

საბართმეოლეს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

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**

**N 2 (36)**

უძღვრება სტუ-ის  
UNESCO-ს კათედრის  
„საინფორმაციო  
საზოგადოება“  
დაარსების 20 წლის  
იუბილეს  
(2003 - 2023)



DEDICATED  
to the 20th anniversary  
of the establishment  
of UNESCO Chair  
"Information Society"  
of GTU  
(2003-2023)

გაჩვიებ 2005 წლიდან

პერიოდულად  
2 ნომერი წელიწადში

თბილისი-TBILISI-TBILJICH

2023

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

N 2(36)

*ედვინება სტუ-ის  
„ინფორმაციული  
საზოგადოების“  
კათედრის  
დაარსების მე-20  
წლისთავს  
(2003-2023)*



*DEDICATED  
TO THE 20th ANNIVERSARY  
OF ESTABLISHING  
"INFORMATION SOCIETY"  
CHAIR OF GEORGIAN  
TECHNICAL UNIVERSITY  
(2003-2023)*

*გამოიცემა 2006 წლიდან*

*პერიოდულობა:  
2 ნომერი წელიწადში*

თბილისი-TBILISI-ТБИЛИСИ  
2023

**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., კოტრიკაძე ქ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., ობგაძე თ., ოთხოზორია ნ., პეტრიაშვილი ლ., სურგულაძე გ., ფრანგიშვილი ა. (თავმჯდომარე), ქართველიშვილი ი., ღურწყაია ზ., ჩხაიძე მ.
- ბოსიკაშვილი ზ., თურქია ე., კაკუბავა რ., კვარაცხელია ვ., კიკნაძე მ., მელაძე ჰ., ჟვანია თ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., ხუციშვილი ს., მანშიაშვილი ბ., შერმაზანაშვილი ლ., შონია ო., ცინცაძე ა.
- გერმანია: ბოტე კ., ვედკინდი ჰ., მაიერ-ვეგენერი კ., რეისიგი ვ.
- აშშ: ტრივედი კ. (დუკის უნივერსიტეტი), ჩიხრაძე ბ. (კორპორაცია Apple)
- კანადა: კაჩიბაია ვ. (IT Industry)
- უნგრეთი: სტრიკი ი. დებრეცენის უნივერსიტეტი
- რუსეთი: ბაბაიანი რ. (მპი), ვასინი ა.(მსუ), შჩუკინი ბ.(მიფი), ფომინი ბ. (პეტერბურგის 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., Giorgaschvili L., Gogichaishvili G., Goziriidze I., Ghurtskaia Z., Imnaishvili L., Kaishauri T., Kapanadze D., Kotrikadze K., Lominadze N., Lominadze T., Natroshvili D., Obgadze T., Prangishvili A. (Chairman), Surguladze G., Tevdoradze M.
- Bosikashvili Z., Dzidziguri G., Kakubava R., Kiknadze M., Kvaratskhelia V., Meladze G., Samkharadze R., Shermazanashvili L., Sesadze V., Shanshiashvili B., Shonia O., Tsveraidze Z., Tsintsadze A., Zhvania T.
- 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.(Mepfi), Vasin A.(MSU), Fomin B.(St-Petersburg,Techn.Univ.)

Executive Editor: G. Surguladze.

References: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

- აზმაიპარაშვილი ზ., ახობაძე მ., ბუაჩიძე ზ., გასიტაშვილი ზ., გიგინეიშვილი ა., გიორგაშვილი ლ., გოგიჩაიშვილი გ., გოცირიძე ი., გურცაია ვ., იმნაიშვილი ლ., კაიშაური თ., კარველიშვილი ი., კაპანაძე დ., კიკნაძე მ., კოტრიკაძე კ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., ობგაძე თ., პრანგიშვილი ა. (პრეზიდენტი), სურგულაძე გ., ტევდორაძე მ., ჩხაიძე მ.
- ბოსიკაშვილი ზ., დზიდზიგური გ., კაკუბავა რ., კიკნაძე მ., კვარაცხელია ვ., მელაძე გ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., ტურქია ე., შანშიაშვილი ბ., შერმაზანაშვილი ლ., შონია ო., ცვერაიძე ზ., ცინცაძე ა.
- Германия: Ботэ К., Рейсиг В. (Гумболдт унив. Берлин), Ведыкин Х., Меиер-Вегенер К. (Ерланген унив.)
- США: Триведи К. (Университет Дюке), Чихрадзэ Б. (Apple корпорация)
- Канада: Качибая В. (IT Industry)
- Россия: Бабаян Р. (ИПУ), Васин А. (МГУ), Щукин Б. (МИФИ), Фомин Б. (ЛЭТИ.С-т Петербург)

Ответственный редактор: Г. Сургуладзе.

Статьи: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

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



გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023

Publishing House `Technical University`, 2023

Издательство `Технический Университет`, 2023



**აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე (1941 – 2022)**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რეფორმატორი რექტორი (1988-1994), იუნესკოს (პარიზი) კულტურისა და განათლების დეპარტამენტის დირექტორი (1981-1988), დიდი საზოგადო და სახელმწიფო მოღვაწე, საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისიის ვიცე-პრეზიდენტი (2004-2012), ევროპის და რუსეთის მრავალი უნივერსიტეტის საპატიო დოქტორი და საერთაშორისო აკადემიების წევრი, დიპლომატი, საქართველოს საგანგებო და სრულუფლებიანი ელჩი საფრანგეთსა და ესპანეთის სამეფოში (1994-2004), სტუ-ს „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ (1971) და სტუ-ს UNESCO-ს „ინფორმაციული საზოგადოების“ (2003) კათედრების დამაარსებელი, მათი პირველი გამგე. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ნამდვილი წევრი (1994-დან), ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი (1975) - საპატიო პროფესორი - გოჩა გიორგის ძე ჩოგოვაძე - მრავალი სამეცნიერო წიგნის, პროექტისა და სტატიის ავტორი, მრავალი სტუდენტის აღმზრდელი და ახალგაზრდა მეცნიერის „სამეცნიერო ნათლია“, ქართული და უცხოური ლიტერატურის, პოეზიის, მუსიკისა და სიმღერის დიდი მოყვარული, საერთაშორისო მეგობრობის დიდოსტატი, სუფრის ორიგინალური თამადა, მოსიყვარულე და გულისხმიერი მეუღლე, მამა და ბაბუა, მუდამ სიკეთის მთესველი „ქართველი ფაუსტი“.

<https://gtu.ge/News/19748/>

[https://gtu.ge/Journals/mas/Referat/ASU-2022\(1\\_33\)/ASU-2022\(1\\_33\).pdf](https://gtu.ge/Journals/mas/Referat/ASU-2022(1_33)/ASU-2022(1_33).pdf) (გვ. 7-24)

### **Academician Gocha Chogovadze (1941 – 2022)**

Reformer Rector of the Georgian Technical University (1988-1994), Director of the Department of Culture and Education of UNESCO (Paris) (1981-1988), a great public figure and statesman, Vice-President of the National Commission for UNESCO Affairs of Georgia (2004-2012), Honorary Doctorate at multiple European and Russian Universities and member of international academies, diplomat, Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of Georgia to France and the Kingdom of Spain (1994-2004), GTU "Automated Control Systems" (1971) and GTU UNESCO "Information Society" (2003) the founder of the departments, their first governor. Full member of the National Academy of Sciences of Georgia (since 1994), Doctor of Technical Sciences (1975) - Honorary Professor - Gocha Chogovadze - author of many scientific books, projects and articles, educator of many students and "scientific godfather" of young scientists, A great lover of Georgian and foreign literature, poetry, music and song, a great master of international friendship, a loving and caring husband, father and grandfather, always a sower of kindness "*georgian Faust*".

### **Академик Гоча Чоговадзе (1941 – 2022)**

Ректор-реформатор Грузинского Технического Университета (1988-1994), директор департамента Культуры и Образования ЮНЕСКО (Париж 1981-1988), общественный и государственный деятель, вице-президент Национальной комиссии по делам ЮНЕСКО Грузии (2004-2012), почетный доктор и действительный член международных академий многих европейских и российских университетов, дипломат, Чрезвычайный и Полномочный Посол Грузии во Франции и Королевстве Испания (1994-2004), Основатель кафедр «Автоматизированные системы управления» (1971) и ЮНЕСКО «Информационное общество» (2003) в Грузинском Техническом Университете, Действительный член Национальной Академии Наук Грузии (с 1994), доктор технических наук (1975) и почетный профессор Информатики - *Гоча Георгиевич Чоговадзе* - автор многих научных книг, проектов и статей, воспитатель многих студентов и молодых ученых, их руководитель и „научный крестный отец“, большой любитель и знаток грузинской и зарубежной литературы, поэзии, музыки и песни, гроссмейстер интернациональных дружеских отношений, оригинальный руководитель („тамада“) стола, любящий и заботливый муж, отец и дедушка, всегда сеятель добра „*грузинский Фауст*“

<https://www.rah.ru/events/detail.php?ID=58471>

## აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე

დაბადების თარიღი: ქ. ქუთაისი, 11 იანვარი, 1941

გარდაცვ. თარიღი: ქ. თბილისი, 13 ივნისი, 2022

დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ფაკულტეტი 1963 წელს;

სამეცნიერო სტაჟირება დარმშტადტის უმაღლეს ტექნიკურ სკოლაში (გერმანია) 1969 წელს;

1971 წელს მისი თაოსნობით საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტში დაარსდა მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრა, რომლის პირველ გამგედ იქნა არჩეული. 1976 წელს მიენიჭა პროფესორის წოდება. 1976 წლიდან ხელმძღვანელობდა კათედრასთან არსებულ დარგობრივ კვლევით ლაბორატორიას. 1981-1986 წწ. მუშაობდა საფრანგეთში, პარიზში იუნესკოს განათლების სექტორის "ინფორმატიკა განათლებაში" ინფორმატიკის განყოფილების უფროსად. 1986-1988 წწ. იგი ხელმძღვანელობდა საქართველოს კვ ცვ-ის განათლებისა და მეცნიერების განყოფილებას, წლების მანძილზე იყო საქართველოს უმაღლესი საბჭოს დეპუტატი. 1988-1994 წწ. საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის რექტორი.

1994-2004 წწ. საქართველოს საგანგებო და სრულუფლებიანი ელჩი საფრანგეთის რესპუბლიკასა და ესპანეთის სამეფოში; 1994-2004 წწ. საქართველოს მუდმივი წარმომადგენელი იუნესკოში; 1999-2003 წწ. იუნესკოს აღმასრულებელი საბჭოს წევრი; 2001-2003 წწ. იუნესკოს აღმასრულებელი საბჭოს ვიცე-პრეზიდენტი; 2004 წლიდან იუნესკოს გაერთიანებული ერების განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის მისიის ხელმძღვანელი;

მის საერთაშორისო ავტორიტეტზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ მისი რეკომენდაციით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი "ფრანკოფონიის" წევრი გახდა, ხოლო 2002 წელს საფუძველი ჩაეყარა ფრანგულ-ქართულ ინსტიტუტს, სადაც მზადდება კადრები ინფორმატიკისა და ეკონომიკის სპეციალობებში;

არის 20 მონოგრაფიის, 6 გამოგონებისა და 100-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის ავტორი. მინიჭებული აქვს საგანგებო და სრულუფლებიანი ელჩის დიპლომატიური რანგი. დაჯილდოებულია სხვადასხვა ქვეყნების და ასოციაციების მედლებით. პროფესორი, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი.

=====

1. წყარო: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი: [gtu.ge](http://gtu.ge); საინფორმაციო სააგენტო "ინტერპრესნიუსი": [interpressnews.ge](http://interpressnews.ge); დამოუკიდებელი საქართველოს ელჩები, 1991-2021: ნაწილი 1/ ჭუმბურიძე, ზვიად. - თბ., 2021. გვ.175

2. ბიოგრაფიული ლექსიკონი. <http://www.nplg.gov.ge/bios/ka/00001415/>



**ინფორმაცია:**

2024 წლის 11 იანვარს 13.00 საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადმინისტრაციული კორპუსის გიორგი ნიკოლაძის სახელობის დარბაზში ჩატარდება UNESCO-ს საუნივერსიტეტო კათედრის – „ინფორმაციული საზოგადოება“ – დაარსებიდან 20 წლისთავის საიუბილეო, საზეიმო ღონისძიება.

სტუ-ის რექტორის, აკადემიკოს დავით გურგენიძის ინიციატივით იუნესკოს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრას მიენიჭება მისი დამაარსებლის, აკადემიკოს *გოჩა ჩოგოვაძის* სახელი.

დარბაზში შეიკრიბებიან გ. ჩოგოვაძის ოჯახის წევრები, ახლობლები, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსები და სტუ-ის პროფესორები და კოლეგები, მისი აღზრდილი მეცნიერები და სტუდენტები.

საზეიმო შეხვედრაზე დასწრება თავისუფალია.

=====

**ძვირფასო ავტორებო, კოლეგებო და  
სტუდენტებო,**

**გილოცავთ დამდეგ შობა-ახალ წელს !**

ყველას გისურვებთ ჯანმრთელობას, ბედნიერებას, სიხარულს, სულიერ და მატერიალურ ძლიერებას. 2024 წელი ყოფილიყოს თქვენი და თქვენი ოჯახების წარმატებების და გამარჯვებების წელი !!!

ჟურნალის რედაქცია  
28.11.2023

**შინაარსი - CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ**

- რეფორმატორი ექს-რექტორი, აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე და მისი ისტორიული როლი სტუ-ის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ და UNESCO-ს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრების დაარსებასა და განვითარებაში. გია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი, გულბაათ ნარეშელაშვილი // REFORMER Ex-RECTOR, ACADEMICIAN GOCHA CHOGOVADZE AND HIS HISTORICAL ROLE IN THE ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF THE MIS AND UNESCO'S INFORMATION SOCIETY CHAIRS IN GTU. Surguladze Gia, Petriashvili Lili, Nareshelashvili Gulbaat // РЕФОРМАТОР ЭКС-РЕКТОР, АКАДЕМИК ГОЧА ЧОГОВАДЗЕ И ЕГО ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ В СОЗДАНИИ И РАЗВИТИИ КАФЕДР АСУ И “ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО” ЮНЕСКО ПРИ ГТУ. Сургуладзе Г., Нарешелашвили Г. 9
  
- გამოყენებითი ინფორმატიკა – APPLIED INFORMATICS – ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**
- ჰიდროინდუსტრიაში ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის აგების პრინციპები Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე. თამარ ხუჭუა // PRINCIPLES OF BUILDING AN INTEGRATED AUTOMATED SYSTEM BASED ON FUZZY TECHNOLOGIES IN THE HYDRO INDUSTRY. Khuchua Tamar // ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ FUZZY ТЕХНОЛОГИЙ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ. Хучуа Т. 21
- ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებითი ასპექტები. დავით ჟუჟნიაშვილი, ტრისტან ბუაძე, ვაჟა გიორგაძე // APPLIED ASPECTS OF PROBABILISTIC-STATISTICAL METHODS. Zhuzhniashvili Davit, Buadze Tristan, Giorgadze Vazha // ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ. Жужниашвили Д., Буадзе Т., Гиорგაძე В. 29
- ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა მორწყვის რეჟიმების მართვის ავტომატიზებულ საინფორმაციო სისტემაში. სიმონ პოჩოვიანი // ENSURING INFORMATION SECURITY IN THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING IRRIGATION REGIMES. Pochovyan Simon // ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ОРОШЕНИЯ. Почовян С. 37
- სახელმწიფოს ინფორმაციული სივრცე და მისი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრინციპები. ოთარ შონია, კორნელი ოდიშარია, გიორგი ზირაკაშვილი, ნანა მაგლაკელიძე // THE INFORMATION SPACE OF THE STATE AND THE MAIN PRINCIPLE OF ENSURING ITS SECURITY. Shonia Otari, Korneli Odisharia, Giorgi Zirakashvili, Nana Maglachelidze // ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ГОСУДАРСТВА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ. Шония Ш., Одишария К., Зиракашвили Г., Маглакелидзе Н. 41
- ბარომეტრული წნევა/ტემპერატურა/ალტიტუდის, ტენიანობის და ციფრული ინტელექტუალური გადაწყვეტილების შეერთება უპილოტო საფრენ აპარატებთან. ჯემალ გრიგალაშვილი, ელზა იმნაძე, ირაკლი ჩანთაძე // BAROMETRIC PRESSURE/TEMPERATURE/CONNECTING ALTITUDE, HUMIDITY AND DIGITAL SMART TRANSMITTERS TO UAVS. Grigalashvili Jemal, Imnadze Elza, Chantadze Irakli // ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ/ТЕМПЕРАТУРЫ/ВЫСОТЫ, ВЛАЖНОСТИ И ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ К ВПЛА. Григალაშვილი Дж., Имნაძე Е., Чანთაძე И. 49
- განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება ნაკადური დიდი მონაცემების დამუშავებისთვის. გულნარა ჯანელიძე, ბადრი მეფარიშვილი, ირაკლი ხაჩიძე // APPLICATION OF DISTRIBUTED GENETIC ALGORITHMS TO STREAM BIG DATA PROCESSING. Janelidze Gulnara, Meparishvili Badri, Khachidze Irakli // ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОТОКОВОЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ. Мепаришვილი Б., Джanelidze Г., Хачიძე И. 54
- გაგრილების სისტემის როლი მონაცემთა ცენტრის სწორი ფუნქციონირებისთვის. ნუგზარ ყოჩიაშვილი // THE ROLE OF THE COOLING SYSTEM FOR THE PROPER FUNCTIONING OF THE DATA CENTER. Kochiashvili Nugzar // РОЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРАВИЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТА-ЦЕНТРА. Кочиашვილი Н. 60



- ინფორმაციის გაცვლის პროცესების მოდელირება ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში. თეიმურაზ სუხიაშვილი // MODELING INFORMATION EXCHANGE IN OBJECT-ORIENTED SYSTEMS. Sukhiashvili Teimuraz // МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ. Сухиашвили Т. 64
- ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზაცია ღრუბლოვანი სერვისებით. ნინო თოფურია, ელზა ბიწაძე // AUTOMATION OF AN ORGANIZATION'S BUSINESS PROCESSES USING CLOUD SERVICES. Topuria Nino, Bitsadze Elza // АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ. Топурия Н., Бицадзе Э. 68
- უნიფიცირებული მოდელების აგება პროგრამული სისტემების რობოტიზაციისათვის. ირმა ბერძენიშვილი, თინათინ კაიშაური, გაია სურგულაძე, ირაკლი შურღაია, მალხაზ ბიბილური // CONSTRUCTION OF UNIFIED MODELS FOR ROBOTIZATION OF SOFTWARE SYSTEMS. Berdzenishvili Irma, Kaishauri Tinatin, Surguladze Gia, Shurghaia Irakli, Bibiluri Malkhaz // ПОСТРОЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОБОТИЗАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ. Бердзенишвили И., Каишаури Т., Сургуладзе Г., Шургая И., Библური М. 72
- მიწოდების ჯაჭვის რისკის მენეჯმენტში ინფორმაციის შეფერხების შეფასებისას ენტროპიის თეორიის გამოყენება. ირაკლი როდონაია, გულბათ ნარეშელაშვილი, ვახტანგ როდონაია // APPLICATION OF ENTROPY THEORY TO THE ASSESSMENT OF THE INFORMATION DISRUPTION IN SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT. Rodonaia Irakli, Nareshelashvili Gulbaat, Rodonaia Vakhtang // ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЭНТРОПИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАДЕРЖКИ ИНФОРМАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК. Родоная И., Нарешелашвили Г., Родоная В. 77
- ნახშირწყალბადის აირებიდან საწვავის მიღების ალტერნატიული გზები. ნუკრი ებრალიძე // ALTERNATIVE WAYS TO OBTAIN FUEL FROM HYDROCARBON GASES. Ebralidze Nukri // АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ. Эбралидзе Н. 83

[ფიზიკური ქიმია - PHYSICAL CHEMISTRY - ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ](#)

- ვალენტური ბმის წარმოქმნის მექანიზმი. გივი ხიდეშელი, ირაკლი ჯავახიშვილი // THE MECHANISM OF FORMATION OF A VALENCE BOND. Khidesheli Givi, Javakhishvili Irakli // МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ. Хидешели Г., Джавахишвили И. 91

# რეფორმატორი ექს-რექტორი, აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე და მისი ისტორიული როლი სტუ-ის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ და UNESCO-ს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრების დაარსებასა და განვითარებაში

გია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი, გულბაათ ნარეშელაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge

## რეზიუმე

განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ექს-რექტორის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის 55-წლიანი საგანმანათლებლო-სამეცნიერო და საზოგადოებრივი მოღვაწეობის ინოვაციური გამოწვევების შედეგების მოკლე ანალიზი (1971-2022 წლებში). მისი მნიშვნელოვანი წვლილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტატუსის ფორმირების (1991), მართვის ავტომატიზებული სისტემების (1971) და სტუ-ის UNESCO-ს კათედრის (2003) დაარსებისა და განვითარების საკითხებში. წარმოდგენილია რამდენიმე მნიშვნელოვანი თეორიულ-პრაქტიკული ღირებულების მეცნიერული გადაწყვეტა მისი ხელმძღვანელობით, რითაც სტუ-ის ინფორმატიკის ფაკულტეტი ერთ-ერთი მოწინავე იყო და არის ICT სფეროში. გადმოცემულია აგრეთვე იუნესკოს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრის 20-წლიანი (2003-2022) ისტორიული როლი განათლების პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. ინფორმაციული საზოგადოება. განათლების მენეჯმენტი. ინფორმატიკის დიდაქტიკა. ციფრული ტექნოლოგია. საგამომცემლო მარკეტინგი. პროცესების რობოტიზაცია.

## 1. შესავალი

*17 მაისი – „საინფორმაციო საზოგადოების“ საერთაშორისო დღე* - UNESCO-ს ინიციატივით და გაეროს გენერალური ასამბლეის რეზოლუციით გამოცხადებულია 2006 წელს [1].

შვეიცარიის ქალაქ ჟენევაში ყოველწლიურად იმართება სამიტის *WSIS* ფორუმები (*World Summit on the Information Society*), სადაც განიხილება ინფორმაციული საზოგადოების მდგრადი განვითარების აქტუალური საკითხები ინფორმაციულ ტექნოლოგიებსა და კომუნიკაციებში (ITC) [2]. სტუ-ში UNESCO-ს კათედრა „საინფორმაციო საზოგადოება“ დაარსდა აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის ინიციატივით, UNESCO-ს (პარიზი) გენერალური დირექტორის კოიჩირო მაცუურას მხარდაჭერით *2003 წლის 30 ივნისს*. 2023 წელი კათედრის საიუბილეო წელია.

კათედრის გამგე აკად. გ. ჩოგოვაძე გარდაიცვალა 2022 წლის ივნისში, ამიტომაც მისი ხსოვნის წლისთავზე გვინდა წინამდებარე სტატიაში წარმოვადგინოთ ამ დიდი მეცნიერის და საზოგადო მოღვაწის ზოგიერთი ძირითადი ინოვაციური გადაწყვეტა, რომლებმაც უკეთესობისკენ შეცვალა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (1922-1990) და ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფაკულტეტის (1957-1990) ისტორია. 1991 წლიდან *სპი* – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი (*სტუ*, რექტორი პროფ. გოჩა ჩოგოვაძე) და *აგტ* ფაკ. კი – ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი (*იმს*, დეკანი, პროფ. ნოდარ ლომინაძე).

წინამდებარე სტატიის ავტორები – გ. ნარეშელაშვილი (1970 წ. დაამთავრა გამოთვლითი ტექნიკის სპეციალობა) და გ. სურგულაძე (1972 წ. დაამთავრა ავტომატიკის და ტელემექანიკის სპეციალობა) ავტ-ფაკულტეტის სტუდენტებია. 1972 წ. სექტემბრიდან მუშაობენ სპი-ის ავტ ფაკ-ის ახლადშექმნილი „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრის უმცროს მეცნიერ თანამშრომლებად. 50 წელი არიან აქ, გ. ჩოგოვადის გვერდით, გაიარეს გზა ასპირანტობიდან პროფესორობამდე, კარგად ახსოვთ მისი, როგორც კათედრის გამგის წარმატებები და მოღვაწეობის მთელი ისტორია. მათ მიერ სტატიაში ქრონოლოგიურად არის გადმოცემული 30 წლის ახალგაზრდა მეცნიერის, კათედრის გამგის გ. ჩოგოვადის მუშაობის ევროპული (გერმანული) სტილი, პროფესიული სიახლეებისადმი სწრაფვა, თანამშრომლებთან გუნდური მუშაობის პრინციპებით მიდგომა და პერსპექტიული სტუდენტ-კურსდამთავრებულების კათედრაზე ან სამეცნიერო ლაბორატორიაში მოწვევის პოლიტიკა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

➤ *ინოვაციური გადაწყვეტა\_1:* 1971 წ. 20 მაისი – „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრის დაარსება. მიუხედავად ავტ ფაკ.-ის ზოგიერთი გავლენიანი პროფესორის კატეგორიული წინააღმდეგობისა, 30 წლის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხის მქონე გ. ჩოგოვადემ შეძლო სპი-ს მაშინდელი რექტორის (იოსებ ბუაჩიძის) და აკადემიური საბჭოს დარწმუნება ახალი კათედრის აქტუალურობასა და დიდი მომავლის პერსპექტიულობაში. ბრძოლისუნარიანობა სიახლეების დასანერგად – გ. ჩოგოვადის ხასიათის თვისება იყო სიცოცხლის ბოლომდე. მან მოიპოვა წარმატებული რეპუტაცია მოსკოვის და ევროპის საუნივერსიტეტო სივრცეში. ასეთი კათედრა 70-იან წლებში მხოლოდ მოსკოვში, პეტერბურგსა და კიევში იყო. ბატონი გოჩას წარმატება იყო ისიც, რომ მართვის ავტომატიზებული სისტემების მეცნიერული მიმართულების აკადემიური მეთოდ-საბჭოები (ან სემინარები) ხშირად იმართებოდა საქართველოში.

კათედრის სამეცნიერო მიმართულება მოიცავდა საწარმოო პროცესების ოპერატიული მართვის სისტემების დაპროექტების ავტომატიზაციას, პროგრამირების ავტომატიზაციას, ხელოვნური ინტელექტის სისტემების განვითარებას სიტუაციური მართვის თეორიის საფუძველზე. 1975 წ. გ. ჩოგოვადე იცავს დოქტორის მეცნიერებათა ხარისხს და 1976 წ. ენიჭება პროფესორის წოდება.

1976 წ. მოსკოვის დაფინანსებით გ. ჩოგოვადის მას-კათედრასთან გაიხსნა დარგობრივი კვლევითი ლაბორატორია პურპროდუქტების დამზადების სამინისტროს საქმიანი პროცესების ავტომატიზაციის მიზნით ამიერკავკასიისთვის (საქართველო, აზერბაიჯანი და სომხეთი). ამ მიმართულებით დაცულ იქნა 1 სადოქტორო (გ. გოგიჩაიშვილი) და რამდენიმე საკანდიდატო დისერტაცია. გაიზარდა ახალგაზრდა მეცნიერთა პრაქტიკული გამოცდილების დონე, რაც აისახა შესაბამისად, მას-სპეციალობის ჯგუფებში აკადემიური განათლების ხარისხის დონის მატებაში.

➤ *ინოვაციური გადაწყვეტა\_2:* 1974-75 წლებში მას-კათედრის ასპირანტი გ. სურგულაძე (ხელმძღვანელი გ. ჩოგოვადე) მიემგზავრება სამეცნიერო სტაჟირების 1-წლიანი მივლინებით მაგდებურგის ტექნიკურ უნივერსიტეტში (გერმანია). აქ იგი პრატიკულად მუშაობს იერარქიული (IMS/2) და ქსელური (Adabas) ტიპის მონაცემთა ბაზების სისტემებთან (საქართველოში ჯერ კიდევ არ არსებობდა მსგავსი მიმართულება). ლაიფციგის დიდ ბიბლიოთეკაში შემთხვევით გაეცნო ამერიკელი მეცნიერის ედგარ კოდის რელაციური მოდელის კონცეფციას და ბაზების თეორიას. გერმანელ კოლეგებთან სემინარზე ანგარიშის ჩაბარება მოხდა

რელაციური ბაზების თეორიის საკითხებზე, რაც მათთვისაც სიახლე იყო იმ დროისათვის. საქართველოში დაბრუნებისთანავე (აგვისტოში) პროფ. გ. ჩოგოვაძესთან შეხვედრა შედგა აფხაზეთში, გაგრის სანატორიუმის „თბილისის“ ეზოს ზღვის სანაპიროზე, ქალბატონ მანანა ჯიბლაძის თანდასწრებით (გოჩას მეუღლე). ბატონი გოჩას რეაქცია ინოვაციურ მიმართულებაზე აშკარად დადებითი იყო. 1976 წ. იანვრიდან დაიგეგმა კათედრალური სამეცნიერო სემინარები გ. სურგულაძის დისერტაციის თემატიკის მიხედვით („მონაცემთა რელაციური ბაზის სტრუქტურების დაპროექტება მართვის საინფორმაციო სისტემებისათვის“). 1976 წ. *მას*-კათედრის დაარსების 5-წლისთავის საიუბილეო საკავშირო კონფერენციაზე დაიბეჭდა გ. ჩოგოვაძის და გ. სურგულაძის პირველი სამეცნიერო თეზისები და სტატიები [3].

1977 წლის ოქტომბერში სოხუმში ჩატარდა მაღალი დონის I-საკავშირო სკოლა-სემინარი „ინფორმაციული სისტემების მონაცემთა ინტელექტუალური ბანკები“ [4]. *მას*-კათედრა გ. ჩოგოვაძის მეთაურობით ხელმძღვანელობდა კონფერენციის ორგკომიტეტს (მასპინძელი ქვეყნის სტატუსით). აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნების და პოსტსაბჭოური 15 რესპუბლიკის მეცნიერები შეიკრიბა ამ შეხვედრაზე. ერთ-ერთი მოწინავე მოხსენება პროფ. გ. ჩოგოვაძის (ასპირანტების გ. სურგულაძის და გ. ჩაჩანიძის თანაავტორობით) ეხებოდა რელაციური ბაზების სტრუქტურების დაპროექტების ავტომატიზაციას და ბუნებრივი მიმართვის ენის კონცეფციის შემუშავებას ასეთ ბაზებში. მოხსენება და კვლევებით მიღებული შედეგები ერთხმად იქნა აღიარებული სემინარის პროგრამული კომიტეტის მიერ ინოვაციურად და საპრიზო ადგილც დაიკავა. ეს იყო ჩვენი კათედრის და ფაკულტეტის დიდი წარმატება ევროპისა და აზიის ქვეყნების საუნივერსიტეტო დონეზე გ. ჩოგოვაძის ხელმძღვანელობით.

პრაქტიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი გახლდათ მონაცემთა რელაციური ბაზების ჩვენი შემუშავებული ახალი თეორიული მონაცემთა სტრუქტურების და ალგორითმული სქემების დანერგვა 1977-1979 წწ-ში განათლებისა და ინდუსტრიის (რუსთავისა და ვიკსას მეტალურგიული ქარხნები) ობიექტებზე [5]. ვიკსას მეტალურგიულ ქარხანა დაარსებულია 1756 წ. პეტრე პირველის ქალიშვილის, ელიზავეტას მიერ. იგი დღესაც ითვლება რუსეთში ერთ-ერთ მძლავრ მეტალურგიულ კომპლექსად (ნიჟნი-ნოვგოროდის რეგიონში). 2024 წელს აქ დაინერგება პირველი, თანამედროვე „მწვანე მეტალურგიის“ ტექნოლოგია.

1980 წ. გ. სურგულაძე იცავს მეცნიერებათა კანდიდატის დისერტაციას (გ. ჩოგოვაძის ხელმძღვანელობით) პეტერბურგის ელექტროტექნიკურ უნივერსიტეტში, ხოლო 1984 წ. გ. ნარემელაშვილი – პეტერბურგის ტექნიკურ უნივერსიტეტში (ჩვენთან ამ დროს არ არსებობდა სადისერტაციო დაცვის საბჭო *მას*-მიმართულებით). ხარისხის საბოლოო მინიჭება კი ხდებოდა მოსკოვში, საატესტაციო კომისიის მიერ (ნახ.1). ამიტომას ჩვენი ასპირანტ-დოქტორანტები იცავენ დისერტაციებს სხვა რესპუბლიკებში, ზოგი გერმანიაში (დრეზდენის უნივერსიტეტი).

➤ *ინოვაციური გადაწყვეტა\_3*: პროფ. გ. ჩოგოვაძე 1981-1986 წლებში მიწვეულ იქნა UNESCO-ს ოფისში (პარიზი) კულტურისა და განათლების დეპარტამენტის ხელმძღვანელად. *მას*-კათედრის (5-წლიანი ბიჯის) იუბილეებზე (1981, 1986 და ა.შ.) გამართულ საერთაშორისო/საკავშირო კონფერენციებს კი უშუალოდ ხელმძღვანელობდა და ეპატიჟებოდა თბილისში, ბაკურიანსა და თელავში ევროპელ პროფესორებს [6]. 1987 წელს გ. ჩოგოვაძე ბრუნდება სამშობლოში. 1988 წ. ხდება *სპი*-ის რექტორი. იწყება დიდი რეფორმების ეპოქა, მიუხედავად მწვავე პოლიტიკური კატაკლიზმებისა. ბატონი გოჩას ინიციატივით და თავმჯდომარეობით იხსნება სადისერტაციო საბჭო „მართვის ავტომატიზებული სისტემები და პროექტირების ავტომატიზაცია“.



➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_4:** 1994 წლიდან პროფ. გ. ჩოგოვამე ხდება საქართველოს სრულუფლებიანი ელჩი საფრანგეთის რესპუბლიკასა და ესპანეთის სამეფოში. მისი ინიციატივით ამ პერიოდში სტუ-ში გაიხსნა ფრანგულ-ქართული ინსტიტუტი ინფორმაციული ტექნოლოგიების მიმართულებით (ფრანგულენოვანი სტუდენტებისთვის). ოფიციალურად, პროფ. ვ. დიდმანიძე დაინიშნა ინსტიტუტის კოორდინატორად.

2004 წლიდან (დიპლომატიური სამსახურის დასრულების შემდეგ) გ. ჩოგოვამე უბრუნდება UNESCO-ს ოფისს (პარიზში) და ხდება მისი გენერალური დირექტორის მრჩეველი განათლებისა და კულტურის საკითხებში. 2018 წლამდე იგი ოჯახთან ერთად ცხოვრობდა პარიზში და პერიოდულად ახერხებდა სტუ-ს UNESCO-ს კათედრის და მართვის ავტომატიზებული სისტემების (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტის საერთაშორისო კონფერენციების ორგანიზებას (თავმჯდომარის სტატუსით). მისი ინიციატივით 2008 წლიდან სტუ-ის „საინფორმაციო საზოგადოების“ კათედრა გახდა ORBICOM-ის წევრი (ORBICOM – იუნესკოს კათედრების საერთაშორისო ქსელია კომუნიკაციების სფეროში) [6]. კათედრის ძირითადი მიზანი იყო საერთაშორისო პარტნიორობის გაფართოება, განსაკუთრებით UNESCO-ს სხვა კათედრებთან ინფორმაციისა და კომუნიკაციის ტექნოლოგიებში (ICT).

➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_5:** სტუ-ს UNESCO-ს კათედრამ, თავისი 20-წლიანი არსებობის მანძილზე (2003-2023) განახორციელა მნიშვნელოვანი სამეცნიერო, საგანმანათლებლო-მეთოდური და ორგანიზაციული სამუშაოები. კათედრის საქმიანობის ეტაპობრივი (4-წლიანი) გეგმა დგებოდა გ. ჩოგოვამის ხელმძღვანელობით და მის შედეგაში მონაწილეობდნენ ვ. დიდმანიძე, გ. სურგულაძე, ნ. კვანტალიანი და სხვ. კათედრაზე ყოველთვიურად იმართებოდა მუდმივმოქმედი სამეცნიერო-პრაქტიკული სემინარები, რომელთა მიზანიც თანამედროვე საზოგადოებაში კომპიუტინგისა და ინფორმატიკის დიდაქტიკის დანერგვა და განვითარება იყო. საგანმანათლებლო დაწესებულებებისთვის შემუშავდა სპეციალური პროგრამები, ლექციათა კურსები, ლაბორატორიები და სახელმძღვანელოები. ამ პერიოდში გ. ჩოგოვამემ გამოსცა სამეცნიერო-პოპულარული მონოგრაფიები „ინფორმაცია“, „გლობალანსი“, „ბიოსფერია“ და „ფიქრები მომავალზე“, რომლებმაც ფართო საზოგადოების დიდი ინტერესი გამოიწვია [7-10].

აკად. გ. ჩოგოვამის ინიციატივით (ბოლო წლებში) სტუ-ში ორჯერ (2018, 2021) ჩატარდა მაღალი რანგის საერთაშორისო კონფერენცია თემატიკით „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ (<http://old.conf-unesco.gtu.ge/>) [11,12].

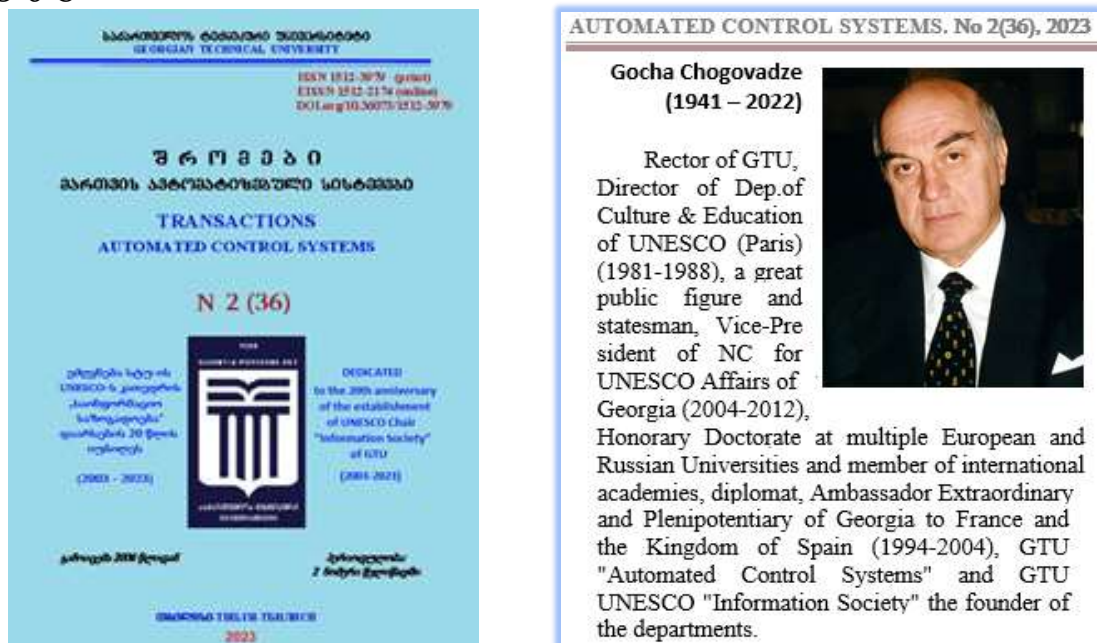
➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_6:** აკადემიკოსი გ. ჩოგოვამე დიდ ყურადღებას იჩენდა ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პროცესის დასაჩქარებლად, ბეჭდური და ელექტრონული ქართულენოვანი ლიტერატურის შექმნითა და გამოცემით, საერთაშორისო სტანდარტების გათვალისწინებით. კერძოდ, მისი დაარსებული ორი კათედრის ერთობლივი სამეცნიერო საქმიანობის საფუძველზე შეიქმნა რამდენიმე ფუნდამენტური მონოგრაფია და სახელმძღვანელო სტუდენტების, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტების ფართო წრისათვის (ქართულ ენაზე), რომელსაც აქტიურად იყენებენ თბილისის, ქუთაისის, ბათუმის, თელავის და სხვ. უნივერსიტეტებში. ეს წიგნები ხელმისაწვდომია (უფასოდ) სტუ-ის ელ-ბიბლიოთეკიდან ([https://old.gtu.ge/Learning/ElBooks/ims\\_books.php](https://old.gtu.ge/Learning/ElBooks/ims_books.php)) და პარლამენტის ციფრული ბიბლიოთეკიდან „ივერიელი“. მაგალითად, უნიკალური 1001 გვერდიანი მონოგრაფია „საინფორმაციო სისტემების დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები და მონაცემთა მენეჯმენტი“ (ნახ.2) [13], აგრეთვე.



ნახ.2. გ. ჩოგოვაძის თანაავტორობით შექმნილი მონოგრაფიები სტუს UNESCO-ს კათედრაზე (2017-2021 წლებში)

„ინფორმაციული საზოგადოება და ინტერდისციპლინური სწავლება ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე“ (სკოლებისა და უნივერსიტეტებისთვის) [14]. „პროგრამული აპლიკაციების ხარისხის მართვა: ტესტირება და ოპტიმიზაცია“ [15].

აკად. გ. ჩოგოვაძის მხარდაჭერით და საგამომცემლო რედკოლეგიის აქტიური წევრის სტატუსით 2006 წლიდან გამოიცემა პერიოდული საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“ (Print- და Online- ISSN ინდექსებით, DOI იდენტიფიკატორით) [16] (ნახ.3).



ნახ.3. საერთაშორისო ჟურნალი „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“

იგი სისტემატურად აქვეყნებდა ინოვაციური დატვირთვის მქონე სტატიებს ამ შრომათა კრებულში, განსაკუთრებით 2015-2022 წლებში, ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების სამეცნიერო მიმართულებით.

2023 წ. სტუ-ში გამოიცა UNESCO-ს „საინფორმაციო საზოგადოების“ კათედრის დაარსების 20 წლისთავისადმი და აკად. გ. ჩოგვაძის ხსოვნისადმი მიძღვნილი ორი მონოგრაფია, რომლებიც მისი იდეების და სურვილების გაგრძელების ნიშნებია (ნახ.4) [17, 18].



ნახ.4. სტუ-ის UNESCO-ს კათედრის დაარსების 20 წლისთავისადმი და გ. ჩოგვაძის გარდაცვალების წლისთავის ხსოვნისადმი მიძღვნილი წიგნები

➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_7:** სტუ-ის იუნესკოს კათედრაზე მუშაობისას ბატონი გოჩა დიდ ყურადღებას უთმობდა საგანმანათლებლო სფეროში არსებულ აქტუალურ გამოწვევებს და ეძიებდა გზებს ინფორმაციულ-კომუნიკაციური ტექნოლოგიების სხვადასხვა სფეროებში დასანერგად. ერთ-ერთი ამის კონკრეტული მაგალითია სტუ-ს ფაკულტეტათშორისი ინტერ-დისციპლინური საგანმანათლებლო პროგრამების შექმნის კონცეფცია.

საინფორმაციო სისტემა არის ის კომპლექსური მექანიზმი (პრესა, რადიო, ტელევიზია, კომპიუტერული სისტემები, კომუნიკაციის საშუალებები), რომელიც უზრუნველყოფს პიროვნებისა და მთელი საზოგადოების სრულფასოვან ინფორმატიზაციას, მათი განათლებისა და ცოდნის დონის ამაღლების გზით. ამიტომაც საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების პროცესში განსაკუთრებული როლი ენიჭება **მედიაინფორმატიკის** სფეროს (მედია - მასობრივი ინფორმაციის საშუალებები) [15]. იგი შინაარსობრივად აერთიანებს ისეთ მიმართულებებს, როგორცაა გამოყენებითი ინფორმატიკა, მედიადიზაინი, ფსიქოლოგია, მედიათეორია, მედიადიდაქტიკა და კომუნიკაციის მეცნიერება [16].

ბოლო წლებში განვითარებულმა ციფრულმა ტექნოლოგიამ მნიშვნელოვნად დააჩქარა და გააფართოვა მედიატექნოლოგიების გამოყენების არეალი. გაიზარდა მოთხოვნილება მედიაინფორმატიკის სპეციალისტებზე, რაც ცხადად აისახა მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების უნივერსიტეტების ახლადშექმნილი კათედრებისა და შესაბამის საგანმანათლებლო პროგრამების რაოდენობაზე.

სტუ-ის იუნესკოს კათედრა „ინფორმაციული საზოგადოება“ და მისი პარტნიორი დეპარტამენტები: „მართვის ავტომატიზებული სისტემები (პროგრამული ინჟინერია)“ და „ქართული ფილოლოგია და მედიატექნოლოგიები“ საგანმანათლებლო და სამეცნიერო



საქმიანობას მჭიდრო კონტაქტში წარმართავდნენ, ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების და განვითარების მიმართულებით [19].

➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_8:** სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე მზადდება და იცვება სამეცნიერო დისერტაციები, იწერება მონოგრაფიები განათლების მენეჯმენტის სრულყოფისა და ინფორმატიკის დიდაქტიკის თემატიკებზე. „ინფორმატიკის“ ახალი (2021წ.) სადოქტორო პროგრამის აკადემიურ კომპონენტში გაჩნდა სპეც-არჩევითი კურსები ICT მიმართულებათა შესაბამისად (სტუ-ს ვებ-გვერდზე შექმნილია „დოქტორანტის ბიბლიოთეკა“ [https://old.gtu.ge/Learning/ElBooks/Doctoral\\_Library.php](https://old.gtu.ge/Learning/ElBooks/Doctoral_Library.php)) (ნახ.5).

სწავლება ▾
მეცნიერება ▾
ფაკულტეტები ▾
ბრძანებები
ბიბლიოთეკა

დოქტორანტის ბიბლიოთეკა
✓

- აკადემიური და სამეცნიერო კომუნიკაციის ტექნიკა ი. ხომერიკი
- რისკების შეფასება განუზღვრელ პირობებში თ. ცაბაძე, დ. მაგრაქველძე
- კომპიუტერული ქსელების პრობლემები და მათი გადაწყვეტის მეთოდები რ. სამხარაძე, ლ. განიჩილაძე
- გამოყენებითი პროგრამული ინჟინერია (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) გ. სურგულაძე
- ინფორმაციის დაცვა და კიბერუსაფრთხოების სისტემები (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) ი. ქართველიშვილი
- ხელოვნური ინტელექტი (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) მ. ჩხაიძე, ო. თავდიშვილი, გ. ჩიჩუა, ს. ბარნოვი
- კვლევის მეთოდები ინფორმატიკაში (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) გ. ნარეშელაშვილი
- ინფორმაციული უსაფრთხოება (პრაქტიკული სამუშაოს მეთოდური მითითებანი) ნ. ამილახვარი, გ. ამილახვარი
- განათლების ხარისხის მართვის თეორიულ-მეთოდოლოგიური კვლევა, მოდელირება და რეალიზება (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი: III -ნაწ.) გ. ჩაჩანიძე
- აკადემიური მობილობის ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების კვლევა, მოდელირება და რეალიზება (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი: II -ნაწ.) გ. ჩაჩანიძე
- კრედიტების ოპტიმალური განაწილების კვლევა, მოდელირება და რეალიზება (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი: I-ნაწ.) გ. ჩაჩანიძე, გ. იმნაიშვილი
- ღრუბლოვანი პლატფორმაზე ბიზნეს გადაწყვეტილებათა იმპლემენტაცია (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) ნ. თოფურია
- დიდ მონაცემთა ტექნოლოგია ბიზნესანალიტიკა, დეველოპმენტი და იმპლემენტაცია (პრაქტიკულის მეთოდური მითითებანი) ბ. მეფარიშვილი
- მანქანური სწავლების მეთოდები და ალგორითმები ქ. ყაჭიაშვილი

ნახ. 5. „ინფორმატიკის“ სადოქტორო პროგრამის არჩევითი კურსების ვებგვერდი

აქ წარმოდგენილია ჩვენი ფაკულტეტის ყველა დეპარტამენტის წამყვან პროფესორთა საყურადღებო მეთოდური წიგნები განათლების ხარისხის მართვისა და თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების სფეროებში, ანუ ის თემები, რომლებსაც დოქტორანტები დაეუფლებიან პირველ კურსზე და შემდეგ გამოიყენებენ მათ კვლევით ნაწილში. ამის მაგალითი შეიძლება მრავლად მოვიყვანოთ.

მაგალითად, „ინფორმატიკის“ პროგრამის დოქტორანტურაში სწავლის პერიოდში თბილისის ერთ-ერთი სკოლის გეოგრაფიის მასწავლებელი იმდენად ღრმად დაეუფლა ახალ ინფორმაციულ ტექნოლოგიებს, რომ ჩვენ ახალ კონცეფციებს „ინფორმატიკის დიდაქტიკის“

მიმართულებით ექსპერიმენტის სახით ვნერგავდით ინტეგრირებული გაკვეთილების სახით უშუალოდ ამ დოქტორანტ-მასწავლებლის გაკვეთილებზე. მოსწავლეების უკუკავშირის ეფექტი იმდენად დიდი იყო, რომ სკოლის ადმინისტრაციამ გადაწყვიტა მაქსიმალურად დაეჭირა მხარი ასეთი ინოვაციური გამოწვევისათვის. მათ დააფინანსეს ციფრული ტექნოლოგიებისთვის მინიმალურად საჭირო ინვენტარი (ვირტუალური რეალობის სათვალეების ჩათვლით).

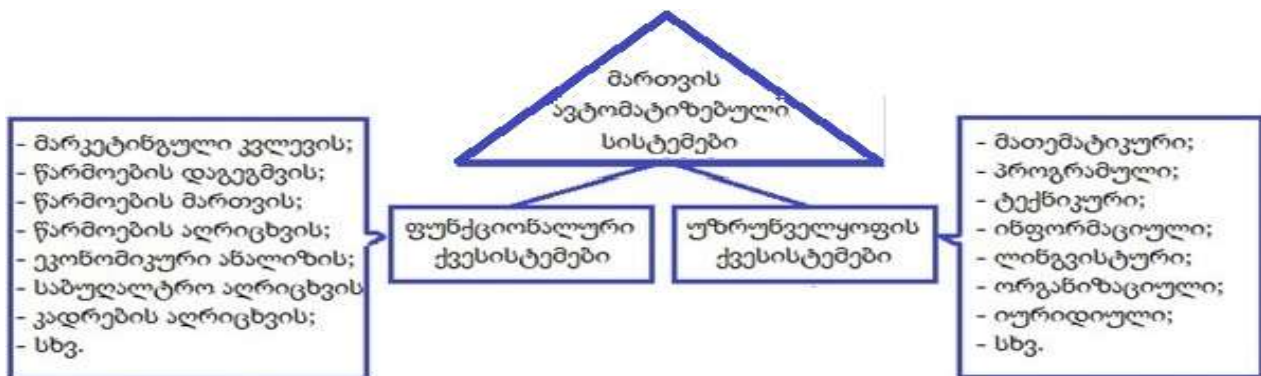
სტუ-ის იუნესკოს კათედრაზე, აკად, გ. ჩოგოვაძესთან სამეცნიერო სემინარზე ამ შედეგების განხილვისას, გადაწყდა, რომ შეგვექმნა წიგნი-მონოგრაფია, რომელიც სახელმძღვანელო იქნებოდა ყველა სკოლისთვის (უნივერსიტეტისთვისაც). მომზადდა და დაიბეჭდა ეს წიგნი 2021-წელს (ნახ.2) [[https://old.gtu.ge/book/Surgu\\_InfoSociety-21%20new.pdf](https://old.gtu.ge/book/Surgu_InfoSociety-21%20new.pdf)].

წიგნში განხილულია ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირების პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები განათლების სფეროში ინტერდისციპლინური სწავლების და ინფორმაციული ტექნოლოგიების დანერგვის ბაზაზე. განხორციელებულია სწავლებისა და მისი თანმხლები პროცესების ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზი, პროექტირება, რეალიზაცია და ტესტირება, ხარისხის შეფასებით. გააზრებულია ინოვაციური, ინტეგრირებული გაკვეთილების დაგეგმვა და ჩატარება კომპიუტერული სისტემების და ვირტუალური რეალობის ტექნიკის გამოყენებით, რაც მნიშვნელოვნად ამაღლებს სტუდენტ/მოსწავლეთა აქტიურებას და მათ შემეცნებით უნარს (ნახ.6). საგანთშორისი (მათემატიკა, ფიზიკა, ბიოლოგია, გეოგრაფია, ინფორმატიკა და სხვ.) კავშირების ბაზაზე შემუშავებულია სცენარების აგების მეთოდიკა, მათი რეალური ობიექტებისა და მოვლენების სემანტიკურად ასახვის მიზნით. აგებულია ობიექტ-როლური (კონცეპტუალური) მოდელი, საინფორმაციო ბაზა და ვებ-პორტალი. მონოგრაფია განკუთვნილია განათლების და ინფორმატიკის მენეჯმენტის სპეციალისტების, დოქტორანტებისა და სტუდენტებისათვის.



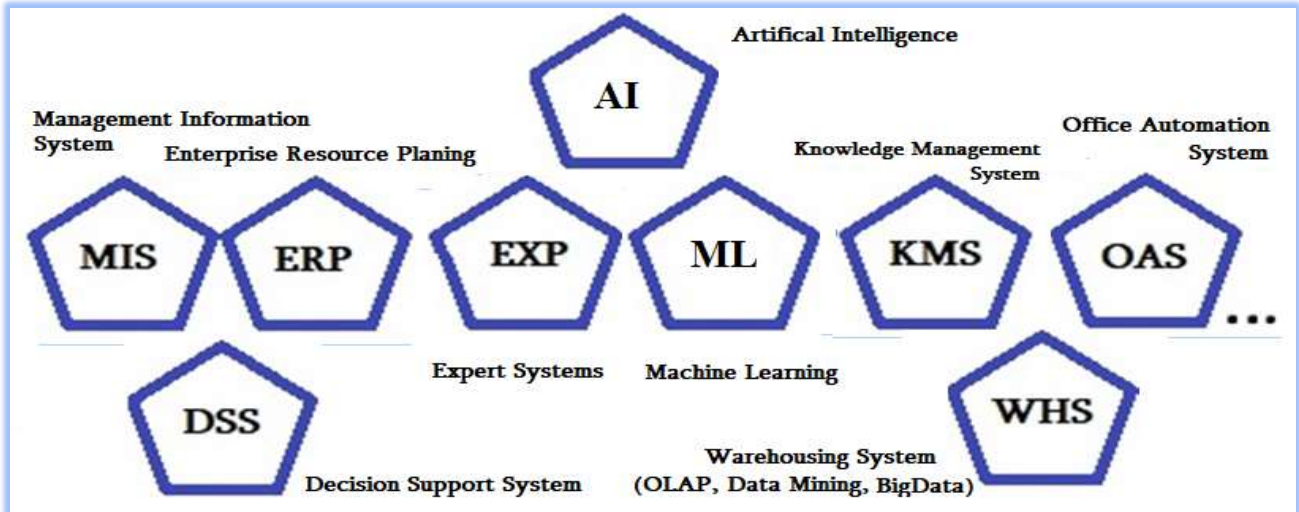
ნახ.6

➤ **ინოვაციური გადაწყვეტა\_9:** სასწავლო პროცესის ორი საუკუნის ორი მოდელი სტუ-ის იმს ფაკულტეტზე. როგორც ისტორიული ფაქტები მიგვანიშნებს, ჩვენ ფაკულტეტზე *მას-*კათედრა გ. ჩოგოვაძის ინიციატივით 1971 წელს შეიქმნა, ასეთი იყო *მას-*ის კლასიკური სტრუქტურა სსრკ-სა და აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში (ნახ.7).



ნახ. 7. მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურა და შედგენილობა

მე-8 ნახაზზე წარმოდგენილია ინფორმაციულ სისტემათა კლასიკური ტიპები, რომელთა დაპროექტება და პროგრამული რეალიზაცია (დეველოპმენტი) *მას*-კათედრის მიერ ისწავლებოდა 40 წლის განმავლობაში სტუ-ს ინფორმატიკისა და დაუსწრებელი სწავლების ფაკულტეტებზე „ინფორმაციის დამუშავებისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემების (იდმას)“ სპეციალობით.



ნახ. 8. ინფორმაციულ სისტემათა კლასიკური ტიპების ფრაგმენტი

*იმს*-ფაკულტეტზე (დეკანი პროფ. ნ. ლომინაძე) ინოვაციური სტრუქტურული გადაწყვეტა გახლდათ 1997 წელს „ეკონომიკური ინფორმატიკის“ მიმართულების შექმნა (ხელმძღვანელი პროფ. ნ. ლომინაძე), რომელიც მართვის ავტომატიზებული სისტემების მიმართულებასთან (ხელმძღვანელი პროფ. გ. სურგულაძე) გაერთიანებულ იქნა ახლად შექმნილ ორგანიზაციული მართვის დეპარტამენტში (დეპ.-ის უფროსი პროფ. გ. გოგიჩაიშვილი). „ეკონომიკური ინფორმატიკის“ მიმართულება, შემდეგ კი დეპარტამენტი (2000 წ.), იყო *საბანკო და საფინანსო ოპერაციების* მართვის ავტომატიზებული სისტემა, ფუნქციონალური და უზრუნველყოფის ქვესისტემებით. მოგვიანებით, გამოთვლითი მათემატიკის დეპარტამენტმა სტუდენტებისთვის შექმნა ახალი საგანმანათლებლო მიმართულება „*საფინანსო ინფორმატიკა*“ (პროფ. ა. ლაშხი).

2021 წელს გაგრძელდა *იმს*-ფაკულტეტის სტრუქტურის ინოვაციური რეფორმა, მისი ახალი დეკანის, პროფ. თ. ლომინაძის ხელმძღვანელობით. *მას*- და *ეკონომიკური ინფორმატიკის* დეპარტამენტები შეიცვალა ახალი (ამერიკული) სტრუქტურით, კერძოდ, პროგრამული ინჟინერიის, ინფორმაციული სისტემების (რაც ადრე *მას*-ში იყო ფუნქციონალური ქვესისტემები) და ინფორმაციული ტექნოლოგიების (ადრე *მას*-ში - უზრუნველყოფის ქვესისტემები) დეპარტამენტებით. დაემატა ხელოვნური ინტელექტის დეპარტამენტიც. ასეთი სიახლე დადებითად აისახა ფაკულტეტის სასწავლო და სამეცნიერო პროცესების განვითარებაზე.

### 3. დასკვნა

სტუ-ის UNESCO-ს კათედრა „საინფორმაციო საზოგადოება“ 20 წლის განმავლობაში (2003-2022). მისი დამაარსებლის და პირველი კათედრის გამგის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის ხელმძღვანელობით: აქტიურად ეწეოდა იუნესკოს განათლების საერთაშორისო სტანდარტების დანერგვის პროცესის ხელშეწყობას საქართველოში „საინფორმაციო საზოგადოების“ ფორმირების მიზნით; სისტემატურად ატარებდა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებს „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ (2018, 2021),

ამერიკისა და ევროპის უნივერსიტეტების კოლეგების მონაწილეობით. ხელს უწყობდა სტუ-ს, ქუთაისის და სხვ. უნივერსიტეტების ინოვაციური წინადადებების განვითარებას; სტუდენტების აქტიურ ჩართულობას ახალი ციფრული ტექნოლოგიების ათვისებაში, საზღვარგარეთ მათ სტაჟირებასა და ინოვაციურ სტარტაპ-პროექტებში მონაწილეობას.

შეიძლება ითქვას, რომ აკად. გ. ჩოგოვაძის „დარგულმა ხემ“ მართვის ავტომატიზებული სისტემების (*Management Information Systems – MIS*) და იუნესკოს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრების სახით, ახალგაზრდა, მაღალკვალიფიციური საინჟინრო კადრების მომზადების მიზნით, წარმატებით გაუძლო ორ საუკუნეს და მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა მსოფლიო საინფორმაციო საზოგადოების ფორმირების უწყვეტ პროცესში.

#### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Resolution adopted by the General Assembly on 27 March 2006. A/60/L.50. World Summit on the Information Society. Intern. resource: [http://wikivisually.com/wiki/World\\_Information\\_Society\\_Day](http://wikivisually.com/wiki/World_Information_Society_Day)
2. World Summit on the Information Society Forum 2023. Internet resource: <https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2023/en>
3. Surguladze G. (1976). About one approach to data management in relational database systems. Proceedings of Georgian Polytechnic Institute, No. 8(190). Tbilisi, pp. 51-53, (in Russian)
4. Chogovadze G., Surguladze G., Chachanidze G. (1977). Design of relational information banks and issues of communication in them. Abstracts of the Reports of the 1st All-Union School-Seminar. "Intelligent Databases of Information Systems". Published by Mifi, GPI, Moscow-Tbilisi. pp.55-58 (in Russian)
5. Chogovadze G., Surguladze G., Chachanidze G. (1979). Relational Approach to Designing Database Structures for Pipe Production. Abstracts of Reports of the 22nd scientific and technical conference of Georgian Polytechnic Institute, Tbilisi. (in Russian)
6. ORBICOM -UNESCO. (2008). <https://en.wikipedia.org/wiki/Orbicom-UNESCO>
7. Chogovadze G. (2003). InforNation: Information, Society, People. Tbilisi, "Neostudio"
8. Chogovadze G. (2006). Global balance. Moscow. "Z. Tsereteli Creative Workshops "
9. Chogovadze G. (2009). Biosphere. Moscow. "Z. Tsereteli Creative Workshops "
10. Chogovadze G. (2015). Thoughts for the future. Tbilisi. -198 p.
11. Surguladze G. (2022). Georgian Technical University Celebrates the 100th Anniversary – the Contribution of Academician G. Chogovadze, the Founder of the Department of ACS, to the Field of Education and Science Development. Transactions of GTU "Automated Control Systems. No 1(33), pp. 7-24. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
12. Chogovadze G., Prangishvili A., Djagodnishvili T., Surguladze G. (2018). Information Society - Modern Challenge of Multidisciplinary Education. Internat. Scientific-Techn. Conf. „*Information Society and Technologies for Intensification of Education (ISTIE'18)*”. In Transact. of GTU "Automated Control Systems. No 2(26), pp. 19-25. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
13. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G. (2017). Hybrid Software Technologies and Data Engineering for Management Information Systems. Monograph, GTU, „Techn.Univ.“, Tb., -1001 p., (in Georgian)
14. Chogovadze G., Surguladze G., Topuria N., Kharitonashvili M. (2021). Information Society and interdisciplinary Teaching Based on Digital Technologies. GTU. © „IT-Consulting scientific center” of GTU, ISBN 978-9941-8-3338-0. Tbilisi, 360 p., (in Georgian)
15. Chogovadze G., Surguladze G., Gulitashvili M., Dolidze S. (2020). Software Quality Management: Testing and Optimization. GTU. "IT-Consulting Scientific Center", Tbilisi, (in Georgian)
16. Transactions of GTU "Automated Control Systems". ISSN 1512-3979 (print), EISSN 1512-2174 (online), DOI.org/10.36073/1512-3979. [https://gtu.ge/Journals/mas/jurnali\\_web/referE.html](https://gtu.ge/Journals/mas/jurnali_web/referE.html).

17. Surguladze G., Papavadze S., Machaladze O. (2023). Information Society and Didactics of Informatics. ISBN 978-9941-8-5443-9. Publ. „IT-Consulting scientific center” of GTU, -260 p. (in Georgian)

18. Surguladze G., Gogshelidze D., Dalakishvili G. (2023). Information Society: Publishing Marketing and Machine Learning. ISBN 978-9941-8-5442-2. Publ. „IT-Consulting scientific center” of GTU, Tbilisi, 216p. (in Georgian)

19. Chogovadze G., Prangishvili A., Djagodnishvili T., Surguladze G. (2017). From Information Systems to Information Society. Transactions of GTU “Automated Control Systems. No 1(23), pp. 7-16. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)

*(სტატია მიღებულია 1.03.2023)*

## REFORMER Ex-RECTOR OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY, ACADEMICIAN GOCHA CHOGOVADZE AND HIS HISTORICAL ROLE IN THE ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF THE MIS AND UNESCO'S INFORMATION SOCIETY CHAIRS IN GTU

Surguladze Gia, Petriashvili Lili, Nareshelashvili Gulbaat

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge

### Summary

The issues of analyzing the results of innovative tasks of the 55-year (1971-2022) educational, scientific and social activities of academician Gocha Chogovadze, ex-rector of the Georgian Technical University (1988-1994) are considered. His significant contribution to the formation of the status of the Georgian Technical University (1991), as well as in the creation and development of the Department of Automated Control Systems (1971) and the UNESCO Chair of Information Society at GTU (2003-2022). Under his leadership, several important scientific solutions of theoretical and practical importance were presented, thanks to which the GTU Faculty of Computer Science has been and remains one of the leaders in the field of ICT. The 20-year (2003-2022) historical role of the UNESCO Chair “Information Society” in the intensification of the educational process based on modern digital technologies is also presented.

*(Received 1.03.2023)*

## РЕФОРМАТОР ЭКС-РЕКТОР ГТУ, АКАДЕМИК ГОЧА ЧОГОВАДЗЕ И ЕГО ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ В СОЗДАНИИ И РАЗВИТИИ КАФЕДР АСУ И „ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО“ ЮНЕСКО ПРИ ГТУ

Сургуладзе Г., Петриашвили Л., Нарешелашвили Г.

Грузинский Технический Университет

g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, g.nareshelashvili@gtu.ge

### Резюме

Рассмотрены вопросы анализа результатов инновационных задач 55-летней (1971-2022) образовательной, научной и общественной деятельности академика Гочи Чоговадзе, экс-ректора Грузинского технического университета (1988-1994). Его значительный вклад в формирование статуса Грузинского технического университета (1991 г.), а также в создание и развитие кафедры автоматизированных систем управления (1971 г.) и кафедры ЮНЕСКО «Информационное общество» в ГТУ (2003-2022 гг.). Под его руководством было представлено несколько важных научных решений, имеющих теоретико-практическое значение, благодаря которым факультет Информатики и систем управления ГТУ был и остается одним из лидеров в области ИСТ. Также представлена 20-летняя (2003-2022 гг.) историческая роль кафедры ЮНЕСКО «Информационное общество» в интенсификации образовательного процесса на основе современных цифровых технологий.

*(Поступила 1.03.20 23)*

# ჰიდროინდუსტრიაში ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის აგების პრინციპები Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე

თამარ ხუჭუა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

tamunaxuchua@yahoo.com

## რეზიუმე

წარმოდგენილია ჰიდროინდუსტრიაში ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის აგების პრინციპები Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე. განხილულია ნეირო-არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია. მოყვანილია ნეირო-არამკაფიო ალგორითმების ტიპები და მაგალითები. განხილულია ჰიდროინდუსტრიაში ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის მიერ მონაცემთა დამუშავება არამკაფიო სისტემის საფუძველზე შემუშავებული ალგორითმების გამოყენებით.

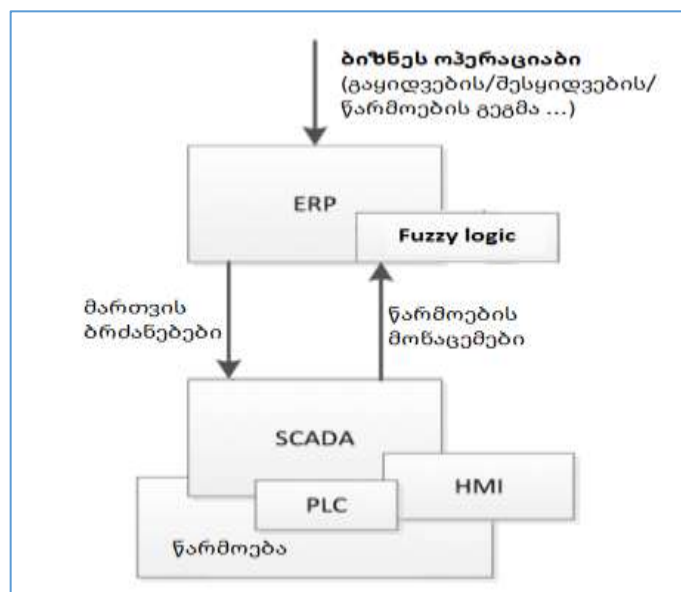
**საკვანძო სიტყვები:** ჰიდროინდუსტრია. მონაცემთა დამუშავება. ნეირო-არამკაფიო Fuzzy ტექნოლოგია.

## 1. შესავალი

ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის ამოცანაა ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების მონიტორინგი, ანალიზი და მართვა ორგანიზაციის სტრუქტურული ერთეულის ყველა დონეზე. აღნიშნული ამოცანის გადაჭრა შესაძლებელია რეალურ დროში ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე, რაც მიიღწევა მონაცემთა დამუშავების სწორი ალგორითმის შერჩევით.

მონაცემთა დამუშავების მრავალი თეორია არსებობს, ქვემოთ განვიხილოთ ჰიდროინდუსტრიაში ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის მიერ მონაცემთა დამუშავება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე [1-3].

1-ელ ნახაზზე მოცემულია ინტეგრირებული სისტემის მოდელი და ამ სისტემის მიერ მონაცემთა დამუშავება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე.



ნახ. 1. ინტეგრირებულ სისტემის მოდელი

## 2. ძირითადი ნაწილი

კლასიკური გაგებით სიმრავლე ჩვეულებრივ განისაზღვრება, როგორც ელემენტების ან ობიექტების ერთობლიობა  $x \in X$ , რომელიც შეიძლება იყოს სასრული, თვლადი ან უთვლადი. თუ  $X$  არის ობიექტების ერთობლიობა, ე.წ. უნივერსალური სიმრავლე, რომელიც შეიცავს სხვა სიმრავლეებს, არამკაფიო  $\check{A}$  სიმრავლე  $X$  სიმრავლეში არის მოწესრიგებული წყვილების სიმრავლე, რომელმაც შეიძლება მიიღოს ნებისმიერი მნიშვნელობა  $[0,1]$  შუალედიდან [7,9].

განვიხილოთ  $\check{A}$  არამკაფიო სიმრავლის შემდეგი გამოსახულება

$$\check{A} = \{(x, \mu_{\check{A}}(x)) | x \in X\}$$

სადაც,  $\check{A} \subseteq X$  სიმრავლის მახასიათებელი  $\mu_{\check{A}}$  ფუნქციის მნიშვნელობა გვიჩვენებს,  $X$  სიმრავლის  $x \in X$  ელემენტი არის თუ არა  $\check{A}$  სიმრავლის ელემენტი

$$\mu_{\check{A}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{თუ } x \in A \\ 0 & \text{თუ } x \notin A \end{cases}$$

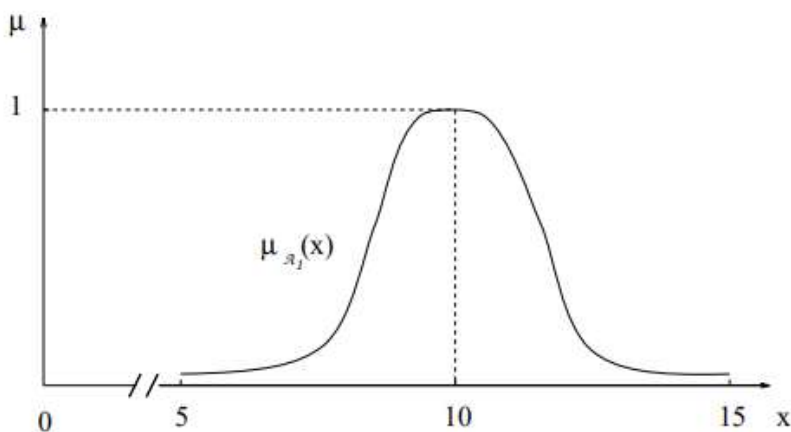
არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიაში არამკაფიო სიმრავლე აღნიშნება წყვილთა მოწესრიგებული სიმრავლით, რომლის პირველი ელემენტი აღნიშნავს ელემენტს, ხოლო მეორე მიკუთვნების ხარისხს,  $\mu_{\check{A}}(x)$  მნიშვნელობა არის არამკაფიო  $A$  სიმრავლის  $X$  ელემენტის მიკუთვნების ხარისხი.

არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქცია არის მკვეთრი (რეალური ღირებულების) ფუნქცია. განსაზღვრების თანახმად (ზადე) არამკაფიო სიმრავლეებში, მიკუთვნების ფუნქციები თავად წარმოადგენენ არამკაფიო სიმრავლეებს [7,9].

განვიხილოთ არამკაფიო სიმრავლე 10-თან მიახლოებული რიცხვების მაგალითზე.

$$A_1 = \left\{ (x, \mu_{A_1}(x)) \mid x \in [5,15], \mu_{A_1}(x) = \frac{1}{1 + (x - 10)^2} \right\}$$

მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია  $\mu_{A_1}(x)$  უწყვეტი ფუნქცია წარმოადგენს არამკაფიო  $A_1$  სიმრავლეს, გამოსახულს 10-თან მიახლოებულ რიცხვებში:

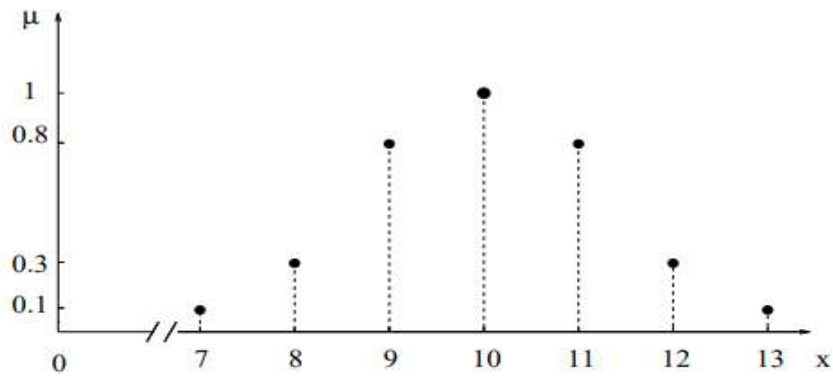


ნახ. 2. არამკაფიო სიმრავლე 10-თან მიახლოებულ რიცხვებში

10-თან მიახლოებული მთელი რიცხვები შეიძლება გამოისახოს სასრული არამკაფიო სიმრავლით, რომელიც შედგება შვიდი მოწესრიგებული წყვილისგან.

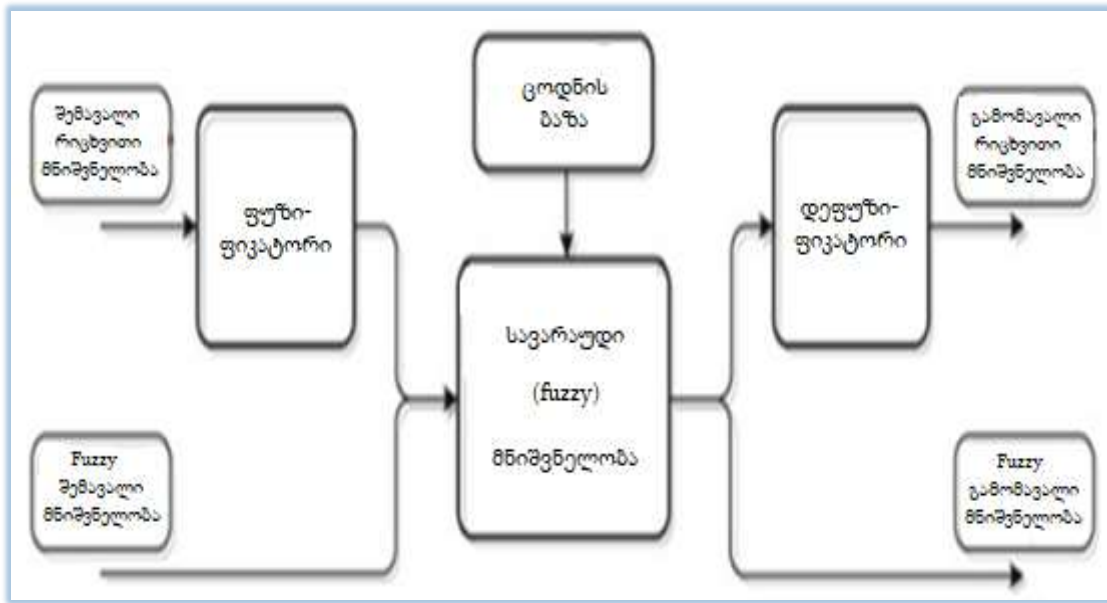
$$A_2 = \{(7,0.1), (8,0.3), (9,0.8), (10,1), (11,0.8), (12,0.3), (13,0.1)\}$$

$A_2$  სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქცია ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე წერტილებით; ეს არის დისკრეტული ფუნქცია.



ნახ. 3. დისკრეტული ფუნქცია 10-თან მიახლოებული მთელი რიცხვებით

არამკაფიო სისტემის ტიპური სტრუქტურა (ნახ. 4) შედგება ოთხი ფუნქციური ბლოკისაგან: Fuzzy ველი, Fuzzy დასკვნის მექანიზმი, ცოდნის ბაზა და დეფუზიფიკატორი. როგორც ენობრივი მნიშვნელობები (განსაზღვრულია არამკაფიო კომპლექტებით), ასევე მკაფიო (რიცხობრივი) მონაცემები შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც შემავალი მონაცემები არამკაფიო სისტემისთვის [6, 7].



ნახ. 4. არამკაფიო სისტემის ტიპური სტრუქტურა

შეყვანის ცვლადების მნიშვნელობები გარდაიქმნება გამომავალი ცვლადის ლინგვისტურ მნიშვნელობებში, არამკაფიო სიმრავლით განსაზღვრული ინფორმაციის დამუშავების შესაბამისი მეთოდის, საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით, რომელიც წარმოდგენილია არამკაფიო პირობითი წესების (ცოდნის ბაზა) სახით. ლინგვისტური მნიშვნელობების გარდა, შეიძლება საჭირო გახდეს რიცხვითი მონაცემები, როგორც არამკაფიო სისტემის გამოსავალი. ასეთ შემთხვევებში გამოიყენება დეფუზიფიკაციის მეთოდები, რომლებიც წარმოადგენენ მიღებულ მკაფიო მონაცემებს, როგორც არამკაფიო სისტემის გამომავალი შედეგი.

არამკაფიო სისტემების პრაქტიკული გამოყენება მოიცავს ამოცანებს, რომელთა სრული მათემატიკური აღწერა არ არის ხელმისაწვდომი ან სადაც ზუსტი (მკაფიო) მოდელის გამოყენება არაეკონომიური ან მოუხერხებელია. არაზუსტი ინფორმაციის დამუშავების უნარი არამკაფიო



სისტემას შესანიშნავ ინსტრუმენტად აქცევს, მაგალითად, პროცესების კონტროლისათვის [1,3], სისტემის იდენტიფიკაციისთვის [1,2], გადაწყვეტილების მიღებისათვის [1,3], სიგნალისა და გამოსახულების დამუშავებისთვის [3,4,6] და სხვა.

არამკაფიო ლოგიკა ხშირად აღწერილია, როგორც ოთხი კომპონენტისაგან შედგენილი ერთობლიობა:

- *ფუზიფიკაცია*. გარკვეული შეყვანის მნიშვნელობების კონვერტაციის პროცესი არამკაფიო კომპლექტებში წევრობის გარკვეულ ხარისხში;
- *არამკაფიო წესები / ცოდნის ბაზა*. ეს არის „თუ-მაშინ“ წესები, რომლებიც წარმოადგენენ არამკაფიო სისტემის ლოგიკას და რომლებიც ხშირად გამომდინარეობს ექსპერტების მოსაზრებებიდან ან უფრო რაოდენობრივი მიდგომებიდან;
- *დასკვნის მეთოდი*. საბოლოო არამკაფიო დასკვნის მიღების გზა შეყვანის ცვლადების არამკაფიო სიმრავლეებთან მიკუთვნების ხარისხისა და დეტალური არამკაფიო წესების მიხედვით
- *დეფუზირება*. არამკაფიო დასკვნების დეტალურ გამომავალ მნიშვნელობებად გარდაქმნის პროცესი.

არამკაფიო ლოგიკა არის კლასიკური ლოგიკის გაფართოება, რომელიც მოიცავს გაურკვეველობას. იგი გავლენას ახდენს ადამიანის გადაწყვეტილების მიღებაზე. ის ხშირად გამოიყენება რთული პრობლემების გადასაჭრელად, სადაც პარამეტრები შეიძლება იყოს გაურკვეველი ან არაზუსტი.

არამკაფიო პროცესის კონტროლში ექსპერტიზა სისტემაშია ჩადებული, ადამიანთა სამოქმედო კრიტერიუმების შესახებ ცოდნის ლინგვისტური აღწერის, პროცესის მდგომარეობებისა და შემავალ-გამომავალი ურთიერთობების შესახებ, ცოდნის თვალსაზრისით. საკონტროლო ქმედებები დაშიფრულია არამკაფიო სისტემაში დასკვნის წესებით [6-8].

საერთაშორისო კვლევებში არსებობს ორი მიდგომა და კონტროლი შეიძლება დაიყოს ორ მთავარ ნაწილად:

- *კონტროლის ალგორითმული ოპტიმიზაციის მიდგომები*: რაც გამომდინარეობს მათემატიკის, კლასიკური კომპიუტერული მეცნიერების და ოპერაციათა კვლევის საფუძვლებიდან;
- *ევრისტიკული მიდგომები*: რომლებიც ცდილობს სწრაფად იპოვოს კარგი (აუცილებლად ოპტიმალური) გადაწყვეტილებები ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისა და საექსპერტო ცოდნის გამოყენებით;

ეს მიდგომები სულაც არ არის ურთიერთგამომრიცხავი, შეიძლება მათი კომბინირებული გამოყენება [9].

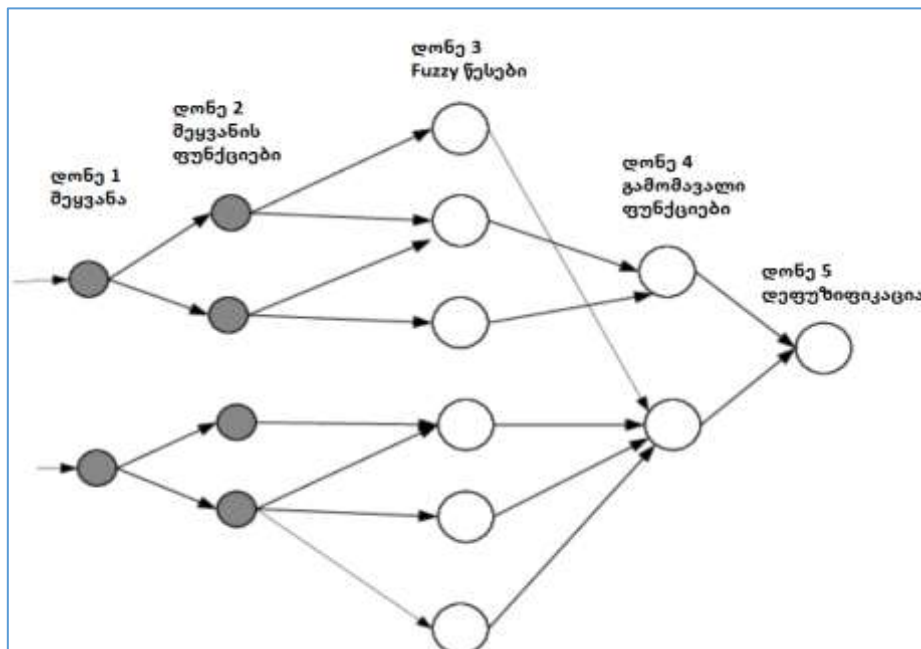
ნეირო-არამკაფიო სისტემა არის არამკაფიო სისტემა, რომელიც იყენებს ალგორითმს, რომელიც მომდინარეობს ნეირონული ქსელის თეორიის საფუძველზე, რათა დადგინდეს მისი პარამეტრები (არამკაფიო სიმრავლეები და არამკაფიო წესები) მონაცემთა ნიმუშების დამუშავებით.

თანამედროვე ნეირო-არამკაფიო სისტემები, როგორც წესი, წარმოდგენილია სპეციალური მრავალშრიანი ნეირონული ქსელების სახით (იხ. მაგალითად, მოდელები, როგორცაა ANFIS [6], FuNe, Fuzzy RuleNet, GARIC, ან NEFCLASS და NEFCON [5-7, 9]). თუმცა, ასევე განიხილება სხვა

ნეირონული ქსელის არქიტექტურის ფაზირება, მაგალითად, თვითორგანიზებული ფუნქციური რუქები [6,9]. ნეირო-არამკაფიო ქსელებში კავშირის წონა და გამრავლებისა და აქტივაციის ფუნქციები განსხვავდება ჩვეულებრივი ნეირონული ქსელებისგან. მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს მრავალი განსხვავებული მიდგომა, ჩვენ ჩვეულებრივ ვიყენებთ ტერმინს ნეირო-არამკაფიო სისტემები [4,7,8].

ნეირო-არამკაფიო სისტემა დაფუძნებულია არამკაფიო სისტემაზე, მისი ალგორითმები ეფუძნება ნეირო ქსელის თეორიას.

ნეირო-არამკაფიო სისტემა განიხილება როგორც 3-დონიანი არქიტექტურის მქონე სისტემა. პირველი დონე წარმოადგენს შეყვანის ცვლადებს, მეორე დონე – არამკაფიო სისტემის წესებს და მესამე დონე – გამომავალ ცვლადებს. არამკაფიო კომპლექტები დაშიფრულია, როგორც (არამკაფიო) კავშირის წონა. თუმცა, ხშირად გამოიყენება ნეირო-არამკაფიო სისტემის 5 დონიანი არქიტექტურა (ნახ. 5), სადაც არამკაფიო სიმრავლეების წესები წარმოდგენილია მეორე - მეოთხე დონეებში.

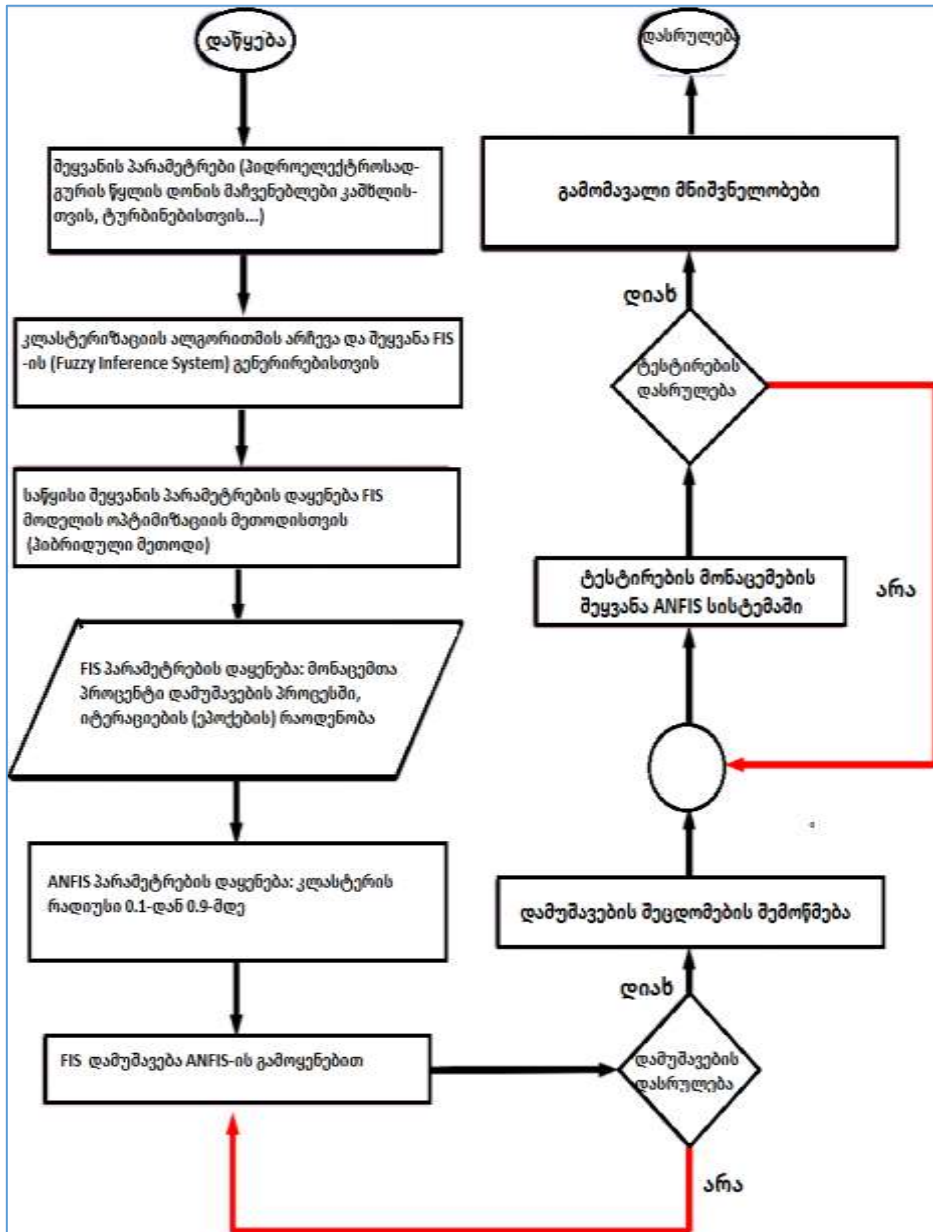


ნახ. 5. ნეირო-არამკაფიო მოდელის მაგალითი

ნეირო-არამკაფიო ჰიბრიდიზაცია უზრუნველყოფს ჰიბრიდულ ინტელექტუალურ სისტემას, რომელიც აერთიანებს არამკაფიო სისტემების ადამიანის მსგავსი მსჯელობის ტექნიკას ნეირონული კავშირების სტრუქტურასთან. ნეირო-არამკაფიო ჰიბრიდიზაციას ლიტერატურაში ფართოდ უწოდებენ არამკაფიო ნეირო ქსელს (FNN) ან ნეირო-არამკაფიო სისტემას (NFS). ნეირო-არამკაფიო სისტემა აერთიანებს არამკაფიო სისტემების ადამიანის მსგავს მსჯელობის სტილს არამკაფიო კომპლექტებისა და ლინგვისტური მოდელის გამოყენებით, რომელიც შედგება „თუ-მაშინ“ არამკაფიო წესების ნაკრებისგან.

განვიხილოთ ჰიდროელექტროსადგურების ავტომატიზებულ სისტემაში მონაცემების დამუშავება ANFIS მოდელის გამოყენებით.

მე-6 ნახაზზე ნაჩვენებია ANFIS არქიტექტურის ტოპოლოგია, მონაცემთა დამუშავების და ხარვეზის გამოვლენის სისტემისთვის. შექმნილი ANFIS მოდელი შეიცავს რამდენიმე შემავალ და ერთ გამომავალ მნიშვნელობას. შემავალი ცვლადები შეიძლება იყოს დასამუშავებელი პარამეტრების მნიშვნელობები, როგორებიცაა, წყლის დონე კაშხალში ან ტურბინებში, დანადგარების მიმდინარე პარამეტრები, მათი სასიცოცხლო მაჩვენებლები, ჰიდრო-ელექტროენერჯის გამომუშავების პარამეტრები და ა.შ., სისტემის ხარვეზის მდგომარეობა ან დამუშავებით მიღებული შედეგი არის შემუშავებული მოდელის გამომავალი ცვლადი.



ნახ. 6. ANFIS სისტემის არქიტექტურა

### 3. დასკვნა

არამკაფიო სიმრავლეების თეორია წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული აპარატურაში, პროგრამულ უზრუნველყოფაში ან ორივეს კომბინაციაში. მისი გამოყენება

შეიძლება პატარა, ხელნაკეთი პროდუქტებიდან დაწყებული, პროცესების მართვის დიდი კომპიუტერიზებული სისტემებით დამთავრებული.

არამკაფიო ლოგიკა მართვისა და წარმოების ხარისხის გაუმჯობესების, განვითარების დროისა და ღირებულების შემცირების თვალსაზრისით წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში - საავტომობილო და სხვა სატრანსპორტო საშუალებების ქვესისტემები, როგორცაა ავტომატური ტრანსმისია, ABS და კრუიზ კონტროლი; ჰაერის კონდინციონერები; ვიდეო კამერები; ციფრული გამოსახულების დამუშავება; საყოფაცხოვრებო ტექნიკა; ლიფტები; ხელოვნური ინტელექტი; ჰიდრომეტეორის კლასიფიკაციის ალგორითმები პოლარიმეტრული ამინდის რადარისთვის; ბუნებრივი რესურსების მარაგების ანალიზი და სხვ.

ზემოთ აღწერილი განხილულია ინტეგრირებული ავტომატიზებული სისტემის მართვის კუთხით ჰიდროინდუსტრიაში როგორც ტექნიკური მაჩვენებლების (წყლის დონე კაშხალსა და ტურბინებში, დანადგარებისა და აღჭურვილობების სამუშაო პარამეტრები და ა.შ) ისე გამომუშავების მაჩვენებლების მზა ალგორითმებით დამუშავება და მიღებული შედეგების საფუძველზე ოპერატიული მართვის ბრძანებების გაშვება, ასევე მიღებული შედეგების გამოყენება ანალიზისათვის, როგორც დამუშავებული, მზა მონაცემები, წარმოადგენს მნიშვნელოვან გადაწყვეტილებას საწარმოო ინდუსტრიისათვის.

#### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Dandan H., Yajuan Z., Junfeng L., Chen L., Mo X., Zhihai S. (2017). Research on Centralized Data-Sharing Model Based on Master Data Management. Volume 139.
2. Ershadi, M., Jefferies, M., Davis, P. and Mojtahedi, M. (2020). Towards successful establishment of a project portfolio management system: business process management approach. Journal of Modern Project Management, 8(1), pp. 22-41. <https://journalmodernpm.com/manuscript/index.php/jmpm/article/view/JMPM02302/389>
3. Richter M. (2013). "Business model innovation for sustainable energy: German utilities and renewable energy," Energy Policy, vol. 62, pp. 1226–1237.
4. Kacprzyk J., Wilbik A., Zadrzny S. (2018). Linguistic summarization of time series using quantifier driven aggregation. Fuzzy Set Syst, 159:1485–1499.
5. De Cook M., Cornelis C., Kerre E.E. (2004). Elicitation of fuzzy association rules from positive and negative examples. Fuzzy Set Syst. 149:74–85.
6. Pedrycz W., Rai P. (2008). Collaborative clustering with the use of Fuzzy C-Means and its quantification. Fuzzy Set Syst. 159:2399–2427.
7. Ghotb F., Warren L. (1995). A case study comparison of the analytic hierarchy process and fuzzy decision methodology. Eng Econ.40 (3):233–47.
8. Boukezzoula R., Jaulin L., Coquin D. (15 May 2022). A new methodology for solving fuzzy systems of equations: Thick fuzzy sets based approach. Fuzzy Sets and Systems. Volume 435. Pages 107-128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165011421002293>
9. Jiang H., Qing B. (2021). A decision-theoretic fuzzy rough set in hesitant fuzzy information systems and its application in multi-attribute decision-making. Information Sciences. Volume 579. Pages 103-127. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025521007908>

(სტატია მიღებულია 08.09.2023)

## PRINCIPLES OF BUILDING AN INTEGRATED AUTOMATED SYSTEM BASED ON FUZZY TECHNOLOGIES IN THE HYDRO INDUSTRY

Khuchua Tamar

Georgian Technical University  
tamunaxuchua@yahoo.com

### Summary

The article refers the results of the principles of building an integrated automated system based on Fuzzy technologies in the hydro industry . The theory of neuro-fuzzy sets is discussed. Types and examples of neuro-fuzzy algorithms are given. Data processing by an automated system integrated in the hydro industry using algorithms developed on the basis of a fuzzy system is discussed.

*(Received 08.09.2023)*

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ FUZZY ТЕХНОЛОГИЙ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ

Хучуа Т.

Грузинский Технический Университет  
tamunaxuchua@yahoo.com

### Резюме

Рассматриваются результаты принципов построения комплексной автоматизированной системы на основе нечетких технологий в гидроэнергетике. Обсуждается теория нейро-нечетких множеств. Приведены типы и примеры нейро-нечетких алгоритмов. Рассмотрена обработка данных автоматизированной системой, интегрированной в гидроэнергетику, с использованием алгоритмов, разработанных на основе нечеткой системы.

*(Поступила 08.09.2023)*

## ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებითი ასპექტები

დავით ჟუჟნიაშვილი<sup>1</sup>, ტრისტან ბუაძე<sup>2</sup>, ვაჟა გიორგაძე<sup>2</sup>

1-საქართველოს საერთაშორისო უნივერსიტეტი,

2-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

davit.zhuzhniashvili@gtu.edu.ge; buadzetristan@yahoo.com;

Lasha.romanovi@mail.ru

### რეზიუმე

განხილულია ალბათობისა და მათემატიკური სტატისტიკის, ანუ სტოქასტური ანალიზის მეთოდებით კონკრეტული პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტის გზები და შედარებულია ამ ამოცანების დეტერმინისტული მეთოდებით ამონახსნებთან და გაკეთებულია სათანადო დასკვნები. ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა ისეთი მათემატიკური აპარატია, რომლის საშუალებითაც შემთხვევითი მოვლენებისა და პროცესების შესწავლა და ანალიზი განსაკუთრებით დიდ მნიშვნელობას იძენს, როგორც პრაქტიკული ისე თეორიული მოსაზრებებიდან გამომდინარე.

**საკვანძო სიტყვები:** ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდი. სტოქასტური მეთოდი. დეტერმინისტური მეთოდი. ავტოკორელაცია.

### 1. შესავალი

ნაშრომში გადაწყვეტილია საინჟინრო ხასიათის საკითხები და მასში განხილულია მნიშვნელოვანი სამოქალაქო სამშენებლო მიმართულებები.

ნაშრომში გამოყენებულია სტოქასტური (შემთხვევითი) პროცესების ალბათურ-სტატისტიკური მახასიათებლებისა და განაწილების ფუნქციონალების შეფასების არსებული მეთოდები კონკრეტული ალბათური განაწილებების სხვადასხვა შემთხვევებისათვის. საინჟინრო სამშენებლო პრაქტიკასთან დაკავშირებით განიხილება, როგორც ალბათური მეთოდებით, ასევე დეტერმინისტური მეთოდებით ამოხსნა და მათი შედარება.

მითითებულია, რომ აღნიშნული საკითხები მნიშვნელოვანია არა მარტო საინჟინრო გამოყენებისათვის, არამედ ისინი მნიშვნელოვანია მომავალი მაღალი დონის ინჟინრებისა და მეცნიერების აღზრდისათვის სწავლა-სწავლების პროცესში.

### 2. ძირითადი ნაწილი

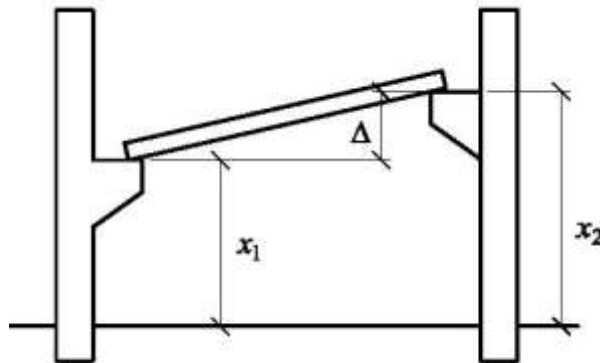
განვიხილოთ აღნიშნული ამოცანები.

ქვემოთ მოცემული ამოცანები სამშენებლო საინჟინრო ხასიათისაა და ამოხსნილია ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდებით. გამოყენებულია აგრეთვე მათი დეტერმინისტული ამოხსნაც, რაც საიმედოობის ალბათობებთან ეკონომიკური მიმართულებით გარკვეულ დასკვნას განაპირობებს.

#### ამოცანა №2

კოლონების კონსოლებზე მოთავსებული კოჭი (ნახ. 2) უნდა იყოს ჰორიზონტალურად. მაგრამ მონტაჟის შესრულებისას შეიძლება დაირღვეს ეს პირობა. დავუშვათ, რომ კონსოლოს

ნიშნულები ნორმალური კანონის მიხედვით განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეებია, განვსაზღვროთ კოჭის საშვალო გადახრა ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან.



ნახ. 2

**ამოხსნა:**

ვთქვათ  $x_1$  და  $x_2$  კონსოლების ნიშნულებია, მაშინ კოჭის გადახრა ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან იქნება  $\Delta = |x_1 - x_2|$ . მაშინ ამ გადახრების შსაძლო მნიშვნელობები მოთავსებული იქნება ინტერვალში  $0 \leq \Delta \leq \Delta_{max}$ , ხოლო  $x_1$  და  $x_2$  შემთხვევითი სიდიდეების განაწილებას ექნება ნორმალური კანონის სახე

$$f(x) = \frac{I}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_3)^2}{2\sigma^2}},$$

სადაც  $x_3 = E(x_1) = E(x_2)$  კონსოლების საპროექტო ნიშნულია;

$\sigma$  ფაქტიური (მონტაჟის შემდეგ) ზომების  $x_1$  და  $x_2$  საშვალო კვადრატული დახრაა საპროექტოსაგან.

საშვალო  $RreCos \bar{\Delta}$  განსაზღვრისთვის, e.i.  $E(\Delta)$  მათემატიკური ლოდინისთვის აუცილებელია ვიცოდეთ განაწილების კანონი  $\Delta$ . იგი ადვილად მოიძებნება რადგან განაწილებულია ნორმალური კანონის მიხედვით შემთხვევითი სიდიდის მდგომარეობიდან გამომდინარე  $y = x_1 - x_2$  აგრეთვე იქნება განაწილებული ნორმალური კანონის მიხედვით შემდეგი პარამეტრებით

$$E(y) = E(x_1) - E(x_2) = x_A - x_b = 0;$$

$$\sigma(y) = VD(y) = \sqrt{\sigma^2(x_1) + \sigma^2(x_2)} = \sigma\sqrt{2}.$$

მაშასადამე,

$$f(x) = \frac{I}{\sigma \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{4\sigma^2}}.$$

რადგან  $\Delta = |y|$ , მაშინ კანონის  $f(\Delta)$  მისაღებად უნდა გამოვრიცხოთ ფუნქციის  $f(y)$  თითოეული შტო, რომელიც ეკუთვნის  $y$  უარყოფით მნიშვნელობებს, ხოლო პირობის

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) d\Delta = 1$$

შესასრულებლად გავამრავლოთ მიღებული კანონი 2-ზე:

$$f(\Delta) = 2f(y) = \frac{I}{\sigma\sqrt{\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{4\sigma^2}}.$$

ახლა ვიპოვოთ საშუალო გადახრა

$$\bar{\Delta} = E(\Delta) = \int_0^{\infty} \Delta \cdot f(\Delta) d\Delta = \int_0^{\infty} \frac{\Delta}{\sigma\sqrt{\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{4\sigma^2}} \alpha \Delta = 1.13\sigma.$$

თუ ცნობილია ზომის  $x_1$  (ან  $x_2$ ) საპროექტო მნიშვნელობიდან მაქსიმალური შესაძლო გადახრა  $\delta x_{max}$ , მაშინ სამი სიგმას კანონის მიხედვით

$$\delta x_{max} = 3\delta$$

და

$$\sigma = \frac{\delta x_{max}}{3}.$$

მიღებული  $\sigma$  და  $\bar{\Delta}$  ჩასმით მივიღებთ

$$\bar{\Delta} = 1.13 \frac{\delta x_{max}}{3} = 0.38 \delta x_{max}.$$

თუ გვეცოდინება კანონი  $f(\Delta)$  შესაძლებელია განისაზღვროს მაქსიმალური შესაძლო გადახრა  $\Delta_{max}$ , მაგალითად ისეთი, რომ  $\Delta_{max}$ -ზე მეტი გადახრის მიღების ალბათობა უდრიდეს 0.001.

ფორმულიდან

$$P = \{|\Delta| \geq \Delta_{max}\} = 0.001$$

ან

$$P = \{|\Delta| \leq \Delta_{max}\} = 1 - P\{|x| < \delta\} = 0.999.$$

გარდა ამისა, ფორმულიდან  $P = \{|\Delta| \geq x_{max}\} = 2\Phi(\delta/\sigma)$  მივიღებთ  $P = \{|\Delta| \leq x_{max}\} = 2\Phi(\delta_{max}/\sigma\sqrt{2}) = 0.999$ , საიდანაც

$$\frac{\Delta_{max}}{\sigma\sqrt{2}} = 3.29.$$

მაშინ

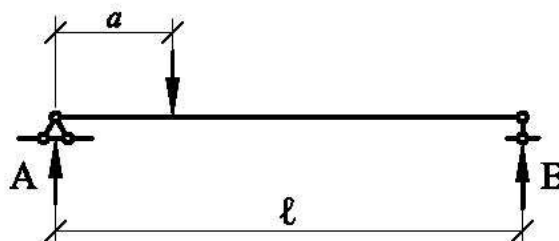
$$\Delta_{max} = 3.29\sigma\sqrt{2} = 4.64\sigma = 1.55\delta x_{max}.$$

თუ გვეცოდინება ეს სიდიდე, შესაძლებელია გავიანგარიშოთ ამგვარად კოჭის დახრა.

განვიხილოთ მესამე ამოცანა.

### ამოცანა № 3

მოვახდინოთ სახსრის მაგვარად დაყრდნობილი კოჭის გაანგარიშება, რომელიც იმყოფება ნორმალური კანონის მიხედვით განაწილებული შემთხვევითი  $P$  დატვირთვაში მოქმედების ქვეშ.



ნახ. 3



ამოხსნა:

დეტერმინისტური გაანგარიშება ხდება შემდეგნაირად.

- 1) განისაზღვრება საყრდენი რეაქციები. ჩვენს შემთხვევაში

$$A = \frac{P(\ell - a)}{\ell}; \quad B = P \frac{a}{\ell}.$$

- 2) განისაზღვრება მაქსიმალური მღუნავი მომენტი. ამ შემთხვევაში ასეთი მომენტი განისაზღვრება  $P$  ძალის ქვეშ და გამოითვლება ფორმულით:

$$M_{max} = \frac{P(\ell - a)a}{\ell}.$$

- 3) განისაზღვრება მაქსიმალური ნორმალური ძაბვა შემდეგი ფორმულის მიხედვით

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W}. \quad (10)$$

ამ შემთხვევაში

$$\sigma_{max} = \frac{Pa(\ell - a)}{\ell \cdot W}.$$

- 4) განისაზღვრება წინააღმდეგობის დასაშვები მომენტი  $W$  სიმტკიცის პირობიდან:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_0, \quad (11)$$

სადაც  $\sigma_0$  დასაშვები ძაბვა სიმტკიცეზე.

განსახილველი კოჭისთვის

$$\frac{Pa(\ell - a)}{\ell \cdot W} \leq \sigma_0$$

და

$$\frac{Pa(\ell - a)}{\ell \cdot \sigma_0} \leq W.$$

ჩვეულებრივ მიიღება  $W$  უმცირესი მნიშვნელობა, ე.ი.

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_0} = \frac{Pa(\ell - a)}{\ell \cdot \sigma_0}. \quad (12)$$

$W - s$  ამ მნიშვნელობის მიხედვით შეიცვლება კოჭის განივკვეთი. ამგვარად კოჭი გაანგარიშებულია.

### ➤ სტოხასტური (ალბათური-სტატისტიკური) გაანგარიშება

ამ ანგარიშის მიზანია ასევე  $W - s$  მიღება კოჭის განივკვეთისთვის.

დავუშვათ  $P$  არის შემთხვევითი სიდიდე შემდეგი მახასიათებლებით:

$\bar{p}$  – მათემატიკური ლოდინი  $E(p) \equiv \bar{p}$  ;

$P_\sigma$  – საშუალო კვადრატული გადახრა,  $\sigma \equiv p_\sigma$ .

რადგან შემთხვევითი სიდიდე  $P$  განაწილებულია ნორმალური კანონის მიხედვით, ამიტომ მისი განაწილების სიმკვრივეს ექნება შემდეგი სახე

$$f(P) = \frac{1}{P_\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(P - \bar{p})^2}{2P_\sigma^2} \right]. \quad (13)$$

$W - l$  განსაზღვრისთვის პირობა (2) შეიცვლება შემდეგნაირად

$$P\{\sigma_{max} \leq 0\} = \mu_0. \quad (14)$$

ეს ნიშნავს, რომ უტოლობა (11) ხორციელდება მოცემული ალბათობით  $\mu_0$ , თანაც  $\mu_0$  მოცემულია გამომდინარე კოჭის პასუხისმგებლობის ხარისხიდან. ახლა ამოცანის ამოსახსნელად უნდა ვიციდეთ შემთხვევითი სიდიდის განაწილების სიმკვრივე  $\sigma_{max}$ , რომელიც მოიძებნება ფორმულით

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{a(l-a)P}{l \cdot W}.$$

რადგან  $P$  შემთხვევითი სიდიდეა განაწილებულია ნორმალური კანონის მიხედვით, მაშინ  $\sigma_{max}$  ასევე იქნება განაწილებული ნორმალური კანონის მიხედვით შემდეგი მახასიათებლებით:

$$E(\sigma_{max}) = \bar{\sigma}_{max} = \frac{a(l-a)}{l \cdot W} M(P) = \frac{a(l-a)}{l \cdot W} \bar{p}$$

[აქ გამოყენებულია თვისება  $M(CX) = CE(X)$ ];

$$D(\sigma_{max}) = (\sigma_{max})_{\sigma}^2 = \left(\frac{a(l-a)}{l \cdot W}\right)^2 D(P)$$

[გამოყენებულია აგრეთვე თვისება  $D(CX) = C^2D(X)$ ];

$$\sigma(\sigma_{max}) = (\sigma_{max})_{\sigma} = \left(\frac{a(l-a)}{l \cdot W}\right)^2 P_{\sigma}.$$

რადგან ვიცით  $f(\sigma_{max})$ , ვპოულობთ

$$\begin{aligned} P(\sigma_{max} \leq 0) &= \int_{-\infty}^{\sigma_0} f(\sigma_{max}) d\sigma_{max} = \\ &= \Phi \left[ \frac{(\sigma_0 - \sigma_{max})}{(\sigma_{max})_{\sigma}} \right] - \Phi(-\infty) = \Phi \left[ \frac{(\sigma_0 - \sigma_{max})}{(\sigma_{max})_{\sigma}} \right] - 0. \end{aligned}$$

(10) და (11)-ში გამოყენებული შემთხვევითი სიდიდე ნორმალური კანონის მიხედვით განაწილებისათვის სამართლიანი შემდეგი ფორმულები:

$$P\{\alpha < x < \beta\} = \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx = \Phi \left( \frac{\beta - M(x)}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{\alpha - M(x)}{\sigma} \right),$$

სადაც  $\Phi(X)$  – წარმოადგენს გაუსის ფუნქციას

$$\left( \Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_f^x e^{-t^2/2} dt \right);$$

**შენიშვნა:**  $P(\cdot) \equiv \mathbf{P}(\cdot)$

(12)-ში გამოყენებულია ფუნქციების  $\Phi(x) - 0.5$  და  $\Phi(-\infty) = 0.5$  კენტობის თვისება.

ამგვარად პირობიდან (14) გადავდივართ შემდეგ განტოლებაში  $W - l$  განსაზღვრისათვის:

$$\Phi = \left[ \frac{\sigma_0 - \bar{\sigma}_{max}}{(\sigma_{max})_{\sigma}} \right] = \mu_0 - 0.5 \quad (15)$$

$$\frac{\sigma_0 - \bar{\sigma}_{max}}{(\sigma_{max})_{\sigma}} = \Phi^{-1}(\mu_0 - 0.5), \quad (16)$$

სადაც  $\Phi^{-1}(X)$  წარმოადგენს  $\Phi(X)$  უკუ ფუნქციას.

ამგვარად, თუ მივიღებთ ალბათობის ინტეგრალს (გაუსის ფუნქციის) ცხრილიდან ალბათობას  $\mu_0$ , მოვძებნით მნიშვნელობას  $\Phi^{-1}(\mu_0 - 0.5)$ . მისი ჩასმით (16)-ში მივიღებთ განტოლებას  $W$  განსაზღვრისათვის.

განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითი.

ავიღოთ  $a = 50$  სმ,  $\ell = 150$  სმ,  $\sigma_0 = 2100$  კგ/სმ<sup>2</sup>,  $\bar{P} = 210$  კგ,  $P_{\sigma} = 30$  კგ,  $\mu_0 = 0.95$ .

გამოვიანგარიშოთ  $\sigma_{max}$ ,  $\bar{\sigma}_{max}$ ,  $(\sigma_{max})_{\sigma}$ :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{a(\ell - a)}{\ell \cdot W} P = \frac{100}{3} \cdot \frac{P}{W};$$

$$M(\sigma_{max}) = \bar{\sigma}_{max} = \frac{100}{3} \cdot \frac{\bar{P}}{W};$$

$$\sigma(\sigma_{max}) = (\sigma_{max})_{\sigma} = \frac{100}{3} \cdot \frac{P_{\sigma}}{W}.$$

ალბათობის ინტეგრალის ცხრილიდან ვიპოვიით  $\Phi^{-1}(0.95 - 0.5) = \Phi^{-1}(0.45) = 1.64$  ფუნქციის მნიშვნელობას.

მიღებული მნიშვნელობის ჩასმით (16)-ში გვექნება

$$\frac{2100 - \frac{100}{3} \cdot \frac{\bar{p}}{W}}{\frac{100}{3} \cdot \frac{P_{\sigma}}{W}} = 1.64.$$

ამ განტოლების ამოხსნით  $W$ -ს მიმართ ჩვენ მივიღებთ  $W = 4.1$  სმ<sup>3</sup>.

ამგვარად თუ ჩავთვლით, რომ უტოლდება  $\sigma_{max} < \sigma_0$  განხორციელდება ალბათობით  $\mu_0 = 0.95$ , მაშინ კოჭის განიკვეთის წინააღობის მომენტი უმდა ავიღოთ 4.1 სმ<sup>3</sup>-ის ტოლი.

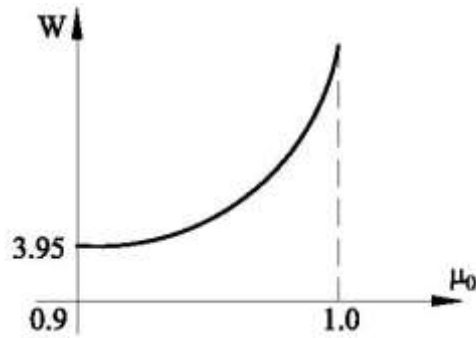
ახლა აღვნიშნოთ, რომ იმის გამო, რომ შემთხვევითი სიდიდე  $P$  განაწილებულია ნორმალური კანონის მიხედვით და სამი სიგმას პარამეტრების შესაბამისად მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა იქნება  $P_{max} = \bar{p} + 3P_{\sigma} = 300$  კგ. თუ ვაწარმოებთ ჩვეულებრივ გაანგარიშებას ამ 300 კგ ტოლ მუდმივ დატვირთვაზე, მაშინ  $W = 4.7$  სმ<sup>3</sup>.

მოვიტანოთ  $W$  მნიშვნელობების ცხრილი  $\mu_0$  - ის სხვა მნიშვნელობის დროს

$\mu_0$	0.8	0.9	0.95	0.97	0.98
$W$	3.73	3.95	4.1	4.24	4.3

შეგვიძლია გავატაროთ საინტერესო მსჯელობა ეკონომიკური მიმართულებით, განიკვეთის ზომებთან დაკავშირებით.

მოცემული ცხრილის მონაცემების მიხედვით ავაგოთ  $W - s$  ცვლილების გრაფიკი დამოკიდებულებით  $\mu_0$  გრაფიკიდან ნათელია,  $\mu_0$  ალბათობას, რომელიც ახლოა ერთთან, მაშინ გვექნება კოჭის განიკვეთის ზომების დიდი ზრდა, ე.ი. დიდი ალბათობის  $\mu_0$  -ის მიღება ეკონომიკურად არ არის გამართლებული.



ნახ. 4

ალბათობათა განაწილებების პარამეტრებისა და ფუნქციონალების ინტერვალური შეფასების საკითხებს განვიხილავთ მომავალ კვლევებში.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, ცხადია რომ, ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდებისა და მოდელების გამოყენებას, შემთხვევითი მოვლენებისა და პროცესების რაოდენობრივი კანონზომიერების დასადგენად აქვს ის მიზანი, რომ ოპტიმალური ხერხებით განვახორციელოთ ამ მოვლენათა არამართო პროგნოზირება, არამედ სწორად ავარჩიოთ ჩვენი შემდგომი ქმედების სტრატეგიები.

ამავე დროს მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სასწავლო პროცესის მართვის გამოცოცხლებისა და დაინტერესების საქმეში შესაბამისი მიმართულებით, როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული მიმართულებით მაღალკვალიფიციური სპეციალისტის მომზადების საქმეში.

### ლიტერატურა - References – Литература:

1. Mania G. (1982). A course in probability theory. TSU. Tbilisi. (in Georgian)
2. Mania G. (1963). Some methods of mathematical statistics. Publication of the Academy of Sciences. Tbilisi. (in Georgian)
3. Buadze T. (2010). Elements of Probability Theory of Descriptive Statistics. Second completed edition. Stu, Tbilisi, 272 p. (in Georgian)
4. Buadze T. (20??). Probabilistic-statistical methods and tasks for engineering-construction specialties, Stu, 219 p. (in Georgian)
5. Azmaiparashvili Z., Murjikneli G. (2013). Metrology and electrical measurements. Stu, Tbilisi. 408 p (in Georgian)
6. 5. N. Lazrieva, M. mania. c. Marie. A. come in A. (2000). Toronjadze. T. Toronjadze. T. Shervashidze. Probability theory, mathematical statistics for economists. A. Razmadze Institute of Mathematics, "Eurasia Foundation". 661 p (in Georgian)

*(სტატია მიღებულია 14.08.2023)*

APPLIED ASPECTS OF PROBABILISTIC-STATISTICAL METHODS

**USING PROBABILISTIC-STATISTICAL METHODS  
ASPECTS**

Zhuzhniashvili Davit<sup>1</sup>, Buadze Tristan<sup>2</sup>, Giorgadze Vazha<sup>2</sup>

1- International University of Georgia,

2- Technical University of Georgia

**Summary**

The work discusses the ways of solving specific practical problems by methods of probability and mathematical statistics, i.e. stochastic analysis, and compares them with the solutions of these problems by deterministic methods, and appropriate conclusions are made. Probability theory and mathematical statistics are such mathematical apparatus through which the study and analysis of random events and processes acquire great importance, both from practical and theoretical considerations.

*(Received 14.08.2023)*

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ**

Жужниашвили Д.<sup>1</sup>, Буадзе Т.<sup>2</sup>, Гиоргадзе В.<sup>2</sup>

1- Международный Университет Грузии,

2- Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматриваются способы решения конкретных практических задач методами вероятностной и математической статистики, т.е. стохастического анализа, и сравниваются они с решениями этих задач детерминистическими методами и делаются соответствующие выводы. Теория вероятностей и математическая статистика представляют собой такой математический аппарат, благодаря которому изучение и анализ случайных событий и процессов приобретает большое значение как с практической, так и с теоретической точки зрения.

*(Поступила 14.08.2023)*

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ОРОШЕНИЯ

Почовян Семён

Грузинский Технический Университет  
pochovianisimon08@gtu.ge

## Резюме

Рассмотрены вопросы обеспечения информационной безопасности при реализации основных функций автоматизированной информационной системы управления режимами орошения сельскохозяйственных культур. Описаны основные проблемы управления режимами орошения, используемые методы, информационные технологии и способы обеспечения информационной безопасности в автоматизированной информационной системе, используемые при составлении режимов орошения сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** Автоматизированная информационная система. Управление режимами орошения. Информационные технологии. Информационная безопасность.

## 1. Введение

Совершенствуются методы и формы управления современными фермами. Внедрение автоматизированной информационной системы управления (АИСУ) режимами орошения сельскохозяйственных культур на основе математических методов и информационных технологий (компьютерная сеть, технология мультимедиа, распределённая база данных и т.д.) является актуальной проблемой для регулирования водного режима почв и сельскохозяйственных культур, поддержания влажности почв в корнеобитаемом слое на уровне предельно-полевой влагоёмкости, для получения запланированных урожаев и повышения плодородия используемых земель.

## 2. Основная часть

АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур предназначена для составления режимов орошения, т.е. поливных режимов, содержащих сроки их проведения, поливных норм, способов орошения, количество поливов и суммарного водопотребления по полям и участкам ферм для каждой культуры. Режим орошения сельскохозяйственных культур должен соответствовать потребности культур в воде в каждой фазе их развития для получения запланированного урожая и повышения плодородия используемых земель.

Режим орошения сельскохозяйственных культур должен учитывать водно-физические особенности почвы, влажность почвы, запасы воды в корнеобитаемом слое почвы, глубину корнеобитаемого слоя, биологические особенности культур и фаз их развития, суммарное водопотребление, способы орошения и метеорологические данные.

Эффективность АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур обусловлена: внедрением математических методов и информационных технологий; организацией компьютерной сети; повышением оперативности принятия управленческих решений по режимам орошения; повышением урожайности культур за счёт учёта потребности культур в воде и оперативного (ежедневного) реагирования на возникающие изменения внешней среды (температуры воздуха, относительной влажности воздуха, суммарной солнечной радиации, атмосферных осадков и влажности почвы).

Для обеспечения эффективного использования земель и оросительной воды, повышения плодородия почв и получения запланированного урожая необходимо внедрить АИСУ режимами

орошения сельскохозяйственных культур с использованием математических методов и информационных технологий. В АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур использование математических методов и информационных технологий позволяет фермерам оперативно принимать управленческие решения по режимам орошения и обеспечить информационную безопасность в автоматизированной информационной системе.

Для реализации основных функций АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур необходимо использовать в информационной системе следующие методы и информационные технологии:

1) метод биофизических коэффициентов, согласно которого суммарное водопотребление определяется на основании нормы орошения, атмосферных осадков (включая коэффициент использования осадков) и используемого запаса воды из почвы;

2) метод водного баланса, согласно которого устанавливается связь между расходом почвенной влаги с метеорологическими показателями;

3) клиент-серверная многоуровневая распределённая обработка данных автоматизированной информационной системы;

4) технология мультимедиа для создания, обработки, хранения и визуализации информации (для получения документов и видеogramм в интерактивном визуальном режиме);

5) математические методы и модели, включая модифицированную сеть Петри, которая позволяет адекватно смоделировать функционирование системы обработки данных управления режимами орошения сельскохозяйственных культур [1-2].

В АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур необходимо обеспечить выполнение сетевых технологий для централизованного хранения информации и распределённой обработки информации: распределённая база данных; сетевые каталоги; обеспечение информационной безопасности в системе.

Результатами использования математических методов и информационных технологий в АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур являются различные по содержанию информационные продукты (выходные документы и видеogramмы по режимам орошения культур на текущие и последующие десять суток, а также необходимые нормативные и справочные данные, используемые при составлении режимов орошения культур), предоставляемые фермерам и другим пользователям автоматизированной информационной системы.

При использовании информационных технологий в автоматизированной информационной системе возникает проблема информационной безопасности информационных ресурсов. Информационная безопасность является основной частью информационных технологий. Под информационной безопасностью понимают совокупность методов, средств и процессов, обеспечивающих как эффективное функционирование технических и программных средств автоматизированной информационной системы, так и надёжность хранящейся и обрабатываемой информации в системе. [2, 3].

Для обеспечения безопасности информации необходимо определить пути несанкционированного доступа к хранимой, обрабатываемой и передаваемой информации, а также каналы утечки информации. Защита информации в базах данных заключается в защите баз данных от несанкционированного доступа на основе использования системы безопасности информации.

Информационная безопасность показывает степень защищённости информационной системы от случайных и преднамеренных вмешательств, наносящих ущерб ферме [3-5]. Для обеспечения безопасности информации в фермах необходимо использовать следующие механизмы: контроль доступа к ресурсам автоматизированной информационной системы и сети, на основании системы идентификации и аутентификации фермеров и других пользователей автоматизированной информационной системы; управление маршрутизацией; криптография; электронная подпись и т.д.

Система обеспечения безопасности информации должна обеспечить:

- защиту используемых механизмов защиты информации;
- контроль и защиту хранимых, обрабатываемых, используемых и передаваемых данных в автоматизированной информационной системе;
- проверку антивирусных программ и поиск вредоносных программ в системе;
- защиту системы паролей, ключей и прав доступа фермеров и других пользователей к информационным ресурсам автоматизированной информационной системы [6, 7].

### 3. Заключение

Внедрение автоматизированной информационной системы управления (АИСУ) режимами орошения сельскохозяйственных культур на основе математических методов и информационных технологий позволяет оперативно планировать, прогнозировать, анализировать и контролировать режимы орошения культур, и принимать оперативные управленческие решения по режимам орошения культур.

Эффективное функционирование АИСУ режимами орошения сельскохозяйственных культур, при использовании математических методов и информационных технологий, обеспечивается на основании: установления правил работы с информацией и доступа к базам данных автоматизированной информационной системы; обеспечения своевременного доступа пользователей к необходимой информации для принятия управленческих решений по режимам орошения; обеспечения защиты информации в базах данных; контроля всех процессов обработки и передачи информации в системе; защиты хранимой, обрабатываемой и передаваемой информации в системе; обеспечения конфиденциальности и достоверности информации в автоматизированной информационной системе.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Pochovyan S.M., Maysuradze G.R. (2009). Database design (ISBN 978-9941-14-553-7). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, 131 p. (in Russian)
2. Gabedava O.V., Pochovyan S.M. (2012). Server technologies (ISBN 978-9941-20-046-5). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, 254 p. (in Georgian) in the management decision-making processes. GTU Transactions „Automated Control Systems“
3. Pochovyan S.M. (2016). The use of information technology (ISSN 1512-3979), №2(22). GTU, Publishing House "Technical University", Tbilisi, pp. 139-142. (in Russian)
4. Pochovyan S.M. (2018). Ensuring the protection of information when using modern automated information technologies. GTU Transactions „Automated Control Systems“ (ISSN 1512-3979), №2(26), Works of the International Scientific-Technical Conference "Information Society and Technologies for Intensification of Education" (ISITE '18). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, pp. 251-255. (in Russian)
5. Pochovyan S.M. (2019). Development of an automated information system using Modern information technologies. GTU, „Technical University“, Proceedings of GTU „Automated management systems“ (ISSN 1512-3979), №1(28), Tbilisi, pp. 154-158). (in Russian)
6. Pochovyan S.M. (2021). Ensuring information security based on information technology. Georgian Science and Society Development Foundation „Intellecti“ periodical scientific publication, international scientific periodical „Intellecti“ (ISSN 1512-0333), №2(69), Tbilisi, pp. 41-43). (in Russian)



7. Pochovyan S.M. (2021). Construction of a corporate automated information system using modern information technologies. GTU Transactions „Automated Control Systems“ (ISSN 1512-3979), №1(32), Vol. 2, Works of the International Scientific-Technical Conference „Information Society and Technologies of Education Intensification“ (ISITE '21). GTU, Publishing House „Technical University“, Tbilisi, pp. 136-139. (in Russian)

8. Pochovyan S.M. (2022). The use of Information Technologies in an Automated Information System. GTU Proceedings book „Science Georgia“ (ISBN 978-625-9323-63-4) International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100<sup>th</sup> Anniversary of „Georgian Technical University - GTU“, June 24-26, 2022. Tbilisi, Georgia, Publishing House „Iksad Global“, pp. 984-988. (in Russian)

*(Поступила 19.11.2023)*

## ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა მორწყვის რეჟიმების მართვის ავტომატიზებულ საინფორმაციო სისტემაში

სიმონ პოხოვიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

pochovianisimon08@gtu.ge

### რეზიუმე

განხილულია ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საკითხები სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის რეჟიმების მართვის ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემის ძირითადი ფუნქციების განხორციელებისას. აღწერილია მორწყვის რეჟიმების მართვის ძირითადი პრობლემები, გამოყენებული მეთოდები, საინფორმაციო ტექნოლოგიები და ინფორმაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გზები ავტომატიზებულ საინფორმაციო სისტემაში, რომლებიც გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის რეჟიმების შედგენისას.

*(სტატია მიღებულია 19.11.2023)*

## ENSURING INFORMATION SECURITY IN THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING IRRIGATION REGIMES

Pochovyan Simon

Georgian Technical University

pochovianisimon08@gtu.ge

### Summary

The issues of ensuring information security during the implementation of the main functions of the automated information system for the management of irrigation regimes of agricultural crops are discussed. The main problems of management of irrigation regimes, applied methods, information technologies and ways of ensuring information security in an automated information system, which are used in the preparation of irrigation regimes of agricultural crops, are described.

*(Received 19.11.2023)*

# სახელმწიფოს ინფორმაციული სივრცე და მისი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრინციპები

ოთარ შონია, კორნელი ოდიშარია, გიორგი ზირაქაშვილი, ნანა მაღლაკელიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

o.shonia@gtu.ge, o\_korneli@yahoo.com, g.zirakashvili@gmail.com, nmaglakelidze@mail.ru

## რეზიუმე

განხილულია საკითხები თუ რამდენად მნიშვნელოვანია თანამედროვე სახელმწიფოებისათვის საინფორმაციო სივრცეში ურთიერთშეთანხმებული და უსაფრთხო ურთიერთობები. დასაბუთებულია აუცილებლობა სახელმწიფოსთვის საკუთარი საინფორმაციო საზღვრის განსაზღვრა და შექმნა, რომელიც უნიშვნელოვანესია საინფორმაციო ომების, კიბერდანაშაულობების და სხვა მავნე-საშიში ზემოქმედებათა თავიდან ასაცილებლად, რაც სახელმწიფოს არსებობის, უშიშროების და მდგრადი განვითარების ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა.

**საკვანძო სიტყვები:** სახელმწიფო. ინფორმაციული სივრცე. საინფორმაციო საზღვარი. კიბერდანაშაული. საინფორმაციო ომი. სოციალური ქსელი. ინფორმაციული უსაფრთხოება. სიტუაციური მართვა.

## 1. შესავალი

საინფორმაციო-საკომუნიკაციო და კიბერტექნოლოგიების წარმოუდგენლად არნახული განვითარების ფონზე კიბერთავდასხმების განუსაზღვრელი მასშტაბების შეუქცევადმა პროცესმა, საერთაშორისო საზოგადოებას ნათლად დაანახა ამ მიმართულებით უშიშროების უზრუნველყოფის ზომების გაძლიერების აუცილებლობა. ეს ტენდენცია ჩვენი სახელმწიფოსათვისაც აქტუალურია, რადგან ეროვნულ უშიშროებას გამოუსწორებელ ზიანს მიაყენებს მოქმედი თუ პოტენციური მოწინააღმდეგის მხრიდან საქართველოს წინააღმდეგ ინფორმაციული ომის, კიბერშპიონაჟის, კიბერტერორიზმის, კიბერომის, კიბერთავდასხმებისა და სხვადასხვა კიბერელემენტების წარმატებული გამოყენება შიდა თუ გარე პოლიტიკურ პროცესებში, რეგიონში მიმდინარე კონფლიქტებსა თუ გეოპოლიტიკურ არეალში.

ბოლო პერიოდში, კიბერსივრცის ფაქტორების, თავდასხმის მეთოდების და სამიზნე სისტემების გაფართოების კვალდაკვალ, კიდევ უფრო იზრდება სახელმწიფოს წინაშე მდგარი კიბერსაფრთხეების მასშტაბი, მათი სირთულე და საშიშროების დონე. ამასთან, გასათვალისწინებელია უკანასკნელ ხანს გამოკვეთილი ტენდენციაც: აქამდე კიბერთავდასხმებში ძირითადად იგულისხმებოდა, ინფორმაციის წაშლა ან მასზე წვდომის შეზღუდვა, უკვე მთავარი ამოცანაა ინფორმაციის შეცვლა და მისით მანიპულირება ინფორმაციის სიზუსტისა და სანდოობის კომპრომეტირების მიზნით. ნათელია, რომ სწორედ ამ არასწორ, სახეცვლილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით მიღებული გადაწყვეტილებები უდიდესი საფრთხის შემცველია სახელმწიფოსთვის სამოქალაქო, სამხედრო, ენერგეტიკის, წყალმომარაგების, კვების მრეწველობის, ჯანდაცვის, კავშირგაბმულობის, განათლების, საბანკო, სადაზღვევისა თუ სხვა სფეროებში. ეჭვგარეშეა, რომ სხვადასხვა მხრიდან განხორციელებულ კიბერქმედებებს სერიოზული ზიანი შეუძლია მიაყენოს საქართველოს მთლიან ინფრასტრუქტურასა და ეროვნული უშიშროების უზრუნველყოფას.

ასეთ ვითარებაში, ცხადია, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს კიბერუშიშროების უზრუნველყოფის პრობლემა. გასათვალისწინებელია ის ფაქტორიც, რომ კიბერსივრცე საპაერო, სახმელეთო, საზღვაო და კოსმოსურის შემდეგ, დაპირისპირების მეხუთე სივრცედ დამკვიდრდა და იგი სულ უფრო ხშირად გამოიყენება პოლიტიკური თუ სამხედრო მიზნებისა და გეოპოლიტიკური უპირატესობის მისაღწევად.

ამჟამად, კიბერელემენტი ყველა სახის ომისა და კონფლიქტის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია, შესაამისად, გეოპოლიტიკური ინტერესების კვეთაზე მყოფი საქართველოსთვის კიბერსივრცის სისტემური დაცვის მექანიზმის შექმნა და ეროვნული უშიშროების უზრუნველყოფაში მისი მნიშვნელოვან კომპონენტად ქცევა პრიორიტეტულ მიმართულებად უნდა იქნას აღიარებული. ამასთან, ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ კრიტიკული ინფორმაციული სისტემის სხვადასხვა სუბიექტის ურთიერთდამოკიდებულებისა და გარედან მომდინარე კიბერსაფრთხეების შინაარსიდან გამომდინარე, ცხადი ხდება, რომ სახელმწიფოს მიერ ეფექტური კიბერთავდაცვის სისტემის შექმნა შეუძლებელია მეცნიერული პოტენციალის გამოყენებისა და კერძო სექტორთან თანამშრომლობის გარეშე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ნათლად დაგვანახა, რომ თანამედროვე სამყაროში ნებისმიერი სახელმწიფოს ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფა შეუძლებელია თუ არ ხდება თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების, სისტემების ტოტალური გამოყენება მართვისა და ურთიერთობების ნებისმიერ დონეზე - დაწყებული ინდივიდუალური პირებიდან და სახელმწიფო ორგანოებით დამთავრებული. ასეთმა მიდგომამ მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი პარტნიორი ქვეყნების ეფექტურობის ამაღლებას, მაგრამ სამწუხაროდ ფაქტია ისიც, რომ ზოგიერთი დამნაშავე ქვეყანა (მაგალითად რუსეთი) კიბერ სივრცეს იყენებს ბრძოლის იარაღად და ახორციელებს თავდასხმას სახელმწიფოზე, მის მართვის სისტემებზე, მოსახლეობაზე და ა.შ.. ასევე ფაქტია ისიც, რომ კიბერსივრცე იქცა ბოროტგანმზრახველი ადამიანების კიბერშეტევების იარაღად, რათა მიიღონ საკუთარი სარგებელი თავიანთი კიბერდანაშაულობების მშვეობით.

კიბერდანაშაულების მასშტაბებმა და შედეგებმა მსოფლიოში, ჩვენი აზრით, დაბადა იმის აუცილებლობა, რომ სახელმწიფომ თავისი ქვეყნის უშიშროების უზრუნველსაყოფად აუცილებლად უნდა ჩამოაყალიბოს თავისი ტერიტორიის ფიზიკურ საზღვართან ერთად ინფორმაციული საზღვარი. სახელმწიფოსთვის მისი შექმნა ძალზე ფენომენალურია, მსგავსი მიდგომა და ტერმინი, რომელიც ჩვენ მიერ იქნა შესწავლილი და გამოკვლეული, საერთოდ არაა დაფიქსირებული მსოფლიო მასშტაბით არც სამეცნიერო და არც საკანონმდებლო წყაროებში.

აქვე უნდა მივუთითოთ, რომ კაცობრიობა უდიდესი საფრთხის წინაშე დგას საინფორმაციო ტექნოლოგიების განვითარება-დანერგვასთან დაკავშირებით. უცნობილესი ქართველი მეცნიერის და საზოგადო მოღვაწის გოჩა ჩოგოვადის ერთ-ერთ სამეცნიერო მონოგრაფიაში წარმოდგენილია უსერიოზულესი გამოკვლევები წინააღმდეგობების და საფრთხეების, რომლებიც დაკავშირებულია საინფორმაციო ტექნოლოგიების უმართავ განვითარებასა და მათ დანერგვასთან თანამედროვე საზოგადოების ყოველდღიურ ცხოვრებასთან [1]. აქვე მკაფიოდაა მითითებული, რომ იფორმატიზაციით განპირობებული სწრაფი საზოგადოებრივი პროგრესი, ერთის მხრივ, მთელი რიგი ტრადიციული პრობლემების (დასაქმების, მსოფლიოში განათლების დონის ამაღლების და ა.შ.) გადაწყვეტას უწყობს ხელს,

ხოლო მეორეს მხრივ, ეს ტექნოლოგიები აქარწყლებენ ძველ პრობლემებს, არამედ, სამწუხაროდ, ახალ თავსატეხსაც ქმნიან. ასე წარმოიშობა მსოფლიოში ახალი ინფორმაციული უთანასწორობა, რომელსაც სრულიად არასასურველი მოვლენების გამოწვევა შეუძლია. გარდა ამისა ინფორმაციული ზეწოლა ადამიანზე, მის ფსიქიკაზე, ფასეულობით ორიენტაციათა სისტემაზე, და ბოლოს, მსოფალქმაზე უკიდურესად იზრდება. აქვე გვინდა მოვიყვანოთ ამონარიდი გამოცემა “Week”-ის, რომელშიც აღნიშნულია, რომ საინფორმაციო ტექნოლოგიებში სწრაფად განვითარებადი ხელოვნური ინტელექტი იმდენად ზეგონიერი და მძლავრი შეიძლება გახდეს, რომ შეძლებს მასობრივი სოციალური რყევების გამოწვევას და კაცობრიობის განადგურებასაც კი. აქედან გამომდინარე, საინფორმაციო ტექნოლოგიების უმართავი და ჯერჯერობით გაუთვალისწინებელი ზემოქმედებით მთლიანად საზოგადოებასა და ცალკეულ ადამიანზე ცივილიზაციას წარმოუდგენელი კატაკლიზმებით ემუქრება.

დღეს უკვე ფაქტია ის, რომ საინფორმაციო ტექნოლოგიები ჯამშუობის იარაღადაა გამოყენებული ბოროტგანმზრახველი სახელმწიფოების მიერ. ერთ-ერთ მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ მიმდინარე წელს პოლონეთში რუსეთის ჯამშუური ქსელის გამოაშკარავება, რომელიც დივერსიებს გეგმავდა [2]. მათი მიზანი იყო ფარული კამერებით გაეკონტროლებინათ პოლონეთის ქ. ჟემუვთან მდებარე აეროპორტი, რომელიც მთავარი სატრანზიტო პუნქტია უკრაინაში მიმავალი დასავლური იარაღისა და საბრძოლო მასალისათვის.

აქვე აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ კიბერდამნაშავეები, ფაქტობრივად, ინტერნეტის მემვეობით მოქმედებენ მთელი მსოფლიოს მასშტაბით, ამის ნათელ მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ის ფაქტი, რომ 2020 წლის 27 იანვარს ინდონეზიის კიბერ პოლიციამ ინტერპოლთან და Group-IB-ერთად დააკავა კრიმინალური ჯგუფის წევრები-კიბერდამნაშავეები, რომლებმაც ასობით ონლაინ მაღაზია დააინფიცირეს მთელს მსოფლიოში: ავსტრალიაში, ბრაზილიაში, დიდ ბრიტანეთში, გერმანიაში, შეერთებულ შტატებსა და მსოფლიოს სხვა ქვეყნებში. IS-სნეფერის ოპერატორები ცხოვრობდნენ ინდონეზიაში, მაგრამ თავს დაესხნენ ელექტრონული კომერციის რესურსებს მთელ მსოფლიოში, რამაც გაართულა მტკიცებულებათა შეგროვება, მსხვერპლის პოვნა და სისხლის სამართლებრივი დევნა, თუმცა, საერთაშორისო თანამშრომლობასა და მონაცემთა გაზიარებას შეუძლია ეფექტური წინააღმდეგობა გაუწიოს მიმდინარე კიბერსაფრთხეებს. ინდონეზიის კიბერპოლიციისა და ინტერპოლის სწრაფი მოქმედებების წყალობით, „Night Fury“ გახდა პირველი წარმატებული საერთაშორისო ოპერაცია JavaScript სნიფერის ოპერატორების წინააღმდეგ APAC რეგიონში. ძალზე მნიშვნელოვანი და საყურადღებოა ინტერპოლის კიბერდამნაშაულების გამოძიების დირექტორის კრეიგ ჯონსის განცხადება: „დღევანდელ ციფრულ სამყაროში კიბერკრიმინალები ძალიან სწრაფად იყენებენ მოწინავე ტექნოლოგიებს, რათა დამალონ თავიანთი უკანონო საქმიანობა და მოიპარონ დიდი რაოდენობით პერსონალური მონაცემები ფინანსური სარგებლისათვის. სამართალდამცავ ორგანოებს კიბერდამნაშაულთან საბრძოლველად საჭირო ინფორმაციაზე წვდომის უზრუნველყოფა მოითხოვს პოლიციისა და ინფორმაციული უსაფრთხოების ექსპერტებს შორის ძლიერ და ნაყოფიერ პარტნიორობას“. აქვე განსაკუთრებულ ყურადღებას ადამიანების, სახელმწიფოების მხრიდან საჭიროებს გლობალურ ინტერნეტ სივრცეში, სახელმწიფოებში გამოყენებული სოციალური ქსელები. გამოკვლევებმა ნათლად დაგვანახა, რომ სოციალური ქსელი დიდ პლიუსთან ერთად უდიდესი საფრთხის მატარებელიცაა, რადგანაც მას იყენებენ სპეცსამსახურები, კონკურენტები, ბოროტგანმზრახველი-კიბერთაღლითი და ა.შ.

საქართველოში წლების განმავლობაში სოციალურ ქსელში უამრავი დანაშაულებრივი ქმედებებია დაფიქსირებული. ჩატარებული კვლევები, მოძიებული ანალიტიკური ნაშრომები პირდაპირ მიგვითითებენ, რომ ძალზე საშიში სივრცეა ადამიანების, საზოგადოების, ქვეყნის ეროვნულობის კუთხით.

მეცნიერ-ექსპერტთა შეფასებით სოციალური ქსელის ძირითადი უარყოფითი მხარეებია:

- სოციალური ქსელით ხშირი სარგებლობა იწვევს დამოკიდებულებას. ადამიანს სურს სულ უფრო მეტი დრო გაატაროს ვირტუალურ სივრცეში, შეამოწმოს სიახლეები, შეტყობინებები და მთლიანად ხდება დამოკიდებული ამ გზით მიღებულ ინფორმაციაზე;
- სოციალური ქსელის ხშირი მოხმარება იწვევს ფიზიკურ პასიურობას. დამოკიდებული ადამიანი ხშირად მთელ დღეს ატარებს კომპიუტერთან, რაც სხვადასხვა დაავადებების მიზეზი შეიძლება გახდეს;
- ვირტუალური სამყაროს შექმნას მივყევართ ემოციურ აშლილობებთან, ყველაზე სერიოზული პრობლემა კი რეალურ სამყაროში ცხოვრებაა;
- რეალობისგან მოწყვეტა ფიზიკური პრობლემების წინაპირობაა, შიძლება გამოიწვიოს აგრესია, ფსიქიკური აშლილობები. ადამიანი, სოციალურ ქსელს მიღმა ეჯახება რეალობას, რომელიც ვირტუალურისგან განსხვავდება;
- ადამიანს, რომელიც ცხოვრობს სოციალური ქსელით, აქვს მოლოდინი როგორ შეუფასებენ სურათებს, ვიდეოებს, ვინ მოიწონებს და ა.შ. თუ ვერ იღებს უკუკავშირს განიცდის. როგორც მკვლევარები ამბობენ, სოციალურ ქსელს შეუძლია გახადოს ადამიანი უფრო მოწყენილი და უბედური, ასევე გამოიწვიოს თვითშეფასების დადაბლება.

აქვე აუცილებელია გააზრება და გათვალისწინება საგანგაშო გამონათქვამის გერმანიის კანცლერის ოლაფ შოლცის, რომელიც მიიჩნევს, სოციალური ქსელები წყევლაა. ის მოუწოდებს ადამიანებს, რომ უმჯობესია წიგნები წაიკითხოთ. „სოციალური მედიის წყევლა - ჩვენ შეგვიძლია, კომფორტულად ვისხდეთ ჩვენს ბუმტებში, სადაც გვთავაზობენ მხოლოდ იმას, რაც ყოველთვის სწორად მიგვაჩნდა,“ - ამბობს შოლცი. მისი თქმით, წიგნები სხვადასხვა პერსპექტივას გვიქმნიან, რაც ადამიანის პერსონალურ გამოცდილებას სცდება. ეს არის ლიტერატურის უდიდესი ღირებულება, ის საშუალებას გაძლევთ, ეზიაროთ გამოცდილებას, რომელიც თქვენ თვითონ არ გაქვთ, რომ პირადად გამოსცადოთ [3].

აქვე ხაზგასმით უნდა აღვნიშნოთ, რომ ახალი ტექნოლოგიები, და კერძოდ, სოციალური მედია საშუალებები ძალზედ მნიშვნელოვან და ხშირ შემთხვევაში, გადამწყვეტ როლს თამაშობს საპროტესტო მოძრაობებსა და რევოლუციების ორგანიზებაში. Stratfor-ის ანალიტიკოსების განცხადებით, სოციალური მედია ინსტრუმენტია, რომელიც რევოლუციურ ჯგუფებს საშუალებას აძლევს შეამცირონ დანახარჯები ღონისძიებების ორგანიზებაზე, მონაწილეობაზე, დაქირავებასა და ტრენინგებზე.

სამწუხაროდ, სულ უფრო ხშირია სოციალური მედიის საშუალებით კონფიდენციალური და საიდუმლო მასალების გამოქვეყნება, რაც სერიოზულ ზიანს აყენებს ეროვნულ უსაფრთხოებას, გამოხატვისა და კომუნიკაციის თავისუფლება უნდა გაჩერდეს იქ, სადაც საქმე ეხება ქვეყნის უშიშროებისათვის მნიშვნელოვან კონფიდენციალურობის შემცველ მასალებს. სახელმწიფო სტრუქტურები თავიანთ საქმიანობაში სულ უფრო აქტიურად იყენებენ სოციალურ მედიას, რომლის დროსაც არ არის გამორიცხული უნებურად საიდუმლო მასალის გავრცელება. ამიტომ, რისკების შემცირების მიზნით, აუცილებელია სახელმწიფო ჩინოვნიკების

მუდმივი ინფორმირება სოციალური ქსელის სწორად გამოყენებისა და უსაფრთხოების კულტურის ამაღლებაზე.

ამ დროს, რა თქმა უნდა, ძალზე მნიშვნელოვანია სოციალური ქსელების დადებითი მხარე. მთელ მსოფლიოში ფართოდაა გავრცელებული სოციალური ქსელები. ისინი კომუნიკაციის დამყარების ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა. სოციალურმა ქსელებმა საზოგადოების ცხოვრება უფრო საინტერესო, სახალისო და ადვილად აღქმადი გახადა.

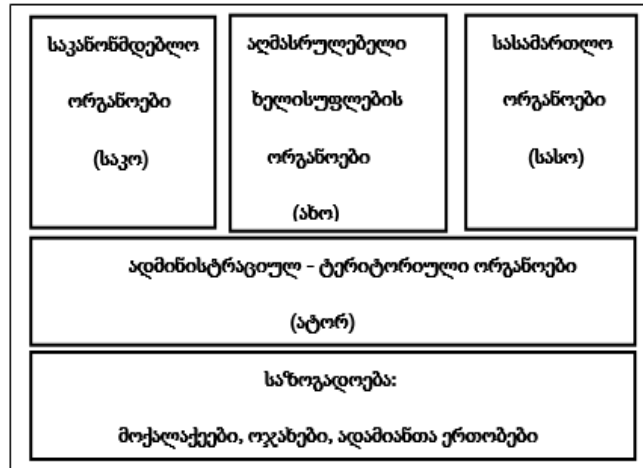
სოციალური ქსელების წარმოდგენილი ძირითადი უარყოფითი და დადებითი მხარეები უფლებას გვაძლევს ვამტკიცოთ, რომ სახელმწიფომ, მისმა კანონმდებლობამ, ეროვნული უსაფრთხოების და სხვა სამსახურებმა იზრუნონ მაქსიმალურად იქნას აცილებული მისი უარყოფითი მხარეები. სოციალურ ქსელში თავისუფლებასთან დაკავშირებით სახელმწიფოს კანონმდებლობამ უნდა გაითვალისწინოს და გამოიყენოს მისი უწმინდესობის საქართველოს კათოლიკოს-პატრიარქის ილია მეორის სააღდგომო ეპისტოლეში დაფიქსირებული უდიდესი ცოდნის ბაზა. კერძოდ, ამ ეპისტოლეში მითითებულია: „თავისუფლება ადამიანმა შეიძლება დაკარგოს ძალმომრეობით და მის დასაბრუნებლად, ბუნებრივია, უნდა იზრუნოს, მაგრამ შესაძლოა, ადამიანმა თავისუფლება დაკარგოს ცრუ თავისუფლების სახელით და სრულ მონობაში აღმოჩნდეს. სამწუხაროდ თანამედროვე საზოგადოების ნაწილი სწორედ ამ მდგომარეობაშია და თავისუფლებას მიიჩნევს ყველაფრის უფლებად, რაც მორწმუნე ადამიანისათვის კატეგორიულად მიუღებელია“ [4].

აქვე, მისი უწმინდესობა ილია მეორე მიუთითებს, რომ „ყველაფრის უფლების დამკვიდრება ხდება ზნეობრიობის უგულვებელყოფით და ამ სიტყვის ნამდვილი მნიშვნელობის დაკარგვით, მისი შინაარსის სრული სახეცვლილებითა და გაუკუღმართებით. ამიტომაცაა, რომ თავისუფლების, სიყვარულის, ადამიანის ღირსების შესახებ ყველა საუბრობს, მაგამ დღეს უკვე რადიკალურად განსხვავებული მნიშვნელობით.

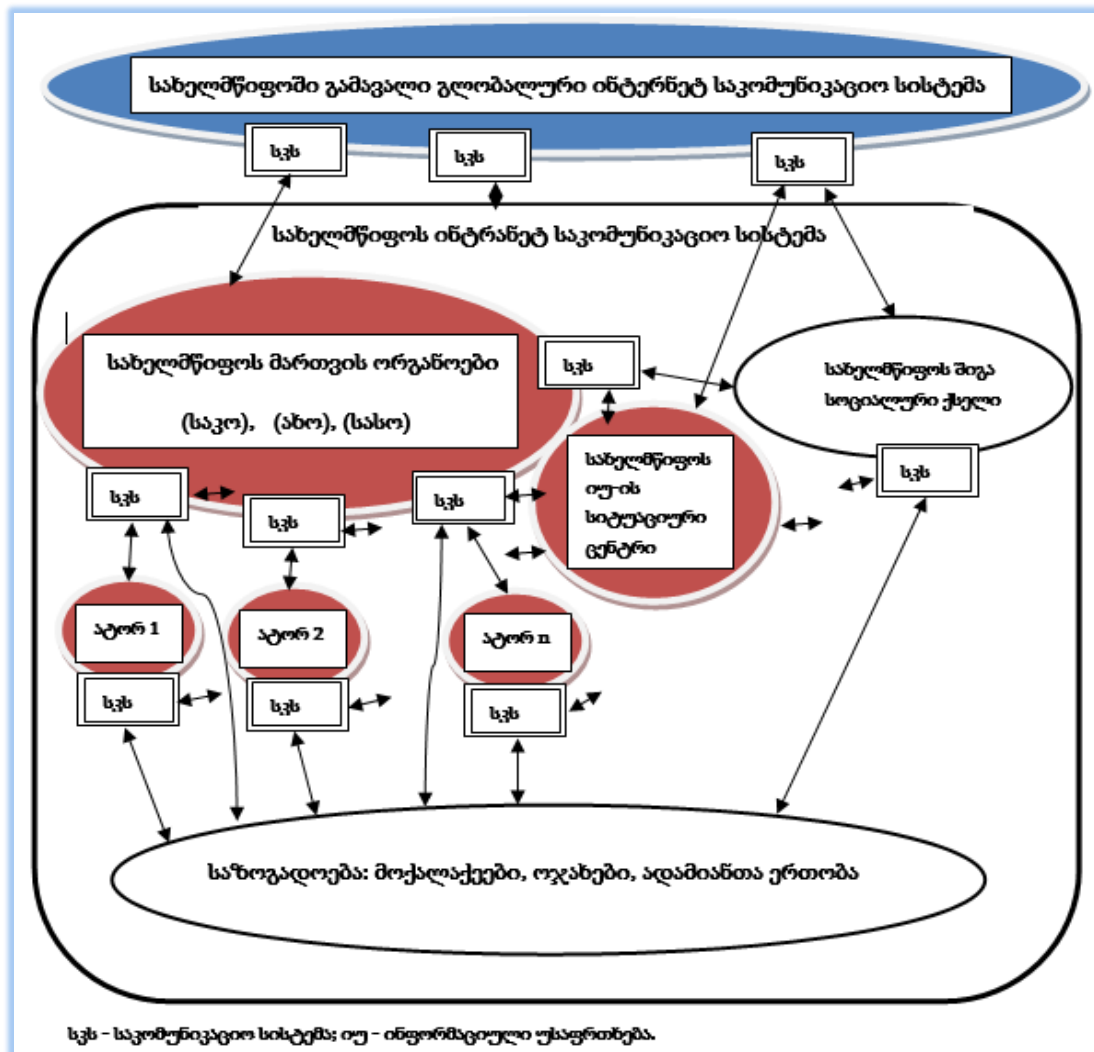
მოციქული გვეუბნება, რომ „თქვენ თავისუფლებისათვის ხართ მოწოდებული, ძმებო, ოღონდ ეს თავისუფლება არ გახდეს საბაზი ხორცის საამებლად, არამედ სიყვარულით ემსახურეთ ერთმანეთს, ვინაიდან მთელ რჯულს ეს ერთი მცნება მოიცავს: „გიყვარდეს მოყვასი შენი, ვითარცა თავი შენი““ (გალ.5:13-14). აქვე აუცილებელია წარმოვადგინოთ მისი უწმინდესობის ილია მეორის მითითება: „ჩვენს საზოგადოებაში კი ქვეყანაზე ზრუნვის მოტივით, სამწუხაროდ, მრავალი მხრიდან აქვს ადგილი კატეგორიულ აზროვნებას და მძლავრობს აგრესიული მეტყველება, რაც მოსახლეობაში მკვეთრ პოლარიზებას იწვევს“ [4].

წარმოდგენილი კვლევის შედეგები აშკარად მიგვითითებს იმაზე, რომ თანამედროვე საინფორმაციო სისტემების ტოტალური განვითარება-დანერგვის პირობებში, აუცილებელია თითოეულმა სახელმწიფომ გააზრებულად ჩამოაყალიბოს საკუთარი ქვეყნის საინფორმაციო საზღვარი და უზრუნველყოს მისი უსაფრთხოება. ამ დროს, რა თქმა უნდა, აუცილებელია ყველა ქვეყანა ურთიერთშეთანხმებულად მოქმედებდეს და თავიდან იქნას აცილებული გლობალურ ინტერნეტ სივრცეში, სოციალურ ქსელებში არსებული ქაოსური სიტუაცია.

ჩვენ მიერ დამუშავებული სახელმწიფოს ინფორმაციული საზღვრის კონცეპტუალური მოდელი ეფუძნება საქართველოს სახელმწიფოს კონსტიტუციურად განსაზღვრულ ზოგად სტრუქტურას (ნახ.1.), რომელიც ცხადია არის მსოფლიოს ნებისმიერი სახელმწიფოს ზოგადი მოდელი. სახელმწიფოს ინფორმაციული საზღვრის კონცეპტუალური მოდელი წარმოდგენილია მე-2 ნახაზზე.



ნახ.1. სახელმწიფოს კონსტიტუციურად განსაზღვრული სტრუქტურა



ნახ. 2. სახელმწიფოს ინფორმაციული საზღვრის კონცეპტუალური მოდელი

წარმოდგენილი მოდელის უმთავრესი იდეაა ის, რომ სახელმწიფოში საკუთარ შიგა ინფორმაციულ სივრცეში ურთიერთობები მართვის ორგანოებს, საზოგადოებას შორის უნდა ხორციელდებოდეს ქვეყანაში დანერგილი ინტერნეტ საკომუნიკაციო-საინფორმაციო სისტემის მეშვეობით. აქ მთავარია ის, რომ ამ სივრცეში ურთიერთობები აუცილებლად უნდა ეფუძნებოდეს საზოგადოებასთან შეთანხმებულ კანონს ან კანონების ერთობლიობას.

ამ კანონზე (კანონებზე) დაყრდნობით განისაზღვრება ქვეყანაში საზოგადოების სოციალურ ქსელში ურთიერთობების, ამ ქსელის გამოყენების პრინციპები, ასევე გლობალურ ინტერნეტ სივრცეში, სოციალურ ქსელებში. სახელმწიფო ორგანოები ვალდებული არიან ხელი შეუწყონ შიგა და საერთაშორისო ურთიერთობების უსაფრთხოდ განხორციელებას და საამისოდ შექმნილი უნდა იქნას სახელმწიფოს ინფორმაციული უსაფრთხოების სიტუაციური ცენტრი, რომლის უმთავრესი ამოცანაა სწრაფად აღმოაჩინოს სისტემის ფუნქციონირებისას სისტემის ხარვეზები, საფრთხეები, მუქარები და ა.შ., რაც საშუალებას მისცემს შესაბამის იუ-ის უზრუნველყოფის ორგანოებს სწრაფად მოხდინონ ხარვეზების აღმოფხვრა.

ცხადია, ჩვენ მიერ წარმოდგენილი სახელმწიფოს ინფორმაციის საზღვრის კონცეპტუალური მოდელი საჭიროებს ძალიან სერიოზულ სამეცნიერო კვლევებს. თუ სახელმწიფო გაიაზრებს წარმოდგენილი მოდელის პრაქტიკული რეალიზების აუცილებლობას, მაშინ მან უნდა შექმნას მრვალპროფილიანი მეცნიერ-ექსპერტთა ჯგუფი, რომლებიც შეძლებენ ღრმად გამიკვილონ წარმოდგენილი მოდელი, მოახდინონ მისი კონკრეტიზაცია და ხელი შეუწყონ მის პრაქტიკულ რეალიზებას.

### 3. დასკვნა

ჩვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევა გვამღებს იმის უფლებას ვამტკიცოთ, რომ თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების, სისტემების ტოტალური განვითარება-დანერგვის პირობებში სახელმწიფოებმა რომ შეძლონ საკუთარი შიგა და ერთმანეთთან ურთიერთობების პროცესების სტაბილურობა და გლობალური საინფორმაციო საფრთხეების თავიდან აცილება, აუცილებელია მოახდინონ ჩვენ მიერ წარმოდგენილი სახელმწიფოს ინფორმაციული საზღვრის კონცეპტუალური მოდელის პრაქტიკული რეალიზება და დანერგვა.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Chogovadze G. (2023). Information: information, society, people. - Georgia, Tbilisi, (in Georgian)
2. A Russian spy network was revealed in Poland, which was planning sabotage. - "Resonance" newspaper, March 16, 2023, Tuesday (in Georgian)
3. <https://1tv.ge/news/olaf-miichnevs-rom-soci.....> (in Georgian)
4. Easter Epistle of the Catholicos-Patriarch of Georgia, Ilia the Second. - "Resonance" newspaper, April 18, 2023, Tuesday (in Georgian)

*(სტატია მიღებულია 07.11.2023)*



## THE INFORMATION SPACE OF THE STATE AND THE MAIN PRINCIPLE OF ENSURING ITS SECURITY

Shonia Otari, Korneli Odisharia, Giorgi Zirakashvili, Nana Maglakelidze

Georgian Technical University

o.shonia@gtu.ge, o\_korneli@yahoo.com,  
g.zirakashvili@gmail.com, nmaglakelidze@mail.ru

### Summary

It is discussed how important it is for modern states to have mutually agreed and safe relations in the information space. The need to define and create its own information border for the state is justified, which is essential to prevent information wars, cybercrimes and other harmful and dangerous effects, which is one of the necessary conditions for the existence, security and sustainable development of the state.

*(Received 07.11.2023)*

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ГОСУДАРСТВА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ

Шония Ш., Одишария К., Зиракашвили Г., Маглакелидзе Н.

Грузинский Технический Университет

o.shonia@gtu.ge, o\_korneli@yahoo.com,  
g.zirakashvili@gmail.com, nmaglakelidze@mail.ru

### Резюме

Рассматриваются вопросы насколько важно современным государствам иметь взаимосогласованные и безопасные отношения в информационном пространстве. Обоснована необходимость определения и создания собственной информационной границы государства, необходимой для предотвращения информационных войн, киберпреступлений и других вредных и опасных последствий, что является одним из необходимых условий существования, безопасности и устойчивого развития государства.

*(Поступила 07.11.2023)*

# ბარომეტრული წნევა/ტემპერატურა/ალტიტუდის, ტენიანობის და ციფრული ინტელექტუალური გადამწოდების შეერთება უპილოტო საფრენ აპარატებთან

ჯემალ გრიგალაშვილი<sup>1</sup>, ელზა იმნაძე<sup>2</sup>, ირაკლი ჩანთაძე<sup>1</sup>

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

j.grigalashvili@gtu.ge, elza.imnadze@iliauni.edu.ge, gankhypower@gmail.com

## რეზიუმე

განიხილულია ნიადაგის ტენიანობისა და ტემპერატურის მონაცემების მიღების შესაძლებლობა უპილოტო საფრენი აპარატების მეშვეობით. ტემპერატურისა და ტენიანობის გადამწოდები ძირითადად სტაციონარულია და უზრუნველყოფენ წერტილოვან გაზომვებს. მობილური აპარატულ-პროგრამული საშუალებების შექმნით, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევა მონაცემთა მიღების ავტომატიზებას, წყდება ინფორმაციის მიღების ამოცანა, რომელიც განაწილებულია მოცემულ მონაკვეთზე. სტატიაში გამოიყენება ბარომეტრული წნევის, ტემპერატურისა და სიმაღლის ზღვის დონიდან გადამწოდი, ტემპერატურისა და ტენიანობის გადამწოდთან ერთობლიობაში.

**საკვანძო სიტყვები:** უპილოტო საფრენი აპარატი. Arduino Uno. ატმოსფერული წნევის, ტემპერატურის და ალტიტუდის გაზომვი გადამწოდი. ტემპერატურის და ტენიანობის გაზომვი გადამწოდი. Android მოწყობილობა, ინფორმაციის ასახვის პანელი Nextion HMI.

## 1. შესავალი

სოფლის მეურნეობა - არის ეკონომიკის ერთერთი ძირითადი დარგი, ჩვენი პლანეტის მუდმივად მზარდი მოსახლეობის რაოდენობასთან მიმართებაში. ამიტომ ნებისმიერი ინოვაციები ამ დარგში ყოველთვის მისასალმებელია. ერთ-ერთ ასეთ ინოვაციად სოფლის მეურნეობისათვის განიხილება უპილოტო საფრენი აპარატები (უსა), (მულტიკოპტერები). მაგალითად, სიახლედ ითვლება სახნავ-სათესი სავარგულების ელექტრონული ბარათებისა და გეგეტატიური ინდექსების NDVI (Normalized difference vegetation index) შექმნა [1].

უსა-ს ტექნოლოგია შესაძლებლობას გვაძლევს დავაკვირდეთ და ვაკონტროლოთ სასოფლო სამეურნეო სავარგულები, მოვახდინოთ წყლის ხარჯვის ოპტიმიზაცია, შესატანი სასუქებისა და შხამქიმიკატების რაოდენობის ოპტიმალური გაანგარიშება, მინდვრების ელექტრონული ბარათების შექმნა, ს/მ მოსავლიანობის პროგნოზი, სადრენაჟო სისტემების დაგეგმვა და სხვ. მათი გამოყენებით შესაძლებლობა გვეძლევა განვსაზღვროთ ადგილმდებარეობის რელიეფი, მინდვრის ზომები, წყლის ობიექტებისა და გზების საზღვრები (მდინარეები, ტბები, ჭაობები). გარდა ამისა, შეგვიძლია მივიღოთ ფოტოები ნათესების მდგომარეობის ანალიზისთვის, მათი სიმჭიდროვისა და თანაბარზომიერების განსაზღვრისათვის. თუ კი გამოვიყენებთ უსა-ზე დაყენებულ სპექტრალურ სენსორებს, მაშინ შეგვეძლება მივიღოთ ინფორმაცია არამარტო ხილულ, არამედ სხვა სპექტრულ დიაპაზონებშიც.

სოფლის მეურნეობაში გამოყენებადი დრონები შეიძლება დაყოფილ იქნას 2 ტიპად:

- 1) მფრინავი აპარატები ვერტიკალური ტიპის (მულტიკოპტერი);
- 2) მფრინავი აპარატები თვითმფრინავის ტიპის (მფრინავი ფრთა).

აპარატების ეს ორი კლასი შეიძლება განიხილოს გაბარიტებით, ფუნქციონალობით, ფრენის სიშორით და სხვა მახასიათებლით.

დღეისათვის BMP080 და DHT21 გადამწოდები და სხვ. Arduino-ს პლატფორმის ბაზაზე ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში (ნახ. 1). გადამწოდების მცირე გაბარიტები, შეყვანა-გამომყვანი პორტების საკმარისი რაოდენობა შესაძლებლობას გვაძლევს ავაწყოთ Arduino-ს გამოყენებით სხვადასხვა დანიშნულების მოწყობილობები, მაგალითად საბინაო/საოფისე მეტეოსადგურები.



ნახ. 1. პროექტში გამოყენებული კომპონენტები

ზემოთ ნაჩვენები, მარტივად დასაპროგრამებელი და შედარებით მცირე, როგორც გაბარიტებით ასევე წონით, გადამწოდები შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრეთვე უპილოტო მფრინავ აპარატებშიც კი.

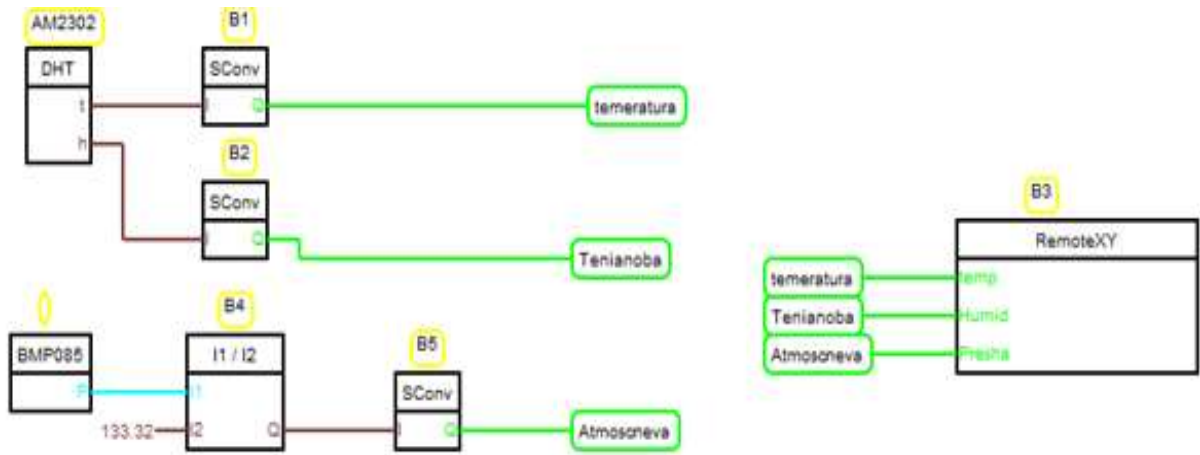
## 2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომში განხილულია მოწყობილობა, რომელიც აგებულია Arduino-ს აპარატულ პლატფორმაზე. ამ კონტროლერის დაპროგრამებისთვის გამოიყენება პროგრამული პლატფორმა FLProg. ამ პროგრამის მთავარი ღირსებაა ის, რომ მისი დაპროგრამების ენები დაფუძნებულია IEC 61131-3 საერთაშორისო სტანდარტზე, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ლოგიკური რელეებისა და პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების დასაპროგრამებლად [2]. მოწყობილობის სიახლეა აგრეთვე ისიც, რომ ინფორმაციის სმარტფონზე გადაცემისათვის გამოიყენება ახალი ტექნოლოგია – Bluetooth HC05/06 მოდული, რომელიც საშუალებას იძლევა უგამტარო კავშირის არხებით გადაეცეს შეტყობინებები გადამწოდებისა და Arduino-ს მოწყობილობებისაგან Android მოწყობილობებზე და პირიქით.

მოწყობილობაში ტემპერატურის, ტენიანობის და ბარომეტრული წნევის გასაზომად გამოიყენება უახლესი ტიპის ინტელექტუალური გადამწოდები: DHT-21 და BMP085 [3]. მოწყობილობის ერთ-ერთ მთავარი ღირსებაა ის, რომ მეტეოროლოგიური ინფორმაციის ადგილობრივი ასახისათვის აქ გამოიყენება მაღალტექნოლოგიური სმარტ პანელი TFT სენსორული ეკრანით Nextion HMI [4]. აღსანიშნავია, რომ FLProg პროგრამაში ჩაშენებულია ეს პანელი, რაც იძლევა შესაძლებლობას გამოყენებულ იქნას იგი საწყისი დონის SCADA სისტემების მარტივად და მოსახერხებლად ასაგებად. პროექტში FLProg-თან ერთად გამოიყენება აგრეთვე Arduino-სა და Android მოწყობილობებს შორის ურთიერთკავშირის პროგრამა Remote XY და Nextion HMI პანელების დაპროგრამების რედაქტორი Nextion Editor.

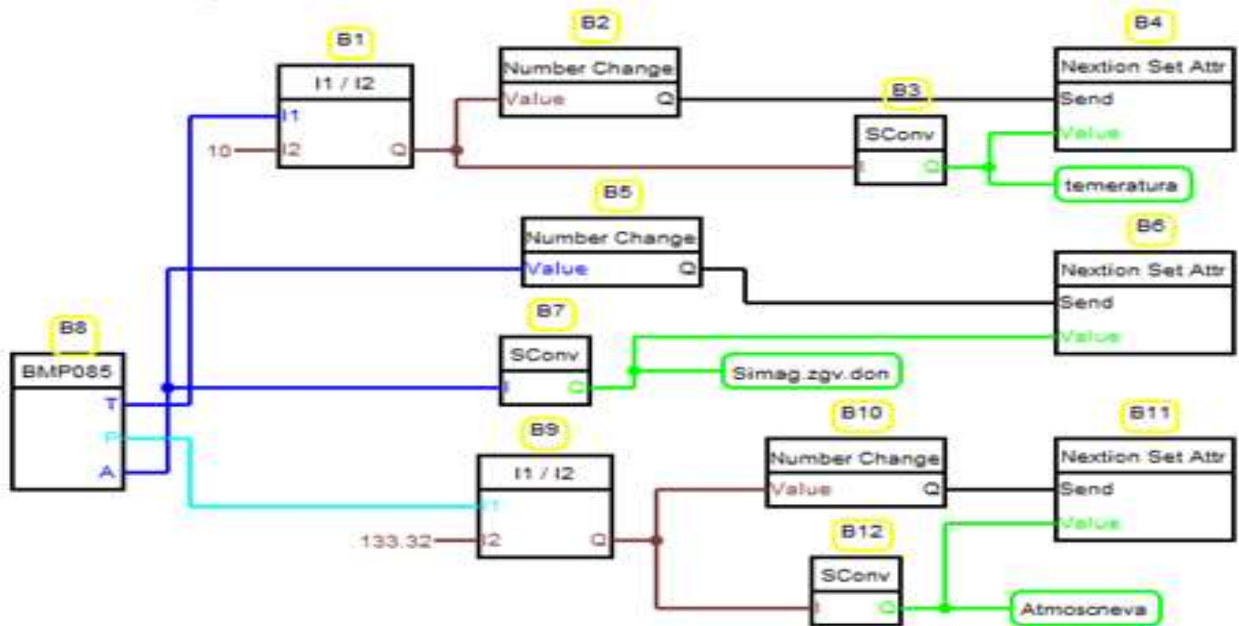
ჩვენს მიერ შექმნილი FLProg ვიზუალურ-გრაფიკული პროგრამა გაყოფილია ორ ნაწილად. პირველი ნაწილი განლაგებულია FLProg-ის ცალკე დაფაზე. აქ წარმოდგენილია ტემპერატურისა და ტენიანობის გადამწოდი DHT21 (ნახ. 2) და ატმოსფერული წნევის გადამწოდი BMP085 [3].

BMP085 გადამწოდის შიგა სქემა მოითხოვს, რომ მის გამოსასვლელზე მიღებული შედეგი გაყოფილი იყოს რიცხვზე 133.32. ამ ფუნქციას ასრულებს ბლოკი B4, რომელიც აღებულია FLProg-ის ბლოკების ბიბლიოთეკის საქაღალდედან ბლოკი [DIV(/)]. B4 ბლოკის გამოსასვლელი ისევე, როგორც DHT21 გადამწოდის გამოსასვლელი კონვერტაციის ბლოკების B1, B2, B5 გავლით მიერთებულია შორიდან მართვის ბლოკზე B3 RemoteXY [4].



ნახ. 2. პირველი დაფის სქემა

სამომხმარებლო ინტერფეისის შესაქმნელად საჭიროა RemoteXY-ის <http://remotexy.com/ru/> საიტზე შესვლა და ონლაინ რედაქტორის დახმარებით მართვის საჭირო ინტერფეისის შექმნა. ამ ბლოკის რედაქტირების შედეგად მიღებული იქნება საწყისი კოდი, რომელიც გადაწერილი უნდა იქნას FLProg-ის RemoteXY ბლოკში. ამ ბლოკის მუშაობისათვის კი აუცილებელია UART მოწყობილობის არჩევა, რომელთანაც უნდა იქნას შეერთებული HC-05 Bluetooth module. Android მოწყობილობების მუშაობისათვის კი აუცილებელია მასში ჩატვირთულ იქნას RemoteXY პროგრამა ზემოაღნიშნული საიტიდან. უფასო პროგრამის ჩატვირთვის შემთხვევაში მისი მუშაობის ხანგრძლივობა განისაზღვრება 30 წამით.



ნახ. 3. მე-2 დაფის სქემა

სამუშაო პროგრამის მეორე ნაწილის პროგრამა ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე, რომელიც უზრუნველყოფს სამი გასაზომი სიდიდის: ტემპერატურის, სიმაღლის (ზღვის დონიდან) და ატმოსფერული წნევის ასახვას Nextion HMI პანელზე [3,4]. გაზომილი სიდიდეების წარმოდგენილი ფორმატიდან გამომდინარე ტემპერატურისა და წნევის მნიშვნელობები უნდა გაიყოს 10 და 133,32. ამას ასრულებენ მათემატიკური ბლოკები B1-სა და B9 [DIV] [3].

ვინაიდან Nextion HMI პანელს შეუძლია მონაცემთა მიღება და ასახვა მხოლოდ String ფორმატის, ამიტომ საიროს ასახვის რიცხვითი მნიშვნელობების გარდაქმნა შესაბამის ფორმატში, B3, B7 და B12 ბლოკების მეშვეობით. სასურველია, ინფორმაციის გადაცემა პანელზე მხოლოდ რიცხვების ცვლილების მომენტში, რისთვისაც ვიყენებთ რიცხვის ცვლილების დეტექტორის ბლოკებს B2, B5 და B10 (Number Change). ასეთი გარდაქმნების შემდეგ მიღებული სტრიქონული სიდიდეები მიეწოდება Nextion HMI პანელის (B4, B6, B11) და ასახება შესაბამის ველებში. ინფორმაციის ფიზიკური ასახვა Android მოწყობილობასა და Hextion HMI პანელის ეკრანებზე წარმოდგენილია მე-4 და მე-5 ნახაზებზე.



ნახ. 4. საბინაო/საოფისე მეტეოსადგური



ნახ. 5. ატმოსფერული ინფორმაციის ასახვა Nextion HMI პანელზე

უპილოტო საფრენი აპარატები გამოიყენება ყველგან, სხვადასხვა საქმიანობაში, სადაც ხორციელდება გარემო პირობების მონიტორინგი. მაგალითად მეტროლოგიური ინფორმაციის მიღება [5], სასათბურე გაზების გაზომვა ატმოსფეროში, როლებიც პირველ რიგში მოიცავს წყალბადის დიოქსიდს, მეთანს და წყლის ორთქლს, დამაბინძურებელი გაზების ღრუბლების დაკვირვებისთვის, რაც წარმოიშვება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თანამედროვე საზოგადოების პროგრესი შეუძლებელია წარმოვიდგინოთ მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების გარეშე, ტექნოლოგიური სიახლეების დანერგვის გარეშე, მათ შორის ფუნქციონალურად განსხვავებული კონტროლერებისა და გადამწოდების გარეშე. ამ ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევების შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, როგორც მულტიკომპლექსური კონსტრუქციებში, ზოგადად, ასევე გადამწოდებისა და აღმსრულებელი მექანიზმების განლაგებებში. უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება ძალზედ ამარტივებს საჭირო ინფორმაციის შეგროვებას ნათესების მდგომარეობის შესახებ. მულტიკომპლექსური აღმოჩნდა მეტად მობილური, მონაცემთა მეტი დეტალიზაციით (სურათების მიღების შესაძლებლობა ერთ სანტიმეტრამდე გარჩევადობით).

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Normalized difference vegetation index. Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized\\_difference\\_vegetation\\_index](https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized_difference_vegetation_index) (23.12.23)
2. IEC 61131-3. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61131-3](https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3) (23.12.23)
3. Grigalashvili J. (2023). A collection of projects in Arduino. Manual. ISBN 978-9941-28-978-1 (Pdf), GTU, 401 p. (in Georgian)
4. Grigalashvili J. (2017). Nextion\_HMI panel programming in FLProg environment. ISBN: 978-9941-20-857-7, auxiliary manual, 218 p. (in Georgian)
5. National Weather Service. Heat Forcast Tools. <https://www.weather.gov/safety/heat-index> [https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_index](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_index) (11.12.23).

*(სტატია მიღებულია 11.11.2023)*

**BAROMETRIC PRESSURE/TEMPERATURE/CONNECTING ALTITUDE,  
HUMIDITY AND DIGITAL SMART TRANSMITTERS TO UAVS**

Grigalashvili Jemal<sup>1</sup>, Imnadze Elza<sup>2</sup>, Chantadze Irakli<sup>1</sup>

1-Georgian Technical University,

2-Ilia State University

[jgrigalashvili@gmail.com](mailto:jgrigalashvili@gmail.com), [elza.imnadze@iliauni.edu.ge](mailto:elza.imnadze@iliauni.edu.ge), [gankhypower@gmail.com](mailto:gankhypower@gmail.com)

**Summary**

The paper discusses the possibility of obtaining soil moisture and temperature data through unmanned aerial vehicles. Temperature and humidity transmitters are mainly stationary and provide point measurements with the creation of mobile hardware-software tools that allow automation of data acquisition. The problem of obtaining information distributed over a given partition is solved. This article deals with barometric pressure, temperature and height above mean sea level transmitters in combination with temperature and humidity transmitters.

*(Received 11.11.2023)*

**ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО  
ДАВЛЕНИЯ/ТЕМПЕРАТУРЫ/ВЫСОТЫ, ВЛАЖНОСТИ И  
ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ К БПЛА**

Григалашвили Дж.<sup>1</sup>, Имнадзе Е.<sup>2</sup>, Чантадзе И.<sup>1</sup>

1-Грузинский Технический Университет

2- Государственный Университет Или

[j.grigalashvili@gtu.ge](mailto:j.grigalashvili@gtu.ge), [elza.imnadze@iliauni.edu.ge](mailto:elza.imnadze@iliauni.edu.ge), [gankhypower@gmail.com](mailto:gankhypower@gmail.com)

**Резюме**

Обсуждается возможность получения данных о влажности и температуре почвы с помощью беспилотных летательных аппаратов. Преобразователи температуры и влажности в большинстве случаев являются стационарными и обеспечивают точечные измерения. Путем создания мобильных аппаратно-программных средств, позволяющих автоматизировать сбор данных, решается задача получения информации, которая распространяется в данной статье.

*(Поступила 11.11.2023)*

## განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება ნაკადური დიდი მონაცემების დამუშავებისთვის

გულნარა ჯანელიძე<sup>1</sup>, ბადრი მეფარიშვილი<sup>1</sup>, ირაკლი ხაჩიძე<sup>2</sup>

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

Janelidzegulnara08@gtu.ge, meparishvilbadri08@gtu.ge,

Irakli.Khachidze3@gmail.com

### რეზიუმე

ნაშრომში შემუშავებულია განაწილებული გენეტიკური ალგორითმი ლამბდა არქიტექტურის პირობებში. აღწერილია ალგორითმის მუშაობის სრული ციკლი, დაწყებული რეალურ დროის მოცემულ მონაკვეთში შემავალი მონაცემების ფრაგმენტებად დაყოფით, დამთავრებული ოპტიმალური ამონახსნის პოვნით. წარმოდგენილია შემუშავებული ალგორითმის ბლოკ-სქემა. ნაშრომში წარმოდგენილი მიდგომა იყენებს ლამბდა არქიტექტურისა და განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების მიდგომების უპირატესობებს. ამდენად, მათი ერთობლივი გამოყენება მიზანშეწონილია დიდ მონაცემებში ოპტიმიზაციის ფართომასშტაბიანი ამოცანების გადასაწყვეტად რეალურ დროში.

**საკვანძო სიტყვები:** ლამბდა არქიტექტურა, განაწილებული გენეტიკური ალგორითმი

### 1. შესავალი

დიდი მოცულობის ნაკადური მონაცემების დამუშავებისადმი ინტერესი დღითიდღე იზრდება. ასეთი მონაცემების დამუშავების სირთულე დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ნაკადი უწყვეტია და სწრაფად ცვალებადი, რომლებიც გენერირდება სხვადასხვა წყაროდან და ხშირად ხასიათდება შემოდინების მაღალი სიჩქარით, დიდი მოცულობით და მოკლე სასიცოცხლო ციკლით. ნაკადური მონაცემების არსი მდგომარეობს მის უნარში წარმოადგინოს აქტუალური ინფორმაცია რეალური დროის რეჟიმში, რაც მოვლენებზე დროულად რეაგირების, ცვალებად პირობებზე ადაპტირების საშუალებას იძლევა. ნაშრომში წარმოდგენილია ლამბდა არქიტექტურის და განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების გამოყენების ანალიზი დიდ მონაცემთა დამუშავების და მაღალი წარმადობის გამოთვლების ამოცანებისთვის.

მიუხედავად იმისა, რომ რეალურ დროში მონაცემთა დამუშავებისა და ანალიზის სისტემები უდიდეს უპირატესობას იძლევა გადაწყვეტილების მიღებისას, განსაკუთრებით მაშინ თუ გადაწყვეტილება რეალურ დროშია მისაღები, გვერდს ვერ ავუვლით მათ რამდენიმე პრობლემურ ასპექტს. რეალური დროის სისტემების მიერ მიღებული ნაკადების სიჩქარე და მოცულობა, რომლებიც სხვადასხვა წყაროებიდან შეიძლება იყოს მიღებული, წარმოადგენს დიდ პრობლემას სისტემებისთვის, რადგან მონაცემთა ასეთი დიდი მოცულობის რეალურ დროში დამუშავება საკმაოდ რთულია, როგორც აპარატურის და ქსელისთვის, ასევე არსებული ალგორითმებისთვისაც. ასევე საყურადღებოა დაბალი დაყოვნებების მიღწევა, რათა არ მოხდეს შეფერხება გადაწყვეტილების მიღებისას.

აღნიშნული პრობლემები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დიდ, განაწილებულ გარემოში, როგორცაა არამხოლოდ ბიზნესის მიმართულება, არამედ ასტრონომიული,

მეტეო, ნივთების ინტერნეტი (IoT). მონაცემთა მოცულობისა და სიჩქარის პრობლემების გადაჭრის გზა მოიცავს ტექნოლოგიური არჩევანის ერთობლიობას, მათ შორის ნაკადის დამუშავების ჩარჩოებს, განაწილებულ მეხსიერებას და ოპტიმიზების ალგორითმებს. სწორედ ამიტომ ცხადია, რომ განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების და ლამბდა არქიტექტურის ერთობლივი გამოყენება აღნიშნული პრობლემების მიმართ საუკეთესო არჩევანია [1,2].

## 2. ძირითადი ნაწილი

კომპანიების მიზნების მისაღწევად „ისტორიული“ მონაცემების ანალიზი აღარ არის საკმარისი. დღეს, როდესაც ბაზრები უფრო დინამიურია, ვიდრე ოდესმე და მონაცემები გაცილებით სწრაფად, ზოგჯერ რამდენიმე წამში განიცდის ცვლილებას, რეალურ დროში მიღებული ინფორმაცია შეიძლება ბევრად უფრო მნიშვნელოვანი იყოს კომპანიისთვის, ვიდრე ინფორმაცია, რომელიც დროის გარკვეული მონაკვეთის განმავლობაში არის შეგროვებული და „დახარისხებული“. სწორედ დიდ და სწრაფად მზარდ, მათ შორის რეალურ დროში ნაკადურ მონაცემთა ანალიზისთვის არის მიზანშეწონილი ლამბდა არქიტექტურის გამოყენება. ამდენად, ამ მექანიზმს თავისი უნივერსალურობიდან გამომდინარე მაღალი სირთულის ამოცანების გადაწყვეტის უნარი აქვს, რასაც იგი უმკლავდება სამი ძირითადი ფენის საშუალებით:

– *Batch Layer*: ფენა პასუხისმგებელია მონაცემთა დიდი მოცულობის დამუშავებასა და ანალიზზე პაკეტურ (Batch) რეჟიმში. ამ ფენაში მონაცემები აგრეგირდება, იფილტრება და ინახება პაკეტების სახით, რაც ანალიზისთვის მონაცემთა პაკეტური წარმოდგენის აგების საშუალებას იძლევა.

– *Speed layer*: სიჩქარის ფენა ახდენს რეალურთან მიახლოებულ დროში მონაცემთა მიღებას ანალიზისთვის. მას მინიმალური დაყოვნება აქვს გამტარუნარიანობაში, რაც ბიზნესს სწრაფი გადაწყვეტის საშუალებას აძლევს.

– *Serving layer*: სერვისის ფენა პასუხისმგებელია მომხმარებლისთვის ან კლიენტის აპლიკაციებისთვის მოთხოვნის შედეგების მიწოდებაზე. ის აერთიანებს პაკეტურ წარმოდგენას (Batch View) და რეალური დროის წარმოდგენებს (Real-time View), რათა უზრუნველყოს მონაცემთა ერთიანი წარმოდგენა. მის მიმართ ძირითადი მოთხოვნაა, რომ დამუშავება შესრულდეს მაქსიმალურად პარალელური სახით, რათა მინიმუმდეს მონაცემთა ნაკრების ინდექსირების დრო. სანამ ინდექსირების დავალება შესრულების პროცესშია, ახლად შემოსული მონაცემები დგება რიგში შემდგომ დავალებაში ინდექსირებისთვის.

როგორც ვხედავთ, Lambda არქიტექტურას აქვს ნებისმიერი მასშტაბის ინფორმაციულ ნაკადებთან ეფექტურად მუშაობის შესაძლებლობა, ამდენად მისი გამოყენება გამართლებულია დიდ მონაცემთა ნაკადების დამუშავების შემთხვევაში [2].

➤ **გენეტიკური ალგორითმის მიდგომა.** გენეტიკურ ალგორითმებში (GA) კარგი გადაწყვეტილებები, როგორც წესი, შედგება კარგი სამშენებლო ბლოკებისგან, რომლებიც მიიღება ქრომოსომების მნიშვნელობების შესაბამისი კომბინაციებით [2].

გენეტიკური ალგორითმების მუშაობის პრინციპია: - საწყისი პოპულაციიდან (*current generation*) შუალედური პოპულაციის გენერირება (*intermediate generation*) შერჩევის (*selection*) გზით. ინდივიდების შეჯვარება (*recombination*) შუალედური პოპულაციიდან კროსოვერის (*crossover*) მეშვეობით, რასაც მივყავართ ახალი თაობის პოპულაციის მიღებასთან (*next generation*); ახალი თაობის მუტაცია. სტანდარტულ გენეტიკურ ალგორითმში



გამოიყენება გადარჩევის (სელექცია), შეჯვარების (რეკომბინაცია), მუტაციის, ინვერსიის ოპერატორები. ამოცანიდან გამომდინარე შეიძლება შესრულდეს ტრანსლოკაცია, სეგრეგაცია და სხვ. კროსოვერი გენეტიკური ალგორითმის მნიშვნელოვანი ოპერაციაა, რომელიც გენების შეჯვარების საშუალებას იძლევა, რომლის შედეგად მიიღება შვილი პოპულაცია. ის გულისხმობს ორი მშობლის ნაწილების შერევას და შეჯვარებას ახალი პოპულაციის მისაღებად [1].

➤ **განაწილებული გენეტიკური ალგორითმები.** ევოლუციურმა გამოთვლებმა დაადასტურეს მისი გამოყენების ეფექტურობა ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების გადაწყვეტაში, მაგრამ ინფორმაციული ეპოქის სწრაფი განვითარებით და მის კვალდაკვალ დიდი მონაცემების გააქტიურებით გაიზარდა და გართულდა ევოლუციური მიდგომების მიმართ დასმული ამოცანები. პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია, როდესაც საძიებო სივრცე მოიცავს ლოკალური ოპტიმუმების უზარმაზარ რაოდენობას და ტრადიციული გენეტიკური ალგორითმი ვერ უმკლავდება მონაცემთა ნაკადების დამუშავებას რეალურ დროში [3,4].

პაკეტური დამუშავება ითვალისწინებს დიდი მოცულობის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებას, რომელიც უკვე ინახება სისტემაში. ამ პარადიგმის სიზუსტე ხშირად აღემატება ნაკადური დამუშავების სიზუსტეს, მაგრამ იგი არ ითვალისწინებს ახალ მონაცემებს დამუშავების დაწყების შემდეგ. ამდენად პაკეტური მოდელი ვერ იქნება ადაპტური რეალურ დროში მონაცემთა ნაკადების დამუშავებისთვის. მეორეს მხრივ ნაკადური დამუშავების მიზანია გაუმკლავდეს დიდი მონაცემების სისწრაფეს და დაამუშაოს იგი რეალურ დროში მისი შემოსვლისთანავე. ეს მიდგომა ამუშავებს ნაკადებს თანმიმდევრობით, ისე რომ ცალკეული ახალი მონაცემები შეიძლება ჩაირთოს მოდელის განახლებაში დაბალი დაყოვნებით. შესაბამისად, მოდელი ადაპტირდება ახალ შემომავალ მონაცემთა ნაკადზე.

განაწილებული გენეტიკური ალგორითმები (DGA) ინარჩუნებს კლასიკური გენეტიკური ალგორითმის (GA) ძირითად პრინციპებს, თუმცა იყენებს განაწილებულ გამოთვლით რესურსებს ეფექტურობისა და მასშტაბურობის გასაუმჯობესებლად. DGA-ს მთავარი იდეაა, რომ მისი ფუნქციონირება ხდება მრავალ მანქანაზე ან პროცესორზე, რათა უფრო ეფექტურად გადაჭრას ოპტიმიზაციის რთული პრობლემები. ალგორითმი ყოფს ინდივიდების პოპულაციას ქვეპოპულაციებად, რომლებიც დამოუკიდებლად მუშავდება სხვადასხვა გამოთვლით კვანძზე. ეს ქვეპოპულაციები ვითარდებიან და პერიოდულად ცვლიან ინფორმაციას გლობალური ძიების მისაღწევად. განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების მუშაობის პრინციპი მოიცავს რამდენიმე ოპერაციას [3]:

– *ინიციალიზაცია:* DGA იწყება ინდივიდების პოპულაციის ინიციალიზაციის გზით ან რაიმე ევრისტიკის გამოყენებით. თითოეული ინდივიდი წარმოადგენს ოპტიმიზაციის პრობლემის პოტენციურ გადაწყვეტას.

– *შეფასება:* თითოეული გამოთვლითი კვანძი აფასებს ინდივიდების შესაბამისობას მის ქვეპოპულაციაში. ფიტნესი წარმოადგენს იმას, თუ რამდენად კარგად წყვეტს ინდივიდი ოპტიმიზაციის პრობლემას, რომელიც ჩვეულებრივ იზომება ობიექტური ფუნქციით.

– *რეპროდუქცია:* GA ოპერატორები, როგორცაა შერჩევა, კროსოვერი და მუტაცია, დამოუკიდებლად გამოიყენება თითოეულ სუბპოპულაციაზე ახალი შთამომავლების შესაქმნელად. ეს ოპერატორები შერჩევის, რეკომბინაციისა და მუტაციის ბუნებრივი გენეტიკური პროცესების მსგავსია, რათა ხელი შეუწყონ საძიებო სივრცის შესწავლასა და ექსპლუატაციას.

– *გაცვლა*: რეგულარული ინტერვალებით ან გარკვეული რაოდენობის თაობების შემდეგ, კომუნიკაცია ხდება გამოთვლით კვანძებს შორის. ეს შეიძლება მოიცავდეს საუკეთესო ინდივიდების ქვეჯგუფის გაზიარებას ან გენეტიკური ინფორმაციის გაცვლას ქვეპოპულაციებს შორის. მიზანია მრავალფეროვნების დანერგვა და ინფორმაციის გაზიარების საშუალება საძიებო სივრცის სხვადასხვა ნაწილიდან.

– *კონვერგენცია*: ევოლუციის პროცესი გრძელდება ახლად შექმნილ შთამომავლობით ინდივიდებთან. დროთა განმავლობაში, თითოეულ ქვეპოპულაციაში პოპულაციები პერსპექტიული გადაწყვეტილებებისკენ მიდის;

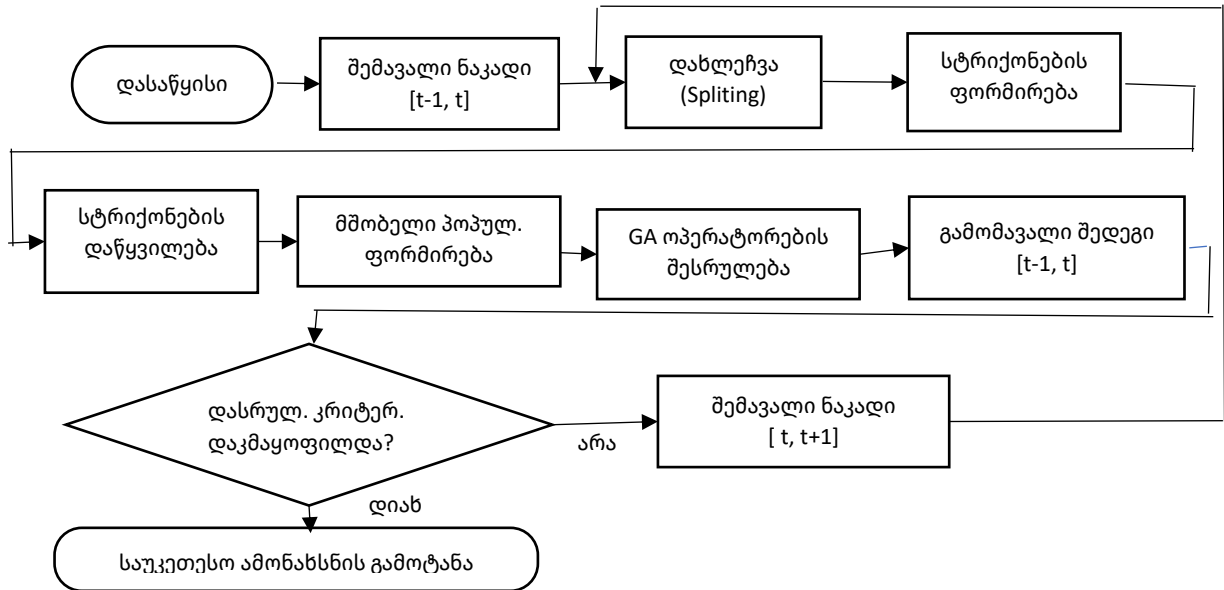
– *შეწყვეტა*: ალგორითმი მთავრდება, თუ დაკმაყოფილებულია შეწყვეტის კრიტერიუმი, როგორცაა თაობების მაქსიმალური რაოდენობის მიღწევა, დამაკმაყოფილებელი გამოსავლის პოვნა ან წინასწარ განსაზღვრული გამოთვლითი დროის გადაჭარბება;

– *ფიტნეს ფუნქცია*. განაწილებულ გენეტიკური ალგორითმებში (DGA), ფიტნეს ფუნქცია არის გადამწყვეტი კომპონენტი, რომელიც განსაზღვრავს რამდენად კარგად მუშაობს ინდივიდი (ქრომოსომა) ოპტიმიზაციის პრობლემის გადაჭრისას. ფიტნეს ფუნქცია რაოდენობრივად განსაზღვრავს ინდივიდუალური გადაწყვეტის ხარისხს ან ვარგისიანობას პოპულაციაში. ეს არის ძირითადი შეფასების მეტრიკა, რომელიც გამოიყენება ევოლუციის პროცესის წარმართვისთვის, რეპროდუქციისთვის ინდივიდების შერჩევით და მომავალი თაობის განსაზღვრით [4,5]. ფიტნეს ფუნქცია იღებს ინდივიდს (ქრომოსომა) და ანიჭებს ფიტნეს ქულას იმის მიხედვით, თუ რამდენად აკმაყოფილებს ინდივიდი ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებს ან მიზნებს. რაც უფრო მაღალია ფიტნეს ქულა, მით უკეთესია ინდივიდის წარმადობა პოპულაციაში სხვებთან შედარებით.

განაწილებულ გარემოში, თითოეული გამოთვლითი კვანძი დამოუკიდებლად აფასებს ინდივიდების შესაბამისობას მის ქვეპოპულაციაში. სხვადასხვა კვანძიდან მიღებული ფიტნეს მნიშვნელობები გამოიყენება შერჩევისა და რეპროდუქციის პროცესის წარმართვისთვის, ასევე საუკეთესო ამონახსნის მისაღებად.

რეალურ დროში დიდი მოცულობის მონაცემთა ნაკადებში ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ჩვენ მიერ შემუშავებულია განაწილებული გენეტიკური ალგორითმი ლამბდა არქიტექტურით, რომელიც შედგება შემდეგი ეტაპებისგან:

- 1) შემავალი მონაცემების ერთი ნაკადის მიღება  $[t-1, t]$  დროის ინტერვალში;
- 2) შემავალი ნაკადის დახლეჩვა ფრაგმენტებად, Splitting ოპერაციის შესრულება;
- 3) ცალკეულ ფრაგმენტში გენეტიკური ალგორითმის შესაბამისად სტრიქონების ანუ ქრომოსომების გენერირება;
- 4) ქრომოსომების დაწყვილება, რომლითაც მიიღება მშობელი სტრიქონების წყვილი;
- 5) ცალკეულ ფრაგმენტში განთავსებული მშობელი ქრომოსომების წყვილების გაერთიანება, რომელიც მოგვცემს მშობელ პოპულაციას;
- 6) მშობელ პოპულაციაში ზემოაღწერილი გენეტიკური ალგორითმის ოპერაციების შესრულება;
- 7)  $[t-1, t]$  დროის ინტერვალისთვის ოპტიმალური მნიშვნელობის მიღება;
- 8) პროცესის განმეორება ახალი ნაკადისთვის, რომელიც უკვე მიიღება დროის მომდევნო  $[t, t+1]$  ინტერვალში.
- 9) დიდ მონაცემთა დამუშავების ლამბდა არქიტექტურისთვის შემუშავებული განაწილებული გენეტიკური ალგორითმის ბლოკ-სქემა მოცემულია 1-ელ ნახზზე.



ნახ.1. განაწილებული გენეტიკური ალგორითმი

### 3. დასკვნა

სტატია მოიცავს დიდი მონაცემების რეალურ დროში დამუშავებაში არსებული პრობლემების იდენტიფიცირების და გადაჭრის გზებს. განხილულია რეალურ დროში დამუშავების და განაწილებული გამოთვლების მიდგომები, როგორცაა ლამბდა არქიტექტურა და განაწილებული გენეტიკური ალგორითმები.

განაწილებული გენეტიკური ალგორითმები (DGA) და ლამბდა არქიტექტურა არის ორი განსხვავებული კონცეფცია, რომელიც გამოიყენება მონაცემთა დამუშავებისა და ოპტიმიზაციისთვის სხვადასხვა ასპექტში. თუმცა, მათი ერთობლივი გამოყენება დიდ უპირატესობას იძლევა და აერთიანებს ორივე კონცეფციას: განაწილებული გენეტიკური ალგორითმების შერწყმა Lambda Architecture-სთან იყენებს როგორც განაწილებული გამოთვლის, ისე ლამბდა არქიტექტურის უპირატესობებს, რაც ხელს უწყობს ოპტიმიზაციის პრობლემის ეფექტურ გადაჭრას. ამავდროულად უნდა აღინიშნოს, რომ ლამბდა არქიტექტურა გამართლებულია მხოლოდ დიდი მოცულობის მონაცემთა დამუშავებისთვის, რომლის მთავარი მიზანია დაყოვნებების მინიმუმამდე შემცირება.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Meparishvili B., Tsertsvadze G., Janelidze G. (2020). Big Data Analytics, ISBN 978-9941-8-2161-5, Georgian Technical University, Tbilisi, 244 p. (in Georgian)
2. Anderson K.M. (2014). Lambda Architecture, CSCI5828: Foundations of Software Engineering. Lecture 29, pdf. 12.09
3. Luke S. (2016). Essentials of Metaheuristics. Department of Computer Science, George Mason University. ISBN: 978-1-300-54962-8.
4. Abuzanouneh Kh I. (2016). Parallel and distributed genetic algorithm with multiple-objectives to improve and develop of evolutionary algorithm. Journ. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, v.7, is.5. Publ. Science and Information (SAI) Organization Limited. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=7i5PiHMMAAAJ&citation\\_for\\_view=7i5PiHMMAAAJ:KlAtU1dfN6UC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=7i5PiHMMAAAJ&citation_for_view=7i5PiHMMAAAJ:KlAtU1dfN6UC) (11.10.23).

(სტატია მიღებულია 15.11.2023)

## APPLICATION OF DISTRIBUTED GENETIC ALGORITHMS TO STREAM BIG DATA PROCESSING

Janelidze Gulnara<sup>1</sup>, Meparishvili Badri<sup>1</sup>, Khachidze Irakli<sup>2</sup>

1-Georgian Technical University,  
2-Akhaltzikhe State Educational University

Janelidzegulnara08@gtu.ge, meparishvilibadri08@gtu.ge,  
Irakli.Khachidze3@gmail.com

### Summary

The article develops a distributed genetic algorithm with lambda architecture. The full cycle of operation of the algorithm is described, starting with dividing the data included in a given period of real time into fragments and ending with the search for the optimal solution. A block diagram of the developed algorithm is presented. The approach presented in the paper uses the advantages of lambda architecture and distributed genetic algorithm approaches. Thus, their joint use is appropriate for solving large-scale optimization tasks in big data in real time.

*(Received 15.11.2023)*

## ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОТОКОВОЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Мепаришвили Б<sup>1</sup>., Джanelидзе Г<sup>1</sup>., Хачидзе И<sup>2</sup>.

1-Грузинский Технический Университет,  
2-Самцхе-Джавახетский Государственный университет

meparishvilibadri08@gtu.ge, janelidzegulnara08@gtu.ge,  
Irakli.Khachidze3@gmail.com

### Резюме

Рассматриваются задача и процесс разработки распределенного генетического алгоритма с лямбда-архитектурой. Описан полный цикл работы алгоритма, начиная с разделения данных, входящих в заданный период реального времени, на фрагменты и заканчивая поиском оптимального решения. Представлена структурная схема разработанного алгоритма. Предложенный подход использует преимущества лямбда-архитектуры и подходов распределенных генетических алгоритмов. Таким образом, их совместное использование целесообразно для решения масштабных задач оптимизации больших данных в реальном времени.

*(Поступила 15.11.2023)*

## გაგრილების სისტემის როლი მონაცემთა ცენტრის სწორი ფუნქციონირებისთვის

ნუგზარ ყოჩიაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
kochiashvili.nugzar22@gtu.ge

### რეზიუმე

განხილულია ორგანიზაციებში მონაცემთა ცენტრის მდგრადი ფუნქციონირებისათვის გაგრილების სისტემის მნიშვნელობის საკითხი. მოცემულია არსებული გაგრილების სისტემების ანალიზი, მათი სწორი დაპროექტების და ეფექტიანი ექსპლუატაციის შედეგების მისაღწევად. მოყვანილია არსებული სხვადასხვა გაგრილების ტექნოლოგიების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და შემოთავაზებულია ახლებური მიდგომა, რომელიც საჭიროებს ახალი მეთოდებისა და მოდელების შემუშავებას.

**საკვანძო სიტყვები:** მონაცემთა ცენტრი. გაგრილების სისტემა. ტემპერატურის მართვა. ტენიანობა.

### 1. შესავალი

მონაცემთა ცენტრებს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს დღევანდელი ბიზნეს პროცესებისთვის. მონაცემთა ცენტრის ტექნოლოგიები განიცდის სწრაფ ცვლილებას, ამიტომ ბიზნესის მფლობელებისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია მათი განახლების საკითხების გადაწყვეტა. მონაცემთა ცენტრში IT-აღჭურვილობის ფუნქციონირების შესანარჩუნებლად სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ტემპერატურის სათანადო მართვა. მონაცემთა ცენტრში ჭარბი თბილი ჰაერის და ტენიანობის არსებობამ შეიძლება შექმნას ფინანსური ტვირთი ბიზნესისათვის, რომლის თავიდან აცილებაც შესაძლებელია.

ბოლო წლებში მონაცემთა ცენტრთა სტრუქტურა უფრო გართულდა, მონაცემების შემოდინებამ გამოიწვია მოთხოვნის შემოდინება, მონაცემთა ცენტრი არის მყიფე სტრუქტურა, რომელშიც განთავსებულია სხვადასხვა IT სისტემები და აღჭურვილობა. აქედან გამომდინარე, მას სჭირდება ფრთხილი და ეფექტური დენის და გაგრილების სისტემები. ვინაიდან IT სისტემები გამოიმუშავენ სითბოს, აუცილებელია ამ სითბოს ნარჩენების ამოღება. გაგრილების ტექნოლოგია კი შექმნილია IT საქმიანობისთვის სწორი კლიმატის შესანარჩუნებლად (ნახ.1) [1].



ნახ.1 მონაცემთა ცენტრის გაგრილების სქემა

### 2. ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა ცენტრი შეიძლება ითქვას, რომ არის „სპეციალური ნაგებობა ან ნაგებობათა სისტემა, რომელშიც არის მოთავსებული სპეციალური კომპიუტერული სისტემა და მასთან დაკავშირებული კომპონენტები“. მასში შედის, როგორც ზემოთხსენებული სისტემები, ასევე

პერსონალი, ვინც მათ მუშაობას და უსაფრთხოებას უზრუნველყოფს და მონაცემთა ცენტრის გამართულად მუშაობისთვის შესაბამის გარემოს უნარჩუნებს. ამ ყველაფერთან ერთად ცენტრი მოიცავს ასევე ელექტრონული მიწოდების კომპონენტებს, სარეზერვო კვებას, გამაგრილებელ სისტემებს, ხანძარსაწინააღმდეგო მოწყობილობებს, უსაფრთხოების წერტილებს პერსონალისთვის. რაც შეეხება ინფრასტრუქტურას, ის შეიცავს ქსელით ერთმანეთთან დაკავშირებულ სერვერების განსაზღვრულ რაოდენობას და ეს რაოდენობა ორგანიზაციის სპეციფიკურიდან გამომდინარე ისაზღვრება.

მონაცემთა ცენტრის სამყარო ხაზი გაუსვა სამ მთავარ გამოწვევას მონაცემთა ცენტრის ინდუსტრიაში: სიმძლავრე და სითბოს სიმკვრივე, არქიტექტურა და მდგრადობა. მიუხედავად მასშტაბის ცვლადებისა, მონაცემთა ცენტრის გარემო, საბოლოო ჯამში, პასუხისმგებელია ზედმეტ ენერგიაზე, გაგრილებაზე, უსაფრთხოებაზე და დაკავშირებაზე კრიტიკული IT ინფრასტრუქტურისთვის. გამუდმებით ჩნდებოდა სამი ძირითადი თემა, რომლებიც საერთოა მონაცემთა ცენტრის საზოგადოებაში, მასშტაბის მიუხედავად: მზარდი სიმძლავრის და სითბოს სიმკვრივის გამოწვევები, საიტის გამოწვევები და მშენებლობის ეფექტურობა და მდგრადობის პრობლემები.

➤ **გაგრილება:** გაგრილებას დიდი წვლილი შეაქვს მონაცემთა ცენტრში ენერჯის მოხმარებაში, როგორც ყველას, ვისაც ლეპტოპი დიდი ხნის განმავლობაში უჭირავს კალთაში, შეუძლია დაადასტუროს, გამოთვლით სისტემებს შეუძლიათ დიდი სითბოს გამომუშავება. თუ თქვენ განათავსებთ უამრავ სერვერს ერთ ოთახში, ისინი გამოიმუშავებენ დიდ სითბოს. მაგრამ სერვერების უმეტესობა არ არის შექმნილი ძალიან თბილ გარემოში ფუნქციონირებისთვის. ზოგადად, ისინი საუკეთესოდ ფუნქციონირებენ ტემპერატურაზე, სადაც ადამიანი თავს ყველაზე კომფორტულად გრძნობს - 21-დან 30 გრადუსამდე. ამ დიაპაზონში მონაცემთა ცენტრების შენარჩუნება ტრადიციული კონდიციონერების სისტემების გამოყენებით შეიძლება ძალიან ძვირი იყოს, ამიტომ ორგანიზაციები მუდმივად ეძებენ ინოვაციურ გზებს თავიანთი ობიექტების სიგრილის შესანარჩუნებლად..(ნახ.2). [2]



ნახ.2 გაგრილების არქიტექტურა

ზოგ შემთხვევაში ორგანიზაციები უპირატესობას ანიჭებდნენ მხოლოდ სერვერების გაგრილებას მაშინ, როცა ტექნოლოგია ოთახში საკმად მაღალი იყო იმასთან შედარებით ვიდრე კარადებში, რაც მართალია ბიუჯეტურად სწორი გადაწყვეტილება იყო, მაგრამ გაუსაძლისი ხდოდა პერსონალის ეფექტურ მუშაობას.

პრობლემის კიდევ ერთი მიდგომა მოიცავს მონაცემთა ცენტრის ცივ ადგილას აშენებას და გარე ჰაერის გამოყენებას. ზოგიერთმა ორგანიზაციამ, მათ შორის Facebook-მა, მიაღწია იქამდე, რომ ააშენა მონაცემთა ცენტრები არქტიკული წრის ზემოთ. მაგრამ ლოგისტიკური მიზეზების გამო, ეს ვარიანტი არ არის შესაძლებელი ყველა ორგანიზაციისთვის, რის გამოც ბევრი მიმართავს სხვა გადაწყვეტილებებს.

მონაცემთა ცენტრების ადრეულ დღეებში ობიექტების უმრავლესობის იატაკი ისე იყო დაპროექტებული, რომ ჰაერს ჰქონოდა საშუალება თავისუფლად ემოძრავა. იატაკზე არსებული მცირე ხვრელები საშუალებას აძლევდნენ კონდიციონერების სისტემებით მოწოდებულ გრილ ჰაერს, მიმართულიყო ზევით და შეენარჩუნებინა სწორი ტემპერატურა სერვერებთან. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი ობიექტი ჯერ კიდევ იყენებს ამ დიზაინს, ეს შეიძლება იყოს არაეფექტური დიდი მონაცემთა ცენტრებისთვის, რომლებიც ხშირად მიმართავენ სხვა მეთოდებს.

დღეს ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მიდგომაა თაროების და გარსების სისტემების გამოყენება, რომლებიც მონაცემთა ცენტრს ჰყოფს ცხელ და ცივ ბილიკებად. სერვერების მიერ წარმოქმნილი სითბო მიმართულია სერვერის თაროების უკანა მხარეს, სადაც ის ინახება და ამოიწურება გარედან. ცივი ჰაერი დაწესებულების გარედან ან კონდიციონერების ბლოკებიდან კვებავს ცივ ბილიკებს, რაც ხელს უწყობს შესაბამისი ტემპერატურის შენარჩუნებას.

ზოგიერთი მონაცემთა ცენტრი იყენებს ცხელი დერეფნის/ცივი დერეფნის განლაგებას სითხეზე დაფუძნებულ სისტემებთან ერთად. ეს ხსნარები ცირკულირებენ წყალს ან სხვა სითხეს თაროების მახლობლად, რათა აითვისონ სითბო და გააციონ სერვერები.

### 3. დასკვნა

დღეისათვის არსებობს გაგრილების მრავალი ტექნოლოგია, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას დაწესებულების მონაცემთა ცენტრებში. შესაძლებელია გაგრილების სხვადასხვა დიზაინის და მეთოდის დაკავშირება და გამოყენება დაწესებულებისთვის სრულყოფილი ეფექტური სისტემის მისაღწევად. საჭიროა თანამედროვე ტექნოლოგიებით სარგებლობა, რომელიც დღეისათვის არსებობს. ამასთანავე, თუ ორგანიზაციის ბიუჯეტი ამის საშუალებას იძლევა. თუმცა, საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ აუცილებელია ახლებური მიდგომის მოძებნა, სადაც გამოყენებული იქნება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები და სხვადასხვა პროცესები წარმართება ავტომატიზებულიად, რისი საშუალებითაც გაგრილების ტექნოლოგიები იქნება უფრო დახვეწილი და ეფექტური.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Kochiashvili N., Kartvelishvili J. (2022). Building a Data Center Architectur and Security. Proceedings of the conference. International Scientific and Practical Conference: *"Innovations and Modern Challenges 2022"*, dedicated to the 100th anniversary of the Georgian Technical University and the 65th anniversary of the Faculty of Informatics and Control Systems. 18-19 November, Tbilisi, Georgia. pp. 106-109 (in Georgian)

2. Borgini J. (2022). Data center cooling systems and technologies and how they work. <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/tip/Data-center-cooling-systems-and-technologies-and-how-they-work> (9.10.23)

3. A beginner's guide to data center cooling systems. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/educational-articles/a-beginners-guide-to-data-center-cooling-systems/> (12.10.23)

*(სტატია მიღებულია 02.11.2023)*

## THE ROLE OF THE COOLING SYSTEM FOR THE PROPER FUNCTIONING OF THE DATA CENTER

Kochiashvili Nugzar

Georgian Technical University

kochiashvili.nugzar22@gtu.ge

### Summary

The question of the importance of the cooling system for the sustainable functioning of the data center in organizations is discussed. An analysis of the existing cooling systems is given, in order to achieve the results of their correct design and effective operation. The pros and cons of different existing cooling technologies are presented and a new approach is proposed, which requires the development of new methods and models.

*(Received 02.11.2023)*

## РОЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРАВИЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТА-ЦЕНТРА

Кочиашвили Н.

Грузинский Технический Университет

kochiashvili.nugzar22@gtu.ge

### Резюме

Рассматриваются вопросы работы системы охлаждения для устойчивого функционирования дата-центра в организациях. Приведен анализ существующих систем охлаждения с целью достижения результатов их правильного проектирования и эффективной работы. Представлены плюсы и минусы различных существующих технологий охлаждения и предложен новый подход, который требует разработки новых методов и моделей.

*(Поступила 02.11.2023)*



## ინფორმაციის გაცვლის პროცესების მოდელირება ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში

თეიმურაზ სუხიაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
sukhiashviliteimurazi08@gtu.ge

### რეზიუმე

განხილულია სიგნალების გამოყენების საკითხები ასინქრონულად გადასაცემი და მისაღები ბიზნეს-მოვლენების ასახვისათვის. მათ შეუძლია ასინქრონული ინფორმაციის გაცვლის ილუსტრირება სხვადასხვა სისტემებს, ქვესისტემებს და მოწყობილობის ნაწილებს შორის. გამოკვლეულია პროცესები, რომლებშიც სიგნალი შეიძლება გაიგზავნოს როგორც მდგომარეობის გადასვლის მოქმედება ავტომატში ან როგორც შეტყობინების გაგზავნა ურთიერთქმედებისას და ოპერაციების შესრულებისას. სტატიაში წარმოდგენილია ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში ბიზნეს-პროცესების მართვისას სიგნალის გაგზავნის და მოვლენის მიღების პროცესების მოდელირების საშუალებები.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიზნესპროცესი. მოქმედების კვანძი. ობიექტური კვანძი. მართვის კვანძი. პროცესის დიაგრამა. ობიექტორიენტირებული მოდელირება.

### 1. შესავალი

ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში ნებისმიერი წარმოსახვა - ცვლილება, რომელიც შესაძლებელია მოხდეს, მოდელირდება როგორც მოვლენა. ესაა არსებითი ფაქტის აღწერა, რომელსაც აქვს გარკვეული ადგილი დროსა და სივრცეში. *სიგნალის მიღება, დროითი შუალედის ამოწურვა და მდგომარეობის შეცვლა* – ასინქრონულ მოვლენათა მაგალითებია, რომლებიც შეიძლება დადგეს ნებისმიერ მომენტში. *გამოძახება* – სინქრონული მოვლენაა, რომელიც გამოიყენება რომელიმე ოპერაციის გასაშვებად. ავტომატების კონტექსტში მოვლენა არის სტიმული, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორეში [1].

*სიგნალი* – მოვლენის სახეა, რომელშიც სტიმული გადაეცემა ასინქრონულად ერთი ეგზემპლარიდან მეორეს. ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში შეიძლება მოვლენათა ოთხი ტიპის მოდელირება: სიგნალები, გამოძახება, დროის შუალედის ამოწურვა და მდგომარეობის შეცვლა.

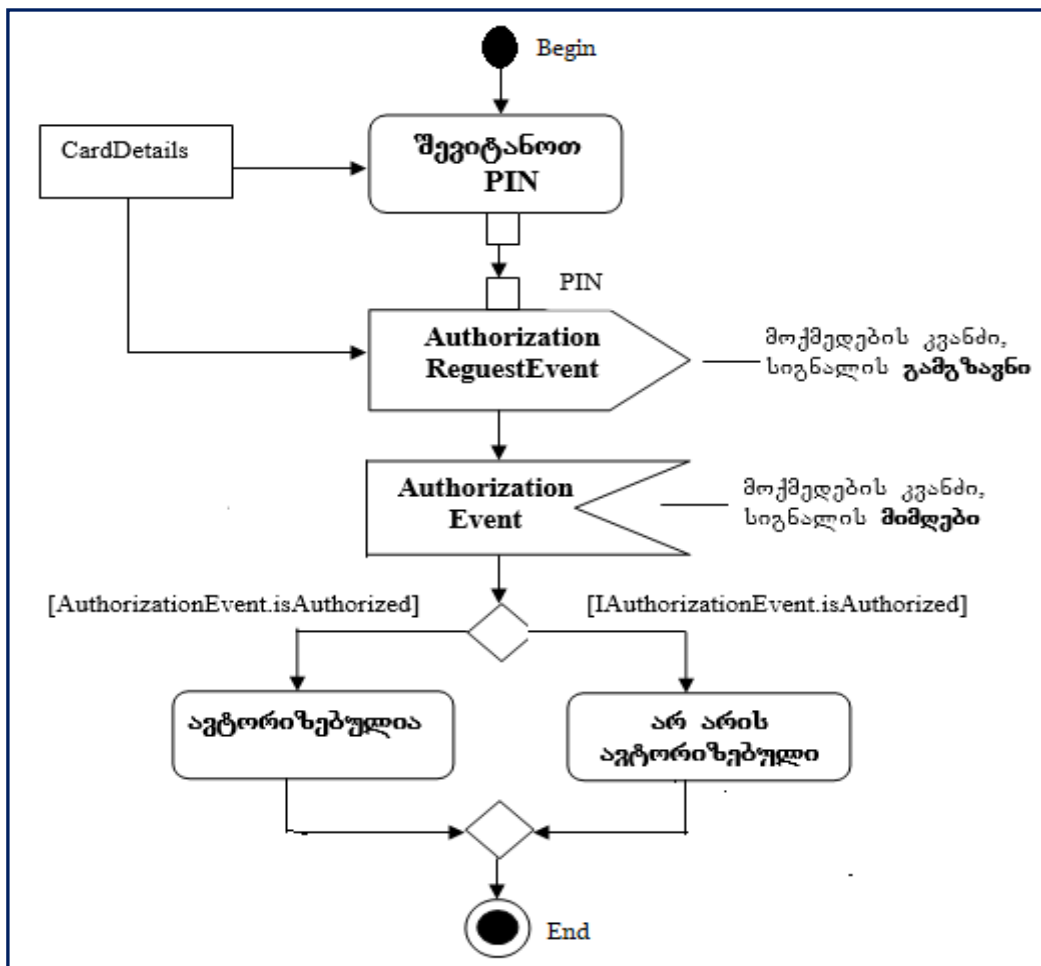
სიგნალი ეს სახელმინიჭებული ობიექტია, რომელიც ასინქრონულად აღიძვრება ერთი ობიექტით და მიიღება მეორეთი. გამორიცხვა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე დაპროგრამების ენების უმეტესობაში, ყველაზე გავრცელებული სახეა შიგა სიგნალებს შორის. ობიექტების შექმნა და მოსპობაც სიგნალის ნაირსახეობას მიეკუთვნება.

სიგნალი შეიძლება გაიგზავნოს როგორც მდგომარეობის გადასვლის მოქმედება ავტომატში ან როგორც შეტყობინების გაგზავნა ურთიერთქმედებისას. ოპერაციების შესრულებისას ასევე შეიძლება გაიგზავნოს სიგნალი. იმისათვის, რომ მიუთითოთ ოპერაციის მიერ სიგნალის გაგზავნა, შეიძლება ვისარგებლოთ მიმართებით დამოკიდებულება სტერეოტიპით send [2].

სიგნალისა და გამოძახების მოვლენებში უკიდურეს შემთხვევაში მონაწილეობს ორი ობიექტი: ობიექტი, რომელიც აგზავნის სიგნალს ანუ ოპერაციის ინიცირებას ახდენს, და ობიექტი, რომელსაც ეგზავნება მოვლენა - შეტყობინება. ნებისმიერი კლასის ეგზამპლარს შეუძლია გაგზავნოს სიგნალი მიმღებ ობიექტთან ან მოახდინოს მასში ოპერაციის ინიცირება. გაგზავნის რა სიგნალს მიმღებთან, იგი აგრძელებს თავის მართვის ნაკადს, არ ელოდება მისგან პასუხს.

## 2. ძირითადი ნაწილი

სიგნალი მოდელირდება როგორც კლასი, მონიშნული სტერეოტიპით „Signal“. გადასაცემი ინფორმაცია ინახება სიგნალის ატრიბუტებში. 1-ელ ნახაზზე მოყვანილია საკრედიტო ბარათის შემოწმების პროცესის მოდელის დიაგრამა (Activity D), რომელიც აგზავნის მოვლენას AuthorizationRequestEvents (ავტორიზაციის მოთხოვნის მოვლენა) და ღებულობს მოვლენას AuthorizationEvents (ავტორიზაციის მოვლენა). ორივე ეს სიგნალი მიეკუთვნება ტიპს SecurityEvent (უსაფრთხოების სისტემის მოვლენა).



ნახ. 1

სიგნალი შესაძლებელია გაიგზავნოს მართვის კვანძით, რომელიც პასუხს აგებს სიგნალის გაგზავნაზე. იგი აგზავნის სიგნალს ასინქრონულად (მოღვაწეობა, რომელიც აგზავნის სიგნალს, არ ელოდება სიგნალის მიღების დადასტურებას).

სიგნალის გამგზავნი ქმედება ინიცირდება მაშინ, როდესაც მარკერი ერთდროულად იმყოფება მის ყველა შემავალ წახნაგზე. თუ სიგნალს აქვს შემავალი კონტაქტები, მან უნდა მიიღოს შემავალი შესაბამისი ტიპის ობიექტი ყოველი თავისი ატრიბუტისათვის. მოქმედების შესრულებისას იქმნება და გაიგზავნება ობიექტი სიგნალი. მიზნობრივი ობიექტი ჩვეულებრივ არ მიეთითება, მაგრამ, აუცილებლობის შემთხვევაში, იგი შესაძლებელია გადაიცეს სიგნალის გადამცემ მოქმედების შემავალ კონტაქტზე. გაგზავნის მოქმედება არ ელოდება სიგნალის მიღების დადასტურებას - იგი ასინქრონულია. მოქმედება მთავრდება, და მართვის მარკერები წარედგინება მის გამომავალ წახნაგებზე.

მოქმედების კვანძს, რომელიც ღებულობს სიგნალს, არა აქვს არცერთი ან აქვს მხოლოდ ერთი წახნაგი. იგი ელოდება ასინქრონულ მოვლენებს, რომლებიც გამოვლინდა მისი კონტაქტ-მფლობელისაგან, და წარუდგენს მათ თავის ერთადერთ გამომავალ წახნაგზე.

მოვლენის მიღების მოქმედება გაიშვება მართვის შემავალი წახნაგით; თუ შემავალი წახნაგები არ არის, იგი გაიშვება მოღვაწეობა-მფლობელის გამომახებისას.

მოქმედება ელოდება განსაზღვრული ტიპის მოვლენის მიღებას. ამ მოვლენას უწოდებენ *ტრიგერს*. როდესაც მოქმედება ღებულობს შესაბამისი ტიპის მოვლენა ტრიგერს, იგი გამოსცემს მარკერს, მოვლენის აღწერით. თუ მოვლენა იყო სიგნალი, მარკერი წარმოადგენს სიგნალს. მოქმედება განაგრძობს მოვლენის მიღებას მანამდე, სანამ შესრულდება მოღვაწეობა.

მოყვანილი ლოგიკიდან გამომდინარე მოღვაწეობა *საკრედიტო ბარათის შემოწმება* ეტაპობრივად მოქმედებს შემდეგნაირად:

- ქმედება იწყება მაშინ, როდესაც მიიღება შემავალი პარამეტრი CardDetails. შემდეგ იგი სთავაზობს მომხმარებელს შეიტანოს PIN-კოდი;
- მოქმედება AuthorizationRequestEvents იწყებს შესრულებას, როგორც კი მის შემავალ წახნაგებზე შემოდის ობიექტი PIN და CardDetails (ბარათის ინფორმაცია). იყენებს რა ამ შემავალ პარამეტრებს, იგი ქმნის სიგნალს AuthorizationRequestEvents და აგზავნის მას;
- სიგნალები იგზავნება ასინქრონულად და მართვის ნაკადი დაუყოვნებლივ გადადის მოვლენის მიღების მოქმედებაზე AuthorizationEvents. ეს მოქმედება ელოდება სიგნალის AuthorizationEvents მიღებას;
- მიიღებს რა ამ სიგნალს, ნაკადი გადადის გადაწყვეტილებათა მიღების კვანძში თუ AuthorizationEvents.isAuthorized ჭეშმარიტია, გამოიძახება მოქმედება ავტორიზებულია, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოქმედება არ არის ავტორიზებული.

### 3. დასკვნა

ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში არის საშუალებები მოვახდინოთ ქცევის მოდელირება და მასთან დაკავშირებული სიგნალის გადაცემისა და მიღების პროცედურები. ინფორმაციის გადაცემისა და მიღების აღწერილი ფორმალიზმი უზრუნველყოფს მეტ მოქნილობას სხვადასხვა ტიპის ნაკადების მოდელირებისას.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Arlow D., Neustadt A. (2008). UML.2 and the unified process. 2nd ed., Practical Object-Oriented Analysis and Design. St. Petersburg-Moscow (in Russian)

2. Sukhiashvili T. (2020). Unified Modeling Language (UML2) and Unified Software Development Process (UP). Georgian Techn. Univ., (in Georgian). Internet resource: <https://gtu.ge/book/uml2.pdf>. (1.10.23)

*(სტატია მიღებულია 13.11.2023)*

MODELING INFORMATION EXCHANGE IN  
OBJECT-ORIENTED SYSTEMS  
Sukhiashvili Teimuraz  
Georgian Technical University  
sukhiashviliteimurazi08@gtu.ge

### Summary

We are considering the use of signals to display the sending and receiving of asynchronous business \_ events. They can illustrate asynchronous communication between different systems, subsystems, or parts of equipment. We have investigated processes in which a signal can be sent as an action of a state transition in the machine or as a message sending during interaction and execution of an operation. The article discusses modeling tools in object-oriented systems when managing business processes, sending a signal and receiving events.

*(Received 13.11.2023)*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Сушиашвили Т.

Грузинский Технический Университет  
sukhiashviliteimurazi08@gtu.ge

### Резюме

Рассматриваются вопросы использования сигналов для отображения отправки и получения асинхронных бизнес\_событий. Они могут иллюстрировать асинхронный обмен информацией между разными системами, подсистемами или частями оборудования. Исследованы процессы, в которых сигнал можно посылать как действие перехода из состояния в автомате или как посылка сообщения при взаимодействии и выполнении операции. В статье рассматриваются средства моделирования в объектно-ориентированных системах при управлении бизнес-процессов посылка сигнала и прием событий.

*(Поступила 13.11.2023)*

# ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზაცია ღრუბლოვანი სერვისებით

ნინო თოფურია<sup>1</sup>, ელზა ბიწაძე<sup>2</sup>

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

nino.topuria@gtu.ge, elza.bitsadze@atsu.edu.ge

## რეზიუმე

განხილულია თანამედროვე ღრუბლოვანი სერვისებისა და ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისა და ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენების საკითხები ბიზნესპროცესების ავტომატიზაციის მიზნით. რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს გაამარტივოს საქმიანი ოპერაციები, გაზარდოს ეფექტიანობა და მიიღოს შესაბამისი გადაწყვეტილებები მონაცემებზე დაყრდნობით. შემოთავაზებულია ორი სისტემა, რომელიც მიზნად ისახავს ღრუბლოვანი სერვისებისა და ხელოვნურ ინტელექტის (AI) მოდელებზე დაფუძნებული ტექნიკის წარმოჩენას არასტრუქტურირებული და სტრუქტურირებული დოკუმენტებიდან მონაცემთა ბაზის ფორმირებისა და რუტინული საქმის ავტომატიზაციისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ღრუბლოვანი სერვისები. ხელოვნური ინტელექტის მოდელები. SharePoint Online. Power App. Power Platform. AI Builder. მობილური აპლიკაცია.

## 1. შესავალი

ტრადიციულად, ბიზნეს პროცესები მოიცავს მრავალ მექანიკურ დავალებას, რაც იწვევს გაზრდილ საოპერაციო ხარჯებს, შენელებულ სამუშაო პროცესებს და შეცდომების დაშვების მაღალ ალბათობას. ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარებასთან ერთად, ორგანიზაციებმა მიიღეს წვდომა მძლავრი ინსტრუმენტებისა და სერვისების პაკეტებზე, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია სხვადასხვა რუტინული სამუშაოს ავტომატიზაცია, ოპტიმიზაცია და ორკეს-ტრირება [1-3]. ღრუბლოვანი სერვისებით ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი უპირატესობებია:

- **მასშტაბურობა და მოქნილობა:** ღრუბლოვანი სერვისები უზრუნველყოფს მასშტაბურობას, რათა მოერგოს ცვალებად დატვირთვას. ორგანიზაციებს შეუძლიათ გააფართოვონ თავიანთი ავტომატიზაციის პირობები მათივე მოთხოვნიდან გამომდინარე, რაც უზრუნველყოფს რესურსების ოპტიმალურად გამოყენებას;

- **ხარჯების შემცირება:** ღრუბელზე დაფუძნებული ავტომატიზაცია ამცირებს ხარჯებს. ორგანიზაციებს შეუძლია გამოიყენოს pay-as-you-go მოდელი, გადაიხადოს მხოლოდ მოხმარებული რესურსებისთვის;

- **ხელმისაწვდომობა და თანამშრომლობა:** ღრუბლოვანი სერვისები ხელმისაწვდომია ნებისმიერი ადგილიდან ინტერნეტის საშუალებით, რაც ხელს უწყობს თანამშრომლობას ტერიტორიულად დაშორებულ გუნდებს შორის. განსაკუთრებით სასარგებლოა დისტანციური ან გლობალურად განაწილებული სამუშაო ძალის მქონე ორგანიზაციებისთვის;

- **ინტეგრაციის შესაძლებლობები:** ღრუბლოვანი პლატფორმებით შესაძლებელია უწყვეტი ინტეგრაცია სხვა აპლიკაციებთან და სერვისებთან. იგი უზრუნველყოფს ავტომატიზებული პროცესების შეთანხმებულ მუშაობას არსებულ სისტემებთან;

- *უსაფრთხოების გაძლიერებული ზომები:* ღრუბლოვანი სერვისების წამყვანი პროვაიდერები ახორციელებს უსაფრთხოების მძლავრ ზომებს (რომლებიც ხშირად აჭარბებს შიგა გადაწყვეტილებებს), რაც უზრუნველყოფს სენსიტიური მონაცემების დაცვას და ინდუსტრიის რეგულაციებთან შესაბამისობას.

## 2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ თუ როგორ შეიძლება მაიკროსოფტის ღრუბლოვანი სერვისების გამოყენება ბიზნესპროცესების სხვადასხვა ასპექტის ავტომატიზაციისთვის. აღსანიშნავია, Power Platform-ის, რომელიც Power Apps-ის, AI Builder-ის და Power Automate-ს ღრუბლოვანი აპლიკაციების ნაკრებს წარმოადგენს. ამ სერვისების ორკესტრირებული გამოყენება საშუალებას აძლევს ბიზნეს ორგანიზაციებს მოახდინოს სამუშაო პროცესების ავტომატიზაცია ჩაშენებული ხელოვნური ინტელექტის მოდელებით [4].

კერძოდ, Power Apps წარმოადგენს ღრუბელზე დაფუძნებულ პლატფორმას, სადაც შესაძლებელია ორგანიზაციების კონკრეტულ ბიზნესის საჭიროებებზე მორგებული მობილური აპლიკაციების შექმნა. Power Automate ასევე ღრუბელზე დაფუძნებული სერვისია, რომელიც საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს შექმნან სამუშაო ნაკადები სხვადასხვა აპლიკაციებსა და სერვისებს შორის. AI Builder გვთავაზობს რამდენიმე წინასწარ ჩაშენებულ ხელოვნური ინტელექტის (AI) მოდელებს, როგორცაა ტექსტის კლასიფიკაცია, ობიექტების აღმოჩენა, ფორმის დამუშავება, განწყობის ანალიზი და სხვა. დეველოპერებს შეუძლიათ გამოიყენონ და მართონ AI მოდელები სხვადასხვა ტიპის ორგანიზაციებში. შესაბამისად, ასეთი აპლიკაციების დახმარებით შესაძლებელია შეცდომების შემცირება და სამუშაო დროის დაზოგვა.

ხელოვნური ინტელექტის მოდელის შესაქმნელად, აუცილებელია შესაბამისი მონაცემების შეგროვება და მომზადება. ეს შეიძლება იყოს ისტორიული მონაცემები, მომხმარებლის ინფორმაცია ან ნებისმიერ სხვა მონაცემი, რომელიც პრობლემასთანაა დაკავშირებული. დაპროექტებისას საჭიროა შეირჩეს ან შეიქმნას პრობლემაზე მორგებული მოდელი აუცილებელი მონაცემების გამოყენებით, ხოლო შემდგომ ხდება მოდელის ტრენინგი. ხელოვნური ინტელექტის მოდელების მობილურ აპლიკაციებში ჩართვა მრავალ უპირატესობას გვთავაზობს. მათ შორის აღსანიშნავია მონაცემთა დამუშავების გამარტივება და უსაფრთხოების გაუმჯობესება. შესაბამისად, შესაძლებელი ხდება სხვადასხვა სცენარის მიხედვით ბიზნეს პროცესების ავტომატიზაცია, მობილური აპლიკაციებსა და ვებ-პორტალზე ხელოვნური ინტელექტის მოდელებთან ინტეგრაცია და სხვ. [4].

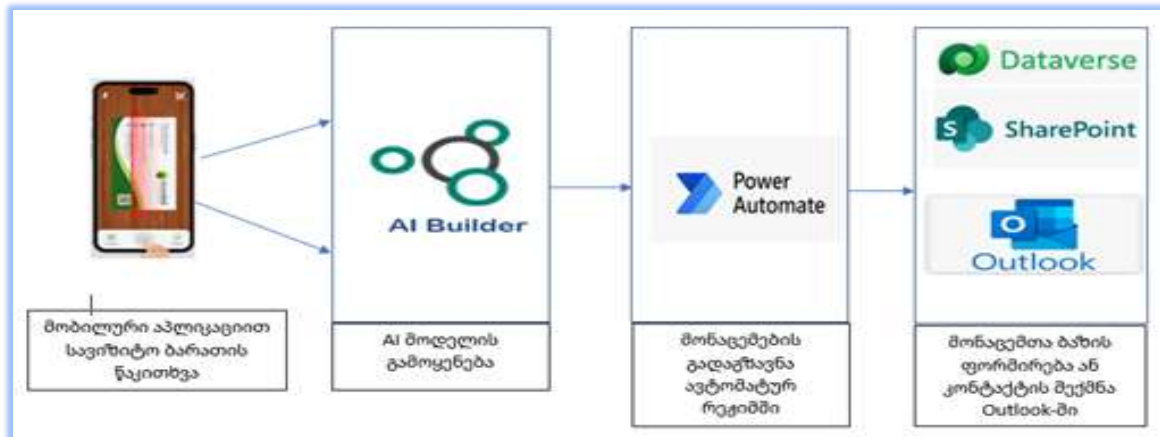
სტატიაში მოცემულია ორი სისტემა, რომლებიც ნათლად წარმოაჩენს ღრუბლოვანი სერვისებისა და ხელოვნურ ინტელექტის (AI) მოდელებზე დაფუძნებული სერვისების ორკესტრირებულ ფუნქციონირებას

*პირველი სისტემა* ნებისმიერი ტიპის ორგანიზაციის მენეჯერს გაუადვილებს კვლევის ჩატარებას. კერძოდ, ფირმის თანამშრომელი ჩამოტვირთავს აპლიკაციას ვებ-გვერდიდან და უპასუხებს კითხვარს ინგლისურ ენაზე (ქართული ენა ჯერ არ არის ხელმისაწვდომი). მობილურ აპლიკაციაში ჩაშენებული სენტიმენტების ანალიზის ხელოვნური ინტელექტის მოდელის საშუალებით მოხდება ტექსტის შინაარსის ამოცნობა და ტექსტების კლასიფიკაცია: დადებითი, უარყოფითი ან ნეიტრალური კონტენტის მიხედვით [4].

მობილური აპლიკაცია დაპროექტებულია Power Platform-ის ბაზაზე. კერძოდ, Power App-ით, ხელოვნური ინტელექტის მოდელი ჩაშენებულია AI Builder-ის საშუალებით, ხოლო

მონაცემთა გადატანა AzureSQL-ში ხდება Power Automate-ის ნაკადებით [4]. Azure SQL-ში დაწერილია შესაბამისი მოთხოვნა, თითოეული სენტიმენტის რაოდენობის დასათვლელად, ხოლო მონაცემთა ვიზუალიზაცია და ვებ-გარემოში გაზიარება ხდება PowerBI-ის საშუალებით.

*მეორე სისტემა* - სავიზიტო ბარათიდან ხელოვნური ინტელექტის მოდელის საშუალებით ამოიღებს მონაცემებს და დაიმახოვრებს მონაცემთა ბაზაში ან შექმნის კონტაქტებს Outlook-ში (ნახ.1).



ნახ.1. სისტემის არქიტექტურა

ამ სისტემის გამოყენების შედეგად აღარ არის საჭირო სავიზიტო ბარათიდან ინფორმაციის გადმოწერა. საკმარისია მობილური ტელეფონით სურათი გადაუღონ სავიზიტო ბარათს, სისტემაში ჩაშენებული ხელოვნური ინტელექტის მოდელი ამოიცნობს ამ ინფორმაციას, ხოლო შემდგომ მოხდება ამოღებული ინფორმაციის დამახოვრება სასურველ ადგილას. ასეთი სისტემა მეტად აქტუალურია სხადასხვა პანდემიის დროს, რადგან ზედმეტად აღარ არის საჭირო სავიზიტო ბარათებთან კონტაქტი ბიზნეს შეხვედრების, ვორკშოპების და ა.შ. დროს.

ჩვენი სისტემა დაპროექტებულია Power Platform-ის ბაზაზე. კერძოდ, მობილური აპლიკაცია შექმნილია Power App-ით, ხელოვნური ინტელექტის მოდელი ჩაშენებულია AI Builder-ის საშუალებით, მონაცემთა გადატანა Dataverse-მონაცემთა ბაზის contacts ცხრილში ან Sharepoint Online-ის სიაში ან Outlook-ის contact-ებში ხდება Power Automate-ის ნაკადების საშუალებით.

### 3. დასკვნა

ბიზნესპროცესების მოდელირებისა და მათი ავტომატიზაციის რეალიზაცია ღრუბლოვანი სერვისების დახმარებით, როგორცაა SharePoint Online, Power App, Power Automate და AI Builder-ის ხელოვნური ინტელექტის მოდელი, მეტად მნიშვნელოვანი მეცნიერული მიმართულებაა დღეისათვის. შესაბამისად, სისტემური ორკესტრირების საფუძველზე, შესაძლებელია ღრუბლოვანი სერვისებისა და ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების სიმპლავრის გამოყენება ორგანიზაციული მართვის მაღალინტელექტუალური და ეფექტიანი ვებ-პორტალებისა და მობილური აპლიკაციების ინტეგრირებული სისტემების შექმნის მიზნით.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Chogovadze G., Surguladze G., Topuria N., Kharitonashvili M. (2021). Information Society and interdisciplinary Teaching Based on Digital Technologies. GTU. © „IT-Consulting scientific center” of GTU, ISBN 978-9941-8-3338-0. Tbilisi, 360 p., (in Georgian)

2. Surguladze G., Topuria N., L Petriashvili L., (2022). Information Society And Interdisciplinary Didactics Of Informatics, Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ», DOI 10.36074/logos-09.12.2022.30

3. Topuria N., Lomidze N., (2021). Designing the educational process management support system using cloud services, monograph, Tbilisi, ISBN 978-9941-8-3528-5. (in Georgian)

4. Topuria N. (2020). Implementation of business decisions on the cloud platform. methodological instructions for doctoral students, GTU. „IT-Consulting scientific center”. Tbilisi, ISBN ISBN 978-9941-8-2870-6. (in Georgian)

*(სტატია მიღებულია 19.11.2023)*

## **AUTOMATION OF AN ORGANIZATION'S BUSINESS PROCESSES USING CLOUD SERVICES**

Topuria Nino<sup>1</sup>, Bitsadze Elza<sup>2</sup>

1-Georgian Technical University,

2-Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

### **Summary**

Discusses the use of modern cloud services, artificial intelligence methods, and tools to automate business processes. These technologies enable organizations to simplify operations, enhance efficiency, and make informed decisions based on data. Two systems are proposed, aiming to present methods based on cloud services and artificial intelligence (AI) models for generating databases from both unstructured and structured documents and automating routine tasks.

*(Received 19.11.2023)*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ**

Нино Топурия Н.<sup>1</sup>, Бицадзе Э.<sup>2</sup>

1-Грузинский Технический Университет,

2-Государственный Университет им. Ак. Церетели, Кутаиси

### **Резюме**

Обсуждаются вопросы использования современных облачных сервисов, методов и инструментов искусственного интеллекта для автоматизации бизнес-процессов, которые позволяют организациям упростить бизнес-операции, повысить эффективность и принимать соответствующие решения на основе данных. Предлагаются две системы, целью которых является представление методов, основанных на облачных сервисах и моделях искусственного интеллекта (ИИ), для формирования баз данных из неструктурированных и структурированных документов и автоматизации рутинной работы.

*(Поступила 19.11.2023)*



## უნიფიცირებული მოდელების აგება პროგრამული სისტემების რობოტიზაციისათვის

ირმა ბერძენიშვილი, თინათინ კაიშაური, გია სურგულაძე,  
ირაკლი შურღაია, მალხაზ ბიბილური  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
irmiko9@yahoo.co.uk, t.kaishauri@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,  
i.shurghaia@gtu.ge, m.bibiluri@gtu.ge

### რეზიუმე

განხილულია კორპორაციული მართვის სისტემების ბიზნესპროცესების მხარდამჭერი პროგრამული უზრუნველყოფის რობოტიზაციის ავტომატიზაციის საკითხები. წარმოდგენილია ასეთი სისტემების აგების და დანერგვის უნიფიცირებული პროცესები პროგრამების სასიცოცხლო ციკლის სპირალური მოდელის საფუძველზე. შემუშავებულია გამოვლენილი ბიზნესპროცესების პრიორეტიზაციის გრაფი და შესაბამისი ბიზნესწესების ერთობლიობა, მათი კომპლექსურობის და სარგებლიანობის კრიტერიუმების გათვალისწინებით. აგებულია ამ ბიზნესპროცესების UML აქტივობის დიაგრამები, რის საფუძველზეც პროექტირდება კლასთა-შორისი კავშირების მოდელი და გენერირდება პროგრამული სისტემის შესაბამისი C# კოდი VS.NET პლატფორმის CASE ინსტრუმენტის დახმარებით.

**საკვანძო სიტყვები:** კორპორაცია. ორგანიზაციული მართვა. ბიზნესპროცესი. უნიფიცირებული მოდელი. პროცესების რობოტიზაცია. ავტომატიზაცია. RPA. UML. CASE.

### 1. შესავალი

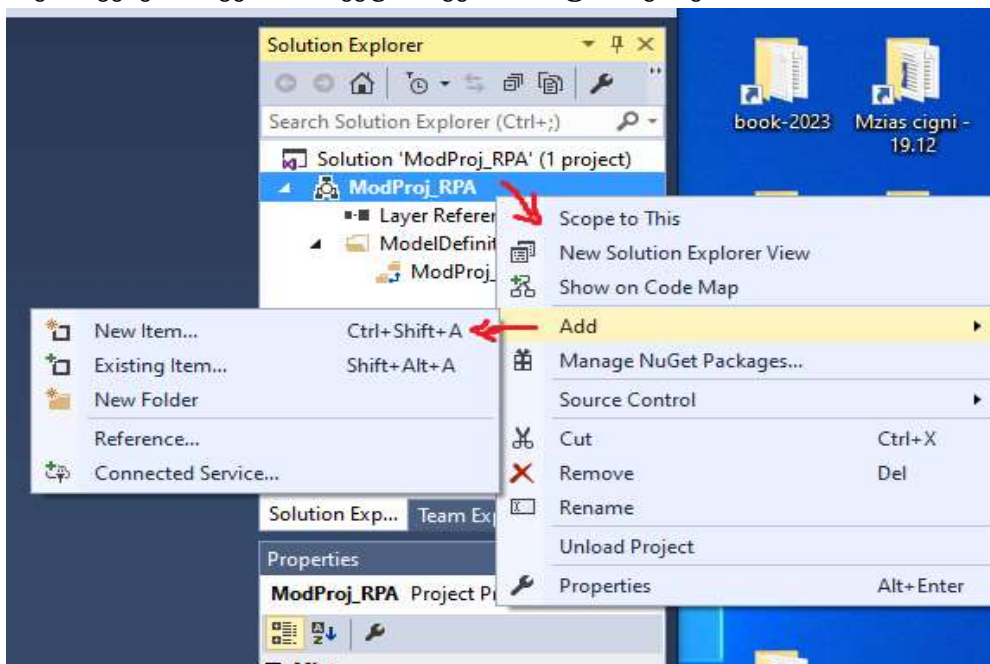
პროგრამული სისტემების დეველოპმენტის Agile და UML მეთოდოლოგიები, ან მათი კომპრომისული მიდგომა XXI საუკუნის კუთვნილებაა. ისინი აქტიურად გამოიყენება ბიზნეს-პროცესების მოდელირების და გამოყენებითი პროგრამული პროდუქტების შესაქმნელად [1].

პროცესების რობოტიზაციის ავტომატიზაცია (Robotic Process Automation – RPA) შედარებით ახალი მიმართულებაა პროგრამირების თეორიაში და ხელოვნური ინტელექტის (Artificial Intelligence – AI) მეთოდების ჩანერგვით მასში (RPA/AI) მიიღწევა ბიზნესპროცესების მენეჯმენტის ეფექტიანობის სრულყოფა ინდუსტრიის თითქმის ყველა სფეროში [2].

RPA რობოტები არაა ფიზიკური (ინდუსტრიული) რობოტები, მათ არ აქვს ფიზიკური სახე და არ გადაადგილდება. ისინი *კომპიუტერული პროგრამებია ანუ ციფრული რობოტები* [5-ირმა რეფ]. ასეთი პროცესის ავტომატიზაცია პროგრამული უზრუნველყოფაა, რომელსაც შეუძლია შექმნას პროგრამული რობოტები. მათ შეუძლია ადამიანის გონებრივი ქმედების იმიტაცია და რუტინული პროცესის ავტომატიზაცია. იგი მიეკუთვნება პროგრამული რობოტების (ბოტების) იმ ამოცანათა კლასს (კატეგორიას), რომელიც შეესაბამება *კოგნიტური მოდელირების და ხელოვნური ინტელექტის* მეთოდების გამოყენებას კორპორაციების მენეჯმენტის პროცესების ავტომატიზაციის მიზნით (ეს არაა ფიზიკური რობოტების პროგრამული უზრუნველყოფა).

მარტივი ავტომატიზაციის კარგი მაგალითებია მონაცემთა მოპოვება სხვადასხვა ვებ გვერდებიდან, ელექტრონული ფოსტისა და ნებისმიერი ციფრული აპლიკაციის გახსნა, სტრუქტურული ინფორმაციის კითხვა, ფაილების შექმნა, ანგარიშებისა და გამოთვლების დამუშავება და ა.შ. [3].

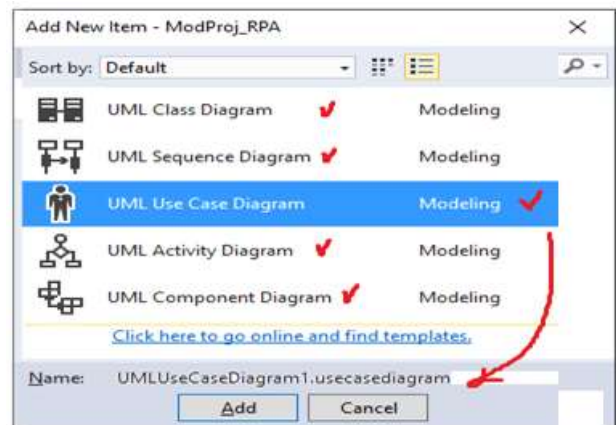
წინამდებარე სტატიაში განვიხილავთ (მაგალითად, კორპორაციებში) RPA-ს დანერგვის ერთიანი სასიცოცხლო ციკლისთვის UseCase- და Activity-D დიაგრამების აგებას (როლებისა და ფუნქციების სახით). მათი დანიშნულება ბიზნესმოთხოვნების სწორი ჩამოყალიბებაა შემდგომი დეველოპმენტისათვის. დიაგრამების ასაგებად გამოვიყენეთ Visual Studio.NET პლატფორმა. შესაძლებელია ასევე SparX ფირმის Enterprise Architect პაკეტის გამოყენება, რომელც თავსებადია Visual Studio .NET პლატფორმის (უფრო ახალი ვერსიებისა) და შესაძლებელია მასთან მიერთება. 1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია ჩვენი პროექტის აგების სამუშაო გარემო.



ნახ. 1. პროექტში ახალი მოდელის დამატება

ვირჩევთ ჩვენთვის საჭირო მოდელის ტიპს, მაგალითად, UML Use Case Diagram (ნახ.2).

როლებისა და ფუნქციების დიაგრამის აგების შემდეგ (ნახ.3) საჭიროა ბიზნეს-პროცესებისა და ბიზნეს-წესების მოდელირება. ამისათვის საჭიროა ოვალების თემის დეტალურად წარმოდგენა. ეს ხორციელდება UML Activity დიაგრამების საშუალებით. ყოველ ოვალ-ფუნქციას თავისი საკუთარი აქტიურობათა დიაგრამა ექნება.



ნახ. 2. გამოყენებით შემთხვევათა (UseCase) მოდელის არჩევა



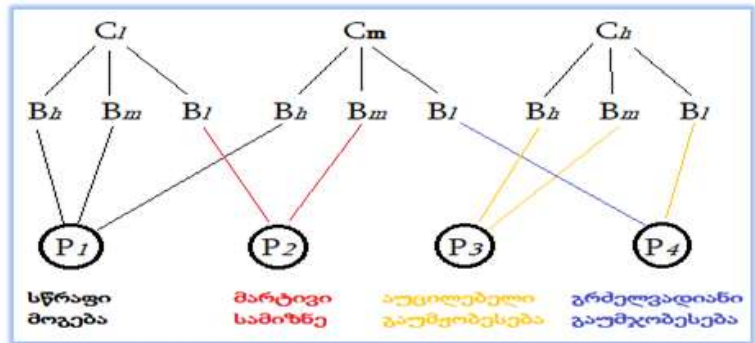
პირველი ეტაპი, როგორც ცნობილია, საკვლევი ობიექტის შესწავლა და პროცესების მოპოვებაა. ამიტომ ბიზნეს-ანალიტიკოსი მუშაობს სისტემის დამკვეთი ორგანიზაციის შესაბამისი სფეროს (დეპარტამენტის, განყოფილების, საამქროს ან სხვ.) სპეციალისტთან (მისი ცოდნის ფორმალიზაციის, სტრუქტურის მიზნით).

პროცესების აღმოჩენის და მათი შეფასების ქმედებები მეტად მნიშვნელოვანია. ესაა საწყისი ინფორმაციის ორმირების პროცესი, რომლის შემდეგაც აუცილებლად უნდა მოხდეს პროცესების პრიორიტეტიზაცია გარკვეული კრიტერიუმებით.

➤ ქმედებათა დიაგრამა - „პროცესების პრიორიტეტიზაცია“

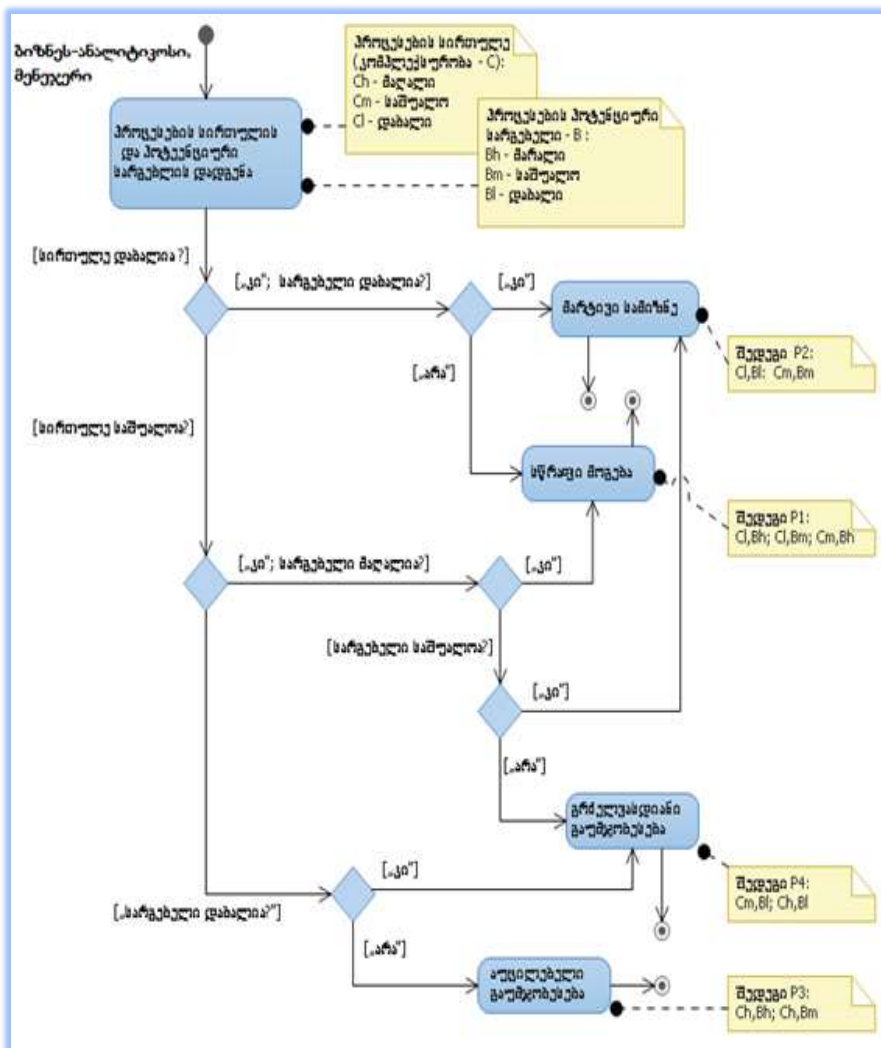
ბიზნესპროცესი, რომელიც RPA პროცესების პრიორიტეტიზაციას ეხება, გრაფული სახით გამოსახულია მე-5 ნახაზზე.

ნახ. 5. პრიორიტეტიზაციის გრაფი: კომპლექსურობის  $C(h,m,l)$  და სარგებლიანობის  $B(h,m,l)$  კრიტერიუმებით



მე-6 ნახაზზე მოცემულია მისი აქტიურობათა დიაგრამა. სადაც ბიზნეს პროცედურების მართვა ხდება ბიზნეს-წესების (გადაწყვეტილების მიღების ლოგიკური ელემენტი - რომის) დახმარებით.

დიაგრამაზე კომენტარები გამოტანილია „მარჯვენა მხარეს ჩაკეცილი ფურცლის“ სახით. აქ ფიქსირდება ან საწყისი ინფორმაცია, რაც ალგორითმს დასჭირდება გადაწყვეტილების მისაღებად) ან საშედეგო ინფორმაცია (რეპორტების, ან ტექსტური შეტყობინების სახით).



ნახ.6. პროცესების პრიორიტეტიზაციის აქტიურობის დიაგრამა

**ლიტერატურა – References – Литература:**

1. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G. (2017). Hybrid Software Technologies and Data Engineering for MIS's. Monograph, ISBN 978-9941-20-790-7. GTU, „Techn.Univ.“, Tbilisi, -1001 p., (in Georgian)
2. Berdzenishvili I., Surguladze G. (2022). Lean Management, DevOps, Agile Software development for Robotic Process Automation. Transactions of Georgian Technical University: Automated Control Systems, No 1(33), vol.1, pp. 51-57
3. Naveen Reddy K.P., Harichandana U., Alekhya T., Rajesh S.M. (2019), A Study of Robotic Process Automation Among Artificial Intelligence. International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP) · February  
(სტატია მიღებულია 17.11.2023)

**CONSTRUCTION OF UNIFIED MODELS FOR ROBOTIZATION  
OF SOFTWARE SYSTEMS**

Berdzenishvili Irma, Kaishauri Tinatin, Surguladze Gia,  
Shurghaia Irakli, Bibiluri Malkhaz  
Georgian Technical University  
irmiko9@yahoo.co.uk, t.kaishauri@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,  
i.shurghaia@gtu.ge, m.bibiluri@gtu.ge

**Summary**

The issues of robotization of software supporting business processes of corporate management systems are discussed. Unified processes for constructing and implementing such systems based on a spiral model of the program life cycle are presented. A graph for prioritizing identified business processes and a set of corresponding business rules have been developed, taking into account the criteria of their complexity and usefulness. UML activity diagrams of these business processes are constructed, on the basis of which a class association diagram is designed and the corresponding C# code of the software system is generated using the CASE tool of the VS.NET platform.

*(Received 17.11.2023)*

**ПОСТРОЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ  
РОБОТИЗАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ**

Бердзенишвили И., Каишаури Т., Сургуладзе Г.,  
Шургая И., Библური М.  
Грузинский Технический Университет  
irmiko9@yahoo.co.uk, t.kaishauri@gtu.ge, g.surguladze@gtu.ge,  
i.shurghaia@gtu.ge, m.bibiluri@gtu.ge

**Резюме**

Рассматриваются вопросы роботизации программного обеспечения поддержки бизнес-процессов корпоративных систем управления. Представлены унифицированные процессы построения и внедрения таких систем на основе спиральной модели жизненного цикла программ. Разработан граф приоритизации выявленных бизнес-процессов и набор соответствующих бизнес-правил с учетом критериев их сложности и полезности. Строятся диаграммы активностей UML этих бизнес-процессов, на основе которых проектируется диаграмма межклассовых связей и генерируется соответствующий C# - код программной системы с помощью CASE инструмента платформы VS.NET.

*(Поступила 17.11.2023)*

# APPLICATION OF ENTROPY THEORY TO THE ASSESSMENT OF THE INFORMATION DISRUPTION IN SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT

Rodonaia Irakli<sup>1</sup>, Nareshelashvili Gulbaat<sup>2</sup>, Rodonaia Vakhtang<sup>1</sup>

1-International Black Sea University

2- Georgian Technical University

irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge; g.nareshelashvili@gtu.ge; vrodoniaia@ibsu.edu.ge

## Abstract

The paper discusses the application of entropy theory in determining risk levels in supply chains. In particular, information failures (disturbances) in supply are seen as introducing chaos into the system and thereby increasing the level of entropy. Two models are presented to determine the operational complexity indices of the system being under control and the system leaving control. Three basic scenarios have been developed, including three agents: a retailer; wholesaler (supplier) and manufacturer. Simulation experiments were carried out to obtain entropy (operational complexity) values for various agents and the supply chain as a whole

**Key words:** agent-based modeling. Simulation. Supply chain. Partially observable Markov decision process. Operational complexity. Entropy.

## 1. Introduction

A natural framework for risk management in supply chain problems is the Partially Observable Markov Decision Process (POMDP). Although POMDPs provide principled treatment of state uncertainty, they only consider a single agent. In order to deal with the effects of uncertainty with respect to other agents, this paper considers an extension of the POMDP framework, called decentralized POMDP (Dec-POMDP). The paper [1] describes the approach which implements Dec-POMDP in the supply chain risk management area. The MADP (Multiagent Decision Processes) Toolbox is used to describe and solve this problem by providing the building blocks for developing planning and learning algorithms for existing and novel instances of MADPs. The toolbox is used to support both planning, i.e., settings where the model is given in advance, and reinforcement learning, i.e., settings where no such model is available, but the agents learn to interact during simulations. To compute agents parameters in each state of the planning process the agent-based simulation packages AnyLogic and AnyLogistics are used.

## 2. Main Part

The risks of various kind in SCRM can be managed more effectively by considering and analyzing also by the ways of integration of all available information. Generally, concerns over the efficiency and effectiveness of supply chain operations has been raised and assessed over the years by academics as well as practitioners. These inefficiencies have been perceived to be as a result of uncertainties in key aspect of operations, which affect the flow of information and material along the

supply chain. For example, uncertainties in demand, for a long time, has led to distortion in the accurate capture of demand information and the ability to respond to them in a timely and efficient fashion. Traditionally, due to the absence of the integration initiative at the time, most members in each tier of the chain relied on historical demand or order data to forecast future demand. The traditional forecasting method could not accommodate the uncertainties of demand, as a result supply chain members had to order and produce surplus to be able to accommodate these uncertainties. The consequence of this action was that there tend to be more inventories in store than is needed, which can be very costly and even worse if the products are perishable. These uncertainties have led to poor performance of the supply chain and the reduction in the quality of product and/or services offered. The idea of information integration (in which IT is used to leverage operational activities) later emerged where supply chain performance is improved not only by sharing demand information, but other types of information such as production; inventory; capacity; and lead time information.

The flow of information is crucial to business survival. For materials to move down the supply chain there has to be a prior movement of information up the chain. A disruption in this flow of information would have an effect on the movement of materials down the chain and hence lead to customer dissatisfaction. There is of course pressing need for operations managers to carefully protect and manage the flow of information and plan appropriately for disruption in this flow. A number of studies have approached disruption risk in different ways ranging from conceptual, empirical, simulation, survey, case study and review or a combination of these. However, they did not mention IT itself as a source of disruption. Most risk studies have been primarily based on threats other than those from IT and ICTs while a few studies have suggested IT security as a potential risk to the supply chain.

There are various types and causes of information disruption (perturbation) that can occur in the supply chain/network. There have been many studies looking at IT risks to an organization and a very few have studied IT risk to the supply chain. While previous studies have estimated information security risks as a function of threat occurrence and the associated financial loss, only a few have employed the **entropy theory**. Although the concept of using entropy as an approach to determine uncertainty has been used in literature, the closest previous studies have come to applying entropy as an assessment tool in security studies has been in data privacy studies such as disclosure risk assessment [3], measuring anonymity [4].

The argument is that since complexity of a system (characterized by the uncertainty of a system) can be measured using entropy approach and, the little is known about a random variable the more the entropy of that variable, hence the level of entropy of a perturbation source can be determined once the probability of occurrence is known. The approach is to evaluate disruption threats using established threat occurrence to work out the level of entropy each threat introduces into the system. This will help identify those threats that are hot spots to guide management decision in selecting appropriate countermeasures and mitigation solutions. High entropy can impede flow by introducing obstacles that makes supply chain operations less predictable. By inference, disruption in information flow introduces

obstacles to the flow of operation and the predictability of these disruptions can help evaluate the level of chaos they introduce into the system.

The mathematical definition of entropy as prescribed by Shannon is a quantitative measure of uncertainty

$$H(S) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

$H(S)$  is the entropy level of the system, defined here as the expected amount of information needed to describe the state of the system  $S$ , and  $p_i$  is the probability of breach impact  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) occurring, where  $p_i \geq 0$  and

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

That is, entropy as a measure of complexity which derives from variation in information and material flow between a supplier and a customer. [6] proposed two models for determining operational complexity under two conditions. First is complexity associated with knowing whether the system is “in control” or “not in control” denoted by the “in or not in control operational complexity index,”  $OCI(S^{INC})$  as shown in equation (4), where  $P$  is the probability of being in control.  $OCI(S^{INC})$  is a measure of the amount of information needed to describe the “in-control” or “not in control” state of the system. The closer the probability of incidence is to 0.5, the closer the  $OCI(S^{INC})$  value is to one [5]:

$$OCI(S^{INC}) = -P \log_2 P - (1 - P) \log_2 (1 - P) \quad (2)$$

Second is the complexity associated with not-in-control states, given that the system is not in control, i.e. a breach has occurred. This is denoted by the “not in control operational complexity index,”  $OCI(S^{NC})$  shown in equation (3), where  $p_{ij}$  is the conditional probability computed over the “not in control” state with states  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) at nodes  $j$  ( $j = 1, \dots, M$ ).

This index is a measure of the amount of information needed to monitor the extent to which the system is not in control:

$$OCI(S^{NC}) = -(1 - P) \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{j} \log_2 \frac{P_i}{j} \quad (3)$$

The sum of equations (2) and (3) is the total operational complexity denoted by the operational complexity index,  $OCI(S^{total})$ . It follows that the higher the operational complexity index, the higher the entropy introduced by the breach into the system and hence the more the associated information needed to manage the system and vice versa. This has been adapted to reflect the level of perturbation created by disruptive threat in a supply chain. However, in this paper, variation between the performance measures with and without breach was used.

The simulation approach on the impact of a single threat (system failure) on a basic supply chain is used in this paper. Using Anylogic simulation software, we modified the basic supply chain scenario



comprising of three agents, the retailer; wholesaler (supplier) and manufacturer. Each agent use an order-up-to stock policy ( $s, S$ ) and when the inventory position (IP) falls below the re-order point,  $s$ , an order ( $S-IP$ ) is placed to the adjacent agent upstream the chain.

From the experimental result, we first establish the impact on supply chain performance indices such as backlog cost, holding cost and ordering cost for each supply chain member/agent by comparing between the operational costs of each agent when breach occurs (i.e. system out of control) to when there is no breach (i.e. system under control)

Second, we calculate the probability of each state occurring and finally compute the entropy score for each state using equations (4) and (5) and the total operational complexity (total entropy score) denoted by the operational complexity index, OCI ( $S^{total}$ ). The OCI ( $S^{NC}$ ), OCI ( $S^{INC}$ ) and OCI ( $S^{total}$ ) values (obtained by the simulation experiments) are 2.12, 1.1 and 2.78, respectively.

The Table 1 shows the various entropy values for the entire supply chain agents.

It follows that the higher the operational complexity index, the higher the entropy introduced by the breach into the system and hence the more the associated information needed to manage the system and vice versa. This has been adapted to reflect the level of perturbation created by disruptive threat in a supply chain.

Table 1

Supply chain agent		Backlog cost	Holding cost	Ordering cost	Total score
Retailer	OCI ( $S^{INC}$ )	0.72	0.80	1.00	2.52
	OCI ( $S^{NC}$ )	1.27	1.17	0.20	2.64
	OCI ( $S^{total}$ )	1.99	1.97	1.20	5.16
Wholesaler	OCI ( $S^{INC}$ )	0.94	0.86	1.00	2.8
	OCI ( $S^{NC}$ )	0.00	1.71	0.20	1.91
	OCI ( $S^{total}$ )	0.94	2.57	1.20	4.71
Manufacturer	OCI ( $S^{INC}$ )	0.86	0.80	0.99	2.65
	OCI ( $S^{NC}$ )	0.43	1.62	0.19	2.24
	OCI ( $S^{total}$ )	1.28	2.42	1.18	4.88
Total score	OCI ( $S^{INC}$ )	2.52	2.46	2.99	7.97
	OCI ( $S^{NC}$ )	1.7	4.5	0.59	6.79
	OCI ( $S^{total}$ )	4.21	6.96	3.58	14.75

### 3. Conclusion

Many incidences of threats go unnoticed perhaps due to poor monitoring system or the absence of it. Organizations therefore need to adopt a effective active approach rather than a reactive one to manage risk. An organization needs to be able to detect any incidence of perturbation within its premises and must be able to log it. In assessing the emergent impact of the threats in SCM, entropy theory is suggested. The theory quantifies the level of chaos each incidence of threat poses as an

indication of threat level. Besides profiling the occurrence of perturbations within an organization along with the threats responsible for them and learning from one's failure, it is equally important to learn from the failure of others. This is why survey information is important so that decisions can be made not just based on internal data but on the likelihood that external data represent. Many organizations have been felled by the incidence of threats they have never experienced before and so it would be intuitive to pay attention to the threats plaguing others even if it has not happened to an organization yet. This paper suggests an assessment of the threat level of each security breach type as a function of entropy score. This is also termed operational complexity of the breach and it investigates the impact of these perturbations as they affect the performance of the supply chain under different supply chain characteristics or conditions. These conditions are supply chain structure, ordering options and integration level. The study tries to see how supply chain structures are affected by the perturbations that the threats introduce and to demonstrate that each supply chain structure might be affected in different ways.

#### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Rodonaia I., Nareshelashvili G., Rodonaia V. (2022). Observable Markov Decision Process to Supply Chain Risk Management. Proceedings of the Conference "International Scientific and Practical Conference "Innovations and Modern Challenges 2022" dedicated to the 100th anniversary of the Georgian Technical University and the 65th anniversary of the Faculty of Informatics and Control Systems", pp.338-341
2. Durowoju O., Wang X. (2012). Entropy assessment of supply chain disruption. Journal of Manufacturing Technology Management. October, 2012
3. Airoldi E.M., Bai X., Malin B.A. (2011). An entropy approach to disclosure risk assessment: lessons from real applications and simulated domains. Decision Support Systems, V.51, No.1, pp. 10-20
4. Bezzi M. (2007). , "An entropy based method for measuring anonymity. Proceedings of the Third International Conference on Security and Privacy in Communications Networks and the Workshops, IEEE, 17-21 September, pp. 28-32
5. Durowoju O., Chan H.K., Wang X. (2011). The impact of security and scalability of cloud service on supply chain performance. Jour.of Electronic Commerce Research, V.12, No.4, pp.243-56
6. Sivadasan S., Efstathiou J., Frizelle G., Shirazi R., Calinescu A. (2002). An information-theoretic methodology for measuring the operational complexity of supplier-customer systems. International Jour. of Operations & Production Management. V.22, pp. 80-102.

*(Received 19.11.2023)*

## მიწოდების ჯაჭვის რისკის მენეჯმენტში ინფორმაციის შეფერხების შეფასებისას ენტროპიის თეორიის გამოყენება

ირაკლი როდონაია<sup>1</sup>, გულბაათ ნარეშელაშვილი<sup>2</sup>, ვახტანგ როდონაია<sup>1</sup>

1- შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი,

2- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

irakli.radonaia@ibsu.edu.ge; g.nareshelashvili@gtu.ge; vrodonaia@ibsu.edu.ge

### რეზიუმე

განხილულია ენტროპიის თეორიის გამოყენება მიწოდების ჯაჭვებში რისკის დონის განსაზღვრაში. კერძოდ, მიწოდებაში ინფორმაციის წარუმატებლობა (დარღვევები) განიხილება როგორც სისტემაში ქაოსის შემოტანა, რის გამოც ენტროპიის დონის იზრდება. წარმოდგენილია ორი მოდელი კონტროლის ქვეშ და კონტროლის მიღმა მყოფი სისტემის ოპერაციული სირთულის ინდექსების დასადგენად. შემუშავებულია სამი ძირითადი სცენარი სამი აგენტისთვის: საცალო ვაჭალი; საბითუმო (მიმწოდებელი) და მწარმოებელი. ჩატარდა სიმულაციური ექსპერიმენტები სხვადასხვა აგენტისთვის და მთლიანად მიწოდების ჯაჭვისთვის ენტროპიის (ოპერაციული სირთულის) მნიშვნელობების მისაღებად

*(სტატია მიღებულია 19.11.2023)*

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЭНТРОПИИ К ОЦЕНКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СБОЕВ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК

Родоная И.<sup>1</sup>, Нарешелашвили Г.<sup>2</sup>, Родоная В.<sup>1</sup>

1-Черноморский международный университет,

2- Технический университет Джорджии

irakli.radonaia@ibsu.edu.ge; g.nareshelashvili@gtu.ge; vrodonaia@ibsu.edu.ge

### Резюме

Рассматриваются вопросы применения теории энтропии в определении уровней риска в цепях снабжения. В частности, информационные сбои (возмущение) в снабжении рассматриваются как вносящие хаос в систему и тем самым повышающие уровень энтропии. Представлены две модели для определения индексов операционной сложности пребывания системы под контролем и выхода системы из-под котроля. Разработаны три базовых сценария, включающие три агента: розничный торговец; оптовик (поставщик) и производитель. Произведены имитационные эксперименты для получения значений энтропии (операционной сложности) для различных агентов и цепи снабжения в целом.

*(Поступила 19.11.2023)*

# ნახშირწყალბადის აირებიდან საწვავის მიღების ალტერნატიული გზები

ნუკრი ებრალიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

nukri8848@gmail.com

## რეზიუმე

განხილულია სინთეზური საწვავის წარმოების არსებული ტექნოლოგიები და მოცემულია მეთოდებისა და ტექნოლოგიების მიმოხილვითი ანალიზი მათი პროდუქტიულობის, ტექნოლოგიური სირთულეებისა და ფასების გათვალისწინებით. შემოთავაზებულია ხელოვნური საწვავის წარმოების ალტერნატიული მიდგომა, რომელიც ნედლეულის სახით იყენებს ყველაზე გავრცელებულ ქიმიკატებს – წყალბადს და ნახშირორჟანგს, ხოლო კატალიზატორის სახით იყენებს რკინას (Fe). შემოთავაზებული ტექნოლოგია შეიძლება განხორციელებულ იქნას მინი საწარმოს სახით, რომელიც თავისი უკეთესი წარმადობით მოგვცემს საშუალებას გავაკეთოთ ძირითადი სახის ექვივალენტური პარამეტრების გათვლები სრულყოფილი საწარმოს შესაქმნელად.

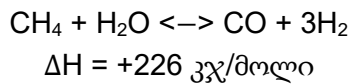
**საკვანძო სიტყვები:** ხელოვნური საწვავი. ფიშერ-ტროპშის სინთეზი. GTL ტექნოლოგია. სინთეზის პროცესების ავტომატიზაცია. მინი საწარმო.

## 1. შესავალი

ბუნებრივი აირების უხვი რესურსები, მათ შორის არატრადიციული სახეობები, როგორცაა ფიქლის გაზი და გაზის ჰიდრატები, წარმოადგენენ ენერჯის მოპოვების გრძელვადიან წყაროს. მაგრამ აალებადი აირებიდან ენერჯის მიღება ყოველთვის არ არის მოსახერხებელი ტრანსპორტისა და დისტანციური მომხმარებლებისთვის. თხევადი ბუნებრივი აირის მოხმარების მუდმივი ზრდის მიუხედავად ეკოლოგიის თვალსაზრისით, სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება აირისებრი ენერჯის მატარებლები, პირველ რიგში წყალბადი.

ცნობილია ბუნებრივი აირის თხევად ნახშირწყალბადებად გადაქცევის ბევრი მეთოდი, მაგრამ არსებული ტექნოლოგიები პრაქტიკული გამოყენებისთვის ჯერ კიდევ არ არის დიდად მისაღები. მიზეზი ის არის, რომ მეთანის, როგორც ბუნებრივი აირის და მასთან დაკავშირებული აირების სხვა ქიმიურ პროდუქტებად გარდაქმნა უკიდურესად რთულია და იწვევს ენერჯის დიდ ხარჯს. ნორმალურ პირობებში მეთანის მოლეკულა წარმოადგენს ყველაზე სტაბილურ ნახშირწყალბადს, ძლიერი ქიმიური კავშირებით, და მათი გაწყვეტა დიდ ენერჯიას მოითხოვს. ესაა ტრადიციული ნავთობქიმიური პროცესების ძირითადი მიზეზი (რომლებშიც შედარებით ადვილად ხდება C–C და C–H კავშირის რღვევა) და საწვავის მიღების ხელოვნური მეთოდს შორის განსხვავების. ყველა სხვა ნახშირწყალბადების ქიმიური დამუშავება, მოითხოვს ნაკლებ ძალისხმევას და შედარებით კარგადაა შესწავლილი და განვითარებული. მეთანის აქტივაციის პირველი ეტაპის განხორციელების სირთულის გამო სხვა გზა იყო არჩეული: მისი წინასწარი კონვერსია სინთეზურ გაზში -  $H_2$  და  $CO$  მოლეკულების ნარევი. ეს პროცესი საკმაოდ ცნობილია და ხშირად გამოიყენება მეთანოლის მიღების დროს. აქ მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ გარკვეულ პირობებში მეთანი შეიძლება თითქმის მთლიანად გარდაიქმნას სინთეზურ გაზად, მაგრამ ეს მოითხოვს მაღალ ( $\sim 900^\circ C$ ) ტემპერატურას და, შესაბამისად, მნიშვნელოვან ენერჯო დანახარჯს.

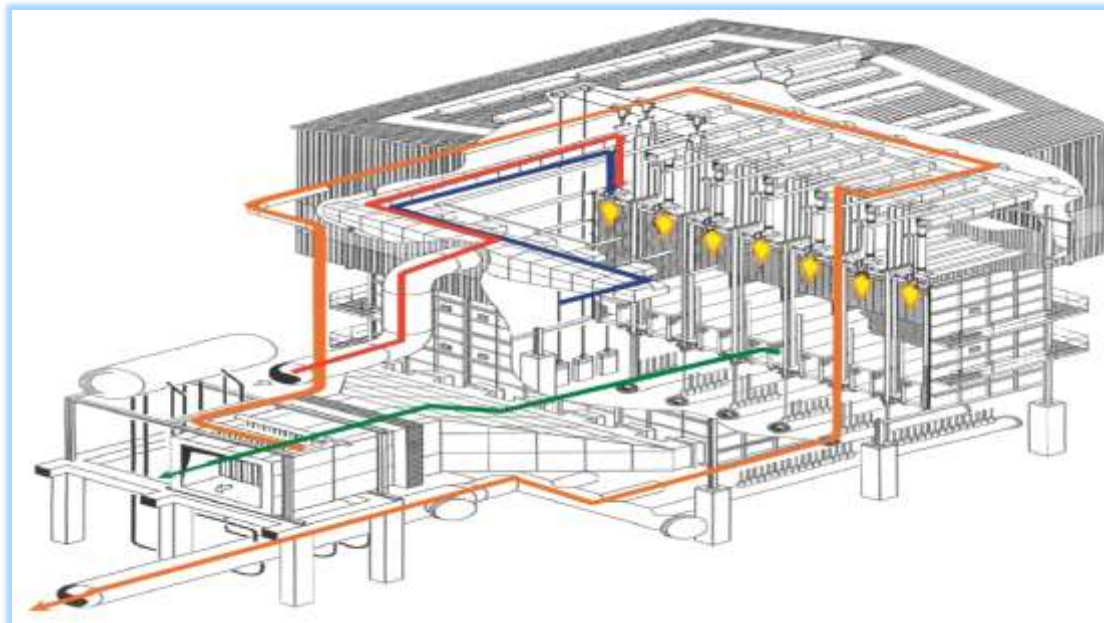
ბუნებრივი აირის ქიმიურ პროდუქტად გადაქცევის თითქმის ყველა თანამედროვე სამრეწველო ტექნოლოგია ეფუძნება მის წინასწარ გადაქცევას სინთეზურ გაზად, რის შემდეგაც მისგან მიიღება ისეთი ქიმიური პროდუქტები, როგორცაა ამიაკი, წყალბადი, მეთანოლი და სინთეზური თხევადი ნახშირწყალბადები. სწორედ ისინი განიხილებიან დღევანდელ დღეს პოტენციური ალტერნატიული ენერჯის მატარებლებად. თანამედროვე გაზოქიმიური პროცესების ყველაზე რთული და ძვირადღირებული ეტაპს წარმოადგენს ბუნებრივი აირის სინთეზურ გაზად გარდაქმნა, რაც შეადგენს ყველა ხარჯის 60-70%-ს. ამ ეტაპის მაღალი ხარჯები არის მთავარი ფაქტორი, რომელიც ხელს უშლის თანამედროვე გაზოქიმიის განვითარებას. ყველაზე გავრცელებული სამრეწველო პროცესი, რომელიც ამჟამად აწარმოებს სინთეზური აირის 80%-ზე მეტს, არის მეთანის კონვერსია ორთქლით:



ეს უაღრესად ენდოთერმული პროცესი, რომლის შედეგად მიიღება წყალბადით მდიდარი სინთეზური გაზი  $\text{H}_2/\text{CO}$  3-ის თანაფარდობით, 1960-იანი წლებიდან ფართოდ იქნა დანერგილი ინდუსტრიული მასშტაბით, როდესაც დაიწყო ბუნებრივი აირის გამოყენება ნედლეულად ნახშირის ნაცვლად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ორთქლით კონვერსია ჩვეულებრივ ხორციელდება შედარებით იაფი ნიკელის კატალიზატორების გამოყენებით  $800-1000^\circ\text{C}$  ტემპერატურაზე, 2 მპა-ზე მეტი წნევით და მაღალი  $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$  თანაფარდობით = 2.5-3.0 ან მეტი კატალიზატორის კარბონიზაციის შესამცირებლად. პროცესი ტარდება მილაკიან ლუმელებში, მილების გარე გათბობით, რომლებიც გაჯერებულია დეჰონირებული ლითონის კატალიზატორით (ნახ.1).



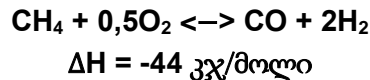
ნახ. 1. LURGI რიფორმერის კვთა

ორთქლით კონვერსიის პროცესის შემმუშავებელი წამყვანი კომპანიებია Howe-Baker (აშშ), Haldor Topsoe (დანია), Foster Wheeler Corp. (აშშ), Technip (საფრანგეთი), Lurgi (გერმანია) და მრავალი სხვ. [1]. რეაქტორის ლუმელების კონსტრუქციები (რიფორმერები) ძირითადად

განსხვავდება რეაქტორის კატალიზატორიანი მილების გათბობის სქემებით.

ახალი ტიპის მაღალი ტემპერატურის ჰელიუმის ბირთვული რეაქტორების გამოყენება, რომლებსაც შეუძლია სითბოს გამომუშავება 1000 °C-მდე ტემპერატურით, პერსპექტიული მიმართულებაა ბუნებრივი აირის ორთქლით კონვერსიის პროცესის წარმოებისათვის (განსაკუთრებით CO<sub>2</sub> ემისიის შემცირების თვალსაზრისით) [2].

ბუნებრივი აირის სინთეზურ გაზად გარდაქმნის კიდევ ერთი ტექნოლოგია – ჟანგვითი კონვერსია, შეიქმნა 1950-იანი წლების დასაწყისში. პროცესი არის ოდნავ ეგზოთერმული, რომელიც არ საჭიროებს დამატებითი სითბოს წყაროს [3].



როგორც წესი, პროცესი ტარდება 30-100 ატმ წნევით სუფთა ჟანგბადის უმნიშვნელო ჭარბი რაოდენობით, რაც იწვევს CO<sub>2</sub> და H<sub>2</sub>O ღრმა დაჟანგვის პროდუქტების გარკვეული რაოდენობის წარმოქმნას.

მეთანის ოქსიდური კონვერსია შეიძლება განვითარდეს როგორც კატალიზატორის თანხლებით, ასევე მის გარეშე. არაკატალიზური პროცესისთვის საჭიროა 1200-1500°C ტემპერატურა და 2,5-8 მპა წნევა, რომლის დროსაც მიიღწევა ნახშირწყალბადების სრული გარდაქმნა და აღიკვეთება ჰვარტლის წარმოქმნა. პროცესის თერმული ეფექტურობა აღწევს 60-75%. კატალიზურ პროცესში ჩვეულებრივ გამოიყენება ნიკელის ან როდიუმის კატალიზატორი, ყველაზე ხშირად ZSM-5 ცეოლითებზე. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია უფრო რბილი პირობები (800–900°C, 2,5–3,5 მპა), რაც ზრდის მისი ეფექტურობას და მობილობას.

გარდა ენერგობარჯების შემცირებისა, სინთეზური აირის მიღება ხდება H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> >> 2 თანაფარდობით, რაც ყველაზე ხელსაყრელია მეთანოლისა და ფიშერ-ტროპშის პროდუქტების სინთეზისთვის [4].

ეს პროცესი წარმატებით განხორციელდა GTL მსოფლიოში უდიდეს სინთეზური სითხეების ქარხანაში ყატარში -Shell's Perl-ში.

ბუნებრივი აირის ჟანგვითი კონვერსიის ტექნოლოგიის მთავარი მინუსია მაღალი კაპიტალდაბანდება ქარხნებში ჰაერის გამოყოფის დანადგარებზე. ასევე შესაძინევა ჰვარტლის წარმოქმნა, რომელიც უნდა მუდმივად იწმინდებოდეს. ამასთან ერთად არის საშიშროება აფეთქების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით.

მაღალი ტემპერატურისა და წნევის გარდა, საჭიროა დაბალი O<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> თანაფარდობა = 0.6–0.7, ანუ მუშაობა ძალიან მდიდარ გაჯერებულ ნარევებთან, რომლებშიც მეთანისა და ჟანგბადის თანაფარდობა, რეალურად დევს აალებადი ზღვრის ზემოთ, რაც ძალიან ართულებს სინთეზ-გაზის მოღების პროცესს. მეთანის ჟანგვითი კონვერსიის პროცესის კომერციალიზაციას ასევე აფერხებს რეაქტორების დიდი ზომები. მეთანის ჟანგვითი კონვერსიის ტექნოლოგიის წამყვანი დეველოპერები და ლიცენზირები არიან Shell და Chevron Texaco [5].

პოპულარული ხდება ავტოთერმული რიფორმინგის (ATR) ტექნოლოგია ბუნებრივი აირის კონვერსიისთვის - ერთგვაროვანი ჟანგვითი კონვერსიის ეგზოთერმული რეაქციის და ორთქლით რიფორმინგის ენდოთერმული რეაქციის კომბინაცია. ენერგია ამ შემთხვევაში მიიღება ნახშირწყალბადის ნედლეულის ნაწილობრივი და სრული დაჟანგვით იმავე რეაქტორში. ამ პროცესის პიონერი და ყველაზე აქტიური შემქმნელი 1960-იანი წლებიდან იყო და არის დანიური კომპანია Haldor Topsoe [1].

სიმძლავრის მატებასთან ერთად, ყველა პროცესის ღირებულება იზრდება თითქმის წრფივად, მაგრამ ორთქლის რეფორმირებისთვის ეს ზრდა უფრო შესამჩნევია.

მიუხედავად იმისა, რომ ამიაკი დიდი ხანია განიხილება, როგორც პოტენციური სატრანსპორტო საწვავი [5], და ასევე წყალბადის წარმოების წყარო [6], მისი პრაქტიკული გამოყენების შედეგად წარმოქმნილი სერიოზული პრობლემები ჯერჯერობით აფერხებს ამ პროცესის განვითარებას. ამ მიზნებისათვის სინთეზური გაზიდან მიღებული სხვა პროდუქტის, მეთანოლის გამოყენების პერსპექტივები უფრო აშკარაა.

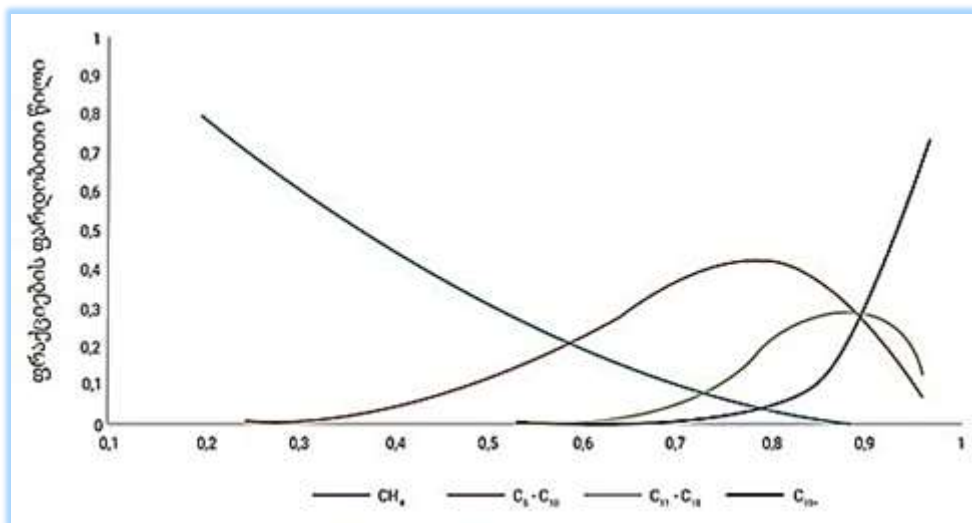
ამჟამად მეთანოლი არის გაზის ქიმიური პროდუქტი ყველაზე დინამიკურად მზარდი წარმოების მოცულობით. მსოფლიოში მეთანოლის მწარმოებელი 90-ზე მეტი ქარხანაა, რომელთა ჯამური სიმძლავრეა დაახლოებით 110 მილიონი ტონა/წელიურად. მისი მსოფლიო წარმოება წელიწადში 80 მილიონ ტონას გადააჭარბა, 2025 წლისთვის კი ვარაუდობენ, რომ ის მიაღწევს 120 მილიონ ტონას წელიწადში.

მეთანოლის წარმოება განსაკუთრებით სწრაფი ტემპით ვითარდება ჩინეთში, რომელიც უზრუნველყოფს მისი მსოფლიო წარმოების თითქმის ნახევარს.

მეთანოლი არის მრავალმხრივი პროდუქტი, რომელსაც შეუძლია შეცვალოს ზეთი ბევრ ნავთობქიმიურ პროცესში და მრავალმხრივი საწვავი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას თითქმის ყველა ტიპის შიგა წვის ძრავებში (ICE), ასევე გაზის ტურბინის საწვავში და საქვავე საწვავში. და ბოლოს, მეთანოლი წყალბადის ყველაზე მოსახერხებელი თხევადი მატარებელია.

შიდა წვის ძრავებისთვის წყალბადის მიღება შესაძლებელია მეთანოლისგან უშუალოდ ტრანსპორტის ბორტზე მისი ორთქლით კატალიზური კონვერსიის გზით.

ინდუსტრიულ დონეზე, სინთეზური აირის თხევად სინთეზურ ნახშირწყალბადებად გადაქცევის პროცესი (ფიშერ-ტროპშის სინთეზი), რომელსაც შეუძლია შეცვალოს ბუნებრივი ზეთი, დიდი ხანია ათვისებულია [3]. მიღებული პროდუქტების ფრაქციული შემადგენლობა ძირითადად დამოკიდებულია პროცესის ტემპერატურაზე და გამოყენებული კატალიზატორის შემადგენლობაზე და განისაზღვრება  $\alpha$  კოეფიციენტით, რომელიც ასახავს კატალიზატორზე ნახშირწყალბადების ჯაჭვის ზრდის სიჩქარის მუდმივების თანაფარდობას (ნახ.2). იგი ჩვეულებრივ საკმაოდ ფართოა, მეთანიდან C50 ნახშირწყალბადებამდე და ზემოთ.



ნახ. 2. ფიშერ-ტროპშის სინთეზში ძირითადი ნახშირწყალბადების ფრაქციების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება  $\alpha$  კოეფიციენტზე

მსოფლიოში არსებობს რამდენიმე მსხვილი საწარმო თხევადი ნახშირწყალბადების წარმოებისთვის, რომლებიც ეფუძნება ბუნებრივი აირის სინთეზურ გაზად გადაქცევას და შემდგომ ფიშერ-ტროპშის სინთეზს, ანუ სქემას სახელწოდებით GTL ტექნოლოგია, მთლიანი პროდუქტიულობით. დაახლოებით 10 მილიონი ტონა/წელიწადში და ასევე რამდენიმე მცირე საპილოტე ქარხანა სხვადასხვა კომპანიისგან.

Shell-ის ტექნოლოგიის საფუძველზე განხორციელებული GTL საწარმოების (Perl GTL ყატარში და Bintulu GTL მალაიზიაში) ძირითადი პროდუქტია დიზელის საწვავი. Sasol-ის GTL ტექნოლოგიის საფუძველზე განხორციელებული საწარმოები (Oryx GTL ყატარში, Escravos GTL ნიგერიაში და სხვა მრავალი) აწარმოებენ პროდუქციის უფრო ფართო სპექტრს, მათ შორის, დიზელის საწვავის გარდა, ბენზინს, ოლეფინებს და ოქსიგენატებს [2].

ჩინეთსა და სამხრეთ აფრიკაში არის საწარმოები, რომლებიც აწარმოებენ სინთეზურ თხევად ნახშირწყალბადებს მსგავსი სქემის გამოყენებით, მაგრამ იყენებენ ნახშირს, როგორც ნედლეულს სინთეზური გაზის წარმოებისთვის (Coal to Liquid, CTL ტექნოლოგიები).

თანამედროვე GTL საწარმოების მთავარი პრობლემაა მათი ტექნოლოგიური სირთულე და მაღალი ხარჯები ბუნებრივი აირის სინთეზურ გაზად გადაქცევის ეტაპზე, რაც შეადგენს ყველა ხარჯის 60 %-მდე.[4]

თანამედროვე რთული GTL ტექნოლოგიების ფუნდამენტური მინუსი არის ის, რომ ისინი უვარგისია საშუალო და დაბალი ტონაჟის ვერსიებში განსახორციელებლად, ხოლო ნახშირწყალბადის გაზების პერსპექტიული ტრადიციული და განსაკუთრებით არატრადიციული წყაროების დიდი უმრავლესობა სწორედ ამ კატეგორიას მიეკუთვნება.

ამიტომ, ალტერნატიული GTL ტექნოლოგიები ვითარდება მთელ მსოფლიოში. ძირითადი აქცენტი კეთდება სინთეზური გაზის წარმოებისთვის უფრო მარტივი და კომპაქტური პროცესების შექმნაზე. უკვე შემოთავაზებულია და გამოცდილია მთელი რიგი ფუნდამენტურად ახალი პროცესები, მათ შორის პროცესები, რომლებიც დაფუძნებულია კერამიკულ მემბრანებზე ბუნებრივი აირის დაჟანგვაზე, პროცესები მიკროარხიან რეაქტორებში, ფილტრაციის წვის პროცესები, მეთანის დაჟანგვა მილიწამიანი კონტაქტის დროს, ენერგეტიკულ და ელექტროქიმიურ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული პროცესები. [6].

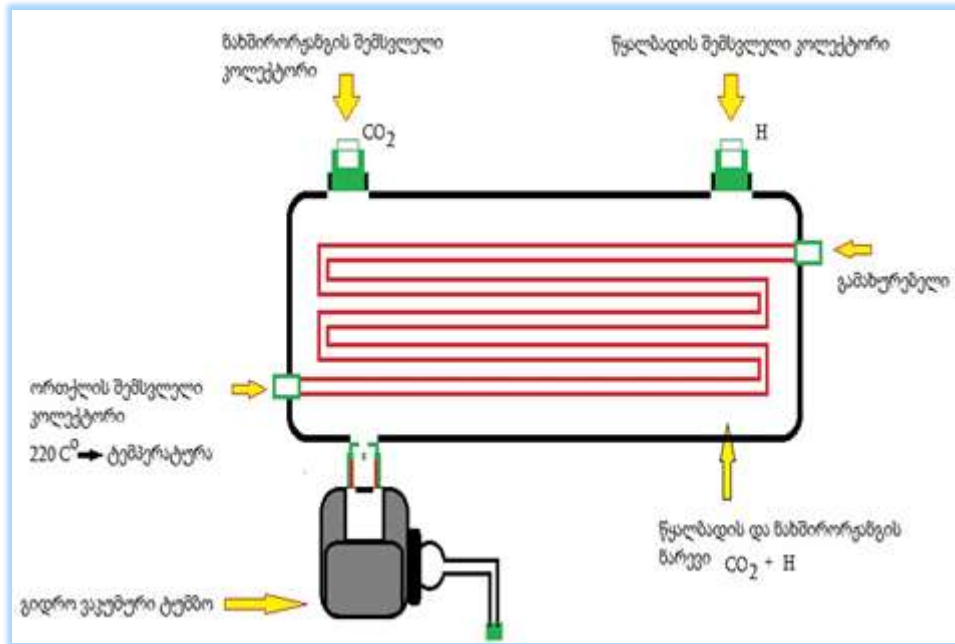
ჯერჯერობით არცერთი ეს ტექნოლოგია არ არის დანერგილი ინდუსტრიული მასშტაბით, მაგრამ ინტენსიური სამუშაოები ბევრ ქვეყანაში მიმდინარეობს.

სტატიაში შემოთავაზებულია ახლახან შემუშავებული მეთოდი, ბუნებრივი წყლის და ნახშიროჟანგის გამოყენებით.

წყალბადი ურთიერთქმედებს ნახშირორჟანგთან, რომელიც მიიღება ატმოსფეროდან და სარეაქციო კამერაში იტუმბება. ორი სახის აირი ხვდება ტემპერატურის და წნევის ზემოქმედების ქვეშ, რაც თავისთავად იწვევს ქიმიურ სინთეზს. არსებული სინთეზი მიმდინარეობს Fe რკინის კატალიზატორის ეგიდით, რაც ნახშირწყალბადს წარმოქმნის. ექსპერიმენტები დაიწყო 2014 წელს. მრავალი სახის მეთოდი დამუშავდა და მივიდა სრულყოფილებამდე. შეიქმნა რამდენიმე განსხვავებული სარეაქციო რეაქტორი, აქედან იქნა გამორჩეული ყველაზე ნაკლებ დანახარჯიანი მოდელი, რომელიც იტესტებოდა წლების განმავლობაში.

დაიხვეწა და გაუმჯობესდა პროცესის ყველა ეტაპი, რამაც მოგვცა საშუალება გაგვეკეთებინა ავტომატიზებული მოდელი მინი საწარმოს ფუნქციით (ნახ. 3.).





ნახ. 3. ავტომატიზებული მოდელი მინი საწარმოს ფუნქციით

ალტერნატიული ტექნოლოგიის გამოყენებით შექმნილია დიზელის ტიპის სინთეზური საწვავის გამოსამუშავებელი ექსპერიმენტული დანადგარის მუშა მოდელი, რომლის წარმადობა შეადგენს 0,5 ლ./სთ. და 1ლ. საწვავის მიღებას ესაჭიროება დაახლოებით 4,2-6 კვტ.სთ. ელექტროენერგია, რაც საკმაოდ მისაღები მაჩვენებლებია ამ ეტაპზე.

გარდა ამისა, ნედლეული, რომელიც ესაჭიროება აღნიშნულ რეაქციას, ეს არის წყალი და ნახშირორჟანგი, რომლებიც საკმაოდ გავრცელებულია და ადვილად მოსაპოვებელია ბუნებაში. ამგვარად, ალტერნატიული ტექნოლოგიის გამოყენებით მიღებულია ეკონომიკურად გამართლებული პროდუქტი - დიზელის ტიპის სინთეზური საწვავი, რომლის შემადგენლობა დამტკიცებულია აკრედიტებული ლაბორატორიის (თურქეთი) მიერ და სრულიად შეესაბამება დიზელის ტიპის საწვავს ყოველგვარი მინარევების გარეშე. შემოთავაზებული ტექნოლოგია შეიძლება განხორციელებულ იქნას მინი საწარმოს სახით, რომელიც თავისი წარმადობით მოგვცემს საშუალებას გავაკეთოთ ძირითადი სახის ექვივალენტური პარამეტრების გათვლები სრული საწარმოს შესაქმნელად (ნახ.4).



ნახ.4. სინთეზური საწვავის მიღების ექსპერიმენტული დანადგარის მოქმედი მოდელი

### 3. დასკვნა

სტუ-ს სამეცნიერო კვლევითი და სადიაგნოსტიკო ცენტრის „ექსპერტი“ ლაბორატორიაში ჩამოყალიბდა ცნობილი რეაქციის ახალი მიმართულება (მოდერნიზება) და შეიქმნა სინთეზური საწვავის მიღების ალტერნატიული ტექნოლოგიით გათვალისწინებული ექსპერიმენტული დანადგარის მოქმედი მოდელი. შექმნილია დიზელის ტიპის სინთეზური საწვავის გამოსამუშავებელი ექსპერიმენტული დანადგარის მუშა მოდელი, რომლის წარმადობა შეადგენს 0,5 ლ./სთ. და 1ლ. საწვავის მიღებას ესაჭიროება დაახლოებით 4,2-6 კვტ.სთ. ელექტროენერგია, რაც ამ ეტაპზე, საკმაოდ მისაღები მაჩვენებლებია ექსპერიმენტული დანადგარისათვის.

ამჟამად მიმდინარეობს შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ავტომატიზაციის პროცესის დახვეწა ოპტიმალური მართვისათვის. განხილული ტექნოლოგია შეიძლება განხორციელებულ იქნას მინი საწარმოს სახით, რომელიც თავისი უკეთესი წარმადობით მოგვცემს საშუალებას გავაკეთოთ ძირითადი სახის ექვივალენტური პარამეტრების გათვლები სრულყოფილი საწარმოს შესაქმნელად.

### ლიტერატურა – References – Литература:

1. Dry M.E. (2004). Applied Catalysis A: General. No. 276, - p. 1. 7.
2. Storch G., Golambik N., Golambik R. (1954). Synthesis of hydrocarbons from carbon monoxide and hydrogen. - M.: I.L., 257 p. (in Russian)
3. Lee W.H., Bartolomew C.H.J. (2006). Catal. - 1989. No.120. p.256. Wisam Al-Shalchi. Gas to liquids technology (GTL). Baghdad.
4. Taimarov M.A., Shakirov I.M. (2013). Improvement of the complex for producing coal oil. Vestnik Kazan.tekhnol. un-ta. No. 23. p.183-185. B. Elvers (ed.), (in Russian)
5. Fuel. Production, application, properties. (2012). Directory: trans. from English. Ed. T.N. Mitusova. St. Petersburg: TsOP “Profession”, 416 p. (in Russian)
6. Van den Oosterkamp P., Wagner E., Ross J. (1986). Achievements in the production of synthesis gas. Russian Chemical Journal. Volume XLIV (2000) No. 1, p.34-42 Berezin I.V., Pantskhava E.S. Technical bioenergy. Biotechnology. v.2. No.2. pp. 1-12; No. 3. p. 8-15 (in Russian)
7. Lanchakov G.A., Kabanov O.P. (2011). Ensuring effective utilization of associated petroleum gas at the Urengoy oil and gas condensate field. Gas industry. No. 658, p. 72. (in Russian)
8. Krylov O.V. (2000). Ros.khim. and. (Journal of Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev), v.44, No. 1, p. 19-33. (in Russian)
9. Lapidus A.L., Zhagfarov F.G., Sosna M.Kh., Melnikov A.P., Elkin A.B., Duong Chung. (2009). Study of the catalytic process of carbon dioxide conversion of natural gas. Gas chemistry. No. 3 (7). p. 14–15, (in Russian).

*(სტატია მიღებულია 20.10.2023)*

## ALTERNATIVE WAYS TO OBTAIN FUEL FROM HYDROCARBON GASES

Ebralidze Nukri

Georgian Technical University  
nukri8848@gmail.com

### Summary

The article examines existing technologies for the production of synthetic fuels and provides an overview of methods and technologies, taking into account their productivity, technological difficulties and prices. An alternative approach to the production of artificial fuel is proposed, in which the most common chemicals - hydrogen and carbon dioxide - are used as raw materials, and iron (Fe) is used as a catalyst. The proposed technology can be implemented in the form of a mini-enterprise, which, with higher productivity, will allow basic calculations of equivalent parameters to create a full-fledged enterprise.

*(Received 20.10.2023)*

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Эбралидзе Н.

Грузинский Технический Университет  
nukri8848@gmail.com

### Резюме

Рассмотрены существующие технологии получения синтетического топлива, сделан обзорный анализ методов и технологий с учетом их производительности, технологических сложностей и цены. Предлагается альтернативный подход к получению искусственного топлива, в котором используются наиболее распространенные химические вещества водород и углекислый газ, а в качестве катализатора – железо (Fe). Предлагаемая технология может быть реализована в виде мини-предприятия, что при своей производительности позволит произвести базовые расчеты эквивалентных параметров для создания полноценного предприятия.

*(Поступила 20.10.2023)*

## ვალენტური ბმის წარმოქმნის მექანიზმი

გივი ხიდეშელი

ქიმიურ მეცნიერებათა კანდიდატი

ირაკლი ჯავახიშვილი

ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი

givi\_khidesheli@yahoo.com, iraklijavakhishvili65@gmail.com

### რეზიუმე

ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ქიმიური ბმებიდან მხოლოდ ვალენტურ ბმას ახასიათებს ბმის მიმართულება. ნაშრომში შესრულებული მსჯელობიდან შეიძლება ვთქვათ: რადგან ლიტერატურაში არსებობს მონაცემები მოლეკულაში ატომების რხევითი მოძრაობის შესახებ; და რადგან ელექტრონის ბირთვის ირგვლივ ბრუნვის სიჩქარე ბევრად აღემატება მოლეკულაში ატომებს შორის განზიდვის სიჩქარეს, ამდენად ჩვენი შეხედულება ვალენტური ბმის წარმოქმნის მექანიზმზე ბირთვის ირგვლივ მბრუნავი ელექტრონების მიერ, მისაღებია განხილვისთვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ვალენტური ბმა. ატომი. მოლეკულა. რხევითი მოძრაობა. ელექტრონის ბირთვი. ბრუნვის სიჩქარე. განზიდვის სიჩქარე.

### 1. შესავალი

ქიმიური ბმის ერთ–ერთი სახეობის, ვალენტური ბმისათვის დამახასიათებელი არის ბმის სიგრძე, ბმის ენერგია და ბმის მიმართულება. იგი წარმოიქმნება ორი ატომის განსხვავებული სპინის მქონე ელექტრონების გაწყვილებით მიღებული ელექტრონული წყვილის მიერ, ატომების ბირთვების მიზიდვით. რადგან ვალენტურ ბმას აქვს მიმართულება, ამიტომ ვალენტური ბმის თეორია ბმის წარმომქმნელ ელექტრონულ წყვილს აფიქსირებს დაკავშირებულ ატომებს შორის [1].

ასეთი მოსაზრება ჩვენ არ მიგვაჩნია მართებულად, იმიტომ, რომ ფილოსოფიაში მატერიის შესახებ არსებობს დებულება: „მოძრაობა არის მატერიის არსებობის ფორმა“; ამიტომ ელექტრონები, როგორც მატერიალური ნაწილაკები, უნდა მოძრაობდეს ბირთვის ირგვლივ.

ეს გამორიცხავს ელექტრონული წყვილის დაფიქსირებას დაკავშირებულ ატომებს შორის. აქედან გამომდინარე საჭიროა მოინახოს ვალენტური ბმის დამყარების ისეთი მექანიზმი, რომელიც განხორციელდება ელექტრონების ბირთვის ირგვლივ ბრუნვის დროს.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ამისათვის ჩვენ დავინტერესდით შემდეგი რეალობით: ელექტრონი ბირთვის ირგვლივ ბრუნვის დროს რამდენჯერ მოხვდება ორბიტის ერთიდაიმავე წერტილში ერთ წამში.

გამოსათვლელად გამოვიყენეთ ყველაზე კარგად შესწავლილი წყალბადის ატომის მონაცემები [2]–დან:

- წყალბადის ატომის რადიუსი  $r = 0.529 \times 10^{-8}$  სმ;

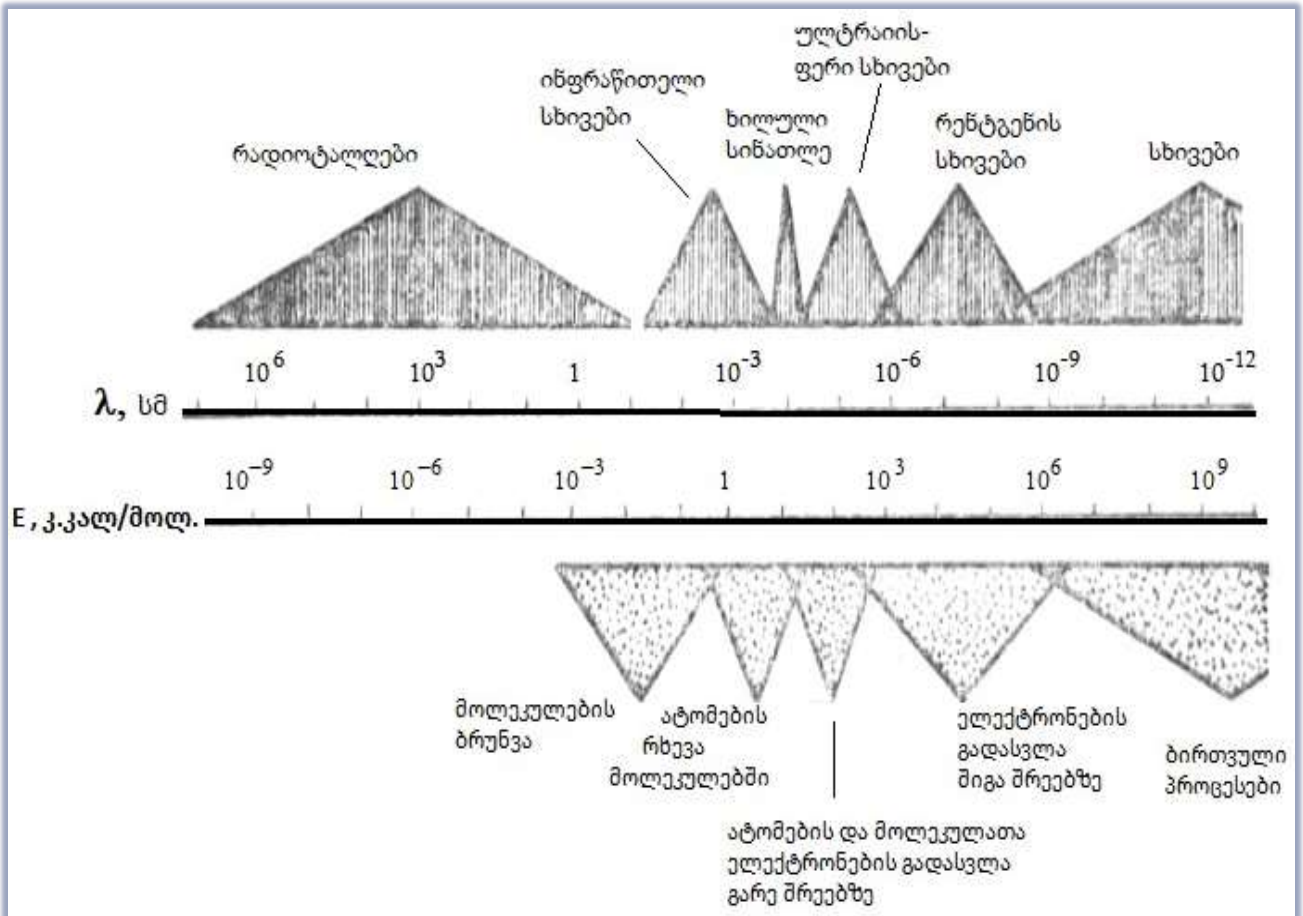
- წყალბადის ატომში ელექტრონის მოძრაობის სიჩქარე  $v = 2200 \text{ კმ/წმ}$ -ში.

გამოვითვალეთ წყალბადის ატომის წრეწირის (ორბიტის) სიგრძე:

$$L = 2\pi r = 2 \times 3,14 \times 0,529 \times 10^{-8} = 3,32 \times 10^{-8} \text{ სმ.}$$

გამოვითვალეთ წყალბადის ატომში ბირთვის ირგვლივ ბრუნვის დროს ორბიტის ერთიდაიმავე წერტილში ელექტრონის მოხვედრის სიხშირე, ერთ წამში:

$$v = 2200 \text{ კმ/წმ} : (3,32 \times 10^{-8} \text{ სმ}) = 22 \times 10^2 \times 10^5 : (3,32 \times 10^{-8}) = 6,62 \times 10^{15} \text{ ბრუნი/წამში.}$$



ნახ.1. სხვადასხვა სახის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ტალღის სიგრძე და ენერგიები

მივიღეთ უზარმაზარი რიცხვი, რომელიც უფლებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ ვალენტური ბმის წარმომქმნელი ელექტრონული წყვილი თითქმის დაფიქსირებულია დაკავშირებულ ატომებს შორის.

„თითქმის დაფიქსირებულია“ ნიშნავს იმას, რომ ელექტრონი დროის რაღაც მომენტში არ იმყოფება დაკავშირებულ ატომებს შორის, მაგრამ უნდა ჩავთვალოთ: რადგან ელექტრონის მოხვედრის სიხშირე დაკავშირების ადგილზე არის  $6,62 \times 10^{15}$  ბრუნი წამში, ამიტომ მისი სიჩქარე იმდენად მეტია დაკავშირებული ატომების განზიდვის სიჩქარეზე, რომ იგი ასწრებს მათ დაბრუნებას დაკავშირების ადგილზე.

თუ ეს ასე არ იქნება, მაშინ ჩვენი შეხედულებით, სხვანაირად ვერ აიხსნება ბირთვის ირგვლივ მოძრავი ელექტრონების მიერ ვალენტური ბმის დამყარება, რომელსაც მიმართულება აქვს.

ელექტრონის მოძრაობამ ბირთვის ირგვლივ უნდა გამოიწვიოს ვალენტური ბმით წარმოქმნილ მოლეკულაში დაკავშირებული ატომების რხევითი მოძრაობა.

1-ელ ნახაზზე, რომელიც მოტანილია [3]-დან, გამოსახულია სხვადასხვა სახის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ტალღის სიგრძეები და მათი შესაბამისი ენერგიები. ნაჩვენებია აგრეთვე ზონა, სადაც ხდება ატომების რხევა მოლეკულებში.

### 3. დასკვნა

შეიძლება ვთქვათ: რადგან არსებობს ლიტერატურული მონაცემები მოლეკულაში ატომების რხევითი მოძრაობის შესახებ; და რადგან ელექტრონის ბირთვის ირგვლივ ბრუნვის სიჩქარე ბევრად აღემატება მოლეკულაში ატომებს შორის განზიდვის სიჩქარეს, ამიტომ ჩვენი შეხედულება ვალენტური ბმის წარმოქმნის მექანიზმზე ბირთვის ირგვლივ ერთ ორბიტალზე მბრუნავი ელექტრონების მიერ, მისაღებია განხილვისათვის.

### ლიტერატურა -References – Литература:

1. Krasovitskaya T. (1972). Electronic Structures of Atoms and Chemical Bonding. (in Russian)
2. Lekishvili N., Giorgadze K., Pachulia Z. (2010). General and Inorganic Chemistry. First Part. Tbilisi. University Publishing House, (in Georgian)
3. Karapetians M.K., Drakin S.I. (1977). Structure of Substances. University Publishing House. (in Russian)
4. Khidesheli G. (2022). The Mechanism of Formation of a Valence Bond- Copyright Certificate N8842. 2022.12.09

*(სტატია მიღებულია 08.08.2023)*

## THE MECHANISM OF FORMATION OF A VALENCE BOND

**Khidesheli Givi**

Ph.D. of Chemical Sciences

**Javakhishvili Irakli**

Ph.D. of Technical Sciences

[givi\\_khidesheli@yahoo.com](mailto:givi_khidesheli@yahoo.com), [iraklijavakhishvili65@gmail.com](mailto:iraklijavakhishvili65@gmail.com)

### Summary

The article notes that only a valence bond is characterized by the direction of the bond. From the reasoning in the article, we can say: since there are data in the literature on the vibrational motion of atoms in a molecule; and since the speed of rotation of an electron around

the nucleus is much higher than the speed of repel of atoms in a molecule, therefore, our understanding of the mechanism for the formation of valence bonds by electrons rotating around the nucleus is acceptable for consideration.

*(Received 08.08.2023)*

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Хидешели Г.

Кандидат химических наук,

Джавахишвили И.

Кандидат технических наук

[givi\\_khidesheli@yahoo.com](mailto:givi_khidesheli@yahoo.com), [iraklijavakhishvili65@gmail.com](mailto:iraklijavakhishvili65@gmail.com)

### Резюме

В статье отмечается, что только валентная связь характеризуется направлением связи. Из рассуждений в статье можно сказать: поскольку в литературе имеются данные о колебательном движении атомов в молекуле; а так как скорость вращения электрона вокруг ядра намного выше скорости отталкивания атомов в молекуле, то наше понимание механизма образования валентных связей электронами, вращающимися вокруг ядра, приемлемо для рассмотрения.

*(Поступила 08.08.2023)*

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

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

გადაეცა წარმოებას 29.11.2023 წ. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი  
თაბახი 6.5, სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 6. ტირაჟი 50 ეგზ.

იბეჭდება ავტორთა ხარჯით