაარღვიოს დამტვერვა;
 - **სეზონური ვარიაციები** - გაზაფხულის ყინვები: გვიან გაზაფხულის ყინვებმა შეიძლება დააზიანოს ახალგაზრდა კვირტები და ყლორტები, რაც სერიოზულად იმოქმედებს მოსავლიანობაზე;
 - **სეტყვა:** სეტყვამ შეიძლება ფიზიკურად დააზიანოს ვაზი და ყურძენი, რაც გამოიწვევს მოსავლის მნიშვნელოვან დაკარგვას;
 - **სიცხე:** ხანგრძლივმა მაღალმა ტემპერატურამ შეიძლება გამოიწვიოს სითბური სტრესი, რაც გავლენას მოახდენს ყურძნის ხარისხსა და ვაზის ჯანმრთელობაზე;
 - **მიკროკლიმატი** - ტოპოგრაფია: ვენახის ფერდობზე, სიმაღლეზე და ორიენტაციამ შეიძლება შექმნას მიკროკლიმატი, რომელიც გავლენას ახდენს ტემპერატურაზე, მზის შუქზე და ქარის ზემოქმედებაზე;
 - **წყლის ობიექტებთან სიახლოვე:** ტბებმა, მდინარეებმა და ოკეანეებმა შეიძლება შეანელონ ტემპერატურა და შეამცირონ ყინვების რისკი;
 - **კლიმატის ცვლილება** - ცვალებადი ზონები: კლიმატის ცვლილება ცვლის ტრადიციულ მევენახეობის ზონებს, ზოგს ზედმეტად თბილს, ზოგს კი ახალ შესაფერისს;
 - **ადაპტაცია:** მევენახეები ადაპტირებენ ყურძნის ჯიშების შეცვლით, ვენახის პრაქტიკის შეცვლით და ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით ცვალებადი პირობების სამართავად;
- ამ მეტეოროლოგიური ფაქტორების ურთიერთმიმართება განაპირობებს მევენახეობის წარმატებას. ეფექტური მართვის სტრატეგიები აუცილებელია ყურძნის ხარისხის ოპტიმიზაციისა და მდგრადი ღვინის წარმოების უზრუნველსაყოფად. რასაც გამანადგურებელ საფრთხეს უქმნის სეტყვა. სეტყვა მართლაც ერთ-ერთი ყველაზე დამანგრეველი ამინდის მოვლენაა ვენახებისთვის. გთავაზობთ მიმოხილვას მისი გავლენისა შერბილების სტრატეგიების შესახებ:
- **სეტყვის გავლენა ვაზზე** - ფიზიკური დაზიანება: სეტყვას შეუძლია ფოთლების გახეხვა, ყლორტების გატეხვა და ყურძნის მტევნების დაღურჯება ან მთლიანად განადგურება. ამ დაზიანებამ შეიძლება მკვეთრად შეამციროს მოსავალი და გავლენა მოახდინოს ვაზის მთლიან ჯანმრთელობაზე. ინფექციის რისკი: დაზიანებული მცენარის ქსოვილები უფრო მგრძობიარეა სოკოების და ბაქტერიების ინფექციების მიმართ, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაავადებები, რომლებიც კიდევ უფრო აზიანებენ ვაზს. ხარისხის დაქვეითება: მაშინაც კი, თუ ყურძენი მთლიანად არ არის

განადგურებული, დაღურჯებამ და დაზიანებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს მის ხარისხზე, რაც გამოიწვევს ღვინის ხარისხის დაქვეითებას. ეკონომიკური ზარალი: ყურძნის განადგურება გავლენას ახდენს იმ სეზონის შემოსავალზე და ვაზის პოტენციურმა გრძელვადიანმა დაზიანებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს მომავალ მოსავალზე.

- **სეტყვის დაზიანების შემთხვევის შესწავლა მევენახეობაში** - ბორდო, საფრანგეთი: ბოლო წლებში ბორდოში რამდენიმე ძლიერი სეტყვა მოხდა, რამაც მილიონობით ევროს ზარალი მიაყენა. ზოგიერთ ქვერეგიონში მთელი რთველი დაიკარგა, რაც გავლენას ახდენს როგორც მცირე მწარმოებლებზე, ასევე დიდ მამულებზე.

- **მენდოზა, არგენტინა:** ვეგეტაციის პერიოდში ეს რეგიონი ხშირად ხვდება სეტყვას. ზოგიერთმა ვენახმა განიცადა სრული დანაკარგი, რამაც გამოიწვია დამცავი ზომების ფართო გამოყენება [2].

- **შერბილების სტრატეგიები** - ბადე: დამცავი ბადეები შეიძლება დაიხუროს ვაზებზე, რათა ფიზიკურად დაბლოკოს სეტყვა. ეს მეთოდი უდაოდ ეფექტურია, იგი შეიძლება იყოს შედარებით იაფი ვიდრე ქვემეხების გამოყენება სეტყვის თავიდან ასაცილებლად და რა თქმა უნდა ქვემეხებთან შედარებით დამცავი ბადეები ერთხელ დამონტაჟდება და არის მუდმივმოქმედი.

სეტყვის ქვემეხები წარმოქმნის დარტყმის ტალღებს, რომლებიც მიზნად ისახავს სეტყვის ფორმირების ჩაშლას. ისინი შესაძლოა ეფექტური იყოს მაგრამ მათი გამოყენება საფრთხის შემცველია გარემოსა და ადამიანისათვის და თან მათი ფუნქციონირება ძვირი სიამოვნებაა რადგან ჭურვი ერთჯერადი გამოყენებისაა და საკმაოდ ძვირი ღირს ამიტომაც კლიმატის მონიტორინგის საშუალებით შესაძლებელია სეტყვისაგან უფრო ეფექტური და საიმედო დაცვა. ამინდის პროგნოზირების მოწინავე სისტემას შეუძლია დაეხმაროს ვენახის მეპატრონეებს პრევენციული ზომების მიღებაში სეტყვის პროგნოზის დროს.

3. კლიმატის მონიტორინგი და უსაფრთხოების ბადეების ექსპლუატაცია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენებით

არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენებით კლიმატის მონიტორინგმა და ამის საშუალებით ვენახებში დამცავი ბადეების ფუნქციონირებამ შეიძლება დიდი სარგებელი მოიტანოს. არამკაფიო ლოგიკა, მრავალმნიშვნელოვანი ლოგიკის ფორმაა, რომელიც მიღებულია არამკაფიო სიმრავლეების თეორიიდან, მსჯელობის დასამუშავებლად, რომელიც არის მიახლოებითი და არა ზუსტი, იგი განსაკუთრებით კარგად შეესაბამება სასოფლო-სამეურნეო გარემოს სირთულეებს.

კლიმატის მონიტორინგი არამკაფიო ლოგიკის საშუალებით, მონაცემთა ინტეგრაცია-არამკაფიო ლოგიკას შეუძლია კლიმატის მონაცემთა სხვადასხვა წყაროების ინტეგრირება, როგორცაა ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარის სიჩქარე და რადარის მონაცემები სეტყვის რისკის შესაფასებლად. რისკის შეფასება-ამინდის პროგნოზების არაზუსტი ბუნების გატარებით, არამკაფიო ლოგიკის სისტემებს შეუძლიათ შეაფასონ პოტენციური სეტყვის ალბათობა და სიმძიმე. შემავალი ცვლადები-ტემპერატურის მერყეობა, ტენიანობის დონე, ქარის შაბლონები და დაარქივებული სეტყვის მონაცემები. Fuzzy Sets - განვსაზღვროთ არამკაფიო კომპლექტები შემავალი ცვლადებისთვის, როგორცაა "დაბალი", "საშუალო" და "მაღალი" რისკი ამინდის თითოეული პარამეტრისთვის. შევქმნათ წესები, რომლებიც აღწერს ურთიერთობას შემავალი ცვლადებსა და სეტყვის რისკს შორის (მაგ., „თუ ტენიანობა მაღალია და ტემპერატურა სწრაფად ეცემა, მაშინ სეტყვის რისკი მაღალია“). რეალურ დროში გადაწყვეტილების მიღება - არამკაფიო ლოგიკის სისტემებს შეუძლიათ რეალურ დროში კლიმატის მონაცემების დამუშავება, რათა

დაუყოვნებლივ მიიღონ გადაწყვეტილებები რისკის დონის შესახებ, რაც უზრუნველყოფს ვენახის მეპატრონეებს ქმედითი შეხედულებებით [3].

უსაფრთხოების ბადეების ფუნქციონირება არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებით, ავტომატური განლაგება - არამკაფიო ლოგიკას შეუძლია აკონტროლოს უსაფრთხოების ბადეების ავტომატური განლაგება შეფასებული რისკის დონის მიხედვით. შემავალი ცვლადები - რისკის შეფასება კლიმატის მონიტორინგიდან, ქარის სიჩქარე და ბადეების ოპერაციული მდგომარეობა. განვსაზღვროთ არამკაფიო კომპლექტები ოპერაციული გადაწყვეტილებებისთვის, როგორცაა „ანლაგება“, „ლოდინი“ და „გამოყვანა“. დავაწესოთ წესები ბადეების განლაგების ან ამოღების შესახებ (მაგ., „თუ სეტყვის რისკი მაღალია და ქარის სიჩქარე დაბალია, მაშინ განათავსეთ ბადეები“). სისტემას შეუძლია მოერგოს ცვალეზად პირობებს, ბადეების გამოყვანას, თუ რისკი შემცირდება ან ქარის სიჩქარე იზრდება იმ დონემდე, რამაც შეიძლება დააზიანოს ბადეები. ენერგოეფექტურობა – ოპერაციის ოპტიმიზაცია ენერჯის 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. არამკაფიო ლოგიკის გამოყენების უპირატესობებია სიზუსტე გაურკვევლობაში. არამკაფიო ლოგიკა უფრო ეფექტურად უმკლავდება ამინდის პროგნოზის თანდაყოლილ გაურკვევლობებს და ვარიაციებს, ვიდრე ბინარული ლოგიკური სისტემები. აგრეთვე მოქნილობა, სისტემა ადვილად შეიძლება დარეგულირდეს ახალი მონაცემებისა და შეხედულებების შეგროვებისას, რაც დროთა განმავლობაში აუმჯობესებს მის სიზუსტეს და სანდოობას. და რაც მთავარია ეკონომიურად ეფექტური: უსაფრთხოების ბადეების განლაგების ოპტიმიზაციის გზით, სისტემას შეუძლია შეამციროს არასაჭირო გამოყენებისა და ტექნიკური ხარჯები [4].

არამკაფიო ლოგიკის მეთოდების გამოყენება ვენახის დამცავი ბადეების დიზაინისა და ფუნქციონირებისთვის რამდენიმე უპირატესობას გთავაზობს სეტყვის ღრუბლის გასაფანტი ქვემეხების გამოყენებასთან შედარებით, მაგალითად არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებით კონტროლირებადი ვენახის დამცავი ბადეების უპირატესობებია სიზუსტე და ადაპტაცია, ეფექტურობა, არანაირი დამაზიანებელი გავლენა გარემოზე, მოსახერხებელია როგორც დიდ მასშტაბზე ასევე მცირე ზომის ტერიტორიებზე განლაგება, ოპერირების დაბალი ხარჯები. რასაც ვერ ვიტყვით სეტყვის ღრუბლების გამფანტავ ქვემეხებზე, რომლებსაც ბევრად მეტი დამაზიანებელი ეფექტი აქვთ გარემოზე ვიდრე სარგებლის მოტანა შეუძლიათ.

4. დასკვნა

სეტყვა მნიშვნელოვანი საფრთხეა მევენახეობისთვის, რომელსაც შეუძლია როგორც ხანმოკლე ისე ხანგრძლივი ზიანის მიყენება. ეფექტური შერბილება მოითხოვს ფიზიკური დაცვის, ფინანსური სტრატეგიების და ზიანის აღმოფხვრაზე სწრაფ რეაგირებას. ვინაიდან კლიმატის ცვლილებამ შეიძლება გაზარდოს სეტყვის სიხშირე და სიმძიმე, ღვინის ინდუსტრიამ უნდა

განაგრძოს ინოვაციები და ადაპტირება, რათა დაიცვას ვენახები და უზრუნველყოს მდგრადი წარმოება. ამის გარანტი კი არამკაფიო ლოგიკის საშუალებით ფუნქციონირებადი სეტყვისგან დამცავი ბადეებია.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Georgia the Cradle of Viticulture. <https://nationalgeographic.ge/story/georgia-the-cradle-of-viticulture/>
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. 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>

(სტატია მიღებულია 30.11.2024)

CLIMATE MONITORING AND OPERATION OF SAFETY NETS USING FUZZY LOGIC METHODS

Mchedlishvili Nino, Mtsituri Nino

Georgian Technical University

nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

Summary

The impact of weather and meteorological conditions on agriculture and viticulture is discussed. destructive effects of hail in horticulture and perennial crops. It is proposed to transform weather forecasts using fuzzy logic methods for the operation of safety nets. The advantages of vineyard protection nets created using fuzzy logic methods compared to the performance of hail cloud dispersal cannons are discussed.

(Received 30.11.2024)

КЛИМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Мчедлишвили Н., Мцитури Н.

Грузинский Технический Университет

nino.mchedlishvili@gtu.ge; tikelegabrieli@gmail.com

Резюме

Обсуждаются вопросы влияния погоды и метеорологических условий на сельское хозяйство и виноградарство. Поиск материалов о разрушительном воздействии града на виноградарство и многолетние культуры. Разработана трансформация прогнозов погоды с использованием методов нечеткой логики для работы защитных сетей. Приведено сравнение преимуществ защитных сетей виноградников, спроектированных с использованием методов нечеткой логики, по сравнению с характеристиками пушек для рассеивания градовых облаков.

(Поступила 30.11.2024)

ინტერნეტ პროტოკოლების ევოლუცია

მირანდა ღვალაძე, რუსუდან პაპიაშვილი, ნიკა კაკაურიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ghvaladze.m@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge, kakauridze.nika@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ინტერნეტ პროტოკოლების განვითარების პროცესი და მისი გავლენა თანამედროვე ტექნოლოგიებზე, ასევე მოვლენების მნიშვნელობა და გამოწვევები. პირველ რიგში, მიმოხილულია TCP/IP-ზე გადასვლა, რომელმაც შეცვალა არქაიკული NCP და შექმნა ახალი სტანდარტი ქსელური კომუნიკაციისთვის. ყურადღება გამახვილებულია IPv4-ის განლაგების შეზღუდვებზე და IPv6-ის შემოღებაზე, რომელიც წარმოადგენდა პრაქტიკულად უსაზღვრო მისამართების რაოდენობას და შენიშვნების აღმოფხვრას საერთაშორისო ქსელური ინფრასტრუქტურის ადაპტაციის შესახებ, რომელიც ჰქონდა IPv4-ს. სტატია ეყრდნობა გამოქვეყნებულ ლიტერატურას და კვლევებს, სადაც განხილულია ინტერნეტ პროტოკოლების განვითარების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

საკვანძო სიტყვები: ინტერნეტ პროტოკოლი. ქსელის ინფრასტრუქტურა. პროტოკოლის თავსებადობა. საერთაშორისო სტანდარტიზაცია.

1. შესავალი

ინტერნეტ პროტოკოლების ევოლუცია არის ციფრული კომუნიკაციის განვითარების უწყვეტი პროცესი, რომელიც მოიცავს ისეთ მნიშვნელოვან ეტაპებს, როგორცაა NCP-დან TCP/IP-ზე გადასვლა, IPv4-დან IPv6-ზე მიგრაცია და HTTP ვერსიების მუდმივი გაუმჯობესება. თითოეული ცვლილება პასუხობს მონაცემთა გადაცემის მზარდ მოთხოვნებს, ქსელური ინფრასტრუქტურის მასშტაბირებას და უსაფრთხოების გაუმჯობესებას.

HTTP/2 და QUIC-ის განვითარებამ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა ვებსერვისების მუშაობა და უსაფრთხოება, რაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია თანამედროვე ინტერნეტის გამოყენებაში. HTTP/2-მა შეიტანა მრავალკონტექსტური ჩართვა და გადაცემის ეფექტურობა, ხოლო QUIC-მა, რომელიც დაყრდნობილია UDP-ზე, დამატებით გააუმჯობესა მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე და უსაფრთხოება. ამ გაუმჯობესებებს ჰქონდა ხარვეზებიც, რამაც გამოიწვია HTTP/3-ის განვითარება, რომელიც აერთიანებს HTTP/2-ის და QUIC-ის უპირატესობებს.

ინტერნეტის განვითარების ადრეულ ეტაპზე შეიქმნა და დაინერგა რამდენიმე ძირითადი პროტოკოლი, რომლებიც განსაზღვრავენ, თუ როგორ ხდება ქსელის საშუალებით მონაცემების გაგზავნა და მიღება. თუმცა, ინტერნეტის მასშტაბებისა და გამოყენების სფეროების გაფართოებასთან ერთად, ეს პროტოკოლები მუდმივად ვითარდებიან, რათა დააკმაყოფილონ მზარდი მოთხოვნები, რაც მოიცავს უფრო უსაფრთხო, მასშტაბურ და ეფექტურ მონაცემთა გადაცემის პროცესებს.

IPv4 პროტოკოლმა, რომელიც 1980-იან წლებში შეიქმნა, ინტერნეტის პირველ ეტაპზე მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა. თუმცა, მისი შეზღუდული მისამართთა სივრცე და სხვა ტექნიკური ხარვეზები მოთხოვნას ვერ აკმაყოფილებდა ინტერნეტის გლობალურ გაფართოებასთან ერთად. ამ პრობლემების გადასაჭრელად შეიქმნა IPv6, რომელიც

უზრუნველყოფს უფრო დიდ მისამართთა სივრცეს და რამდენიმე თვისებით გაუმჯობესებას, რომელიც გადის მონაცემთა გადაცემის უსაფრთხოებასა და ეფექტურობაზე.

IPv4 (ინტერნეტ პროტოკოლის ვერსია 4), დაარსებული 1981 წელს, იყენებს 32- ბიტის მიმართვის სქემას, რომელიც უზრუნველყოფს დაახლოებით 4.3 მილიარდ უნიკალურ IP მისამართს. ინტერნეტის სწრაფი გაფართოების შედეგად, რომელიც მოიცავდა ახალი მოწყობილობების და აპლიკაციების რაოდენობის ზრდას, ეს მისამართების სივრცე აღმოჩნდა არასაკმარისი. ინტერნეტი განუწყვეტლივ იზრდება და სულ უფრო მეტი მოწყობილობა საჭიროებს IP მისამართებს, ხოლო IPv4-ის მისამართების რაოდენობა ამოიწურა და საჭირო გახდა ახალი ინტერნეტ პროტოკოლის, IPv6-ის განვითარება (ნახ.1).



ნახ. 1. IPv4 და IPv6

IPv6 შემუშავებული 1990-იან წლებში, იყენებს 128 ბიტის მიმართვის სქემას, რომელიც უზრუნველყოფს მისამართების თითქმის უსაზღვრო რაოდენობას. ეს გაფართოება ითვალისწინებს მოწყობილობებისა და აპლიკაციების მზარდ რაოდენობას, რომლებიც საჭიროებს IP მისამართებს. მაგალითად: IPv6-ის მიღება დაიწყო მნიშვნელოვანი და ეტაპობრივი ნაბიჯებით. ერთ-ერთი პირველი დიდი ნაბიჯი იყო Google-ის მიერ IPv6-ის დანერგვა 2008 წელს, რაც საფუძველი გახდა ახალი პროტოკოლის ფართოდ გავრცელებისთვის. ამის შემდეგ, ძირითადი კონტენტის პროვაიდერებმა დაიწყეს მხოლოდ IPv6 ქსელების გაშვება, რაც კიდევ უფრო მეტად ასტიმულირებდა IPv6-ის მიღებას.

2023 წლის მონაცემებით, გლობალური ინტერნეტ ტრაფიკის 40%-ზე მეტი უკვე იყენებს IPv6-ს, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ ახალი პროტოკოლი ფართოდ არის მიღებული და ინტერნეტში მნიშვნელოვანი წილი უკავია. თუმცა IPv4 კვლავ ფართოდ გამოიყენება მემკვიდრეობითი სისტემების გამო, რომლებიც არაა ადაპტირებული IPv6-ზე. ძველი ინფრასტრუქტურა ეფუძნება IPv4-ს და იწვევს იმას, რომ ორივე პროტოკოლი თანაარსებობს და ეს პროცესი სავარაუდოდ გაგრძელდება მანამ, სანამ სრულად არ იქნება მიღწეული IPv6-ის დომინირება.

2. ძირითადი ნაწილი

გამლიერებული პროტოკოლები და სტანდარტები

1996 წელს HTTP/1.0 და 1997 წელს HTTP/1.1-ის დანერგვამ საფუძველი ჩაუყარა ვებ კომუნიკაციას ჰიპერტექსტური დოკუმენტების გადაცემით. HTTP/1.1-მა შემოიტანა მუდმივი კავშირები, რამაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა შესრულება შეყვანების შემცირებით. 2015 წელს გამოშვებულმა HTTP/2-მა გააუმჯობესა შესრულება მრავალი მოთხოვნის მულტიპლექსირების დაშვებით ერთ კავშირზე. მან შემოიტანა ისეთი ფუნქციები, როგორცაა სათაურის შეკუმშვა და ნაკადის პრიორიტეტიზაცია, რამაც გააუმჯობესა ვებ გვერდის ჩატვირთვის დრო. QUIC შეიმუშავა Google-მა და სტანდარტიზებული იქნა IETF-ის მიერ 2021 წელს. ის აერთიანებს HTTP/2-ის მახასიათებლებს UDP-თან (Used Datagram Protocol) და მიზნად ისახავს შეფერხების შემცირებას, ასევე უსაფრთხოებას, კერძოდ გაუმჯობესებას ჩაშენებული დამიფერის შეთავაზებით.

ლარი პეტერსონის და ბრიუს დევის წიგნი „კომპიუტერული ქსელები: სისტემური მიდგომა“ (2011) გვთავაზობს დეტალურ და სისტემურ განხილვას ქსელური პროტოკოლების დიზაინის შესახებ. ავტორები ფოკუსირდებიან იმ პრინციპებზე, რომლებიც პროტოკოლების ეფექტურ მუშაობას უზრუნველყოფს, განსაკუთრებით მოდულარობისა და ფენების გამოყენებაზე. ეს მიდგომა საშუალებას იძლევა ქსელის დიზაინი იყოს მოქნილი და ადვილად განახლებადი. მოდულარობა საშუალებას აძლევს ქსელის არქიტექტურას, უპრობლემოდ ადაპტირდეს და განვითარდეს, რაც ამცირებს შეცდომების ალბათობას და აუმჯობესებს მთლიან სისტემის საიმედოობას. მაგალითად, IP და TCP პროტოკოლები მოდულურია და ისინი ცალკე ფენებადაა დაყოფილი, რაც საშუალებას აძლევს მათ რომ დამოუკიდებლად განვითარდეს და იმუშაოს სხვა ფენებთან შეუფერხებლად. ავტორები აგრეთვე ყურადღებას ამახვილებენ ფენების (layers) მნიშვნელობაზე ქსელურ არქიტექტურაში. ქსელის ფუნქციები დაყოფილია სხვადასხვა ფენებად, სადაც თითოეულ ფენას აქვს კონკრეტული პასუხისმგებლობა, მაგალითად, ფიზიკური ფენა, ქსელის ფენა, ტრანსპორტირების ფენა და აპლიკაციის ფენა. ეს ფენობრივი მოდელი უზრუნველყოფს ქსელის ეფექტურ ფუნქციონირებას და ამარტივებს რთული სისტემების მართვას, კერძოდ:

1) მოდულარობისა და ფენების გამოყენება – რომლითაც ქსელის მაღალი კონტროლი და სეგმენტაცია იმართება. მაგალითად: წარმოვიდგინოთ, მონაცემთა გადაცემისას TCP ფენაში წარმოიშვა შეცდომა. მოდულარული მიდგომით, ეს შეცდომა არ შეიძლება აღმოჩნდეს სხვა ფენებზე;

2) საერთაშორისო სტანდარტიზაცია, რომელიც არის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი მოდულარული და ფენობრივი არქიტექტურის განვითარებისთვის.

სტანდარტიზაციის საშუალებით, ქსელური პროტოკოლები და მოწყობილობები თავსებადია და მოწყობილობების დაცვა ხდება სხვადასხვა სისტემების, ასევე პლატფორმებს შორის. მაგალითად: საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციამ (ISO) შეიმუშავა და ამტკიცებს ისეთ სტანდარტებს, რომელიც განსაზღვრავს ქსელის ფენების სტრუქტურას [1]. პეტერსონის და დევის მიერ წარმოდგენილი მიდგომა ქსელური პროტოკოლების დიზაინის მიმართ ხაზს უსვამს იმას, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მოდულარობა და ფენების გამოყენება სისტემის სტაბილურობისა და განვითარებისთვის.

მ. ვაისისა და ჯ. შილერის ნაშრომი, „ნივთების ინტერნეტი: კვლევის თემების მიმოხილვა“ (2020), იკვლევს IPv6-ის მიღების გამოწვევებს და სარგებელს, კერძოდ, ხაზს უსვამენ იმ სირთულეებს, რომლებიც დაკავშირებულია არსებული ქსელური ინფრასტრუქტურის IPv6-ზე გადასვლასთან. IPv4-ის საფუძველზე შექმნილი ქსელური მოწყობილობები და პროგრამული უზრუნველყოფა საჭიროებს განახლებას ან შეცვლას, რაც მოითხოვს დიდ ფინანსურ და ტექნიკურ რესურსებს. ორგანიზაციებისთვის IPv6-ზე გადასვლამ შეიძლება გამოიწვიოს სირთულეები, რადგან ხშირად მოითხოვს ქსელის კომპონენტების და აპლიკაციების ძირეულ რეფორმაციას. IPv6 გვთავაზობს ფაქტობრივად უსაზღვრო IP მისამართების სივრცეს, რაც აუცილებელია „ნივთების ინტერნეტის“ (IoT) ზრდის პირობებში. ვაისი და შილერი ხაზს უსვამენ, რომ IPv6 საშუალებას იძლევა IoT მოწყობილობების მასობრივ რაოდენობით დაკავშირებას ქსელებთან, რაც მომავალში ხელს შეუწყობს ჰკვიანი ქალაქების, ავტომატიზირებული წარმოების და სხვა ინოვაციების განვითარებას. IPv6 -ს აქვს გაუმჯობესებული უსაფრთხოების მექანიზმები, მათ შორის ჩამოყალიბებული IPsec (Internet Protocol Security), რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა უსაფრთხო გადაცემას ქსელში.

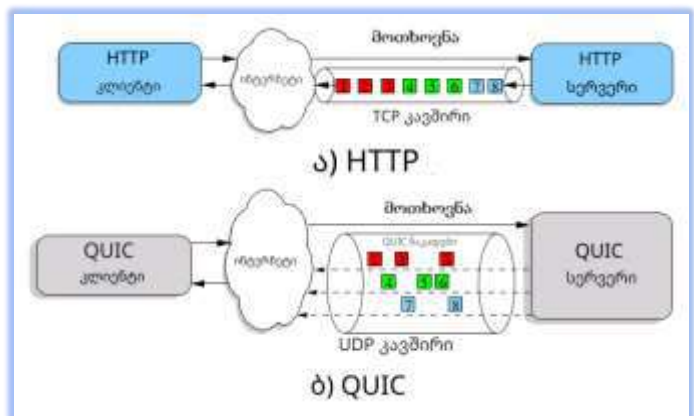
HTTP/2 და QUIC არის ვებ პროტოკოლების განვითარებაში ორი მნიშვნელოვანი ნაბიჯი, რომლებიც მიზნად ისახავენ ქსელური კავშირის ოპტიმიზაციას და უსაფრთხოების გაძლიერებას. ი. ჰიქსონის „HTTP/2: ვებ პროტოკოლების შემდეგი თაობა“, ასევე ჯ. აიენგარისა და მ. ტომსონის „QUIC: შემდეგი თაობის სატრანსპორტო პროტოკოლი“ განიხილავს პროტოკოლების მახასიათებლებსა და სარგებელს, კერძოდ:

1) ვებ კავშირის მახასიათებლები: HTTP/2 შეიქმნა, რათა გადაეჭრა HTTP/1.1-ის ძირითადი პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებული იყო შეზღუდულ გამტარუნარიანობისა და ლატენცია-ბასთან (დაყოვნება). მაგალითად: ტრადიციულ HTTP/1.1 -ში, თუ ვებგვერდზე იყო მრავალი სურათი, ბრაუზერი თითოეულ სურათის ჩატვირთვის ცალ-ცალკე ითხოვდა, რაც იწვევდა დამატებით ლატენცია-ბას და ხელს უშლიდა გვერდის სწრაფად ჩატვირთვის. HTTP/2-ის შემთხვევაში, ყველა ეს მოთხოვნა ერთდროულად იგზავნება, რაც ამცირებს ლატენცია-ბას და უზრუნველყოფს გვერდის სწრაფად ჩატვირთვის;

2) უსაფრთხოების გაძლიერება: მიუხედავად იმისა, რომ HTTP/2 არ მოითხოვს პირდაპირ SSL/TLS-ის გამოყენებას, ის ძირითადად გამოიყენება უსაფრთხო კავშირებისთვის, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლის მონაცემების უსაფრთხოებას და კონფიდენციალურობას [3,4].

QUIC (Quick UDP Internet Connections) წარმოადგენს TCP-ის ალტერნატივას, რომელიც გამოიყენება სატრანსპორტო პროტოკოლში. ის იყენებს UDP-ს როგორც ბაზის პროტოკოლს, რაც საშუალებას აძლევს წრაფად და ეფექტურად დაამყაროს კავშირი და უზრუნველყოს მონაცემების გადაცემა მინიმალური ლატენცია-ბით. მაგალითად: ტრადიციული TCP-ს ესაჭიროება ხანგრძლივი კავშირის დამყარება, რაც იწვევს ლატენცია-ბას. QUIC ამ პროცესს ამცირებს, რადგან კავშირი იქმნება უფრო სწრაფად, რაც მნიშვნელოვანია ისეთი აპლიკაციებისთვის, როგორცაა ონლაინ თამაშები ან ვიდეო კონფერენციები, სადაც ლატენცია-ბა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. QUIC უზრუნველყოფს მონაცემთა სწრაფ გადაცემასა და მიღებას, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ქსელი მერყეობს ან მონაცემები იკარგება.

პროტოკოლი ასევე უზრუნველყოფს მონაცემთა უსაფრთხოებას, გამოიყენებს TLS 1.3-ის ჩამოყალიბებული მექანიზმებს, რაც უზრუნველყოფს დაშიფვრას და ხელს უშლის მონაცემთა გადატვირთვას.



ნახ. 2. HTTP და QUIC პროტოკოლები

HTTP/2 და QUIC არის მნიშვნელოვანი წინსვლა ამ დარგში. თითოეული მათგანი ეხება მათი წინამორბედების სპეციფიკურ შეზღუდვებს. HTTP/2 შეიქმნა HTTP/1.1- ის მემკვიდრედ, რომელიც აგვარებს ისეთ საკითხებს, როგორცაა მაღალი ლატენცია-ბა და ქსელის რესურსების არაეფექტური გამოყენება. მისი ძირითადი მახასიათებლები მოიცავს:

1) მულტიპლექსირება: HTTP/2 საშუალებას იძლევა ერთდროულად გაგზავნოს მრავალი მოთხოვნა და პასუხი ერთ კავშირზე მიიღოს, რაც გამორიცხავს მრავალჯერადი კავშირის საჭიროებას და ამცირებს ლატენცია-ბას;

2) ჰედერის შეკუმშვა: HTTP/2 იყენებს HPACK შეკუმშვას HTTP ჰედერების ზომის შესამცირებლად, რაც სასარგებლოა საიტებისთვის, რომლებსაც აქვს ხშირი, განმეორებადი ჰედერის მონაცემები;

3) ნაკადის პრიორიტეტიზაცია: ეს ფუნქცია ბრაუზერს აძლევს პრიორიტეტულ მოთხოვნებს სხვებთან შედარებით, რაც უზრუნველყოფს პირველ რიგში მნიშვნელოვანი რესურსების ჩატვირთვას. მაგალითად: ტიპური სცენარი, რომელიც ასახავს HTTP/2-ის სარგებელს, არის რთული ვებ-გვერდის ჩატვირთვა, რომელიც მოიცავს მრავალ სურათს, სკრიპტს და სტილის ფურცელს.

HTTP/1.1-ში თითოეულ რესურსს დასჭირდებოდა ცალკე მოთხოვნა-პასუხის ციკლი. HTTP/2-ის მულტიპლექსირება აგვარებს ამას, რადგან ყველა ეს რესურსი შეიძლება მოთხოვნილ და მიწოდებულ იქნას ერთდროულად, რაც მნიშვნელოვნად აჩქარებს გვერდის ჩატვირთვის დროს. მიუხედავად ამ გაუმჯობესებებისა, HTTP/2 კვლავ ეყრდნობა გადაცემის კონტროლის პროტოკოლს (TCP) მონაცემთა გადაცემისთვის, რაც გარკვეულ შეზღუდვებს ქმნის, კერძოდ:

1) Head-of-Line ბლოკირება TCP ფენაზე: თუ TCP-ში პაკეტი დაიკარგება, ყველა შემდგომი პაკეტი უნდა დაელოდოს დაკარგული პაკეტის ხელახლა გადაცემას, რაც იწვევს შეფერხებას;

2) TCP კავშირის დამყარება მოიცავს სამ მხრივ ხელის ჩამორთმევას, რაც დამატებით ლატენცობას იწვევს, განსაკუთრებით მობილურ ან მაღალი ლატენცობის გარემოში.

QUIC (სწრაფი UDP ინტერნეტ კავშირები) შეიქმნა Google-ის მიერ TCP-ის შეზღუდვების დასაძლევად, იყენებს მომხმარებლის მონაცემთა პროტოკოს (UDP) საფუძველად. QUIC-ის ძირითადი მახასიათებლები მოიცავს:

1) შემცირებული ლატენცობა: QUIC ამცირებს ლატენცობას კავშირისა და დაშიფვრის ხელის ჩამორთმევის კომბინაციით;

2) ნაკადის მულტიპლექსირება: განსხვავებით HTTP/2 TCP-ის ფენაზე, QUIC მულტიპლექსირებს ნაკადებს ისე, რომ ერთი პაკეტის დაკარგვა არ ბლოკავს სხვა ნაკადებს;

3) სრულყოფილი უსაფრთხოება: QUIC-ს აქვს დაშიფვრა (TCL 1.3-ზე დაფუძნებული) თავიდანვე ჩაშენებული პროტოკოლში, რაც აძლიერებს უსაფრთხოებას და ამარტივებს განხორციელებას.

მიუხედავად იმისა, რომ QUIC-მა TCP-ის მრავალი პრობლემა გადაჭრა, მას ასევე აქვს გარკვეული გამოწვევები, კერძოდ:

1) ქსელის თავსებადობა: ზოგიერთმა ქსელურმა მოწყობილობამ, როგორცაა firewall-ები და მარშუტიზატორები, შეიძლება დაბლოკოს ან არასწორად მართოს UDP ტრაფიკი, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს კავშირის პრობლემები;

2) დანერგვის სირთულე: QUIC-ის მრავალფუნქციური მახასიათებლების ინტეგრაცია, როგორცაა მულტიპლექსირება და დაშიფვრა, ზრდის მის სირთულეს დანერგვის და გამართვის პროცესში.

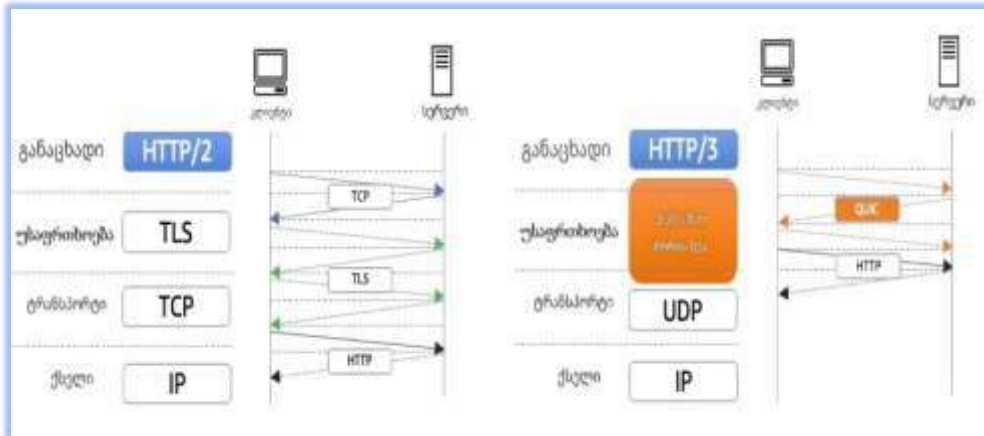
HTTP/3 შეიქმნა HTTP/2-ის მიღწევების გასაუმჯობესებლად, რომელიც იყენებს QUIC-ის გაძლიერებულ სატრანსპორტო ფენას, რითაც მიიღო შემდეგი უპირატესობები (ნახ.3):

- Head-of-Line ბლოკირების აღმოფხვრა: QUIC-ის გამოყენებით, HTTP/3 გამოირიცხავს Head-of-Line დაბლოკვას სატრანსპორტო ფენაზე და უზრუნველყოფს მონაცემთა სწრაფ, საიმედო გადაცემას;

- სწრაფი კავშირის დამყარება: HTTP/3 სარგებლობს QUIC-ის უნარით დაამყაროს კავშირები, რაც ამცირებს ლატენცობას, განსაკუთრებით მობილურ ან მაღალი ლატენცობის გარემოში;

- გაძლიერებული უსაფრთხოება: QUIC-ის ჩაშენებული დაშიფვრა უზრუნველყოფს HTTP/3-ს, რაც ეხმარება უსაფრთხოებასა და კონფიდენციალურობის დაცვაში.

HTTP/3-ის სარგებელი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მობილურ ქსელებში, სადაც ლატენცობა შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს. მაგალითად, მობილური ქსელის საშუალებით ვებსაიტზე წვდომისას, HTTP/3-ს შეუძლია შედარებით სწრაფად დაამყაროს კავშირი და დაიწყოს მონაცემთა გადაცემა, ვიდრე HTTP/2.



ნახ. 3. HTTP/2 და HTTP/3 პროტოკოლები

3. დასკვნა

ინტერნეტ პროტოკოლების ევოლუცია განაპირობა გლობალურ მონაცემთა კომუნიკაციის ზრდამ, კომპლექსურობამ და მოთხოვნების საჭიროებამ. NCP-დან HTTP/3-ის ბოლო მიღწევებამდე, თითოეული პროტოკოლის ვერსია ცდილობდა კონკრეტული შეზღუდვების დაძლევის და ახალი მეთოდოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებას. ეს პროგრესი ხაზს უსვამს ინტერნეტ ტექნოლოგიების დინამიკურ ბუნებას და უწყვეტ მცდელობებს, რათა გაუმჯობესდეს კავშირი, ეფექტურობა და უსაფრთხოება.

NCP-ის მემკვიდრე პროტოკოლების Suite-ზე გადასვლა წარმოგვიდგენს მნიშვნელოვანი მოგზაურობის სურათს შედარებით მდგრადი და ეფექტური ინტერნეტ კომუნიკაციისკენ. NCP, როგორც ARPANET-ის საწყისი ჩარჩო, დაყრდნობილია ქსელურ კომუნიკაციაზე, თუმცა მისი ფუნქციონალური შესაძლებლობები და დიაპაზონი მკაცრად შეზღუდული იყო. TCP/IP-ზე გადასვლა გახდა გარდამტეხი მომენტი, რამაც საშუალება მოგვცა მრავალფეროვანი კომუნიკაციური მხარდაჭერა.

IPv4, თავის დროისთვის რევოლუციური იყო, მაგრამ ბოლოს წარმოიშვა პრობლემა მისამართების შეზღუდვასთან დაკავშირებით. ინტერნეტით დაკავშირებული მოწყობილობების სწრაფმა ზრდამ გამოიწვია საჭიროება შედარებით ფართო გადაწყვეტისთვის. IPv6-მა ეს შეზღუდვა მოაგვარა, შემოიტანა თითქმის ულიმიტო მისამართების სივრცე და გააუმჯობესა ქსელის ეფექტურობა, ასევე უსაფრთხოება. მიუხედავად IPv6-ის უპირატესობებისა, მისი მიღება ნელი პროცესით მიმდინარეობს არსებული IPv4 ინფრასტრუქტურის ინერტულობისა და გადასვლის სირთულეების გამო.

ინტერნეტ პროტოკოლების სფეროში, HTTP/1.1 მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება იყო HTTP/1.0-ზე, მაგრამ მაინც შეზღუდული იყო TCP-ის შესრულების პრობლემებით. HTTP/2-მა დიდი გაუმჯობესება მოიტანა HTTP/1.1-ზე, კერძოდ, როგორცაა მულტიპლექსირება და სათაურის შეკუმშვა, რაც გაუმჯობესებული შესრულებას უზრუნველყოფდა. თუმცა კვლავ დამოკიდებული იყო TCP-ის შეზღუდვებზე. QUIC, Google-ის მიერ მნიშვნელოვანი ინოვაციაა, UDP-ის გამოყენებით ამოიწურა TCP-ის შეზღუდვები, რაც ლატენციაში შემცირებასა და უსაფრთხოების გაუმჯობესებას უზრუნველყოფდა. თუმცა, HTTP/3-ის განვითარებამ, რომელიც

დაფუძნებულია QUIC-ზე, რეალურად გაწვდა თანამედროვე ვებ კომუნიკაციის პოტენციალს, TCP-ის ხაზის დაბლოკვის აღმოფხვრით და უწყვეტი დაშიფვრით.

დასკვნის შედეგად, თითოეული პროტოკოლის მიღწევაა გაუმკლავდეს წინამორბედებისგან გამოწვეულ კონკრეტულ შეზღუდვებს, ხოლო ახალი ტექნოლოგიების მიღება საშუალებას აძლევს გაუმჯობესებულ შესრულებას და უსაფრთხოებას.

HTTP/3 წარმოადგენს ამ ძალისხმევის მწვერვალს, მორგებული და ეფექტური ჩარჩოს შეთავაზებით, რაც ემთხვევა ციფრული კომუნიკაციის მუდმივად მზარდ ლანდშაფტს. ინტერნეტ პროტოკოლების განვითარება და მიღება არსებითია მომავალი ფორმირებისათვის. ეს არამარტო მოიცავს ტექნოლოგიური ინოვაციების ინტროდუცირებას, არამედ ხელს უწყობს ინტერნეტის გლობალურ ქსელთან ეფექტურ კავშირს, რაც აძლევს შესაძლებლობას, რომ ინტერნეტი იყოს უფრო სწრაფი, უსაფრთხო და რეაგირებადი გლობალური ქსელი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Peterson L., Davie B. (2011). Computer Networks: A Systems Approach (5th ed.). Morgan Kaufmann.
2. Weiss M., Schiller J. (2020). The Internet of Things: A Review of Research Topics. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
3. Hickson I. (2015). HTTP/2: The Next Generation of Web Protocols. W3C.
4. Iyengar J., Thomson M. (2021). QUIC: A Next-Generation Transport Protocol. ACM SIGCOMM Computer Communication Review.
5. Huston G. (2005). The End of IPv4. The Internet Protocol Journal, 8(3), 2-11.
6. Cerf V., & Kahn, R. (1974). A Protocol for Packet Network Intercommunication. IEEE Transactions on Communications, 22(5), 637-648. doi:10.1109/TCOM.1974.1092259.
7. RFC 8758. (2020). HTTP/3: A HTTP over QUIC. IETF. Retrieved from ietf.org.
8. Gill P., Arlitt M., Li Z., Mahanti A. (2010). The Flattening Internet Topology: Natural Evolution, Unsightly Barnacles or Contrived Collapse? Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement, 1-14. doi:10.1145/1879141.1879143.
9. Davies E. (2014). Understanding IPv6: Theory and Practice. 3rd Edition, Morgan Kaufmann Publishers.
10. RFC 8200. (2017). Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. IETF. Retrieved from ietf.org.
11. Rescorla E. (2018). Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. IETF. Retrieved from ietf.org.
12. Carpenter B. (2006). Network Layer Protocol Architecture for the Internet. IETF RFC 4998. Retrieved from ietf.org.
13. Schulzrinne H., Casner, S., Frederick, R., & Jacobson, V. (2003). RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. IETF RFC 3550. Retrieved from ietf.org.
14. ადამია ვ., არაბული ნ., ცირამუა ზ. კომპიუტერული ქსელები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009.

(სტატია მიღებულია 12.10.2024)

The Development of Internet Protocols

Gvaladze Miranda, Papiashvili Rusudan, Kakauridze Nika

Georgia Technical University

ghvaladze.m@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge, kakauridze.nika@gtu.ge

Summary

The process of developing Internet protocols and its impact on modern technologies is discussed. The progression of internet protocols reflects the continuous transformation of digital communication technologies, addressing evolving demands for connectivity, scalability and data security. This article explores the pivotal developments in the history of internet protocols, focusing on significant transitions such as the replacement of NCP with TCP/IP, the shift from IPv4 to IPv6, and the modernization of HTTP through its advanced versions. Drawing on diverse academic and technical resources, this study evaluates the technological and societal implications of these protocol advancements, underscoring their critical role in shaping the digital era while highlighting ongoing challenges in their implementation.

(Received 12.10.2024)

РАЗВИТИЕ ИНТЕРНЕТ-ПРОТОКОЛОВ

Гваладзе М., Папиашвили Р., Какауридзе Н.

Грузинский Технический Университет

ghvaladze.m@gtu.ge, r.papiashvili@gtu.ge, kakauridze.nika@gtu.ge

Резюме

Рассматривается процесс развития интернет-протоколов и его влияние на современные технологии, а также важность и проблемы происходящего. В начале рассматривается переход на TCP/IP, который заменил архаичный NCP и создал новый стандарт сетевой связи. Акцент сделан на ограничения развёртывания IPv4 и внедрении IPv6, который обеспечивал практически неограниченное количество адресов, а также на исключении замечаний по адаптации международной сетевой инфраструктуры, которые имел IPv4. Статья основана на опубликованной литературе и исследованиях, в которых обсуждаются плюсы и минусы развития интернет-протоколов.

(Поступила 12.10.2024)

რეგულატორების გამოყენება ავტომატური მართვის სისტემებში

ქეთევან კოტრიკაძე, სოფიო ბარნოვი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
k.kotrikadze@gtu.ge, s.barnovi@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ავტომატური რეგულირების, მიმყოლი სისტემის PID რეგულატორის პარამეტრების შერჩევის საკითხები. წარმოდგენილია პროცესები მართვის სისტემის მდგრადობის და სინთეზის ამოცანების გადასაწყვეტად. გამოყენებულია ლასმ-ები და ლფსმ-ები, რაც საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ დინამიკური მახასიათებლები, გადარეგულირება, გარდამავალი პროცესი, მდგრადობის მარაგი, გარდამავალი პროცესის დრო და სხვა მაჩვენებლები.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატური რეგულირება. სისტემა. PID რეგულატორი. მიმყოლი სისტემა. გადაცემის ფუნქცია. ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ სიხშირული მახასიათებლები.

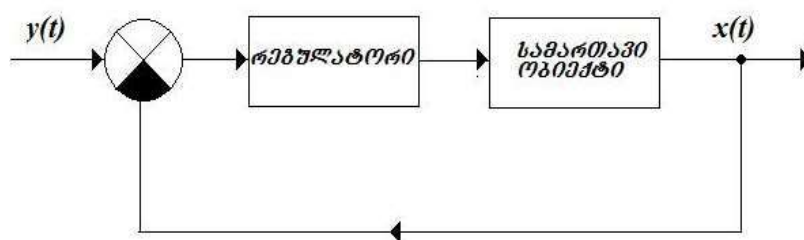
1. შესავალი

ნებისმიერი ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას რეგულატორის და სამართავი ობიექტის საშუალებით.

ავტომატური რეგულირების სისტემის რეგულატორში გაერთიანებულია სხვადასხვა დანიშნულების მოწყობილობები და ელემენტები: საზომი გარდამსახები, მაძლიერებლები, შემსრულებელი მექანიზმი, მარეგულირებელი ორგანო და სხვა.

ავტომატური რეგულირების თეორიაში რეგულატორად მოაზრება ყველა იმ ელემენტების და მოწყობილობების ერთობლიობა, რომლებიც ემსახურება სარეგულირო პროცესის სასურველი მიმართულებით წარმართვას. მასში არ შედის, მხოლოდ, სამართავი ობიექტი. რეგულატორს შესავალზე მიეწოდება შეცდომის, განთანხმების სიგნალი და გამოსავალზე იძლევა შემსრულებელი მექანიზმის, ძრავას, მმართველ ზემოქმედებას; მმართველი ზემოქმედება, თავის მხრივ, სისტემის შეცდომაზე წინასწარ მოცემული, კანონითაა დამოკიდებული - მათ შორის არსებობს ფუნქციონალური კავშირი. ტექნიკაში ასეთ რეგულატორს, სამრეწველო რეგულატორს უწოდებენ და უნიფიცირებული მოწყობილობაა [1,2,3].

ნებისმიერი ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას რეგულატორის და სამართავი ობიექტის (სო) საშუალებით. მოცემულ სქემაში (ნახ. 1) ავტომატური რეგულირების სისტემის (არს) დავალება, მმართველ ზემოქმედებაა $y(t)$, ხოლო $x(t)$ - სარეგულირო პარამეტრია.



ნახ. 1. ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა

ავტომატური მართვის თეორიაში ცნობილია სისტემის დინამიკის ოპტიმიზაციის ისეთი მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას სასურველი დინამიკური პროცესი. კერძოდ, მისი მიმდინარეობის დრო უნდა იყოს მინიმალური და პროცესს არ უნდა ჰქონდეს გადარეგულირება ან თუ ექნება არ უნდა აღემატებოდეს 20%-ს. გადარეგულირების ასეთი მნიშვნელობები ავტომატური მართვის სისტემებში დასაშვებია.

ოპტიმიზაციის ამ მეთოდის გამოყენების შედეგად, შეიძლება მიღებული იქნას სამრეწველო რეგულატორის სტრუქტურა ანუ შემსრულებელი ძრავას მმართველი ზემოქმედების სისტემის შეცდომაზე დამოკიდებულების კანონი.

სამრეწველო რეგულატორში თითქმის გამონაკლისის გარეშე გამოიყენება ე. წ. PID კანონი, რომლის არსი შემდგომში მდგომარეობს:

დავუშვათ, სამრეწველო რეგულატორის შემავალი ზემოქმედებაა $\varepsilon(t)$ - სისტემის შეცდომა, ხოლო შემსრულებელი ძრავას მმართველი ზემოქმედებაა - $U(t)$, მაშინ $U(t)$ -ს ფორმირების PID კანონს აქვს სახე:

$$U(t) = k_r \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (1)$$

აღნიშნული ფორმულა შედგება სამი შესაკრებისგან:

- 1) პროპორციულია $\varepsilon(t)$ -ს შეცდომის, პროპორციულობის k_r კოეფიციენტით;
- 2) პროპორციულია $\varepsilon(t)$ -ს ინტეგრალის $\frac{1}{T_i}$ პროპორციულობის კოეფიციენტით;

3) შესაკრები პროპორციულია $\varepsilon(t)$ -ს პირველი რიგის წარმოებულის, დიფერენციალის, T_d პროპორციულობის კოეფიციენტით. საბოლოო ჯამში, $U(t)$ პროპორციულია შეცდომის, მისი ინტეგრალის და პირველი რიგის წარმოებულის, დიფერენციალის, ამიტომ სამრეწველო რეგულატორს, რომლის $U(t)$ -ს ფორმირების კანონს აქვს (1) სახე პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალურ PID რეგულატორს უწოდებენ. ფორმულა (1)-ში k_r - რეგულატორის გაძლიერების კოეფიციენტი; T_i - რეგულატორის ინტეგრების დრო; T_d - რეგულატორის დიფერენცირების დროა.

სამრეწველო რეგულატორში, როგორც წესი, არსებობს მოწყობილობები, რომელთა საშუალებით შეიძლება k_r -ის, T_i -ს და T_d -ს ფართო საზღვრებში ცვლილება. სამრეწველო რეგულატორის ასეთი სტრუქტურა საშუალებას იძლევა იგი „მორგებელი“ იქნას სხვადასხვა დინამიკური თვისებების მქონე, უწყვეტად მოქმედ სამრეწველო ობიექტზე.

k_r , T_i და T_d სასურველი მნიშვნელობების დაყენება შესაძლებელია ამ მოწყობილობების საშუალებით; სამრეწველო ავტომატიზაციაში ამ პროცესს რეგულატორის გაწყობას უწოდებენ.

თუ (1) ფორმულაში $k_r \neq 0$, $T_i \rightarrow \infty$ და $T_d = 0$, მაშინ საქმე გვაქვს პროპორციულ (P) რეგულატორთან;

თუ $k_r \neq 0$, T_i -ს სასრულო მნიშვნელობა აქვს და $T_d = 0$, მაშინ გვექნება პროპორციულ-ინტეგრალური (PI) რეგულატორი და ა. შ.

რეგულატორის სტრუქტურის შერჩევასა და ზოგადად სარგებლობენ შემდეგი მოსაზრებებით:

თუ სისტემა რეგულატორის გარეშე სტატიკურია და საფეხუროვანი ზემოქმედებისას, მოითხოვება ნულოვანი დამყარებული შეცდომა, მაშინ აუცილებელია PI რეგულატორის გამოყენება. თუ $U(t)$ -ს ინტეგრალური მდგენელი სისტემის მდგრადობის მარაგს მნიშვნელოვნად ამცირებს. კერძოდ, იზრდება პროცესის რხევადობა, გადარეგულირება და გარდამავალი პროცესის დრო, ასეთ შემთხვევაში, აუცილებელია PID რეგულატორის გამოყენება. $U(t)$ -ს დიფერენციალური მდგენელი სისტემის მდგრადობას აუმჯობესებს.

თუ რეგულატორის გარდა სისტემის დანარჩენი ნაწილი ასტატიკურია, მაშინ მიზანშეწონილია P ან PD რეგულატორის გამოყენება; კერძოდ, თუ P რეგულატორს ექნება მდგრადობის პრობლემა, მაშინ გამოყენებული უნდა იქნას PD რეგულატორი.

ნებისმიერ შემთხვევაში, რეგულატორის გაწყობისთვის სარგებლობენ სპეციალური ცხრილებით ან ნომოგრამებით [5], რომელთა საშუალებით შეიძლება დადგენილი იქნას k_r , T_o და T_d საჭირო მნიშვნელობები. ამ ამოცანის გადასაჭრელად საჭიროა სამართავი ობიექტის გადაცემის კოეფიციენტის, დროის მუდმივას, დაგვიანების დროის და დინამიკის თვისებრივობის მოცემული მნიშვნელობების ცოდნა.

თუ ცნობილია სო-ის სტრუქტურა და უცნობია მისი პარამეტრები, მაშინ სამრეწველო რეგულატორის გაწყობისთვის სარგებლობენ იტერაციული მიდგომით; იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას თუ დასაშვებია სო-ზე საფეხუროვანი ზემოქმედება. ეს დგინდება ან აქტიური ან პასიური დაკვირვებით, ექსპერიმენტის საშუალებით.

2. სამრეწველო რეგულატორების მახასიათებლების მიმოხილვა

PID რეგულატორის პარამეტრების დასადგენად მნიშვნელოვანია მისი დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. PID რეგულატორის გადაცემის ფუნქციის მისაღებად (1) ფორმულა გადავწეროთ ლაპლასის სახეში ნულოვანი საწყისი პირობებისთვის:

$$U(S) = k_r \varepsilon(S) + \frac{1}{T_o} \varepsilon(S) + T_d S \varepsilon(S) \quad (2)$$

სადაც $U(S)$ და $\varepsilon(S)$ შესაბამისად $U(t)$ და $\varepsilon(t)$ ფუნქციების ლაპლასის სახეებია.

(2) ფორმულიდან PID რეგულატორის გადაცემის ფუნქცია იქნება:

$$W_r(S) = \frac{U(S)}{\varepsilon(S)} = k_r + \frac{1}{T_o S} + T_d S \quad (3)$$

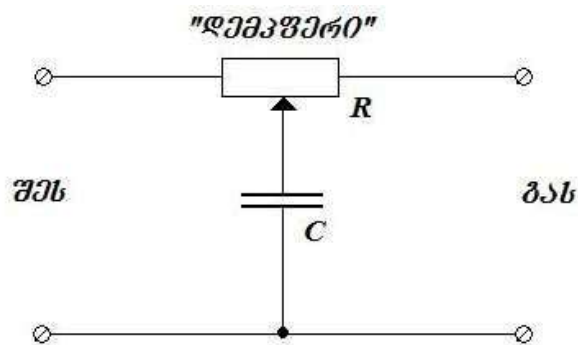
$W_r(S)$ -ს იდეალური PID რეგულატორის გადაცემის ფუნქციას უწოდებენ. პრაქტიკაში მისი ფიზიკურად განხორციელება შეუძლებელია. მიუხედავად ამისა, (3) ფორმულით ხშირად სარგებლობენ სისტემის ანალიზის და სინთეზის ამოცანებში.

ზოგიერთ სამრეწველო რეგულატორებს გააჩნიათ ე.წ. ბალასტური რგოლი, რომლის გადაცემის ფუნქციაა:

$$W_b(S) = \frac{1}{TS+1}, \quad (4)$$

მაშინ რეალური სამრეწველო PID რეგულატორის გადაცემის ფუნქციას ექნება სახე:

$$W(S) = W_b(S)W_r(S) = \frac{T_o T_d S^2 + k_r T_o S + 1}{T_o S(TS+1)} \quad (5)$$



ნახ. 2. „დეკაჟერის“ სქემა

ბალასტური რგოლის T დროის მუდმივის სასურველი მნიშვნელობის დასაყენებლად სამრეწველო რეგულატორს აქვს პოტენციომეტრი, „დემპფერი“ (ნახ. 2) [2,3,4]. თუ R პოტენციომეტრის ცოცია მარცხენა უკიდურეს მდგომარეობაშია, მაშინ $T = 0$ და მარჯვენა უკიდურესი მდგომარეობისთვის, $T = RC$ დროის მუდმივას მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს.

აღსანიშნავია, რომ ასეთი ბალასტური რგოლის არსებობა აუცილებელია მაშინ, თუ $\varepsilon(t)$ შეიცავს მაღალი სიხშირის ხელშემშლას და აუცილებელია ამ ხელშემშლელი მდგენელის მოცილება.

T დროის მუდმივას მნიშვნელობის შერჩევა ხდება ხელშემშლის სიხშირეთა დიაპაზონის მიხედვით. იდეალური რეგულატორის სიხშირული მახასიათებლების მისაღებად

$$W_{\rho}(S) = \frac{T_o T_{\omega} S^2 + k_{\rho} T_o S + 1}{T_o S} \quad (6)$$

გადაცემის ფუნქციის მრიცხველი დავშალოთ წრფივ მამრავლებად.

თუ $k_r < 2\sqrt{\frac{T_{\omega}}{T_o}}$, მაშინ კვადრატულ სამწევრს აქვს კომპლექსური ფესვები და იგი რხევითი მადიფერენცირებელი რგოლის გადაცემის ფუნქციაა. ამ შემთხვევაში კვადრატული სამწევრი შეიძლება ასე ჩაიწეროს: $T^2 S^2 + 2\sigma T S + 1$, სადაც $T = \sqrt{T_o T_{\omega}}$ და $\sigma = \frac{k_{\rho}}{2} \sqrt{\frac{T_{\omega}}{T_o}}$, რომელიც თუ $k_{\rho} < 2\sqrt{\frac{T_{\omega}}{T_o}}$, ყოველთვის ნულზე მეტი და ერთზე ნაკლებია.

თუ $k_{\rho} = 2\sqrt{\frac{T_{\omega}}{T_o}}$, მაშინ კვადრატული სამწევრი სრული კვადრატია და

$$T_o T_{\omega} S^2 + k_{\rho} T_o S + 1 = (\sqrt{T_o T_{\omega}} S + 1)^2.$$

თუ $k_{\rho} > 2\sqrt{\frac{T_{\omega}}{T_o}}$, მაშინ სამწევრს აქვს ნამდვილი ფესვები:

$$S_{1,2} = \frac{1}{2T_o T_{\omega}} (-k_{\rho} T_o \pm \sqrt{(k_{\rho} T_o)^2 - 4T_o T_{\omega}})$$

თუ აღვნიშნავთ: $S_1 = -\frac{1}{2T_o T_{\omega}} (k_{\rho} T_o + \sqrt{(k_{\rho} T_o)^2 - 4T_o T_{\omega}}) = -\frac{1}{T_1}$ და

$$S_2 = -\frac{1}{2T_o T_{\omega}} (k_{\rho} T_o - \sqrt{(k_{\rho} T_o)^2 - 4T_o T_{\omega}}) = -\frac{1}{T_2},$$

მაშინ $T_1 = 0,5(k_{\rho} T_o - \sqrt{(k_{\rho} T_o)^2 - 4T_o T_{\omega}})$, $T_2 = 0,5(k_{\rho} T_o + \sqrt{(k_{\rho} T_o)^2 - 4T_o T_{\omega}})$

$W_{\rho}(S)$, ამ შემთხვევაში, ასე ჩაიწერება: $W_{\rho}(S) = \frac{(T_1 S + 1)(T_2 S + 1)}{T_o S}$, სადაც $T_1 < T_2$. ამგავრად,

$W_{\rho}(S)$ -ის მნიშვნელობების მიხედვით (6) სამი სხვადასხვა ფორმით შეიძლება ჩაიწეროს:

$$I W_{\rho}(S) = \frac{T^2 S^2 + 2\sigma T S + 1}{T_o S}, \quad (7) \quad II W_{\rho}(S) = \frac{(\sqrt{T_o T_{\omega}} S + 1)^2}{T_o S}, \quad (8) \quad III W_{\rho}(S) = \frac{(T_1 S + 1)(T_2 S + 1)}{T_o S}. \quad (9)$$

თუ ამ ფორმულებში ჩავსვამთ $S = j\omega$ მივიღებთ სიხშირული მახასიათებლების ანალიზურ გამოსახულებებს:

1) ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ სიხშირული მახასიათებლის (ლასმ) ფორმულა იქნება: $L_{\rho}(\omega) = -20 \lg T_o \omega + 20 \lg \sqrt{(1 - T^2 \omega^2)^2 + 4\sigma^2 T^2 \omega^2}$; ლოგარითმულ-ფაზურ- სიხშირული მახასიათებლის (ლფსმ) ფორმულაა: $\varphi_{\rho}(\omega) = -90^\circ + \arctg \frac{2\sigma T \omega}{1 - T^2 \omega^2}$.

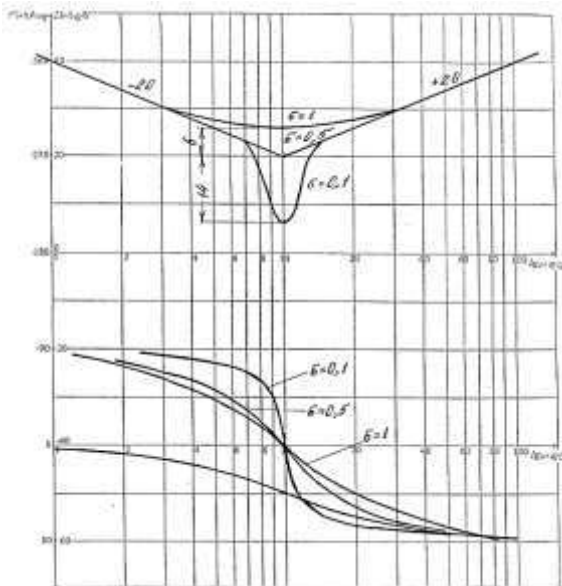
2) ლასმ-ის ფორმულა: $L_{\sigma}(\omega) = -20 \lg T_o \omega + 40 \lg \sqrt{1 + T_o T_{\phi} \omega^2}$ ლფსმ-ი იქნება: $\varphi_{\sigma}(\omega) = -90^{\circ} + 2 \arctg \sqrt{T_o T_{\phi} \omega}$.

3) ლასმ-ის ფორმულა: $L_{\sigma}(\omega) = -20 \lg T_o \omega + 20 \lg \sqrt{(T_1 \omega)^2 + 1} + 20 \lg \sqrt{(T_2 \omega)^2 + 1}$; ლფსმ-ია $\varphi_{\sigma}(\omega) = -90^{\circ} + \arctg T_1 \omega + \arctg T_2 \omega$. სამივე შემთხვევისათვის ლასმ-ები გამოსახულია მე-4 და 5 ნახაზებზე.

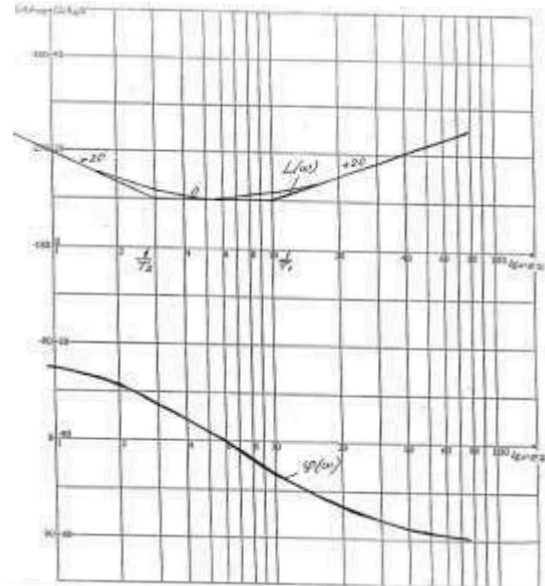
1. გადაცემის ფუნქციისათვის ლსმ-ები აგებულია, როცა $T_o = 100$ წმ, $T = 0,1$ წმ და σ -ს სამი მნიშვნელობისთვის: 0,1; 0,5 და 1 (ნახ. 4);

2. გადაცემის ფუნქციის ლსმ-ები იგივე ნახაზზეა ნაჩვენები ($\sigma = 1$ და $\sqrt{T_o T_{\phi}} = 0,1$). PID რეგულატორის ლსმ-ებიდან ჩანს, რომ მაღალ სიხშირეებზე ფაზურ-სიხშირულ მახასიათებელს დადებითი მნიშვნელობები აქვს; ამიტომ განრთული სისტემის ლფსმ-ს ქვემოთ ჩამოიწევს, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეკრული სისტემის მდგრადობის მარაგი მოიმატებს და დინამიკა გაუმჯობესდება (შემცირდება გადარეგულირება და გარდამავალი პროცესის დრო);

3. გადაცემის ფუნქციის ლსმ-ები გამოსახულია მე-5 ნახაზზე. ამ ნახაზზე სიხშირული მახასიათებლები აგებულია, როცა $T_1 = 0,1$, $T_2 = 0,33$ და $T_o = 0,1$.



ნახ. 4. გადაცემის ფუნქციის (1, 2) ლსმ-ები



ნახ. 5. გადაცემის ფუნქციის (3) ლსმ-ები

ლასმ-ების და ლფსმ-ები საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ, რამდენად მდგრადია სისტემა და როგორია მისი დინამიკური მახასიათებლები: გადარეგულირება, გარდამავალი პროცესი, მდგრადობის მარაგი, რაც მკვლევარებს და ინჟინრებს შესაძლებლობას აძლევს მართვის თეორიაში მიღებული მათემატიკური აპარატის საშუალებით გადაწყვიტოს მართვის სისტემის მდგრადობის და სინთეზის ამოცანები და შეარჩიოს PID რეგულატორის პარამეტრები.

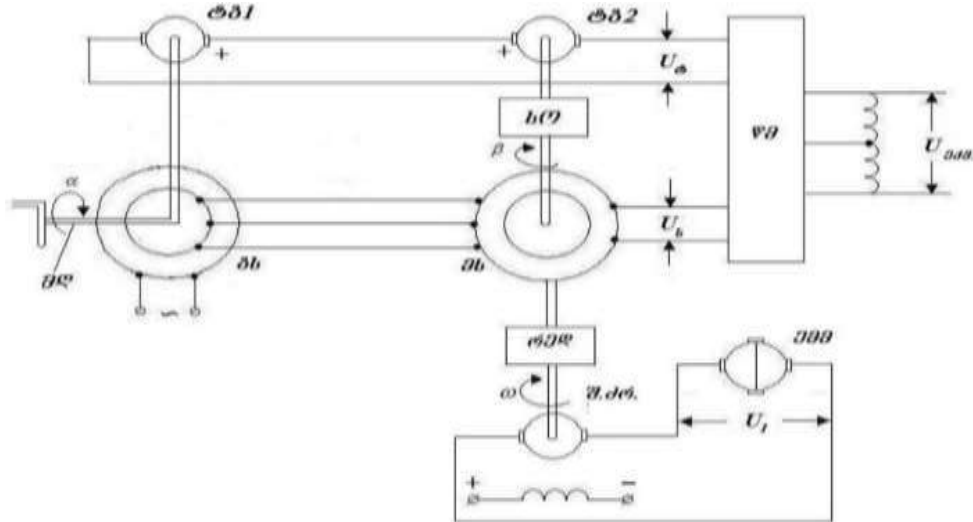
3. პროპორციულ-დიფერენციალური მიმყოლი სისტემის მდგრადობის ანალიზი

განვიხილოთ მიმყოლი სისტემის მაგალითი პროპორციულ დიფერენციალური მართვით, PD რეგულატორი. მოცემულ სისტემაში შედის შემდეგი ელემენტები: გადამცემი და მიმღები სელსინები გს, მს; რედუქტორი, რედ; ელმანქანური მამლიერებლი, ემმ; ტაქოგენერატორები, ტგ 1, 2; შემსრულებელი ძრავა, შ. ძრ.; სამართავი ობიექტი, სო; მმართველი ზემოქმედება α

მავალელები ღერძის მობრუნების კუთხეა, ხოლო β ერთდროულად მიმღები სელსინის და ამავე დროს სამართავი ობიექტის მობრუნების კუთხე, სარეგულირო პარამეტრი (ნახ. 6).

მოცემული მიმყოლი სისტემის შემთხვევაში, შემსრულებელი ძრავას მმართველი ზემოქმედება პროპორციულია შეცდომის და მისი პირველი რიგის წარმოებულის, მაშასადამე გვაქვს პროპორციულ-დიფერენციალურ მართვიანი მიმყოლი სისტემა ან უბრალოდ დიფერენციალური (PD ან D).

დიფერენციალურ მართვიან მიმყოლი სისტემის გამარტივებულ სქემას აქვს სახე (ნახ. 6).



ნახ. 6. მიმყოლი სისტემის მაგალითი პროპორციულ დიფერენციალური მართვიით

სისტემაში ტაქოგენერატორებს ტგ1 და ტგ2 იყენებენ შეცდომის პირველი რიგის წარმოებულის პროპორციული სიგნალის მისაღებად. ისინი შეერთებული არიან მიმდევრობით და შემხვედრად; წინასწარი მამლიერებლს ერთ-ერთ შესავალზე მიეწოდება ძაბვა, რომელიც ტაქოგენერატორების გამოსავალი ძაბვების სხვაობის ტოლია: $U_{ტ} = U_{ტ1} - -U_{ტ2}$ (10). ტგ1 ტაქოგენერატორის ღერძი კინემატიკურად დაკავშირებულია მავალელებელ ღერძთან, ამიტომ მისი გამოსავალი ძაბვა $U_{ტ1}$ მავალელებელი ღერძის ბრუნვის კუთხური სიჩქარის პროპორციულია. $U_{ტ1}$ და $U_{ტ2}$ ძაბვის ლაპლასის სახე იქნება:

$$U_{ტ1} = k_{ტ1}S\beta; U_{ტ2} = k_{ტ2}S\beta,$$

სადაც $S\beta$ მავალელებელი ღერძის ბრუნვის კუთხური სიჩქარის ლაპლასის სახეა.

თუ $U_{ტ1}$ და $U_{ტ2}$ ჩავსვამთ (5.41)-ში და დავუშვებთ, რომ ტაქოგენერატორები ერთნაირია ($k_{ტ1} = k_{ტ2} = k_{ტ}$), მაშინ მივიღებთ: $U_{ტ} = k_{ტ}S\alpha - k_{ტ}S\beta = k_{ტ}S(\alpha - \beta) = k_{ტ}S\varepsilon$, სადაც $\varepsilon = \alpha - -\beta$ მიმყოლი სისტემის შეცდომაა, ხოლო $S\varepsilon$ შეცდომის პირველი რიგის წარმოებულის ლაპლასის სახეა. წინასწარი მამლიერებლის მეორე შესავალზე მიეწოდება შეცდომის პროპორციული ძაბვა: $U_{ბ} = m\varepsilon$.

წინასწარი მამლიერებლის გამოსავალი ექვივალენტური ძაბვაა

$$U_{ბგ} = k_1U_{ბ} + k_1'U_{ტ} = k_1m\varepsilon + k_1'k_{ტ}S\varepsilon = k_1m(1 + \gamma S)\varepsilon$$

სადაც $\gamma = \frac{k_1'k_{ტ}}{mk_{ტ}}$ არის შეცდომის პირველი რიგის წარმოებულის პროპორციული სიგნალით მართვის ინტენსივობის ფარდობითი კოეფიციენტი.

სისტემის ელემენტების მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა ჩაწერილი ლაპლასის სახეში იქნება [2]:

$$\begin{cases} \varepsilon = \alpha - \beta \\ U_{\beta} = m\varepsilon \\ U_{\rho} = k_{\rho}S\varepsilon \\ U_{\alpha\beta} = k_1m(1 + \gamma S)\varepsilon \\ (T_1S + 1)(T_3S + 1)U_1 = k_2U_{\alpha\beta} \\ (T_2S + 1)\omega = k_3U_1 \\ \beta S = \frac{\omega}{i} \end{cases}$$

თუ ამ სისტემის ბოლო ოთხ განტოლებას წევრ-წევრად გადავამრავლებთ, მივიღებთ განრთული სისტემის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას ჩაწერილს ლაპლასის სახეში:

$$S(T_1S + 1)(T_2S + 1)(T_3S + 1)\beta = k(1 + \gamma S)\varepsilon \quad (11)$$

სადაც $k = \frac{mk_1k_2k_3}{i}$ - განრთული მიმყოლი სისტემის გადაცემის კოეფიციენტი.

თუ (11) განტოლებაში T_3 დროის მუდმივას, მისი სიმცირის გამო უგულებელვყოფთ, მივიღებთ მესამე რიგის დიფერენციალურ განტოლებას;

$$S(T_1S + 1)(T_2S + 1)\beta = k(1 + \gamma S)\varepsilon \quad (12)$$

თუ მავალელები და მიმყოლი ღერძები ბრუნავენ $\Omega = \beta S$ მუდმივი სიჩქარით, მაშინ (12)-დან მივიღებთ: $\Omega = k\varepsilon_{\rho}$, სადაც ε_{ρ} შესაბამისი დამყარებული შეცდომაა; აქედან მიმყოლი სისტემის ვარგისიანობა: $D_3 = \frac{\Omega}{\varepsilon_{\rho}} = k$.

ჩავატაროთ შეკრული მიმყოლი სისტემის მდგრადობის ანალიზი; შეკრული სისტემის მახასიათებელი განტოლება იქნება:

$$T_1T_2S^3 + (T_1 + T_2)S^2 + (1 + k\gamma)S + k = 0. \quad (13)$$

თუ გამოვიყენებთ ჰურვიცის კრიტერიუმს, მაშინ შეკრული მიმყოლი სისტემა იქნება მდგრადი თუ $k \in (0; \frac{T_1+T_2}{T_1T_2-\gamma(T_1+T)})$ ანუ k კოეფიციენტის კრიტიკული მნიშვნელობაა:

$$k_{კრ} = \frac{T_1 + T_2}{T_1T_2 - \gamma(T_1 + T)} = D_{3კრ}$$

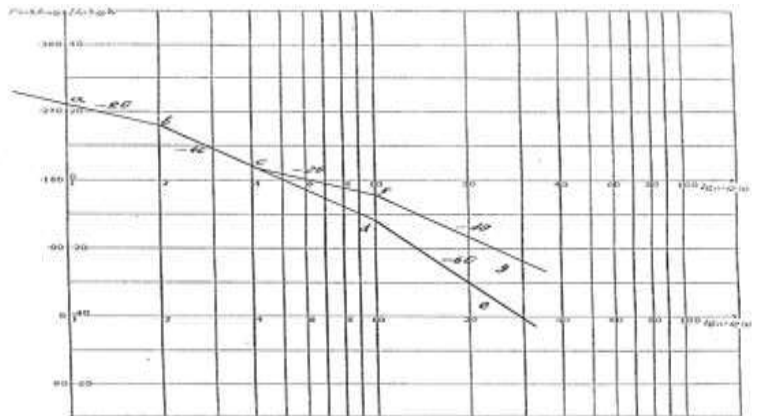
ე. ი. დიფერენციალური მართვა შეკრული სისტემის მდგრადობას აუმჯობესებს და $k_{კრ}$ და $D_{3კრ}$ შეიძლება გაზრდილი იქნას მითითებულ მნიშვნელობამდე.

დიფერენციალურ მართვიანი მიმყოლი შეკრული სისტემის მდგრადობის შედარებითი ანალიზი გავაკეთოთ ლსმ-ების გამოყენებით; ამისათვის (12)-დან დავწეროთ განრთული მიმყოლი სისტემის გადაცემის ფუნქცია:

$$W_{\beta}(S) = \frac{K(1+\gamma S)}{S(T_1S+1)(T_2S+1)} \quad (14)$$

(14) შეკრული სისტემის მდგრადობა შევადაროთ განრთული სისტემის ზოგად გადაცემის ფუნქციას $W(S) = \frac{k}{S(T_1S+1)(T_2S+1)}$ (15). კერძოდ, სისტემის მდგრადობას და დავადგინოთ γ -ს შერჩევის პრინციპი.

დავუშვათ, $T_1 = 0,5$, $T_2 = 0,1$ და $k = 12$; k -ს ამ მნიშვნელობისთვის (15) სისტემა მდგრადობის საზღვარზეა. მე-7 ნახაზზე აგებულია (15) გადაცემის ფუნქციის შესაბამისი ლასმ-ი (*abcde* ტეხილი);



ნახ. 7. PD მიმყოლი სისტემის ლასმ-ი

იმისათვის რომ (14)-ის ლასმ-მა $L = 0$ წრფე გადაკვეთოს -20 დბ/დეკ დახრით (k -ს მნიშვნელობა იგივე უნდა დარჩეს), საჭიროა $\frac{1}{\gamma} \in [2; 10)$ შუალედს. ვთქვათ, $\frac{1}{\gamma} = 4$; ანუ $\gamma = 0,25$, მაშინ (14)-ის ლასმ-ს ექნება სახე (ნახ. 7 *abcfg* ტეხილი), რომლის ჭრის სიხშირე $\omega_{ჭრ} = 6$; ფაზის ძვრა ამ სიხშირეზე იქნება $\varphi(6) = -136^\circ$. მდგრადობის მარაგია, ფაზის მიხედვით: $180^\circ - 136^\circ = 44^\circ$. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ დიფერენციალური მართვა დამყარებული შეცდომის ცვლილებას არ იწვევს.

4. დასკვნა

ავტომატური რეგულირების, მიმყოლი სისტემის PID რეგულატორის პარამეტრების შერჩევა მნიშვნელოვანი პროცესია, მართვის სისტემის მდგრადობის და სინთეზის ამოცანების გადასაწყვეტად. ამისათვის, ლასმ-ების და ლფსმ-ების გამოყენება საშუალებას იძლევა გავაანალიზოთ, დინამიკური მახასიათებლები. გადარეგულირება, გარდამავალი პროცესი, მდგრადობის მარაგი, გარდამავალი პროცესის დრო და სხვა მაჩვენებლები.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Dorf R.C., Bishop R.H. (2017). Modern control systems. 13th edition Boston: Pearson, 1106 p.
2. Nagrath J., Gopal M. (2019). Control Systems Engineering. New age international (P) LTD. 725 p.
3. Следящие приводы. (1999). Том I, Под редакцией Чемоданова Б.К., изд. МГТУ им М. Баумана, Москва, 903 с.;
4. Чемоданов Б.К. Следящие приводы. 3 т., 2-е изд., доп. и перераб. / Б.К. Чемоданов [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 880 с.

(სტატია მიღებულია 10.12.2024)

USE OF REGULATORS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

Kotrikadze Ketevan, Barnovi Sophio

Georgian Technical University

k.kotrikadze@gtu.ge, s.barnovi@gtu.ge

Summary

Issues of automatic regulation, selection of PID regulator parameters of the following system are discussed. Processes for solving the tasks of stability and synthesis of the control system are presented. LAFCs and LPFCs are used, which allow to analyze dynamic indicators, over-regulation, transition process, stability stock, time of transition process and other indicators.

(Received 10.12.2024)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Котрикадзе К., Барнови С.

Грузинский Технический Университет

k.kotrikadze@gtu.ge, s.barnovi@gtu.ge

Резюме

Обсуждаются вопросы автоматического регулирования, выбора параметров ПИД-регулятора следующей системы. Представлены процессы решения задач устойчивости и синтеза системы управления. Используются ЛАЧХ и ЛФЧХ, которые позволяют анализировать динамические показатели, сверхрегулирование, переходный процесс, запас устойчивости, время переходного процесса и другие показатели.

(Поступила 10.12.2024)

მართვის ციფრული სისტემების პროგრამული უზრუნველყოფის შეკრულობის განსაზღვრა

პაატა ჯოხაძე, ლევან მთივლიშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
paata_j@yahoo.com, mtivlishvili@hotmail.com

რეზიუმე

განხილულია მართვის თანამედროვე, ციფრული სისტემების პროგრამული უზრუნველყოფის შეკრულობის გაზომვის მექანიზმები. პროგრამული უზრუნველყოფის შეკრულობის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა თავიდან იქნეს აცილებული პროგრამული უზრუნველყოფის დაბალი ხარისხი, რაც წარმოადგენს მართვის სისტემების შეფერხებებით ფუნქციონირების ერთერთ ძირითად მიზეზს.

საკვანძო სიტყვები: მართვის ციფრული სისტემები. პროგრამული უზრუნველყოფა. პროგრამული უზრუნველყოფის შეკრულობა. კლასები. ატრიბუტები.

1. შესავალი

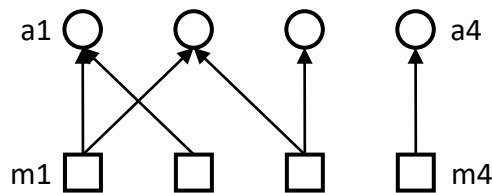
ნებისმიერი მართვის ციფრული სისტემის ფუნქციონირებისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია საიმედო, მაღალი ხარისხის მქონე, პროგრამული უზრუნველყოფის არსებობა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ხარისხიანი პროგრამული უზრუნველყოფა არ გულისხმობს მხოლოდ იმ ფაქტს რომ მართვის სისტემის ფუნქციონირება წარმოებს ხარვეზების გარეშე. მართვის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს, რომ ის ყოველთვის მზად იყოს ცვლილებებისთვის, დაემატოს ახალი და/ან განხორციელდეს ძველი ამოცანების მოდიფიკაციები, რაც ხშირ შემთხვევებში გამოწვეული შეიძლება იყოს ტექნოლოგიურ პროცესებში ცვლილებების შეტანით. გამუდმებული ცვლილებების პროცესში მართვის სისტემის პროგრამულმა უზრუნველყოფამ უნდა შეინარჩუნოს სტაბილურობა და ამავდროულად დარჩეს განვითარებადი. კვლევებმა აჩვენეს, რომ მართვის ციფრული სისტემების დაბალი ხარისხის პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების შედეგად, მოცდენებით გამოწვეულმა ზარალმა 2016-2020 წლებში შეადგინა 800 მილიონი დოლარი ხოლო 2020-2023 წლებში 1,7 მილიარდი დოლარი. იმისათვის რომ თავიდან იქნეს აცილებული პროგრამული უზრუნველყოფის დაბალი ხარისხი, პირველ რიგში შერჩეული და გამოყენებული უნდა იქნეს საზომები რათა განხორციელდეს პროგრამული უზრუნველყოფის ანალიზი და განისაზღვროს მისი ხარისხი.

2. ძირითადი ნაწილი: შეკრულობის განსაზღვრა

ნებისმიერი ციფრული სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა შედგება კომპონენტებისგან. კომპონენტი წარმოდგენს მონათესავე ფუნქციონალების ერთობლიობას, რომელიც უზრუნველყოფს ერთი კონკრეტული დავალების შესრულებას. ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამების ენებში (C++, Python) შესაძლებელია კომპონენტების კლასიფიცირება და მათი მოქცევა „კლასებში“, რის ფუფუნებაც არ არსებობს სტრუქტურული დაპროგრამების ენებში (C, GO), ასეთი სახის დაპროგრამების ენებში კომპონენტების განთავსება ხორციელდება ფაილურ სისტემებში. ნებისმიერი კომპონენტის/კლასის შემადგენელი წევრი შეიძლება იყოს „ცვლადი/ატრიბუტი“ (ოპერატიულ მეხსიერებაში გამოყოფილი ადგილი სადაც

შესაძლებელია მონაცემების შენახვა და შეცვლა) და „მეთოდი/ფუნქცია“ (არის პროგრამული კოდის ნაწილი რომელიც ასრულებს კონკრეტულ დავალებას). პროგრამულ უზრუნველყოფაში ერთერთ ძირითად გამოწვევას წარმოადგენს სწორად მოხდეს ფუნქციონალის კომპონენტებად/კლასებად დაჯგუფება რათა არ იქნეს დაშვებული ისეთი ტიპის კლასიკური დარღვევები როგორც არის „Spaghetti Code“ ან „God Class“. ფუნქციონალის „კლასებში“ დაჯგუფება დამოკიდებულია დეველოპერის გამოცდილებაზე. რაც უფრო გამოცდილია დეველოპერი მით უფრო სწორად შეძლებს ფუნქციონალის დაყოფას და დაჯგუფებას, მაგრამ ისმის კითხვა „რამდენად კარგად შეუძლია გამოცდილ დეველოპერს ფუნქციონალის კლასებად დაჯგუფება?“ პასუხი მარტივია: იმდენად კარგად, რამდენადაც შესაძლებელია ზუსტად განისაზღვროს ფინჯანში არსებული წყლის ოდენობა, როდესაც მას არ გააჩნია დოზირების შტრიხები.

1991 წელს შიამ ჩიდამბერმა და კრის კემერერმა შეიმუშავეს საზომი Lack Of Cohesion Of Method (LCOM1) [1]. ეს საზომი მიზნად ისახავს კლასის შეკრულობის განსაზღვრას, ის აღწერს თუ რამდენად მჭიდროდ არიან კლასის მეთოდები დაკავშირებული ერთმანეთთან. უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ კლასის მეთოდები რამდენად იყენებენ ერთიდაიგივე ატრიბუტებს. LCOM1 წარმოადგენს კლასში არსებული მეთოდების წყვილის რაოდენობას რომლებსაც არ გააჩნიათ სულ მცირე ერთი საზიარო ატრიბუტი.



ნახაზი 1. A კლასის გრაფიკული გამოსახულება

LCOM1 გამოითვლება ფორმულით:

$$LCOM1 = NP - \# \text{მეთოდების წყვილი საზიარო ატრიბუტებით}$$

სადაც NP -კლასში არსებული მეთოდების წყვილის საერთო რაოდენობაა და განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$NP = \binom{M}{2} = \frac{M!}{2! * (M - 2)!} = M * \frac{M - 1}{2}$$

სადაც M წარმოადგენს მეთოდების რაოდენობას.

ნახაზზე 1 მოცემულია A კლასის გამოსახულება რომლსაც გააჩნია $m1, m2, m3$ და $m4$ მეთოდები და $a1, a2, a3$ და $a4$ ატრიბუტები. A კლასს გააჩნია ოთხი მეთოდი და მეთოდების 6 წყვილი $m1-m2, m1-m3, m1-m4, m2-m3, m2-m4$ და $m3-m4$. აქედან $m1-m2$ -ს აქვთ ერთი საზიარო ატრიბუტი $a1$. საზიარო ატრიბუტი აქვთ ასევე $m1-m3$ -ს $a2$ -ის სახით. მეთოდების სხვა წყვილს საზიარო ატრიბუტი არ გააჩნიათ. გამოვთვალოთ LCOM1-ის მნიშვნელობა:

$$LCOM1 = 6 - 2 = 4$$

LCOM1 ის მინიმალური მნიშვნელობა გამოისახება რიცხვით 0, რადგან შესაძლებელია კლასში შემავალი მეთოდების ყველა წევრს გააჩნდეს ერთი საზიარო ატრიბუტი. ხოლო მაქსიმალურ ნიშნულს აღწევს როდესაც მეთოდების არცერთ წევრს არ გააჩნია საზიარო ატრიბუტი, უფრო მარტივად რომ ვთქვათ დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობა ტოლია კლასში შემავალი მეთოდების წევრის რაოდენობის.

LCOM1 იძლევა ინფორმაციას იმის შესახებ თუ კლასის მეთოდების რამდენი წევრი არაა ერთმანეთთან დაკავშირებული, მაგრამ მას გააჩნია სისუსტეც რაც იმაში მდგომარეობს რომ იგი არ აღწერს კლასის შიგნით დაკავშირებული მეთოდების წევრს. მაგ.: მოცემულ შემთხვევაში A კლასს გააჩნია 4 მეთოდი და მისი შეკრულობის ნაკლებობის კოეფიციენტი არის 4, ხოლო თუ განვიხილავთ B კლასს, რომელსაც გააჩნია 10 მეთოდი ხოლო მათგან 41 მეთოდების წევრი დაკავშირებულია ერთმანეთთან საზიარო ცვლადით მივიღებთ რომ:

$$LCOM1_B = 45 - 41 = 4$$

ცხადია, რომ $LCOM1_A = LCOM1_B$ გამოთვლების შედეგად მიღებული შედეგი ორივე კლასისთვის ტოლია, მაგრამ უნდა აღინიშნოს რომ A და B კლასების შეკრულობა ერთმანეთისგან განსხვავდება. სწორედ ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად 1994 წელს ჩიდამბერმა და კემერერმა მოახდინეს საზომის მოდიფიცირება და შექმნეს ახალი საზომი LCOM2 [2]. LCOM2-ი მისი წინამორბედის LCOM1-ისგან განსხვავებით განიხილავს კლასში არსებულ ყველა მეთოდების წევრის მდგომარეობას. LCOM2-ი გამოითვლება ფორმულით:

$$LCOM2 = \begin{cases} P - Q, & \text{If } P > Q \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

სადაც: P არის მეთოდების წევრის რაოდენობა რომლებსაც არ გააჩნიათ საზიარო ატრიბუტი და Q მეთოდების წევრის რაოდენობა რომლებსაც გააჩნიათ საზიარო ატრიბუტი.

ნახაზზე 1 ნაჩვენებია კლასის სტრუქტურის მიხედვით გამოვთვალოთ LCOM2-ის მნიშვნელობა. მეთოდების ექვსი წევრიდან ორ წევრს m1-m2-ს და m1-m3-ს გააჩნია საზიარო ატრიბუტი ან ისინი დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან, $P = 4$ ხოლო $Q = 2$, ვინაიდან $P > Q$

$$LCOM2 = P - Q = 4 - 2 = 2$$

როგორც ფორმულიდან ჩანს LCOM2 კლასის შეკრულობას მიიჩნევს მაქსიმალურს თუ მისი მეთოდების წევრების უმეტესობა ($50\% + 1$) დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან საზიარო ატრიბუტით. ეს საზომი იძლევა უკეთეს სურათს ვიდრე LCOM1, მაგრამ არ არის საკმარისი სრული სურათის დასანახად, რადგან კლასში შემავალი მეთოდების ნაწილი შეიძლება დაკავშირებულნი არ იყვნენ ერთმანეთთან და საჭირო იყოს კლასის დაშლა.

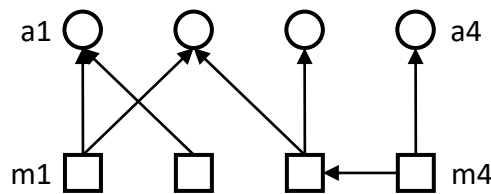
1993 წელს ვიე ლიმ და სალი ჰენრიმ შექმნეს ახალი საზომი LCOM3 [3], ეს საზომი მისი წინამორბედებისგან განსხვავებით მეთოდების წევრის ნაცვლად იხილავდა მეთოდების ჯგუფს რომელნიც დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან მინიმუმ ერთი საზიარო ატრიბუტით. LCOM3 გამოითვლება ფორმულით:

$$LCOM = \# \text{მეთოდების ჯგუფი რომლებიც დაკავშირებულნი არ არიან}$$

ნახაზზე 1 მოცემული A კლასის მიხედვით მეთოდები m1 და m2 დაკავშირებულნი არიან a1 ატრიბუტის მეშვეობით, ამასთან m1 და m3 დაკავშირებულნი არიან a2-ის მეშვეობით. m4 არ

არის დაკავშირებული არცერთ სხვა მეთოდთან. შესაბამისად A კლასი მოიცავს ორ ჯგუფს m_1 , m_2 , m_3 და m_4 . აქედან მიიღება რომ $LCOM_3 = 2$. რაც განსაზღვრავს რომ A კლასში მეთოდების მხოლოდ ორი ჯგუფია რომელნიც არ არიან დაკავშირებულნი ერთმანეთთან. ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ითქვას რომ მეთოდი m_4 მოითხოვს ყურადღებას, როგორც საზომი აჩვენებს შესაძლებელია ის არც კი იყოს კლასის აუცილებელი შემადგენელი ნაწილი და საჭიროებდეს სხვა კლასში გადატანას.

1994 წელს მარტინ ჰიციმ და ბეჰზად მონთაზერიმ შექმნეს LCOM4 [4], რომელიც ასევე იხილავდა მეთოდების ჯგუფს, თუმცა LCOM3-სგან მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მეთოდების კავშირი განისაზღვრებოდა არა მხოლოდ საზიარო ატრიბუტით არამედ მეთოდის გამოძახებითაც.



ნახაზი 2. B კლასის გრაფიკული გამოსახულება

ნახაზზე 1 მოცემული A კლასის მიხედვით ისევე როგორც LCOM3-ის შემთხვევაში LCOM4-საც გააჩნია ორი მეთოდების ჯგუფი რადგან m_1 და m_2 დაკავშირებულნი არიან a_1 ატრიბუტის მეშვეობით, m_1 და m_3 a_2 -ის მეშვეობით და m_4 არ არის დაკავშირებული არცერთ სხვა მეთოდთან. ამიტომ $LCOM_{4A} = 2$. ხოლო B კლასის შემთხვევაში m_1 და m_2 დაკავშირებულნი არიან a_1 ატრიბუტის მეშვეობით, m_1 და m_3 a_2 -ის მეშვეობით და m_4 დაკავშირებულია m_3 -თან პირდაპირი გამოძახებით. შესაბამისად B კლასს გააჩნია ერთი მეთოდების ჯგუფი, $LCOM_{4B} = 1$ მაშინ როცა $LCOM_{3B} = 2$. აქედან დგინდება რომ LCOM4 უფრო მეტად აღწერს კლასის წევრების დამოკიდებულებას ვიდრე LCOM3.

ამ უკანასკნელ საზომებს LCOM3 და LCOM4 მისი წინამორბედების მსგავსად გააჩნიათ სისუსტეები რადგან ეს საზომები სრულად არ განიხილავენ მეთოდების და ატრიბუტების დამოკიდებულებას.

1995 წელს ლარი კონსტანტინემ და იან გრეჰემიმ შექმნეს ახალი საზომი LCOM5 [5]. მათ თქვეს რომ მხოლოდ მეთოდების წყვილების ან ტრადიციული ჯგუფების განხილვა საკმარისი არ იყო, მათი აზრით უკეთესი იქნებოდა მეთოდების ატრიბუტებთან ურთიერთქმედების მაჩვენებლის გამოყენება, თითოეული ატრიბუტი თუ რამდენი მეთოდის მიერ არის გამოყენებული. მათ აღწერეს დამოკიდებულების ნორმალიზება და შექმნეს ფორმულა:

$$LCOM5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^a \mu(A_i)}{m * a}$$

სადაც:

- m = კლასში არსებული მეთოდების რაოდენობაა.
- a = კლასში ატრიბუტების რაოდენობაა.
- $\mu(A_i)$ = მეთოდების რაოდენობაა, რომელიც უკავშირდება i -ურ ატრიბუტს.

ნახაზზე 1 მოცემული A კლასის მიხედვით მეთოდების და ატრიბუტების რაოდენობა ერთნაირია $a = m = 4$. a_1 ატრიბუტს იყენებს ორი m_1 და m_2 მეთოდი, a_2 ატრიბუტს იყენებს m_1 და m_3 მეთოდი, a_3 ატრიბუტს იყენებს ერთი m_3 მეთოდი ხოლო a_4 ატრიბუტი გამოიყენება m_4

მეთოდის მიერ. აღნიშნულიდან გამომდინარე $\mu(A_1) = 2$, $\mu(A_2) = 2$, $\mu(A_3) = 1$, $\mu(A_4) = 1$. თუ მივყვებით ფორმულას

$$LCOM5 = 1 - \frac{2 + 2 + 1 + 1}{4 * 4} = 0.625$$

LCOM5-ის მინიმალური მნიშვნელობა შეიძლება იყოს 0 რაც ნიშნავს მაღალ შეკრულობას რაც იმის მანიშნებელია რომ თითოეული მეთოდი იყენებს კლასის თითოეულ ატრიბუტს. ხოლო მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოისახება რიცხვი 1-ით რაც გულისხმობს რომ კლასის არცერთი მეთოდი არ იყენებს არცერთ ატრიბუტს.

1996 წელს ბრაიან ჰენდერსონ სელერმა შექმნა ახალი საზომი LCOM* [6] რომელიც აღწერდა კლასის თითოეულ წევრს და მათ ურთიერთქმედებას.

$$LCOM * = \frac{\frac{1}{a} * \sum_{i=1}^a \mu(A_i) - m}{1 - m} = \frac{\sum_{i=1}^a \mu(A_i) - m * a}{a - m * a} = \frac{\left(m - \frac{\sum_{i=1}^a \mu(A_i)}{a}\right)}{m - 1}$$

სადაც:

- m = კლასში არსებული მეთოდების რაოდენობაა.
- a = კლასში ატრიბუტების რაოდენობაა.
- $\mu(A_i)$ = მეთოდების რაოდენობაა, რომელიც უკავშირდება i -ურ ატრიბუტს.

ნახაზზე 1 მოცემული კლასის მიხედვით მეთოდების და ატრიბუტების რაოდენობა ერთნაირია $a = m = 4$. a_1 ატრიბუტს იყენებს ორი m_1 და m_2 მეთოდი, a_2 ატრიბუტს იყენებს m_1 და m_3 მეთოდი, a_3 ატრიბუტს იყენებს ერთი m_3 მეთოდი ხოლო a_4 ატრიბუტი გამოიყენება m_4 მეთოდის მიერ. აღნიშნულიდან გამომდინარე $\mu(A_1) = 2$, $\mu(A_2) = 2$, $\mu(A_3) = 1$, $\mu(A_4) = 1$. თუ მივყვებით ფორმულას

$$LCOM * = \frac{\left(4 - \frac{2 + 2 + 1 + 1}{4}\right)}{4 - 1} \approx 0.833$$

LCOM*-ის მინიმალური მნიშვნელობა შეიძლება იყოს 0 ხოლო მაქსიმალური 2. 0 ნიშნავს რომ კლასს გააჩნია მაღალი შეკრულობის კოეფიციენტი ხოლო 1-2 ის შუალედში საყურადღებოა, რადგან კლასს გააჩნია დაბალი შეკრულობა და საჭიროებს დაშლას ფუნქციონალის მიხედვით. მოცემულ შემთხვევაში LCOM* საზომმა მოგვცა ინფორმაცია რომ A კლასს გააჩნია დაბალი შეკრულობა თუმცა არც ისეთი საგანგაშო.

3. დასკვნა

კლასის შეკრულობის საზომები (Lack of Cohesion of Methods) გვაძლევენ დეტალურ ინფორმაციას თუ კლასის წევრები რამდენად არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. LCOM1 აღწერს კლასში არსებული მეთოდების წყვილებს რომლებიც არ არიან დაკავშირებულნი ერთმანეთთან უშუალოდ ატრიბუტის მეშვეობით, LCOM2 აღწერს სხვაობას კლასში არსებული დაკავშირებულ და დაუკავშირებელ მეთოდების წყვილებს შორის, LCOM3 აღწერს კლასში არსებული მეთოდების ჯგუფებს რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან ატრიბუტებით, LCOM4 აღწერს კლასში არსებული მეთოდების ჯგუფებს რომელნიც დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან ნებისმიერი გზით (ატრიბუტით ან უშუალოდ მეთოდის გამოძახებით). ხოლო LCOM* აღწერს მთლიანად კლასის წევრების ურთიერთ გამოყენებას. აღნიშნული საზომები საშუალებას იძლევიან თითოეულ კლასში გავზომოთ მისი შეკრულობა რათა შემდეგ განხორციელდეს მოდიფიცირება, რაც უზრუნველყოფს პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის მართვას.

ლიტერატურა – References- Литература:

1. S. Chidamber and C. Kemerer, "Towards a metrics suite for object-oriented design," ACM SIGPLAN Notices, vol. 26, no. 11, pp. 197-211, 1991.
2. S. Chidamber and C. Kemerer, "A metrics suite for object oriented design," in IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 20, no. 6, pp. 476-493, 1994.
3. W. Li and S. Henry, "Maintenance metrics for the object-oriented paradigm," Proceedings First International Software Metrics Symposium, 1993, pp. 52-60.
4. Martin Hitz, Behzad Montazeri (1994). Measuring Coupling and Cohesion in Object-Oriented Systems.
5. B. Henderson-Sellers, L. Constantine and I. Graham, "Coupling and Cohesion (towards a Valid Metrics Suite for Object-Oriented Analysis and Design)," Object Oriented Systems, Vol. 3, 1996, pp. 120-158.
6. Braina Henderson Seller (1996). Object-Oriented Metrics, Measure of Complexity. -147p.
(*სტატია მიღებულია 21.11.2024*)

**DETERMINING LACK OF COHESION OF METHODS IN DIGITAL
CONTROL SYSTEMS SOFTWARE**

Jokhadze Paata, Mtivlishvili Levan
Georgian Technical University
paata_j@yahoo.com, mtivlishvili@hotmail.com

Summary

This article discusses the mechanism for measuring "Lack of cohesion of methods" in the software of modern digital control systems. Determining the lack of cohesion of methods allows to avoid low quality of software, which is one of the main reasons of system failure. Measures are introduced by which software should be checked.

(Received 21.11.2024)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕДОСТАТОЧНОЙ СВЯЗНОСТИ МЕТОДОВ В ПРОГРАММНОМ
ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Джохадзе П., Мтивлишвили Л.
Грузинский Технический Университет
paata_j@yahoo.com, mtivlishvili@hotmail.com

Резюме

Рассматривается механизм измерения "недостаточной связности методов" в программном обеспечении современных цифровых систем управления. Определение недостаточной связности методов позволяет избежать низкого качества программного обеспечения, которое является одной из основных причин отказов системы. Представлены меры, с помощью которых должно проверяться программное обеспечение.

(Поступила 21.11.2024)

მართვის ციფრული სისტემების გამოყენების თავისებურებები ჰესებში მიმდინარე პროცესების მართვაში

პაატა ჯოხაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

paata_j@yahoo.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ჰესებში მიმდინარე პროცესების მართვაში, მართვის თანამედროვე, ციფრული სისტემების გამოყენების თავისებურებებთან დაკავშირებული საკითხები და ის ტიპური შეცდომები, რომლებიც ხშირად მეორდება მათი აგებისას და რომლებსაც რიგ შემთხვევებში შეიძლება მოყვეს გამოუსწორებელი შედეგები.

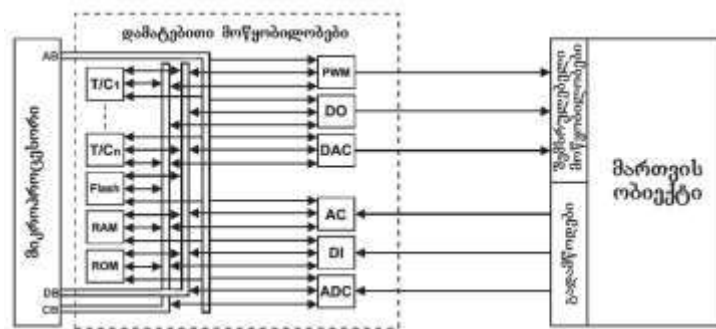
საკვანძო სიტყვები: მართვის ციფრული სისტემები. კონტროლერები პროგრამირებადი ლოგიკით (PLC). მიკროკონტროლერები. რეგულირების კანონი. ჰიდროაგრეგატი. სადაწნეო მილსადენი.

1. შესავალი

სულ რაღაც რამოდენიმე ათეულის წინ, მაშინ, როდესაც არ არსებობდა მართვის მოქნილი სისტემების აგების შესაძლებლობები, მათი შემუშავების პროცესი წარმოადგენდა საკმაოდ ხანგრძლივ და ძვირადღირებულ პროცესს, რომელშიც ჩართული იყო მეცნიერებისა და ინჟინრების მრავალრიცხოვანი ჯგუფები. მიმდინარეობდა მართვის ობიექტების დეტალური შესწავლა, მათი სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაცია, გარდამავალი პროცესების მახასიათებლები (გადარეგულირება, რხევები, დამყარების დრო) დადგენა, რეგულირების კანონებისა და რეგულატორების კოეფიციენტების დადგენა, რეგულატორების გამართვა და სხვა.

XX საუკუნის 80-იანი წლებიდან დაწყებული, როცა მსოფლიო ბაზარზე გამოჩნდა 8-ბიტისანი მიკროპროცესორები, მართვის სისტემების შემუშავებისას, მისი გათვალისწინებით, დაიწყო გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებების გამოყენება მიკროპროცესორების ბაზაზე. მართვის სისტემების შემუშავების ამ ტექნოლოგიამ მნიშვნელოვნად შეამცირა ახალი სისტემების შემუშავების დრო და სისტემის აგებისას გაწეული ხარჯები [1]. მართვის სისტემებს შეემატათ მოქნილობა, რაც გამოიხატებოდა იმაში, რომ მართვის კანონების და მათი კოეფიციენტების ცვლილება შესაძლებელი გახდა პროგრამულად და არა სქემურად. მიუხედავად ამისა, მართვის სისტემის შემუშავების პროცესი მაინც საკმაოდ ხანგრძლივი და რთული რჩებოდა, ყოველი მართვის ობიექტისათვის ინდივიდუალურად უნდა ყოფილიყო შემუშავებული მათთვის ობიექტთან შეუღლების მოწყობილობები, როგორცაა მაგალითად: ტაიმერები სიგნალების განივ-იმპულსური მოდულაციისთვის (PWM); ანალოგურ-ციფრული (ADC) და ციფრო-ანალოგური (DAC) გარდამსახები; დისკრეტული სიგნალების მიმღები (DI) და გადამცემი (DO) ე.წ. პორტები და სხვა. მართვის სისტემამ მიიღო ნახაზზე 1 მოცემული სახე.

1980-იან წლებში სხვადასხვა კომპანიამ შეიმუშავა და გამოუშვა ერთ კრისტალზე რეალიზებული, ფუნქციურად დასრულებული, მოწყობილობები – ე.წ. მიკროკონტროლერები, რომლის კრისტალზე გაერთიანებული იყო პროცესორისა და მართვისთვის განკუთვნილი, პერიფერიული მოწყობილობების ფუნქციები. ფაქტობრივად ისინი წარმოადგენდნენ მართვისთვის განკუთვნილ ერთკრისტალიან სპეციალიზებულ გამომთვლელ მანქანას [1].



ნახ. 1. მართვის მიკროპროცესორული სისტემის ტიპური სტრუქტურა

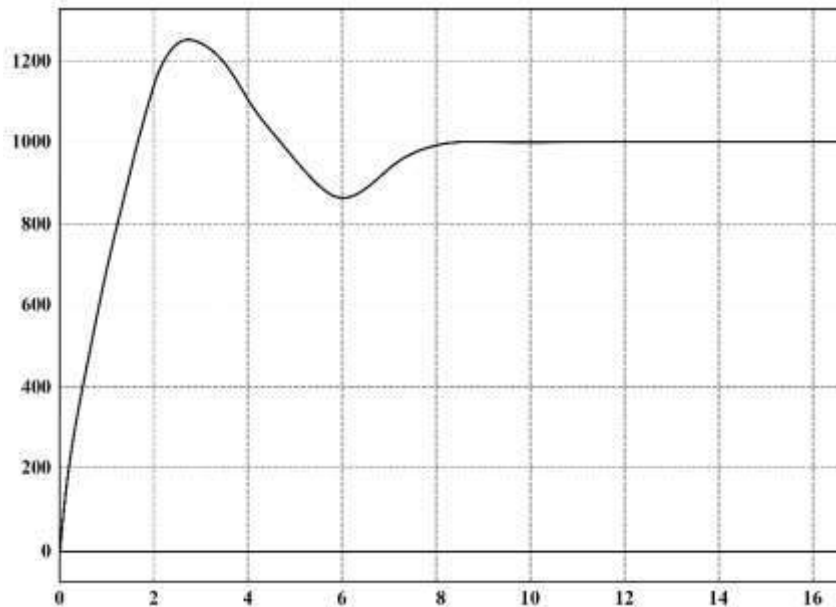
მიკროკონტროლერების განვითარებამ თავის მხრივ გამოიწვია მართვისთვის განკუთვნილი საკმაოდ დახვეწილი და მოქნილი მოწყობილობების განვითარება, რომლებიც ცნობილია PLC (Programmable Logic Controller - კონტროლერი პროგრამირებადი ლოგიკით) სახელწოდებით. მართვის კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად თანამედროვე კონტროლერი პროგრამირებადი ლოგიკით აიწყობა სხვადასხვა დანიშნულების მოდულებისგან და საკმაოდ კომპაქტურ მოწყობილობას წარმოადგენს, რომლის მუშაობის ლოგიკა პროგრამირდება. შემუშავებული იქნა საერთაშორისო სტანდარტი IEC 61131-3, რომელიც განსაზღვრავს კონტროლერის პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების მიდგომებს და დაპროგრამების ენებს, რომელთა შორისაა დაპროგრამების მაღალი დონის ენები (Pascal, C/C++, უკვე Python) [2]. ამრიგად კონტროლერების დაპროგრამება ხელმისაწვდომი გახდა ნებისმიერისთვის ვინც ფლობს დაპროგრამების ენებს და სწორედ აქედან იწყება პრობლემები.

2. მართვა და კონტროლერის დაპროგრამება

ხშირია ფაქტები, როცა პიროვნება, რომელმაც გაიარა კონტროლერების დაპროგრამების კურსები, დარწმუნებულია იმაში, რომ მას შეუძლია შექმნას ამა თუ იმ მართვის ობიექტში მიმდინარე პროცესების მართვის სისტემები. კარგია, თუ ასეთი ობიექტები არ წარმოადგენენ ე.წ. მაღალი რისკის ობიექტებს, მაგალითად სათბურები, თუმცა ამ შემთხვევაშიც არაკორექტულად აგებული მართვის სისტემით შესაძლებელია მიღებული იქნეს არასასურველი შედეგები, კერძოდ უხარისხო პროდუქცია, რაც დაკავშირებულია მატერიალურ ზარალთან. განსაკუთრებით საშიშია, როდესაც მართვის თეორიისა და პრინციპების არმცოდნე პიროვნებები იღებენ თავის თავზე ისეთი ობიექტების მართვას, რომლებიც მიეკუთვნებიან კაპიტალიზმის პირველ და/ან მეორე კატეგორიებს, რომელთა გამართულ ფუნქციონირებაზე დამოკიდებულია ადამიანთა სიცოცხლის, ჯანმრთელობის და/ან გარემოს უსაფრთხოება, ასეთებს მიეკუთვნებიან ენერგოგენერაციის ობიექტები, მათ შორის ჰიდროელექტროსადგურები. კონტროლერის დაპროგრამების ცოდნა არ ნიშნავს, სრულყოფილი მართვის სისტემის აგების შესაძლებლობებს.

ზოგადად, მართვა წარმოადგენს პროცესებზე **გააზრებულ**, მიზანმიმართულ ზემოქმედებების ერთობლიობას, მათი მიმდინარეობის შესაცვლელად, სასურველი შედეგების მიღწევის ან არასასურველი შედეგების თავიდან არიდების მიზნით. ამ მხრივ აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერი ობიექტის მართვისას, მასში მიმდინარე პროცესების ცვლილებებით გამოწვეული ყველა მოსალოდნელი შედეგი კარგად უნდა იქნეს გააზრებული, მითუმეტეს თუ ეს პროცესები ურთიერთ დაკავშირებულნი არიან. მაგალითისთვის განვიხილოთ ჰესი, რომელიც შედგება სათავე და სადერივაციო ნაგებობისგან, სადაწნეო მილსადენის და ჰესის ნაგებობისგან, რომელშიც განთავსებულია ჰიდროაგრეგატები (ტურბინა-გენერატორის ერთობლიობა) [3, 4, 5].

ზოგ შემთხვევაში, ჰესის სადერივაციო ნაგებობა იცვლება გრძელი სადაწნეო მილსადენით, რომელიც წარმოადგენს განხილვის განსაკუთრებულ ობიექტს, ვინაიდან შეიცავს რისკების მაღალ დონეს და მიმდინარე პროცესების არასწორი მართვის შემთხვევაში შეიძლება გახდეს საკმაოდ არასასურველი, კატასტროფული, შედეგების მიზეზი. არასაკმარისია ჰესების მუშაობის პრინციპების ზოგადი ცოდნა, რომლის თანახმადაც ყურადღების ცენტრში ექცევა მხოლოდ ჰიდროაგრეგატების მართვა მიმმართველი მოწყობილობის სარქველის საშუალებით. ბევრი დარწმუნებულია, რომ აგრეგატის მართვისას გამოყენებული უნდა იქნეს პიდ (პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური – PID) რეგულატორი და აგრეგატის გაშვებისას ცდილობს რაც შეიძლება სწრაფად გაიყვანოს იგი ნომინალურ სიმძლავრეზე, მაგრამ არ იცის, რომ რეგულირების ეს კანონი არ წარმოადგენს აგრეგატების მართვის ოპტიმალურ კანონს და მისი გამოყენების შემთხვევაში მოსალოდნელია პროცესების მახასიათებელი პარამეტრის, ამ შემთხვევაში, წყლის ხარჯის (Q) გადარეგულირება (ნახ. 2), რომელიც იწვევს ტურბინაში გამავალი წყლის ნაკადის სწრაფ ცვლილებას (გაზრდას და შემდგომ შემცირებას დროის საკმაოდ მცირე პერიოდში), რაც გრძელ სადაწნეო მილსადენში აღძრავს არასასურველ გარდამავალ პროცესებს, რომლის შედეგებიც ქვემოთ იქნება განხილული.



ნახ. 2. ჰიდროაგრეგატის ბრუნთა რიცხვის (ხარჯის) რეგულირება პიდ (PID) კანონით

მეორეს მხრივ, იმ შემთხვევებში, როდესაც ხდება ჰესის ავარიული გათიშვა ქსელიდან (დატვირთვიდან) მოსალოდნელია ჰიდროაგრეგატის გაქანება, ანუ ბრუნთა რიცხვის გაზრდა დასაშვებზე მეტად, რომელის ზღვრული მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$n_{max} = k \cdot n_{nom}$$

სადაც: n_{nom} – აგრეგატის (ძირთადად გენერატორის) ნომინალური ბრუნთა რიცხვია, ხოლო k – გაქანების კოეფიციენტი და როგორც წესი იცვლება 1,6 – დან 1,8 – მდე.

გაქანება მეტად არასასურველი მოვლენაა და შეიძლება გამოიწვიოს აგრეგატების მოწყვეტა საძირკველისგან და ე.წ. „გაქცევა“ შენობიდან. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნგრევა თავის გზაზე და ადამიანთა ჯანმრთელობის დაზიანება. ამის თავიდან აცილების მიზნით, მართვის თეორიის პრინციპების არმცოდნე პირები ცდილობენ რაც შეიძლება სწრაფად მიხურონ ტურბინის მიმმართველი დანადგარის სარქველი და სწრაფად შეამცირონ მასში გამავალი წყლის ხარჯი (Q),

რაც აგრეთვე აღძრავს სადაწნეო მილსადენში არასასურველ პროცესებს, კონკრეტულად კი ჰიდრავლიკურ დარტყმებს, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს მილსადენის ფრაგმენტების მოწყვეტა ბეტონის ანკერული საყრდენებიდან და მათი „გაქცევაც“, რომელმაც აგრეთვე შეიძლება გამოიწვიოს თავის გზაზე ნგრევა და ადამიანთა ჯანმრთელობის დაზიანება.

ჰიდრავლიკური დარტყმა (დადებითი, ასევე უარყოფითი) წარმოადგენს მილსადენში წნევის სწრაფ ცვლილებას წყლის ნაკადის სიჩქარის სწრაფი ცვლილების შედეგად, მაგ.: როდესაც მიმმართველი დანადგარის სარქველი სწრაფად იკეტება/იღება (ტურბინა სწრაფად გადის ნომინალურ სიმძლავრეზე ან ჩერდება). ამ ფენომენმა შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი დატვირთვა მილსადენზე და დანადგარებზე, ამიტომ აუცილებელია მისი გათვალისწინება ჰესების მართვის სისტემების შემუშავებისას, უნდა განხორციელდეს შემდეგი გათვლები:

მილსადენში წნევის ცვლილების მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta V \quad (1)$$

სადაც: ΔP – წნევის ცვლილება; ρ – წყლის სიმკვრივეა (1000 კგ/მ³); a – წნევის ტალღის გავრცელების სიჩქარე; ΔV წყლის ნაკადის სიჩქარის ცვლილება.

ფოლადის მილსადენში წნევის ტალღის გავრცელების სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით:

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho \cdot \left(1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot \delta}\right)}}$$

სადაც: K – წყლის ელასტიურობის მოდულია ($\approx 2,2 \cdot 10^9$ პა); E – ფოლადის ელასტიურობის მოდულია ($\approx 2,1 \cdot 10^{11}$ პა); D – მილსადენის შიდა დიამეტრი; δ – მილსადენის კედლის სისქეა, ფოლადის ტიპიური მილსადენებისთვის a იცვლება 900 – დან 1200 მ/წმ – მდე.

ჰიდრავლიკური დარტყმის მიღების დრო დამოკიდებულია მილსადენის სიგრძესა და წნევის ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე და გამოითვლება ფორმულით:

$$T = \frac{2 \cdot L}{a}$$

წნევის ტალღის გავლის T დრო მილსადენში წინ და უკან ცნობილია, როგორც მილსადენის დროის მუდმივა, ანუ მართვის თეორიის თვალსაზრისით სადაწნეო მილსადენი წარმოადგენს ინერციულ რგოლს. თუ მიმმართველი დანადგარის სარქველის მიხურვა განხორციელდება T დროზე ნაკლებ დროში, მაშინ მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმა სახიფათო შედეგებს გამოიწვევს, ხოლო როცა სარქველის მიხურვა განხორციელდება T დროზე მეტ დროში, მაშინ მილსადენში ჰიდრავლიკურ დარტყმას ფაქტობრივად ადგილი არ ექნება.

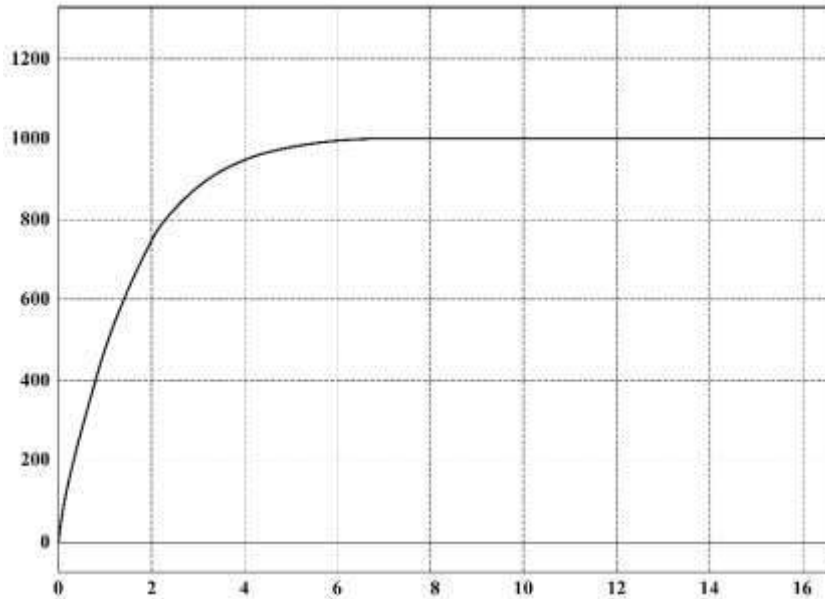
3. დასკვნა

ამრიგად, სადაწნეო მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმის თავიდან აცილების მიზნით, ერთის მხრივ მიმმართველი დანადგარის სარქველის მიხურვა უნდა განხორციელდეს T დროზე მეტ დროში, ხოლო მეორეს მხრივ, თავიდან უნდა იქნეს ჰიდროაგრეგატის გაქანება გარკვეულ ბრუნთა რიცხვზე მეტ ბრუნთა რიცხვამდე, ორივე პირობის ერთდროულად დაკმაყოფილება შესაძლებელია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ჰიდროაგრეგატის ღერძზე, როგორც წესი, წამოცმულია მქნევარა რომლის მასა დამოკიდებულია აგრეგატის სიმძლავრეზე და ნომინალურ ბრუნთა რიცხვზე, მისი მასა მწარმოებლების მიერ შეირჩევა ისე, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს აგრეგატის საკმაოდ მაღალი ინერციულობა რათა გაიფილტროს ხანმოკლე შემოფოთებები და შენარჩუნებული იქნეს მისი ბრუნთა რიცხვის მიმდინარე მნიშვნელობა. მქნევარას მქონე

ჰიდროაგრეგატი ფაქტობრივად წარმოადგენს პირველი რიგის აპერიოდულ (ინერციულ) რგოლს, რომლის გადაცემის ფუნქციას გააჩნია შემდეგი სახე:

$$W_{AGR} = \frac{1}{T_{AGR} \cdot s + 1}$$

და მათემატიკურად მტკიცდება, რომ მისთვის რეგულირების ოპტიმალურ კანონს წარმოადგეს პი (PI), რომლისთვისაც გამოირიცხება გადარეგულირება და აგრეგატი ასიმპტოტურად უახლოვდება დავალებულ სიმძლავრეს (წყლის ხარჯს), ანუ აგრეგატის როგორც გაშვებისას, ისე სიმძლავრის დაწვევისას წყლის ხარჯის მკვეთრ ცვლილებას ადგილი არ ექნება (ნახ. 2).



ნახ. 2. ჰიდროაგრეგატის ბრუნთა რიცხვის (ხარჯის) რეგულირება პი (PI) კანონით

ნახ. 2 – დან ჩანს, რომ ჰიდროაგრეგატი საკმაოდ ინერციულია და გარკვეული დროის განმავლობაში ინარჩუნებს დამყარებულ რეჟიმს, აქედან გამომდინარე, მისი ავარიული გაჩერებისთვის არანაირ საჭიროებას არ წარმოადგენს წყლის ხარჯის სწრაფად შემცირება 0-მდე, ჰიდრავლიკური დარტყმის შემცირების მიზნით საკმარისია შემცირდეს ΔV (იხილე ფორმულა 1), ანუ სწრაფად შემცირდეს წყლის მიმდინარე ხარჯი დაახლოებით 25 – 30%-ით და შემდეგ გაგრძელდეს მისი 0 – მდე შემცირება T – ზე მეტი დროის განმავლობაში, აგრეგატი ასეთ შემთხვევაში, მისი ინერციულობის გამო, დასაშვებზე მეტად ვერ გაქანდება და ამავდროულად სადაწნეო მილსადენში გამორიცხული იქნება ჰიდრავლიკური დარტყმა.

განხილული იქნა მართვის ობიექტში ურთიერთ დაკავშირებული პროცესების მართვის მხოლოდ ერთი მაგალითი, რომელიც ხსნის თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მსგავსი ობიექტების მართვის სისტემების აგებისას ურთიერთდაკავშირებული პროცესების დეტალური ანალიზი.

ლიტერატურა – References- Литература:

1. Jokhadze P., Jokhadze A. (2021). AVR Microcontrollers and their Programming Technologies. ISBN 978-9941-8-3807-1. part-1, GTU, „IT-consulting Scientific Center" of GTYU. -194 p.
2. Programming according to IEC 61131-3. (2001–2003.). Software Manual. by Bosch Rexroth AG, Erbach. Germany. -175 pp.

3. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. (2004). European Small Hydropower Association – ESHA, -286 p.

4. Celso Penche. (1998). Layman’s Handbook on How to Develop a Small Hydro Site (Second Edition). European Small Hydropower Association – ESHA, Commission of the European Communities – Directorate-General for Energy (DG XVII), -266 p.

5. Ingo Ball, Lea Berg, Marc J. Buiting, (2020). Dominique Courret, Laurent David and others. Small hydropower technologies - European state-of-the-art innovations. 1st Edition. WIP Renewable Energies, Munich, Germany. -127p

(სტატია მიღებულია 01.12.2024)

FEATURES OF USING DIGITAL CONTROL SYSTEMS FOR CONTROLLING CURRENT PROCESSES AT HPPS

Jokhadze Paata

Georgian Technical University

paata_j@yahoo.com

Summary

This article describes issues related to the specific features of using modern digital control systems for controlling current processes at HPPs, as well as the typical mistakes often repeated during their development, which in some cases can lead to irreversible consequences.

(Received 01.11.2024)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НА ГЭС

Джохадзе П.

Грузинский Технический Университет

paata_j@yahoo.com

Резюме

Рассматриваются вопросы, связанные с особенностями использования современных, цифровых систем управления при управлении текущими процессами на ГЭС и те типичные ошибки, которые часто повторяются при их создании, имеющие в ряде случаев непоправимые последствия.

(Поступила 01.12.2024)

შედარებითი ანალიზი ნახშირმჟავა გაზისა და წყლის ორთქლის მიხედვით გათვლილ ვენტილაციის შედეგებს შორის მეცხოველეობის ფერმებში

გურამ მურჯიკნელი, გივი მურჯიკნელი,
იური მოდებაძე, ომარ ტომარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
gurami.murjikneli@gtu.ge, g.murjikneli@gtu.ge, iura.modebadze@gtu.ge, o.tomaradze@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ცხოველების სათავსოს ჰაერის გასუფთავების (ვენტილაციის) მეთოდები. ნაჩვენებია, თუ რა საშუალებითაა შესაძლებელი გამოვიყენოთ ბუნებრივი და ხელოვნური ვენტილაციები ჰაერის გასაწმენდად სხვადასხვა მომწამლავი ნივთიერებებისაგან, როგორებიცაა ნახშირმჟავა გაზი, წყლის ორთქლი და სხვ. ამ მიზნით განხილულია ჰაერის გამოცვლის (ჯერადობის) სხვადასხვა მეთოდი. სამუშაოში აღწერილია, თუ როგორ ხდება ცხოველების მიერ გამოყოფილი ნახშირმჟავა გაზისა და წყლის ორთქლის გამოთვლა. შემდეგ გაკეთებულია ამ მეთოდებით მიღებული შედეგების შედარებითი ანალიზი და მითითებულია მათი გამოყენების შესაძლებლობები ჰაერის შეცვლის შედეგად.

საკვანძო სიტყვები: ტემპერატურა. ტენიანობა. ვენტილაცია. ავტომატიზაცია.

1. შესავალი

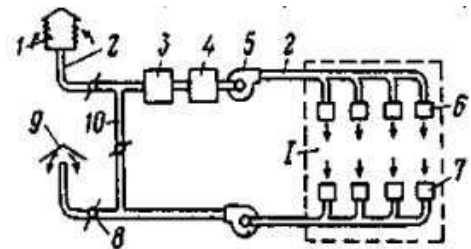
ჰაერის შეცვლის პროცესი იძლევა საშუალებას მოვაცილოთ ფერმებს ჭარბი ტენიანობა, ნახშირმჟავა და სხვა გაზები, რომლებიც წარმოიქმნება მათში. შედეგად ხდება კომფორტული მიკროკლიმატის შექმნა ცხოველთა სათავსოებში.

ცხოველთა ფერმების ვენტილაციის სისტემა უნდა იყოს დამონტაჟებული განსაზღვრული ნორმებით. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე სათავსოს ვენტილაციას. ცხოველთა სათავსოების დიდ უმრავლესობას აგებენ სიგრძივად და თუ არ იქნება ეფექტური ვენტილაცია, ჰაერს არ ექნება ცირკულირება. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ექსკრემენტიდან ამიაკის გამოყოფა, რაც შეიძლება საშიში აღმოჩნდეს ცხოველებისათვის.

შეიძლება გამოყენებულ იყოს ბუნებრივი, ხელოვნური (იძულებითი ან მექანიკური) და კომბინირებული ვენტილაციები. ბუნებრივი ვენტილაცია გამოიყენება მცირე სათავსოებში. ჰაერის ცირკულაცია ამ შემთხვევაში ხდება შიგა და გარე წნევების განსხვავების ხარჯზე. მაგრამ ჰაერის შიგა და გარე ტემპერატურებს შორის უნდა იყოს სხვაობა არანაკლებ $+8 \dots +10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

ხელოვნური ვენტილაცია არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე და ბუნებრივთან შედარებით უფრო ეფექტურია. ის ხორციელდება შემწოვი და გამწოვი ვენტილატორებით. ამ ტიპის ვენტილაციის ერთ-ერთი სახე (ვენტილაციის შემწოვი - გამწოვი სისტემის სქემა) მოცემულია მოცემულია 1-ელ ნახაზზე.

ამ შემთხვევაში ჰაერი ხვდება სათავსოში შემწოვი სისტემით, ხოლო სათავსოდან კი მისი გარეთ გამოტანა ხდება გამწოვი სისტემით.



ნახ. 1

ნახაზზე: 1 და 2 - ჰაერის მიმღებებია; 3 - ფილტრი; 4 - კალორიფერი; 5 - ვენტილატორი; 6 - შემწოვი ხვრელები; 7 - გამწოვი ხვრელები; 8 - მარეგულირებელი სარქველი; 9 - ჰაერის გამომშვები; 10 - ჰაერის გამტარი რეცირკულაციისათვის, I – დაცვითი სათავსოა.

კომბინირებული ვენტილაცია კი შეიძლება განხორციელდეს მექანიკურად და ბუნებრივად ერთდროულად. არასაიმედო პირობებში ხელოვნური ვენტილაცია არის ჰაერის ცვალებადობის ერთადერთი საშუალება.

ვენტილაციის ყველაზე უფრო მარტივი საშუალება ცხოველთა სათავსოში არის ჰაერის ცვალებადობის ჯერადობა. ეს მეთოდი მიახლოებითაა, მაგრამ პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება და იძლევა მისაღებ შედეგებს. ჯერადობა აიღება 2-5 -ის ტოლი, ანუ შიგა ჰაერის ცვლილება სათავსოში ხდება 2-5 -ჯერ ერთ საათში. ვენტილაციის გათვლის უფრო ზუსტი მეთოდი დაკავშირებულია ცხოველების რაოდენობის დათვლასთან და სათავსოში შემავალი ჰაერის ჯამურ მნიშვნელობასთან.

2. ძირითადი ნაწილი

ცხოველთა სათავსოს ჰაერის ცვალებადობის საფუძვლად იღებენ:

- 1) ნახშირმჟავა გაზის რაოდენობას ლიტრებში, რომელსაც ცხოველი გამოყოფს 1 საათის განმავლობაში;
- 2) სათავსოს ჰაერში წყლის ორთქლის შეტანას 1 საათში;
- 3) სითბოგამოყოფის შეტანას 1 საათში.

სხვადასხვა მომწამვლავი ნივთიერების ვენტილაციისას სათავსოებიდან ძირითადი ყურადღება ექცევა ნახშირმჟავა გაზისა და წყლის ორთქლის გამოტანას.

- 1) თავდაპირველად უნდა გავითვალოთ ნახშირმჟავას რაოდენობა, რომელსაც გამოყოფს სათავსოში არსებული ცხოველები:

დავუშვათ სათავსოში არსებული $m=500$ კგ საშუალო მასის მქონე $n=100$ რაოდენობის ძროხა 1 საათში გამოყოფს $p=150$ ლ ნახშირმჟავას, ანუ

$$K = mn=100*150=15000,$$

მაშინ, თუ გამოვიყენებთ ფორმულას:

$$L = K / (C_1 - C_2) \text{ მ}^3 / \text{სთ},$$

სადაც L ვენტილაციის საათური მოცულობაა (ანუ ჰაერის რაოდენობა $\text{მ}^3 - \text{ში}$), რომელიც უნდა გავიტანოთ სათავსოდან 1 საათში. C_1 - ნახშირმჟავა გაზის დასაშვები მნიშვნელობა $1 \text{ მ}^3 - \text{ში}$, როდესაც სათავსოს ჰაერია $2,5 \text{ ლ} / \text{მ}^3$ (ან $0,25 \%$), ხოლო C_2 - ნახშირმჟავა გაზის რაოდენობა $1 \text{ მ}^3 - \text{ში}$ ატმოსფერული ჰაერისათვის $0,3 \text{ ლ} / \text{მ}^3 - \text{ში}$ (ან $0,03 \%$), გვექნება:

$$L = 15000 / (2,5 - 0,3) = 6820 \text{ მ}^3 / \text{სთ}.$$

- 2) სათავსოში სიხშირის ან ჰაერის მოცულობის ჯერადობას საზღვრავენ ვენტილაციის (L) საათური მოცულობის გაყოფით სათავსოს (V) შინაგან კუბატურაზე.

შინაგანი კუბატურისთვის გვექნება

$$V = 10*72*2,7 = 1944 \text{ მ}^3,$$

ხოლო ჯერადობისთვის კი

$$K_1 = L/V = 6820 / 1944 = 3,04 \approx 3 - \text{ჯერ საათში}.$$

ვენტილაციის დონეს ერთ ცხოველზე საზღვრავენ ვენტილაციის სასაათო მოცულობის (L) გაყოფით სათავსოში მყოფი ცხოველების რაოდენობაზე

$$V1 = L/n = 6820 / 100 \approx 68,2 \text{ მ}^3 / \text{სთ.}$$

ნახშირბაქვას შემცველობის მიხედვით გათვლილი ვენტილაციის მოცულობა ხშირად არასაკმარისია სათავსოში წარმოქმნილი წყლის ორთქლის მოსაცილებლად. ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებით მომატებული ტენიანობისას, ვენტილაციის გათვლები უმჯობესია ჩავატაროთ ჰაერის ტენიანობის (წყლის ორთქლის) მიხედვით.

ამ შემთხვევაში ვენტილაციის საათური მოცულობისთვის გვექნება:

$$L=Q/(q1 - q2) \text{ მ}^3 / \text{სთ,}$$

აქ ჭარბი ჰაერის გატანის შემდეგ სათავსოში დარჩენილი ჰაერის ტენიანობამ უნდა შეადგინოს (70 – 85%), $\text{მ}^3 / \text{სთ.}$

Q წყლის ორთქლის რაოდენობაა (გ), რომელსაც გამოყოფენ ცხოველები და რომელსაც ემატება სათავსოს იატაკიდან, კედლებიდან და საკვების მისაღებიდან გამოყოფილი ორთქლი გრამებში საათში.

q1 სათავსოს ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობაა ($\text{გ}/\text{მ}^3$), რა დროსაც ფარდობითი ტენიანობა რჩება ნორმაში. q2 გარედან შეტანილი ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობაა.

ცხოველების სათავსოს ვენტილაციის გათვლისათვის ამ შემთხვევაში საჭიროა შემდეგი მონაცემები: *სათავსოს მოცულობა, ცხოველთა რაოდენობა სათავსოში, მათი ცოცხალი მასა, სათავსოს ტემპერატურა, ფარდობითი და აბსოლუტური ტენიანობა, აგრეთვე ატმოსფერული ჰაერის იგივე მახასიათებლები.*

მაგალითად, გავითვალოთ 100 სული ცხოველის ფერმის ვენტილაციური პარამეტრები., რომელთა საშუალო მასა უტოლდება 500 კგ. სათავსოს შინაგანი ზომებია $10*72*2,7$ მ. სათავსოს ნორმატიული ტემპერატურაა 10^0 C, ფარდობითი ტენიანობა 70%. გარე ჰაერის ტემპერატურა – 2^0 C, აბსოლუტური ტენიანობა $3,6 \text{ გ}/\text{მ}^3$.

უნდა გავითვალოთ:

- 1) ვენტილაციის საათური მოცულობა;
- 2) ჰაერის ცვალებადობის ჯერადობა;
- 3) ჰაერის ცვალებადობა ცოცხალი წონის ერთ ცენტნერზე.

საშუალოდ, ერთი ძროხა 1 საათში გამოყოფს 450 გ. წყლის ორთქლს, ხოლო 100 ძროხა $100*450= 45000$ გ-ს.

ტენიანობის აორთქლება, რომელიც ემატება ამ სიდიდეს, განისაზღვრება სხვადასხვა ფაქტორებით და იქნება მისი 10%-ის ტოლი, ამიტომ სრული აორთქლებული მასისათვის გვექნება

$$x = 45000 + 10\% * 45000 = 49500 \text{ გ.}$$

სათავსოში 10^0 ტემპერატურაა და 70 % ფარდობითი ტენიანობა.

q1 აბსოლუტურ ტენიანობას ვპოულობთ ცხრილით “წყლის ორთქლის ვერცხლისწყლის სვეტის მმ-ის მაქსიმალური დრეკადობა”, რომელიც 9,17-ის ტოლია. შესაბამისად, ამ ტენიანობას შეესაბამება 100%-იანი ფარდობითი ტენიანობა, ხოლო სათავსოში ფარდობითი ტენიანობა უნდა იყოს 70%. ვადგენთ პროპორციას:

$$9,17 - 100\%$$

$$q_1 - 70\%$$

$$q_1 = \frac{9,17 \cdot 70}{100} = 6,42 \text{ გ/მ}^3.$$

q2 მნიშვნელობას ვღებულობთ ცხრილიდან „ტემპერატურისა და აბსოლუტური ტენიანობის მაჩვენებლები“, საიდანაც შეიძლება ავიღოთ

$$q_2 = 3,6 \text{ გ/მ}^3.$$

1. თუ მიღებულ შედეგებს ჩავსვამთ საათური მოცულობის ფორმულაში, გვექნება

$$L = \frac{49500}{6,42 - 3,6} = 17700.$$

2. წყლის ორთქლის ჯერადობისთვის გვექნება:

$$K_2 = \frac{L}{V} = \frac{17700}{1944} = 7.$$

1. ვენტილაციის მოცულობის ცოცხალი მასის 1 ცენტნერის განსაზღვრა ხდება შემდეგი ფორმულით

$$V_2 = \frac{L}{m} = \frac{17700}{500} = 35,4 \text{ მ}^3/\text{სთ}.$$

3. დასკვნა

ამგვარად, ნაშრომში ჩატარებულმა ცხოველების სათავსოს ვენტილაციის გაანგარიშებამ მოცემული საწყისი პირობებისათვის ნახშირმჟავა გაზის მიხედვით მოითხოვა ჰაერის ცვლის ჯერადობა 3-ჯერ, ხოლო იგივე საწყისი პირობებისათვის ვენტილაციის გაანგარიშებამ წყლის ორთქლის მიხედვით ჰაერის ცვლის ჯერადობა 7-ჯერ. აქედან ჩანს, რომ წყლის ორთქლის მოსაცილებლად ჰაერის ცვლის ჯერადობა 3-ჯერ არასაკმარისია.

ვენტილაციის გათვლისას ნახშირმჟავას გაზის მიხედვით ერთი ცხოველზე მოდის

68 მ³/სთ ჰაერი, ხოლო ვენტილაციისას წყლის ორთქლის მიხედვით ერთ ცენტნერ ცოცხალ წონაზე 35,4 ჰაერი.

ლიტერატურა - Reference – Литература

1. Vasiliev V.F. (2017). Heating and ventilation of a residential building. SPbG ASU. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (in Russian)
2. Kamenev P.N., Tertichnik E.I. (2011). Ventilation. Moscow: ASV Publishing House. (in Russian)
3. Bogoslovsky V.N., Pirumov A.I., Posokhin V.N. (1992). Ventilation and air conditioning. Moscow: Stroyizdat (in Russian)
4. Becker A. (2005). Moscow: Tekhnosfera, Evroklimat. (in Russian)
5. Bakaev V.V., Smirnova V.M. (2015). Industrial Safety. Termal Balance of Industrial Buildings, Nizhny Novgorod (in Russian).

(სტატია მიღებულია 11.12.2024)

COMPARATIVE ANALYSIS CONDUCTED BETWEEN VENTILATION CALCULATION METHODS USING CARBON DIOXIDE AND WATER VAPOR ON LIVESTOCK FARMS

Murjikneli Guram, Murjikneli Givi,
Modebadze Yuri, Tomaradze Omar

gurami.murjikneli@gtu.ge, g.murjikneli@gtu.ge, iura.modebadze@gtu.ge, o.tomaradze@gtu.ge

Summary

The study examines the processes of air purification (ventilation) in livestock facilities. It demonstrates the means by which natural and mechanical ventilation can be used to remove various harmful substances from the air, particularly carbon dioxide, water vapor, and others. For this purpose, different methods of air exchange (rates of air replacement) are reviewed. The study describes the calculation of the amount of carbon dioxide and water vapor emitted by animals. A comparative analysis of the results obtained using these methods is then conducted, and the potential applications of these methods for air purification are outlined.

(Received 11.12.2024)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫЙ МЕЖДУ МЕТОДАМИ РАСЧЕТОВ ВЕНТИЛЯЦИИ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ И ВОДЯНЫМ ПАРОМ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

Мурджикнели Гурам, Мурджикнели Гиви,
Модебадзе Юри, Томарадзе Омар

Грузинский технический университет

gurami.murjikneli@gtu.ge, g.murjikneli@gtu.ge,
iura.modebadze@gtu.ge, o.tomaradze@gtu.ge

Резюме

Рассмотрены процессы очистки (вентиляции) воздуха животноводческого помещения. Показано, какие средства можно использовать для естественной и искусственной вентиляции с целью очистки воздуха от разных отравляющих веществ, в частности, от углекислого газа, от водяного пара и др. С этой целью рассмотрены различные методы очистки воздуха (кратность замены). В работе описан расчет выделенного животными количества углекислого газа и водяного пара. Далее приведен сравнительный анализ полученных этими методами результатов и указаны возможности их использования для очистки воздуха

(Поступила 11.12.2024)

ინფორმაციული სისტემის მონაცემების და მათთან მუშაობის ორგანიზების თანამედროვე მეთოდების კვლევა

ანა სიჭინავა, ლოლიტა ბეჟანიშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ana.sitchinava22@gmail.com, lolita.bejanishvili@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია მონაცემებთან მუშაობის თანამედროვე მეთოდები და მათი გამოყენების საკითხები ინფორმაციულ სისტემებში. კერძოდ, რაოდენობრივი კვლევის მასობრივი გამოკითხვის მეთოდი, რაც დაგვეხმარა ინფორმაციულ სისტემებში არსებული ტექნოლოგიების გამოყენების სიხშირის განსაზღვრასა და ორგანიზაციებში არსებული გამოწვევების დადგენაში. ძირითადად ყურადღება გამახვილებულია რელაციურ და NoSQL ბაზებზე. ჩატარებულია კვლევა, რომლის მიზანია აღნიშნული ბაზების ეფექტურობის განსაზღვრა სხვადასხვა რაოდენობის მონაცემების დამუშავებისას. კვლევისათვის დაიწერა შესაბამისი კოდი პროგრამირების JavaScript ენაზე, რომლის გამოყენებითაც MySQL-სა და MongoDB-ს შევასრულებინეთ სხვადასხვა ბრძანება განსხვავებული რაოდენობის მონაცემებზე და დავაკვირდით ამ ბრძანებების შესრულების დროს.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაციული სისტემები, მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები, რელაციური და NoSQL მონაცემთა ბაზები.

1. შესავალი

თანამედროვე სამყაროში, ინფორმაციულ სისტემებში (IS), განსაკუთრებით საბანკო-საფინანსო და სავაჭრო სფეროებში ყოველდღიურად დიდი რაოდენობით ინფორმაცია გროვდება, მათი დამუშავება და ანალიზი კი გარკვეულ სირთულეებთან და ფინანსებთანაა დაკავშირებული. სწორედ ამიტომ, საჭირო გახდა ისეთი მექანიზმების შემუშავება, რომლებიც დიდი რაოდენობით ინფორმაციის დამუშავებას შეძლებდნენ, რის შემდეგაც კომპანიებს გაუადვილდებოდათ გადაწყვეტილებების მიღება მონაცემთა ანალიზზე დაყრდნობით. თუმცა, მეორე მხრივ ჩნდება კითხვები - როგორია ამ ტექნოლოგიების შესაძლებლობათა ზღვარი? რა ხარჯებთანაა დაკავშირებული მათი დანერგვა საქმიანობის სფეროში და მიზანშეწონილია თუ არა ამ ხარჯის გაწევა? რამდენად გარანტირებულ შედეგს იძლევიან ისინი?

აღნიშნული ნაშრომი მიმოიხილავს დღესდღეობით ყველაზე ხშირად გამოყენებად ტექნოლოგიებს დიდი მონაცემების დასამუშავებლად. განვიხილავთ თითოეული მათგანის უპირატესობებსა და ნაკლოვანებებს. განსაკუთრებულ ყურადღებას დავუთმობთ რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზების შედარებას MySQL-ს და MongoDB-ს, PostgreSQL-ს და Apache Cassandra-ს შედარების საფუძველზე. ასევე, შევამოწმებთ თითოეულ მათგანის მუშაობას სხვადასხვა ტიპის ბრძანებებისა და განსხვავებული რაოდენობის მონაცემების დროს. აგრეთვე, შევხებით ე.წ. ჰიბრიდულ მიდგომასაც, რომელიც გულისხმობს რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზების ერთგვარ შერწყმას, რაც დღეისათვის საკმაოდ აქტუალური მიდგომაა.

ნაშრომი აგრეთვე მიმოიხილავს ღრუბლოვან მონაცემთა ბაზებსა და მეხსიერებაზე დაფუძნებულ (in-memory) მონაცემთა ბაზებს, მათ საჭიროებას და გამოყენებადობას ინფორმაციულ სისტემებში რეალური მაგალითების განხილვის საფუძველზე.

2. ძირითადი ნაწილი

ინფორმაციული სისტემები (IS) თანამედროვე ორგანიზაციებისთვის არსებითია. ისინი წარმოადგენენ მონაცემთა მართვის, კომუნიკაციის გამარტივებისა და გადაწყვეტილებების მიღების პროცესების ძირითად საყრდენს. IS-ის ძირითადი მიზანია სწორი ინფორმაციის მიწოდება შესაბამის ადამიანებთან შესაბამის დროს, რათა ორგანიზაციებმა შეძლონ თავიანთი მიზნების უფრო ეფექტურად და პროდუქტიულად მიღწევა [1].

ინფორმაციული სისტემების ევოლუციამ შეცვალა ბიზნესების ფუნქციონირების გზები. ტექნოლოგიის განვითარებასთან ერთად, ისინი უფრო დახვეწილნი გახდნენ, რაც მონაცემთა ანალიტიკის, რეალურ დროში კომუნიკაციისა და სხვადასხვა ორგანიზაციული ფუნქციების შეუფერხებლად ინტეგრაციის შესაძლებლობას იძლევა. დღეს ინფორმაციული სისტემები მოიცავს მრავალფეროვან აპლიკაციებს, დაწყებული მარტივი მონაცემთა ბაზებიდან და დასრულებული მოწინავე საწარმო რესურსების დაგეგმვის (ERP) სისტემებით; ასევე, მომხმარებელთან ურთიერთობის მართვის (CRM) სისტემებით და ბიზნეს ინტელექტის (BI) ინსტრუმენტებით. ეს სისტემები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ოპერაციული ეფექტურობის გაუმჯობესებაში, მომხმარებელთა მომსახურების დახვეწასა და ბაზრის კონკურენტული უპირატესობის მოპოვებაში [2].

ნებისმიერი ინფორმაციული სისტემის კრიტიკული კომპონენტია მისი მონაცემთა ბაზა. მონაცემთა ბაზა წარმოადგენს ინფორმაციის შენახვისა და მართვისთვის საჭირო საფუძველს და მისი სათანადოდ შერჩევა მნიშვნელოვანია ინფორმაციული სისტემის ეფექტურად მუშაობისათვის. მონაცემთა ბაზები არსებობს რამდენიმე ტიპის, მათ შორის რელაციური მონაცემთა ბაზები, NoSQL და NewSQL მონაცემთა ბაზები, რომლებიც გთავაზობენ სხვადასხვა უპირატესობას და განკუთვნილია განსხვავებული გამოყენების შემთხვევებისთვის. შესაბამისი მონაცემთა ბაზის შერჩევა დამოკიდებულია რამდენიმე ფაქტორზე, როგორცაა მონაცემების ბუნება, მოცულობა, მათი ურთიერთობის სირთულე და ორგანიზაციის კონკრეტული მოთხოვნები.

მონაცემთა ბაზის შერჩევა **სტრატეგიული** გადაწყვეტილებაა, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ინფორმაციული სისტემის ფუნქციონირებასა და მასშტაბურობაზე. კარგად შერჩეული მონაცემთა ბაზა არა მხოლოდ უზრუნველყოფს მონაცემთა ეფექტურ შენახვასა და მიწოდებას, არამედ მხარს უჭერს სისტემის უნარს შეემდოს ცვლილებების მიმართ ადაპტაცია. ამრიგად, ისეთი ფაქტორები, როგორცაა მონაცემთა მოცულობა, მრავალფეროვნება, მათი რეალურ დროში დამუშავების საჭიროება და პასუხის დაბრუნების სიჩქარე, ყურადღებით უნდა იქნეს განხილული. დამატებით, ისეთი ასპექტები, როგორცაა სხვა სისტემებთან ინტეგრაციის სიმარტივე, ხარჯები, საზოგადოების მხარდაჭერა, მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ამ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში.

ინფორმაციული სისტემების მონაცემთა მართვისა და სამუშაოს ორგანიზების თანამედროვე მიდგომების გამოსაკვლევად ჩატარდა რაოდენობრივი კვლევა, რომელიც მიზნად ისახავდა მონაცემთა ბაზის არჩევასა და მართვაში ჩართული პროფესიონალების შეხედულებების შეგროვებას. კვლევის მიზანი იყო მონაცემთა ბაზის გამოყენების ამჟამინდელი პრეფერენციების, გამოწვევებისა და გადაწყვეტილების მიღების კრიტერიუმების გაგება. გამოკითხვა გავრცელდა Google Forms-ის გამოყენებით და სამიზნე აუდიტორია მოიცავდა პროგრამულ არქიტექტორებს, მონაცემთა ბაზის ადმინისტრატორებსა და IT მენეჯერებს,

რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ თავიანთ ორგანიზაციებში მონაცემთა ბაზის შერჩევასა და დანერგვაში. კვლევის მეთოდოლოგიად შეირჩა გამოკითხვის მეთოდი, რადგან იგი ეფექტურია ფართო აუდიტორიისგან რაოდენობრივი და თვისებრივი მონაცემების შეგროვებისთვის. კითხვარი შედგებოდა ხუთი საკვანძო კითხვისგან, რომლებიც შექმნილი იყო რესპონდენტების გამოცდილებისა და მოსაზრებების გამოსაკვლევად მონაცემთა ბაზის გამოყენების შესახებ.

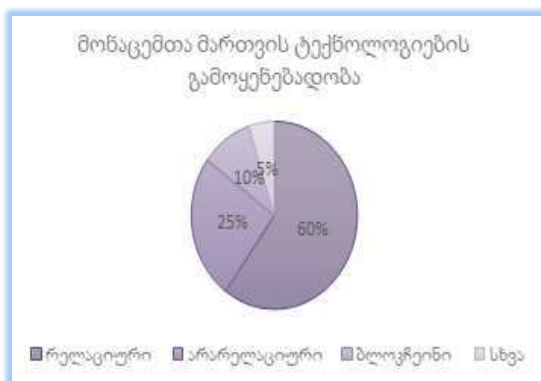
კითხვები იყო შემდეგნაირად ჩამოყალიბებული: რა არის თქვენი აპლიკაციების ძირითადი დანიშნულება; რომელი ტიპის მონაცემთა ბაზას იყენებთ (რელაციური, NoSQL, სხვ.); რა ფაქტორებმა იმოქმედეს თქვენზე მონაცემთა ბაზის არჩევისას (წარმადობა, გამოყენების სიმარტივე, ხარჯები, სხვ.); რა თანამედროვე მეთოდებს ან ტექნოლოგიებს იყენებთ მონაცემების ეფექტურად ორგანიზებისა და მართვისთვის.

გამოკითხვის შედეგებმა მნიშვნელოვანი შეხედულებები მოგვცა მონაცემთა ბაზის გამოყენების ამჟამინდელ მდგომარეობაზე და კრიტერიუმებზე, რომლებიც განაპირობებს გადაწყვეტილებების მიღებას ინფორმაციულ სისტემებში.

შედეგები შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

აპლიკაციების ძირითადი დანიშნულება - რესპონდენტების უმრავლესობამ (45%) მიუთითა, რომ მათი აპლიკაციის ძირითადი მიზანია ტრანზაქციის დამუშავება, როგორცაა ელექტრონული კომერციის პლატფორმებისა და ფინანსური სისტემების ტრანზაქციები. სხვა მნიშვნელოვანი ნაწილი (30%) ფოკუსირებული იყო მონაცემთა ანალიტიკასა და ბიზნეს ინტელექტზე, 15% მუშაობდა კონტენტის მართვის სისტემებზე, ხოლო დარჩენილი 10% სხვადასხვა აპლიკაციებზე, მათ შორის IoT და რეალურ დროში მონაცემთა დამუშავებაზე.

გამოყენებული მონაცემთა ბაზის ტიპი: როდესაც რესპონდენტებს ჰკითხეს, რომელი ტიპის მონაცემთა ბაზას იყენებენ, 60%-მა მიუთითა რელაციურ მონაცემთა ბაზებზე, როგორცაა *MySQL* და *PostgreSQL*. NoSQL მონაცემთა ბაზები, როგორცაა *MongoDB* და *Cassandra*, გამოიყენებოდა 25%-ის მიერ, რაც ასახავს ამ სისტემების მზარდ პოპულარობას დიდი მოცულობის არასტრუქტურირებული მონაცემების დამუშავებისთვის. ბლოკჩეინს იყენებდა რესპონდენტთა მხოლოდ 10%, ძირითადად ისეთი აპლიკაციებისათვის, რომლებიც მოითხოვენ მონაცემთა უსაფრთხოებასა და მთლიანობას. დარჩენილი 5% იყენებდა სხვა სპეციალიზებულ მონაცემთა ბაზებს, მაგალითად, როგორცაა გრაფის მონაცემთა ბაზები კომპლექსური კავშირების მქონე მონაცემებისთვის (ნახ.1).



ნახ. 1. გამოკითხვის შედეგები

მონაცემთა ბაზის არჩევაზე გავლენას ახდენს წარმადობა, რაც რესპონდენტთა 40%-მა აღნიშნა, როგორც მნიშვნელოვანი ფაქტორი. მასშტაბირება იყო მეორე ადგილზე 35%-ით და განსაკუთრებით პოპულარული მათ შორის, ვინც იყენებდა NoSQL მონაცემთა ბაზებს. 15%-მა აღნიშნა სისტემის გამოყენების სიმარტივე და შედარებით დაბალი ხარჯები, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მიუხედავად იმისა, რომ ეს ფაქტორები მნიშვნელოვანია, წარმადობა და მასშტაბირება უფრო დიდი მნიშვნელობისაა მონაცემთა ბაზის არჩევის პროცესში.

მიმდინარე მონაცემთა ბაზის სისტემის გამოწვევები - რესპონდენტების მნიშვნელოვანმა რაოდენობამ (55%) აღნიშნა, რომ მათ გამოწვევები ექმნებათ მიმდინარე მონაცემთა ბაზის სისტემებთან. საერთო საკითხები მოიცავდა წარმადობის პრობლემებს მაღალი დატვირთვის პირობებში (30%), მონაცემთა ბაზის მასშტაბირების სირთულეებს (20%) და მონაცემთა ბაზის სქემების მართვისა და შენარჩუნების სირთულეებს (15%). სხვა გამოწვევები კი მოიცავდა მონაცემთა უსაფრთხოების საკითხებს და მონაცემთა ბაზის ახალი ტექნოლოგიების დანერგვასთან დაკავშირებულ სირთულეებს.

ზემოთ აღნიშნული გამოწვევების გადასაჭრელად, რესპონდენტებმა მიუთითეს რიგი თანამედროვე მეთოდებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებაზე. რესპონდენტების 35%-ში პოპულარული იყო ღრუბლოვანი მონაცემთა ბაზის სერვისები, როგორცაა Amazon RDS და Google Cloud SQL და მათი გამოყენების მიზანი ძირითადად იყო მასშტაბირების პრობლემის აღმოფხვრა. აგრეთვე, მონაცემთა დანაწევრებისა და დაყოფის ტექნიკები გამოიყენებოდა 25%-ის მიერ მონაცემთა ბაზის წარმადობის გასაუმჯობესებლად. ამასთანავე, 20% იყენებდა მეხსიერებაზე დაფუძნებულ მონაცემთა ბაზებს, როგორცაა Redis ქეშირებისთვის, რათა გაეზარდათ მონაცემთა ამოღების სიჩქარე, დრო კი შეემცირებინათ. 15% აღნიშნავდა კონტეინერიზაციის და მიკროსერვისების არქიტექტურის გამოყენებას მონაცემთა უფრო ეფექტურად სამართავად. დარჩენილი 5% კი იყენებდა ხელოვნური ინტელექტის (AI) და მანქანური სწავლებს ინსტრუმენტებს ამოცანების ოპტიმიზაციის მიზნით.

მასასადამე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ რელაციური მონაცემთა ბაზები კვლავ დომინანტურია. მონაცემთა ბაზების კუთხით, პროფესიონალების წინაშე არსებული გამოწვევები უპირატესად ასახავს მასშტაბირებისა და წარმადობის პრობლემებს. ისეთი თანამედროვე მეთოდების, როგორებიცაა ღრუბლოვანი სერვისები, მეხსიერებაზე დაფუძნებული ბაზები, მონაცემთა დანაწევრებისთვის არსებული მოწინავე ტექნოლოგიების გამოყენება, მნიშვნელოვანია ამ გამოწვევების გადასაჭრელად და მონაცემთა მართვის პრაქტიკის ოპტიმიზაციისთვის. ამ ნაშრომის შედეგები მნიშვნელოვანია იმ ორგანიზაციებისთვის, რომლებიც თავიანთ ინფორმაციული სისტემებში ცდილობენ სხვადასხვა სამუშაოს ოპტიმიზაციასა და მონაცემთა ბაზის მართვის სტრატეგიების გაუმჯობესებას. ამრიგად, ნაშრომის განმავლობაში გავითვალისწინებთ კვლევაში მონაწილე პროფესიონალების პრეფერენციებს, გამოცდილებებსა და გამოწვევებს და ვისაუბრებთ მათ მიერ დასახელებულ ტექნოლოგიებსა და საკითხებზე.

2.1. MySQL-სა და MongoDB-ს შედარებითი ანალიზი

MySQL არის open-source RDBMS, რომელიც იყენებს SQL ენას მონაცემების სამართავად. მას შეუძლია ისეთი სტრუქტურირებული მონაცემების დამუშავება, რომელიც შეესაბამება თანმიმდევრულ სქემას; MySQL უმეტესად გამოიყენება ვებ აპლიკაციებისთვის. MongoDB კი არის open-source NoSQL მონაცემთა ბაზა [3,5,6]. იგი მონაცემების შესანახად იყენებს JSON-ის მსგავს დოკუმენტებს (უფრო ზუსტად, მონაცემებს ინახავს BSON-ში, რომელიც არის JSON-ის ბინარული ვერსია). იგი უმეტესად გამოიყენება დიდი მონაცემების შესანახად და ე.წ real-time ვებ აპლიკაციებისთვის, მაგალითად ისეთისთვის, როგორცაა ონლაინ რეჟიმში მიმოწერის აპლიკაცია.

რელაციურ მოდელში პროგრამული აპლიკაცია დიდ დროსა და რესურსებს ხარჯავს მონაცემთა დამუშავების პროცესში. აღნიშნული ოპერაციებია: მონაცემების წაკითხვა

რელაციური მონაცემთა ბაზის სხვადასხვა ცხრილებიდან. ცხრილების გაერთიანება (join), რომელიც საჭიროა აპლიკაციისთვის; მიღებული ობიექტის დამუშავება და მისი გამოყენება; მიღებული ობიექტის დეშიფრაცია და ცვლილებების შესაბამის ცხრილებში განლაგება (მონაცემთა ბაზის მთლიანობის შენარჩუნებისას).

MongoDB-ში დოკუმენტური მონაცემები წარმოდგენილია გასაღებ-მნიშვნელობის (key-value) წყვილით. მაგალითად, გასაღების სახელი მოთავსებულია ორმაგ ბრჭყალებში, რომელსაც მოჰყვება ": " სიმბოლო და ბოლოს მნიშვნელობა ასევე მოთავსებული ორმაგ ბრჭყალებში. მნიშვნელობა შეიძლება იყოს დოკუმენტი, მასივი ან დოკუმენტების მასივი.

მონაცემთა მართვის გამოსაკვლევად ჩატარდა კვლევა-ექსპერიმენტი, რომელიც ეფუძნებოდა რაოდენობრივ კვლევას, კერძოდ, მონაცემთა ანალიზის მეთოდოლოგიას, რომლის ფარგლებშიც შევადარეთ განსხვავებული რაოდენობის ინფორმაციისთვის სხვადასხვა ტიპის მონაცემთა ბაზის რამდენიმე ძირითად ბრძანებაზე რეაგირების სიჩქარე. ამისათვის დაიწერა შესაბამისი კოდი პროგრამირების ენა ჯავასკრიპტზე, რომელიც მივაერთეთ ბაზებს. ნაშრომში წარმოდგენილია კვლევის დამუშავებული შედეგები (ბრძანება, ინფორმაციის რაოდენობა, ბრძანების შესრულების დრო). აღნიშნული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, თვალსაჩინო გაგვეხადა, თუ როგორი სახის და რა რაოდენობის მონაცემებზე, რომელი ბაზის გამოყენება სჯობს. საკვლევი კითხვა შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად - ინფორმაციული სისტემების მოთხოვნების შესაბამისად, პლატფორმის მაქსიმალური ეფექტურობის მისაღებად რომელი ბაზის გამოყენებაა უპრიანი?

კვლევის ამოცანები: რელაციურ და არარელაციურ ბაზებში მცირე მოცულობის მონაცემების ჩაწერის, წაკითხვის, ძებნის, განახლებისა და წაშლის სიჩქარე; აღნიშნულ ბაზებში დიდი მოცულობის მონაცემების იგივე ბრძანებებზე რეაგირების სიჩქარე; მიღებული შედეგების შედარება და დასკვნის გამოტანა.

წარმოგიდგენთ ჯავასკრიპტის კოდის ფრაგმენტს, რომელიც ამ კვლევის ფარგლებში გამოვიყენეთ.

კოდის ფრაგმენტი MySQL-სთვის:

```
const mysql = require('mysql2/promise');
const { performance } = require('perf_hooks');
// ბაზასთან კავშირის კონფიგურაცია
const connectionConfig = {
  host: 'localhost',
  user: 'root',
  password: '',
  database: 'myDatabase'
};
// ბაზაში მონაცემთა ჩასაწერი ფუნქცია
const insertRecords = async (connection, start, end) => {
  let values = [];
  for (let i = start; i <= end; i++) {
    values.push([i, `Name${i}`, Math.random()]);
  }
  // ბრძანების შესასრულებლად საჭირო დროის დადგენა
  const startTime = performance.now();
  await connection.query('INSERT INTO myTable (id, name, value) VALUES ?', [values]);
```

```

const endTime = performance.now();
console.log(`Inserted ${end - start + 1} records in ${((endTime - startTime) / 1000)} seconds`);
};
...
const recordCounts = [100, 1000, 10000, 25000];
testMySQL(recordCounts).catch(console.error);
...
კოდის ფრაგმენტი MongoDB-სთვის:
const { MongoClient } = require('mongodb');
const { performance } = require('perf_hooks');
// ბაზასთან დასაკავშირებელი სტრიქონი და ბაზის სახელი
const url = 'mongodb://localhost:27017';
const dbName = 'myDatabase';
// კავშირის შექმნა
const client = new MongoClient(url, { useNewUrlParser: true, useUnifiedTopology: true });
// ბაზაში მონაცემთა ჩასაწერი ფუნქცია
const insertRecords = async (db, collectionName, start, end) => {
  const collection = db.collection(collectionName);
  let documents = [];
  for (let i = start; i <= end; i++) {
    documents.push({ id: i, name: `Name${i}`, value: Math.random() });
  }
  // ბრძანების შესასრულებლად საჭირო დროის დადგენა
  const startTime = performance.now();
  await collection.insertMany(documents);
  const endTime = performance.now();
  console.log(`Inserted ${end - start + 1} records in ${((endTime - startTime) / 1000)} seconds`);
};
...
const recordCounts = [100, 1000, 10000, 25000];
testMongoDB(recordCounts).catch(console.error);

```

ცხრილის სახით წარმოგიდგენთ MySQL-სა და MongoDB-ში გაშვებული ბრძანებების შედეგებს:

ოპერაციები	ჩანაწერების რაოდენობა	ბრძანების შესრულების დრო (მილიწამებში)		ოპერაციები	ჩანაწერების რაოდენობა	ბრძანების შესრულების დრო (მილიწამებში)	
		MongoDB	MySQL			MongoDB	MySQL
ჩაწერა	100	0.01	0.01	განახლება	100	0.1	0.04
	1000	0.5	1.25		1000	0.8	1.6
	10000	1.2	2.2		10000	8.0	12.0
	25000	2.25	3		25000	20.0	30.0
წაკითხვა	100	0.02	0.01	წაშლა	100	0.04	0.03
	1000	0.5	0.2		1000	0.47	0.35
	10000	1.5	1.5		10000	3.0	3.15
	25000	2.0	2.75		25000	7.5	8.15

ცხრილი 1 – MySQL და MongoDB კვლევის შედეგების შედარება

კვლევის შედეგები - ამრიგად, შედეგებიდან ჩანს, რომ მცირე და საშუალო ზომის მოცულობის მონაცემებთან მუშაობისას MySQL უფრო სწრაფი და ეფექტურია, ხოლო დიდი მოცულობის მონაცემების შემთხვევაში MongoDB უფრო სწრაფად რეაგირებს ბრძანებაზე. შესაბამისად, კონკრეტული ბაზის არჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ სპეციფიკური

მოთხოვნილებები, მონაცემთა მოცულობა და მათი სტრუქტურა. აღსანიშნავია, რომ მსგავსი შედეგები იყო გამოქვეყნებული International Journal on Cybernetics & Informatics-ში.

ჰიბრიდული მიდგომა განსაკუთრებით სასარგებლოა ისეთ სფეროებში, როგორცაა e-commerce, ჯანდაცვა, სოციალური მედია და ფინანსები. მაგალითად, ჯანდაცვის აპლიკაციები ყოველდღიურად უამრავ მონაცემს ქმნიან (მაგ. პაციენტების ჩანაწერები, მათი სამედიცინო სურათები და სხვ.). პაციენტების ჩანაწერები და სხვა სტრუქტურირებული მონაცემები შეგვიძლია შევინახოთ რელაციურ ბაზაში, ხოლო სამედიცინო გამოსახულებები და სხვა არასტრუქტურირებული მონაცემები - არარელაციურ მონაცემთა ბაზაში.

რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზების ძლიერი მხარეების შერწყმა უზრუნველყოფს მეტ მოქნილობასა და მასშტაბურობას. ჰიბრიდული მიდგომის ერთ-ერთი ძირითადი უპირატესობა არის როგორც სტრუქტურირებული, ასევე არასტრუქტურირებული მონაცემების გამოყენების შესაძლებლობა [4]. რელაციური მონაცემთა ბაზები საუკეთესოა სტრუქტურირებული მონაცემებისთვის, როგორცაა ფინანსური ჩანაწერები და ტრანზაქციული მონაცემები, ხოლო არარელაციური მონაცემთა ბაზები უკეთ შეესაბამება არასტრუქტურირებულ მონაცემებს, როგორცაა სოციალური მედიის პოსტები. ორი მონაცემთა ბაზის შერწყმით, ორგანიზაციებს შეუძლიათ შექმნან უფრო კომპლექსური და მოქნილი მონაცემთა მართვის სისტემა.

2.2. რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზების გამოყენება ინფორმაციულ სისტემებში

ინფორმაციული სისტემები თანამედროვე საწარმოების ხერხემალია, რაც მათ ეფექტურ მონაცემთა მართვას, დამუშავებასა და ანალიზს უზრუნველყოფს. მონაცემთა ბაზის ტექნოლოგიის არჩევანი - იქნება ეს რელაციური თუ არარელაციური - მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ამ სისტემების მუშაობასა და მასშტაბირებაზე. უფრო თვალსაჩინო ილუსტრირებისთვის განვიხილავთ მათ რეალურ გამოყენებას ისეთი წამყვანი ტექნოლოგიური კომპანიების მაგალითებზე, როგორებიცაა Google, Amazon, Facebook და Netflix.

ფინანსური სისტემები - JPMorgan Chase: წამყვანი გლობალური ფინანსური ინსტიტუტი, JPMorgan Chase, ეყრდნობა Oracle-ის რელაციურ მონაცემთა ბაზას თავისი საბაზისო საბანკო ოპერაციების სამართავად. სისტემა ყოველდღიურად მილიონობით ტრანზაქციას მართავს, რაც უზრუნველყოფს მონაცემთა თანმიმდევრულობას და მთლიანობას გლობალურ ოპერაციებში. რელაციური ბაზის მიერ ტრანზაქციების მართვა და რთული ბრძანებების შესრულების შესაძლებლობა უზრუნველყოფს ზუსტ და სანდო ფინანსურ ჩანაწერებსა და ანგარიშგებას, რაც კრიტიკულია რეგულაციების დაცვასა და რისკების მართვაში.

E-commerce სისტემები - Amazon: ტრანზაქციული მონაცემების მართვისათვის ისეთი გიგანტი e-commerce პლატფორმა, როგორც Amazon-ია იყენებს რელაციურ მონაცემთა ბაზას, კერძოდ, Amazon Aurora-ს, რომელიც ყოველდღიურად ამუშავებს მილიონობით მოთხოვნას, მართავს მომხმარებლის ინფორმაციას, პროდუქციის კატალოგებს და ტრანზაქციების ჩანაწერებს. რელაციური მონაცემთა ბაზა უზრუნველყოფს მონაცემთა თანმიმდევრულობას და მხარს უჭერს კომპლექსურ ბრძანებებს, რომლებიც აუცილებელია მარაგების მართვის, შეკვეთების დამუშავებისა და ფინანსური ტრანზაქციებისათვის. აგრეთვე, ამაზონის ღრუბლოვანი სერვისი, Amazon Web Services (AWS) გთავაზობს სხვადასხვა მონაცემთა ბაზის სერვისს, მათ შორის Amazon RDS რელაციური მონაცემთა ბაზებისათვის და Amazon DynamoDB-ს (NoSQL). AWS მომხმარებლებს შეუძლიათ ამ სერვისების ინტეგრაცია ჰიბრიდული მიდგომის დასაანერგად და ისეთი აპლიკაციების შესაქმნელად, რომლებიც გამოიყენებენ RDS-ის ტრანზაქციულ

მთლიანობას კრიტიკული ოპერაციებისთვის და DynamoDB-ს მასშტაბირებისთვის, რათა მონაცემთა მაღალი სიჩქარით დამუშავების მიზნით.

სოციალური მედია - Facebook: Facebook იყენებს რელაციურ და არარელაციურ მონაცემთა ბაზების კომბინაციას (ჰიბრიდული მოდელი), რათა მართოს თავისი ფართო მონაცემთა ინფრასტრუქტურა. მაგალითად, Facebook-ის მესიჯების სისტემა იყენებს Apache Cassandra-ს, მაღალმასშტაბურ NoSQL მონაცემთა ბაზას, რომელიც ყოველდღიურად ამუშავებს მილიარდობით მესიჯს. მისი არქიტექტურა უზრუნველყოფს მაღალ ხელმისაწვდომობას, რაც კრიტიკულია რეალურ დროში კომუნიკაციისთვის. ხოლო რელაციური მონაცემთა ბაზა, ამ შემთხვევაში MySQL, გამოიყენება მომხმარებლის ანგარიშებისა და ფინანსური მონაცემების სამართავად, სადაც საჭიროა ძლიერი ACID პრინციპები და მონაცემთა თანმიმდევრულობა.

დიდი მონაცემების ანალიტიკა - Google: 1998 წელს დაარსებული ამერიკული კორპორაცია Google კი იყენებს Bigtable-ს, მაღალმასშტაბურ NoSQL მონაცემთა ბაზას სხვადასხვა აპლიკაციისთვის, მათ შორის ვებ ინდექსაციისა და Google Earth-სთვის. Bigtable-ს შეუძლია პეტაბაიტების ზომის მონაცემების მართვა ათასობით სერვერის მეშვეობით, რაც Google-ს დიდი მოცულობის მონაცემების ეფექტურად დამუშავებისა და ანალიზის საშუალებას აძლევს.

Google იყენებს ჰიბრიდულ სტრატეგიასაც და აერთიანებს ტრადიციულ რელაციურ მონაცემთა ბაზებს NoSQL გადაწყვეტილებებთან. იგი Bigtable-ს გარდა იყენებს გლობალურად განაწილებულ რელაციურ მონაცემთა ბაზას, Spanner-ს, რომელიც უზრუნველყოფს ძლიერ თანმიმდევრულობასა და SQL მხარდაჭერას, რაც მას რთული ტრანზაქციული ბრძანებების შესრულების საშუალებას აძლევს.

ნაკადის სერვისები - Netflix: გლობალური სტრიმინგის სერვისი, ნეტფლიქსი, იყენებს Apache Cassandra-ს თავისი უზარმაზარი და უამრავი მონაცემის სამართავად. მისი მაღალი ხელმისაწვდომობა უზრუნველყოფს სერვისის მუშაობას პიკის პერიოდშიც კი, როცა მომხმარებელთა რაოდენობა საგრძნობლად მაღალია.

ჰიბრიდული მიდგომა Microsoft-ში: იყენებს Microsoft Azure როგორც SQL მონაცემთა ბაზას და ასევე Cosmos DB (NoSQL მონაცემთა ბაზა). ორგანიზაციებს, რომლებიც იყენებენ Azure-ს, შეუძლიათ შექმნან ჰიბრიდულ მეთოდზე დაფუძნებული აპლიკაციები, რომლებიც ისარგებლებენ SQL მონაცემთა ბაზის ACID პრინციპებით სტრუქტურირებული მონაცემების შესანახად და Cosmos DB-ის მასშტაბურობით არასტრუქტურირებული ან ნახევრად სტრუქტურირებული მონაცემებისთვის.

3. დასკვნა

ნაშრომში შევხეთ მონაცემთა შენახვა-დამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგიებს, რომელთა გამოყენებაც შესაძლებელია ინფორმაციულ სისტემებში. ჩატარდა კომპეტენტური სპეციალისტების გამოკითხვა, რის საფუძველზეც გამოვლინდა, თუ რა ტენდენციებია აქტუალური მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემებში. შედარებულ იქნა რელაციური და NoSQL ბაზები; ჩატარებული ანალიზური კვლევით მიღებულია შედეგები. მის საფუძველზე შევიმუშავეთ რეკომენდაციები აღნიშნული ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტიანობის შესახებ, რათა მომხმარებლებმა სწორად მიიღონ გადაწყვეტილება მონაცემთა ბაზის არჩევის მიზნით თავიანთი მოთხოვნებისა და საჭიროებების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Laudon K., Laudon J. (2020). MIS-s: Managing the Digital Firm (16th ed.). Pearson, 2020
2. Brien O., & Marakas, G. Management Information Systems (10th ed.), 2011

3. Alkhalaf A., Al-zubeidi H. (2023). Performance of the Relational and Non-relational Databases. Stockholm, Sweden.
4. Vyawahare H., Thakare V. (2018). Hybrid Database Approach using Graph and Relational Database.
5. Surguladze G., Kiviladze G. (2017). Introduction to NoSQL Databases. ISBN 978-9941-0-9642-6. GTU, Tbilisi, -152 p., (in Georgian)
6. Surguladze G., Petriashvili L. Application programming and Data Management. ISBN 978-9941-8-3810-1. State name, GTU. "IT-consult. Scientific Center". Vol., 2022, -135 p., (in Georgian).

(სტატია მიღებულია 20.11.2024)

RESEARCH OF INFORMATION SYSTEMS DATA AND MODERN METHODS OF ORGANIZING WORK WITH THEM

Ana Sitchinava, Bejanishvili Lolita
Georgian Technical University

ana.sitchinava22@gmail.com, lolita.bejanishvili@gtu.ge

Summary

The paper reviews modern methods of working with data and their use in information systems. To identify modern trends, we rely on the method quantitative research of mass survey, which helps us determine which technologies are currently in use in information systems and what challenges organizations are facing. The paper mainly focuses on relational and non-relational (NoSQL) databases and provides research, the purpose of which is to determine the effectiveness of the mentioned databases in processing different amounts of data. The main goal of the research was to determine how efficiently the aforementioned bases cope with various tasks. We selected the most popular relational database - MySQL and also the most used non-relational database - MongoDB as research objects. For the research, the appropriate code was written in the JavaScript programming language, using which we executed various commands to MySQL and MongoDB on different amounts of data and observed the execution time of these commands.

(Received 20.11.2024)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С НИМИ

Сичинава А., Бежанишвили Л,

Грузинский Технический Университет

ana.sitchinava22@gmail.com, lolita.bejanishvili@gtu.ge

Резюме

Рассмотрены современные методы работы с данными и их использование в информационных системах. Для выявления современных тенденций мы опираемся на метод количественного исследования массового опроса, который помогает нам определить, какие технологии сейчас используются в информационных системах и с какими проблемами сталкиваются организации. В статье основное внимание уделяется реляционным и нереляционным (NoSQL) базам данных и приводятся исследования, целью которых является определение эффективности упомянутых баз данных при обработке различных объемов данных. Основной целью исследования было определить, насколько эффективно вышеупомянутые базы справляются с различными задачами. В качестве объектов исследования мы выбрали самую популярную реляционную базу данных — MySQL, а также наиболее используемую нереляционную базу данных — MongoDB. Для исследования был написан соответствующий код на языке программирования JavaScript, с помощью которого мы выполняли различные команды MySQL и MongoDB на разных объемах данных и наблюдали за временем выполнения этих команд.

(Поступила 20.11.2024)

ჰიპოკრატეს ფსიქიკური ტიპების დინამიკის მათემატიკური მოდელირება

თამაზ ოზგაძე¹, მაია შევარდენიძე²
1-სართაშორისო საინჟინრო აკადემია,
2-ფაზისის აკადემია
tamaz@mail.ru, m.shevardenidze@gtu.ge

რეზიუმე

შესწავლილია ადამიანის ფსიქიკური ტიპების ჰიპოკრატეს თეორია, სადაც განიხილება ოთხი ძირითადი ტემპერამენტი: ქოლერიკი, ფლეგმატიკი, სინგვინიკი და მელანქოლიკი. აგებულია როგორც კონცეპტუალური, ასევე, მათემატიკური მოდელი. შესწავლილია დინამიკური მოდელის სტაციონარულ მდგომარეობათა მდგრადობის საკითხი. ნაჩვენებია, რომ ფლეგმატიკური და მელანქოლიკური ტემპერამენტი მდგრადია, ხოლო ქოლერიკული და სინგვინიკური მდგომარეობები – არამდგრადი.

საკვანძო სიტყვები: ტემპერამენტი. ფსიქიკური ტიპი. მათემატიკური მოდელი. მდგრადობა.

1. შესავალი

როდესაც ვსაუბრობთ პიროვნებაზე, ჩვენ ვგულისხმობთ ადამიანს, რომელსაც აქვს, მხოლოდ მისი ინდივიდუალობისათვის დამახასიათებელი თვისებები: ხასიათი, სტერეოტიპები, ფასეულობები, პრინციპები და ა.შ.

დაბადებიდან დაწყებული, ადამიანი ცხოვრობს სოციალურ და ბუნებრივად განიცდის საზოგადოების გავლენას, რის შედეგადაც ყალიბდება მისი ფსიქიკური ტიპი, ხასიათი და დამოკიდებულება სხვა ადამიანებისადმი. ადამიანის ფსიქიკური ტიპი, ყალიბდება და აღწევს სტაბილურ მდგომარეობას, სრულწლოვანი ასაკის მიღწევასთან ერთად. თუმცა, გარემო პირობებთან ურთიერთქმედების პროცესში, შემდგომი ასაკისთვისაცაა დამახასიათებელი, პიროვნების ტრანსფორმაცია – ადაპტაცია. უმეტეს შემთხვევაში, ამ დროს პიროვნების გაორება ხდება, ის ირგებს საზოგადოებისათვის მისაღებ ნიღაბს, თუმცა მისი ფსიქიკური ტიპი აღარ იცვლება.

ყველა ადამიანი ინდივიდუალური თვისებების მატარებელია, თუმცა, დაკვირვებისას აღმოვაჩინოთ, რომ ბევრ მათგანს აქვს ერთნაირი ხასიათი, ქცევის სცენარი, ფასეულობები და ა.შ. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს გენეტიკური თავისებურებები, გარემო, ფსიქიკური ორგანიზაცია ალქმის ნიუანსები და ა.შ.

აქედან გამომდინარე, ხდება ადამიანთა ჯგუფებად დაყოფა, ფსიქიკური ტიპების მიხედვით, რისთვისაც იყენებენ სხვადასხვა კრიტერიუმს. ამგვარად წარმოიქმნება მთელი სისტემა – ტიპოლოგია. ადამიანის ფსიქიკური ტიპის ცოდნა, საშუალებას იძლევა უკეთესად შევიცნოთ საკუთარი თავი და სხვა ადამიანები, წინასწარ გავითვალისწინოთ პიროვნების ქცევა სხვადასხვა სიტუაციაში. გავერკვეთ ადამიანების ქმედებათა მოტივაციაში.

2. ჰიპოკრატეს ფსიქიკური ტიპების დინამიკის კონცეპტუალური მოდელი

საყოველთაოდ ცნობილია, ჰიპოკრატეს მიერ შემოთავაზებული, ფსიქიკურ ტიპთა დაყოფა-კლასიფიკაცია: ქოლერიკი, ფლეგმატიკი, სინგვინიკი და მელანქოლიკი [1]. ის ექიმი იყო და ეს დაყოფაც, გარკვეულ წილად, ამ ფაქტიდან გამომდინარეობს. ჰიპოკრატე თვლიდა,

რომ ადამიანის სხეულში არსებობს რამდენიმე სახის სითხე: სისხლი, ლიმფა, ყვითელი ნაღველი და შავი ნაღველი, რომელთა რაოდენობის პრევალირებაც, იწვევს სხვადასხვა ფსიქიკური ტიპის ჩამოყალიბებას.

- ლიმფა აწონასწორებს;
- ყვითელი ნაღველი ადამიანს ხდის იმპულსურს;
- სისხლი იძლევა ენერგიულობას;
- შავი ნაღველი ადამიანს ხდის ნაღვლიანს, აყალიბებს მელანქოლიურ ხასიათს.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით, ლეგენდარულმა ექიმმა – ჰიპოკრატმა შემოგვთავაზა ოთხი სახის ტემპერამენტი:

1) *სანგვინიკური ტემპერამენტი* – ხასიათდება *სისხლის* პრევალირებით და იძლევა ენერგიულ სიცოცხლისმოყვარე ნატურას. ასეთი ტემპერამენტის ადამიანები არიან მხიარული, კომუნიკაბელური და ოპტიმისტურად განწყობილნი. სანგვინიკები, ადვილად გადაეწყობიან ერთი საქმიდან მეორეზე, გამოირჩევიან ადაპტაციით და გაწონასწორებული ხასიათით. მათი ქცევა დამოკიდებულია გარემომდებლებზე ექსტრავერტები არიან, უყვართ კამკაშა ემოციები და ტაში;

2) *ქოლერიკული ტემპერამენტი* – დაკავშირებულია *ყვითელ ნაღველთან* და მჟღავნდება ნებისყოფაში, გამბედაობასა და საკუთარი ძალების უკიდუგანო რწმენაში. ასეთი პიროვნებებისათვის დამახასიათებელია მაღალი შრომისუნარიანობა, მიზანსწრაფულობა და თავგანწირვა. ქოლერიკები იმპულსური, არაპროგნოზირებადი ხალხია და მათ უჭირთ საკუთარი ვნებების მართვა;

3) *ფლეგმატური ტემპერამენტი* – განისაზღვრება *ლიმფის* პრევალირებით, რაც მჟღავნდება გაწონასწორებულ, მშვიდ ხასიათში, ზომიერებაში. ასეთი ადამიანების წონასწორობიდან გამოყვანა შეუძლებელია. ისინი არ არიან ემოციურნი, არიან სტაბილურნი და მშვიდნი. მათ არაფერი ანაღვლებთ. უყვართ ძილი და ხშირად სიზარმაცე ძლევეთ. ფლეგმატიკებს ადაპტაცია უჭირთ. ისინი თავის თავში ჩაკეტილი ინტროვერტები არიან;

4) *მელანქოლიკური ტემპერამენტი* დაკავშირებულია *შავი ნაღველის* პრევალირებასთან, რაც იწვევს გამძაფრებულ მგრძობელობას და მელანქოლიისკენ მიდრეკილებას. ასეთი ადამიანები, მალე იღლებიან, ძნელად ადაპტირდებიან გარემო პირობებთან, თავის თავში არ არიან დარწმუნებული. მათი მოძრაობები ნელია, ხმა დაბალი და მორიდებული, მიმიკა ნაკლებადგამოხატული. ისინი ინტროვერტები არიან და მათზე გარემო დამთრგუნველ ზემოქმედებას ახდენს.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სუფთა სახით გამოკვეთილი ტემპერამენტი, არ არსებობს. ნებისმიერ ადამიანში, შეიძლება ვიპოვოთ სხვა ტემპერამენტების შესაბამისი დამახასიათებელი თვისებებიც. თუმცა, ერთი მათგანი პრევალირებს დანარჩენებზე.

3. ჰიპოკრატეს ფსიქიკური ტიპის ინდექსის დინამიკის მათემატიკური მოდელის აგება

რადგან სრულწლოვანი ადამიანის ფსიქიკური ტიპი, ჩამოყალიბებულია და მაშასადამე, მას უკვე სტაბილური ხასიათი აქვს, ცხადია, რომ ფსიქიკური ტიპის დინამიკის განტოლების მარჯვენა მხარე, არ იქნება დროზე დამოკიდებული ანუ გვექნება *ავტონომიური სახის დიფერენციალური განტოლება*:

$$\frac{dx}{dt} = f(x), \quad (1)$$

სადაც x ფსიქიკური ტიპის რაოდენობრივი მაჩვენებელია, ხოლო $f(x)$ ამ მაჩვენებელზე დამკვიდრებული პოლინომია.

რადგან გვაქვს ოთხი სტაციონარული მდგომარეობა, ცხადია რომ $f(x)$ ფუნქციას აქვს ოთხი ფესვი $\bar{x}_1 < \bar{x}_2 < \bar{x}_3 < \bar{x}_4$. მაშინ, ბეზუს თეორემის თანახმად, ის უნაშთოდ იყოფა $(x - \bar{x}_i)$ ორწევრებზე, სადაც $i = \overline{1,4}$. რადგან ეს ორწევრები არაა ერთმანეთზე წრფივად დამოკიდებული, მივიღებთ, რომ $f(x)$ ფუნქციას, ყველაზე ზოგად შემთხვევაში, აქვს შემდეგი სახე:

$$f(x) = g(x) \prod_{i=1}^4 (x - \bar{x}_i), \quad (2)$$

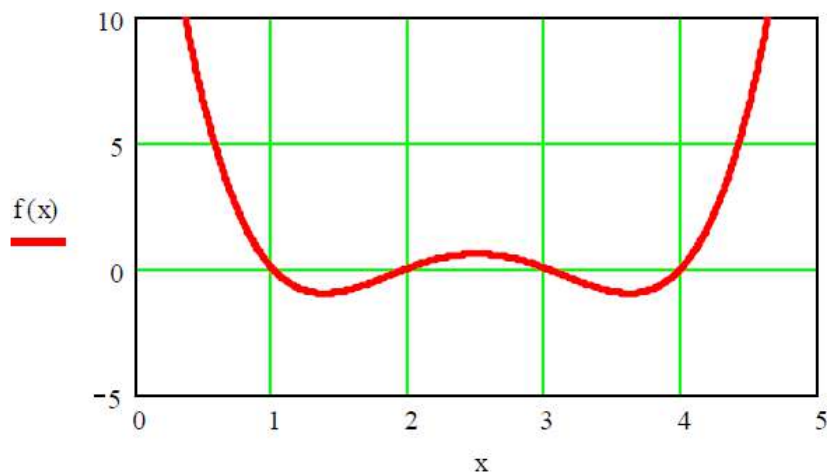
სადაც $g(x)$ ფუნქციას არა აქვს ფესვები, რაც იქიდან გამომდინარეობს, რომ ჩვენს სისტემას აქვს მხოლოდ ოთხი სტაციონარული მდგომარეობა. მაშასადამე, $g(x)$ ფუნქცია ინარჩუნებს ნიშანს ანუ ან სულ დადებითია, ან სულ უარყოფითი.

დადებითი $g(x)$ ფუნქცია გავლენას ვერ მოახდენს სტაციონარული წერტილების მდგრადობაზე, ხოლო უარყოფითის შემთხვევაში, შეგვიძლია შევცვალოთ თვით x მაჩვენებლის ნიშანი და მდგრადობის ხასიათი არ შეიცვლება. მაშასადამე, სისტემის მდგრადობის ხასიათის დასადგენად, საკმარისია განვიხილოთ შემდეგი მათემატიკური მოდელი:

$$\frac{dx}{dt} = \prod_{i=1}^4 (x - \bar{x}_i). \quad (3)$$

სისტემის შინაარსიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავამყაროთ შემდეგი შესაბამისობა, სისტემის სტაციონარულ წერტილებსა და ფსიქიკურ ტიპებს შორის:

- \bar{x}_1 - ფლეგმატურ ტემპერამენტს;
- \bar{x}_2 - ქოლერიკის ტემპერამენტს;
- \bar{x}_3 - მელანქოლიკის ტემპერამენტს;
- \bar{x}_4 - სანგვინიკის ტემპერამენტს.



ნახ. 1. მათემატიკური (3) მოდელის მარჯვენა მხარის ფუნქციის გრაფიკი

1-ელი ნახაზიდან გამომდინარე, ცხადია რომ $\bar{x}_1; \bar{x}_3$ სტაციონარული მდგომარეობები მდგრადია ლიაპუნოვის აზრით, ხოლო $\bar{x}_2; \bar{x}_4$ მდგომარეობები - არამდგრადია მცირე შეშფოთებების მიმართ.

მე-(3) მოდელის ბაზაზე, კომის ამოცანის ცხადი სახით, ანალიზურად ამოხსნა არ ხერხდება, აქედან გამომდინარე, ტრაექტორიების საპოვნელად, საჭიროა განტოლების რიცხვითი ამონახსნის პოვნა რუნგე-კუტას მეთოდით, სხვადასხვა საწყისი პირობების დროს.

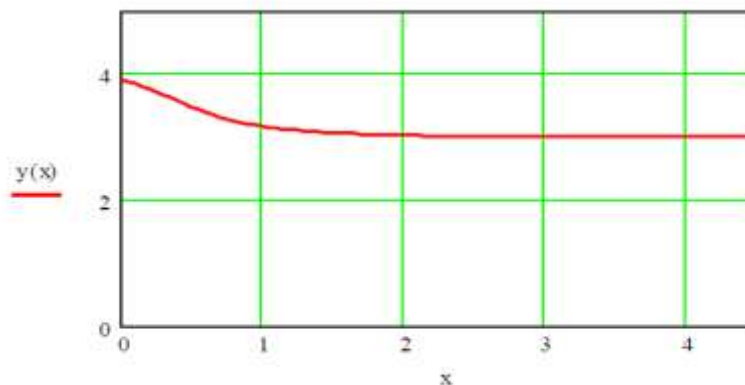
Given

$$\frac{d}{dx}y(x) = (y(x) - 1) \cdot (y(x) - 2) \cdot (y(x) - 3) \cdot (y(x) - 4)$$

$$y(0) = 3.5$$

$$y := \text{odesolve}(x, 4.5, 100)$$

$$x := 0, 0.05 \dots 4$$



ნახ. 2. პროგრამა Mathcad-ზე და ტრაექტორია, როცა $y(0) = 3.5$

გათვლები გვიჩვენებს, რომ სისტემის ტრაექტორიები მისწრაფვის უახლოესი, მდგრადი სტაციონარული წერტილებისაკენ.

4. დასკვნა

ამრიგად, ჰიპოკრატეს ფსიქიკურ ტიპთა კლასიფიკაციის ბაზაზე, ჩვენ ავაგეთ კონცეპტუალური და მათემატიკური მოდელები, რამაც საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა ფსიქიკურ ტიპთა ინდექსის დინამიკა. როგორც დინამიკა გვიჩვენებს, ფლეგმატური და მელანქოლიური ტიპის ტემპერამენტი მდგრადია გარე შეშფოთებების მიმართ, რადგან მათ ინტროვერტული ხასიათი აქვს, ხოლო ქოლერიკული და სანგვინიკური ტემპერამენტი ექსტრავერტულია და შეშფოთებების მიმართ ნაკლებად მდგრადი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Personality typology in psychology. <https://nadpo.ru/academy/blog/tipologiya-lichnosti-v-psihologii/> (in Russian, 18.11.24)
2. Obgadze T. (2015). Mathematical Modeling. Monography. Georgian Technical University. Tbilisi, (in Georgian)

(სტატია მიღებულია 01.12.2024)

MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMICS OF MENTAL TYPES HYPOCRATESAH

Tamaz Obgadze¹, Maia Shevardenidze²

1-International Academy of Engineering (IAE),

2-Phasian Academy

tamaz@mail.ru ; m.shevardenidze@gtu.ge

Summary

The theory of mental types of Hypocrates is studied, where four types of temperament are considered: choleric, phlegmatic, sanguine and melancholic. A conceptual as well as a mathematical model. The question of stability of stationary states of the dynamic model is studied. It is shown that the phlegmatic and melancholic state of the system is stable, and the choleric and sanguine — unstable.

(Received 01.12.2024)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПСИХИЧЕСКИХ ТИПОВ ГИПОКРАТА

Тамаз Обгадзе¹, Маиа Шеварденидзе²

1-Международная инженерная академия (МИА),

2-Фазиская Академия

tamaz@mail.ru, m.shevardenidze@gtu.ge

Резюме

Изучена теория психических типов Гипократа, где рассматривается четыре типа темперамента: холерики, флегматики, сангвиники и меланхолики. Строится как концептуальная, так и математическая модель. Изучен вопрос устойчивости стационарных состояний динамической модели. Показано, что флегматическое и меланхолическое состояние системы устойчиво, а состояния холерика и сангвиника — неустойчивы.

(Поступила 01.12.2024)

ბილინგვური სწავლების მოდელირება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე. მიკუთვნების ფუნქციის იდენტიფიკაცია

აზიზ მამედოვი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

azizmamedov2022@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდებისა და მექანიზმების გამოყენების საკითხები მოსწავლეთა ცოდნის შესაფასებლად ბილინგვური სწავლისას. შემოთავაზებულია ფორმალური და ტესტირებული ბილინგვური სწავლების მეთოდი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე. მოდიფიცირებულია არამკაფიო მოდელის იდენტიფიკაციის გენეტიკური მოდელი, S - ფორმის მიკუთვნების ფუნქციის იდენტიფიკაციისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ბილინგვური სწავლება. არამკაფიო ლოგიკა.

1. შესავალი

ბილინგვური განათლება (ჩვენ შემთხვევაში იგულისხმება, არამშობლიურ ენაზე სწავლება საბუნებისმეტყველო მეცნიერების საგნების. მაგალითად, მათემატიკის, ფიზიკის და სხვ.), ძალზე „მგრძობიარე“ და „დელიკატური“ პროცესია, როგორც მეთოდოლოგიური, ასევე შეფასების და მართვის თვალსაზრისით. აქ საგულისხმოა ორი რამ: როგორ ვუზრუნველყოთ მოსწავლეთა ცოდნის აუცილებელი აკადემიური დონე და რამდენად შესაბამისად ფასდება მის მიერ ათვისებული უნარები კონკრეტულ საგანში, რომ მივიღოთ შემდეგი გადაწყვეტილებები სწავლის პროცესის გასაუმჯობესებლად.

ბილინგვური სწავლის მიზანია სრულყოფილი განათლების მიღება ყველა საგანში რათა მოსწავლემ, მიიღოს თანასწორი განათლება და თავი იგრძნოს საზოგადოების სრულყოფილ წევრად, როგორც საკუთარ ეთნიკურ ჯგუფში, ასევე დომინანტი ეთნიკური ჯგუფის წარმომადგენელთა შორის. ბილინგვური სწავლების პერიოდში კარგი იქნებოდა, თუ მოსწავლეთა შეფასებას განახორციელებდა ორი სპეციალისტი, ენის და კონკრეტული დისციპლინის. ტესტირება, რომელიც ახლა გამოიყენება ბილინგვური სწავლების შეფასებისთვის პილოტურ საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, თავის თავში მოიცავს ტესტების გამარტივებულ ფორმულირებას – „დიახ / არა“. შეფასების ეს მოდელი გვიქმნის მხოლოდ მიახლოებულ წარმოდგენას მოსწავლის ჭეშმარიტ ცოდნაზე. ამასთანავე, ტესტირება მოიცავს შემთხვევითობის ელემენტს, რაც დაუშვებელია.

[1]-ელ ნაშრომში შემოთავაზებულია არამკაფიო ლოგიკური დასკვნის მექანიზმების გამოყენება მოსწავლეთა ცოდნის შესაფასებლად, რომელიც განუზღვრელობის დროს, დღეისათვის წარმოადგენს ერთადერთ მეთოდს, სწავლის პროცესის შეფასებისა და მართვისათვის [2].

აღნიშნულ სტატიაში ნაჩვენებია, რომ მოსწავლეთა შესაფასებლად ექსპერტებს განუსაზღვრავთ S-ტიპის მიკუთვნების ფუნქცია – (4)-(5), (ნახ.2.) [3].

მონაცემები აღებულია იმ აზერბაიჯანელი მოწაფეების სწავლების შეფასებისათვის, რომელთა მშობლიური ენა აზერბაიჯანულია და სწავლობენ ქართულად.

საქმე ისაა, რომ არა მარტო კონკრეტული საგნის შესწავლისას, არამედ მოსწავლეების სხვადასხვა სოციულურ ჯგუფში სწავლების, საგნის ათვისების დონე სხვადასხვაა. ამიტომ, აუცილებელია ყოველ ერთგვაროვან მოსწავლეთა ჯგუფისათვის მიკუთვნების ფუნქციის იდენტიფიკაცია. ჩვენს შემთხვევაში S ტიპის მიკუთვნების ფუნქციის პარამეტრების - $d(d_1, d_2)$ შეფასება.

2. ძირითადი ნაწილი

არამკაფიო მოდელების იდენტიფიკაცია მოიცავს პარამეტრულ, სტრუქტურულ და ჰიბრიდული სახის მოდელებს [4]. პარამეტრული იდენტიფიკაციის დროს ცნობილია მიკუთვნების ფუნქციის სახე და იდენტიფიკაციის ამოცანას შეადგენს მისი პარამეტრების განსაზღვრა.

სტრუქტურული იდენტიფიკაციის დროს განისაზღვრება, როგორც გადაწყვეტილების წარმოების წესების რაოდენობა, ასევე, მიკუთვნების ფუნქცია.

ჰიბრიდული იდენტიფიკაცია მოიცავს, როგორც პარამეტრულ ისე სტრუქტურულ იდენტიფიკაციას. ჩვენ შემთხვევაში, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ვგულისხმობთ, რომ ცნობილია მიკუთვნების ფუნქციის სახე, ანუ საქმე გვაქვს პარამეტრულ იდენტიფიკაციასთან. ამ შემთხვევაში, არამკაფიო მოდელი წარმოადგენს მიკუთვნების ფუნქციის კომპონენტების განმსაზღვრელი d ვექტორის პარამეტრების არაწრფივ ფუნქციას.

მიკუთვნების ფუნქციის პარამეტრების განსაზღვრა ესაა ინტეგრალური კრიტერიუმის მინიმიზაციის ამოცანა

$$I(d) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |y(k) - \hat{y}(k, d)| \quad (1)$$

სადაც d არის მიკუთვნების ფუნქციის საიდენტიფიკაციო პარამეტრი.

ამდაგვარი ამოცანების ამოხსნისათვის გამოიყენება არაწრფივი პროგრამირების მეთოდები. რადგანაც (1) კრიტერიუმი ინტეგრალის თვისებისაა, მისი მინიმიზაციისათვის გამოუყენებელია გრადიენტული მეთოდები. აქვე აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ ხშირად არაგრადიენტული მეთოდიც ვერ უზრუნველყოფს დამაკმაყოფილებელ კრებადობას ამონახსნის სიდიდემდე [4].

ასეთი ამოცანის ამოხსნისათვის მაღალი ეფექტურობით აღინიშნება ე.წ გენეტიკური ალგორითმები. გენეტიკური ალგორითმის მუშაობის პრინციპი აგებულია ცოცხალი ორგანიზმის ევოლუციური განვითარების კანონზომიერებაზე, რომლებიც მოქმედებს ბუნებაში [4].

გენეტიკური ალგორითმები იყენებს კოდებს, რომლებსაც აზრობრივი ინტერპრეტაცია არ აქვს. თითოეული კოდი, შეიძლება ითქვას, წარმოადგენს ძიების სივრცის წერტილს. გენეტიკური ალგორითმი ყოველ ბიჯზე ერთდროულად მონიშნავს რამოდენიმე წერტილს, რომლებიც შესაძლებელია „გენეტიკურად“ ახლობლები, მონათესავე სიმრავლეები იყვნენ. ამ წერტილთა ერთობლიობა ქმნის ე.წ გარკვეული სახის პოპულაციას.

რადგანაც დუალისტური განათლების შეფასების მიკუთვნების ფუნქციად აღებულია S -სახის ფუნქცია, მაშინ j -ური მიკუთვნების ფუნქცია $X_j^q(x_j, d_j^q)$, q წესში შეიცავს ვექტორის $d^q = (d_1^q, d_2^q)$ პარამეტრებს. ძირითადი პროცედურები ამ ალგორითმისა მდგომარეობს შემდეგში [4].

დავუშვათ, მოცემულია ან ცნობილია შემდეგი არამკაფიო მოდელის მიკუთვნების ფუნქციის პარამეტრების ვექტორი, რომელიც შეიცავს m ცვლადსა და q წესს [3].

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ვგულისხმობთ, რომ მიკუთვნების ფუნქცია არის S სახის, ანუ სამეზბნი პარამეტრია $d = (d_{1,1}^1, d_{1,2}^1, \dots, d_{m,1}^1, d_{m,2}^1, \dots, d_{1,1}^q, d_{1,2}^q)$.

პირელი კატეგორიის არამკაფიო მოდელისათვის, პირველ იტერაციაზე, ზოგადად გვექნება

$$d = (d_1^0, d_2^0, \dots, d_h^0); h = 2 \cdot q; h = 2 \cdot q \cdot (m + 1).$$

აქვე, აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ უცნობი პარამეტრების (d_1, d_2) საწყისი მნიშვნელობები აღებულია რეალური სტატისტიკური მასალიდან [1].

შემოვიტანოთ შემთხვევითი რიცხვი $x \in [x^{min}, x^{max}]$, რომელიც განისაზღვრება

$$x = Ran(x^{min}, x^{max}) = x^{min} + P \cdot (x^{max} - x^{min}),$$

სადაც P შემთხვევითი რიცხვია $[0,1]$ ინტერვალში.

ანალოგიურად, იტერაციული გზით გამოითვლება d პარამეტრების შემდგომი მნიშვნელობები. ამისათვის, თავდაპირველად განისაზღვრება შემთხვევითი რიცხვი $g = Ran(1, h)$, რომელიც ანალოგია კონკრეტული სოციალური ჯგუფის „გენების“ (პარამეტრების) რაოდენობისა. იმ „გენისა“, რომელიც შემდეგში განიცდის „მუტაციას“ g -ჯერ.

ამასთანავე, განისაზღვრება მუტაციის დაქვემდებარებული k „გენის“ მნიშვნელობა $k = Ran(1, h)$.

მაგალითად, თუ $q = 3$, მაშინ k შეიძლება იყოს 2, 10, 15 ანუ $k \in K = \{2,10,15\}$. შესაბამისად მივიღებთ განსაზღვრული პოპულაციის პირველ მიახლოებას. $d^1 = (d_1^1, d_2^1, \dots, d_h^1) = (d_1^0, d_2^0, \dots, d_{10}^0, \dots, d_{15}^0, \dots, d_h^0)$; ყოველი d^j -სათვის, არამკაფიო მოდელის საშუალებით გამოითვლება $I(d^j), j = 1,2,3$. j - იტერაციაზე გვექნება $d^j = (d_1^j, d_2^j, \dots, d_h^j), j = 1,2,3$.

შემდეგ აირჩევა ორი პოპულაცია, რომელთათვისაც კრიტერიუმი (1) მნიშვნელობები მინიმალურია. დავუშვათ, ასეთებია d^1 და d^3 , რომლებიც წარმოადგენს „მშობლებს“ შემდეგი „პოპულაციის“ გათვლებისათვის.

თავდაპირველად განისაზღვრება შემთხვევითი რიცხვი $\mu = Ran(1, h)$. განისაზღვრება ორი „შთამომავალი“, რომლებსაც გააჩნია „მშობელთა“ თვისებები.

$$\begin{cases} (d_1^1, \dots, d_\mu^1, d_{\mu+1}^1, \dots, d_h^1) & \text{მშობლები} \\ (d_1^3, \dots, d_\mu^3, d_{\mu+1}^3, \dots, d_h^3) & \\ (d_1^1, \dots, d_\mu^1, d_{\mu+1}^3, \dots, d_h^3) & \\ (d_1^3, \dots, d_\mu^3, d_{\mu+1}^1, \dots, d_h^1) & \text{შთამომავლები} \end{cases}$$

მომდევნო „შთამომავლები“ უნიფიცირებულ ფორმაში ჩაიწერება ასე

$$\begin{aligned} d^4 &= (d_1^4, d_2^4, \dots, d_h^4) = (d_1^1, \dots, d_\mu^1, d_{\mu+1}^3, \dots, d_h^3) \\ d^5 &= (d_1^5, d_2^5, \dots, d_h^5) = (d_1^3, \dots, d_\mu^3, d_{\mu+1}^1, \dots, d_h^1) \end{aligned} \quad (2)$$

„მუტაციის“ ოპერატორისათვის, „მუტაციის“ ალბათობა აიღება მცირე სიდიდე $-0,03$ ანუ, ყოველ „იტერაციაზე“ „მუტაცია“ ხორციელდება, როცა $Ran(1,100) \leq 3$, რომლითაც განისაზღვრება შემთხვევითი რიცხვი $\lambda = Ran(1, h)$. რაც წარმოადგენს d_λ^4 და d_λ^5 „გენების“ ნომრებს, რომლებიც ურთიერთქმედებს d^4 და d^5 ჯგუფებში და ქმნიან ახალ „შთამომავლებს“.

$$\begin{aligned} d^4 &= (d_1^4, d_\lambda^5, \dots, d_h^4) \\ d^5 &= (d_1^5, d_\lambda^4, \dots, d_h^5) \end{aligned} \quad (3)$$

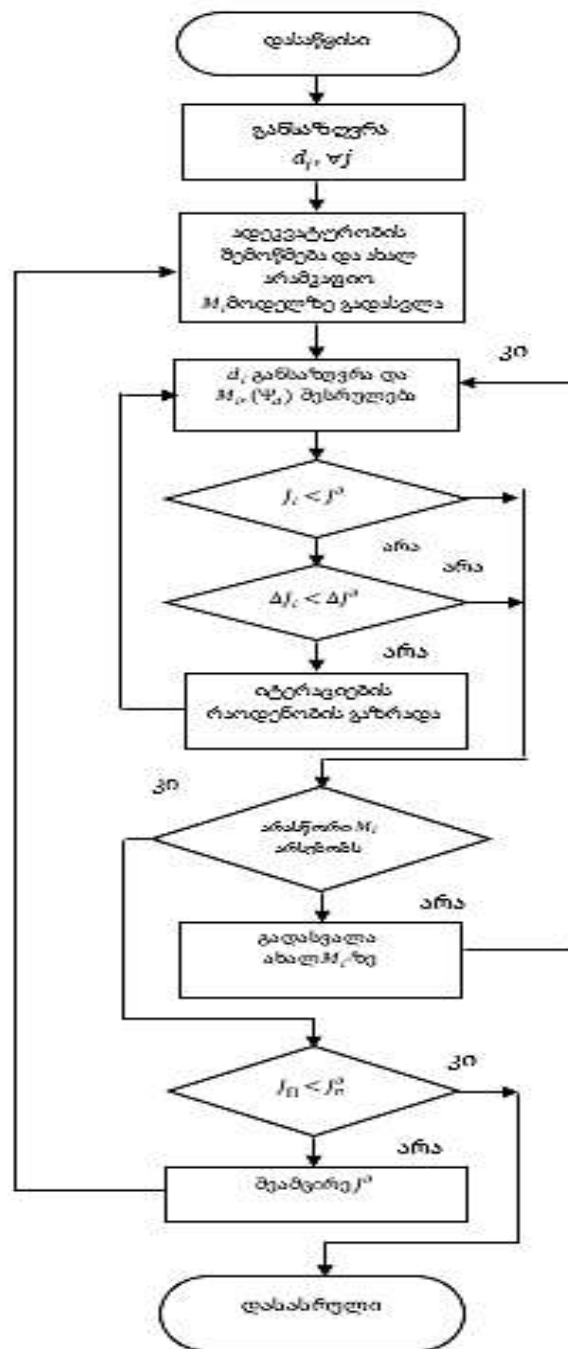
ასე ხდება საწყისი „პოპულაციის“ გაფართოება.

$$d = d^1, d^2, d^3, d^4, d^5,$$

სადაც d^4, d^5 განისაზღვრება მხოლოდ (2) „შეჯავრების“ ოპერაციის გამოყენებით (3) „შთამომავლებში“.

შემდეგ, არამკაფიო მოდელით გამოითვლება ჯერ $\hat{y}(k)$, $\overline{k} = 1, N$, შემდეგ კრიტერიუმები $I(d^1), \dots, I(d^5)$, (1) ფორმულის საშუალებით. შეირჩევა სამი მინიმალური მნიშვნელობის კრიტერიუმი და ახალი „პოპულაციის“ „ეგზემპლარები“, იქამდე, სანამ სხვაობა კრიტერიუმის მნიშვნელობებს შორის იქნება დასაშვებ სიდიდეზე მინიმალური.

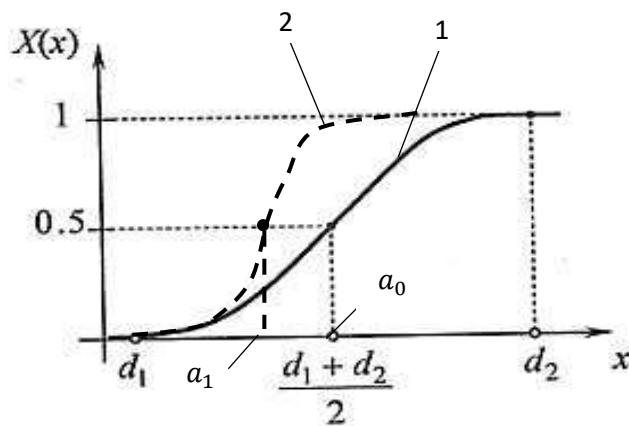
იდენტიფიკაციის ალგორითმის ბლოკ-სქემას აქვს შემდეგი სახე (ნახ.1):



ნახ.1 მიკუთვნების ფუნქციის პარამეტრების იდენტიფიკაციის ალგორითმის ბლოკ-სქემა

$$X(x) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 1 - 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 0, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (4)$$

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 1 - 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 1, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (5)$$



$$a_0 = \frac{d_1^0 + d_2^0}{2}$$

$$a_1 = \frac{d_1^1 + d_2^1}{2}$$

ნახ.2

მე-2 ნახაზის მრუდი-1, არის S ტიპის მიკუთვნების ფუნქციის გრაფიკი, რომლის პარამეტრები აღებულია იდენტიფიკაციის საწყის პარამეტრებად. მრუდი-2, იდენტიფიკაციის შედეგად მიღებული მიკუთვნების ფუნქციაა.

ვთქვათ ჩვენთვის ცნობილია თითოეული მოწაფის სწავლების როგორც ენობრივი, ასევე შინაარსობრივი ნაწილი ტესტირების შედეგი (შეფასება ათბალიანი სისტემის მიხედვით).

მოსწავლის სწავლების საერთო დონის შეფასებისათვის ვსარგებლობთ ზადეს მიერ შემოთავაზებული გამრავლებისა და შეკრების ოპერაციებით [2], კერძოდ ყოველი არამკაფიო სიმრავლის („ცუდი“, „დამაკმაყოფილებელი“, „საშუალო“) მიკუთვნების ფუნქციისათვის ვითვლით მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობას როგორც ენობრივი, ასევე შინაარსობრივი ნაწილი ტესტირების შედეგების მიხედვით.

სწავლების საერთო დონის შეფასების არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობა ტოლი იქნება ცალკეულ ნაწილებში შეფასების არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობებს შორის უმცირესის, მაგალითად არამკაფიო სიმრავლისათვის „დამაკმაყოფილებელი“:

$$\mu_{\text{საერთო დამაკმაყოფილებელი}}(x) = \min \left\{ \mu_{\text{ენობრივი დამაკმაყოფილებელი}}(x); \mu_{\text{შინაარსობრივი დამაკმაყოფილებელი}}(x) \right\}.$$

მას შემდეგ, რაც ასეთნაირად გამოვითვლით მოსწავლის საერთო დონის შეფასების თითოეული არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობას, საბოლოო შეფასება იქნება ის არამკაფიო სიმრავლე, რომლის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობა იქნება უდიდესი.

ვთქვათ გვსურს, რომ შევაფასოთ მთლიანი ჯგუფის მიერ მიღწეული შედეგი. თავდაპირველად, სწავლების თითოეული ნაწილისათვის (ენობრივი და შინაარსობრივი ნაწილები), ვითვლით ჯგუფის თითოეული წევრის ყოველი არამკაფიო სიმრავლის („ცუდი“, „დამაკმაყოფილებელი“, „საშუალო“) მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობას. სწავლების თითოეულ ნაწილში ჯგუფის შეფასების არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობად ვიღებთ ამ ნაწილში მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობათა საშუალო არითმეტიკულს (შეიძლება მოიკვეთოს რამდენიმე მონაცემი ვარიაციული მწკრივის დასაწყისსა და ბოლოში, მაგალითად ჯამში 10%).

ამის შემდეგ პროცესს ვაგრძელებთ ზუსტად ისე, როგორც ერთი მოსწავლის შემთხვევაში (ჯგუფის საერთო შეფასებას ვადგენთ ზადეს მიერ შემოთავაზებული წესების შესაბამისად).

3. დასკვნა

ფორმალიზებული და ტესტირებული იქნა ბილინგვური სწავლების მეთოდი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე; მოდიფიცირებული იქნა არამკაფიო მოდელის იდენტიფიკაციის გენეტიკური მოდელი იქნა S – ფორმის მიკუთვნების ფუნქციის იდენტიფიკაციისათვის; შექმნილი იქნა ბილინგვური სწავლების შეფასების მეთოდი, როდესაც მოსწავლეებს ტესტირება უკეთდებათ ცალკეულ საგანში.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА:

1. Rzayev R.R., Mamedov A.Dzh., Asadova P.O. (2013), „on one approach to the encapsulation of bilingual education“, azerbaijan national academy of sciences. No.6. (In Russian)
2. Zadeh L.A., (1965). Fuzzy sets // Information and Control, P.338-353.
3. Akhobadze M., (2017), "Mathematical foundations of the theory of fuzzy sets: fuzzy algorithms", STU, IT-consulting scientific center. (In Georgian)
4. Кудинов Ю.И., архипов Н.А., (2004), Кудинов И.Ю. Применение эволюционно алгоритма для идентификации нечеткой модели//Системы управления и информационные технологии.
5. Takagi Y., Sugeno M. (1985) Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control // IEEE Trans. Systems Man and Cybern., Vol. SMC-15-P. 116-132.

(სტატია მიღებულია2024)

MODELING BILINGUAL EDUCATION BASED ON FUZZY SET THEORY. IDENTIFICATION OF THE BELONGING FUNCTION.

Mamedov Aziz

Georgian Technical University

azizmamedov2022@gmail.com

Summary

The issues of using fuzzy logic methods and mechanisms for assessing students' knowledge in bilingual education are discussed. A formalized and tested bilingual teaching method based on fuzzy set theory is proposed. A genetic model for identifying a fuzzy model is modified for identifying an S-shaped assignment function.

(Received .2024)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУЯЗЫЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Мамедов А.

Грузинский Технический Университе

azizmamedov2022@gmail.com

Резюме

Рассматриваются вопросы использования методов и механизмов нечеткой логики для оценки знаний учащихся при двуязычном обучении. Предлагается формализованный и апробированный метод двуязычного обучения, основанный на теории нечетких множеств. Генетическая модель для идентификации нечеткой модели модифицирована для идентификации S-образной функции назначения.

(Поступила 2024)

LEVERAGING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MONITORING NEOVASCULAR AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION PROGRESSION

Gotsiridze Irine, Surguladze Mariam

Georgian Technical University

i.gotsiridze@gtu.ge, mariam.surguladze25@gmail.com

Abstract

Age-related macular degeneration (AMD) represents a significant global health challenge, particularly in its neovascular form (nAMD). Current monitoring methods of nAMD often rely on subjective interpretation and frequent clinical visits, which present challenges for efficient management. OCT imaging plays an important role in nAMD disease activity assessment and management. Ophthalmologists estimate the number of hours they dedicate to analyzing OCT data for disease activity markers such as fluid, thickness or atrophy, and there is a corresponding increase in time when interpreting more than one scan per patient in busy clinics. Specifically, OCT image interpretation involves the use of the clinician's knowledge and especially prior experience. Recognizing subtle changes in fluid presence, thickness variations, or structural alterations requires meticulous attention. Over-reliance on subjective assessments may result in unnecessary treatments or missed opportunities for optimizing patient outcomes. By integrating AI and advanced machine learning algorithms with optical coherence tomography (OCT) imaging and clinical data, the system can aim to provide precise, automated insights into disease progression. This approach in diagnostics can enhance early detection of subtle retinal changes, enable measurement and comparison with previous images, optimize treatment strategies, and reduce the burden on healthcare systems, ultimately improving patient outcomes and quality of life.

Key words: ophthalmology. Neovascular age-related macular degeneration. Optical coherence tomography. Artificial intelligence. Deep learning.

1. Introduction

Vision is our dominant sense of cognition, as we perceive up to 80-85% of the information through the eyes. Globally, at least 2.2 billion people have near or distance vision impairment. 1 billion of these, vision impairment could have been prevented or is yet to be addressed (WHO). The leading causes of vision impairment and blindness are: refractive errors, cataract, diabetic retinopathy, glaucoma and age-related macular degeneration.

Neovascular age-related macular degeneration (nAMD) is a significant cause of irreversible vision loss in older adults worldwide. 8.7% of the worldwide population has age-related macular degeneration, and the projected number of people with the disease is around 200 million in 2020, increasing to 300 million in 2040.

Age-related macular degeneration (AMD) is an acquired degeneration of the retina that causes significant central visual impairment. There are two types of AMD: dry and wet (neovascular). Most people with AMD have dry AMD (85-90%). This is when macula gets thinner with age. It usually progresses slowly over several years. There is no treatment for dry AMD.

Neovascular AMD (nAMD) develops in 10-15% of all AMD cases and is characterized by abnormal blood vessel growth beneath the retina, leading to fluid leakage and severe central vision loss. While anti-vascular endothelial growth factor (anti-VEGF) therapies have revolutionized treatment, their efficacy depends on early detection and precise monitoring of disease progression. Current methods, such as

regular OCT imaging, are effective but require frequent visits and rely heavily on subjective evaluation by clinicians. There is an urgent need for innovative tools that can address these challenges.

A multimodal imaging approach is essential in diagnosing and treating AMD, utilizing several modalities including fluorescein angiography (FA), indocyanine green angiography (ICGA), structural optical coherence tomography (OCT), and OCT angiography (OCTA). Optical Coherence Tomography (OCT) has become the cornerstone of ophthalmic imaging, generating around 30 million scans annually. Its ability to produce detailed, high-resolution images of both retinal and choroidal structures makes it invaluable for monitoring disease progression and evaluating treatment effectiveness in ophthalmology.

Ophthalmology is currently on the spotlight with regards to use of AI mainly because most diagnosis and treatment involve image assessment. These technologies are exquisitely suited for recognizing patterns and analyzing images which is useful when dealing with the vast volume of images, especially, when managing retinal diseases. The systematic and standardized approach to retinal imaging has facilitated the development of AI algorithms that can assist clinicians in detecting subtle changes, identifying disease patterns, and monitoring treatment responses with increasing accuracy and efficiency. Table 1 sums the performance of AI algorithms. Deep learning (DL) played a key role in this progress, which has led to breakthroughs in information technology via the utilization of tools for feature extraction.

Representative Works of AI in AMD

Tab.1

Year	Reference	Focus	Dataset	AUC	Sensitivity (SE)	Specificity (SP)
2017	Burlina et al.	AMD grading	CFPs, 213,997 images	0.96	88.4%	94.1%
2018	Kermany et al.	AMD diagnosis	OCTs, 207,130 images	0.999	97.8%	97.4%
2019	Peng et al.	AMD severity classification	CFPs, 59,302 images	0.94	59.0%	93.0%
2020	Yan et al.	AMD progression prediction	CFPs, 31,262 images	0.85	/	/
2020	Erfurth et al.	Fluid quantification in AMD	OCTs, 24,362 images	/	/	/
2021	Yan et al.	AMD biomarkers interpretation	OCTs, 56,091 images	0.940–0.992	80.0%–96.5%	/
2022	Jin et al.	CNV activity in AMD	OCTs and OCTAs, 462 pairs	0.980	89.6%	95.6%

2. Actual AI Algorithm Design Diversity Review for nAMD

Color Fundus Photography is the most widely used screening method, which can identify drusen, geographic atrophy, retinal hemorrhage, and other lesions. Because it is a fast, non-invasive and cost effective benefits, CFP is indeed significant in screening AMD populations. A DL algorithm based on CFP was able to fully automatically diagnose and grade AMD with an accuracy comparable to ophthalmologists. Novel improvements in Deep Learning (DL) algorithms have been shown to improve the diagnostics and prognosis of AMD. Burlina and Peng proved that the DL models could effectively evaluate the AMD severity and even predict the disease progression and the integration of multi-modal data, including fundus photograph and genetic data, from the aspect of clinical diagnosis and treatment, showed that DL has good application prospects in the field of individualized diagnosis and prognosis [6].

Optical Coherence Tomography (OCT) can display the status and lesions of the macular region of the retina. In 2018, Kermany et al. demonstrated their innovative approach using transfer learning

requiring significantly less training data than conventional deep learning methods. When applied to optical coherence tomography (OCT) images, their system could distinguish between choroidal neovascularization (CNV) and three other conditions with remarkable precision. Their model achieved an accuracy of 96.6%, sensitivity of 97.8% and specificity of 97.4%, reaching the level of senior ophthalmologists. [8] Increasing numbers of investigators are employing artificial intelligence algorithms for quantitative analysis of various parameters noted on OCT images. A recent contribution in this area was provided by Schlegl et al. who created a deep learning network that can automatically identify and quantify subretinal fluid (SRF) and intraretinal fluid (IRF) in OCT. Their fully-automated measurements were very close to the clinician annotations. [9] Erfurth et al. also used a DL algorithm to identify and quantify retinal effusions, including SRF, IRF and pigment epithelial detachment, and explore the relationship between the amount of effusion and visual function after intravitreal injection in AMD patients. [10, 12] Yan et al. used an attention-based DL algorithm to interpret the activity of CNV on OCT images to assist doctor to diagnose AMD. [11] Liefers et al. also quantified multiple key features on OCT images of early and late AMD patients as biomarkers associated with disease progression. [13]

3. Deep Learning to Predict Progression of Neovascular AMD

In prior significant studies, researchers developed deep learning algorithms to predict the progression from intermediate age-related macular degeneration (AMD) to advanced stages, including geographic atrophy and neovascular AMD, particularly in individuals with unilateral neovascular AMD. For neovascular AMD conversion, key pathognomonic biomarkers, such as drusen volume, area, average thickness, and the vertical extension of hyperreflective foci (HRF) within the outer nuclear layer (ONL), were analyzed and ranked based on their prognostic value. One study achieved a 2-year area under the curve (AUC) of 0.68 for predicting neovascular AMD conversion, with a specificity of 0.46 at a sensitivity level of 0.80.

Russakoff et al. utilized deep learning models to predict the progression from early or intermediate AMD to neovascular AMD using OCT biomarkers. Their analysis, conducted on 71 eyes with intermediate AMD and wet AMD in the fellow eye, applied two deep learning networks. For AMDnet, the AUC was 0.89 on OCT B-scans and 0.91 on OCT volumes, while VGG16 achieved an AUC of 0.82 on B-scans and 0.87 on volumes. Biomarkers near the retinal pigment epithelium (RPE) influenced predictions for non-progressors, whereas the choroid and regions under the RPE were more relevant for progressors.

Banerjee et al. introduced a hybrid modeling approach combining radiomics, visual acuity, demographic data, and deep learning. Their sequential model predicted exudation onset over varying timeframes in early or intermediate AMD eyes, achieving an AUC of 0.96 ± 0.02 at 3 months, 0.83 ± 0.04 at 6 months, with performance decreasing at 12 months (0.77 ± 0.06) but improving at 18 and 21 months (0.90 ± 0.06 and 0.97 ± 0.02 , respectively).

Similarly, Yim et al. proposed an AI system to forecast exudative AMD conversion in patients treated for wet AMD in one eye and early-intermediate AMD in the fellow eye over six months. Using a single OCT scan, the AI system outperformed five experts and matched the performance of one optometrist. When provided additional clinical data (historical OCTs, fundus images, demographic data, and best-corrected visual acuity), the AI system still surpassed five experts and matched one retinal specialist, demonstrating its robust predictive capabilities.

AI applications in ophthalmology still have numerous opportunities to become more effective. The successful clinical translation of AI systems depends on combined efforts between ophthalmologists, data

scientists and regulatory bodies to bridge present gaps. The prediction accuracy along with generalizability can be improved through data integration in multimodal systems which unite fundus imaging technology with optical coherence tomography (OCT) elements and clinical documentation techniques. Large datasets alongside diverse content that represents the target population need to be developed in order to achieve robust model development. The successful integration of AI systems into clinical processes requires both improved understanding capabilities among explainable AI algorithms and clinician trust.

Biomarkers and Imaging Modalities in AMD Progression

Tab.2

Biomarker	Imaging Modality	Significance
Drusen Volume	OCT	Indicator of progression from intermediate to advanced AMD.
Hyperreflective Foci (HRF)	OCT	Associated with the vertical extension in the outer nuclear layer (ONL), predictive of disease conversion.
Subretinal Fluid (SRF)	OCT	Indicates active CNV; quantified for monitoring treatment response.
Retinal Pigment Epithelium (RPE)	OCT	Biomarkers around RPE regions differentiate progressors from non-progressors.

4. Conclusions

The combination of deep learning technology and optical coherence tomography (OCT) imaging analysis presents significant opportunities for advancing AMD patient care. This integrated approach enables early detection of neovascular AMD conversion, facilitating timely specialist referrals and prompt initiation of anti-VEGF therapy. Such proactive intervention helps prevent permanent vision loss while enhancing visual outcomes and patient quality of life. Furthermore, deep learning models (DL) can analyze imaging biomarkers to generate accurate functional prognoses, allowing healthcare providers to develop optimized patient visit schedules. This data-driven approach leads to more efficient resource allocation and improved treatment efficacy, ultimately advancing the standard of care in ophthalmology.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Uday Pratap Singh Parmar, Pier Luigi Surico, Rohan Bir Singh, Francesco Romano, Carlo Salati, Leopoldo Spadea, Mutali Musa, Caterina Gagliano, Tommaso Mori, Marco Zeppieri. (2024). Artificial Intelligence (AI) for Early Diagnosis of Retinal Diseases. *Medicina (Kaunas)*. Apr., 60(4): 527. Published online 2024 Mar 23. doi: 10.3390/medicina60040527
2. Kathleen Romond, Minhaj Alam, Sasha Kravets, Luis de Sisternes, Theodore Leng, Jennifer I Lim, Daniel Rubin, Joelle A Hallak. (2021). Imaging and artificial intelligence for progression of age-related macular degeneration. *Exp Biol Med (Maywood)*. Oct., 246(20): 2159–2169. Published online 2021 Aug 18. doi: 10.1177/15353702211031547
3. George Adrian G., Muntean, Anca Marginean, Adrian Groza, Ioana Damian, Sara Alexia Roman, Mădălina Claudia Hapca, Maximilian Vlad Muntean, Simona Delia Nicoară. (2023). The Predictive Capabilities of Artificial Intelligence-Based OCT Analysis for Age-Related Macular Degeneration Progression—A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. Jul., 13(14): 2464. Published online 2023 Jul 24. doi: 10.3390/diagnostics13142464
4. Mares V., Nehemy M.B., Bogunovic H., Frank S., Reiter Gr.S., Schmidt-Erfurth U. (2024). AI-based support for optical coherence tomography in age-related macular degeneration. *International J. of Retina and Vitreous* volume 10, Article number: 31
5. Blindness and vision impairment. (2023) Internet resource: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (27.11.24)

6. Burlina P.M., Joshi N., Pekala M., et al. (2017). Automated grading of age-related macular degeneration from color fundus images using deep convolutional neural networks. *JAMA Ophthalmol.* Nov. 1, 135(11):1170–1176.
7. Yan Q., Weeks D.E., Xin H., et al. (2020). Deep-learning-based prediction of late age-related macular degeneration progression. *Nat Mach Intell.* Feb., 2(2):141–150.
8. Kermany D.S., Goldbaum M., Cai W., et al. (2018). Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. *Cell.* Feb. 22, 172(5):1122–1131.
9. Schlegl T., Waldstein S.M., Bogunovic H., et al. (2018). Fully automated detection and quantification of macular fluid in OCT using deep learning. *Ophthalmology.* Apr., 125(4):549–558
10. Schmidt-Erfurth U., Vogl W.D., Jampol L.M., et al. (2020). Application of automated quantification of fluid volumes to anti-VEGF therapy of neovascular age-related macular degeneration. *Ophthalmology.* Sep., 127(9):1211–1219
11. Yan Y, Jin K, Gao Z, et al. (2021). Attention-based deep learning system for automated diagnoses of age-related macular degeneration in optical coherence tomography images. *Med Phys.* Sep., 48(9):4926–4934
12. Schmidt-Erfurth U., Waldstein S.M., Klmscha S., Sadeghipour A., Hu X., Gerendas B.S., Osborne A., Bogunovic H. (2018). Prediction of Individual Disease Conversion in Early AMD Using Artificial Intelligence. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 59, 3199–3208.
13. Liefers B., Taylor P., Alsaedi A., et al. (2021). Quantification of key retinal features in early and late age-related macular degeneration using deep learning. *Am J Ophthalmol.* 226: 1–12.
14. Russakoff D.B., Lamin A., Oakley J.D., Dubis A.M., Sivaprasad S. (2019). Deep Learning for Prediction of AMD Progression: A Pilot Study. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 60, 712–722.
15. Banerjee I., De Sisternes L., Hallak J.A., Leng T., Osborne A., Rosenfeld P.J., Gregori G., Durbin M., Rubin D. (2020). Prediction of age-related macular degeneration disease using a sequential deep learning approach on longitudinal SD-OCT imaging biomarkers. *Sci. Rep.*, 10, 15434
16. Yim J, Chopra R., Spitz T., Winkens J., Obika A., Kelly C., Askham H., Lukic M., Huemer J., Fasler K. et al. (2020). Predicting conversion to wet age-related macular degeneration using deep learning. *Nat. Med.* 2, 892–899.
17. Phadikar P., Saxena S., Ruia S., Lai T.Y., Meyer C.H., Elliott D. (2017). The potential of spectral domain optical coherence tomography imaging based retinal biomarkers. *Int. J. Retin. Vit.* 3, 1.
18. Kai Jin, Juan Ye. (2022). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology: Current status and future perspectives. *Advances in Ophthalmology Practice and Research* 2, 100078

(Received 5.12.2024)

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ნეოვასკულარული ასაკთან დაკავშირებული მაკულარული დეგენერაციის პროგრესის მონიტორინგისთვის

ორინე გოცირიძე, მარიამ სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

i.gotsiridze@gtu.ge, mariam.surguladze25@gmail.com

რეზიუმე

ასაკთან დაკავშირებული მაკულარული დეგენერაცია (AMD) წარმოადგენს მნიშვნელოვან გლობალურ ჯანმრთელობის გამოწვევას, განსაკუთრებით მისი ნეოვასკულარული ფორმის (nAMD) სახით. nAMD-ის არსებული მონიტორინგის მეთოდები ხშირად ეყრდნობა სუბიექტურ ინტერპრეტაციას და პაციენტების ხშირ ვიზიტებს კლინიკებში, რაც წარმოადგენს დაავადების ეფექტური მართვის გამოწვევას. ოპტიკურ კოჰერენტული ტომოგრაფიის (OCT) სურათები

მნიშვნელოვან როლს ასრულებს nAMD-ის აქტიურობის შეფასებასა და მართვაში. ოფთალმოლოგები აფასებენ იმ საათების რაოდენობას, რომლებსაც ისინი უთმობენ OCT მონაცემების ანალიზს, დაავადების აქტიურობის მარკერების შესაფასებლად, როგორცაა სითხის არსებობა, ბადურის სისქე ან ატროფია და შესაბამისად, დიდ კლინიკებში, თითო პაციენტის ერთზე მეტი სურათის ინტერპრეტაციის შემთხვევაში, სჭირდებათ უფრო მეტი დრო. კერძოდ, OCT გამოსახულების ინტერპრეტაცია მოიცავს კლინიციის ცოდნასა და განსაკუთრებით წინა გამოცდილებას. სითხის არსებობის, ბადურის სისქის თუ მისი სტრუქტურული ვარიაციების უმცირესი ცვლილებების შემჩნევა მოითხოვს განსაკუთრებულ ყურადღებას. სუბიექტურ შეფასებებზე მეტისმეტად დამოკიდებულებამ, შეიძლება გამოიწვიოს არასაჭირო მკურნალობა ან გამოტოვებულ იქნეს პაციენტის შედეგების ოპტიმიზაციის შესაძლებლობები. ხელოვნური ინტელექტისა და უახლესი მანქანური სწავლების ალგორითმების ინტეგრაციით OCT-სთან და კლინიკურ მონაცემებთან, სისტემა შეძლებს დაავადების პროგრესირების შესახებ შედარებით ზუსტ, ავტომატიზებულ ხედვას. ამ დიაგნოსტიკურმა მიდგომამ შეიძლება გააუმჯობესოს უმცირესი ქსოვილოვანი ცვლილებების ადრეული გამოვლენა, მათი გაზომვა და შედარება წინა გამოსახულებებთან, მოახდინოს სამკურნალო სტრატეგიების ოპტიმიზაცია, შეამციროს დატვირთვა ჯანდაცვის სისტემებზე და საბოლოო ჯამში, გააუმჯობესოს პაციენტის მკურნალობის შედეგები და ცხოვრების ხარისხი.

(სტატია მიღებულია 5.12.2024)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОГРЕССА НЕОВАСКУЛЯРНОЙ ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

Гоциридзе И., Сургуладзе М.

Грузинский Технический Университет

i.gotsiridze@gtu.ge, mariam.surguladze25@gmail.com

Резюме

Возрастная макулярная дегенерация (AMD) представляет собой значительную глобальную проблему здравоохранения, особенно в ее неоваскулярной форме (nAMD). Текущие методы мониторинга nAMD часто опираются на субъективную интерпретацию и частые клинические визиты, что представляет сложности для эффективного управления. Визуализация с помощью оптической когерентной томографии (ОСТ) играет важную роль в оценке и ведении активности заболевания nAMD. Офтальмологи оценивают количество часов, которые они уделяют анализу данных ОСТ для маркеров активности заболевания, таких как жидкость, толщина или атрофия, и соответствующее увеличение времени происходит при интерпретации более одного снимка на пациента в загруженных клиниках. В частности, интерпретация изображений ОСТ включает использование знаний клинициста и особенно его предыдущего опыта. Распознавание тонких изменений в присутствии жидкости, вариаций толщины или структурных изменений требует тщательного внимания. Чрезмерная опора на субъективные оценки может привести к ненужным лечением или упущенным возможностям для оптимизации результатов лечения пациентов. Интегрируя искусственный интеллект и передовые алгоритмы машинного обучения с визуализацией оптической когерентной томографии (ОСТ) и клиническими данными, система может стремиться предоставить точные, автоматизированные видения о прогрессировании заболевания. Этот подход в диагностике может улучшить раннее выявление тонких изменений сетчатки, обеспечить измерение и сравнение с предыдущими изображениями, оптимизировать стратегии лечения, уменьшить нагрузку на системы здравоохранения и, в конечном счете, улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов.

(Поступила 5.12.2024)

მთავრობის მიერ გამოყენებული მომსახურებების ევოლუცია

თორნიკე ჩაკვეტაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
tchakvetadze3@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია მთავრობის მომსახურების ტრანსფორმაცია ტრადიციული, არაეფექტური და ქალაქის სისტემებიდან ხელოვნური ინტელექტით (AI) მართული, გამარტივებული და მოქალაქეზე ორიენტირებული გადაწყვეტილებებისკენ. ნაშრომში წარმოდგენილია წარსულის გამოწვევები, AI-ის თანამედროვე მიღწევები და საჯარო მომსახურების პერსპექტივები, რომლებიც იქნება ჰიპერპერსონალიზებული, ხელმისაწვდომი და მონაცემებზე დაფუძნებული. ასევე აჩვენებს გზას, როგორ უნდა გადავლახოთ ამგვარი ტრანსფორმაციის თანმხლები ეთიკური და ლოგისტიკური დაბრკოლებები.

საკვანძო სიტყვები: სამთავრობო მომსახურება. ხელოვნური ინტელექტი. სისტემა.

1. მომსახურება AI-მდე: ტრადიციული მომსახურებები

მთავრობა ყოველთვის მნიშვნელოვან როლს ასრულებდა საზოგადოებაში, უზრუნველყოფდა აუცილებელ ფუნქციებს, როგორცაა ჯანდაცვა, გადასახადების შეგროვება, საზოგადოებრივი უსაფრთხოება, განათლება და ინფრასტრუქტურის განვითარება. თუმცა, ამ მომსახურებების მიწოდება ხშირად ხასიათდებოდა როგორც არაეფექტური, ბიუროკრატიული და დროში გაწელილი, რაც მიუღებელია მათი გადაუდებლობისა და მნიშვნელობის გამო.

ისტორიულად, მთავრობის პროცესების დიდი ნაწილის განსახორციელებლად საჭირო იყო ბევრი მანუალური ჩარევა. იქნებოდა ეს გადასახადების გადახდა, მართვის მოწმობის გაცემა თუ ბიზნესის რეგისტრაცია. უმეტესობა იმ აქტივობებისა, რაც მოქალაქის ჩართულობას გულისხმობდა, მოითხოვდა ამ ადამიანების მიერ, ფიზიკურად მისვლას შესაბამისი სერვისის მიმწოდებელ დაწესებულებაში, ვრცელი ქალაქის ფორმებით. დამატებით ხდებოდა ხელით დამუშავება, რაც ნიშნავდა გრძელ რიგებს, მრავალი კვირის დამუშავების დროს და ადამიანური შეცდომების მაღალ ალბათობას.

სამინისტროების დეპარტამენტები დამოუკიდებლად ფუნქციონირებდა, მათ შორის კომუნიკაციას, მონაცემების გაზიარების მიზნით, ყურადღება თითქმის არ ექცეოდა. მაგალითად, ერთი დეპარტამენტიდან მისამართის განახლება არ ნიშნავდა ავტომატურად ჩანაწერების ცვლილებას სხვა დეპარტამენტში. მრავალი შემთხვევა იყო, როდესაც მოქალაქეები სხვადასხვა დაწესებულებებში ერთსადიამავე პროცესს გადიოდნენ მომსახურების მიღების მიზნით.

რეგიონებში, სადაც ხალხი შორს ცხოვრობს, შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე პირები, ან ისინი, ვინც ვერ შეძლო სამუშაოდან დროებით განთავისუფლება, ვერ ისარგებლებდნენ ამ მომსახურებებით. სახელმწიფო ოფისებში აქვთ განსაზღვრული სამუშაო საათები, რაც კიდევ უფრო ამცირებს წვდომას და სწორედ ეს წვდომის ნაკლებობა იყო ძირითადი მიზეზი იმ უკმაყოფილების და გაღიზიანების, რაც მომხმარებლებს ჰქონდათ.

ზოგადად, მომსახურებები, განსაკუთრებით კი სახელმწიფო მომსახურებები, ხშირად ჩამორჩება ახალი ფუნქციების ინტეგრაციის პროცესს. ისინი შექმნილია მასებისთვის, ინდივიდუალური მოქალაქეების ინტერესების გათვალისწინების გარეშე. ურთიერთობები იყო ზოგადი ხასიათის და არ არსებობდა მექანიზმი, რომელიც მათ კონკრეტულ გარემოებებზე მორგებას შესაძლებელს გახდიდა.

დიდი რაოდენობის საბუთები, ფიზიკური ინფრასტრუქტურის საჭიროება და დავალებების შესასრულებლად საჭირო თანამშრომლების რაოდენობა, მომსახურების მიწოდების ღირებულებას საკმაოდ მაღალს ხდის. ეს კი ზღუდავდა მომსახურებათა გაფართოებასა და სრულყოფას ბიუჯეტის ზრდისა და რესურსების გარეშე. შესაბამისად ღირებულება გახდა შემზღვეველი ფაქტორი სახელმწიფო მომსახურებებისთვის, რაც დამატებით მათ სტაციონარულს და ცვლილებებისა და განახლებების მიმართ ხისტად აქცევდა.

3. მთავრობის მომსახურების ტრანსფორმაცია

ხელოვნური ინტელექტის (AI) დაბადებამ სრულიად შეცვალა მომსახურების მიწოდების ასპექტი და, უფრო მეტიც, მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა სამთავრობო მომსახურებები. AI-ის მიერ მომსახურებაში შემოტანილმა ეფექტურობამ, ხელმისაწვდომობამ და პერსონალიზაციამ შესაძლებელი გახადა AI რევოლუცია.

➤ *ავტომატიზაცია და ეფექტურობა:* AI-მა ავტომატიზაცია გაუკეთა ბევრ ტრივიალურ ამოცანას, მაგალითად, ფორმების დამუშავება, მონაცემთა შეტანა და დოკუმენტების გადამოწმება. ზოგადად ინფორმაციის დამუშავების დრო მნიშვნელოვნად შემცირდა; ზოგიერთ შემთხვევაში ეს მოქალაქეებს საშუალებას აძლევს, მიიღონ მომსახურება დაუყოვნებლივ. AI-მა შესაძლოა გააანალიზოს და დაამტკიცოს საგადასახადო დეკლარაციები რეალურ დროში, რაც აღარ საჭიროებს ხელით გადახედვას;

➤ *ერთიანი პლატფორმები:* ახლა მთავრობები ქმნიან ინტეგრირებულ ციფრულ პლატფორმებს, სადაც მომსახურებები კონსოლიდირებულია. AI არის ამ ინტეგრირებული პლატფორმების საფუძველი, სადაც მონაცემები უწყვეტად გაიცვლება დეპარტამენტებს შორის. მოქალაქემ შეიძლება განაახლოს ინფორმაცია ერთხელ და AI უზრუნველყოფს, რომ შესაბამისი დეპარტამენტებმა მიიღონ შეტყობინება;

➤ *24/7 ხელმისაწვდომობა:* AI-ზე დაფუძნებული ჩეთბოტები და ვირტუალური ასისტენტები შეძლებს მომსახურების მიწოდებას ნებისმიერ დროს და ნებისმიერ ადგილას. ასეთი საშუალებებით მათ შეუძლია უპასუხოს შეკითხვებს, აღუწეროს მომხმარებლებს პროცესები და დაასრულოს ტრანზაქციებიც კი. მომსახურებები გახადა უფრო ხელმისაწვდომი მომხმარებლებისთვის, მათი ადგილმდებარეობისა და განრიგის მიუხედავად;

➤ *პერსონალიზაცია:* AI ალგორითმები აანალიზებს ინფორმაციას, რათა გააკეთოს პერსონალიზებული რეკომენდაციები მომსახურებისთვის. მაგალითად, AI სისტემა შეძლებს რეკომენდაცია გაუწიოს მოქალაქეს მის არეალში შესაბამისი მომსახურების შესახებ. ამ დონის პერსონალიზაცია უზრუნველყოფს, რომ მოქალაქეებმა მიიღონ შესაბამისი და დროული მხარდაჭერა;

➤ *გაუმჯობესებული გადაწყვეტილების მიღება:* მთავრობები იყენებენ AI-ს დიდ მონაცემთა ბაზებს ანალიზისათვის, რათა უკეთ გაიგონ საზოგადოების საჭიროებები. მაგალითად,

პროგნოზული ანალიტიკა ადგენს არეალებს, რომლებიც მიდრეკილია ბუნებრივი უბედურებებისკენ, რაც ხელს უწყობს მოქალაქეების დასაცავად წინასწარი ზომების მიღებას. არანაკლებ მნიშვნელოვანია, რომ AI-ს შეუძლია გადასახადების თაღლითობისა და საზოგადოებრივი თანხების სხვა არამიზნობრივი გამოყენების ანალიზი;

➤ *გაზრდილი ინკლუზიურობა:* AI-მ შეავსო მომსახურების ნაკლოვანებები სხვადასხვა შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე ადამიანებისთვის ხმოვანი ბრძანებების, ეკრანის წამკითხავი მოწყობილობების და სხვა დამხმარე ტექნოლოგიების მეშვეობით. თუნდაც ადამიანები იზოლირებული რეგიონებიდან ახლა სარგებლობენ AI-ზე დაფუძნებული მობილური აპლიკაციების ფუნქციონალებით, რაც აღარ საჭიროებს ოფისების ფიზიკურად მოძიებას;

➤ *ხარჯ-ეფექტური გადაწყვეტილებები:* ადამიანური შრომის შემცირებისა და პროცესების გაუმჯობესების გზით, AI-მ მნიშვნელოვნად შეამცირა მომსახურების მიწოდების ხარჯები. ახლა მთავრობები უფრო ეფექტურად ანაწილებენ რესურსებს, რადგან ფოკუსირდებიან იმ სფეროებზე, რომლებიც საჭიროებს ადამიანურ ჩარევას, მაგალითად, პოლიტიკის შემუშავება და კრიზისული მართვა [1].

4. ხელოვნური ინტელექტის მომავალი სახელმწიფო სერვისებში

ხელოვნური ინტელექტის განვითარების ტრეკტორია განსაზღვრავს სახელმწიფოს სერვისების მომავალს, რაც ამჟამინდელი პროგნოზებით საკმაოდ მრავალფეროვანი და პროგრესულია. მომსახურების ახლანდელი მიწოდების გაუმჯობესების მცდელობაში, სახელმწიფო ასევე მოიხმარს მანქანური სწავლების, ბუნებრივი ენის დამუშავების, ბლოკჩეინის და მრავალ სხვა ტექნოლოგიას.

➤ *ჰიპერპერსონალიზაცია:* ხელოვნური ინტელექტის საშუალებით, სახელმწიფოს შეუძლია ჰიპერპერსონალიზებული სერვისების მიწოდება პრეფერენციების, ქცევის და რეალურ დროში მონაცემების საფუძველზე. AI-მ შესაძლოა განსაზღვროს გარკვეული ასპექტები, მოთხოვნები და მომართვიანობის სიხშირე დროის ამპლიტუდა, როდესაც მოქალაქეების მოთხოვნები განსაკუთრებით მაღალია, რაც კიდევ უფრო გაამარტივებს ურთიერთქმედებას [2];

➤ *პროგნოზული მმართველობა:* AI ასევე იმუშავებს როგორც დიდი პროგნოზიორი იმ ტენდენციების, რომლებსაც საზოგადოებები გადიან, მათ შორის კრიზისების, რომლებიც შეიძლება წარმოიშვას. პროგნოზული ანალიტიკის საშუალებით, სახელმწიფოები უკეთესად არიან მომზადებულნი პანდემიების, ეკონომიკური რეცესიების ან გარემოს ცვლილებების გამოწვევების დასახვედრად [2];

➤ *ჭკვიანი ქალაქები:* AI გააგრძელებს ჭკვიანი ქალაქების შექმნას, სადაც ერთმანეთთან დაკავშირებული სისტემები, რომლებიც მართულია ხელოვნური ინტელექტით, უფრო ეფექტურად მართავენ ტრანსპორტს, ენერჯიას, ნარჩენებს და საზოგადოებრივ უსაფრთხოებას. ცხოვრების ხარისხი გაუმჯობესდება მდგრადობასთან ერთად [3];

➤ *უნივერსალური წვდომა:* ხელოვნური ინტელექტი გააგრძელებს ციფრული სხვაობის აღმოფხვრას, რათა გეოგრაფიული თუ სოციო-ეკონომიკური მდგომარეობის მიუხედავად ყველა მოქალაქეს თანაბრად შეეძლოს მიიღოს სახელმწიფო მომსახურება [4];

5. გამოწვევები

დიდი პოტენციალის მიუხედავად, არსებობს გამოწვევები, რომლებსაც მთავრობები უნდა გაუმკლავდნენ, რათა ხელოვნური ინტელექტი შეუფერხებლად იყოს ინტეგრირებული:

➤ *მონაცემთა კონფიდენციალურობა და უსაფრთხოება*: სადაც პირადი მონაცემების მოგროვებისა და ანალიზის პროცესში მრავალი კითხვა წარმოიქმნება კონფიდენციალურობის შესახებ. მთავრობებმა უნდა დააწესონ მტკიცე კანონები მონაცემთა დაცვის შესახებ და უზრუნველყონ მონაცემების გამოყენების გამჭვირვალობა [5];

➤ *მიკერძოებულობა და სამართლიანობა*: ხელოვნური ინტელექტის სისტემები რისკავს იმ მიკერძოებულობის შექმნას, რომლებიც შესაძლოა არსებობდნენ მათი სწავლების მონაცემებში. ამ მიზნით, მთავრობებმა უნდა მოახდინონ ინვესტიცია ეთიკურ ხელოვნურ ინტელექტში, რომელიც უზრუნველყოფს სამართლიანობას და ინკლუზიურობას [5];

➤ *ციფრული იზოლაცია*: მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ინტელექტი ზრდის ხელმისაწვდომობას, კვლავ არსებობს შანსი, რომ უგულებელყოფილ აღმოჩნდნენ ისინი, ვისაც არ აქვს ინტერნეტთან წვდომა ან ვისაც აკლია ციფრული განათლება. ძალისხმევა უნდა იყოს მიმართული განათლებასა და ინფრასტრუქტურაზე, რომლებიც ამ იზოლაციას ხსნის [6];

➤ *ეთიკური ფაქტორები*: ხელოვნური ინტელექტი გადაწყვეტილების მიღების სფეროებში უნდა რეგულირდებოდეს ეთიკური ჩარჩოთი, რათა თავიდან ავიცილოთ არასწორი გამოყენება, განსაკუთრებით ისეთ მგრძობიარე სფეროებში, როგორცაა სამართლებრივი აღსრულება და ჯანმრთელობის სექტორები [5];

➤ *სამუშაოების ჩანაცვლება*: ავტომატიზაცია ნამდვილად ჩანაცვლებს სამუშაო ადგილებს გარკვეულ სექტორებში. ამიტომ, ეს მოითხოვს უფრო დიდ ყურადღებას მუშების გადამზადებაზე ან ახალ სამუშაოებთან შესაბამისობაზე, რაც მთავრობებს სჭირდება [6].

6. დასკვნა

ეჭვი არ არის, რომ ხელოვნურმა ინტელექტმა გააუმჯობესა მთავრობის მომსახურების ხარისხი და სისწრაფე. პროცესების ავტომატიზაციით, ხელმისაწვდომობის გაზრდით და მონაცემებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებების წახალისებით. იგი გახდა გარდამტეხი ფაქტორი მოქალაქე-სახელმწიფოს ურთიერთობის გაუმჯობესებაში. თუმცა, იმისათვის, რომ ხელოვნური ინტელექტის სარგებელი ყველა მოქალაქისთვის თანასწორად განაწილდეს, გათვალისწინებული უნდა იყოს მონაცემთა კონფიდენციალურობა, სამართლიანობა და ციფრული იზოლაცია. მთავრობების ხელოვნური ინტელექტის მიმართულებით მოძრაობა, მოითხოვს ისეთი სისტემების შექმნაზე ყურადღების გამახვილებას, რომლებიც ეფექტური, ეთიკური და ინკლუზიური იქნება. თუ ეს სწორად განხორციელდება, ხელოვნური ინტელექტი შეიძლება იყოს რევოლუციური საჯარო მომსახურების სახის ცვლილებაში და მოქალაქეების ცხოვრებას უფრო მარტივს და პრაქტიკულს გახდის.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Estonia's Digital Government and AI. We have built a digital society and we can show you how. <https://e-estonia.com> (10.11.24)
2. AI in the UK's NHS. National Health Service. <https://www.nhs.uk> (10.11.24)
3. AI in Public Safety. European Commission AI Watch. <https://ec.europa.eu> (20.11.24)
4. Smart Cities and AI. Smart Cities World. <https://www.smartcitiesworld.net> (22.11.24)
5. Data Privacy and Ethics. Future of Privacy Forum. <https://fpf.org> (25.11.24)
6. Digital Divide and Accessibility. World Bank Digital Development <https://www.worldbank.org> (1.12.24)

7. Job Displacement and Reskilling. World Economic Forum. <https://www.weforum.org>
(3.11.24)

(სტატია მიღებულია 15.12.2024)

EVOLUTION OF SERVICES USED BY THE GOVERNMENT

Chakvetadze Tornike

Georgian Technical University
Tchakvetadze3@gmail.com

Summary

The paper discusses the transformation of governmental services from traditional, ineffective, and paper-based systems to AI-driven, streamlined, and citizen-centric solutions. This paper throws light on the challenges of the past, AI-driven advancements in present times, and a bright future for public services that would be hyper-personalized, accessible, and data-driven. It also shows a way to overcome the ethical and logistical obstacles accompanying such a transformation.

(Received 15.12.2024)

ЭВОЛЮЦИЯ УСЛУГ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРАВИТЕЛЬСТВОМ

Чакветадзе Т.

Грузинский Технический Университет
Tchakvetadze3@gmail.com

Резюме

Рассматриваются вопросы трансформации государственных услуг из традиционных, неэффективных и бумажных систем в оптимизированные и ориентированные на граждан решения, на основе искусственного интеллекта (ИИ). В статье обсуждаются прошлые проблемы, современные достижения ИИ и перспективы государственных услуг, которые будут гиперперсонализированными, доступными и основанными на данных. А также показывается, как преодолеть этические и логистические препятствия, сопутствующие такой трансформации.

(Поступила 15.12.2024)

საგანმანათლებლო საინფორმაციო სისტემის დეველოპმენტის პროცესების სრულყოფა ITIL/Agile მეთოდოლოგიების და Jira-ტექნოლოგიის ინტეგრაციით

ოთარ მაჩალაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

otomachaladze@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია საგანმანათლებლო დაწესებულებათა მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემების აგების საკითხები თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების ბაზაზე. კერძოდ, ITIL და Agile მეთოდოლოგიების და Jira ტექნოლოგიის ინტეგრაციის საფუძველზე, რაც მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს IT პროცესების ოპტიმიზაციას. წარმოდგენილია შესაბამისი ბიზნესპროცესების გამარტივების, შეფასების, პროდუქტიულობის ამაღლების და თანამშრომლობის ხელშეწყობის ასპექტები.

საკვანძო სიტყვები: საგანმანათლებლო დაწესებულება. საინფორმაციო სისტემა. ICT სფერო. პროგრამული დეველოპმენტი. ITIL. Agile მეთოდოლოგია. Jira ტექნოლოგია.

1. შესავალი

საგანმანათლებლო დაწესებულებათა ეფექტიანი ფუნქციონირება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ICT სფეროს უახლესი მიღწევების დანერგვასა და ახალი თაობის კადრების მომზადებაზე. დღეისათვის სკოლები, უნივერსიტეტები და სხვა სასწავლო ცენტრები მუდმივად დგება ორგანიზაციული და ტექნოლოგიური გამოწვევების წინაშე, რომელთა გადაჭრა მეტწილად დამოკიდებულია თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების ინტეგრაციაზე. ამ კონტექსტში, Atlassian Corporation-ის Jira ტექნოლოგია განსაკუთრებულ როლს ასრულებს როგორც პროექტების მართვის, ასევე სერვის მენეჯმენტის პრობლემების მოგვარებასა და შესაბამისი მეთოდოლოგიური ბაზის სრულყოფაში [1].

სერვის მენეჯმენტის კონტექსტში ITIL (IT Infrastructure Library) სტანდარტების გამოყენება განსაკუთრებული მნიშვნელობის მატარებელია. მისი მთავარი მიზანია სერვისების ხარისხიანი მიწოდება, რომელიც აკმაყოფილებს მომხმარებელთა მოლოდინებს. სტატიაში განვიხილავთ, თუ როგორ შეუძლია საგანმანათლებლო დაწესებულებებს ITIL მეთოდოლოგიის პრინციპებისა და Jira ინსტრუმენტის ინტეგრაციის მეშვეობით შესაბამისი ბიზნესპროცესების გამარტივება, პროდუქტიულობის ამაღლება და თანამშრომლობის ხელშეწყობა.

კვლევები აჩვენებს, რომ Jira ტექნოლოგია, რომელიც თავდაპირველად პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების სფეროში გამოიყენებოდა, საგანმანათლებლო სექტორში მრავალი პრაქტიკული გამოყენების პოტენციალს ფლობს. მისი ძირითადი უპირატესობები მოიცავს:

პროცესების ოპტიმიზაციას და სერვის მენეჯმენტის გაუმჯობესებას ITIL სტანდარტების შესაბამისად; ადმინისტრაციული პროცესების ავტომატიზაციას და დროის ეკონომიას; პროექტების მართვისა და მონიტორინგის ეფექტურობას, რაც იძლევა პრობლემების სწრაფი იდენტიფიკაციისა და გამოსწორების შესაძლებლობას; პლატფორმების და სერვისების ინტეგრაციის შესაძლებლობას.

2. კვლევის მეთოდები და მიდგომები

მეთოდოლოგია არის კვლევის პროცესის მნიშვნელოვანი ასპექტი, რადგანაც იგი განსაზღვრავს კვლევის წარმატებას, სიზუსტეს და სანდოობას. აღნიშნული კვლევის ფარგლებში შერჩეულია *შერეული მეთოდების* მიდგომა (Mixed Methods), რომელიც აერთიანებს როგორც რაოდენობრივ, ისე ხარისხობრივ კვლევის ტექნიკებს. ეს მიდგომა უზრუნველყოფს მრავალმხრივ შეფასებას და იძლევა შესაძლებლობას, კვლევის საკითხები განიხილოს როგორც დეტალურ, ასევე ფართო კონტექსტში. საინფორმაციო სისტემების პროგრამული აპლიკაციის შექმნის პროცესისთვის შესაძლებელია სპირალური და/ან ობიექტ-ორიენტირებული სასიცოცხლო ციკლების პრინციპების გამოყენება [2].

➤ Jira ტექნოლოგიის გამოყენება IT პროცესებზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს. კერძოდ, *ოპტიმიზაციის* თვალსაზრისით, IT პროცესების მართვა გახდა უფრო სტრუქტურირებული და პროგნოზირებადი, რამაც შეამცირა პრობლემების მოგვარების დრო. სრულყოფილი გახდა კომუნიკაცია IT და სხვა განყოფილებებს შორის. კომუნიკაციის ხარისხის გაუმჯობესება შესაძლებელი გახდა საერთო პლატფორმის გამოყენებით, როგორცაა Jira Service Management. ამან გუნდებს შორის კოორდინაციის დონე მნიშვნელოვნად აამაღლა.

საბოლოო ჯამში, Jira ტექნოლოგიის გამოყენებამ სასწავლო დაწესებულებებში საგრძნობლად გაზარდა მომხმარებელთა (IT პერსონალი, სტუდენტები და პედაგოგები) კმაყოფილების დონე. კონკრეტული შედეგები მიღებულ იქნა მათი გამოკითხვის შედეგად.

გამოიკვეთა აგრეთვე ის პრობლემებიც, რომლებიც თან ახლდა ასეთ პროცესებს. მაგალითად, *ინტეგრაციის სირთულე* (Jira-სა და IT ინფრასტრუქტურას შორის), *პერსონალის ტრენინგი* (ახალი დანერგილი სისტემის ასათვისებლად), *კონფიგურაციის სირთულე* და ა.შ.

➤ ITIL არის IT სერვისების მართვის საუკეთესო პრაქტიკის ნაკრები (ITSM), რომელიც ეხმარება ორგანიზაციებს მაღალი ხარისხის IT სერვისების მიწოდებაში. იგი უზრუნველყოფს ბიბლიოთეკას ასეთი სერვისების მართვით, ფოკუსირებულია ამ სერვისების ბიზნესის მოთხოვნილებებთან შესაბამისობაში მოყვანაზე, ეფექტურობის გაუმჯობესებაზე და მომხმარებელთა კმაყოფილების ამაღლებაზე [3,4]. Jira ტექნოლოგიის ადაპტაციით ITIL-თან წყდება შემდეგი მნიშვნელოვანი საკითხები:

- *განხორციელების სტრატეგია* – მიმდინარე პროცესების დეტალური შეფასება და კონკრეტული სფეროების სრულყოფის განსაზღვრა; დეტალური განხორციელების პროცესების დაგეგმვა (ვადები, რესურსები და პასუხისმგებლობები); ცვლილებების განხორციელება ფაზებში;

- *ცვლილების მენეჯმენტი* – დაინტერესებული მხარეების ჩართვა პროცესის დასაწყისში და ინფორმირება ITIL-ის მიღების უპირატესობებზე; მხარდაჭერის და რესურსების უზრუნველყოფა, პერსონალის შეგუების დასახმარებლად ახალ პროცესებთან; პროგრესზე თვალყურის დევნება და ნებისმიერი პრობლემის დაუყოვნებლივ მოგვარება;

- *უწყვეტი გაუმჯობესება* – პროცესების და შესრულების მეტრიკის რეგულარული მონიტორინგით უწყვეტი გაუმჯობესების კულტურის ჩამოყალიბება; მომხმარებელთა და დაინტერესებული მხარეებისგან უკუკავშირის მიღება და გამოყენება, მუდმივი სრულყოფის განხორციელების მიზნით; შემთხვევების შესწავლა და მაგალითების ანალიზი.

➤ Agile მეთოდოლოგიის მთავარი მიზანი პროგრამული პროექტების შექმნისას არის მოქნილობა, ადაპტირება, სისწრაფე და დამკვეთებზე ორიენტაცია. Jira ტექნოლოგია ხელს უწყობს Agile მეთოდებს, როგორცაა Scrum და Kanban, რაც მას მძლავრ ინსტრუმენტად აქცევს

კომპლექსურ პროექტებზე მომუშავე გუნდებისთვის, განსაკუთრებით პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების (დეველოპმენტის) ინდუსტრიაში. დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია სწორედ Agile Software Development და Agile Testing მიმართულებები [5].

Jira ტექნოლოგიის როლი Agile პროექტებში შეიძლება ასე დავახასიათოთ:

- რეალურ დროში თანამშრომლობა (Real-time collaboration): Jira-სთან ერთად გუნდებს შეუძლიათ რეალურ დროში დაუკავშირდნენ, პასუხისმგებლობა მიანიჭონ და აკონტროლონ ამოცანები;
- იტერაციული სამუშაო ნაკადები (Iterative workflows): დავალებების ინიცირება შესაძლებელია ფიქსირებული სპრინტების მეშვეობით ან განგრძობითად, გამოყენებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე (Scrum ან Kanban);
- ბეჭდვის მართვა და პრიორიტეტიზაცია (Backlog management and prioritization): ბეჭდვაში საკითხების დაპრიორიტეტიზება, რათა უპირველეს ყოვლისა, ყველაზე კრიტიკული ამოცანები შესრულდეს.

Jira-ს შესაძლებლობა, მხარი დაუჭიროს Agile პრაქტიკებს, არის ის, რის გამოც იგი გახდა პროექტების მართვის ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული ინსტრუმენტი პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარების გუნდებისთვის გლობალურად [6].

3. დასკვნა

ინფორმაციული ტექნოლოგიების სერვისების მართვის (ITSM) სფეროში ეფექტიანობის სრულყოფა მოითხოვს არა მხოლოდ საერთაშორისო სტანდარტების გამოყენებას, არამედ მათ ადაპტაციას კონკრეტული ორგანიზაციის საჭიროებებსა და ლოკალურ რეალობაზე. ნაშრომის ინოვაციური ხასიათი მდგომარეობს ITIL-ის საუკეთესო პრაქტიკების ადაპტაციასა და ახალი მიდგომების შემოთავაზებაში, რომლებიც უზრუნველყოფს IT სერვისების ეფექტიანობის ზრდას. კვლევის მნიშვნელობა ორიენტირებულია მონაცემებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებების მიღებაზე, პროცესების სტანდარტიზაციასა და ავტომატიზაციაზე. წარმოდგენილი კონცეფცია და მოდელი ეყრდნობა რეალური მონაცემების ანალიზს, პროცესების ოპტიმიზაციას ITIL-ის პრინციპების დახმარებით და Agile მიდგომის ინტეგრაციას Jira-ს გამოყენებით.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Machaladze O., Surguladze G. (2022). IT Infrastructure Management for Educational Institutions. Transact. of GTU „Automated Control Systems“, No1(33), vol.2, Tbilisi, pp.113-117. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
2. Surguladze G., Papavadze S., Machaladze O. (2023). Information Society and Didactics of Informatics. ISBN 978-9941-8-5443-9. Monograph. GTU. „IT-Consulting Scientific Center“, Tbilisai, 260 p., (in Georgian)
3. Surguladze G., Urushadze B. (2014). International Experience in Information Systems Management (BSI, ITIL, COBIT). ISBN 978-9941-20-458-6. GTU, „Technical Univ.“, Tbilisi, -345 p., (in Georgian)
4. Axelos - ITIL® 4: Direct, Plan and Improve 2020
5. Surguladze G., Petriashvili L., Bitarashvili M., Khatiashvili Kh. (2024). Software Development and Testing Technologies (CASE, UML, Agile). Monogr., ISBN 978-9941-8-6334-9. GTU. „IT-Consulting scientific center“, Tbilisi, 2024. -303 p. (in Georgian)

6. Jira Service Management (JSM). Atlassian. 2022. <https://support.atlassian.com/jira-service-management-cloud/docs/what-is-jira-service-management/> (26.08.23)

(სტატია მიღებულია 15.12.2024)

IMPROVING EDUCATIONAL INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT PROCESSES BY INTEGRATING ITIL/AGILE METHODOLOGIES AND JIRA TECHNOLOGY

Machaladze Otar

Georgian Technical University
otomachaladze@gmail.com

Summary

The issues of building information systems to support educational institutions based on modern information technologies are discussed. In particular, based on the integration of ITIL and Agile methodologies, as well as Jira technology, which makes a significant contribution to the optimization of IT processes. Aspects of simplification, evaluation, productivity improvement and development of cooperation in the relevant business processes.

(Received 15.12.2024)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ МЕТОДОЛОГИЙ ITIL/AGILE И ТЕХНОЛОГИИ JIRA

Мачаладзе О.

Грузинский Технический Университет
otomachaladze@gmail.com

Резюме

Рассматриваются вопросы построения информационных систем поддержки образовательных учреждений на основе современных информационных технологий. В частности, на основе интеграции методологий ITIL и Agile, а также технологии Jira, что вносит существенный вклад в оптимизацию ИТ-процессов. Представлены аспекты упрощения, оценки, повышения производительности и развития сотрудничества в соответствующих бизнес-процессах.

(Поступила 15.12.2024)

ღრუბლოვანი გამოთვლები მეოთხე ინდუსტრიულ რევოლუციაში

გიორგი ნაჭყეპია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.nachkepia@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ღრუბლოვანი სერვისების განვითარების თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები. მრავალი დიდი და პატარა კომპანია, იმის ნაცვლად რომ საკუთარი ტექნიკური ბაზა განავითაროს, იყიდოს ძვირადღირებული სერვერები და ქსელური აპარატურა, არჩევანს ღრუბლოვანი სერვისების სასარგებლოდ აკეთებს. სხვადასხვა კომპანიის მიერ მისმა სწრაფმა მიღებამ ხელი შეუწყო მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის განვითარებას. ნაშრომში ჩატარებული კვლევა ფოკუსირებულია ღრუბლოვანი გამოთვლების, როგორც ინდუსტრია 4.0-ის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტის შესაძლებლობების გაანალიზებაზე. ყურადღება გამახვილებულია ინდუსტრიის 4.0 მოდელის ღრუბლოვანი გამოთვლების ასპექტებზე. ანუ, როგორ შეგვიძლია გამოვიყენოთ სხვადასხვა ახალი მიღწევები, რომლებიც ხდება ღრუბლოვანი გამოთვლებში და როგორ შეიძლება ამ ახალი ტექნოლოგიური მიღწევების ჩართვა ინდუსტრია 4.0 მოდელში, ისევე როგორც ღრუბლოვანი გამოთვლების ტექნოლოგიის გამოყენების საჭიროება, უპირატესობები და სირთულეები 4.0-ინდუსტრიაში.

საკვანძო სიტყვები: ღრუბლოვანი გამოთვლები. ინდუსტრია 4.0. ხელოვნური ინტელექტი.

1. შესავალი

ღრუბლოვანი გამოთვლები (Cloud Computing) არის „მონაცემთა განაწილებული დამუშავების ტექნოლოგია, სადაც კომპიუტერული რესურსები და სიმძლავრეები შეთავაზებულია მომხმარებლისთვის ინტერნეტ სერვისის სახით“. ინტერნეტ სერვისში იგულისხმება ასევე ლოკალურ ქსელში ვებ ტექნოლოგიების გამოყენება [1].

მიუხედავად იმისა, რომ „ღრუბლოვანი სერვისი“ მომხმარებლისაგან მოშორებულ სერვერებზეა განლაგებული და სერვისის წვდომა ინტერნეტის საშუალებით ხორციელდება, მომხმარებელი „ღრუბლოვანი სერვისით“ ისე სარგებლობს, თითქოს ის უშუალოდ მის კომპიუტერში იყოს დაინსტალირებული.

ტერმინის შემადგენელი სიტყვა „ღრუბლოვანი“ გულისხმობს, რომ პროგრამული სერვისები, კომპიუტერული რესურსები და მათი ადგილმდებარეობა მომხმარებლისათვის ერთგვარი აბსტრაქციაა. ამიტომაც ღრუბლოვანი სერვისებს გრაფიკულად ღრუბლის სახით გამოსახავენ ხოლმე [1]. სწორედ ამგვარმა გამოსახულებამ დაუდო დასაბამი ტერმინს „ღრუბლოვანი სერვისი“.

2. ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები და სერვისები

ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარებას ხელი შეუწყო არა მარტო Google, Amazon – ის მიერ შემოთავაზებულმა ინტერნეტ სერვისებმა, არამედ ზოგადად ტექნიკურმა პროგრესმა. კერძოდ, მრავალბირთვიანი პროცესორების შექმნამ ხელი შეუწყო მწარმოებლურობის გაზრდას, ინფორმაციის მატარებლების ტევადობის გაზრდამ ხელი შეუწყო შესანახი ინფორმაციის მოცულობის გაზრდას და ასევე შეამცირა მისი მომსახურების ხარჯები. მრავალბირთვიანი პროგრამირების ტექნოლოგიებმა ხელი შეუწყო მრავალპროცესორიანი გამოთვლითი

სისტემების რესურსების ეფექტიანად გამოყენებას და ა.შ. [1]

ღრუბლოვანი გამოთვლები გულისხმობს პარალელური, განაწილებული და ავტონომიური გამოთვლების ვიზუალიზაციის სიმბიოზს. ამასთან ერთად, ეკონომიკური თვალსაზრისით წარმოადგენს იაფი რეკლამირების საშუალებას, რაც ძალიან არსებითი მომენტია არა მარტო ბიზნესისათვის, არამედ ნებისმიერი სფეროს წარმატებული საქმიანობისათვის [2].

➤ **უპირატესობანი:**

- 1) ხელმისაწვდომობა. „ღრუბელი” ხელმისაწვდომია ყველასათვის, მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან სადაც არის ინტერნეტი, ყველა კომპიუტერიდან, რომელსაც აქვს ბრაუზერი;
- 2) კომპიუტერებს არ მოეთხოვებათ დიდი გამოთვლითი სიმძლავრეები. ნებისმიერ პერსონალურ კომპიუტერს, ნეტბუკს, სმარტფონს გახსნილი ბრაუზერით შეუძლია მიიღოს დიდი პოტენციალი;
- 3) საიმედოობა;
- 4) მონაცემების დამუშავების დიდი სისწრაფე;
- 5) პროგრამების შექმნისათვის განკუთვნილი ხარჯების ეკონომია;
- 6) მყარი დისკის მოცულობის ეკონომია, რადგან ყველა მონაცემები ქსელშია განთავსებული;
- 7) უსაფრთხოება.

➤ **ნაკლოვანებები:**

- 1) მონაცემების შენახვა და უსაფრთხოება დამოკიდებულია სერვისის მომწოდებელზე;
- 2) „ღრუბლოვანი” მონოპოლისტების გამოჩენა;
- 3) მუდმივად ქსელში ყოფნის აუცილებლობა;
- 4) საკუთარი „ღრუბლის” შექმნისთვის საჭირო მოწყობილობების სიძვირე.

მომსახურების მოდელებია (ნახ.1):

• **პროგრამული უზრუნველყოფა როგორც სერვისი - (SaaS, Software-as-a-Service)** – მოდელი, რომელშიც მომხმარებელს ეძლევა საშუალება მიიღოს პროგრამული უზრუნველყოფა პროვაიდერისაგან ქსელის საშუალებით.



ნახ. 1. ღრუბლოვანი გამოთვლების სერვისების ძირითადი მოდელები

• **პლატფორმა როგორც სერვისი - (PaaS, Platform-as-a-Service)** – მოდელი, როდესაც მომხმარებელს ეძლევა შესაძლებლობა გამოიყენოს ღრუბლოვანი ინფრასტრუქტურა საბაზისო პროგრამული უზრუნველყოფის განსათავსებლად და შემდგომში დანართების დასამატებლად.

• **ინფრასტრუქტურა როგორც სერვისი - (IaaS, or Infrastructure-as-a-Service)** – მოდელი, როდესაც ღრუბლოვანი ინფრასტრუქტურა გამოიყენება მომხმარებლისაგან საკუთარი რესურსების დამოუკიდებლად მართვისათვის, როგორცაა გამოთვლები მონაცემების შენახვა, ქსელის მართვა, სისტემური და სამომხმარებლო პროგრამების ინსტალაცია.

„ღრუბელი” ტექნოლოგიების ძირითადი მახასიათებლებია;

- **თვითმომსახურება მოთხოვნაზე (self service on demand)** – მომხმარებელი სერვისის

მომწოდებლისაგან დამოუკიდებლად განსაზღვრავს და ცვლის გამოთვლის მოთხოვნებს, როგორცაა სერვერული დრო, მონაცემების წვდომის და დამუშავების სისწრაფე, შენახული მონაცემების მოცულობა და ა.შ.;

- **უნივერსალური წვდომა ქსელზე**, მონაცემთა გადაცემის ქსელის მომხმარებელთათვის სერვისები ხელმისაწვდომია, მიუხედავად იმისა თუ რა ტერმინალური მოწყობილობებს იყენებს;
- **რესურსების გაერთიანება, (resource pooling)** სერვის პროვაიდერი ერთიანი მომსახურების რეჟიმში უზრუნველყოფს მრავალი მომხმარებლის მომსახურებას ერთიანი მოთხოვნის რეჟიმით.
- **ელასტიურობა:** დროის შეუზღუდავად ავტომატურად მომსახურება;
- **მოთხოვნის აღრიცხვა:** პროვაიდერი ითვლის რესურსებს ავტომატურად.

განთავსების მოდელებია:

- **პირადი ღრუბელი (Private cloud)** – კერძო კომპანიის და მისი კლიენტების ქსელი;
- **საზოგადოებრივი ღრუბელი (Public cloud)** – ინფრასტრუქტურა განსაზღვრული მომხმარებლების ფართო მასებისათვის;
- **ჰიბრიდული ღრუბელი (Hybrid cloud)** – ღრუბლების კომბინაცია.

3. ინდუსტრია 4.0

თანამედროვე მსოფლიოში ბიზნესის წარმატება დამოკიდებულია ტექნოლოგიებზე. შესაბამისად მენეჯერს წარმოდგენა უნდა ჰქონდეს ინოვაციურ ტექნოლოგიებზე. რაც რესურსების პროდუქტად გარდაქმნის საშუალებაა. კაცობრიობამ გაიარა ტექნოლოგიური რევოლუციების 3 ეტაპი. ამჟამად ვიმყოფებით ე.წ. ინდუსტრია 4.0 ეტაპზე [3]. იგი გულისხმობს კლასიკური წარმოების შერწყმას ციფრულ ტექნოლოგიებთან. ეს შესაძლებლობები კიდევ უფრო გაიზრდება მას შემდეგ, რაც დაიხვეწება ისეთი ტექნოლოგიები, როგორებიცაა ღრუბლოვანი გამოთვლები, ხელოვნური ინტელექტი, რობოტიკა, ავტონომიური მანქანები, 3D-ბეჭდვა, ნანოტექნოლოგია, ბიოტექნოლოგია, კვანტური კომპიუტერული ტექნოლოგია და სხვ. ექსპერტთა პროგნოზით, მალე თითქმის ყველა ელექტროხელსაწყო ერთმანეთთან იქნება დაკავშირებული ვირტუალური ქსელის მეშვეობით, რომლებიც ინტენსიურად გაცვლის ერთმანეთში ინფორმაციას. შედეგად, იარსებებს მათი მართვის სრულიად ახალი შესაძლებლობები. კიბერ-ფიზიკურ პროცესებზე დაფუძნებული ე.წ. „ჰიკვიანი წარმოება“ კიდევ უფრო გაზრდის წარმოების ეფექტიანობას და დააჩქარებს ტექნოლოგიურ განვითარებას. მომხმარებლებისთვის გაჩნდება სრულიად ახალი ტიპის სერვისები, რაც კიდევ უფრო გაამარტივებს ადამიანის ცხოვრებას. სწორედ ამ ტექნოლოგიებზე დამყარებულ საინფორმაციო სისტემებში იქნება წარმატების გასაღები და ახალი სამუშაო ადგილების შექმნის წყარო ჩვენს ეპოქაში [2].

4. ღრუბლოვანი გამოთვლები ინდუსტრია 4.0 - ში

ღრუბლოვანი გამოთვლები ძალიან მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიაა ინდუსტრია 4.0 - სთვის, რადგანაც იგი ფოკუსირებულია ურთიერთდაკავშირებულობასთან, ავტომატიზაციასთან, მანქანურ სწავლებასთან, და შეგროვებული ინფორმაციის დაუყოვნებელ მიღებასთან.

გამოთვლითი რესურსების, როგორცაა სერვერები, მონაცემთა საცავები, აპლიკაციები და სერვისები, ქსელში მოთხოვნილი წვდომის უზრუნველყოფით ღრუბლოვანი გამოთვლები ბიზნესებს საშუალებას აძლევს სწრაფად უზრუნველყოს რესურსები, განათავსოს აპლიკაციები და საჭიროებისამებრ გააფართოოს სერვისები.

ღრუბლოვანი გამოთვლებით მწარმოებლებს შეუძლიათ გამოიყენონ ნივთების

ინტერნეტის (IoT) სენსორის მონაცემები, გაანალიზონ ისინი რეალურ დროში გაფართოებული ანალიტიკის გამოყენებით და გააერთიანონ ისინი საწარმოს აპლიკაციებთან და „ჭკვიანი ქარხნის“ არსებულ მანქანებთან. ღრუბლის მასშტაბურობა ასევე საშუალებას აძლევს მწარმოებლებს გამოიყენონ რთული გამოთვლითი საშუალებანი, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება პროცესების ოპტიმიზაციისა და პროგნოზირებისათვის [5].

5. ღრუბლოვანი გამოთვლების უსაფრთხოება.

ღრუბლოვანი გამოთვლების ერთერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ასპექტია მისი უსაფრთხოება. ღრუბლოვანი გამოთვლების ძირითადი ცნობილი საშიშროებებია: ჩვეულებრივი სერვერების ღრუბლოვანი გამოთვლების სივრცეში გადატანასთან დაკავშირებული სიძნელეები; ვირტუალური მანქანების დინამიურობა; ვირტუალური გარემოს შიდა დაბინძურების (დავირუსების) პრობლემები; არამოქმედი ვირტუალური მანქანების დაცვა; და პერიმეტრის დაცვა და ქსელების გამოიჯვანა.

ღრუბლოვანი გარემოს ტრადიციული შემოტევებისაგან დაცვისათვის, როგორცაა პროგრამული უზრუნველყოფა, ოპერაციული სისტემები, მოდულური კომპონენტები, ქსელური პროტოკოლები საკმარისია Firewall-ის, ანტივირუსების, შემოჭრის საწინააღმდეგო პროგრამის Intrusion Prevention System (IPS) და სხვა კომპონენტების დაყენება.

ღრუბლოვანი გარემოს უსაფრთხოების საკითხებთან დაკავშირებით საკმაოდ ეფექტური მეთოდები გამოაქვეყნა ორგანიზაციამ Cloud Security Alliance (CSA) [5]. მისი ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია შემდეგი:

- მონაცემების შენახვის უზრუნველყოფა;
- შიფრაცია – ესაა ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური მეთოდი მონაცემთა დაცვისათვის;
- მონაცემთა დაცვა გადაცემის დროს;
- გადაცემის დროს დაშიფრული მონაცემები წვდომადი უნდა იყოს მხოლოდ აუტენტიფიკაციის შემდეგ. გამოყენებული უნდა იყოს ცნობილი ალგორითმები და საიმედო პროტოკოლები, როგორებიცაა AES, TLS, Ipsec;
- აუტენტიფიკაცია – პაროლით დაცვა. უფრო მაღალი საიმედოობის დასაცავად ხშირად გამოიყენება მარკერები და სერთიფიკატები, ხოლო იდენტიფიკაციისა და ავტორიზაციისათვის კი – LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)-ი და SAML (Security Assertion Markup Language) [5];
- მომხმარებლების იზოლირება;
- ინდივიდუალური ვირტუალური მანქანებისა და ქსელების გამოყენება. ვირტუალური ქსელები უნდა იყოს მოწყობილი ისეთი ტექნოლოგიებით, როგორცაა VPN (Virtual Private Network), VLAN (Virtual Local Area Network) და VPLS (Virtual Private LAN Service) [5].

6. დასკვნა

ღრუბლოვანი გამოთვლები მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიაა, რაზეც დაფუძნებულია ინდუსტრია 4.0. ნაშრომში განხილულია ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების ძირითადი ასპექტები, როგორცაა ღრუბლის განთავსების მოდელები, ღრუბლოვანი სერვისები, მისი უპირატესობები და ნაკლოვანებები. აგრეთვე განხილულია ღრუბლის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული პრობლემები და გამოწვევები. ეს ტექნოლოგია მისი შესაძლებლობებიდან და მზარდი გავრცელებიდან, როგორც დიდ, ისე მცირე და საშუალო ზომის ორგანიზაციებში, არის ინდუსტრია 4.0-ის განვითარებისთვის მნიშვნელოვანი ფაქტორი.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Nachkepia G. (2017). Development of a mathematical model for risk reduction and resource allocation in cloud computing. GTU, Tbilisi.
2. Kamkamidze K., Bzhalava N., Nachkepia G. (2014). Advantages, disadvantages, development prospects of cloud computing. GTU Sh.Kr., "Automated control systems" N2(18), pp. 77-80.
3. Sourabh Kumar Singh, Rajat Sharma, Suraj Gupta, L.N. Das. (2020). International Journal of Recent Technology and Engineering. ISSN:2277-3878(Online), v.9, Iss-1, May. Cloud Computing for Industry 4.0
4. <https://www.automation.com/en-us/articles/december-2024/role-cloud-computing-industry-4-0-beyond>
5. <https://www.bpn.ge/article/19231-meotxe-industriuli-revolucia-davosshi-azri-orad-gaiqo>

(სტატია მიღებულია 15.12.2024)

CLOUD COMPUTING IN THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Nachkepia George
Georgian Technical University
g.nachkepia@gtu.ge

Summary

Cloud services are one of the most powerful and growing directions in the development of modern information and communication technologies. Many large and small companies, instead of developing their own technical base and buying expensive servers and network equipment, are choosing cloud services. Its rapid adoption by various companies has contributed to the development of the fourth industrial revolution. The research conducted in the paper focuses on analyzing the capabilities of cloud computing as a key component of Industry 4.0. The focus is on the cloud computing aspects of the Industry 4.0 model. That is, how we can use various new achievements that are happening in cloud computing and how these new technological achievements can be incorporated into the Industry 4.0 model, as well as the need for, advantages and difficulties in using cloud computing technology in Industry 4.0.

(Received 15.12.2024)

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Начкепия Г.
Грузинский Технический Университет
g.nachkepia@gtu.ge

Резюме

Облачные сервисы — одно из самых мощных и быстрорастущих направлений развития современных информационно-коммуникационных технологий. Многие крупные и мелкие компании выбирают облачные сервисы вместо развития собственной технической базы и закупки дорогостоящих серверов и сетевого оборудования. Его быстрое внедрение различными компаниями способствовало развитию Четвертой промышленной революции. Исследование, проведенное в данной статье, сосредоточено на анализе возможностей облачных вычислений как ключевого компонента Индустрии 4.0. Основное внимание уделяется аспектам облачных вычислений модели Индустрии 4.0. То есть, как мы можем использовать различные новые достижения, которые происходят в сфере облачных вычислений, и как эти новые технологические достижения могут быть включены в модель Индустрии 4.0, а также необходимость, преимущества и трудности использования технологии облачных вычислений в Индустрии 4.0

(Поступила 15.12.2024)

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

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

გადაეცა წარმოებას 16.12.2024 წ. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი
თაბახი 7.5, სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 7. ტირაჟი 50 ეგზ.

იბეჭდება ავტორთა ხარჯით