

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ISSN 1512-3979 (print)  
EISSN 1512-2174 (online)

უ რ ო მ ე ბ ო

მართვის ავტომატიზებული სისტემები

**TRANSACTIONS**

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Т Р У Д Ы

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 2(22)



*გამოიცემა 2006 წლიდან*

*პერიოდულობა:  
2 ნომერი წელიწადში*

თბილისი-TBILISI-ТБИЛИСИ  
2016

**სარედაქციო კოლეგია:**

- აზმაიფარაშვილი ზ., ახოხაძე მ., ბაიაშვილი ზ., გასიტაშვილი ზ., გიგინეიშვილი ა., გიორგაშვილი ლ., გოგიჩაიშვილი გ., გოცირიძე ი., დადიანი თ., თევდორაძე მ., თურქია ე., იმნაიშვილი ლ., კაიშაური თ., კამკამიძე კ., კოტრიკაძე ქ., ლაშხი ა., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., მძინარიშვილი ლ., ნატროშვილი დ., ობგაძე თ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., სურგულაძე გ., ფრანგიშვილი ა.(თავმჯდომარე), ჩხაიძე მ., ცინცაძე ა., გ. ძიძიგური, წვერაიძე ზ.,
- ჩოგოვაძე გ., ანანიშვილი გ., ბოსიკაშვილი ზ., კაკუბავა რ., მელაძე ჰ., სალუკვაძე მ.,
- გერმანია: ბოტჰე კ., ვედეკინდი ჰ., დე-მეერი ჰ., მაიერ-ვეგენერი კ., რეისიგი ვ.
- აშშ: ტრივედი კ. (დუკეს უნივერსიტეტი), ჩიხრაძე ბ. (Amber Precision Instruments)
- კანადა: კაჩიბაია ვ. (IT Industry)
- რუსეთი: ბაბაიანი რ., ვასინი ა., შჩუკინი ბ., ფომინი ბ.

პასუხისმგებელი რედაქტორი: გ. სურგულაძე. სტატიები: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

**EDITORIAL BOARD:**

- Akhobadze M., Azmaiparashvili Z., Baiashvili Z., Chkhaidze M., Dzidziguri G., Gasitashvili Z., Gigineishvili A., Giorgaschvili L., Gogichashvili G., Goziriidze I., Dadiani T., Imnaishvili L., Kaishauri T., Kamkamidze K., Kotrikadze K., Lashkhi A., Lominadze N., Lominadze T., Mdzinarishvili L., Natroshvili D., Obgadze T., Prangishvili A. (Chairman), Samkharadze R., Sesadze V., Surguladze G., Tevdoradze M., Tsintsadze A., Tsveraidze Z., Turkia E.
- Chogovadze G., Ananiashvili G., Bosikashvili Z., Kakubava R., Meladze G., Salukvadze M.
- Germany: Bothe K.(Humboldt univ. Berlin), De-Meer H.(Passau univ.), Meyer-Wegener K. (Erlangen univ.), Reisig W. (Humboldt univ.Berlin), Wedekind H.(Erlangen univ.)
- USA: Trivedi K. (Duke University), Chikhradze B. (Amber Precision Instruments)
- Canada: Kachibaia V. (IT Industry)
- Russia: Babaian R.(IPU), Tshukin B.(Mephi), Vasin A.(MSU), Fomin B.(St-Petersburg,Techn.Univ.)

Executive Editor: G. Surguladze.

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

- Азмаипарашвили З., Ахобадзе М., Баиашвили З., Гаситашвили З., Гигинеишвили А., Гиорგაშვილი ლ., გოგიჩაიშვილი გ., გოცირიძე ი., დადიანი თ., იმნაიშვილი ლ., კაიშაური თ., კამკამიძე კ., კოტრიკაძე კ., ლაშხი ა., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., მძინარიშვილი ლ., ნატროშვილი დ., ობგაძე თ., პრანგიშვილი ა. (председатель), სამხარაძე რ., სესაძე ვ., სურგულაძე გ., ტევდორაძე მ., ტურკია ე., ტყაიძე მ., ტყვერაიძე ვ., ცინცაძე ა.
- Чоговадзе Г., Ананишвили Г., Босикашвили З., Какубава Р., Меладзе Г., Салуквадзе М.
- Германия: Ботэ К., Ведекинд Х., Де-Меер Г., Меиер-Вегенер К., Рейсиг В.
- США: Триведи К. (Университет Дукес), Чихрадце Б. (Amber Precision Instruments)
- 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**



გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016  
Publishing House „Technical University“, 2016  
Издательство „Технический Университет“, 2016

**შინაარსი - CONTENTS- СОДЕРЖАНИЕ**

➤ საქართველოს ხელსაწყოთმშენებლობის ფლაგმანი „ანალიზხელსაწყო“ 60 წლისაა !	7
<b>თეორიული ინფორმატიკა – COMPUTER SCIENCE – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА</b>	
➤ ინფორმაცია – ცივილიზაციის კოდი (ცივილიზაციის იბერიული მოდელი). გოჩა ჩოგოვაძე, ალიკო ცინცაძე // INFORMATION – CIVILIZATION CODE (IBERIAN CIVILIZATION MODEL). Chogovadze G., Tsintsadze A. // ИНФОРМАЦИЯ – КОД ЦИВИЛИЗАЦИИ (МОДЕЛЬ ИБЕРИЙСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ). Чоговадзе Г., Цинцадзе А.	9
➤ სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა რვაჩოვ-ობგაძის RO მეთოდით. თამაზ ობგაძე, ვერა ქორთიევა // DECISION OF BOUNDARY PROBLEMS BY RO-METHOD RVACHEV-OBGADZE. Obgadze Tamaz, Kortieva Vera // РЕШЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ RO-МЕТОДОМ РВАЧЁВА-ОБГАДЗЕ. Обгадзе Т., Кортиева В.	15
➤ გომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი და ცოცხალი სისტემების მოდელირების საკითხები. თამაზ ობგაძე, ვერა ქორთიევა // GEOMETRICALLY CONSTRUCTED BY COMMON FRACTALS AND QUESTIONS OF MODELING OF LIVING SYSTEMS. Obgadze Tamaz, Kortieva Vera // ГЕОМЕТРИЧЕСКИ КОНСТРУИРУЕМЫЕ ИДЕАЛЬНЫЕ ФРАКТАЛЫ И ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ. Обгадзе Т., Кортиева В.	27
➤ მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ექსპლოატაციის საიმედოობის ზოგიერთი საკითხისათვის. ზურაბ ბაიაშვილი, დავით წამალაშვილი, მზიანა ნიჟარაძე // TO SOME QUESTION OF OPERATION RELIABILITY OF MOBILE TELECOMMUNICATION SYSTEMS. Baiashvili Zurab, Tsamalashvili David, Nijharadze Mziana // К НЕКОТОРОМУ ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ. Баиашвили З., Цамалашвили Д., Нижарадзе М.	43
➤ ტერიტორიულად განაწილებული ქსელების საიმედოობისა და სიცოცხლისუნარიანობის საკითხისათვის. რევაზ კაკუბავა, დავით წამალაშვილი // TERRITORIALLY DISTRIBUTED NETWORKS RELIABILITY AND VITALITY ISSUE. Kakubava Revaz, Tsamalashvili David // К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ. Какубава Р., Цамалашვილი Д.	50
➤ სტოქასტური პროცესების ფრაქტალური მოდელირების მეთოდი. ირინა ჩხეიძე, ნიკოლოზ აბზიანიძე, გედევან მურჯიკნელი // FRACTAL MODELING METHOD OF STOCHASTIC PROCESSES. Chkheidze Irina, Abzianidze Nikoloz, Murjikneli Gedevan // ФРАКТАЛЬНЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Чхеიძე И., Абзиანიძე Н., Мурджикнели Г.	56
➤ მეოთხე რიგის განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფების აგება. ომარ კოტრიკაძე, ქეთევან კოტრიკაძე, ალექსანდრე დემეტრაშვილი // BUILDING A ROOT LOCUS FOR FOURTH-ORDER EQUATIONS. Kotrikadze Omar, Kotrikadze Ketevan, Demetrashvili Alexander // ПОСТРОЕНИЕ КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ 4-ОГО ПОРЯДКА. Котрикадзе О., Котрикадзе К., Деметрашვილი А.	61
➤ სტატისტიკური ენის მოდელი. ალექსანდრე მელაძე, კონსტანტინე კამკამიძე // STATISTICAL LANGUAGE MODEL. Meladze Aleksandre, Kamkamidze Konstantin // СТАТИСТИЧЕСКИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ. Мелაძე А., Камკამიძე К.	65
➤ ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირება სინერგეტიკის მეთოდებით. ვალიდა სესაძე, ვლადიმერ კეკენაძე, გელა ჭიკაძე, ნანა მაღლაკელიძე // ANALYTICAL DESIGNING OPTIMAL REGULATORS WITH METHODS OF SYNERGETICS. Sesadze Valida, Kekenadze Vladimer, Chikadze Gela, Maglakelidze Nana // АНАЛИТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ МЕТОДАМИ СИНЕРГЕТИКИ. Сесаძე В., Кекенаძე В., Чикаძე Г., Маглаკელიძე Н..	71
➤ სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა მართვის არაწრფივი, განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტებისათვის ორმაგი ბმით. ნოდარ ნარიმანაშვილი // THE TASK OF STRUCTURAL IDENTIFICATION FOR THE NON-LINEAR CONTROL OBJECTS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS AND WITH DOUBLE BOND. Narimanashvili Nodar // ЗАДАЧА СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА С ДВУМЯ СВЯЗЬЮ. Нариманашვილი Н.	77

- საცხოვრებელ სახლში ჰაერის ტემპერატურის გათბობის მოდელირება Matlab/Simulink-ის საშუალებით. ნინო მჭედლიშვილი, ირმა დავითაშვილი, ია მოსაშვილი // MODELING OF HOME HEATING WITH MATLAB/SIMULINK. Mchedlishvili Nino, Davitashvili Irma, Mosashvili Ia // МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB/SIMULINK. Мчедлишвили Н., Давиташвили И., Мосашвили И. 82
- ტექნოლოგიური პროცესის მრავალპარამეტრული სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობის უზრუნველყოფის საკითხები. ნონა ოთხოზორია, თამარ ცხაკაია, მედეა ნარჩემაშვილი // SUPPORT ISSUES OF MONITORING IN MULTIVARIATE STATISTICAL CONTROL OF A TECHNOLOGICAL PROCESS. Otkhozoria Nona, Tskhakaia Tamar, Narchemashvili Medea // ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Отхозория Н., Цхакая Т., Нарчемашвили М. 86
- არაწრფივი, არასტაციონალური ჩაკეტილი მართვის სისტემის იდენტიფიკაცია მრავალი ცვლადის მახასიათებელი ფუნქციების საშუალებით. ნინო ვარძიაშვილი // IDENTIFICATION OF NON-LINEAR, NON-STATIONARY LOCKED CONTROL SYSTEM BY CHARACTERISTIC MULTIVARIABLE FUNCTIONS. Vardziashvili Nino // ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫЙ, НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ. Вардзиашвили Н. 90
- პრაქტიკული ინფორმატიკა – PRACTICAL INFORMATICS – ПРАКТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА**
- პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგიის გაფართოებული გამოყენება მოდელებით მართვადი არქიტექტურით. ეკატერინე თურქია, დავით ჯიბუტი, სოფიო სტომადოვა // EXTENDED USE OF SOFTWARE ENGINEERING TECHNOLOGY WITH MODEL-DRIVEN ARCHITECTURE. Turkia Ekaterine, Jibuti Davit, Stomadova Sophio // РАСШИРЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ АРХИТЕКТУРОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ МОДЕЛЯМИ. Туркия Е., Джибути Д., Стомадова С. 95
- მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების კლასებისა და მდგომარეობათა დიაგრამების დაპროექტება. გიორგი სურგულაძე // DESIGNING CLASS AND STATE DIAGRAMS FOR BUSINESS PROCESSES IN MULTIMODAL SHIPMENTS. Surguladze Giorgi // ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИАГРАММ КЛАССОВ И СОСТОЯНИЙ ДЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ. Сургуладзе Георгий 101
- URLConnection და HttpURLConnection კლასების რეალიზება Java ენაში. ლელა გაჩეჩილაძე, ლაშა იაშვილი, ნანა კურკუმული // REALIZATION OF URLConnection AND HttpURLConnection CLASSES IN JAVA LANGUAGE. Gachechiladze Lela, Kurkumuli Nana, Iashvili Lasha // РЕАЛИЗАЦИЯ URLCONNECTION И HTTPURLCONNECTION КЛАССОВ В ЯЗЫКЕ JAVA. Гачечиладзе Л., Иашвили Л., Куркумули Н. 123
- კრიპტოგრაფიის სიმეტრიული სისტემის მეთოდების რეალიზაციის შესახებ MS Excel-ის გარემოში. გულბაათ ნარეშელაშვილი, ვალერიან კეკელია, იბრაიმ დიდმანიძე // ON THE METHODS OF SYMMETRIC CRYPTOGRAPHY In MS Excel ENVIRONMENT. Nareshelashvili G., Kekelia V., Didmanidze I. // О РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ СИМЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ КРИПТОГРАФИИ В СРЕДЕ MS Excel. Нарешелашвили Г., Кекелия В., Дидманидзе И. 128
- ადაპტაციის საშუალებების დამუშავება ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტებისას. თეიმურაზ სუხიაშვილი // DEVELOPMENT MEANS OF ADAPTATION AT OBJECT-ORIENTED DESIGN. Sukhiashvili Teimuraz // РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АДАПТАЦИИ ПРИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ. Сухиашвили Т. 135
- მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება. სიმონ პოჩოვანი // USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN MANAGEMENT DECISION-MAKING PROCESSES. Pochovyan Simon // ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. Почовян С. 139



**ტექნიკური ინჟინერობა – COMPUTER ENGINEERING – ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА**

- მონიტორების სერტიფიკაციის სტანდარტები. მედეა ბალიაშვილი, ალექსანდრე ბენაშვილი, გიორგი ბენაშვილი // STANDARDS OF CERTIFICATION OF DISPLAYS. Baliashvili Medea, Benashvili Alexander, Benashvili Giorgi // СТАНДАРТЫ СЕРТИФИКАЦИИ МОНИТОРОВ. Балиашвили М., Бенашвили А., Бенашвили Г. 143
- კომპიუტერებისთვის სისტემური პლატის და კორპუსის ფორმ-ფაქტორის შერჩევის საკითხისათვის. ალექსანდრე ბენაშვილი, გიორგი ბენაშვილი, მედეა ბალიაშვილი // THE PROBLEMS OF SELECTION OF SYSTEM BOARD AND CASE FORM FACTOR FOR COMPUTERS. Benashvili Alexander, Benashvili Giorgi, Baliashvili Medea // К ВОПРОСУ ВЫБОРА ФОРМ-ФАКТОРА СИСТЕМНОЙ ПЛАТЫ И КОРПУСА КОМПЬЮТЕРА. Бенашвили А., Бенашвили Г., Балиашвили М. 149
- თანამედროვე საინფორმაციო RFID ტექნოლოგიის გამოყენება სასაწყობე ლოგისტიკაში. ლილი პეტრიაშვილი, დიმიტრი მასხარაშვილი, ილია ყაჯრიშვილი // MODERN INFORMATION RFID TECHNOLOGY IN THE WAREHOUSE LOGISTICS. Lili Petriashvili, Dimitri masxarashvili, Iliа Kajrishvili // СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID В СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКЕ. Петриашвили Л. Масхарашвили Д., Каджришвили И. 155
- ტოროიდული მაგნიტის გეომეტრიული ანალიზი ATLAS-ის მოდელირების ამოცანებისათვის. არჩილ სურმავა, ბესიკ კეკელია, ნიკო ცუცქირიძე // GEOMETRICAL ANALYSIS OF TOROIDAL MAGNET FOR SIMULATION TASKS OF ATLAS. Surmava Archil, Kekelia Besik, Tsutskiridze Niko // ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРОИДАЛЬНОГО МАГНИТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧИ ATLAS. Сурмава А., Кекелия Б., Цуцкиридзе Н. 161
- ხელშემლამდგრადობის საკითხები ოპტიკურ სატრანსპორტო ქსელებში. კახა ხოშტარია, ლევანი კახელი, ნიკოლოზ აბზიანიძე // NOISE IMMUNITY ISSUES IN OPTICAL TRANSPORT NETWORKS. Khoshtaria Kakha, Kakheli Levan, Abzianidze Nikoloz // ВОПРОСЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ. Хоштария К., Кахели Д., Абзианидзе Н. 173
- სხვადასხვა ხსნარების ქიმიური ანალიზისათვის სითხეების გადასატუმბი მოწყობილობა. ნუგზარ იაშვილი // A DEVICE FOR PUMPING OF DIFFERENT FLUIDS DURING CHEMICAL ANALYSIS. Iashvili Nugzar // УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ. Иашвили Н. 179
- ინტელექტუალური სენსორები და მათი გავითარების პერსპექტივები. ომარ ტომარაძე // INTELLIGENT SENSORS AND THEIR DEVELOPMENT PROSPECTS. Tomaradze Omar // ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ. Томарадзе О. 184

**გამოყენებითი ინჟინერობა – APPLIED INFORMATICS – ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**

- ვებ-სერვისის რეალიზაცია შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების მონიტორინგის სისტემისათვის. გია სურგულაძე, ნინო თოფურია, ანა გავარდაშვილი // Web-SERVICE IMPLEMENTATION OF THE BLACK SEA RIVERS FOR ESTUARIES MONITORING SYSTEM. Surguladze Gia, Topuria Nino, Gavardashvili Anna // РЕАЛИЗАЦИЯ Web-СЕРВИСА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭСТУАРИИ РЕК ЧЕРНОГО МОРЯ. Сургуладзе Г., Топурия Н., Гавардашвили А. 190
- გაყიდვების ბიზნესპროცესის ხელშემწყობი თანამედროვე ტექნოლოგიები. გულნარა ჯანელიძე, ნინო ჭალიძე // MODERN TECHNOLOGIES SUPPORTING BUSINESS-PROCESS OF SALES. Janelidze Gulnara, Tchalidze Nino // СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕСС ПРОДАЖ. Джanelidze Г., Чалиძე Н. 194
- AutoCAD 2017-ის ზოგიერთი სიახლე. გოჩა ჩიტაიშვილი, ნანა ნოზაძე, მანანა ნოზაძე // SOME NOVELTIES OF AutoCAD 2017. Chitaishvili Gocha, Nozadze Nana, Nozadze Manana // НЕКОТОРЫЕ НОВИЗНА В AutoCAD 2017. Читашвили Г., Нозадзе Н., Нозадзе М. 200
- ინტერაქტიური სწავლება ანუ ჩინური პრიტჩა საინჟინრო განათლებაში. ზაურ ადამია // INTERACTIVE EDUCATION OR CHINESE talk of Engineering Education. Adamia Zaur // ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ИЛИ КИТАЙСКАЯ ПРИТЧА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ. Адамия З. 209

- მარკეტინგის მართვა და მისი ინფორმაციული მხარდაჭერა. თამთა რუხაძე, მედეა თევდორაძე, ნინო ლოლაშვილი, მაია სალთხუციშვილი, ანასტასია ბაჯიაშვილი // **213**  
 MARKETING MANAGEMENT AND ITS INFORMATION SUPPORT. Rukhadze Tamta, Tevdoradze Medea, Lolashvili Nino, Saltkhutsishvili Maia, Bajiashvili Anastasia // УПРАВЛЕНИЕ МАРКЕТИНГОМ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. Рухадзе Т., Тевдორაძე М., Лолашвили Н., Салтхუციшвили М., Баджиашвили А
- ოქტალიზი - შემსწავლელთა მოტივაციის მამოძრავებელი ფაქტორები გეიმინგში. თამარ ლომინაძე, ქეთევან მამათელაშვილი // **222**  
 OCTALYSIS - MOTIVATION DRIVING FACTORS FOR GAMIFICATION. Lominadze Tamar, Mamatelashvili Ketevan // ОКТАЛИЗ -ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ МОТИВАЦИИ В ГЕИМИФИКАЦИИ. Ломинадзе Т., Мамателашвили К.
- NoSQL მონაცემთა ბაზების განვითარების პერსპექტივები და პრობლემები მართვის საინფორმაციო სისტემებში. სურგულაძე გია, კვიციანი გიორგი, კახელი ბექა // **230**  
 NoSQL Databases Prospects of Development and Implementation Problems for MIS. Surguladze Gia, Kiviladze Giorgi, Kakheli Beqa // NoSQL Базы данных: перспективы развития и проблемы реализации для АСУ. Сургуладзе Г., Квициანი Г., Кахели Б.
- ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტებში პოტენციურად საშიში სიტუაციების განსაზღვრა და მათში კრიტერიუმების გამოყოფა. ოთარ შონია, იოსებ ქართველიშვილი, ზებურ ბერიძე, ლევან ყოლბაია // **240**  
 REVEALING OF POTENTIALLY DANGEROUS SITUATIONS IN NORMATIVE-LEGAL DOCUMENTS AND UNDERLINE THE CRITERIA IN THEM. Shonia Otar, Kartvelishvili Ioseb, Beridze Zebur, Kolbaia Levan // ПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТАХ И ВЫЯВЛЕНИЕ В НИХ КРИТЕРИЕВ. Шония О., Картелишвили И., Беридзе З., Колбая Л.

**ზოიკჷში ქიმიკა - PHYSICAL CHEMISTRY - ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

- ბენზოლის მოლეკულის ელექტრონული აღნაგობის თვისებების გამოსახვის ახალი ფორმულა. გივი ხიდეშელი // **246**  
 NEW FORMULA OF BENZOLE MOLECULE ELECTRONIC STRUCTURE, CLEARLY SHOWING ITS FEATURES. Khidesheli Givi // НОВАЯ ФОРМУЛА ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ БЕНЗОЛА, НАГЛЯДНО ВЫРАЖАЮЩАЯ ЕГО СВОЙСТВА. Хидешели Г.
- აცეტილენის, ეთილენის, ეთანის და ბენზოლის მოლეკულებში ნახშირბად ატომებს შორის განზიდვის ენერგიების გამოთვლა და მათი გამოყენება აცეტილენის, ეთილენის და ბენზოლის ჰიდრირების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის დადგენაში. გივი ხიდეშელი // **253**  
 REPULSION ENERGY CALCULATION IN THE ATOMS OF ACETYLENE, ETHYLENE, BENZENE, CARBON, AND THEIR USE IN DETERMINING OF THE VOLUME OF EVOLVED HEAT IN THE PROCESS OF THEIR HYDROGENATION. Givi Khidesheli // РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ОТТАЛКИВАНИЯ МЕЖДУ АТОМАМИ УГЛЕРОДА В АЦЕТИЛЕНЕ, ЭТИЛЕНЕ, ЭТАНЕ И БЕНЗОЛЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМА ВЫДЕЛЕННОГО ТЕПЛА В ПРОЦЕССЕ ИХ ГИДРИРОВАНИЯ. Хидешели Г.

† **სსოვნის გვერდი: პროფესორი თემურ კაპანაძე** **259**

➤ ავტორებისთვის **261**

## საქართველოს ხელსაწყოთმშენებლობის ფლაგმანი „ანალიზხელსაწყო“ 60 წლისაა !

2016 წელს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო, სასწავლო და საწარმოო ცენტრის „ანალიზხელსაწყო“ დაარსებიდან 60 წელი შესრულდა !

1956 წელს საქართველოს მთავრობის გადაწყვეტილებით შეიქმნა ავტომატიზაციისა და ხელსაწყოთმშენებლობის დარგის მთელი რიგი ორგანიზაციები რესპუბლიკის სხვადასხვა ქალაქებში. თბილისში, სოხუმში, ქუთაისში, გორსა და რუსთავში ჩამოყალიბდა სამეცნიერო, კვლევითი, საკონსტრუქტორო და ტექნოლოგიური ინსტიტუტები და ბიუროები. ახლადშექმნილი ორგანიზაციებიდან თბილისის ხელსაწყოთმშენებლობისა და ავტომატიზაციის საშუალებათა სპეციალურმა საკონსტრუქტორო ბიურომ თავიდანვე გამორჩეული, მოწინავე პოზიციები დაიკავა.

1974 წელს საკონსტრუქტორო ბიუროს ბაზაზე ჩამოყალიბდა უდიდესი სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება „ანალიზხელსაწყო“, რომელიც აერთიანებდა ანალიტიკური ტექნიკის თბილისის საცდელ ქარხანას, გორის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტსა და საცდელ ქარხანას, ქუთაისის ხელსაწყოების საკონსტრუქტორო ბიუროს და თბილისის ტაქომეტრიის ტექნოლოგიურ ბიუროს. მოგვიანებით გაერთიანებას შეუერთდა თბილისის ქარხნები „თბილხელსაწყო“ და „თბილჰიდრომეტხელსაწყო“. გაერთიანების მეთაური ორგანიზაცია გახდა ანალიტიკური ტექნიკის საკავშირო მნიშვნელობის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი.

სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება „ანალიზხელსაწყო“ პირველი გენერალური დირექტორი იყო ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, ზაურ ყრუაშვილი, რომელიც ამავე დროს გახლდათ საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კთედრის პროფესორი (სურ.1).

„ანალიზხელსაწყო“ გაერთიანებაში მუშაობდა რამდენიმე ათასი ადამიანი: მეცნიერ მუშაკები, სპეციალისტები, ტექნიკოსები და მაღალკვალიფიციური მუშები. მიღწეულ იქნა მეტად მნიშვნელოვანი შედეგები ანალიტიკური ხელსაწყოების, მოწყობილობებისა და სისტემების შექმნაში, წარმოებასა და დანერგვაში როგორც საქართველოში, ასევე მაშინდელი საბჭოთა კავშირის ყველა რესპუბლიკაში და საზღვარგარეთის ქვეყნებში: გერმანია, უნგრეთი, პოლონეთი და ჩეხოსლოვაკია.

**ჟურნალის რედაქცია გულთბილად ულოცავს  
„ანალიზხელსაწყო“ თანამშრომლებს ღირშესანიშნავ  
თარიღს და უსურვებს მათ წარმატებებს !**

ჟურნალის უახლოეს ნომერში გამოქვეყნდება საწარმოო გაერთიანების გენერალური დირექტორის, ბატონი თამაზ მაგანიას სპეციალური სტატია, რომელიც მიემდგვნება ჩვენს ქვეყანაში ხელსაწყოთმშენებლობის მდგომარეობასა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო, სასწავლო და საწარმოო ცენტრის „ანალიზხელსაწყო“ განვითარების პერსპექტივებს.



ზაურ ეგეშვილის ძე ყრუაშვილი დაიბადა 1932 წლის 6 ოქტომბერს ამბროლაურის რაიონის სოფელ ხოტევში. 1956 წელს დაამთავრა მოსკოვის მეტალურგიული ინსტიტუტი და მუშაობა დაიწყო ქ. რუსთავის ავტომატიზაციის საპროექტო ინსტიტუტში. 1968 წელს დაინიშნა სამეცნიერო საწარმოო გაერთიანება „ავტომატმრეწვის“ გენერალურ დირექტორად. 1977 წლიდან მთავრობის გადწყვეტილებით იგი სათავეში ჩაუდგა სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანებას „ანალიზხელსაწყო“, სადაც მოღვაწეობდა სიცოცხლის ბოლომდე.

ბატონი ზაური იყო ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი, ინფორმატიზაციის საერთაშორისო აკადემიისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი. მას გამოქვეყნებული ჰქონდა 200-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი. იგი 60 გამოგონების ავტორია. იყო რესპუბლიკის დამსახურებული ინჟინერი და გამომგონებელი.

აკად. ზ. ყრუაშვილი 1975 წლიდან შეთავსებით იყო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრის პროფესორი. მან დიდი წვლილი შეიტანა ახალგაზრდა ინჟინერ-სისტემოტექნიკოსების აღზრდისა და განათლების საქმეში. აკადემიკოს ზ. ყრუაშვილისა და აკადემიკოს გ. ჩოგოვაძის („მას“ კათედრის პირველი გამგე 1972-1980 წწ) ხელშეწყობით შესრულდა არაერთი მნიშვნელოვანი ერთობლივი სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტი.



სურ.1. კათედრაზე 1977 წ. სხედან აკადემიკოსები ზაურ ყრუაშვილი და გოჩა ჩოგოვაძე, პროფესორი ვაჟა დიდმენიძე



## ინფორმაცია – ცივილიზაციის კოდი (ცივილიზაციის იბერიული მოდელი)

გოჩა ჩოგოვაძე, ალიკო ცინცაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია ცივილიზაციის განზოგადებული მოდელი და ინფორმაციის როლი მასში. შემოთავაზებულია პულსირებადი ცივილიზაციის მოდელი, როგორც ცოდნის ექსპორტზე ორიენტირებული ისტორიული წარმონაქმნი. განსაზღვრულია მისი ადგილი თანამედროვე გლობალურ სამყაროში. ეკონომიკურ, ეკოლოგიურ და სხვ. საერთაშორისო მასშტაბის პრობლემებთან გადაწყვეტის გზების ძიება უპირატესობას ცივილიზაციის ერთიან გლობალურ მოდელს ანიჭებს. როგორც თანამშრომლობის გზას, მას ალტერნატივა არა აქვს. ამასთან, წინა პლანზე გადმოდის მასთან ერისა და ეროვნული თვითმყოფადობის არათავსებადობის საკითხი. პრობლემა ღიად რჩება, იქამდე სანამ ზოგადსაკაცობრიო თანაცხოვრების ბუნებრივი მდინარება, თავისთავად, ყოველგვარი ხელოვნური ჩარევის გარეშე არ მოხსნის ამ პრობლემას. ცივილიზაციის მოდელების ანალიზი დაგვეხმარება შედარებით მცირე დანაკარგებით განვლოთ გარდამავალი პერიოდი.

**საკვანძო სიტყვები:** ინფორმაცია. ცივილიზაცია. მოდელი. კოდი.

### 1. შესავალი

კაცობრიობამ განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე არაერთი და განსხვავებული ტიპის ცივილიზაცია შექმნა. ისტორიამ იცის მთელს კონტინენტებზე გადაჭიმული ცივილიზაციები და სულ მცირე – ქალაქ-ცივილიზაციებიც კი. ისინი განსხვავდებოდნენ მსოფლმხედველობრივი, სარწმუნოებრივი, სოციოლოგიური, ისტორიული, სამხედრო და სხვ., განვითარების დონითა და ნიშან-თვისებებით, ზოგადსაკაცობრიო პროცესებზე ზემოქმედების მასშტაბითა და ხარისხით. ადამიანის მოღვაწეობისა და ფორმაციული განვითარების ზოგადი კანონზომიერებებისა და დინამიკის შესასწავლად მათი კლასიფიკაცია და სტრუქტურირება, ცივილიზაციური მოდელების შესწავლა გამორჩეულად მნიშვნელოვანი ხდება.

ამ თვლასაზრისით მრავალი ცდა არსებობს. ცივილიზაციურ მოდელებს ცნობილი ისტორიკოსები და სოციოლოგები სწავლობდნენ: დანილევსკი, შპენგლერი, ტოიმბი, კრებერი, კვიგლი, ბეგბი და სხვ. მათ მიერ აგებულ მოდელებს, ერთი საერთო ნიშანი აქვთ – ყველა მათგანში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს – ინფორმაცია, როგორც ცივილიზაციის განვითარების მამოძრავებელი ძალა, მათ შორის ურთიერთქმედების ძირითადი მექანიზმი, და მისი ბოლო სტადიის მთავარი პროდუქტი.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ინფორმაციის ხარისხი – ცივილიზაციის კოდია. ტოიმბის კონცეფციის თანახმად ყოველი ცივილიზაცია თავის ცხოვრებისეულ გზაზე შემდეგ ძირითად სტადიებს გადის [1]:



**ჩასახვა** – გენეზისი. ცივილიზაცია შეიძლება წარმოიქმნას ან პრიმიტიული საზოგადოების მუტაციის შედეგად, ან „დედა“ ცივილიზაციის ნანგრევებზე;

**ზრდა** – ამ სტადიაზე ცივილიზაცია სრულფასოვან სოციალურ სტრუქტურად ვითარდება;

**აყვავება** – განვითარების უმაღლესი სტადია; ძირითადად სწორედ ამ პერიოდითაა ცივილიზაცია საინტერესო და დასამახსოვრებელი. სწორედ ამ დროს ქმნის იგი ზოგადსაკაცობრიო ღირებულებებს;

**გაბზარვა** – ზრდის დროს ყოველთვის არსებობს აყვავების სტადიაში გავლის გარეშე ამ სტადიაში გადასვლის საშიშროება; ეს დაშლის, დაცემის დასაწყისია;

**დაშლა** – ეს სტადია, როგორც წესი (მაგრამ არა აუცილებლად), გაბზარვის სტადიას მოსდევს. ცივილიზაცია დაცემის შემდეგ ან აღიგვება პირისაგან მიწისა, ან სიცოცხლეს ახალ ცივილიზაციებს აძლევს, ეს ცივილიზაციის გარდაუვალი ბოლოა; დაშლილი და მკვდარი ცივილიზაციის მაგალითია მაიას ცივილიზაცია. დღეს მის ნანგრევებსა და დატოვებულ – მზის სისტემის თაობაზე საოცარ ცოდნას ინტერესით ეცნობა კაცობრიობა. მაიას ცივილიზაცია მხოლოდ პირამიდები არაა, მისი გამოცანა მზის 19 წამიანი სიზუსტის კალენდარია. ბუნებრივია მაიას ცივილიზაციაზე ჯერ კიდევ ცოტა იცის კაცობრიობამ და ამ ეტაპზე არც ჩანს, რომ იგი ამ ცოდნას შეივსებს.

„დედა“ ცივილიზაციიდან წარმოქმნილი ახალი ცივილიზაციის მაგალითია ელინური ცივილიზაცია. იგი თვითონ მედიტერანული კულტურის შემქმნელი (იბერიული) ცივილიზაციის ნანგრევებიდან აღმოცენდა. დღეს უკვე ცნობილი ფაქტია, რომ მათემატიკური, ასტრონომიული, სამედიცინო და სხვა ცოდნის მარაგი ელინურმა ცივილიზაციამ მედიტერანულიდან მიიღო. მან ეს ცოდნა გადაამუშავა, ფორმალიზებული სახე და ბერძნული დასახელებები მისცა (თუნდაც ე.წ. პითაგორას თეორემა პითაგორას დაბადებამდე 1600 წლით ადრე იყო შუმერებისთვის ცნობილი. პითაგორამ აიღო და ფორმალიზებული სახით ჩაწერა იგი [2-4]). დღეს ეს ცოდნა ბერძნულად ითვლება. თავის მხრივ ანტიკური ცივილიზაცია დასავლური ცივილიზაციის საწყისი გახდა. ამას არც უარყოფენ თანამედროვე დასავლური ცივილიზაციის მკვლევარები. ასე გააგრძელა დასავლურ ცივილიზაციაში სიცოცხლე მედიტერანულმა (იბერია) კულტურულმა ჩანასახმა.

სტადიათა მონაცვლეობისა და მისი განვითარების მამოძრავებელი, ტოიმბის აზრით, პირველ რიგში *ინფორმაციაა*. დაშლის შედეგად ახალი ცივილიზაციის ჩასახვა, სწორედ იმ ინფორმაციის საფუძველზე ხდება, რომელიც ძველიდან, როგორც თესლი, ახლის ჩანასახად რჩება. ამდენადაც ცივილიზაციის დაშლის შემდეგ დარჩენილი ინფორმაციის ხარისხი, მისი თავისებურებები, განაპირობებს კიდევ ამ ინფორმაციიდან აღმოცენებული ახალი ცივილიზაციის მომავალ სახეს.

ნარჩენი ინფორმაცია *კოდია*, რომლის სტრუქტურა და მასში ჩაწერილი მზა ცოდნა განასზღვრავს აღმოცენებული ახალი ცივილიზაციის თავისებურებებს. ამდენად მნიშვნელოვანი ხდება ცივილიზაციის დაშლისას დატოვებული, ნარჩენი ინფორმაციის მახასიათებლები. ამგვარად, ცივილიზაციის მოდელი – გამოყენებითი კიბერნეტიკის დარგის – ინფორმაციის თეორიის კვლევის საგანი ხდება.

ცივილიზაციაში მოხმარებულ ინფორმაციას უნდა ახასიათებდეს: სინტაქსური, სემანტიკური, პრაგმატული ადექვატურობა, რეპრეზენტატულობა, საკმარისობა, მისაწვდომობა, აქტუალობა, უტყუარობა და მდგრადობა. ყველა ის თვისება, რაც ინფორმაციის თეორიაში ახასიათებს ზოგადად ინფორმაციას. ამ მახასიათებლებით შეიძლება კიდევ შეფასდეს აგებული ცივილიზაციური მოდელი. თუმცა ძნელია ისტორიულად ასე დაშორებული ცივილიზაციებისთვის ერთნაირი სიზუსტის ინფორმაცია მოვიპოვოთ და ისე შევაფასოთ მათი მოდელები. მაგალითად, იგივე მაიას ცივილიზაციაზე კაცობრიობამ გაცილებით ცოტა იცის, ვიდრე ელინურ ცივილიზაციაზე, რომლის წერილობითი და კულტურული წყაროები ცნობილია, უფრო მეტიც, სახეზეა „დედა“ ცივილიზაციიდან წარმოქმნილი „შვილი“ – დასავლური ცივილიზაცია. სწორედ ინფორმაციის უკმარისობის გამო გვიწევს გადავიდეთ შეფასების თეორიაზე და შედარებით დაბალი სიზუსტის მოდელებით დაგვიკმაყოფილდეთ; ახალი ინფორმაციის მოპოვებისა და არქეოლოგიური აღმოჩენების შესატყვისად დავაზუსტოთ და გავამდიდროთ აგებული მოდელი. ზემოაღწერილი მოდელები სრულად აკმაყოფილებდა ცივილიზაციების თაობაზე ჩვენ ცოდნას, სანამ ახალმა აღმოჩენებმა [2] არ გვაიძულა კვლავ დავბრუნებოდით მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში ასე პოპულარულ და განხილვის საგნად ქცეულ – იბერიული ცივილიზაციის კვლევას. რით არის იგი გამორჩეული?

იბერიული ცივილიზაცია, თავისი მოდელით თვისობრივად განსხვავდება ყველა განხილული ვარიანტიდან. იგი *პულსირებადი ცივილიზაციაა*. მისი მოდელიც პულსირებადია, თითქოს, მას არა აქვს არც დასაწყისი და არც დასასრული. იგი დროსა და სივრცეში მუდმივად პულსირებს. განვითარებისას, მიაღწევს მაქსიმუმს და იწყებს ინფორმაციის ექსპორტს. არცერთ სხვა ცივილიზაციას ნებაყოფლობითი ინფორმაციის ექსპორტი არ ახასიათებდა. მათ გააქვთ ჯერ მეტალურგიული ნაწარმი, ხოლო შემდეგ სტადიაზე – ცოდნა, რკინის გამოდნობის თაობაზე [3], ამით ჯერ რკინის ღირებულებების ექსპორტი ხდებოდა და შემდეგ როცა მასზე მოთხოვნილება გაჩნდებოდა – უკვე ცოდნის ექსპორტი. (ტექნოლოგიური სიახლეების გავრცელებისას, თითქმის, იგივე ტიპის პროცესს ვაწყდებით დღეს.) მაგრამ კიდევ უფრო საოცარია ძველი წელთაღრიცხვის მეორე ათასწლეულის დასაწყისში იბერიული ცივილიზაციის გატანილი ცოდნის მასშტაბები. ამ დროს იბერები (მოსხური ტომები, მესხები) მოედვნენ შუამდინარეთსა და ეგვიპტეს. ეგვიპტეში მათ შეაქვთ ბორბლიანი ტრანსპორტი (იქამდე ეგვიპტე ბორბალს არ იცნობდა) [4], შეჰყავთ ეგვიპტეში ცხენი და შეაქვთ მზის კალენდარი, რაც მთავარია, ისინი იქ ფონეტიკური წერის კულტურაზე გადადიან, უქმნიან ეგვიპტეს ანბანს. იქამდე ეგვიპტე ინფორმაციის ჩასაწერად იეროგლიფებს იყენებდა. ეგვიპტესა და კავკასიაში ბოლო პერიოდში ჩატარებული გენეტიკურმა კვლევებმა გვაჩვენა, რომ ასეთ მოდელს არსებობის უფლება აქვს. იგივე ხდება შუამდინარეთში. აქაც იწყება იბერიიდან ცოდნის ექსპორტი. უდაბნო ვერ შექმნიდა ღვინისა და თიხის წარმოების იმ კულტურას, რომლითაც ასე მდიდარია ეს მხარე [5], ეს არტეფაქტია. ბაბილონი ამ ცივილიზაციის დაშლის დასაწყისი იყო.

ამის შემდეგ იბერიული ცივილიზაცია დაშლას იწყებს. ამაზე წერდა დიდი სასულიერო მოღვაწე იოანე-ზოსიმე: „დამარხულ არს... (ენაი ქართული)“ ფაქტობრივად,

ცივილიზაცია ჩაკვდა, გაქრა, მაგრამ დატოვა კვლავ აღმოცენების იმედი – „იბერია გაბრწყინდება!“ ეს საეკლესიო იდიომა, ბიბლიურ საფუძველზე დგას. იბერიულმა ცივილიზაციამ ერთხელ იქამდე უკვე გაიარა იგივე სტადიები, სწორედ ამის ნარჩენია იბერიულ-პირინეული, იბერიულ-კელტური და იბერიულ-კავკასიური ანკლავები. პულსირებადი ცივილიზაციის მოდელი ხსნის აქამდე გამოცანად დარჩენილ არაერთ ისტორიულ ფაქტს. იგი მაღალი კორელაციით ამჟღავნებს მსგავსებას თანამედროვე გლობალიზაციის მოდელთან [6], პირველ რიგში მოპოვებული ცოდნის ექსპორტით. *გლობალიზაცია*, ფაქტობრივად, დღესაც კი ცივილიზაციის განვითარების წარმოსახვითი მოდელია, რომელიც ჯერ მხოლოდ ქაღალდზე (პროექტის სახით) არსებობს და რომლის რეალიზაციას ცდილობენ.

გლობალური იდეოლოგია, ადამიანთა მოღვაწეობის კონკრეტულ სფეროში ხალხთა ფართო მასების გაერთიანების იდეოლოგიურ წანამდღვრებს ქმნის. მან სხვადასხვა შეფერილობითა და სახელით კაცობრიობის ისტორიაში უკვე მერამდენედ იჩინა თავი. დღევანდელი „გლობალიზაცია“ მისი უმაღლესი საფეხურია. იგი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც პროცესი მიმართული ერთიან, ზეიდეოლოგიურ საფუძველზე, ადამიანთა მრავალმხრივი მოღვაწეობის ძირითად მაჩვენებელთა რეგულირება, ინტეგრაციისკენ. მას გამომწვევი ობიექტური მიზეზებიც აქვს: კაცობრიობამ უნდა შეძლოს საკუთარი მოთხოვნილებისა და მის ხელთ არსებული რესურსების ისე დაბალანსება, რომ ბუნებას დარჩეს რესურსების კვლავ აღწარმოების შესაძლებლობა, ამასთან გამოირიცხოს ეკოლოგიური პრობლემების წარმოქმნის საფრთხე. სწორედ „გლობალიზაციის“ მიღწევის აუცილებლობა აჩენს გლობალური თანამშრომლობის აუცილებლობას [6]. თანამშრომლობის პოზიტიური და აუცილებელი სფეროები იკვეთება: ეკონომიკაში, შრომის საერთაშორისო დანაწილებაში, ეკოლოგიაში და სხვ..

ობიექტური ფაქტორის გაუთვალისწინებლობისას მოსალოდნელი საფრთხის მასშტაბის წარმოსადგენად ერთ მაგალითს მოვიტანთ: დედამიწის წიაღიდან ყოველწლიურად 300 მილიარდი ტონა ნედლეული ამოაქვთ, და მისი ერთი ნაწილი ატმოსფეროში იფანტება, რაც აჭუჭყიანებს მას და ქმნის სითბური ეფექტის მსგავს არაერთ პრობლემას. ეკოსფეროს დაზიანების პირველი უარყოფითი შედეგები სახეზეა. ეკოლოგიური საფრთხე თავისი მასშტაბით თერმობირთვული იარაღის გამოყენების ექვივალენტური ხდება. საერთოდ, გლობალიზაცია არის გზა, დედამიწის საერთო სახლად განხილვის განცდისკენ, რომლის გარეშე მისი ხვალისდელი დღე უფრო და უფრო გაურკვეველი ხდება. გლობალიზაციის ეს ბოლო აღზევება მეოცე საუკუნის 70-იან წლებში, რომის კლუბიდან იღებს სათავეს, სადაც ნედლეულის ამოწურვის რეალური კონტურები გამოიკვეთა.

მეორე მხრივ, აქტუალურდება გლობალიზაციისა და ეროვნული თვითმყოფადობის თავსებადობის პრობლემა, და განსაკუთრებით მცირე ერებისთვის იგი მნიშვნელოვანი ხდება.

„გონიერი და სტაბილური საერთაშორისო წესრიგი ერებისა და ეროვნული სახელმწიფოების პატივისცემაზე შეიძლება აიგოს... ბრძენი სახელმწიფო მოღვაწე ხოტბას ასხამს ეროვნულ სტატუსს და ეყრდნობა მას.“ „ეროვნულობა, ეროვნული

საიამაყე და ეროვნული ინსტიტუტები, მათთვის დამახასიათებელი ნაკლოვანებების მიუხედავად, ქმნიან მოქმედი დემოკრატიის საუკეთესო საფუძველს“ (მარგარეტ ტეტჩერი, ინგლისის პრემიერ-მინისტრი). „ნაციონალიზმი ხელს უწყობს დემოკრატიას, ნაციონალიზმი ხელს უწყობს კულტურულ მრავალფეროვნებას და ეროვნული ტრადიციების შენარჩუნებას“ (ჯეიმს რურკე, აშშ, სოციოლოგი). ჯერ კიდევ მე-12 საუკუნეში თქვა რუსთაველმა:

**„ჩვენ კაცთა მოგვცა ქვეყანა გვაქვს უთვალავი ფერთა“.**

არა მხოლოდ სილამაზეს, სამყაროს არსებობასაც კი მისი მრავალფეროვნება განსაზღვრავს. მეცნიერებამ უკვე თეორიულადაც დაამტკიცა, რომ სიცოცხლის არსებობის აუცილებელი პირობა სამყაროს მრავალფეროვნებაა, თავის მხრივ, ფიზიკურადაც და სულიერადაც, ეროვნულობა საკაცობრიო დონეზე მრავალფეროვნების სათავედ წარმოგვიდგება.

აგებული ცივილიზაციური მოდელების ანალიზი ამტკიცებს ამ თვალსაზრისს. სახეზეა, ერთი მხრივ, ცივილიზაციის გლობალური მოდელი, მისთვის დამახასიათებელი ადამიანის უფლებებისა და დემოკრატიული ღირებულებებით; მეორე მხრივ, ეროვნული თვითმყოფადობის პრობლემა. ანუ ორი კარდინალურად განსხვავებული შეხედულება ამ საკითხზე. იგი ღიად დარჩება იქამდე, სანამ ზოგადსაკაცობრიო თანაცხოვრების ბუნებრივი მდინარება, თავისთავად, ყოველგვარი ხელოვნური ჩარევის გარეშე, არ მოხსნის ამ პრობლემას.

სად გაივლის „გლობალანსის“ ხაზი? რამდენად მალე მიიღებს სამყარო მშვიდობიან მსოფლიოს და ახალ მსოფლიო წესრიგს? პასუხები ამ კითხვებზე კაცობრიობამ უნდა გასცეს. ამ პასუხისას მეცნიერება მხოლოდ ერთი, მაგრამ აუცილებელი კომპონენტია. პირველი ცდები ცივილიზაციის მოდელების აგების მიმართულებით გვარწმუნებს, რომ თეორიული ანალიზი დაგვეხმარება შედარებით მცირე დანაკარგებით განვვლოთ ეს გარდამავალი პერიოდი.

### 3. დასკვნა

ცივილიზაციის მოდელების გამოყენებითი კიბერნეტიკის მეთოდებით ანალიზი გვაჩვენებს მაღალ კორელაციას იბერიული ცივილიზაციის პულსირებად მოდელსა და თანამედროვე გლობალიზაციის თეორიულ მოდელს შორის. უკვე ეს ფაქტი გვაიძულებს ყურადღებით მოვეკიდოთ ცივილიზაციის პულსირებადი (იბერიული) მოდელის ანალიზს. გლობალიზაციის პირობებში ერთ-ერთი სერიოზული პრობლემა ეროვნული თვითმყოფადობის საკითხი ხდება. ცივილიზაციების მოდელების თეორიული ანალიზი აჩენს ამ მიმართულებით სერიოზული სამეცნიერო კვლევების გაგრძელების გარდაუვალ აუცილებლობას.

### ლიტერატურა:

1. ჩოგოვაძე გ. (2003). ინფორმაცია: ინფორმაცია, საზოგადოება, ადამიანი. საქართველო, თბილისი. „ნეოსტუდია“.
2. ცინცაძე ა. (2015). ქართული ჰემატრია. თბილისი, გამ. გლობალ-პრინტი,
3. ჯავახიშვილი ივ. (1937). საქართველოს ისტორია. თბილისი ტ.1. გამ. საქ. მეცნ. აკადემია,
4. ენციკლოპედია (რუს.), ჰიქსოსები. (1978 წ.) მოსკოვი, გამ. „საბჭოთა ენციკლ.-ია“,
5. კრამერი ს. (1988). ისტორია იწყება შუმერიდან. თბილისი, გამ. „ნაკადული“,
6. ჩოგოვაძე გ. (2006). გლობალანსი. მოსკოვი. „ზ. წერეთლის შემოქმედებითი სახელოსნოები“.

## INFORMATION - CIVILIZATION CODE (IBERIAN MODEL OF CIVILIZATION)

Chogovadze Gocha, Tsintsadze Aliko  
Georgian Technical University

### Summary

The present article discusses a generalized model of civilization and the role of information in it. Article proposes a model of pulsing civilization as a historical entity focusing on export of knowledge. Article also defines its place in the modern global world. The search for solutions to economic, environmental and other issues of international scope favors the single global model of civilization. As a means of collaboration, it has no alternative. Analysis of civilization models will help surpass transition periods with relatively lower losses.

## ИНФОРМАЦИЯ - КОД ЦИВИЛИЗАЦИИ (МОДЕЛЬ ИБЕРИЙСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ)

Чоговадзе Г., Цинцадзе А.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассматриваются обобщенная модель цивилизации и роль информации в ней. Предлагается модель пульсирующей цивилизации, как историческое образование, ориентированное на экспорте знания. Определено ее место в современном глобальном мире. Поиск путей решения экономических, экологических и других проблем международного масштаба эффективен при наличии единой глобальной модели цивилизации. Как средство сотрудничества у нее нет альтернативы. Анализ моделей цивилизации поможет сравнительно с малыми потерями пройти переходной период.



## სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა რეაქოვ-ობგადის RO მეთოდით

თამაზ ობგამე, ვერა ქორთიევა  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია რეაქოვ-ობგადის RO მეთოდი. აგებულია მრავლადბმული საზღვრის განტოლების შედგენის ალგორითმი, რისთვისაც გამოყენებულია ობგადის ჰომომორფიზმები. შემუშავებულია დიფერენციალურ განტოლებებისათვის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის ალგორითმები, რომლებიც შემოწმებულია რიგი ტესტური ამოცანების რიცხვითი ამოხსნით Mathcad-ის ბაზაზე. განხილულია კომის ამოცანა პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებისათვის, შესწავლილია კვადრატული კვების მილში სითხის დინების ამოცანა, ამოხსნილია სასაზღვრო ამოცანა სითბოგამტარობის ერთ-განზომილებიანი არასტაციონარული განტოლებისათვის და შესწავლილია ბიურგერის განტოლების რიცხვითი ამონახსნი RO მეთოდით. რიცხვითი ამონახსნის შედეგები შედარებულია ცნობილ ზუსტ და სხვა მეთოდებით ამოხსნილ შედეგებთან. მოცემულია აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილებების სიდიდეები.

**საკვანძო სიტყვები:** რეაქოვ-ობგადის RO მეთოდი. ცდომილება. ჰომომორფიზმი.

### 1. რეაქოვ-ობგადის ფუნქციების აგების დიაგრამა და საზღვრის ანალიზური კოდირების RO-მეთოდი

პრაქტიკაში, ხშირად, ვხვდებით ცვლადების შემცველ გამონათქვამ-ფუნქციებს: „x რაციონალური რიცხვია”, „y კეთილი ადამიანია”. . .

**განსაზღვრება:** ცვლადის შემცველ გამონათქვამებს პრედიკატებს უწოდებენ.

ხარკოველმა ინჟინერმა რეაქოვმა შექმნა გეომეტრიული კოდირების ერთ-ერთი მეთოდი, რომელსაც **R-ფუნქციის** მეთოდს უწოდებენ. შემდგომში, ეს ფუნქციები გამოყენებული იქნა მათემატიკური ფიზიკის ამოცანების ამოხსნისათვის [1].

მოგვიანებით, R-ფუნქციის მეთოდი თამაზ ობგადის მიერ გადაყვანილ იქნა თანამედროვე ალგებრის ენაზე [2], რამაც საშუალება მოგვცა მათემატიკური სიზუსტით ჩამოყალიბებულიყო R-ფუნქციის აგების ალგორითმი და განზოგადებულიყო მრავლადბმული არეების შემთხვევისათვისაც.

ახლა გადავიდეთ R-ფუნქციის აგების ალგორითმზე, რომელსაც წარმოვადგენთ დიაგრამის საშუალებით **ბულის ალგებრების კატეგორიაში**, სადაც მორფიზმები ინდუცირებულია **ბუნებრივი ჰომომორფიზმებით**:

$$L_1 \rightarrow L_p \rightarrow L_R, \quad (1)$$

სადაც  $L_1$  არის სიმრავლეებზე აგებული ბულის ალგებრა;  $L_p$  – პრედიკატებზე აგებული ბულის ალგებრა;  $L_R$  – რეაქოვის ფუნქციების ბულის ალგებრა. ისრებით აღნიშნულია ბუნებრივი ჰომომორფიზმები.

განვიხილოთ ეს ალგორითმი კონკრეტულ მაგალითზე. ვთქვათ, გვსურს ავაგოთ რთული წირის განტოლება, მაშინ როცა ვიცით თუ, მისი ნაწილები რომელი ფუნქციების გრაფიკებია (ნახ.1)



ნახ.1. ორი წრეწირი R და r რადიუსებით

ჩვენი ამოცანაა შევადგინოთ ისეთი ფუნქციის ანალიზური გამოსახულება, რომელიც ნულის ტოლ მნიშვნელობას იღებს მხოლოდ ამ ორი წრეწირის საზღვარზე.

(1) დიაგრამიდან გამომდინარე, ჯერ  $L_1$  სიმრავლეთა ბულის ალგებრაში ვაგებთ საყრდენ სიმრავლებებს ანუ იმ სიმრავლებებს, რომელთა საშუალებითაც შეგვიძლია სიმრავლეთა ბულის ალგებრაში აღვწეროთ საძებნი წერტილების სიმრავლე.

$$\Omega_1 = \{(x, y) | (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2 \geq 0\}, \quad (2)$$

$$\Omega_2 = \{(x, y) | R^2 - (x - a)^2 - (y - b)^2 \geq 0\}, \quad (3)$$

$$\Omega_3 = \{(x, y) | (x - c)^2 + (y - d)^2 - r^2 \geq 0\}, \quad (4)$$

$$\Omega_4 = \{(x, y) | r^2 - (x - c)^2 - (y - d)^2 \geq 0\}. \quad (5)$$

ეს ის სიმრავლებებია, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება ავაგოთ საძებნი ფუნქციის სიმრავლური განტოლება:

$$\Omega = (\Omega_1 \cap \Omega_2) \cup (\Omega_3 \cap \Omega_4). \quad (6)$$

საყრდენი სიმრავლებების აგებისას, ვიყენებთ შესაბამისობას „მეტია ან ტოლი ნულზე“, რაც ამ შემთხვევაში საჭიროა, რათა შევძლოთ ჰომომორფიზმების საშუალებით სიმრავლეთა ბულის ალგებრიდან გადავიდეთ პრედიკატთა ბულის  $L_p$  ალგებრაში. მართლაც, ბუნებრივი ჰომომორფიზმის საშუალებით  $L_p$ -ში მივიღებთ საძებნელი წირის პრედიკატულ განტოლებას:

$$P = (P_1 \wedge P_2) \vee (P_3 \wedge P_4), \quad (7)$$

სადაც  $P_1$  – გამონათქვამია  $x_1 \geq 0$ ,

$P_2$  – გამონათქვამია  $x_2 \geq 0$ ,

$P_3$  – გამონათქვამია  $x_3 \geq 0$ ,

$P_4$  – გამონათქვამია  $x_4 \geq 0$ ,

$$x_1 = (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2;$$

$$x_2 = R^2 - (x - a)^2 - (y - b)^2;$$

$$x_3 = (x - c)^2 + (y - d)^2 - r^2; \quad (8)$$

$$x_4 = r^2 - (x - c)^2 - (y - d)^2.$$

ახლა გადავიდეთ  $L_R$ -ში რეაჩოვის ჰომომორფიზმებით:

$$\begin{cases} P_i \vee P_j \Leftrightarrow x_i + x_j + \sqrt{x_i^2 + x_j^2} \\ P_i \wedge P_j \Leftrightarrow x_i + x_j - \sqrt{x_i^2 + x_j^2} \\ \neg P_i \Leftrightarrow -x_i \end{cases} \quad (9)$$

მივიღებთ  $R$  – ფუნქციას შემდეგი სახით:

$$R = (x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2}) \vee (x_3 + x_4 - \sqrt{x_3^2 + x_4^2}) \equiv x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2} - \sqrt{x_3^2 + x_4^2} + \sqrt{(x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2})^2 + (x_3 + x_4 - \sqrt{x_3^2 + x_4^2})^2} \quad (10)$$

სადაც გათვალისწინებული უნდა იყოს (8) თანადობები.

ისეთ შემთხვევებში, როცა ზუსტადაა ცნობილი ბმის რამდენიმე ელემენტის მქონე წირის შემადგენელი ელემენტების განტოლებები, უფრო მიზანშეწონილია **ობგადის ჰომომორფიზმები** [2] **სტრუქტურებს შორის**:

$$K_1 \rightarrow K_p \rightarrow K_R, \quad (11)$$

$$\begin{cases} P_i \vee P_j \Leftrightarrow x_i \cdot x_j \\ P_i \wedge P_j \Leftrightarrow x_i^2 + x_j^2 \end{cases} \quad (12)$$

აქ გვაქვს შესაბამისობა: „ჭეშმარიტი“  $\Leftrightarrow$  „უდრის ნულს“;  
„მცდარი“  $\Leftrightarrow$  „არ უდრის ნულს“.

განხილული მაგალითის შემთხვევაში, საყრდენი სიმრავლეები იქნება:

$$\Omega_1 = \{(x, y) | (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2 = 0\}, \quad (13)$$

$$\Omega_2 = \{(x, y) | (x - c)^2 + (y - d)^2 - r^2 = 0\}. \quad (14)$$

მაშინ,

$$\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2; \quad (15)$$

$$\text{ე.ი. } P = P_1 \vee P_2; \quad (16)$$

სადაც

$$P_1 - \text{გამონათქვამია } (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2 = 0, \quad (17)$$

$$P_2 - \text{გამონათქვამია } (x - c)^2 + (y - d)^2 - r^2 = 0; \quad (18)$$

ე.ი.

$$RO = [(x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2] \cdot [(x - c)^2 + (y - d)^2 - r^2].$$

როგორც ვხედავთ, **ობგადის** [2] **ჰომომორფიზმები** საგრძნობლად ამარტივებს საძიებელი მრავლადბმული წირის ანალიზურ განტოლებას.

ასევე, რიგ შემთხვევებში მნიშვნელოვნად მარტივდება  $R$ -ფუნქციის ანალიზური სახეც [3,4]. ამიტომ, მიღებულ ალგორითმს რვაჩოვ-ობგადის **RO – მეთოდს** უწოდებენ.

## 2. კომის ამოცანის ამოხსნა პირველი რიგის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებისათვის რვაჩოვ-ობგადის RO –მეთოდით

**რვაჩოვ-ობგადის RO –მეთოდის** ინტერპრეტაციისათვის, განვიხილოთ მარტივი დიფერენციალური განტოლება [6]:

$$\frac{dy}{dx} - y = 0, \quad (19)$$

სასაზღვრო საწყისი პირობით:

$$y(0) = 1. \quad (20)$$

ამოცანის ამონახსნს ვეძებთ  $G[0; 1]$  შუალედში.

ცხადია, რომ ამ ამოცანის ზუსტ ამონახსნს აქვს სახე:  $y = e^x$ , რაც ადვილი შესამოწმებელია (19) განტოლებაში ჩასმით.

ავაგოთ ახლა მიახლოებითი ამონახსნი რვაჩოვ-ობგაძის RO –მეთოდით. ამისათვის ამოვირჩიოთ უმარტივესი ბაზისური ფუნქციების სისტემა:

$$\varphi_j(x) = x^j. \quad (21)$$

ამონახსნს ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$y_\alpha = 1 + \sum_{j=1}^N \alpha_j x^j. \quad (22)$$

ცხადია, რომ ამ გამოსახულების პირველი წევრი არჩეულია სასაზღვრო (20) პირობიდან გამომდინარე. ადვილი მისახვედრია, რომ (22) წარმოდგენა შეგვიძლია გადავწეროთ (23) შემდეგნაირად:

$$y_\alpha = \sum_{j=0}^N \alpha_j x^j, \quad (23)$$

სადაც  $\alpha_0 = 1$ .

(23) გამოსახულება ჩავსვათ (19) განტოლებაში, მაშინ მივიღებთ  $R$  ცდომილებას შემდეგი სახით:

$$R(x, \alpha) = -1 + \sum_{j=1}^N \alpha_j (jx^{j-1} - x^j). \quad (24)$$

კოლოკაციის მეთოდით ამოხსნისას, ცდილობენ რომ  $\alpha_j$  კოეფიციენტების საპოვნელად გამოიყენონ განტოლებათა სისტემა:

$$R(x_k, \alpha) = 0, \quad x_k \in G[0; 1], \quad k = \overline{1, N}. \quad (25)$$

ცხადია, რომ რაც მეტ წერტილს ავიღებთ კოლოკაციის მეთოდში, მით უფრო ზუსტი იქნება ამონახსნი, თუმცა, წერტილების რაოდენობის გაზრდა იწვევს განტოლებათა სისტემის რიგის გაზრდას, რაც ხშირად გვაძლევს ცუდად განპირობებულ მატრიცას (წრფივი ოპერატორების შემთხვევაში), ეს კი თავის მხრივ, ართულებს ამოცანის ამოხსნის საჭირო სიზუსტით შესრულებას. ამიტომ შემუშავებული იქნა ალტერნატიული **რვაჩოვ-ობგაძის მეთოდი**.

რვაჩოვ-ობგაძის მეთოდით ამოხსნისას, გაშლის  $\alpha_j$  კოეფიციენტების საპოვნელად იყენებენ  $L_2(G)$  ნორმით ინდუცირებულ მეტრიკას, რათა ეს კოეფიციენტები განისაზღვროს  $R(x, \alpha)$  ფუნქციასა და 0-ს შორის მანძილის მინიმუმაციის პირობიდან:

$$I(\alpha) = \int_0^1 (R(x, \alpha) - 0)^2 dx \rightarrow \min. \quad (26)$$

შევადგინოთ პროგრამა **Mathcad**-ზე და შევადაროთ რვაჩოვ-ობგაძის RO მეთოდით მიღებული ამონახსნი ზუსტ ამონახსნს. შევაფასოთ აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილებები:

ORIGIN := 1

N := 3

$$R(x, \alpha) := -1 + \sum_{j=1}^N [\alpha_j (j \cdot x^{j-1} - x^j)] \quad I(\alpha) := \int_0^1 (R(x, \alpha))^2 dx$$

i := 1.. N

$\alpha_i := 0$

Given

$$S_{\alpha} := \text{Minimize}(I, \alpha)$$

$$S = \begin{pmatrix} 1.013 \\ 0.425 \\ 0.28 \end{pmatrix}$$

$$\alpha_i := S$$

$$y(x) := e^x \quad f(x) := 1 + \sum_{i=1}^N (\alpha_i \cdot x^i)$$

$$x := 0.1, 0.2.. 1$$

$$e^x =$$

1.105
1.221
1.35
1.492
1.649
1.822
2.014
2.226
2.46
2.718

$$f(x) =$$

1.106
1.222
1.35
1.491
1.648
1.821
2.014
2.226
2.46
2.718

აბსოლუტური ცდომილება:

$$|e^x - f(x)| =$$

6.694·10 <sup>-4</sup>
4.658·10 <sup>-4</sup>
9.576·10 <sup>-5</sup>
6.225·10 <sup>-4</sup>
8.571·10 <sup>-4</sup>
6.915·10 <sup>-4</sup>
1.828·10 <sup>-4</sup>
4.293·10 <sup>-4</sup>
7.036·10 <sup>-4</sup>
2.431·10 <sup>-5</sup>

ფარდობითი ცდომილება:

$$\frac{|e^x - f(x)|}{e^x} =$$

6.057·10 <sup>-4</sup>
3.813·10 <sup>-4</sup>
7.094·10 <sup>-5</sup>
4.173·10 <sup>-4</sup>
5.199·10 <sup>-4</sup>
3.795·10 <sup>-4</sup>
9.079·10 <sup>-5</sup>
1.929·10 <sup>-4</sup>
2.861·10 <sup>-4</sup>
8.942·10 <sup>-6</sup>

ამ ორი სვეტის შედარება ნათლად გვიჩვენებს, რომ რეაჩოვ-ობგამის მეთოდი ამ შემთხვევაში, იძლევა საკმაოდ დიდ სიზუსტეს.

### 3. რეაჩოვ-ობგამის მეთოდის გამოყენება კვადრატული კვეთის მილში

ბლანტი სითხის ერთგანზომილებიანი დინების შესასწავლად

ეს ამოცანა დაიყვანება პუასონის განტოლებაზე:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 1 = 0. \tag{27}$$

სასაზღვრო პირობებით:

$$w = 0 \text{ if } x = \pm 1, y = \pm 1. \tag{28}$$

რეაჩოვ-ობგამის მეთოდით ამ ამოცანის ამოსახსნელად, შევადგინოთ შესაბამისი RO-ფუნქცია:



$$RO = (1 - x^2) \cdot (1 - y^2). \quad (29)$$

ცხადია, რომ ეს ფუნქცია აკმაყოფილებს (28) სასაზღვრო პირობებს. მაშასადამე (27) განტოლების ამონახსნი შეგვიძლია ვეძებოთ შემდეგი სახით:

$$w = RO \cdot \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \alpha_{ij} \cdot \varphi_{ij}(x, y), \quad (30)$$

სადაც  $\varphi_{ij}(x, y)$  ბაზისური ფუნქციებია, ხოლო  $\alpha_{ij}$  კოეფიციენტებს ვპოულობთ ცდომილების ფუნქციის  $L_2(G)$  ნორმით მინიმიზაციის პირობიდან.

ავირჩიოთ საბაზისო ფუნქციები ისე, რომ არის შიგნით ყველა წევრი არ ხდებოდეს ნულის ტოლი, მაგალითად შემდეგნაირად:

$$\varphi_{ij}(x, y) = (1 - x^2)^{i-1} \cdot (1 - y^2)^{j-1}. \quad (31)$$

მაშინ გვექნება ამონახსნი ფინლეისონის [9] წარმოდგენა:

$$w = \sum_{i=0}^N \alpha_i (1 - x^2)^i \cdot (1 - y^2)^i \quad (32)$$

აქედან გამომდინარე, მივიღებთ რომ:

$$w_{xx} = \sum_{i=2}^N \alpha_i \cdot i \cdot (i - 1) \cdot (1 - x^2)^{i-2} \cdot (1 - y^2)^i \cdot (-2x) + \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot i \cdot (1 - x^2)^{i-1} \cdot (1 - y^2)^i \cdot (-2). \quad (33)$$

რაც შეეხება  $w_{yy}$ -ს მასაც ფუნქციის სიმეტრიულობის გამო, ანალოგიური სახე აქვს (30). მაშასადამე, შეგვიძლია შევადგინოთ  $R(x, y, \alpha)$  ცდომილების ფუნქციის გამოსახულება. ამისათვის (32) უნდა შევიტანოთ პუასონის (27) განტოლებაში და მოვახდინოთ გარდაქმნები:

$$R(x, y, \alpha) = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 1 = \sum_{i=2}^N \alpha_i \cdot i \cdot (i - 1) \cdot (1 - x^2)^{i-2} \cdot (1 - y^2)^i \cdot (-2x) + \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot i \cdot (1 - x^2)^{i-1} \cdot (1 - y^2)^i \cdot (-2) + \sum_{i=2}^N \alpha_i \cdot i \cdot (i - 1) \cdot (1 - y^2)^{i-2} \cdot (1 - x^2)^i \cdot (-2y) + \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot i \cdot (1 - y^2)^{i-1} \cdot (1 - x^2)^i \cdot (-2) + 1. \quad (34)$$

აქ გაშლის  $\alpha_j$  კოეფიციენტების საპოვნელად ვიყენებთ  $L_2(G)$  ნორმით ინდუცირებულ მეტრიკას, რათა ეს კოეფიციენტები განისაზღვროს  $R(x, y, \alpha)$  ფუნქციასა და 0-ს შორის მანძილის მინიმიზაციის პირობიდან:

$$I(\alpha) = \int_0^1 (R(x, \alpha) - 0)^2 dx \rightarrow \min. \quad (35)$$

შევადგინოთ პროგრამა **Mathcad**-ზე და შევადაროთ რვაჩოვ-ობგადის RO მეთოდით მიღებული B ამონახსნი  $w(x, y)$ , გალიორკინის მეთოდით მიღებულ A ამონახსნს  $G(x, y)$ .

$$\begin{aligned} N &:= 3 \\ w_{xx}(x, y, \alpha) &:= \left[ \sum_{i=1}^N \left[ \alpha_i \cdot i \cdot (1 - x^2)^{i-1} \cdot (-2) \cdot (1 - y^2)^i \right] + \sum_{i=2}^N \left[ \alpha_i \cdot i \cdot (i - 1) \cdot (1 - x^2)^{i-2} \cdot (-2 \cdot x) \cdot (1 - y^2)^i \right] \right] \\ w_{yy}(x, y, \alpha) &:= \left[ \sum_{i=1}^N \left[ \alpha_i \cdot i \cdot (1 - y^2)^{i-1} \cdot (-2) \cdot (1 - x^2)^i \right] + \sum_{i=2}^N \left[ \alpha_i \cdot i \cdot (i - 1) \cdot (1 - y^2)^{i-2} \cdot (-2 \cdot y) \cdot (1 - x^2)^i \right] \right] \end{aligned}$$

$$R(x, y, \alpha) := w_{xx}(x, y, \alpha) + w_{yy}(x, y, \alpha) + 1$$

$$G(x, y) := \sum_{k=1}^N \sum_{m=1}^N \left[ \left( \frac{8}{\pi^2} \right)^2 \cdot \frac{(-1)^{\frac{2 \cdot k + 2 \cdot m - 2}{2}}}{(2 \cdot k - 1) \cdot (2 \cdot m - 1) \cdot [(2 \cdot k - 1)^2 + (2 \cdot m - 1)^2]} \cdot \cos \left[ (2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot x \right] \cdot \cos \left[ (2 \cdot m - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot y \right] \right]$$

$$I(\alpha) := \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 R(x, y, \alpha)^2 dx dy$$

$$i := 0..N \quad \alpha_i := 0$$

Given

$$\alpha_i := S$$

$$I(\alpha) = 0.272$$

$$w(x, y) := \sum_{i=0}^N \left[ \alpha_i \cdot (1 - x^2)^i \cdot (1 - y^2)^i \right]$$

$$i := 0..4 \quad j := 0..4$$

$$x_i := -1 + 0.5 \cdot i$$

$$y_j := -1 + 0.5 \cdot j$$

$$A_{i,j} := G(x_i, y_j)$$

$$B_{i,j} := w(x_i, y_j)$$

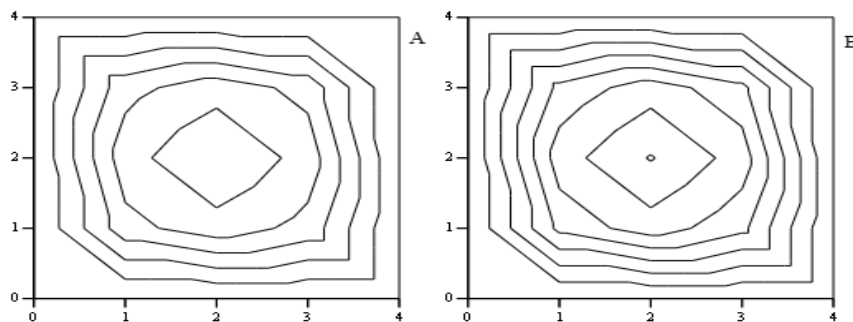
$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.182 & 0.231 & 0.182 & 0 \\ 0 & 0.231 & 0.297 & 0.231 & 0 \\ 0 & 0.182 & 0.231 & 0.182 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.215 & 0.278 & 0.215 & 0 \\ 0 & 0.278 & 0.354 & 0.278 & 0 \\ 0 & 0.215 & 0.278 & 0.215 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S := \text{Minimize}(I, \alpha) \quad S = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.402 \\ -0.021 \\ -0.027 \end{pmatrix}$$

$$B - A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.032 & 0.047 & 0.032 & 0 \\ 0 & 0.047 & 0.057 & 0.047 & 0 \\ 0 & 0.032 & 0.047 & 0.032 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\max(B - A) = 0.057$$



6sb.2

4. რვაჩოგ-ობგადის მეთოდის გამოყენება არასტაციონარული სითბოგამტარობის ამოცანის ამოსახსნელად

განვიხილოთ სითბოგამტარობის უგანზომილებო განტოლება:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} - \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = 0, \quad (36)$$

საწყისი პირობით:

$$\vartheta(x, 0) = \sin \pi x + x \quad (37)$$

და სასაზღვრო პირობებით:

$$\vartheta(0, t) = 0 \text{ და } \vartheta(1, t) = 1. \quad (38)$$

(36), (37), (38) ამოცანის ამოსახსნელად ავირჩიოთ მიახლოებითი ამონახსნის შემდეგი ფორმა:

$$\vartheta_\alpha(x, t) = \vartheta_0(x) + \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) \cdot \varphi_i(x), \quad (39)$$

სადაც  $\vartheta_0(x) = \sin \pi x + x$ ,  $\varphi_i(x) = x^i - x^{i+1}$ . ადვილი შესამჩნევია, რომ  $\vartheta_0(x)$  ფუნქცია აკმაყოფილებს სასაზღვრო (38) პირობებს; ხოლო  $\varphi_i(x)$  ფუნქციები აკმაყოფილებენ ერთგვაროვან სასაზღვრო პირობებს ანუ ამონახსნს ვეძებთ ფორმით:

$$\vartheta(x, t) = \sin \pi x + x + \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) \cdot (x^i - x^{i+1}). \quad (40)$$

$\alpha_i(t)$  კოეფიციენტების საპოვნელად, წარმოვადგინოთ ისინი დროის ხარისხოვანი მწკრივის სახით:

$$\alpha_i(t) = \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j. \quad (41)$$

თუ (41) წარმოდგენას ჩავსვამთ (40) განტოლებაში, გვექნება ამონახსნის წარმოდგენა:

$$\vartheta(x, t) = \sin \pi x + x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j \cdot (x^i - x^{i+1}), \quad (42)$$

ცხადია რომ (42) წარმოდგენა ითვალისწინებს (37) საწყის პირობებს. მაშასადამე, ამოცანის ამოსახსნელად, საჭიროა ვიპოვოთ  $\beta_{ij}$  კოეფიციენტების მნიშვნელობები (42) წარმოდგენაში.

რვაჩოგ-ობგადის მეთოდის შემდეგი ეტაპია  $R(x, t, \beta)$  ცდომილების პოვნა, რისთვისაც (42) წარმოდგენა უნდა ჩავსვათ (36) განტოლებაში და მიღებული შედეგი ჩავწეროთ ერთგვაროვანი სახით:

$$R(x, t, \beta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \cdot j \cdot t^{j-1} \cdot (x^i - x^{i+1}) - \pi^2 \cdot \sin \pi x - \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j \cdot (i \cdot (i-1) x^{i-2} - (i+1) \cdot i \cdot x^{i-1}). \quad (43)$$

აქ გაშლის  $\beta_{ij}$  კოეფიციენტების საპოვნელად ვიყენებთ  $L_2(G)$  ნორმით ინდუცირებულ მეტრიკას, რათა ეს კოეფიციენტები განისაზღვროს  $R(x, t, \beta)$  ფუნქციასა და 0-ს შორის მანძილის მინიმიზაციის პირობიდან:

$$I(\beta) = \int_0^1 \int_0^\infty (R(x, t, \beta) - 0)^2 dt dx \rightarrow \min. \quad (44)$$

შევადგინოთ პროგრამა **Mathcad**-ზე და შევადაროთ რვაჩოგ-ობგადის RO მეთოდით მიღებული ამონახსნი  $\vartheta(x, t)$ , გალიორკინის მეთოდით მიღებულ ამონახსნს:

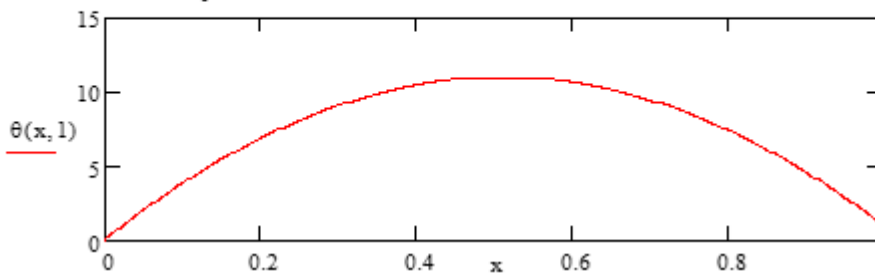
$$\overset{N:=3}{\underline{R}}(x, t, \beta) := \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^N \left[ \beta_{i,j} \cdot j \cdot t^{j-1} \cdot (x^i - x^{i+1}) \right] \right] - \pi^2 \cdot \sin(\pi \cdot x) - \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^N \left[ \beta_{i,j} \cdot t^j \cdot [i \cdot (i-1) \cdot x^{i-2} - i \cdot (i+1) \cdot x^{i-1}] \right]$$

$$I(\beta) := \int_0^1 \int_0^1 (R(x, t, \beta))^2 dt dx$$

$i := 1..N$   
 $j := 1..N$   
 $\beta_{i,j} := 0$   
 Given  
 $S := \text{Minimize}(I, \beta)$

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 37.785 & -0.268 & 0.159 \\ 0 & 1.546 & -2.704 & 1.436 \\ 0 & -1.617 & 2.934 & -1.603 \end{pmatrix}$$

$\beta := S$   
 $\theta(x, t) := \sin(\pi \cdot x) + x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [\beta_{i,j} \cdot t^i \cdot (x^i - x^{i+1})]$



ნახ.3

შედეგების შედარება გვარწმუნებს რვაჩოვ-ობგადის მეთოდის უპირატესობაში. რადგან ამონახსნი მიიღება უფრო სწრაფად და ზუსტად.

### 5. ბიურგერის განტოლების მიახლოებითი ამოხსნა რვაჩოვ-ობგადის მეთოდით

ბიურგერის განტოლებას ახასიათებს ისეთივე არაწრფივობა, როგორც ნავიე-სტოქსის განტოლებათა სისტემას, ამიტომ როცა უნდათ შეამოწმონ ნავიე-სტოქსის განტოლებების ამოხსნის ახალი რიცხვითი მეთოდი, მას ამოწმებენ ბიურგერის განტოლებაზე, როგორც ტესტურ ამოცანაზე [6-7]. მითუმეტეს რომ, ზოგიერთი სასაზღვრო და საწყისი პირობების შემთხვევაში ბიურგერის განტოლებისათვის არსებობს ზუსტი ამონახსნიც. ბიურგერის განტოლებას აქვს სახე:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0. \quad (45)$$

შევეცადოთ ამოვხსნათ ბიურგერის განტოლება, როცა სივრცული ცვლადი  $x \in [-1; 1]$  შუალედს და  $t \geq 0$ . ვთქვათ, საწყისი და სასაზღვრო პირობები მოიცემა შემდეგნაირად:

$$u_0(x) = u(x, 0) = \begin{cases} 1, & \text{if } x = 0 \\ 0, & \text{if } x = 1 \end{cases} \quad (46)$$

$$u(-1, t) = 1, \quad u(1, t) = 0. \quad (47)$$

ამ მოცანის რვაჩოვ-ობგადის მეთოდით, მიახლოებით ამოხსნა-ნელად გამოვიყენებთ პოლინომებს:

$$T_i(x) = x^i. \quad (48)$$

ბიურგერის განტოლების მიახლოებით ამონახსნს ვეძებთ შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$u_\alpha(x, t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) \cdot x^i. \quad (49)$$

გარდა ამისა, წარმოვადგინოთ  $\alpha_i(t)$  კოეფიციენტები დროის ხარისხოვანი მწკრივის სახით:

$$\alpha_i(t) = \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j, \quad (50)$$

მაშინ, გვექნება რომ

$$u(x; t) = 1 - x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j x^i. \quad (51)$$

ადვილი შესამჩნევია, რომ (51) წარმოდგენა ითვალისწინებს საწყის პირობებს. ამ წარმოდგენაში საპოვნელია  $\beta_{ij}$  გაშლის კოეფიციენტები. მათ საპოვნელად, ჩავსვათ (51) გამოსახულება ბიურგერის (45) განტოლებაში და შევადგინოთ ცდომილების  $R(x, t, \beta)$  ფუნქცია. მივიღებთ, რომ

$$u_x = -1 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j \cdot i \cdot x^{i-1}; \quad (52)$$

$$u_{xx} = \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j i(i-1) x^{i-2}; \quad (53)$$

$$R(x, t, \beta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N j \cdot \beta_{ij} \cdot t^{j-1} \cdot x^i + \left( 1 - x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j x^i \right) \cdot \left( -1 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j \cdot i \cdot x^{i-1} \right) - \frac{1}{Re} \cdot \left( \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} t^j i(i-1) x^{i-2} \right). \quad (54)$$

აქ გაშლის  $\beta_{ij}$  კოეფიციენტების საპოვნელად ვიყენებთ  $L_2(G)$  ნორმით ინდუცირებულ მეტრიკას, რათა ეს კოეფიციენტები განისაზღვროს  $R(x, t, \beta)$  ფუნქციასა და 0-ს შორის მანძილის მინიმიზაციის პირობიდან:

$$I(\beta) = \int_0^1 \int_0^\infty (R(x, t, \beta) - 0)^2 dt dx \rightarrow \min. \quad (55)$$

შევადგინოთ პროგრამა **Mathcad**-ზე და შევადაროთ რვაჩოვ-ობგადის RO მეთოდით მიღებული ამონახსნი  $u(x, t)$ , გალიორკინის მეთოდით მიღებულ ამონახსნს.

$N := 3$        $Re := 100$   
 $ORIGIN := 1$

$$ux(x, t, \beta) := -1 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left( \beta_{i,j} \cdot t^j \cdot i \cdot x^{i-1} \right)$$

$$u_{xx}(x, t, \beta) := \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[ \beta_{i,j} \cdot t^j \cdot (i-1) \cdot i \cdot x^{i-2} \right] \right]$$

$$RO(x, t, \beta) := \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left( \beta_{i,j} \cdot t^{j-1} \cdot x^i \cdot j \right) + \left[ 1 - x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left( \beta_{i,j} \cdot t^j \cdot x^i \right) \right] \cdot ux(x, t, \beta)$$



$$\underline{R}(x, t, \beta) := R_0(x, t, \beta) - \frac{1}{\text{Re}} \cdot u_{xx}(x, t, \beta)$$

$$I(\beta) := \int_0^1 \int_0^1 R(x, t, \beta)^2 dx dt$$

$$i := 1..N$$

$$j := 1..N$$

$$\beta_{i,j} := 0$$

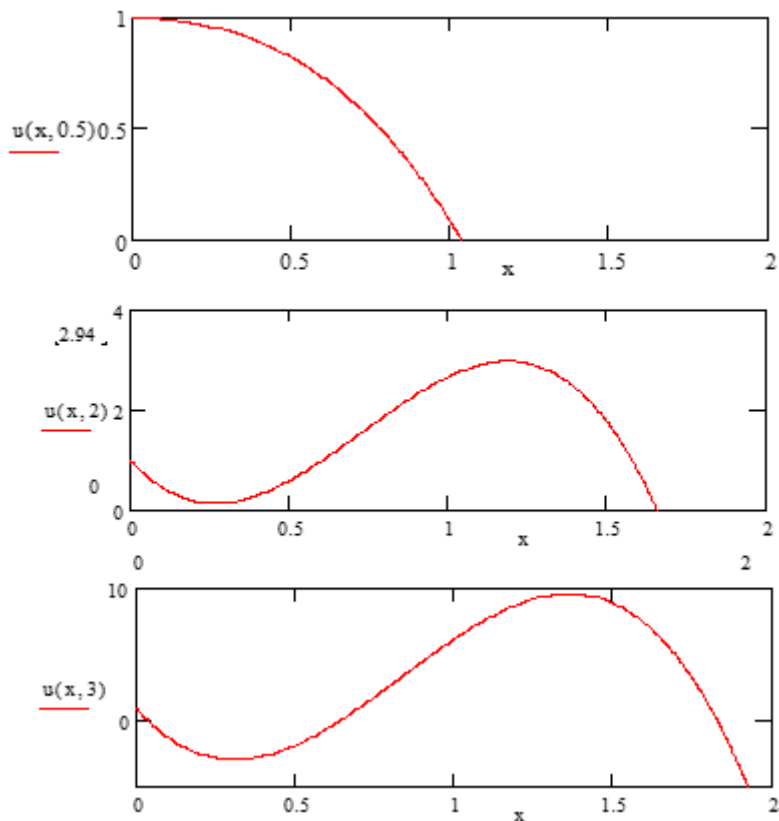
Given

$$\underline{S} := \text{Minimize}(I, \beta)$$

$$S = \begin{pmatrix} 2.499 & -0.677 & -1.039 \\ -1.892 & 1.416 & 1.752 \\ -0.82 & 0.05 & -0.726 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\beta} := S$$

$$u(x, t) := 1 - x + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\beta_{i,j} \cdot t^j \cdot x^i)$$



ნახ.4

## 6. დასკვნა

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები გვაძლევს იმის საშუალებას, რომ რეაქოგ-ობგამის RO მეთოდი გამოვიყენოთ ჰიდროაეროდინამიკის არაწრფივი ამოცანების ამოსახსნელად.

**ლიტერატურა:**

1. Рвачёв В.Л. (1982). Теория -функций и некоторые её приложения. Киев. Наукова думка
2. Обгадзе Т.А. (1989). Применение методов  $R$  – функций и  $\Psi$  – преобразования для решения операторных уравнений, Сообщения АН ГССР, т.136, №1.
3. Обгадзе Т.А. Об одном методе решения задач теории обтекания тел вязкой жидкостью, Сб. науч.тр. ГПИ, сер. МСС, №6(262), Тбилиси.
4. Обгадзе Т.А. (1989). Элементы математического моделирования, Уч.пособие, министерство высшего и среднего образования ГССР, ГПИ, Тбилиси.
5. Мироновский Л.А. (2004). Моделирование разностных уравнений, учебное пособие, Санкт-Петербургский Гос. Унив. Аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург.
6. Флетчер К. (1988). Численные методы на основе метода Галёркина. -М., Мир.
7. Fletcher C.A. (1982). Burger's equation: a model for all reasons. In: Numerical solution of partial differential equations. Ed. J.Noye. North-Holland.

**DECISION OF BOUNDARY PROBLEMS BY RO-METHOD  
RVACHEV-OBGADZE**

Obgadze Tamaz, Kortieva Vera

Georgian Technical University

**Summary**

In work the RO method of Rvachyov-Obgadze is considered. The algorithm, for creation of the equation of multicoherent border is under construction; Obgadze's homomorphisms are for this purpose applied. Algorithms are developed for the solution of boundary tasks which are checked by solutions of a number of test tasks on the basis of Mathcad. Cauchy's task for the differential equation of the first order is considered, the problem of a current of liquid in a pipe of square section is studied, the non-stationary problem of heat conductivity and Byurgers's equation on the basis of a RO method is solved. Results of numerical calculations are compared to known exact and numerical solutions of the corresponding tasks. Numerical values of an absolute and relative error in each of the solved tasks are calculated.

**РЕШЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ РО-МЕТОДОМ РВАЧЁВА-ОБГАДЗЕ**

Обгадзе Т.А., Кортиева В.В.

Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматривается РО-метод Рвачёва-Обгадзе. Строится алгоритм, для построения уравнения многосвязной границы; для этого применяются гомоморфизмы Обгадзе. Разработаны алгоритмы для решения граничных задач, которые проверены решениями ряда тестовых задач на основе Mathcad. Рассмотрена задача Коши для дифференциального уравнения первого порядка, изучена задача течения жидкости в трубе квадратного сечения, решается нестационарная задача теплопроводности и уравнение Бюргерса на основе РО-метода. Результаты численных расчетов сравниваются с известными точными и численными решениями соответствующих задач. Вычисляются численные значения абсолютной и относительной погрешности в каждой из решенных задач.

# გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი და ცოცხალი სისტემების მოდელირების საკითხები

თამაზ ოზგაძე, ვერა ქორთიევა  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

განხილულია გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალები. მოცემულია მათი აგებისა და სტრუქტურირების სხვადასხვა მეთოდი. გაანალიზებულია მათი გამოყენების საზღვრები ცოცხალი სისტემების ევოლუციის მოდელირებისათვის. განხილულია დენდრიტების ზრდის მექანიზმები როგორც იდეალურ, ასევე, ღია სისტემებში. შემოთავაზებულია გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალის ფორმალური განსაზღვრება.

**საკვანძო სიტყვები:** ფრაქტალი. ცოცხალი სისტემა. დენდრიტი.

## 1. შესავალი

გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ზოგადი ფორმულით:

$$GKIFRACTAL \stackrel{\text{def}}{=} Fr(m, f, gekev), \quad (1)$$

სადა  $m$  - დედა-ფრაქტალი (საწყისი სიმრავლე),  $f$  - მამა-ფრაქტალი (ყოველ ბიჯზე დამატებადი გეომეტრიული აგრეგატი), ხოლო პარამეტრი  $gekev$  ფრაქტალის ევოლუციის გენეტიკური კოდი, რომელიც მიუთითებს თუ, რამდენი ბიჯი კეთდება თვითმსგავსების პრინციპით აგებისას და როგორია ფრაქტალის ზრდის კანონის გენეტიკა (ევოლუციის წესი).

ფრაქტალს ვუწოდებთ იდეალურს, როცა არ მიიღება მხედველობაში გარემო პირობების შემთხვევითი RND ზემოქმედება ფრაქტალის გეომეტრიის ევოლუციაზე. ამგვარად, წარმოდგენილი ფრაქტალები, ფართოდ გამოიყენება ცოცხალი სისტემების მოდელირებისას.

თუ ვიცით დედა-ფრაქტალის, მამა-ფრაქტალისა და გენეტიკური კოდის სახე, მაშინ შეგვიძლია ავაგოთ გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი. ასეთი ამოცანის ამოსახსნელად, არსებობს შესაბამისი ალგორითმებიც. გაცილებით მნიშვნელოვანია ისეთი ალგორითმის დამუშავება, რომელიც ამოგვიხსნის შებრუნებულ ამოცანას: ანუ როცა ვიცით ცოცხალი სისტემის გეომეტრიული ფორმა, როგორ დავადგინოთ შესაბამისი დედა-ფრაქტალი, მამა-ფრაქტალი და გენეტიკური კოდი.

მართლაც, ცნობილია რომ ადამიანის შინაგანი ორგანოები გეომეტრიულად, წარმოადგენენ ფრაქტალებს, რომელთაგან თითოეულს აქვს თავისი დედა-ფრაქტალი, მამა-ფრაქტალი და გენეტიკური კოდი. მათი ცოდნა გაგვიადვილებდა შინაგანი ორგანოების ლაბორატორიულ პირობებში აღდგენის პრობლემას და დაავადებული ორგანოების შეცვლას. ცნობილია, რომ კიბოსაც ფრაქტალური სტრუქტურა აქვს. თუ შევძლებთ მისი დედა-ფრაქტალის, მამა-ფრაქტალისა და გენეტიკური კოდის დადგენას, მაშინ გვეცოდინება თუ როგორ ვებრძოლოთ ამ დაავადებას უფრო ეფექტურად, ვიდრე ეს დღესაა შესაძლებელი.

ამრიგად, მეტად მნიშვნელოვანია გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალის სახეთა გამოცნობის ამოცანის ამოხსნა, რაც ამ შემთხვევაში ნიშნავს მისი აგების შებრუნებული ალგორითმის დადგენას.

ფრაქტალების აგებისას, ფართოდ გამოიყენება მეტრიკული სივრცის აფინური გარდაქმნის თეორია.

## 2. მეტრიკული სივრცის აფინური გარდაქმნა

განვიხილოთ  $X$  სივრცე. ვთქვათ, ამ სივრცეში გვაქვს  $X \times X$  დეკარტულ ნამრავლზე განსაზღვრული ნამდვილი ცვლადის  $d(x, y)$  ფუნქცია, ისე რომ, ადგილი აქვს აქსიომებს:

$$a) d(x, y) \geq 0; \forall (x, y) \in X \times X; \quad (2)$$

$$b) d(x, y) = 0 \Rightarrow (x = y); \quad (3)$$

$$g) d(x, y) = d(y, x); \quad (4)$$

$$d) d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z); \forall x, y, z \in X. \quad (5)$$

მაშინ  $(X, d)$  წყვილს მეტრიკულ სივრცეს უწოდებენ. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მეტრიკული სივრცე არის სიმრავლე, მასზე განსაზღვრული მეტრიკის (მანძილის) ცნებით.

ვთქვათ მოცემულია  $(X, d)$  მეტრიკული სივრცე.  $T$  ასახვას ეწოდება კუმშვადი, თუ არსებობს ისეთი  $0 < s < 1$  რიცხვი, რომ ადგილი აქვს უტოლობას:

$$d(T(x), T(y)) \leq s \cdot d(x, y), \quad (6)$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ კუმშვად ასახვას ნებისმიერი ორი წერტილი გადაყავს ისეთ სხვა ორ წერტილში, რომელთა შორისაც მანძილი უფრო ნაკლებია, ვიდრე იყო ის ასახვამდე. კუმშვადი ასახვები საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ ასახვათა უძრავ წერტილებზე.  $f(x)$  ასახვის უძრავი წერტილი ეწოდება ისეთ  $x = x_0$  წერტილს, რომლისთვისაც ადგილი აქვს ტოლობას:

$$f(x_0) = x_0. \quad (7)$$

ადგილი მისახვედრია, რომ  $f(x)$  ფუნქცია მოგვცემს კუმშვით ასახვას, თუ ადგილი აქვს უტოლობას:

$$|f'(x)| < s < 1. \quad (8)$$

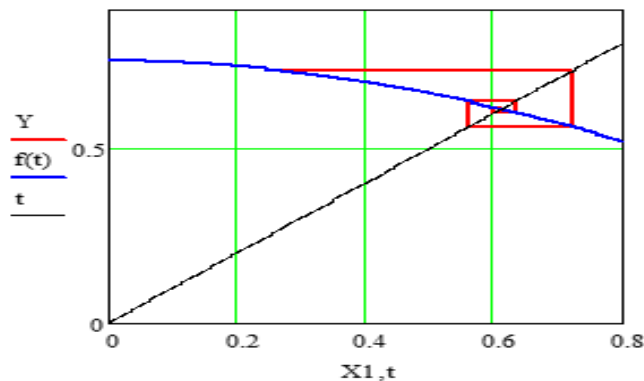
ცხადია რომ, თუ  $f(x)$  კუმშვითი ასახვაა, მაშინ ერთბიჯიან იტერაციულ სქემას, ცნობილი საწყისი  $x_0$  მიახლოებით:

$$x_n = f(x_{n-1}), n \in \mathbb{N}, \quad (9)$$

აქვს უძრავი წერტილი  $x = \xi$  ანუ  $f(\xi) = \xi$ , სადაც

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \xi. \quad (10)$$

**მაგალითისათვის:** განვიხილოთ  $f(x) = 0.75 \cdot \cos x$  ფუნქცია  $[0; \frac{\pi}{4}]$  შუალედში. ეს ფუნქცია შემოსაზღვრულია და უწყვეტი ამ შუალედში. ამასთან ერთად  $|f'(x)| = 0.75|\sin x| \leq 0.75 < 1$ , რაც იმას ნიშნავს რომ, შესაბამისი ერთბიჯიანი იტერაციული სქემა  $x_n = f(x_{n-1}), n \in \mathbb{N}, x_0 = 0.26$  საწყისი მიახლოებით, კრებადია უძრავი წერტილისაკენ (ნახ.1).



ნახ.1. ობობას ქსელისებრი დიაგრამა ერთბიჯიანი იტერაციული სქემისათვის

ახლა გადავიდეთ მეტრიკული სივრცის აფინურ გარდაქმაზე. მეტრიკული სივრცის წრფივ გარდაქმნას შემდგომი გადატანის ასახვით, აფინური გარდაქმნა ეწოდება.

მეტრიკული  $\mathbb{R}^n$  სივრცის  $L$  გარდაქმნას ეწოდება წრფივი, თუ მეტრიკული სივრცის ნებისმიერი ორი  $x$  და  $y$  ელემენტისათვის და  $\lambda, \mu$  ნამდვილი რიცხვებისათვის, ადგილი აქვს ტოლობას:

$$L(\lambda x + \mu y) = \lambda L(x) + \mu L(y). \quad (11)$$

თუ  $L$  წრფივი გარდაქმნაა, მაშინ ადგილი აქვს მის მატრიცულ წარმოდგენას:

$$L(x) = A \cdot x. \quad (12)$$

**გადატანის T გარდაქმნა** განისაზღვრება ტოლობით:

$$T(x) = x + a, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad (13)$$

სადაც  $a$  გადატანის მუდმივი ვექტორია.

ამგვარად, აფინური გარდაქმნა საზოგადოდ, შეგვიძლია ჩავწეროთ სახით:

$$T(x) = A \cdot x + a. \quad (14)$$

$\mathbb{R}^2$  სივრცის გარდაქმნის შემთხვევაში აფინური გარდაქმნა მოიცემა ექვსი მუდმივის  $(\alpha_1; \beta_1; \alpha_2; \beta_2; \gamma_1; \gamma_2)$  საშუალებით:

$$T \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'_1 \\ y'_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{pmatrix}. \quad (15)$$

გარდაქმნა (15) ადიდებს ( $\delta > 1$ ) ან ამცირებს მრავალკუთხედის ფართობს ( $\delta < 1$ ) შესაბამისად  $\delta$ -ჯერ, იმის მიხედვით თუ, როგორია გარდაქმნის

$$\delta = \det \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 \end{pmatrix}, \quad (16)$$

მატრიცის დეტერმინანტი.

### 3. მანძილი მეტრიკული სივრცის ქვესიმრავლებს შორის

განვიხილოთ  $(X, d)$  მეტრიკული სივრცე.

**განსაზღვრება:** ვიტყვი, რომ  $X$  მეტრიკული სივრცის წერტილთა მიმდევრობა  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  კრებადია  $a \in X$  წერტილისაკენ, თუ  $\lim_{n \rightarrow \infty} d(x_n, a) = 0$ .

**განსაზღვრება:** ვიტყვი, რომ,  $X$  მეტრიკული სივრცის წერტილთა მიმდევრობა  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  არის ფუნდამენტური ანუ კოშის მიმდევრობა, თუ  $\lim_{n \rightarrow \infty} \lim_{m \rightarrow \infty} d(x_n, x_m) = 0$ .

ცხადია, რომ მეტრიკულ სივრცეში ყოველი კრებადი მიმდევრობა კოშის მიმდევრობაა, თუმცა, შებრუნებული დებულებაა, საზოგადოდ, არ სრულდება.

**განსაზღვრება:** მეტრიკულ სივრცეს ეწოდება სრული, თუ მასში ყოველი ფუნდამენტური მიმდევრობა კრებადია.

**განსაზღვრება:**  $(X, d)$  მეტრიკული სივრცის  $A$  ქვესიმრავლეს ეწოდება ჩაკეტილი  $(X, d)$  სივრცეში, თუ ის შეიცავს მისი ფუნდამენტური მიმდევრობების ყველა ზღვართა წერტილს.

**განსაზღვრება:**  $(X, d)$  მეტრიკულ სივრცეს ეწოდება კომპაქტური, თუ მისი წერტილების ნებისმიერი  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  მიმდევრობიდან შეგვიძლია გამოვყოთ მასში კრებადი ქვემიმდევრობა.

**P.S.** თუ საწყისი მეტრიკული სივრცეა  $\mathbb{R}^n$ , მაშინ მისი ქვესიმრავლის კომპაქტურობისათვის აუცილებელია და საკმარისი, რომ ის იყოს ჩაკეტილი და შემოსაზღვრული.

ვთქვათ მოცემულია  $(X, d)$  სრული მეტრიკული სივრცე.  $K(X)$ -ით აღვნიშნოთ  $X$  სიმრავლის ყველა კომპაქტური ქვესივრცე. განვსაზღვროთ მანძილის ცნება  $X$  სიმრავლის რაიმე  $x \in X$  წერტილსა და  $K(X)$ -ის რაიმე  $B \in K(X)$  კომპაქტურ ქვესიმრავლეს შორის, როგორც უმოკლესი მანძილი ტოლობით:

$$d(x; B) = \min\{d(x; y) : y \in B\}. \quad (17)$$

ახალ უკვე შეგვიძლია განვსაზღვროთ მანძილი ორ კომპაქტურ **A** და **B** სიმრავლეს შორის ტოლობით:

$$d(A; B) = \max\{d(x; B): x \in A\}. \quad (18)$$

ადვილი შესამოწმებელია რომ, საზოგადოდ,

$$d(A; B) \neq d(B; A). \quad (19)$$

ამ ფაქტის გამოსწორება შესაძლებელია, თუ შემოვიღებთ მანძილის ახალ  $h(A; B)$  ცნებას ფორმულით:

$$h(A; B) = \max\{d(A; B); d(B; A)\}. \quad (20)$$

ახლა უკვე სრულდება მეტრიკის სიმეტრიულობის თვისება

$$d(A; B) = d(B; A) \quad (21)$$

და  $h(A; B)$  არის  $K(X)$  სივრცის მეტრიკა. ამ მეტრიკას ხაუსდორფის მეტრიკა ჰქვია, ხოლო  $(K(X), h)$  სივრცეს ხაუსდორფის მეტრიკული სივრცე ეწოდება. ბარნსლიმ ამ სივრცეს „ფრაქტალების საცხოვრისი“ უწოდა. ეს სრული მეტრიკული სივრცეა. იმ შემთხვევაში, როცა საწყისი მეტრიკული სივრცეა  $\mathbb{R}^2$  შესაბამის კომპაქტურ ქვესიმრავლეთა სიმრავლეს აღნიშნავენ მოკლედ სიმბოლოთი  $K(\mathbb{R}^2)$ .

#### 4. გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალების გარდაქმნათა ანალიზი

კომპიუტერზე გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალების ასაგებად, ხშირად, გამოიყენება აფინურ გარდაქმნათა ნახევარჯგუფი. სიბრტყეზე აფინური გარდაქმნაა: გაჭიმვა-კუმშვის, მობრუნებისა და სიმეტრიის ასახვა.

##### 4.1. ინვარიანტული გარდაქმნა

უმარტივეს შემთხვევაში, აფინური გარდაქმნა მოიცემა როგორც მასშტაბში შემცირებისა და მობრუნების წრფივ ასახვათა კომპოზიცია:

$$T: (x; y) \rightarrow (x'; y'), \quad (22)$$

რომელიც მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases} x' = a \cdot x + b \cdot y \\ y' = c \cdot x + d \cdot y \end{cases} \quad A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}. \quad (23)$$

(23) გაედაქმნას შესაბამისი  $A$  მატრიცით ავლნიშნავთ მოკლედ  $T$  ასოთი.

თუ, სიბრტყე ასახება თავის თავზე ისე რომ,  $x' = x$  და  $y' = y$ , მაშინ (23) გარდაქმნის ფორმულებიდან მივიღებთ რომ

$$\begin{cases} x = a \cdot x + b \cdot y \\ y = c \cdot x + d \cdot y \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} (a-1) \cdot x + b \cdot y = 0 \\ c \cdot x + (d-1) \cdot y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases} \quad (24)$$

მაშასადამე, სიბრტყის თავის თავზე ასახვისას, გვაქვს ერთადერთი უძრავი წერტილი  $O(0; 0)$ . ამ უძრავი წერტილის ტიპის დასადგენად, უნდა ამოვხსნათ  $A$  მატრიცის მახასიათებელი განტოლება:

$$\lambda^2 - (a + d) \cdot \lambda + \Delta = 0, \quad (25)$$

სადა  $\Delta = \det A$ .

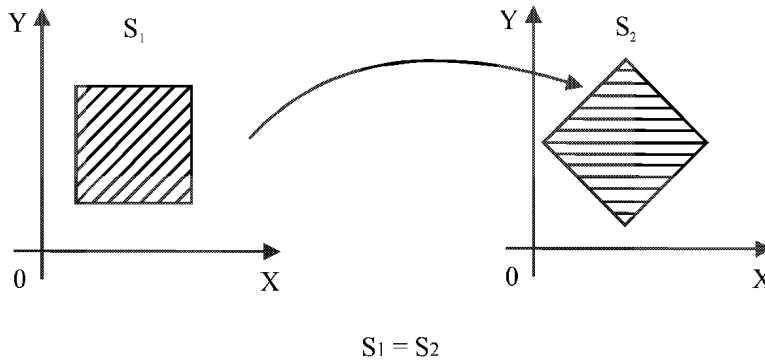
გვაქვს ოთხი შემთხვევა:

1. თუ  $|\lambda_1| < 1$  და  $|\lambda_2| < 1$ , მაშინ  $O$  წერტილი მდგრადია;
2. თუ  $|\lambda_1| < 1$  და  $|\lambda_2| > 1$ , მაშინ  $O$  უნაგირა (ჰიპერბოლური) წერტილია;
3. თუ  $|\lambda_1| = 1$  და  $|\lambda_2| = 1$ , მაშინ  $O$  ელიფსური წერტილია;
4. თუ  $|\lambda_1| > 1$  და  $|\lambda_2| > 1$ , მაშინ  $O$  არამდგრადი წერტილია.



ამბობენ რომ,  $T$  ასახვა ინახავს ფართობს თუ  $|det A| = 1$ . ამ შემთხვევაში, ცხადია რომ  $|\lambda_1| \cdot |\lambda_2| = 1$ . ფართობის შემნახველი ასახვის უძრავი წერტილი, შეიძლება იყოს მხოლოდ ელიფსური ან ჰიპერბოლური ტიპის.

განვიხილოთ ფართობის შემნახველი ასახვა (ნახ.2).



ნახ.2. ფართობის შემნახველი ასახვა

**თეორემა:** არსებობს არაგადაგვარებული წრფივი ასახვა  $(x; y) \rightarrow (x'; y')$ , რომელიც შეგვიძლია ჩავწეროთ ფორმით:

$$\begin{cases} x' = x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha \\ y' = x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha \end{cases} \quad (26)$$

სადა  $\alpha$  - მობრუნების კუთხეა, თუ  $|\lambda_1| = 1$ ,  $|\lambda_2| = 1$  და  $\Delta = 1$ .

#### 4.2. მობრუნება

განვიხილოთ, საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით (გაჭიმვა-შეკუმშვის გარეშე)  $\alpha$  კუთხით მობრუნების გარდაქმნა. ასეთი გარდაქმნა მოიცემა ფორმულებით (26). ამ გარდაქმნის იაკობიანი ცხადია, რომ ტოლია 1-ის. ეს ფორმულები ასახვენ სიბრტყის მობრუნებას კოორდინატთა სათავის გარშემო.

ასახვა, რომელიც მდგომარეობს სიბრტყის რაიმე  $(x_0, y_0)$  (უძრავი) წერტილის გარშემო, საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით  $\alpha$  კუთხით მობრუნებაში, ჩაიწერება ფორმულებით:

$$\begin{cases} x' = (x - x_0) \cdot \cos \alpha - (y - y_0) \cdot \sin \alpha + x_0 \\ y' = (x - x_0) \cdot \sin \alpha + (y - y_0) \cdot \cos \alpha + y_0 \end{cases} \quad (27)$$

#### 4.3. გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა

გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა დაკავშირებულია მასშტაბის ცვლილებასთან. ცენტრალური გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა  $O(0; 0)$  კოორდინატთა სათავის მიმართ გაჭიმვა-შეკუმშვის  $k$  მახასიათებ-ლით, მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases} x' = k \cdot x \\ y' = k \cdot y \end{cases} \quad (28)$$

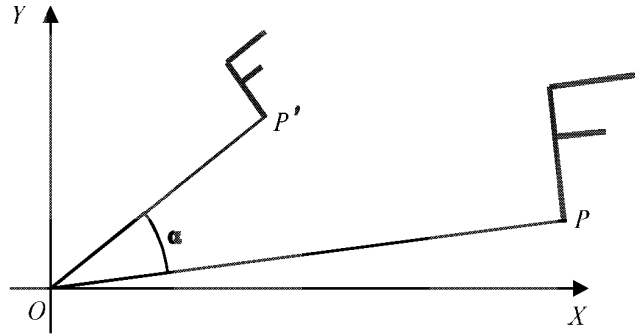
ხოლო, გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა  $M(x_0; y_0)$  წერტილის მიმართ,  $k$  მახასიათებლით, მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases} x' = k \cdot (x - x_0) + x_0 \\ y' = k \cdot (y - y_0) + y_0 \end{cases} \quad (29)$$

როცა  $|k| > 1$  ეს გარდაქმნები აღწერენ გაჭიმვის ასახვას, ხოლო როცა  $|k| < 1$  გვაქვს შეკუმშვის ასახვა. თუ  $k = -1$  გვაქვს არეკვლა  $M(x_0; y_0)$  წერტილის მიმართ ანუ მობრუნება  $180^\circ$ -იანი კუთხით საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

#### 4.4. მობრუნებისა და ცენტრის მიმართ გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნათა კომპოზიცია

კომპიუტერზე, გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალების ასაგებად, ხშირად გამოიყენება მობრუნებისა და ცენტრის მიმართ გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნათა კომპოზიცია. აქ განსაზღვრელია: მობრუნების კუთხე, ცენტრის მდებარეობა და მასშტაბირების კოეფიციენტი. მე-3 ნახაზზე მოცემულია მობრუნება, გაჭიმვა-შეკუმშვის ოპერაციის შედეგი კოორდინატა  $O(0; 0)$ სათავის მიმართ:



ნახ. 3. მობრუნებისა და ცენტრის მიმართ გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნათა კომპოზიცია

რომელიც მოიცემა(30)გარდაქმნით:

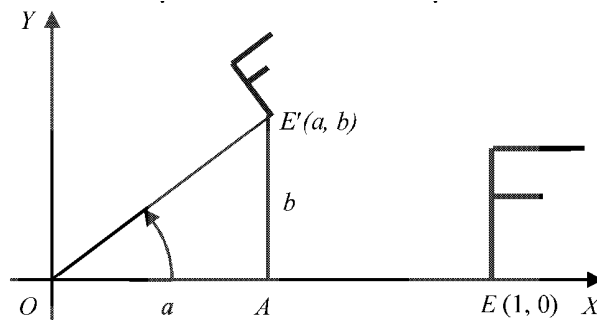
$$\begin{cases} x' = a \cdot x - b \cdot y \\ y' = b \cdot x + a \cdot y \end{cases} \quad \Delta = \begin{vmatrix} a & -b \\ b & a \end{vmatrix}. \quad (30)$$

$\Delta$  სიდიდეახასიათებს გაჭიმვა-შეკუმშვის სიდიდეს. როცა  $\Delta > 1$  გვაქვს გაჭიმვა, ხოლო  $\Delta < 1$ -ის შემთხვევაში გვაქვს შეკუმშვა. თუ გვაქვს მობრუნება, გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა, რომელის დროსაც  $E(1; 0)$  აისახება  $E'(a; b)$  წერტილში (ნახ.4), მაშინ მასშტაბირების კოეფიციენტი იქნება:

$$k = \frac{OE'}{OE} = \sqrt{a^2 + b^2}. \quad (31)$$

ამ სახვისას, მობრუნების კუთხეა  $\alpha$ , რომელიც აკმაყოფილებს ტოლობებს:

$$\cos \alpha = \frac{OA}{OE'} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \sin \alpha = \frac{AE'}{OE'} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (32)$$

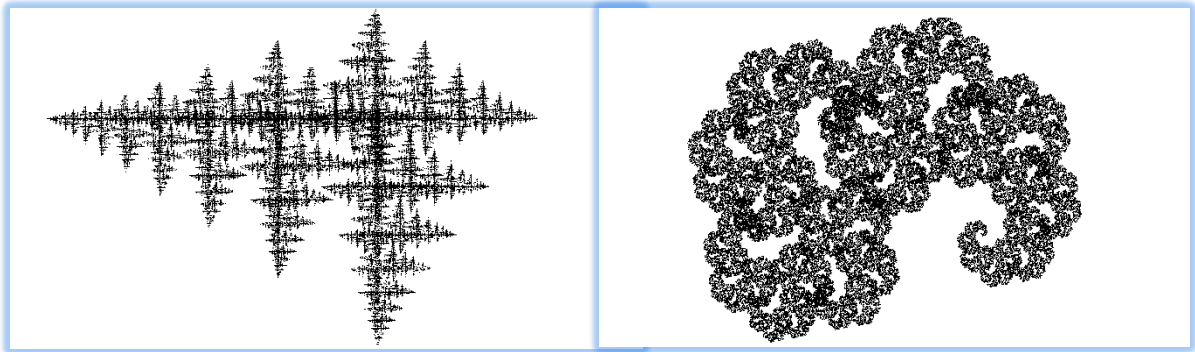


ნახ. 4. მობრუნება, გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა

თუ გვინდა ჩავწეროთ მობრუნება-გაჭიმვა-შეკუმშვის გარდაქმნა ნებისმიერი  $M(x_0; y_0)$  წერტილის მიმართ, მაშინ უნდა ვისარგებლოთ გარდაქმნით:

$$\begin{cases} x' = a \cdot x - b \cdot y + x_0 \\ y' = b \cdot x + a \cdot y + y_0 \end{cases} \quad (33)$$

ამ გარდაქმნების საფუძველზე იგება ფრაქტალები (ნახ. 5 და 6).



ნახ. 5. მობრუნება-შეკუმშვის გარდაქმნით მიღებული ფრაქტალი

ნახ. 6. ორმაგი მობრუნება-შეკუმშვის გარდაქმნით მიღებული ფრაქტალი

ბუნებაში გვხვდება მსგავსი ფრაქტალებიც (ნახ.7).



ნახ.7. კაქტუსი

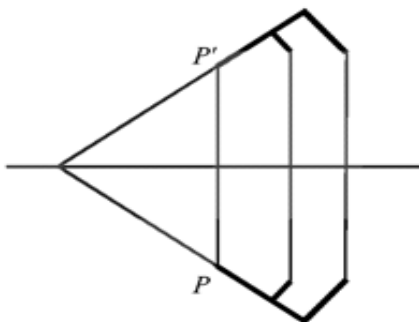
#### 4.5. სიმეტრიის გარდაქმნა

სიმეტრიის  $S$  ასახვა შეგვიძლია განვმარტოთ ტოლობით:

$$S^2 = E, \tag{34}$$

სადაც  $E$  იგივეური გარდაქმნაა. მართლაც, მოცემული ფიგურის სიმეტრიული ფიგურის სიმეტრიის გარდაქმნა გვაბრუნებს მოცემულ ფიგურასთან (ნახ.8).

ფრაქტალების კონსტრუირების დროს სიმეტრიის გარდაქმნა უმეტესწილად, გვხვდება შეკუმშვის ასახვასთან კომპოზიციაში. შეკუმშვის ასახვისას გვაქვს შეკუმშვის უძრავი ცენტრი და მასშტაბირების კოეფიციენტი, ხოლო სიმეტრიის ასახვისას - უძრავი ორი ურთიერთპერპენდიკულარული წრფე.



თუ უძრავი ცენტრია კოორდინატა სათავე  $O(0; 0)$ , მაშინ გვაქვს გარდაქმნა:

$$\begin{cases} x' = k \cdot x \\ y' = -k \cdot y \end{cases} \tag{35}$$

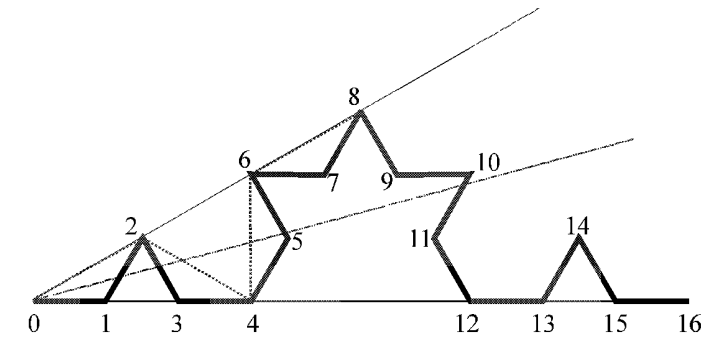
ნახ.8. ღერძის მიმართ სიმეტრიის გარდაქმნა

უფრო ზოგად შემთხვევაში, როცა გვაქვს უძრავი  $M(x_0; y_0)$  ცენტრი, კუმშვა-სიმეტრიის ასახვა მოიცემა გარდაქმნებით:

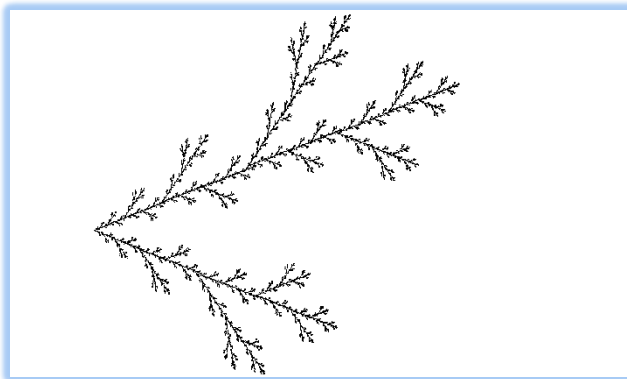
$$\begin{cases} x' = a \cdot x + b \cdot y + x_0 \\ y' = b \cdot x - a \cdot y + y_0 \end{cases} \quad (36)$$

სადაც მასშტაბირების კოეფიციენტი  $k = \sqrt{a^2 + b^2}$ .

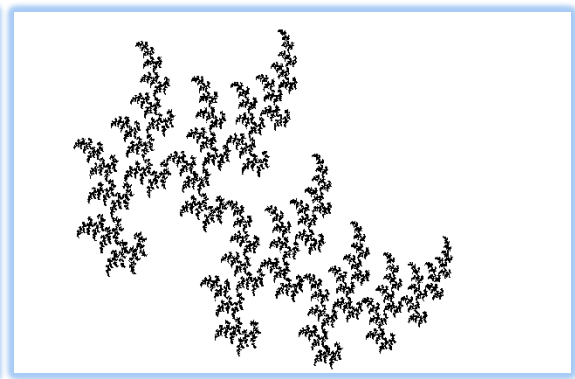
შეკუმშვა-სიმეტრიის ასახვათა კომპოზიცია ფართოდ გამოიყენება ფრაქტალების აგებისას (ნახ.9-11).



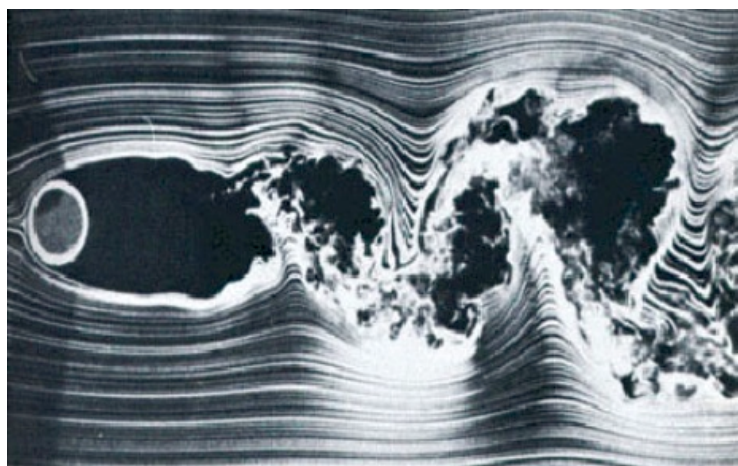
ნახ.9. შეკუმშვა-სიმეტრიის ასახვათა კომპოზიცია კოხის ფრაქტალში



ნახ.10. შეკუმშვა-სიმეტრიის ასახვათა კომპოზიცია დენდრიტის ფრაქტალში

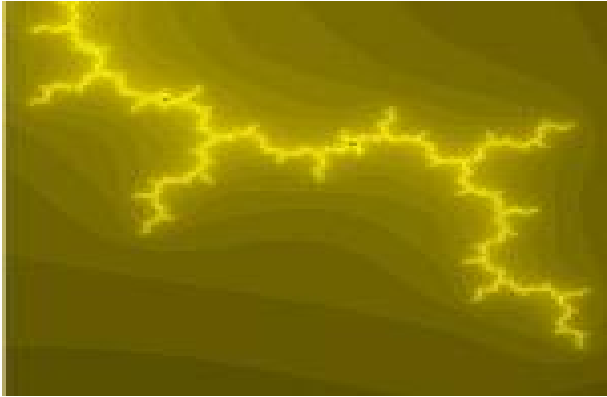


ნახ.11. ფრაქტალი რომელიც მიიღება მობრუნება-შეკუმშვისა და შეკუმშვა-სიმეტრიის ასახვათა კომპოზიციით



ნახ.12. ბლანტი სითხით ცილინდრის გარსდენისას მიიღება ტურბულენტური კვალი, რომელიც რღვევის უბნებში ქმნის ბუნებრივ ფრაქტალს





ნახ.13. ჭექა-ქუხილის დროს ცაზე გამოსახული ფრაქტალი



ნახ.14. თოვლის ზვავის ფრაქტალიც ცოცხალი სისტემაა



ნახ.15. თერგის ჩანჩქერის ფრაქტალი



ნახ.16. ლორწომის კლდის დაფრაქტალეზებული ზედაპირი ქსნის ხეობაში



ნახ.17. ცხავატის გამშრალი თიხის ზედა ფენის ფრაქტალი, რომელიც ძალიან წააგავს კანის ტექსტურასა და მცენარეთა ფოთლის აღნაგობას

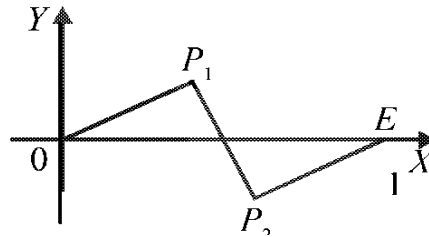


ნახ.18. წყლის და მიწის ურთიერთქმედებით ჩამოყალიბებული კავკასიონის მთათა ფრაქტალური ლანდშაფტი

### 5. გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალის აგების ალგორითმი

უკვე განხილული გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალების აგების მაგალითებიდან გამომდინარე, ავაგოთ ასეთი ფრაქტალების აგების ზოგადი ალგორითმი.

ვთქვათ დედა-ფრაქტალი შედგება  $n$  რაოდენობის მონაკვეთებისაგან, ხოლო მამა-ფრაქტალის ფრაგმენტი მოიცავს  $m$  მონაკვეთს. დედა-ფრაქტალისა და მამა-ფრაქტალის მონაკვეთების ბოლოების კოორდინატები, ითვლება, რომ წინასწარაა განსაზღვრული. ვთქვათ, მოცემულია მამა-ფრაქტალი (ნახ.19).



ნახ.19. მამა-ფრაქტალი

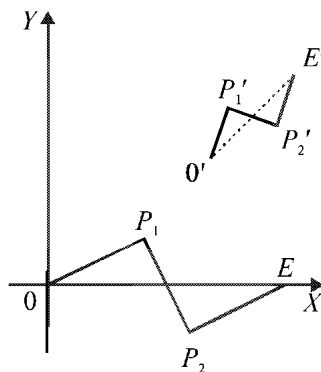
$O$  წერტილი კოორდინატა სათავეა კოორდინატებით  $(0; 0)$ , ხოლო  $E$  წერტილის კოორდინატებია  $(1; 0)$ . შუალედური წვეროების კოორდინატებია  $P_1(0.4; 0.2)$ ,  $P_2(0.6; -0.2)$ . მაშინ გვექნება, რომ  $OP_1 = P_1P_2 = P_2E = \frac{1}{\sqrt{5}}$ .

დედა-ფრაქტალად განვიხილოთ კვადრატი წვეროებით  $(1; 1)$ ,  $(-1; 1)$ ,  $(-1; -1)$ ,  $(1; -1)$ . თუ ბიჯების რაოდენობაა  $k$ , მაშინ  $OE$  მამა-ფრაქტალის მოქმედებით დედა-ფრაქტალის ყოველ მონაკვეთზე მივიღებთ  $m^k - 1$  წვეროს მქონე ტეხილს. ამ ტეხილის წვეროების კოორდინატები გამოითვლება მსგავსების გარდაქმნით:

$$\begin{cases} x' = (x_2 - x_1) \cdot x - (y_2 - y_1) \cdot y + x_1 \\ y' = (y_2 - y_1) \cdot x + (x_2 - x_1) \cdot y + y_1 \end{cases} \quad (37)$$

ამ გარდაქმნის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია ნათლად ჩანს მე-20 ნახაზზე. შესაბამისად, გვაქვს ასახვა:  $O(0; 0) \rightarrow O'(x_1; y_1)$ ,

$$E(1; 0) \rightarrow E'(x_2; y_2), P(x; y) \rightarrow P'(x'; y').$$

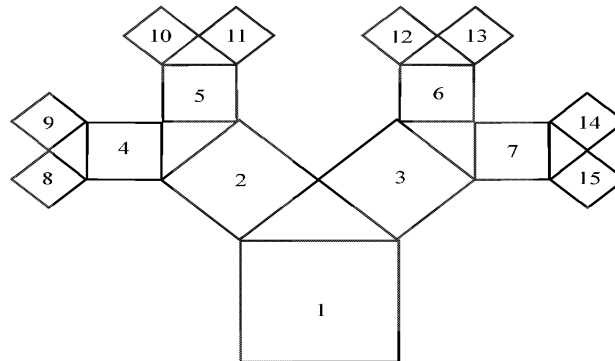


ნახ.20. მსგავსების გარდაქმნა



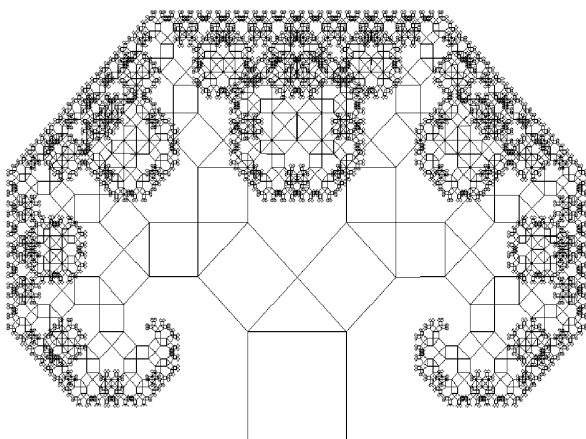
### 5.1. პითაგორას ფრაქტალური ხე

განვიხილოთ ერთეულოვანი ფართობის მქონე კვადრატები, როგორც დედა-ფრაქტალი ნომრით 1, (ნახ.21), ხოლო მამა-ფრაქტალი იყოს მის ზედა გვერდზე ჰიპოტენუზით დაყრდნობილი ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედი, მის კათეტებზე აგებული კვადრატებით, ნომრით 2 და 3. შემდეგ ეს პროცესი მეორდება თითოეული ამ ახალი კვადრატისათვის და ა.შ. ადვილი მისახვედრია, რომ 2 და 3 ნომრის მქონე კვადრატების ფართობთა ჯამიც იქნება 1. იგივე ფაქტს ადგილი აქვს სხვა კვადრატებისთვისაც.



ნახ.21. პითაგორას ფრაქტალური ხის აგების დაწყებითი ეტაპები

თუ დავაკვირდებით ამ ნახაზს, დავინახავთ, რომ კვადრატზე ინდექსით  $n$ , დაყრდნობილია ტოლფერდა მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის კათეტებზე იზრდება უფრო მცირე სიდიდის ორი კვადრატი. მარცხნივ მდგომი კვადრატის ინდექსია  $2n$ , ხოლო მარჯვნივ მდგომი კვადრატისა-  $(2n + 1)$ . მაშინ ყოველ დონეზე არსებული კვადრატების ფართობთა ჯამი, საწყისი კვადრატის ფართობის ტოლია ანუ თუ განვიხილავთ კვადრატებს ნომრით 8;9;10;11;12;13;14;15 აღმოვაჩინოთ, რომ მათი ფართობთა ჯამიც ერთის ტოლია. თუ ამ პროცესს გავაგრძელებთ, მაშინ მივიღებთ პითაგორას ფრაქტალურ ხეს (ნახ.22).



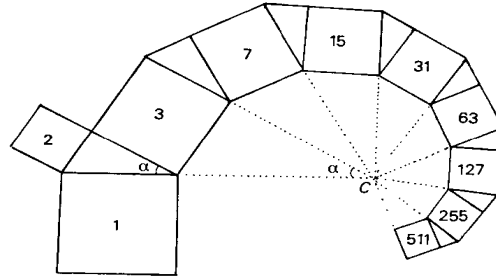
ნახ. 22. პითაგორას ფრაქტალური ხე



ნახ.23. მაგნიუმის ხელოვნური დენდრიტი, რომელიც მიიღება მაგნიუმის ორთქლის კონდენსაციით ცივ ზედაპირზე. ძალიან ჰგავს ნაძვის გირჩების გროვას

### 5.2. პითაგორას სპირალური ფრაქტალური ხე

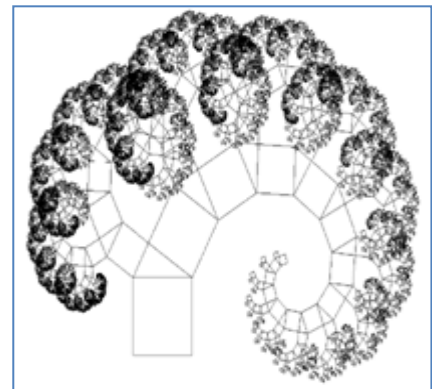
პითაგორას სპირალური ფრაქტალური ხე არის პითაგორას ფრაქტალური ხის განზოგადება. მისი აგების ალგორითმი მოცემულია 24-ე ნახაზზე.



ნახ.24. პითაგორას სპირალური ფრაქტალური ხის აგების ალგორითმი.

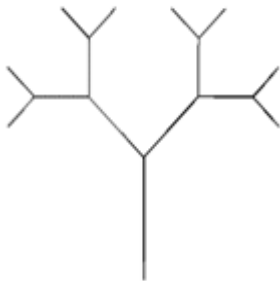
ფრაქტალი წარმოიქმნება თითოეულ ბიჯზე, მარჯვენა მხრიდან კვადრატის დამატებით.

ლოგარითმული სპირალი წარმოიქმნება მსგავსების გარდაქმნით, რომელიც წარმოადგენს მობრუნებას  $\alpha$  კუთხით და მასშტაბური შემცირებით  $\cos \alpha$ -ჯერ. ერთდროულად, შეგვიძლია განვიხილოთ მსგავსების გარდაქმნა, რომელიც მოქმედებს მარცხენა მხრიდან: მობრუნება  $(\frac{\pi}{2} - \alpha)$ -კუთხით და მასშტაბური შემცირება  $\sin \alpha$ -ჯერ. მაშინ მივიღებთ სპირალურ ფრაქტალურ ხეს (ნახ.25), სადაც  $\alpha = \frac{\pi}{6}$ .

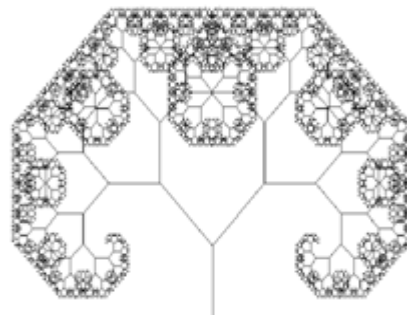


ნახ.25. სპირალური ფრაქტალური ხე

თუ გავამარტივებთ პითაგორას სპირალური ფრაქტალური ხის აგების ალგორითმს, რისთვისაც უკუვაგდებთ კვადრატებს და დავხატავთ მხოლოდ იმ მონაკვეთებს. რომლებიც აერთებს სამკუთხედების ცენტრებს, ხოლო სამკუთხედებს ასევე, აღარ დავიტანთ ნახაზზე, მივიღებთ პითაგორას სპირალურ, გამიშვლელ ფრაქტალურ ხეს, რომელიც გამოსახულია 26-27 ნახაზებზე.



ნახ.26. პითაგორას სპირალური, გამიშვლელ ფრაქტალური ხის აგების საწყისი ბიჯები

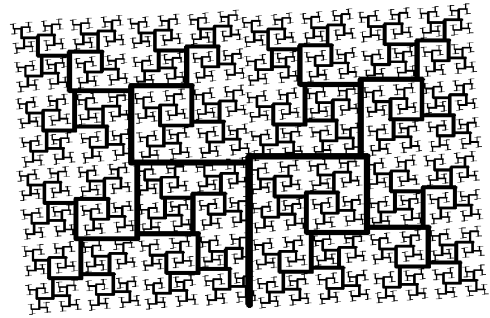


ნახ.27. პითაგორას სპირალური, გამიშვლელ ფრაქტალური ხე

მანდელბროტის წიგნში განხილულია ფრაქტალური ხის ხსენებული ვარიანტებიც (ნახ.28,29) [1].

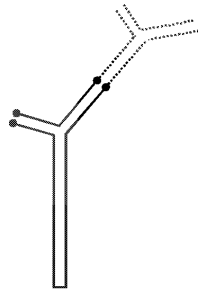


ნახ.28. მანდელბროტის ფრაქტალური ხის დედა-ფრაქტალი და ზემოთა აგრეგატი (მამა-ფრაქტალი)

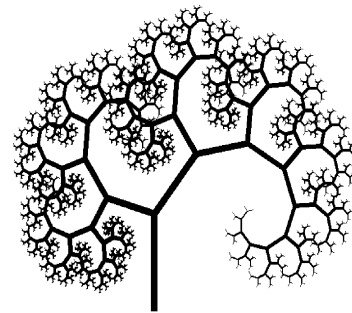


ნახ.29. მანდელბროტის ფრაქტალური ხე

მანდელბროტმა ააგო რეალური ფრაქტალური ხის მოდელიც ( ნახ.30,31).



ნახ.30. რეალური ფრაქტალური ხის მოდელი



ნახ.31. რეალური ფრაქტალური ხე

განვიხილოთ შესაბამისი ბუნებრივი ფრაქტალების სურათები (ნახ. 10-23).



ნახ.32. დედამიწის ზედაპირის სურათები კოსმოსიდან გვამღევენ ფრაქტალური ფორმის ლანდშაფტს



ნახ.33. თხევადი ან გაზობრივი ნივთიერების კრისტალიზაციით წარმოქმნილი მინერალის ფრაქტალი



ნახ.34. ქვიშის დიუნის წყლით ნაწილობრივი მორეცხვის შედეგად წარმოქმნილი ფრაქტალი



ნახ.35. ხის ტოტები - ბუნებრივი ფრაქტალი





ნახ.36. ხის ტოტები იყოფა ორად, შემდეგ ბიჯზე, თითოეული ტოტი კვლავ იყოფა და ა.შ. გარკვეულ სასრულ რაოდენობამდე (როგორც მის გენეტიკურ პროგრამაშია ჩადებული) ესაა დენდრიტის ტიპის ფრაქტალი



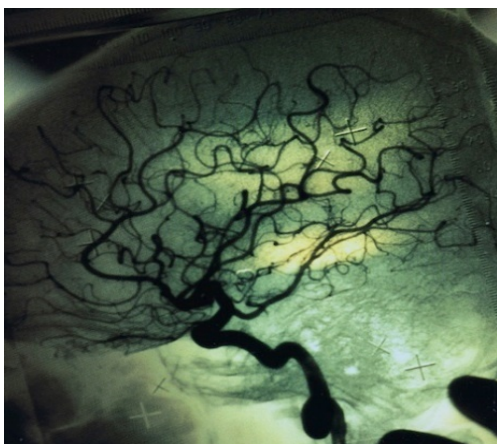
ნახ.37. ბაობაბი, აგრეთვე, ფრაქტალური კანონით იტოტება, თუმცა ყველა ხეს აქვს თავისი გენეტიკური კოდი (დატოტვის წესი)



ნახ.38. ამოფრქვეული ვულკანის გაცივებული ლავა ინარჩუნებს დინების ფრაქტალურ ფორმას



ნახ.39. მცენარეთა ფრაქტალური ფორმაა - დენდრიტი

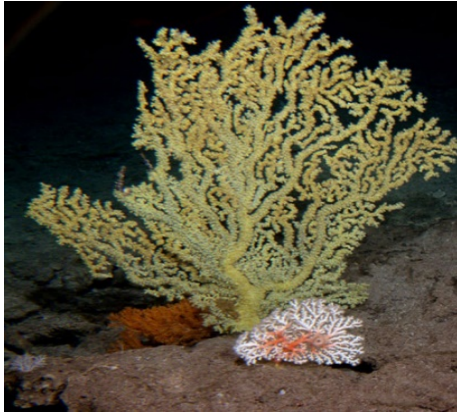


ნახ.40. ადამიანის ტვინის სისხლძარღვთა სისტემაც დენდრიტია

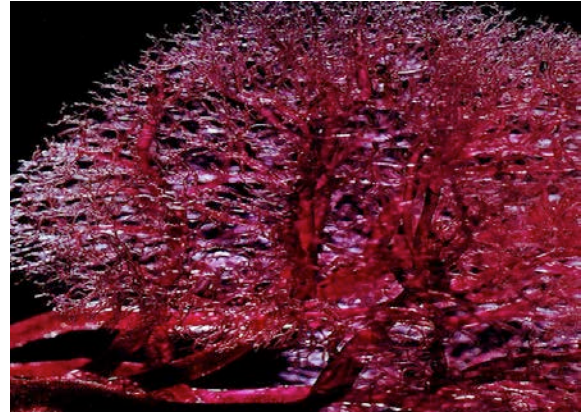


ნახ.41. მდინარეთა დატოტვის ფრაქტალიც დენდრიტია





ნახ.42. მარჯუნის ფრაქტალიც დენდრიტია



ნახ.43. ფილტვი შეიცავს ერთმანეთში გადაჯაჭვულ სამ ფრაქტალს: სასუნთქი ფრაქტალი, სისხლძარღვთა ვენოზური სისხლის და არტერიული სისხლძარღვების ფრაქტალები



ნახ.44. ამაზონის წყლის შროშანის ფრაქტალი



ნახ.45. ბაობაბის დატოტვის სისტემა მოგვაგონებს სისხლძარღვთა სისტემას

## 6. დასკვნა

როგორც ვხედავთ, ცოცხალი სისტემების მოდელირებისათვის საკმაოდ კარგად მუშაობს გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია თვითმსგავსების თვისება, ანუ მასშტაბური. თუმცა გარემო პირობების სისტემატიურად ცვლილების გამო, იცვლება ცოცხალი სისტემების ზრდის (ეკოლუციის) ტემპიც და ზოგჯერ ხდება გენეტიკური მუტაციაც, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მისი დინამიკის მცირედ განსხვავებას იდეალური ფრაქტალური კანონისაგან. ამ პრობლემის ამოსახსნელად ზოგჯერ იყენებენ შემთხვევით პროცესებსაც. თუმცა, ბუნება იმდენად მრავალფეროვანია და საიდუმლოებებით სავსე, რომ ცოცხალი სისტემების საბოლოოდ ფორმალიზაცია ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება.

### ლიტერატურა:

1. МандельбротБ. (2002). Фрактальная геометрия природы. Пер. сангл., Ижевск.
2. Lauwerier H.A. (1991). Fractals – images of chaos. Princeton Univ., press.
3. Кроновер Р.М. (2000). Фракталы и хаос в динамических системах. Пер. сангл., Москва.

4. Julia G. (1918). Memoir sur l'iteration des fonctions rationnelles. J. de Mathematiques pures et appliquees, v. 1, Paris.
5. Пайтген Х.О., Рихтер П.Х. (1993). Красота фракталов. Пер. с англ., Мир, Москва.
6. Мандельброт Б. (2004). Фракталы, случай и финансы. Пер. с франц., Ижевск, Москва.
7. Мандельброт Б. (2009). Фракталы и хаос. Множество Мандельброта и другие чудеса. Пер. с англ., Ижевск, Москва.
8. Richardson LF. (1922). Weather prediction by numerical process. Cambridge University press.
9. Морозов А.Д. (2002). Введение в теорию фракталов. Институт компьютерных исследований, Ижевск, Москва.
10. Божокин С.В., Паршин Д.А. (2001). Фракталы и мультифракталы. НИЦ «регулярная и хаотическая динамика», Ижевск.
11. ობგაძე თ. (2016). მათემატიკური მოდელირება, მონოგრაფია, სტუ, თბილისი.

## GEOMETRICALLY CONSTRUCTED BY COMMON FRACTALS AND QUESTIONS OF MODELING OF LIVING SYSTEMS

Obgadze Tamaz, Kortieva Vera

Georgian Technical University

### Summary

We consider the ideal geometrically constructed by fractals. Give different ways of designing and structuring. We analyzed the limits of their applicability for modeling the evolution of living systems. Dendrite growth mechanisms are considered, as in the ideal, and in open systems. It proposed a formal definition of a geometrically constructed a perfect fractal.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИ КОНСТРУИРУЕМЫЕ ИДЕАЛЬНЫЕ ФРАКТАЛЫ И ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Обгадзе Тамаз, Кортиева Вера

Грузинский Технический Университет

### Резюме

В работе рассматриваются идеальные геометрически конструируемые фракталы. Даются различные способы их конструирования и структурирования. Проанализированы границы их применимости для моделирования эволюции живых систем. Рассматриваются механизмы роста дендритов, как в идеальных, так и в открытых системах. Предлагается формальное определение геометрически конструируемого идеального фрактала.



## მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ექსპლოატაციის საიმედოობის ზოგიერთი საკითხისათვის

ზურაბ ბაიაშვილი, დავით წამალაშვილი, მზიანა ნიჟარაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

წარმოდგენილია რთული ტექნიკური სისტემების ერთ-ერთი სახეობის – მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების – ექსპლოატაციის დროს მათი ცალკეული ელემენტ(ებ)ის მტყუნების შემთხვევაში მთლიანი სისტემის მოსალოდნელი ეკონომიკური მაჩვენებლების გამოთვლის ერთი მეთოდი. ამისათვის დგება დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა, რომელიც დაიყვანება წრფივ განტოლებათა სისტემაზე. ამ სისტემის ამონახსნები დებულობს მონაწილეობას ტელესაკომუნიკაციო სისტემის ეკონომიკური ეფექტიანობის გამოთვლისას. მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს შეფერხებების გარკვეული შემთხვევების დროს შევამციროთ ფინანსური დანაკარგები და გავზარდოთ მობილური სისტემების მომსახურების ხარისხი.

**საკვანძო სიტყვები:** მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემები. საიმედოობა. მოდელირება. მარკოვის დიფერენციალური განტოლებები.

### 1. შესავალი

თანამედროვე ტელესაკომუნიკაციო სისტემა – ესაა რთული ადამიანურ-მანქანური სისტემა, რომელიც მოიცავს ერგატულ ნაწილებს, ტექნიკურ საშუალებებს და პროგრამულ უზრუნველყოფას.

საინფორმაციო ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ხარისხის ძირითადი კომპონენტებია საიმედოობა, უტყუარობა და უსაფრთხოება. საიმედოობა არის სისტემის თვისება გარკვეული დროის განმავლობაში შეინარჩუნოს მოცემულ რეჟიმსა და პირობებში ფუნქციონისათვის აუცილებელი პარამეტრების მნიშვნელობები დადგენილ საზღვრებში.

ერთ-ერთი საკვანძო მოთხოვნა, რომელსაც ტელესაკომუნიკაციო სისტემები უნდა აკმაყოფილებდნენ, ესაა ექსპლოატაციისას მათი მდგრადობა ტექნიკური შეფერხებების მიმართ და მათი ცალკეული ელემენტების რეზერვირების სათანადო დონის უზრუნველყოფა. არ შეიძლება იმის დაშვება, რომ ერთი ელემენტის მტყუნებამ გამოიწვიოს მთლიანი ქსელის ფუნქციონის დარღვევა.

ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ნორმალური ფუნქციონის დარღვევებმა (მტყუნებებმა), მათი ხარისხიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოიწვიოს მობილური ოპერატორების ეფექტიანობის მკვეთრი დაქვეითება და მნიშვნელოვანი ფინანსური დანაკარგები. აქედან გამომდინარე, მეცნიერული პროგნოზით წინასწარ განსაზღვრული, კალენდარულ დროში გამოსახული მუშაობის შეფერხებების მოსალოდნელი მაჩვენებლები საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი სარემონტო სამუშაოების ორგანიზების დაგეგმვისას, სათანადო ნაწილების ოპტიმალური მარაგების შექმნის, მიწოდებისა და ცალკეული ელემენტების (დანადგარების) შეცვლის ვადის დადგენისას [1, 2].

## 2. მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ტექნიკური მომსახურების სახეები და მეთოდები

იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს აბონენტების უწყვეტი მომსახურება ნებისმიერი სახის ინფორმაციის გადაცემის მაღალი ხარისხით, აუცილებელია ფიჭური კავშირის მოწყობილობებისა და არხების მომსახურების კომპლექსური ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებების გატარება. ღონისძიებები მიმართული უნდა იყოს ექსპლოატაციის პროცესში წარმოშობილი ცალკეული ელემენტების გაუმართაობების, მტყუნებების აღმოჩენის, არიდებისა და აღმოფხვრისაკენ.

საწარმო პირობებში მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ტექნიკური მომსახურება ხორციელდება შემდეგი მეთოდების გამოყენებით: პროფილაქტიკური ტექნიკური მომსახურება – ხორციელდება გარკვეული დროითი ინტერვალების შემდეგ ან წინასწარ დადგენილი კრიტერიუმების მიხედვით და მიმართულია ქსელის (სისტემის) ელემენტების მოსალოდნელი მტყუნების ან ფუნქციონის გაუარესების თავიდან აცილების მიზნით; მაკორექტირებელი ტექნიკური მომსახურება – ტარდება ქსელის მტყუნებული ელემენტების აღმოჩენის შემდეგ და მიმართულია მათი პარამეტრების დადგენილ დასაშვებ საზღვრებთან შესაბამისობაში მოყვანისაკენ; მართვადი ტექნიკური მომსახურება – ქსელის ელემენტების მდგომარეობის სისტემატური ანალიზი მუშა მახასიათებლების მაკონტროლებელი საშუალებების გამოყენებით.

ქვემოთ ყურადღებას გავამახვილებთ მაკორექტირებელ ტექნიკურ მომსახურებაზე, ვინაიდან ტერიტორიულად განაწილებული ყველა საბაზო სადგური განუწყვეტელ ექსპლოატაციაშია მთელი დღე-ღამის განმავლობაში. მუშაობის ასეთი რეჟიმი იწვევს მოწყობილობების ელემენტთა ცვეთას, რის გამოც დროთა განმავლობაში კავშირის ხარისხი ქვეითდება და ხდება ცალკეულ ელემენტთა ან გარკვეული კვანძების მტყუნება. ეფექტიანი მომსახურების მიზნით მობილური კავშირგაბმულობის სისტემების საბაზო სადგურების მოწყობილობები იყოფიან შემდეგ ნაწილებად: საიმედოობის ბლოკები; შესაცვლელი ტიპიური ელემენტები; აღდგენის ბლოკები.

სადგურის პერსონალისათვის შეცდომის ან დაზიანების შეტყობინებისათვის არსებობს საავარიო სიგნალიზაციის ქვესისტემა. მობილური კავშირის ტელესაკომუნიკაციო სადგურების მთელი მოწყობილობა დაყოფილია საიმედოობის ბლოკებად.

საიმედოობის ბლოკი არის მოწყობილობათა კრებული, რომლიც ასრულებს გარკვეულ ფუნქციას ერთობლიობას. საიმედოობის ბლოკი ისეა მოწყობილი, რომ თუ ერთი ფუნქცია მაინც ვერ სრულდება, მაშინ სადგური ვერ გამოიყენებს დანარჩენ ფუნქციებსაც. ამრიგად, ფუნქციათა მთელი ნაკრები შეიძლება აღმოჩნდეს მუშაობის პროცესიდან გამოთიშული.

საიმედოობის ბლოკები არ გადაიფარებიან ერთმანეთით, თუმცა იერარქიული პრინციპით ისე არიან მოწყობილი, რომ საიმედოობის ბლოკის მწყობრიდან გამოსვლა იწვევს მასზე დამოკიდებული ქვემდგომი საიმედოობის ბლოკების გათიშვას. საიმედოობის ეს დამოკიდებული ბლოკები მწყობრიდან გამოსულ ზემდგომ ბლოკებთან ერთად ავტომატურად ითიშებიან ექსპლოატაციიდან.

მობილური ტელესაკომუნიკაციო კავშირების საბაზო სადგურების ტექნიკური

მომსახურების სტრატეგია ისეა აგებული, რომ მტყუნება და გაუმართაობა აღმოიფხვრება მტყუნებული ელემენტების ჩანაცვლებით.

შესაცვლელი ტიპიური ელემენტი არის ის უმცირესი ბლოკი, რომელიც შეიძლება შეიცვალოს სარეზერვო ელემენტით, მაგალითად, ძაბვის გარდამქმნელით, ვიდეომონიტორით ან სხვა ელემენტით. სადგურის დიაგნოსტიკის თვალსაზრისით, შესაცვლელი ტიპიური ელემენტი წარმოადგენს მოწყობილობის საბაზო ელემენტს და, მისი ტიპისაგან გამომდინარე, შეიძლება წარმოადგენდეს საიმედოობის ბლოკის ნაწილს ანდა თავისთავში მოიცავდეს საიმედოობის რამოდენიმე ბლოკს.

აღდგენის ბლოკი საიმედოობის ბლოკების ის მინიმალური ერთობლიობაა, რომელიც უნდა იქნეს მტყუნებული, რომ შესაძლებელი იყოს შესაცვლელი ტიპიური ელემენტების ჩანაცვლება სარეზერვო ელემენტებით.

საბაზო სადგურის მუშაობაში დარღვევის წარმოქმნის შემთხვევაში საავარიო სიგნალიზაციის სისტემა იძლევა შეტყობინებას, რაც საშუალებას აძლევს სადგურის პერსონალს სწრაფად აღმოაჩინონ მოწყობილობ(ებ)ის გაუმართაობები (უმეტეს შემთხვევებში მტყუნებები), რომლებიც საჭიროებენ მყისიერ რეაგირებას.

ტექნიკური მომსახურების სტრატეგია შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან: თვით საბაზო სადგურის მოწყობილობებით განხორციელებული მოწყობილობების თვითკონტროლისა და გაუმართაობების ავტომატური აღმოჩენისა და სარემონტო ბრიგადის მიერ მომსახურებისა და აღდგენისაგან.

დიაგნოსტიკური ტესტებით აღმოჩენილი გაუმართაობისა და დაზიანების ადგილი დგინდება შესაცვლელი ტიპიური ელემენტების სიზუსტით. როცა ერთ-ერთი ზემოთ ჩამოთვლილი საკონტროლო სისტემით დგინდება გაუმართაობა, მაშინ დაზიანება განისაზღვრება საიმედოობის ბლოკის დონეზე და, საჭიროების შემთხვევაში, ხდება საიმედოობის ბლოკის გამორთვა ექსპლოატაციიდან, რათა გამოირიცხოს დაზიანების შემდგომი გავრცელება. ამის შემდეგ გამოიყენება დიაგნოსტიკური ტესტირების პროგრამა შესაცვლელი ტიპიური ელემენტების დონეზე დაზიანების დადგენისათვის. მხოლოდ ამ პროცედურის გავლის შემდეგ დგინდება აღსადგენია თუ საერთოდ შესაცვლელი ესა თუ ის ელემენტი.

მოხილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ეფექტიანობა მიიღწევა მისი აპარატურული (Hardware) და პროგრამული (Software) ნაწილების შეფერხებების შემცირებითა და საიმედოობის უზრუნველყოფით [3].

სარეზერვო ელემენტებისა და აღდგენის ორგანოების ოპტიმალური რაოდენობის დადგენისა და მტყუნებული (ასევე, ცვეთის ზღვრამდე მიყვანილი) ელემენტების დროული ჩანაცვლებით შესაძლებელია მნიშვნელოვნად ავამაღლოთ სისტემის მდგრადობა ტექნიკური შეფერხებების მიმართ [4].

ქვემოთ მოგვყავს ტელესაკომუნიკაციო სისტემების სხვადასხვა მოსალოდნელი მდგომარეობის ფუნქციონის აღმწერი მათემატიკური მოდელების გამოყენებით, გარკვეული კერძო შემთხვევებისათვის, სპეციალურად შემუშავებული პროგრამით გამოანგარიშებული სისტემის მოსალოდნელი ეკონომიკური მაჩვენებლები.

### 3. მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების ფუნქციონის აღმწერი მოდელები

ცნობილია, რომ მასობრივი მომსახურების სისტემების, მათ შორის მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების, ფუნქციონის აღწერის ერთერთი მეთოდია კოლმოგოროვის დიფერენციალური განტოლებათა გამოყენება, რომლებიც სისტემის მდგომარეობიდან გამომდინარე ლებულობენ სხვადასხვა სახეს.

ექსპლოატაციაში მყოფი სისტემის შემადგენელი ნაწილების (ელემენტების) მუშა პარამეტრების მნიშვნელობებიდან გამომდინარე სისტემა შეიძლება იყოს: თავისუფალ მდგომარეობაში – არ მიმდინარეობს არცერთი ოპერაცია: ან ძირითად ჯგუფს აკლია ერთი ელემენტი, ეს ელემენტი აღდგენილია და მიმდინარეობს მისი ჩანაცვლება; მტყუნებულია ელემენტი (ელემენტები) და მიმდინარეობს მხოლოდ აღდგენა, ან მხოლოდ ჩანაცვლება ანდა ორივე ოპერაცია ერთად.

ამ ოპერაციების აღმწერი შესაბამისი განტოლებები მოყვანილია ნაშრომში [5].

### 4. მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემის კონომიკური ანალიზი

დღეისათვის საქართველოში მოქმედებს რამდენიმე მობილური ტელესაკომუნიკაციური ოპერატორი. თითოეული მათგანის საბაზო სადგურების რაოდენობა თბილისში მერყეობს საშუალოდ 250 – 300 -ის ფარგლებში, ხოლო მთლიანად საქართველოში 1000 – 1500 -ის ფარგლებში.

ფიჭური ტელესაკომუნიკაციო საბაზო სადგურების გეგმიური ტექნიკური მომსახურებისა და ექსპლოატაციის პროცესში წარმოქმნილი გაუმართაობების (მტყუნებების) აღმოფხვრისათვის შექმნილია სხვადასხვა მიმართულების მქონე სპეციალისტებისაგან შემდგარი (ელექტრომექანიკოსები, აპარატურის სპეციალისტები, პროგრამული უზრუნველყოფის ჯგუფი) ბრიგადა.

თბილისში განლაგებული მობილური კავშირის საბაზო სადგურები უფრო ინტენსიურადაა დატვირთული ვიდრე რაიონებში, ამიტომ მტყუნებების (ავარიების) რაოდენობაც დედაქალაქში მეტია – საშუალოდ თვეში 40 – 50 (ერთ-ერთი მობილური ოპერატორის სისტემაში), რაიონებში ეს ციფრი შეადგენს 15 – 30.

ერთერთი მობილური ოპერატორის ქსელის ტექნიკური მომსახურების მონაცემები: კომპანიის დანახარჯები სისტემის ტექნიკურ ექსპლოატაციაზე მოიცავენ ხელფასს, სოციალურ ანარიცხებს, ადმინისტრაციულ ხარჯებს, დანახარჯებს პროფილაქტიკურ, მაკორექტირებელ და მართვად ტექნიკურ მომსახურებებზე. კუთრი დანახარჯები (ქსელის ერთი ელემენტის ექსპლოატაციაზე მოსული) შეადგენენ დაახლოებით 2000 აშშ დოლარს (2008 – 2009 წწ). ქსელის ელემენტთა რაოდენობა მერყეობს 450-550 ფარგლებში. კომპანიის შემოსავალი ერთი საბაზო სადგურიდან (თუ ვიგულისხმებთ, რომ ყველა სადგური თანაბრადაა დატვირთული) – 34 000 ლარი თვეში.

მობილური ტელესაკომუნიკაციო სისტემების მუშაობის ეფექტიანობა შეიძლება აღიწეროს ფორმულით [6]:

$$F = F(m, n, k, l) = \sum_{i=0}^9 c_i E_i \quad (4.1)$$



სადაც:  $m$  – სისტემის ძირითად ელემენტთა რაოდენობა;  $n$  – სისტემის სარეზერვო ელემენტთა რაოდენობა;  $k$  – აღდგენის ორგანოთა რაოდენობა;  $l$  – გადამრთველთა რაოდენობა;  $\alpha$  ( $i=9$ ) – სისტემის ერთი ელემენტის მიერ რაიმე ფიქსირებულ დროში მოტანილი შემოსავალი;  $E_1$  – ქმედუნარიანი ძირითადი ელემენტების საშუალო რაოდენობა;  $E_2$  – ქმედუნარიანი სარეზერვო (ჩანაცვლების პროცესში მყოფი) ელემენტების საშუალო რაოდენობა;  $E_3$  – ქმედუნარიანი სარეზერვო ელემენტების საშუალო რაოდენობა, რომლებიც არ არიან ჩანაცვლების პროცესში;  $E_4$  – მტყუნებული სარეზერვო ელემენტების საშუალო რაოდენობა, რომლებიც არიან აღდგენის პროცესში;  $E_5$  – მტყუნებული სარეზერვო ელემენტების საშუალო რაოდენობა, რომლებიც არ არიან რემონტის პროცესში;  $E_6$  – ჩანაცვლების პროცესში მყოფი ჩანაცვლების ორგანოების საშუალო რაოდენობა;  $E_7$  – ჩანაცვლების პროცესში არ მყოფი ჩანაცვლების ორგანოების საშუალო რაოდენობა;  $E_8$  – რემონტის პროცესში მყოფი სარემონტო ორგანოების საშუალო რაოდენობა;  $E_9$  – რემონტის პროცესში არმყოფი სარემონტო ორგანოების საშუალო რაოდენობა.

სისტემის მოსალოდნელი მდგომარეობების მახასიათებლები (ალბათობები)  $P(i,j)$ , (სადაც  $i$  იმ ელემენტთა რაოდენობა რომლებიც აკლია სისტემის ძირითად ჯგუფს, ხოლო  $j$  მტყუნებულ ელემენტთა რაოდენობა) განისაზღვრება კოლმოგოროვის დიფერენციალური განტოლებებიდან მიღებული წრფივ განტოლებათა სისტემით [5].

$E_i$  განისაზღვრება ქვემოთ მოყვანილი გამოსახულებებით:

$$E_1 = \sum_{i=0}^m (m-i) \sum_{j=0}^{n+i} P(i,j); E_2 = \sum_{r=1}^{k-1} r \left\{ \sum_{j=0}^n P(r,j) + \sum_{i=r+1}^m P(i, n+i-r) \right\} + k \sum_{i=k}^m \sum_{j=0}^{n+i-k} P(i,j);$$

$$E_3 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{n+1} (n+i-j) P(i,j) - E_2; E_4 = \sum_{r=0}^{l-1} r \sum_{i=0}^m P(i,r) + l \sum_{i=0}^m \sum_{j=l}^{n+i} P(i,j); \quad (4.2)$$

$$E_5 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{n+i} j P(i,j) - E_4; E_6 = E_2; E_7 = k - E_6 = k - E_2; E_8 = E_4; E_9 = 1 - E_8 = 1 - E_4.$$

საქართველოში მოქმედი მობილური ოპერატორების მონაცემებზე დაყრდნობით გამოთვლილი იქნა სისტემის საბაზო სადგურების მუშაობაში შეფერხების შემთხვევაში მოსალოდნელი ფინანსური მაჩვენებლები. ზემოხსენებული პროგრამის საშუალებით ჯერ ამოიხსნება განტოლებათა სისტემა, რომლის შედეგები ჩაისმება (4.2) ფორმულებში, ხოლო შემდეგ გამოითვლება ფორმულა (4.1).

გამოთვლები ჩატარდა პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა სისტემის ძირითად და სარეზერვო ელემენტთა რაოდენობაზე, მათი თანდათან მატების შემთხვევებისათვის, რათა ფუნქციონის მოდელის პირობები დაახლოებოდა რეალურად არსებულს.

ძირითად ელემენტთა რაოდენობის ცვლის ბიჯი შეადგენდა 5 ერთეულს. ელემენტთა რაოდენობის ზრდასთან ერთად, მნიშვნელოვნად მატულობდა სისტემის მდგომარეობის აღმწერი წრფივ განტოლებათა რაოდენობა.

გამოთვლების ოპერაცია ჩვენს მიერ შეჩერებული იქნა იმ შემთხვევაზე, როცა ძირითად ელემენტთა რაოდენობა  $m = 20$ ; სარეზერვო ელემენტთა რაოდენობა  $n = 5$ .

ამ ბოლო შემთხვევაში ხსენებულ წრფივ განტოლებათა რაოდენობამ მიაღწია 336-ს. საბოლოოდ ვღებულობთ შედეგს (ნახ.1).

```
>> m=20; n=5; k=1; l=1;  
>> eqsolve_telecom(m, n, k, l);  
F =  
2.0870e+05
```

ნახ.1

### 3. დასკვნა

მოყვანილი მეთოდი საშუალებას მოგვცემს:

1. სხვადასხვა კონკრეტული სისტემისათვის დავადგინოთ, როგორც აღმდგენი ორგანოების, ასევე სათადარიგო ელემენტთა ოპტიმალური რაოდენობა;
2. დიდი სიზუსტით წინასწარ განვსაზღვროთ ჩასატარებელი გეგმიური ღონისძიებების ვადები;
3. შეფერხებების გარკვეული შემთხვევების წინასწარი პრევენციით შევამციროთ ფინანსური დანაკარგები და გავზარდოთ მობილური სისტემების მომსახურების ხარისხი და ეკონომიკური ეფექტიანობა.

### ლიტერატურა:

1. Kakubava R. (2009). New Markovian and semi – Markovian closed queuing systems with two types of service as mathematical models of reliability and maintenance. VI International Conference. Extended Abstracts, MMR 2009 – Mathematical Methods in Reliability. Theory, Methods, Applications. Moscow.
2. Harras K.A., Wittle M.P., Almeroth K.C., Belding M.E. (2007). ParaNets: A Parallel Network Architecture for Challenged Networks. In Proc. of the 7<sup>th</sup> IEEE Workshop on mobile Computing Systems and Applications ( Hotmobile), Tucson, AZ, -P. 73 – 78, February.
3. Черкесов Г.Н. (2005). Надежность аппаратно-програмных комплексов. – Спб.: Питер. Россия.
4. მიქავა თ., ნიჟარაძე მ., წამალაშვილი დ. (2015). სტრუქტურული მართვის ეკონომიკური ანალიზის ერთი ამოცანის შესახებ. აკად. ი. ფრანგიშვილის დაბ. 85 წლ. მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“. სტუ-ს შრ.კრ. თბილისი, 2015.
5. Baiashvili Z., Kakubava R. (2007). Economic analysis of the warm standby system with many repair and switching facilities. International scientific conference “Information technologies in control”. Tbilisi.



6. Kakubava R., Svanidze N. (2013). The Semi Markovian Model for Economic Analysis of Standby. International Journal of Engineering, Science and Innovative Technology (IJESIT) Vol.2, Issue 6, November, pp. 240-246

## TO SOME QUESTION OF OPERATION RELIABILITY OF MOBILE TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Baiashvili Zurab, Tsamalashvili David, Nijharadze Mziana

Georgian Technical University

### Summary

One method of calculation of the expected economic indicators of one of types of difficult technical systems – mobile telecommunication system, is provided, in case of refusal during operation separate its elements. For this purpose the system of the differential equations, which is given to system of the linear equations. The solutions of this system take part in calculation of cost efficiency of telecommunication system is under construction. The received results to reduce financial losses and to increase quality of mobile system in case of certain cases of failure.

## К НЕКОТОРОМУ ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Баиашвили З.А., Цамалашвили Д.Т., Нижарадзе М.И.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Представлен один метод расчета ожидаемых экономических показателей одного из типов сложных технических систем – мобильной телекоммуникационной системы, в случае отказа во время эксплуатации отдельного (отдельных) ее элементов. Для этого строится система дифференциальных уравнений, которая приводится к системе линейных уравнений. Решения этой системы принимают участие в вычислении экономической эффективности телекоммуникационной системы. Полученные результаты позволят снизить финансовые потери и повысить качество мобильной системы при определенных случаях сбоя.

# ტერიტორიულად განაწილებული ქსელების საიმედოობისა და სიცოცხლისუნარიანობის საკითხისათვის

რევაზ კაკუბავა, დავით წამალაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

წარმოდგენილია ტერიტორიულად განაწილებული საინფორმაციო სისტემების ფუნქციონის საიმედოობის კვლევასთან დაკავშირებული საკითხები, რომელთა გადაწყვეტის შემთხვევაშიც შესაძლებელი იქნება მათი ფუნქციონის ეფექტიანობის ამაღლება. განხილულია რთული ტექნიკური სისტემების საიმედოობის მეცნიერული საპროგნოზო მაჩვენებლების დადგენისათვის აუცილებელი მოდელების აგებისას გამოყენებული ზოგიერთი მეთოდის დახასიათება.

**საკვანძო სიტყვები:** რთული ტექნიკური სისტემები. საიმედოობა. მოდელირება. მარკოვის პროცესები.

## 1. შესავალი

დღევანდელი მოთხოვნებიდან გამომდინარე ტერიტორიულად განაწილებულ ქსელებში (სისტემებში) გაჩნდა „დიდი მოცულობის მონაცემების“ გადამუშავების, შენახვის, გადაცემების სისწრაფის და თვით სისტემის ფუნქციონის საიმედოობის ამაღლების აუცილებლობა. საიმედოობის კომპლექსური მაჩვენებელი იქცა პირდაპირ მოქმედ ეკონომიკურ ფაქტორად.

სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებობს „ტერიტორიულად განაწილებული სისტემების“ (ქსელების) სხვადასხვა განმარტება, რომელთაგან მოვიყვანთ ერთს, რომელიც ჩვენი აზრით უფრო ზუსტად გამოხატავს ტერმინის არსს: „განაწილებული სისტემა (გს) - ესაა დამოუკიდებელი კომპიუტერების ნაკრები, რომელიც მისი მომხმარებლების მიერ აღიქმება, როგორც ერთადერთი თანმიმდევრული სისტემა“ [1];

განაწილებული სისტემების კლასიფიცირება შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით: სისტემაში ელემენტების რაოდენობით; განაწილებული სისტემების ორგანიზების დონის მიხედვით; შეთავაზებული რესურსის ტიპების მიხედვით და სხვა.

შეთავაზებული რესურსის ტიპების მიხედვით გს - ის ერთ-ერთი სახეობაა ტერიტორიულად განაწილებული საინფორმაციო სისტემები (Data Grid), რომელიც წარმოადგენს ჩვენი კვლევების საგანს.

განაწილებული საინფორმაციო სისტემები მათი კუთვნილი გამოთვლითი საშუალებების (Data Grid) რესურსით იძლევა შესაძლებლობას გადამუშავებული და ნებისმიერ მანძილზე გადაცემული იქნეს დიდი მოცულობის მონაცემები. ძირითადი მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს განაწილებული საინფორმაციო სისტემები, ესაა მათი მასშტაბურობა, საიმედოობა და უსაფრთხოება.

რთული ტექნიკური სისტემების შექმნა და გამოყენება საიმედოობის უზრუნველყოფის სპეციალური ზომების გარეშე ნაკლებ ეფექტიანია. საშიშროებას წარმოადგენს არა მარტო ის, რომ ახალმა რთულმა სისტემამ ვერ იმუშაოს, არამედ

მტყუნებამ მუშაობისას შეიძლება გამოიწვიოს ძალიან სერიოზული შედეგები. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სისტემების დაპროექტების, დამზადებისა და ექსპლუატაციისას აუცილებელია მიღებული იქნეს სათანადო ზომები მათი შემადგენელი ელემენტების საიმედოობის ამაღლებისათვის.

არსებული და დაპროექტების სტადიაზე მყოფი რთული ტექნიკური სისტემების ფუნქციონა ეფექტიანად შეიძლება გამოვიკვლიოთ მათემატიკური მეთოდებით, რომელთა რეალიზაციაც წარმატებით ხორციელდება თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების საშუალებით. ქვემოთ მოცემულია რთული სისტემების ექსპლოატაციის საიმედოობის მოსალოდნელი მაჩვენებლების დადგენისათვის აუცილებელი მოდელების აგებისას გამოსაყენებელი ზოგიერთი მეთოდის დახასიათება.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ქვემოთ მოყვანილ მსჯელობებში გამოყენებულ ტერმინს „ობიექტი“ - ვუწოდებთ გარკვეული მიზნობრივი დანიშნულების მქონე ტექნიკურ ნაწარმს, რომელიც განიხილება, როგორც დაპროექტების, ასევე წარმოების, გამოცდის და ექსპლოატაციის სტადიაზე.

ობიექტი შეიძლება იყოს სხვადასხვა სისტემა და მათი ელემენტები - დანადგარები, ტექნიკური ნაწარმი, მოწყობილობა, აპარატები, აგრეგატები, ხელსაწყოები და მათი ნაწილები.

რთული ტექნიკური სისტემა - ესაა ობიექტი, რომელიც წარმოადგენს გარკვეული წესით დაკავშირებულ ელემენტთა ერთობლიობას და რომლებიც ურთიერთქმედებენ ისე, რომ უზრუნველყონ სისტემის მიერ რთული ფუნქციის შესრულება.

სისტემურობის ნიშანია სისტემის სტრუქტურულობა, მისი შემადგენელი ნაწილების ურთიერთკავშირი, მთელი სისტემის ორგანიზებულობის მიმართვა გარკვეული მიზნების შესრულებისაკენ. სისტემა ფუნქციონებს სივრცესა და დროში.

საინფორმაციო სისტემა - ესაა რთული ადამიანურ - მანქანური სისტემა, რომელიც მოიცავს ერგატულ ნაწილებს, ტექნიკურ საშუალებებს და პროგრამულ უზრუნველყოფას. ხსენებული სისტემების საიმედოობის ანალიზისას მიზანშეწონილია განხილული იქნეს შემდეგი ეტაპები: დაპროექტება; დამზადება; გამოცდა; ექსპლუატაცია. ქვემოთ მოკლედ შევხებით კვლევისა და დაპროექტების ეტაპზე გამოყენებულ საიმედოობის განსაზღვრის ზოგიერთ მოდელსა და გაანგარიშების მეთოდს.

ტერიტორიულად განაწილებული სისტემების ხარისხის ძირითადი კომპონენტებია საიმედოობა, უტყუარობა და უსაფრთხოება. საიმედოობა - ესაა სისტემის თვისება გარკვეული დროის განმავლობაში შეინარჩუნოს მოცემულ რეჟიმსა და პირობებში ფუნქციონისათვის აუცილებელი პარამეტრების მნიშვნელობები დადგენილ საზღვრებში. საიმედოობა რთული თვისებაა, რომელიც თავისთავში მოიცავს კიდევ რამდენიმე ცალკეულ თვისებას: შეუფერხებლობას, მზადყოფნას, შენახულობას, სარემონტოდ გამოსადეგობას, უსაფრთხოებას და გამძლეობას.

სისტემის მიერ შესასრულებელი ფუნქციების რაოდენობისა და ხარისხიანობის ამაღლებისას რთულდება თვით სისტემა და მისი მტყუნების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება სისტემის ეკონომიკური ეფექტიანობა. მოთხოვნების მომსახურება

ხსენებულ სისტემებში წარმოებს ხელსაწყოებით და მათი რაოდენობა მასობრივი მომსახურების სისტემებში მერყეობს ერთიდან დაწყებული უსასრულო რაოდენობის აპარატურამდე.

საიმედოობის მაჩვენებელი - ესაა სისტემის საიმედოობის განმსაზღვრელი ერთი ან რამოდენიმე თვისების რიცხვითი მახასიათებელი. საიმედოობის მაჩვენებელთა უმეტესობა ემყარება სისტემის მუშაობის ხანგრძლივობას ან მის მიერ შესრულებული სამუშაოს მოცულობას. სისტემის საიმედოობის ერთი რომელიმე თვისების მაჩვენებელს ეწოდება ერთეულოვანი. საიმედოობის კომპლექსური მაჩვენებელი კი ახასიათებს სისტემის საიმედოობის განმსაზღვრელ რამოდენიმე თვისებას.

ზემოთ აღინიშნა, რომ საიმედოობის მაჩვენებლების გამოთვლა ხდება ობიექტების სასიცოცხლო ციკლის (დაპროექტების, დამზადების, გამოცდისა და ექსპლოატაციის) სხვადასხვა ეტაპზე. ვინაიდან სისტემებში წარმოქმნილი დროებითი მტყუნებები შემთხვევითი ხასიათისაა ამიტომ დროისა და ადგილის მიხედვით მათი ზუსტად დადგენა და წინასწარი სრული პრევენცია შეუძლებელია. ამავე დროს, შესაძლებელია გარკვეული მეთოდების გამოყენებით შევამციროთ მტყუნებათა სიხშირეები.

გამოცდებისა და ექსპლოატაციის ეტაპზე სისტემის საიმედოობის განსაზღვრა ხდება მისი რიცხობრივი მაჩვენებლების დადგენის მიზნით. ასეთი გაანგარიშებები, როგორც წესი, ატარებენ კონსტანტაციის ხასიათს. ამ შემთხვევაში გათვლების შედეგები გვიჩვენებენ ექსპლოატაციის გარკვეულ რეჟიმში როგორი საიმედოობის მქონენი არიან გამოსაცდელი ტექნიკური სისტემები. მიღებული შედეგების საფუძველზე მუშავდება სისტემის საიმედოობის ამაღლების ღონისძიებები, დგინდება სუსტი ადგილები (რგოლები), ხდება საიმედოობისა და მასზე ცალკეული ფაქტორების გავლენის შეფასება.

რთული სისტემების საიმედოობა მიიღწევა მისი აპარატურული (hardware) და პროგრამული (software) ნაწილების საიმედოობის უზრუნველყოფით.

სისტემების კვლევისა და დაპროექტების ეტაპზე კომპიუტერული მოდელების (ანალიზური და იმიტაციური) აგებისა და რეალიზაციისას საიმედოობის გაანგარიშებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი და მოდელი.

რთული სისტემების საიმედოობისა და უსაფრთხოების ანალიზის მოდელები უმრავლეს შემთხვევაში მარკოვის პროცესების თეორიის საფუძველზეა აგებული. სახელდობრ, დიდი გამოყენება აქვს მარკოვის პროცესებს უწყვეტი დროითა და მდგომარეობათა დისკრეტული სივრცით. სისტემაში მიმდინარე პროცესს ეწოდება მარკოვის პროცესი, თუ დროის ყოველი მომენტისათვის სისტემის ნებისმიერი მდგომარეობის ალბათობა მომავალში დამოკიდებულია მხოლოდ სისტემის მდგომარეობაზე მიმდინარე მომენტში და არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ მოვიდა სისტემა ამ მდგომარეობაში. საინფორმაციო სისტემის ტესტირების პროცესი განიხილება როგორც მარკოვის პროცესი.

პროცესს ეწოდება პროცესი დისკრეტული მდგომარეობით, თუ შესაძლებელია მისი შესაძლო მდგომარეობების წინასწარ ჩამოთვლა, ანუ სისტემის მდგომარეობათა რაოდენობა ეკუთვნის თვლად სიმრავლეს და სისტემის გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში ხდება მყისიერად. პროცესს ეწოდება პროცესი უწყვეტი დროით, თუ სისტემის მდგომარეობის შეცვლა შეიძლება მოხდეს ნებისმიერ

შემთხვევით მომენტში. მტყუნების პროცესის დაწყება და საიმედოობის სხვა მახასიათებლები შემთხვევითი ხასიათისაა. შემთხვევითი მოვლენების კვლევა ხდება ალბათური მეთოდებით.

ამრიგად, საიმედოობის, როგორც ტექნიკური სისტემის მახასიათებელი თვისების განმასხვავებელი ნიშანია ის, რომ იგი ხასიათდება დროში მიმდინარე ალბათური პროცესებით. მარკოვის შემთხვევითი პროცესები ალბათური პროცესების კერძო შემთხვევებია. თავის მხრივ, შემთხვევითი პროცესები ეფუძნება შემთხვევით ფუნქციებს. თუ შემთხვევით მიმდევრობას აქვს მარკოვის თვისებები, მაშინ მას მარკოვის ჯაჭვი ეწოდება. თუ შემთხვევით პროცესში მდგომარეობები დისკრეტულია, დრო უწყვეტი და თვისება მოქმედების შემდეგ შენარჩუნდება, მაშინ ასეთ შემთხვევით პროცესს ეწოდება მარკოვის პროცესი უწყვეტი დროით.

მარკოვის ჯაჭვის სისტემის მდგომარეობების სიმრავლის კლასიფიკაცია ხდება გარკვეული წესით, სისტემის შემდგომი ქცევის გათვალისწინებით. ასეთი მოდელირება გამოიყენება მრავალ ტექნიკურ სისტემაში. ასეთებს უპირველეს ყოვლისა მიეკუთვნება სხვადასხვაგვარი ობიექტების ფართო კლასი, რომელიც პრაქტიკაში ცნობილია უფრო ერთი საერთო დასახელებით - მასობრივი მომსახურების სისტემები.

დიდი რაოდენობის მდგომარეობების მქონე მრავალელემენტური სისტემებში მარკოვის პროცესებზე დაფუძნებული ანალიზური მოდელირება ხდება ურთულესი. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. საშუალოთა დინამიკის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ასევე მარკოვის პროცესებს. ეს მეთოდი მნიშვნელოვნად ამარტივებს ანალიზურ მოდელირებას განსახილველი სისტემის მდგომარეობის საშუალო მახასიათებლების განსაზღვრის შემთხვევისათვის.

პრაქტიკულ საქმიანობაში ხშირად წარმოიშვება საკვლევ ობიექტში მდგომარეობის შემთხვევითი ცვლილების მოდელირების ამოცანა. მორიგი მდგომარეობის სახე შეიძლება განისაზღვროს შემთხვევით, მდგომარეობის ცვლილება შეიძლება მოხდეს დროის შემთხვევით ან არაშემთხვევით მომენტში. პრაქტიკულად, ნებისმიერი შემთხვევითი პროცესი წარმოადგენს მარკოვის პროცესს ან შეიძლება დაყვანილი იქნეს მარკოვის პროცესამდე. მარკოვის პროცესები იყოფა ორ კლასად: - დისკრეტული მარკოვის პროცესები (მარკოვის ჯაჭვები); - მარკოვის უწყვეტი პროცესები. მარკოვის ჯაჭვი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს გრაფის სახით, რომლის წვეროები შეესაბამება ჯაჭვის მდგომარეობას, ხოლო რკალები გადასვლების არანულოვან ალბათობებს.

მარკოვის მოდელის შემთხვევაში სისტემის ქცევის აღწერისათვის უნდა განისაზღვროს სისტემის მდგომარეობის ცნება; გამოვლინდეს ყველა ის მდგომარეობა, რომელშიც შეიძლება აღმოჩნდეს სისტემა. მიეთითოს, როგორ მდგომარეობაში არის სისტემა საწყის მომენტში; აიგოს მდგომარეობათა გრაფი და შესაძლო გადასვლები ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში - მდგომარეობების შემაერთებელი ისრებით (მდგომარეობის შესაბამისი გრაფის წვეროები აღინიშნება  $S_i$ -ით, ხოლო მიმართულების მქონე რკალებით გარდამავალი ალბათობები); მოინიშნოს გრაფი, ანუ ყოველი გადასვლისათვის მიეთითოს  $S_i$  მდგომარეობიდან  $S_j$  მდგომარეობაში გადაყვანის ხდომილებათა  $\lambda(t)$  ინტენსივობა. სტაციონარული მარკოვის პროცესებისათვის გადასვლების ინტენსივობები არ არის დამოკიდებული დროზე. მდგომარეობის ცნება



დამოკიდებულია მოდელირების მიზნებზე. ერთ შემთხვევაში ის შეიძლება განისაზღვროს ელემენტების მდგომარებით, რომელთაგან ყოველი მათგანი შეიძლება იყოს „თავისუფალი“ ან „დაკავებული“; სხვა შემთხვევაში სისტემის მდგომარეობა შეიძლება განისაზღვროს მომსახურებაზე მყოფი განაცხადების რაოდენობითა და რიგებით.

მარკოვის ჯაჭვს უწოდებენ სასრულს, როცა სისტემის მდგომარეობათა რაოდენობა  $S = \{ S_1, \dots, S_n \}$  სასრულია. მარკოვის სასრული ჯაჭვი შეიძლება განსაზღვრული იყოს უწყვეტ ან დისკრეტულ დროში. პირველ შემთხვევაში პროცესების გადასვლები ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში დაკავშირებულია დროის ნებისმიერ  $t_0, t_1, t_2$  და ა.შ. მომენტთან და ჯაჭვს უწყვეტი ეწოდება; ხოლო მეორე შემთხვევაში ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლა ხდება მხოლოდ დროის ფიქსირებულ მომენტებში და ჯაჭვს ეწოდება დისკრეტული.

მარკოვის დისკრეტული ჯაჭვი განისაზღვრება:  $S = \{ S_1, \dots, S_k \}$  მდგომარეობათა სიმრავლით; გადასვლების  $P$  ალბათობათა მატრიცით, რომლის ელემენტები ახასიათებს  $S_i$  მდგომარეობიდან  $S_j$  მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობას; საწყის ალბათობათა  $V_0 = \{ P_1(0), \dots, P_k(0) \}$  ვექტორით, რომელიც განსაზღვრავს  $P_i(0)$  ალბათობას იმისას, რომ საწყის  $t=0$  მომენტში პროცესი იმყოფება  $S_i$  მდგომარეობაში.

მარკოვის ჯაჭვი წარმოშობს შემთხვევითი  $f(t)$  პროცესების რეალიზაციათა სიმრავლეს, რომელიც შეიძლება წარმოვიდგინოთ დროის  $t = 0, 1, 2, \dots$  მომენტების შესაბამისი  $f(t) = \{ S_i(0), S_i(1), S_i(2), \dots \}$  მიმდევრობის სახით. ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე მარკოვის ჯაჭვები იყოფა შთანთქმად და ერგოდიულ ჯაჭვებად. ერგოდიული მარკოვის ჯაჭვი მდგომარეობათა სიმრავლეა, დაკავშირებული გარდამავალ ალბათობათა მატრიცით ისე, რომ რომელი მდგომარეობიდანაც არ უნდა გამოდიოდეს პროცესი, გარკვეული ნაბიჯების შემდეგ ის შეიძლება აღმოჩნდეს ნებისმიერ მდგომარეობაში.

ერგოდიული ჯაჭვით წარმოშობილი რომელიმე მდგომარეობაში მყოფი პროცესი არასოდეს სრულდება, არამედ მიმდევრობით გადადის ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში, გარდამავალ ალბათობისაგან დამოკიდებულებით, ხდება რა სხვადასხვა მდგომარეობაში სხვადასხვა სიხშირით. ამიტომ, ერგოდიული ჯაჭვის ძირითადი მახასიათებელია - პროცესის ყოფნა  $S_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) მდგომარეობებში, ან პროცესის  $S_j$  მდგომარეობებში მოხვედრის ფარდობითი სიხშირეები და დროის ის წილი, რომელშიც იმყოფება პროცესი თითოეულ მდგომარეობაში.

ერგოდიული ჯაჭვები ხშირად გამოიყენება სისტემების საიმედოობის მოდელებში. ამ შემთხვევაში ჯაჭვის მდგომარეობები შეესაბამება სისტემის მდგომარეობებს, რომლებიც განსხვავდება ერთმანეთისაგან გამართული და მტყუნებული მოწყობილობების შემადგენლობით. მდგომარეობებს შორის გადასვლები დაკავშირებულია მტყუნებებსა და აღდგენებს და მათ შორის კავშირების რეკონფიგურაციებს შორის, რომელიც სრულდება სისტემის მუშაუნარიანობის შენარჩუნების მიზნით. ერგოდიული ჯაჭვის მახასიათებლების შეფასებები საშუალებას იძლევა წარმოდგენა ვიქონიოთ მთლიანი სისტემის საიმედოობის ქცევაზე.

ზემოაღნიშნული ეხება რთული სისტემების მხოლოდ აპარატურული უზრუნველყოფის საშუალებებს (შემადგენელი ელემენტებს).



### 3. დასკვნა

1. მრავალრიცხოვანი (ერთიდან დაწყებული უსასრულო რაოდენობამდე) აპარატურის მქონე სისტემების შექმნა და გამოყენება საიმედოობის უზრუნველყოფის სპეციალური ზომების გარეშე არაეფექტური და რისკის შემცველია. მტყუნებამ მუშაობისას შეიძლება გამოიწვიოს ძალზე სერიოზული შედეგები.

2. აუცილებელია დადგენილი იქნეს საიმედოობის მოსალოდნელი (საპროგნოზო) მაჩვენებლები, რათა გარკვეული წინმსწრები ღონისძიებებით მნიშვნელოვნად შევამციროთ მტყუნებათა სიხშირეები.

#### ლიტერატურა:

1. Tanenbaum A., Van Steem M. (2007). Distributed systems. Pearson Prentice Hall.
2. Barlow R.E., Proschan F. (1996). Mathematical Theory of reliability. SIAM.
3. Demidenko O.M. (2002). Means and technology of parameters monitoring of computational process and working load on a local computer network. Journal of Automation and Information Sciences – T. 34, № 5-8., pp. 33-39.
4. Harras K.A., Wittle M.P., Almeroth K.C., Belding M.E. (2007). ParaNets: A Parallel Network Architecture for Challenged Networks. in Proc. of the 7<sup>th</sup> IEEE Workshop on mobile Computing Systems and Applications (Hotmobile), Tucson, AZ, -P. 73-78, February.
5. Kakubava R.V. (2013). Reliability Model for Standby with Replacement Delays of Failed Elements. Automatic Control and Computer Sciences, 2013, Vol. 47, #2, pp.94-98. Allerton Press.
6. Kakubava R. (2010). Multi-Line Closed Queuing System for Two Maintenance Operations. Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications. Vol.1, #1, <http://www.Gnedenko-forum.org/Jornal/2010>.
7. Kakubava R. (2009). New Markovian and semi-Markovian closed queuing systems with two types of service as mathematical models of reliability and maintenance. VI Int. Conf. Extended Abstracts. Mathematical Methods in Reliability. Theory, Methods, Applications, Moscow.

### TERRITORIALY DISTRIBUTED NETWORKS RELIABILITY AND VITALITY ISSUE

Kakubava Revaz, Tsamalashvili David  
(Georgian Technical University).

#### Summary

Article represents functionality of reliability trial-related issues for territorially distributed information systems, solution of which make possible to increase effectiveness of their functioning. In article it's discussed characterization of some methods for constructing models used for establishing estimates of reliability of complex technical systems.

### К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ

Какубава Р., Цамалашвили Д.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Представлены вопросы, связанные с исследованием надежности территориально распределенных информационных систем, решение которых позволит повысить эффективность функционирования управляемых технических систем. Рассмотрены характеристики некоторых методов, используемых при построении моделей для установления научно прогнозируемых показателей надежности сложных технических систем.

## FRACTAL MODELING METHOD OF STOCHASTIC PROCESSES

Chkheidze Irina, Abzianidze Nikoloz, Murjikneli Gedevan  
Georgian Technical University

### Abstract

This material represents modeling of generalized Brownian motion using wavelet-transformation, which is realized in MathCad software environment. Simulation is based on Hurst parameter. According to computer experiment, when Hurst parameter  $H=0.99$  there is a persistent process, when  $H=0.1$  there is anti-persistent process and when  $H=0.5$  we get classical Brownian motion mapping, either, using or not using, wavelet-transformation, this proves that the proposed method is correct and Fractal modeling is suitable for researching of Stochastic processes.

**Keywords:** Brownian motion. Hurst parameter. Wavelet-transformation. Fractal modeling.

### 1. Introduction

It is known, that the research of complex systems functionality generally is based on its modeling [1]. Among different models Fractal modeling has its special place. Self-similarity is there exceptional characteristics [2]. Fractal modeling introduces new perspective field in computer researching. Modern researches are showed that telecommunications network traffic, which is an example of stochastic process, has fractal properties [3].

Using Fractal modeling in Stochastic Processes has its practical purpose, as much as, fractal like characteristics of traffic influences whole telecommunications network productivity. Models, that describe events of self-similar processes, use random fractals [2].

This work represents generalized modeling method of Brownian motion (Fractal) that is based on using Hurst parameter and wavelet-transformation. MathCAD software is used for computer realization.

### 2. Basic part

Fractal process modeling first was realized by B. Mandelbrot [1] by introducing Brownian motion concept. Its defining parameter is Hurst index  $0 < H < 1$ . If  $H=1/2$  there is a random process – Brownian classical motion [2]. But if  $H \neq 1/2$  – then there is a generalized Brownian motion, of which notable characteristics is persistency or anti-persistency. When  $H > 1/2$  we get result that fits to keep the tendency of the process: if in the past, the values used to be increased it is also expected in the future and the opposite,

the tendency of decrease in the past, means average decrease in the future. Such process is called persistent.  $H < 1/2$  case is characterized by anti-persistency. In this case, increase in the past randomly causes decrease in the future. All these processes are fractal-based.

It should be said, that generalized Brownian motion modeling algorithm, performed by Mandelbrot, is very complex, both as mathematically and as realization [2]. But using modern computer technologies and MathCAD software makes it easy to implement this problem [4].

In the first case, let's assign  $H=0,1$ . This case belongs to anti-persistent process creation, when the process is completely random without any forecasting.

```
fBmScale(noise,H,sd) :=
| len ← rows(noise)
| numLev ← log(len, 2)
| v0 ← 0
| for i ∈ numLev..1
|   v ← stack [ v, submatrix ( noise,  $\frac{len}{2^i}$ ,  $\frac{len}{2^{i-1}} - 1, 0, 0$  ) .sd. (  $2^i$  )H +  $\frac{1}{2}$  ]
| v
```

$H=0,1$  – Hurst parameter,

$sd=0,5$  – Standard deviation,

$len=1024$  – Time division, that shows the number of counters. Their numerical value is  $2^{10}$ .

$noise:=rnorm(len,0,1)$  – Vector of normally distributed values.

Function  $fBmScale(noise,H,sd)$  performs signal in wavelet-transformation area [5].

$v := fBmScale(noise,H,sd)$

$v$  – Vector resulting from wavelet-transformation.

We prefer to get results of transformation in a time division and that's why we use wavelet back-transformation.

$filter := symmlet(8)$

$w := idwt(v,log(rows(v),2),filter)$

$k := 0..len-1$

$k$  – Sequential number of counter, that is proportional of moment in time;

$w$  – Amplitude of resulting signal for  $k$  value.

Figure 1 shows the result, that is appropriate for  $H=0,1$  value of Hurst parameter and the change of process in time.

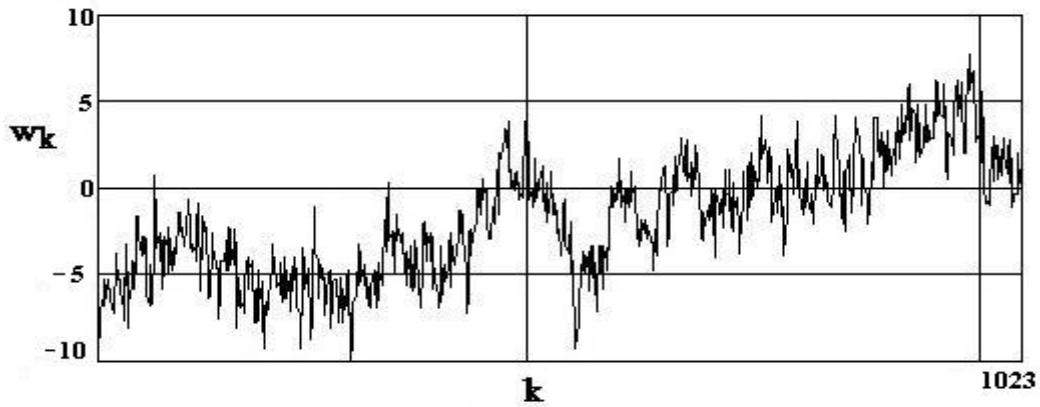


Fig.1 Time dependence chart received by wavelet back-transformation, when  $H=0.1$

When  $H=1/2$ , generalized Brownian motion is transformed into classical Brownian motion. At this moment particle indentation is independent, instead of particle location in different moments. Particle indentation in one moment of time is not independent from indentation of this particle in another period of time.

The chart on Figure 2 shows the result, when Hurst parameter  $H=0.5$  and wavelet transformation is used. To verify the correctness of the method we reflected Brownian motion without using wavelet transformation. The result is shown on picture.

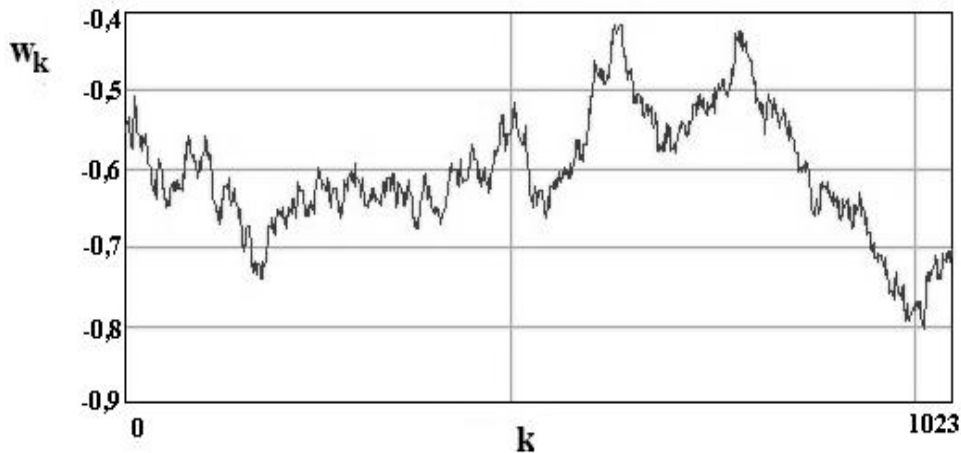


Fig. 2. The chart of classical Brownian motion using wavelet transformation, when  $H=1/2$

As the experiments showed the charts with (Fig.2) and without (Fig.3) wavelet transformation are almost identical, from here we can conclude that, it is better to do modeling of generalized Brownian motion with wavelet transformation.

Figure 4 shows the case when  $H=0.99$ . In this case the result approves that, when Hurst parameter is 0.99 the tendency of process is descending (when the time parameter is increasing). So the process becomes predictable, that means it has persistent properties.

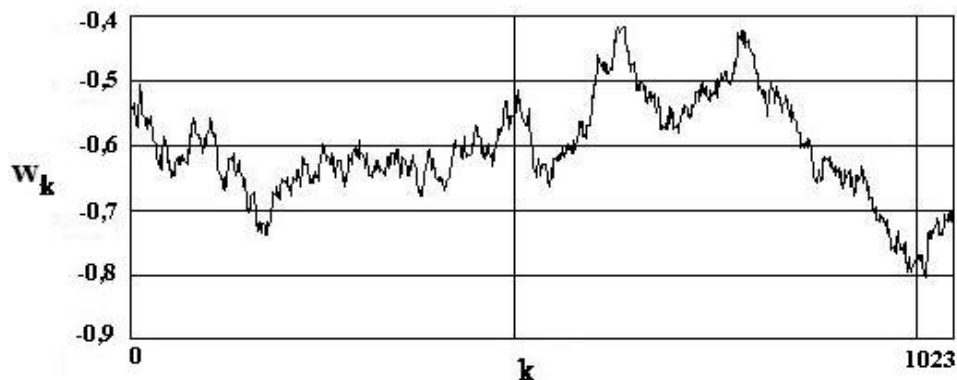


Fig.3. The chart of classical Brownian motion without using wavelet transformation, when  $H=1/2$ .

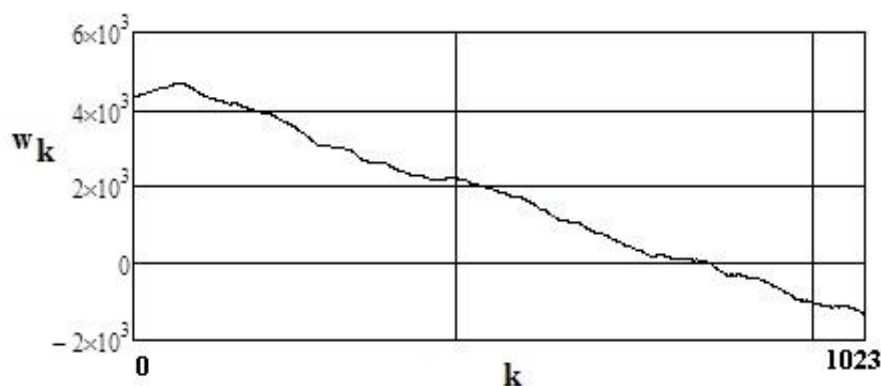


Fig.4. Modeling of generalized Brownian motion, when  $H=1/2$ .

### 3. Conclusion

According to the results we can conclude, that using wavelet transformation is more appropriate for modeling generalized Brownian motion and it has fractal properties (self-similarity). As much as network traffic (example of stochastic process) has fractal characteristics, suggested method of fractal modeling is suitable for researching stochastic processes.

#### References:

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. (2001). Моделирование систем. М.: Изд. "Высшая школа".
2. Федер Е. (1991). Фракталы. М., Изд. "Мир".
3. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. (2003). Фрактальные процессы в телекоммуникациях. М., Изд. "Радиотехника".
4. Кудрярцев Е.М. (2000). MathCad 8. М., МДМК.
5. Уэлстид С.. (2003). Фракталы и Вейвлеты для сжатия изображений в действии. М. Изд. „Триум”».

## სტოქსტური პროცესების ფრაქტალური მოდელირების მეთოდი

ირინა ჩხეიძე, ნიკოლოზ აბზიანიძე,  
გედევან მურჯიკნელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

წარმოდგენილი მასალა ეხება განზოგადოებული ბროუნის მოძრაობის მოდელირებას ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენებით, რაც რეალიზებულია MathCad პროგრამის გარემოში. მოდელირება ხდება ჰერსტის პარამეტრის საფუძველზე. კომპიუტერული ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა, რომ როცა ჰერსტის პარამეტრი  $H$  უდრის  $0.99$ -ს, ვდებულობთ პერსისტენტულ პროცესს, როცა  $H=0.1$ -ს, ვდებულობთ ანტიპერსისტენტულ პროცესს, ხოლო როცა  $H=0.5$ -ს, ვდებულობთ კლასიკური ბროუნის მოძრაობის ასახვას, როგორც ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენებით, ასევე ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენების გარეშე, რამაც დაადასტურა შემოთავაზებული მეთოდის სისწორე და ფრაქტალური მოდელირების გამოყენებადობა სტოქსტური პროცესების კვლევებისათვის.

## ФРАКТАЛЬНЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Чхеидзе И.М., Абзианидзе Н., Мурджикнели Г.Г.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Этот материал представляет собой моделирование обобщенного броуновского движения с использованием вейвлет-преобразования, которая реализуется в программной среде MathCad. Моделирование основывается на параметре Херста. Согласно компьютерного эксперимента, когда параметр Херста  $H=0,99$  получается персистентный процесс, когда  $H=0.1$  - анти-персистентный а когда процесс  $H=0.5$  получается классическое броуновское отображение движения, как при использовании вейвлет-преобразование, так и без его приенения. Это доказывает правильность использования предложенного метода, а фрактальное моделирование подходит для исследования стохастических процессов.



## მეოთხე რიგის განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფების აგება

ომარ კოტრიკაძე, ქეთევან კოტრიკაძე,  
ალექსანდრე დემეტრაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

ფესვური ჰოდოგრაფი არის (ბერძ. Hodos – გზა, გრაფიკი) ალგებრული განტოლების ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიები, როცა იცვლება განტოლების ერთი ან რამდენიმე კოეფიციენტი. ფესვური ჰოდოგრაფები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ავტომატური რეგულირების სისტემების ანალიზის და სინთეზის ამოცანებში. სტატიაში განხილულია მეოთხე რიგის პოლინომის ფესვური ჰოდოგრაფი (ფჰ). ფჰ-ების ასაგებად გამოიყენება გრაფო-ანალიზური მეთოდი, რაც აიოლებს ფესვების ტრაექტორიების დადგენას. სტატიაში პოლინომის ფესვების მნიშვნელობების საპოვნელად შემოთავაზებულია ფესვების ჩაწერა ტრიგონომეტრიული ფორმაში, რაც ამარტივებს ფჰ-ების კვლევას. აღნიშნულ ნაშრომში ჩვენს მიერ განხილული სამწევრა, მეოთხე რიგის განტოლების ფჰ-ების კვლევა და აგება, როცა ადგილი აქვს ამ განტოლების ერთი კოეფიციენტის ცვლილებას.

**საკვანძო სიტყვები:** მეოთხე რიგის განტოლება. ფესვური ჰოდოგრაფი. ფესვების ტრიგონომეტრიული ფორმა. ორჯერადი ფესვი.

### 1. შესავალი

ფესვური ჰოდოგრაფის მეთოდის გამოყენება განტოლების ფესვების მნიშვნელობათა არის დასადგენად, როცა ადგილი აქვს პარამეტრების ცვლილებას, ადვილეს განტოლების ფესვების კვლევას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ასეთი კვლევები რობასტული სისტემების კვლევისას. რობასტული სისტემების ქვეშ იგულისხმება ე. წ. უხეში სისტემა. კერძოდ, სისტემა, რომლის პარამეტრებიც იცვლებიან დიდ საზღვრებში. ამ დროს ფესვების ტრაექტორიების ანუ ფესვური ჰოდოგრაფების დადგენა, განსაკუთრებულ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. ამიტომ ფჰ-ს ასაგებად გამოიყენება კომბინირებული მეთოდი, როცა იყენებენ ფესვური ჰოდოგრაფების ანალიზურ გამოსახულებებს და ამავე დროს ფჰ-ების გრაფიკულ თვისებებსაც.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ჩვენი კვლევის ობიექტია:

$$S^4 + \alpha S + 1 = 0 \quad (1)$$

სამწევრის ფჰ-ის დადაგენა, როცა  $\alpha \in ] - \infty; + \infty [$ . (1) განტოლების ფესვების ტრაექტორიების განტოლება იქნება:

$$r^3 \sin 3\varphi = \sin \varphi. \quad (2)$$

აქედან მივიღებთ ორ განტოლებას:

$$\sin \varphi = 0 \text{ და } r^4 = 4 \cos^2 \varphi - 1, \quad (3)$$

რომელთაგან პირველი (1) განტოლების ნამდვილი ფესვების განტოლებაა, ხოლო მეორე - (1) განტოლების კომპლექსური ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიების განტოლებაა. (3) განტოლებით შეგვიძლია დავადგინოთ კომპლექსური ფესვების განლაგების არეები; (3) განტოლებაში აუცილებლად მარჯვენა მხარე უნდა იყოს უარყოფითი ე. ი.

$$4C\sigma s^2\varphi - 1 > 0 \text{ ანუ } |\cos \varphi| > 0,5\sqrt{2}.$$

ამ უტოლობის ამონახსნია:

$$\varphi \in ]-225^\circ; -135^\circ[ \cup ]-45^\circ; -45^\circ[.$$

ახლა დავადგინოთ (1) განტოლების ორჯერადი ფესვები, რომლებიც უნდა იყოს  $(S^4 + 1)'S^3 - (S^3)'(S^4 + 1) = 0$

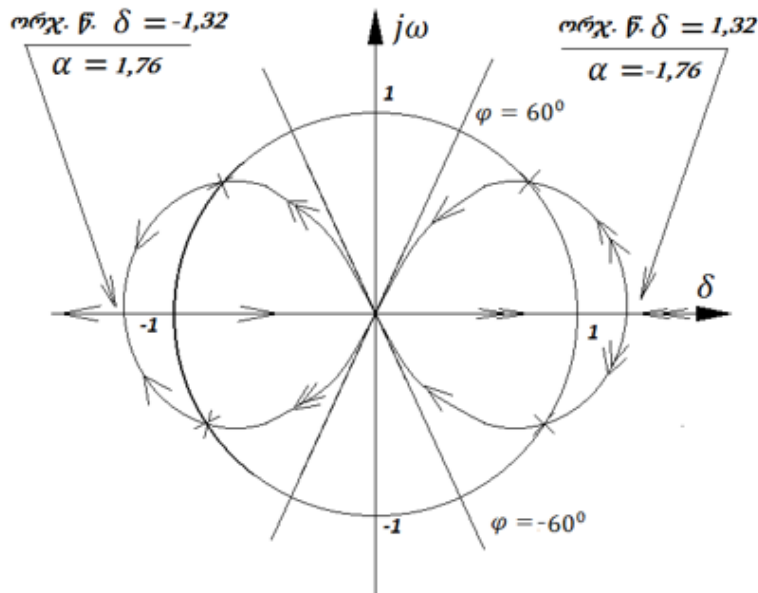
განტოლების ნამდვილი ფესვები [1]; ე. ი.

$$4S^6 - 3S^6 - 3S^2 = 0.$$

აქედან  $S = 0$  ან  $S^4 = 3$ ;  $S = 0$  ამ განტოლების ორჯერადი ფესვია, ხოლო (1) განტოლებისთვის იქნება სამჯერადი საბოლოო წერტილი. (1) განტოლების ორჯერადი ფესვი იქნება  $S = \pm \sqrt[4]{3} = \pm 1,32$ ; ამ წერტილები

$$\alpha = -\frac{S^4+1}{S^3} = -\frac{4}{(1\sqrt[4]{3})^3} = \mp 1,755. \text{ ე. ი. } \alpha(-\sqrt[4]{3}) = 1,755 \text{ და } \alpha(\sqrt[4]{3}) = -1,755.$$

ცხადია, რომ (1) განტოლების ფ3-ები სიმეტრიული იქნება წარმოსახვითი ღერძის მიმართ და სიმეტრიულ წერტილებში  $\alpha$ -ს ექნება საპირისპირო ნიშნები; ფ3-ები გამოსახულია 1-ელ ნახაზზე, სადაც მითითებულია ორჯერადი ფესვები და შესაბამისი  $\alpha$ -ს მნიშვნელობები [2,3].



ნახ.1

ყველა განხილულ შემთხვევაში ფ3-ები შეიძლება აგებული იქნას სიზუსტით (საწყისი ცვლადების სათანადო ბიჯის შერჩევით).

ამ შემთხვევაში ფ3-ების აგების მიმდევრობა ასეთია:

1. ვირჩევთ საწყისის ცვლადის ცვალებადობის  $\Delta$  ბიჯს გრადუსებში ან რადიანებში;
2. ვიღებთ  $\varphi$ -ს საწყისის მნიშვნელობას ინტერვალიდან  $[\Delta; 60^\circ - \Delta]$ ;
3. თითოეული  $\varphi$ -ისთვის ვანგარიშობთ:

$$r = \sqrt[4]{4(\cos \varphi)^2 - 1},$$

$$\alpha = -r \frac{\sin 4\varphi}{\sin 3\varphi}$$

ან

$$\alpha = -\frac{4 \cos \varphi (4 (\cos \varphi)^2 - 1)}{4 (\cos \varphi)^2 - 1}.$$

ამგვარად, მივიღებთ ფ3-ის I მეოთხედში (ნახ. 1) მოდიფიცირებულ ნაწილს, რომლიდანაც ფ3-ის სრული სურათის მიღება რთული არ არის.

ახლა გამოვიკვლიოთ

$$S^4 + \alpha S^3 - 1 = 0 \tag{4}$$

აქედან,

$$\sin \varphi = 0 \text{ ან } r^4 = 1 - 4 \cos^2 \varphi \tag{5}$$

ჰოლოგრაფების საწყისი წერტილებია  $S^4 - 1 = 0$  განტოლების ფესვები:

$$S_1 = 1, S_3 = e^{j\frac{\pi}{2}} \quad S_2 = e^{j\pi} = -1 \text{ და } S_4 = e^{j\frac{3\pi}{2}}.$$

ფ3-ს ორჯერადი ნამდვილი ფესვები არა აქვს, გარდა სამჯერადი საბოლოო წერტილისა  $S = 0$ .

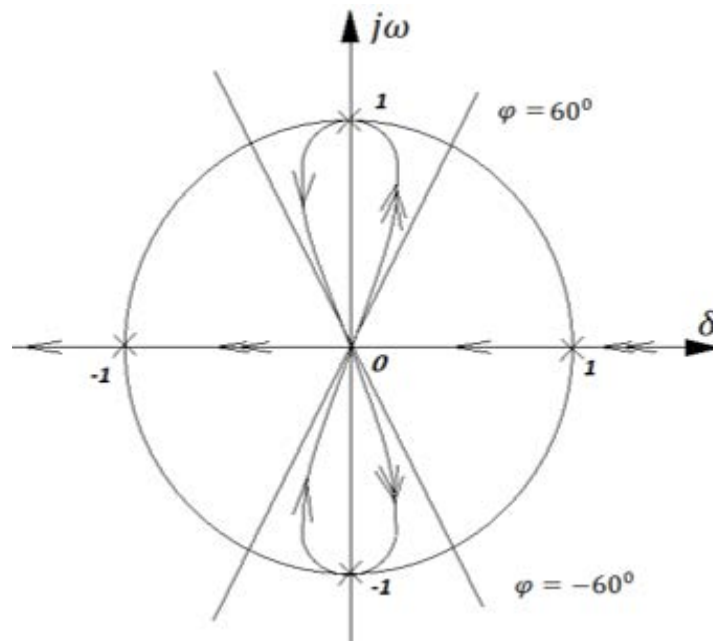
დავადგინოთ ფ3-ების განლაგების არეები, რისთვისაც ამოვხსნათ უტოლობათა სისტემა:

$$\begin{cases} \sin 3\varphi > 0 \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} \sin 3\varphi < 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases},$$

რომელთა ამონახსნების გაერთიანება იქნება (4) განტოლების ფ3-ების განლაგების არე.

$$\varphi \in ]60^\circ; 120^\circ[ \cup ]240^\circ; 300^\circ[.$$

(4) განტოლების ფ3-ები აგებულია მე-2 ნახაზზე [4].



ნახ.2

### 3. დასკვნა

ამრიგად, მიღებული შედეგების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ფესვური ჰოდოგრაფების აგება გრაფო-ანალიზური მეთოდის საშუალებით, საკმაოდ რთულია. თუმცა, პოლინომის ფესვების ტრიგონომეტრიულ ფორმაში ჩაწერა, გაცილებით აიოლებს ფესვების ტრაექტორიების დადგენას.

#### ლიტერატურა:

1. კოტრიკაძე ო. (2004). ფესვური ჰოდოგრაფების აგების ანალიზური საფუძვლები. ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტ. ინსტ., საერთაშ. კონფ. „მართვის და ენერგეტიკის პრობლემები“. მოხსენებათა კრებული. თბილისი.
2. Evans G.W. (2004). The story of Walter R. Evans and his textbook Control-System Dynamics. IEEE Control Systems Magazine.
3. L.H.A Monteiro, J. D. (2008). Simple answers to usual questions about unusual forms of the evans' root locus plot. Revista Controle & Automacao.
4. Richard C. Dorf, R.H. (2008). Modern Control Systems. USA: Pearson Education Inc.

### BUILDING A ROOT LOCUS FOR FOURTH-ORDER EQUATIONS

Kotrikadze Omar, Kotrikadze Ketevan, Demetrashvili Alexander  
Georgian Technical University

#### Summary

Root locus are the trajectories of the roots movement (gr. hodos – road, diagram) of an algebraic equation, when change of one or more of the coefficients. Root locus (RL) can be used for analysis and synthesis problems of automatic control systems. The article discusses root locus polynomial of the fourth degree. To construct the RL used graph-analytic method, which simplifies the determination of root paths. To find the roots values of a polynomial, used subscribe roots in the trigonometric form. In this paper we consider root locus trinomial equation fourth degree, when changing one coefficients of this equation.

### ПОСТРОЕНИЕ КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

Котрикадзе О., Котрикадзе К., Деметрашвили А.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Корневые годографы являются траекториями движения корней (Гр. hodos - дорога, диаграмма) алгебраического уравнения, при изменении одного или нескольких коэффициентов уравнения. Корневые годографы (КГ) могут использоваться для анализа и синтеза задач систем автоматического управления. В статье рассматривается корневые годографы полиномов четвертой степени. Для построения КГ используется графо-аналитический метод, что упрощает определение траекторий корней. Для нахождения значений корней полинома используется запись корней в тригонометрической форме. В данной работе рассматриваются корневые годографы трёхчленного уравнения четвертой степени, когда меняется один коэффициент данного уравнения.

## სტატისტიკური ენის მოდელი

ალექსანდრე მელაძე, კონსტანტინე კამკამიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია სტატისტიკური ენის მოდელის შექმნა, დამუშავება და მისი აღწერა N-gram-ების საფუძველზე, მისი ძირითადი მახასიათებლები, გამოყენების არეალი, პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები. მოყვანილია მაგალითები თუ როგორ უნდა შეიქმნას ასეთი მოდელი ქართული ენის მაგალითზე. შემოთავაზებულია ყველა საჭირო ალგორითმის როგორც თეორიული, ასევე პროგრამული გადაწყვეტილება. განხილულია ალგორითმები, რომელთა გამოყენებითაც შესაძლებელია ქართული ენის სტატისტიკური ენის მოდელის შექმნა, დამუშავება და მისი პრაქტიკაში გამოყენება. მოყვანილია შესაბამისი პროგრამული კოდის ფრაგმენტები N-gram მოდელის ასაგებად.

**საკვანძო სიტყვები:** სტატისტიკური ენა. მოდელი. N-gram

### 1. შესავალი

სტატისტიკური ენის მოდელი მნიშვნელოვანი მოდელია ისეთი სისტემებისთვის როგორებიცაა: ხმის ამომცნობი სისტემა, ტექსტის ამომცნობი სისტემა, ტექსტის გრამატიკული ანალიზატორი, ტექსტის მთარგმნელი სისტემები და სხვ. [1-4]. ასეთი მოდელი აგროვებს ცოდნას და შემდგომ ამ ცოდნაზე დაყრდნობით იღებს გადაწყვეტილებებს. ცოდნა მიიღება სხვადასხვა ინფორმაციაზე დაყრდნობით, გროვდება ინფორმაცია, რომლის გამოყენებითაც სისტემა იღებს გადაწყვეტილებას თუ რა მოსალოდნელი სიტყვა თუ სიტყვები იქნება შეყვანილი. ასეთი სახის დამთხვევა ამარტივებს ტექსტის ამომცნობის პროცესს [4]. ჩვენი ნამუშევარი მოიცავს სტატისტიკური ენის მოდელის შექმნას, მის დამუშავებას და გამოყენებას ქართული ენის მაგალითზე.

### 2. ძირითადი ნაწილი

#### 2.1. N-gram მოდელის აიგება და მარკოვის ვარაუდი

ტექსტის ამომცნობა ერთერთი ყველაზე კომპლექსური და რთული პრობლემაა, რადგან ის დამოკიდებულია ენის გრამატიკაზე, მის ლინგვისტურ მახასიათებლებზე და ცოდნაზე, რომლის შექმნა კომპიუტერული ტექნიკისთვის საკმაოდ რთულია. ჩვენ დღეს-დღეობით გვაქვს რამდენიმე დახვეწილი სისტემა რომელიც გამოიყენება ჩვენ სმარტფონებში [2,4], რომლის დახმარებით ჩვენ სმარტფონზე შეხების გარეშე ხმით შეგვიძლია ტელეფონს ბრძანებები გადავცეთ, როგორცაა: დარეკვა, ინფორმაციის მოძიება თუ სმს-ის გაგზავნა. მსგავსი სისტემები გამოიყენება ავტომობილებში, სადაც ხმის საშუალებით შესაძლებელია ნავიგაციის განსაზღვრა და ა.შ. ასეთი სისტემები საკმაოდ პოპულარულია და ხდება მათი დღითიდღე დახვეწა.

ხმის ამომცნობ სისტემებში ერთერთ ყველაზე მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ენის სტატისტიკური მოდელი. ასეთი მოდელი აიგება N-gram ენის საშუალებით. N-Gram ზე დაყრდნობით, ხმის ამომცნობი სისტემა იღებს გადაწყვეტილებას მოსალოდნელი სიტყვის



შესახებ და უმარტივედება ამოცნობის პროცესი [8]. პირველად N-gram მოდელი წარმოდგენილ იქნა Markov-ის მიერ, ამ მოდელის მიხედვით დაიწყეს ხმის ამომცნობი სისტემების აგება, ასევე ეს მეთოდი გამოიყენება სხვადასხვა მიმართულებით, მაგალითად Shannon-მა პირველად გამოიყენა ეს მეთოდი ინფორმაციის თეორიაში [1].

N-gram მოდელის მთავარი იდეა არის ის, რომ მას გააჩნია სიტყვები და ამ სიტყვების მოსვლის ალბათობები, იდეა არის რომ ნებისმიერი სიტყვა N-სიტყვა დამოკიდებულია მის წინა N-1 სიტყვაზე. როდესაც პირველად წარმოდგენილ იქნა N-gram მოდელი, მისმა ასეთმა მიდგომამ სიტყვისადმი გამოიწვია ლინგვისტების კრიტიკა. პირველად ის გააკრიტიკა ამერიკელმა ლინგვისტმა Noam Chomsky-იმ, რის გამოც გარკვეული პერიოდი ამ მოდელზე მუშაობა შეწყვეტილიც კი იყო, მანამ სანამ Jelinek-მა ხელახლა არ წარმოადგინა მოდელი 1971 წელს და პირველმა გამოიყენა ის ხმის ამომცნობ სისტემაში [1,3].

დღესდღეისობით N-gram მოდელი ყველაზე მნიშვნელოვანი მიდგომაა ხმის ამომცნობ სისტემებში. ასეთი მოდელის აგებისთვის ხდება წინასწარ მონაცემთა ბაზის განსაზღვრა. მონაცემთა ბაზა შედგება სიტყვებისაგან და სიტყვის მოსვლის ალბათობებისგან. ხდება რამდენიმე გრამ- მოდელის აგება. როგორებიცაა: 1-gram(gram) მოდელი, 2-gram(Bigram) მოდელი, 3-gram(Unigram) მოდელი და ა.შ. N-gram რაოდენობამდე. ძირითადად თანამედროვე სისტემებში გამოიყენება მაქსიმუმ 5-gram მოდელი, უფრო დიდი მოდელის შექმნა მოითხოვს დიდი რაოდენობით რესურსს და მეხსიერებას.

N-gram -ი დამოკიდებულია მის ალბათურ მოდელზე, რომლის მიხედვითაც იღებს გადაწყვეტილებას, რამდენად მოსალოდნელია სიტყვის მოსვლა. განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ გვაქვს წინადადება: „ბობი აგზავნის ინფორმაციას“. ეს წინადადება წარმოადგენს 3-gram მოდელს და ამ წინადადების მოსვლის ალბათობა გამოითვლება ასე:

$$P(\text{ინფორმაციას|ბობი აგზავნის}) = C(\text{ბობი აგზავნის ინფორმაციას}) / C(\text{აგზავნის ინფორმაციას}) \quad (1)$$

როგორც (1)-დან ჩანს წინადადების მოსვლის ალბათობა დამოკიდებულია მის მიერ N-1 წინადადებაზე და ითვლება ცოდნის ბაზაში მოხვედრილი წინადადების რაოდენობა შეფარდებული მის წინ მოსული სიტყვის ალბათობაზე. ფორმალურად რომ ავღწეროთ, ვთქვათ გვაქვს W მოცემული წინადადება და ისტორიული სიტყვების რაოდენობა h, და ყველა ისტორიული სიტყვის მოსალოდნელი ალბათობები W.წინადადება იყოფა სიტყვებად  $w_1 w_2 w_3 \dots w_n$  ან  $w_1^n$  ხოლო წინადადების მოსალოდნელი ალბათობა გამოითვლება ფორმულით:

$$P(w_1 w_2 w_3 \dots w_n)$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\begin{aligned} P(w_1^n) &= P(w_1)P(w_2|w_1)P(w_3|w_1^2) \dots P(w_n|w_1^{n-1}) \\ &= \prod_{k=1}^n P(w_k|w_1^{k-1}) \end{aligned} \quad (2)$$

(2) ფორმულიდან ჩანს, რომ მოსალოდნელი სიტყვის ალბათობის გამოსათვლელად ჩვენ ვიყენებთ ისტორიულ სიტყვებს, ვაჯამებთ მათ მოსალოდნელ ალბათობებს და ახალ წინადადებას ვანიჭებთ შესაბამის ალბათობას [8,9]. ასეთი მიდგომა გამოიყენებოდა დიდი ხნის განმავლობაში, ეს გარკვეულწილად ქმნის პრობლემას, რადგან შესაძლებელია რამდენიმე წინადადება საერთოდ არ გვექონდეს ბაზაში, ამის გამო ყოველი შემდგომი

წინადადების მოსალოდნელი ალბათობა იქნება 0-ის ტოლი. მაგალითად ჩვენ შემთხვევაში თუ წინადადება „ბობი აგზავნის“ არ გვექნება ბაზაში, მაშინ წინადადება „ბობი აგზავნის ინფორმაციას“ ალბათობა ყოველთვის 0-ის ტოლი იქნება. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად მოიფიქრეს, რომ მთლიანი ისტორიული წინადადებების ალბათობების ნაცვლად აეღოთ წინადადებაში ბოლო სიტყვების მოსალოდნელი ალბათობები [8] ანუ:

$$P(w_n | w_1^{n-1}) \approx P(w_n | w_{n-N+1}^{n-1}) \quad (3)$$

ამ მიდგომას ეწოდა მარკოვის ვარაუდი (Markov assumption).

განვიხილოთ მაგალითი :

<s> მე ვარ ლექსო </s>

<s> ლექსო მე ვარ </s>

<s> მე ვცდილობ საინტერესო თემა დავწერო </s>

$$P(\text{მე} | \text{<s>}) = 2/3 = 0.67 \quad (P(\text{ლექსო} | \text{< s>}) = 1/3 = 0.33 \quad P(\text{ვარ} | \text{მე}) = 2/3 = 0.67$$

$$P(\text{<s>} | \text{ლექსო}) = 1/2 = 0.5 \quad P(\text{ლექსო} | \text{ვარ}) = 1/2 = 0.5 \quad P(\text{ვცდილობ} | \text{მე}) = 1/3 = 0.33$$

მოდელის დასწავლა

მსგავსი მოდელის შექმნა როგორცაა 1-gram ,2-gram, 3-gram ..... N-gram, წარმოადგენს საკმაოდ დიდ სირთულეს. ასეთი ამოცანის გადასაჭრელად საჭიროა შემდეგი პრობლემების გადაჭრა [5,6,8]:

- სიტყვების ლექსიკონში არსებობა;
- არსებული ლექსიკონის N-gram -ებად ფორმირება;
- არსებული სიტყვების ალბათობების განსაზღვრა;
- დიდი მონაცემების დროული დამუშავება.

## 2.2. სიტყვების ლექსიკონში არსებობა

ქართული ენა საკმაოდ დიდი მონაცემებისგან შედგება. სრული ლექსიკონის ელექტრონული ფორმით ქონა ალბათ შეუძლებელია. არსებობს რამდენიმე ელექტრონული ლექსიკონი, რომელშიც საკმაოდ ბევრი ქართული სიტყვაა. ჩვენ შემთხვევაში საჭიროა მოვახდინოთ ლექსიკონის ფორმირება. სათითაოდ ყველა სიტყვის შეყვანა საკმაოდ დიდ რესურსს და დროს მოითხოვს, ამის თავიდან ასაცილებლად გაკეთდა პროგრამა, რომელიც ქართულ საიტებს ამუშავებს, იღებს ყველა განსხვავებულ ქართულ სიტყვას და ინახავს ლექსიკონში. ასეთი სისტემის ასაგებად საჭიროა მონაცემთა ბაზა.

N-gram მოდელის დასამუშავებლად დაყენებულია რელაციური მონაცემთა ბაზა MS SQL Server. რადგან მონაცემები საკმაოდ დიდ რესურსს მოითხოვს, ასევე სიტყვის ამორჩევა უნდა ხდებოდეს ძალია სწრაფად. ამისთვის თითოეული N-გრამისთვის გამოყენებულ იქნა დამოუკიდებელი ცხრილი, რომლის გასაღებ ველს (primary key) წარმოადგენს სიტყვა.

### 2.3. არსებული ლექსიკონის N-gram ებად ფორმირება

ჩვენი მიზანია მონაცემთა ბაზის ფორმირების შემდეგ მისი შევსება ქართული საიტებიდან ამოღებული და დამუშავებული ინფორმაციით. ყველაზე დიდი ინფორმაცია, რომელიც რაღაც კუთხით ნორმირებულია, ინახება <https://ka.wikipedia.org> -ზე, რომელიც წარმოადგებს ქართულ ვიკიპედიას (ენციკლოპედიას). რადგან ვიკიპედია ენციკლოპედიაა, მისგან აღებული ინფორმაცია იქნება რეალურთან ახლოს. პროგრამას უნდა ჰქონდეს შემდეგი თვისებები, რათა კორექტულად დაამუშაოს ინფორმაცია:

- შეძლოს სრული ინფორმაციის წამოღება;
- მოახდინოს ყველა გვერდის დამუშავება;
- მოახდინოს საჭირო ინფორმაციის გაფილტვრა;
- მოახდინოს მხოლოდ ქართული ტექსტების ამორჩევა;
- წინადადებებიდან შექმნას N-gram მოდელი;
- შეინახოს დამუშავებული ინფორმაცია ცხრილებში;
- პროგრამის დასაწერად მაგალითები მოყვანილია c# ენაზე.

საიტის დასამუშავებლად და მისგან ინფორმაციის წამოსაღებად გამოყენებულია ბიბლიოთეკა HtmlAgilityPack, რომელიც არის საკმაოდ კარგი ხელსაწყო, რადგან ის გარდაქმნის მთლიან html ფაილს C# სთვის არსებულ XmlNode (xml) ტეგებში, ხოლო XmlNode - ტეგების დამუშავება და მასში ძიებების განხორციელება შედარებით იოლია, html- თან შედარებით.

```
HtmlWeb web = new HtmlWeb();
HtmlDocument doc = web.Load(url.Url);
doc.DocumentNode.SelectNodes("//div[@id='mw-content-text']")
```

#### ლისტინგი 1: HtmlAgilityPack-ის საშუალებით საიტიდან ინფორმაციის წამოღება

როგორც აქედან ჩანს, გვიბრუნდება სრული სტრუქტურა და შემდგომ ვახდენთ ინფორმაციის გაფილტვრას. ყველა გვერდის დასამუშავებლად ვიყენებთ გვერდის ავტომატური დამუშავების საშუალებას. ხდება ერთჯერადად საწყისი გვერდის განსაზღვრა. მიღებული საწყისი გვერდის დამუშავების მომენტში ხდება გვერდიდან ამოღებული ყველა მისამართის გაფილტვრა და მიღებული მისამართების დამუშავება. რადგან ვიკიპედიას თითოეულ სტატიას შესული ინფორმაცია დამისამართებულია მთავარ წყაროზე, ჩვენ ვახდენთ ამ წყაროების დამუშავებას. ეს პროცესი რეკურსიულია და გვაძლევს საშუალებას მთლიანად დავამუშაოთ ვიკიპედიის ყველა გვერდი.

```
var friendlyUrls = node.SelectNodes("//a[@href]");
foreach (var url in friendlyUrls)
{
    string href = url.Attributes["href"].Value;
    if (href.Contains("/wiki/"))
        urls.Add(new QueueUrl($"{mainUrl}{url.Attributes["href"].Value}"));
}
```

#### ლისტინგი 2. გვერდების დამუშავება

### 2.3. მხოლოდ ქართული ტექსტების ამორჩევა

რადგან ჩვენი მიზანია ქართული სტატისტიკური მოდელის შექმნა, ამიტომ ლექსიკონში უნდა შევინახოთ მხოლოდ ქართული სიტყვები. ვიკიპედიის გვერდები საკმაოდ მრავალრიცხოვან ინფორმაციას შეიცავს. ეს შეიძლება იყოს უცხოური სიტყვები, დასახელებები, სურათები და ა.შ. ჩვენმა სისტემამ რაღაც კუთხით უნდა გაფილტროს და გამოარჩიოს მხოლოდ ქართული სიტყვები. წინადადებიდან სიტყვების მიხედვით რომ განისაზღვროს თუ რომელ ენაზეა დაწერილი, ეს საკმაოდ რთული პროცესია. ჩვენ შემთხვევაში უფრო მარტივადაა საქმე, რადგან ჩვენ ვამუშავებთ მხოლოდ ისეთ სიტყვებს და წინადადებებს, რომელთაც თითოეული სიმბოლო (უნიკოდი) არის ქართული.

### 2.4. წინადადებიდან N-Gram მოდელის შექმნა

ჩვენი მიზანია, რომ სისტემას შეეძლოს ნებისმიერი  $(1, \dots, n)$  გრამ მოდელის შექმნა და დამუშავება. რადგან ვიკიპედია არის ქართული ენციკლოპედია და მისი მონაცემები საკმაოდ სანდოა, ჩვენ ვახდენთ მოდელის და ალბათობების ვიკიპედიაზე დაყრდნობით აგებას. ყოველი წინადადება გადის ვალიდაციას სისტემაში. პირველად ენიჭება მოსალოდნელი ალბათობა 0.1, შემდგომ თუ კვლავ შეგვხვდა ეს სიტყვა შესაბამისად იზრდება მისი ალბათობა. აიგება 1-gram და შემდგომ 2-gram, 3-gram მოდელები. ისინი იგება 1-gram-ის მონაცემთა ბაზაზე და ვიკიპედიაში არსებულ სიტყვათა ალბათობაზე დაყრდნობით. განვიხილოთ მაგალითი:

ვთქვათ ვიკიპედიიდან ამოვიცანით წინადადებები:

„დღეს კარგი დღეა“

„დღეს შაბათია“

„კარგი საქმის კეთების დღეა“

// n-gram -ის შექმნის მაგალითი

მაგალითზე პირველ რიგში მოხდება 1-gram სისტემის დამუშავება. შეიქმნება ცოდნის ბაზა. ამ შემთხვევაში სიტყვისთვის „დღეს“ ექნება მოსალოდნელი ალბათობა 0.2, რადგან 2-ჯერ შეგვხვდა, ხოლო 2-gram-ის დამუშავების პროცესში გაითვალისწინება სიტყვა „დღეს“ მოსალოდნელი ალბათობა და მასზე დაყრდნობით შეიქმნა მისი ალბათობა.

### 3. დასკვნა

განხილულია სტატისტიკური ენის მოდელის აგება n-gram-ების გამოყენებით, აღწერილია ძირითადი კონცეფციები, მისი აგების მეთოდები და პროგრამული გადაწყვეტები, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ქართული ენისთვის აიგოს სტატისტიკური მოდელი.

### ლიტერატურა:

1. Algoet, P. H. and Cover, T. M. (1988). A sandwich proof of the Shannon-McMillan-Breiman theorem. *The Annals of Probability*, 16(2), 899–909.
2. Bacchiani, M., Riley, M., Roark, B., and Sproat, R. (2006). Map adaptation of stochastic grammars. *Computer Speech & Language*, 20(1), 41–68.
3. Bacchiani, M., Roark, B., and Saraclar, M. (2004). Language model adaptation with MAP estimation and the perceptron algorithm. In *HLT-NAACL-04*, pp. 21–24.
4. Bahl, L. R., Jelinek, F., and Mercer, R. L. (1983). A maximum likelihood approach to continuous speech recognition. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intellig.* 5(2), 179–190.
5. Baker, J. K. (1975). The DRAGON system – An overview. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, ASSP-23(1), 24–29. .
6. Nadas, A. (1984). Estimation of probabilities in the language ' model of the IBM speech recognition system. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, Signal Processing*, 32(4), 859–861.
7. Newell, A., Langer, S., and Hickey, M. (1998). The role of ^ natural language processing in alternative and augmentative communication. *Natural Language Engineering*, 4(1), 1–16.
8. <https://lagunita.stanford.edu/c4x/Engineering/CS-224N/asset/slp4.pdf>
9. <https://research.googleblog.com/2006/08/all-our-n-gram-are-belong-to-you.html>

### STATISTICAL LANGUAGE MODEL

Meladze Aleksandre, Kamkamidze Konstantin  
Georgian Technical University

#### Summary

The topics discussed how to create, monitoring, process and describe statistical language model using with N-Gram. Discussed the key characteristics of their area of use, model problems and their solutions. There are examples of how to create such a model for Georgian language, the algorithm provides all the necessary theoretical, practical and as well as a software solutions. There are algorithms which can use to create Georgian statistical language model, process this model and use it in real examples. There are programming codes which helps to create real software solutions with N-Gram model.

### СТАТИСТИЧЕСКИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Меладзе А., Камкамидзе К.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Темы, обсуждаемые в статистической модели языка для создания, обработки и описания N-грамм, касаются ключевых характеристик и их областей применения, проблем и путей их решения. Есть примеры того, как создать такую модель, пример грузинского языка, алгоритм котояово предоставляет всю необходимую теоретическую часть а также программное решение. Использование статистических алгоритмов обсуждаются на грузинском языке, языковой модели, обработки и ее использование на практике приведени отрывки из некоторых программ, с помощью которых можно построить модель N-грамм.



## ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირება სინერგეტიკის მეთოდებით

ვალიდა სესამე, ვლადიმერ კეკენამე, გელა ჭიკაძე,

ნანა მაღლაკელიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

დინამიკური სისტემების თანამედროვე თეორიაში ბოლო პერიოდში სწრაფად ვითარება და განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ დისიპატიურ სისტემებს. ნაშრომში განხილულია ჩაკეტილი ოპტიმალური დისიპატიური მართვის სისტემების სინთეზი. კერძოდ, ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების პრობლემა განხილულია სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით, რომელსაც საფუძვლად უდევს ლეტოვ-კალმანის მეთოდი და დინამიკური სისტემების ასიმპტოტური მდგრადობის აუცილებელი პირობა. ნაჩვენებია, რომ ამ ამოცანის გადაწყვეტისას დამოუკიდებელი პრობლემაა შესაბამისი ხარისხის კრიტერიუმის ფორმირება. ოპტიმალური მართვის სინთეზის შემოთავაზებულ მეთოდს გააჩნია თვისებები, რომლებიც განასხვავებს მას არსებული ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების მეთოდებისაგან. ეს საკითხი განეკუთვნება მართვის ზოგადი სინერგეტიკული თეორიის ერთ-ერთ საკვანძო საკითხს.

### 1. შესავალი

თანამედროვე ეტაპზე ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების ამოცანა წარმოადგენს ოპტიმალური მართვის სისტემების მნიშვნელოვან ამოცანას. ამ ამოცანების გადაწყვეტისას მნიშვნელოვანია ახალი მეთოდების შემუშავება, რომლებშიც ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების ამოცანა ეფუძნება მართვის თანამედროვე სინერგეტიკის თეორიას.

სტატიაში განხილულია ოპტიმალური დისიპატიური მართვის სისტემების სინთეზის მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად უდევს ლეტოვ-კალმანის მეთოდი და დინამიკური სისტემების ასიმპტოტური მდგრადობის აუცილებელი პირობა [1,2].

ასეთ მიდგომას გააჩნია არსებითი თეორიული მნიშვნელობა, რადგანაც ოპტიმალური მართვის სინთეზის პროცედურა საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ კავშირი ოპტიმალურ მართვის ჩაკეტილ სისტემებსა და ფუნდამენტალურ ფიზიკურ პროცესებს შორის. ეს კავშირი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მართვის ოპტიმალური დისიპატიური სისტემების ახალი კლასიფიკაცია, რომლებიც დაფუძნებულია ბუნების ფუნდამენტალურ კანონებზე. ასეთი მიდგომა პასუხობს მართვის თეორიის განვითარების თანამედროვე დონეს.

სტატიაში განხილულია ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების ამოცანის გადაწყვეტის ერთ-ერთი მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა დისიპატიური სისტემების თვისებას, რომელიც წარმოადგენს ოპტიმალური მართვის სინერგეტიკული თეორიის საკვანძო საკითხს.

## 2. ძირითადი ნაწილი

დავუშვათ მართვის ობიექტი აღიწერება დიფერენციალური განტოლებებით, რომელიც ჩაწერილია ვექტორულ-მატრიცული ფორმით:

$$\dot{x}(t) = f(x) + G(x)u \quad (1)$$

სადაც  $x=(x_1, \dots, x_n)^T$ ,  $u=(u_1, \dots, u_m)^T$  - შესაბამისად ფაზური კოორდინატებისა და მართვის ვექტორებია;  $f(x, u)=(f_1(x, u), f_2(x, u), \dots, f_n(x, u))^T$  - ვექტორ-ფუნქციაა;  $G(x)=(g_{ij}(x))_{n \times m}$  განზომილების მატრიცაა.

ოპტიმალური მართვის სინთეზის ამოცანა ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით: მოიძებნოს მართვის კანონი  $u=u(x)$ , რომელსაც გადაყავს (1) ობიექტი ნებისმიერი საწყისი  $x(0)=x_0$  მდგომარეობიდან ფაზური სივრცის  $x=0$  კოორდინატა სათავეში, უზრუნველყოფს ჩაკეტილი სისტემის ასიმპტოტურ მდგრადობას და მინიმუმს ანიჭებს შემდეგი სახის ფუნქციონალს

$$I = \int_0^{\infty} (F_0(x) + \langle u, Du \rangle) dt. \quad (2)$$

აქ  $F_0(x)$  - ნიშანგანსაზღვრული  $x$  -ის მიმართ დადებითი ფუნქციაა.  $D=diag(d_{ii})$  განტოლების დიაგონალური მატრიცაა.

ოპტიმალური მართვის სინთეზის ფორმულირებული ამოცანა წარმოადგენს ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების ცნობილ ამოცანას [1]. ოპტიმალური სისტემების სინთეზის ყველაზე გავრცელებული პროცედურაა ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების პროცედურა, რომელიც დაფუძნებულია დინამიკური პროგრამირების მეთოდზე. წარმოდგენილი პროცედურის მთავარ ნაწილს წარმოადგენს ფუნქციონალური განტოლების ამონახსნის მოძებნა გარკვეული - დადებითი ფუნქციის სახით, რომელიც წარმოადგენს ლიაპუნოვის ოპტიმალურ ფუნქციას ჩაკეტილი ოპტიმალური მართვის სისტემებისათვის. რეგულატორები რომლებიც აგებული არიან ლიაპუნოვის ოპტიმალური ფუნქციების საფუძველზე უზრუნველყოფენ ასიმპტოტურ მდგრადობას და კონსტრუირებული სისტემების ხარისხის ფუნქციონალს ანიჭებენ ოპტიმალურობის თვისებას.

მართვის წრფივი სტაციონალური ობიექტების შემთხვევაში, ლიაპუნოვის ოპტიმალურ ფუნქციას ირჩევენ  $v(x)=x^T C x$  სახით. თუ ასეთ ფორმას ჩავსვამთ ძირითად ფუნქციონალურ განტოლებაში და კოეფიციენტების გავუტოლებთ ნულს, ბაზური კოორდინატების მიმართ მივიღებთ სხვადასხვა ხარისხის მქონე რიკატის ტიპის არაწრფივი ალგებრული განტოლებათა სისტემას. ასეთი ტიპის განტოლებებათა სისტემის ამოხსნის მეთოდების შეფასება და მათთან დაკავშირებული პრობლემები აღწერილია ნაშრომში [3].

მართვის წრფივი არასტაციონალური ობიექტებისათვის ლიაპუნოვის ფუნქცია კვადრატული ფორმის  $v(x)=x^T C(t)x$  ფუნქციაა. ასეთ შემთხვევაში მიიღება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებათა რიკატის ტიპის სისტემა, რომლის საწყისი პირობა განისაზღვრება ფუნქციონალის ტერმინალური წევრის მიხედვით. მისი ამოხსნა შესაძლებელია ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების

ინტეგრირების რიცხვით მეთოდებით (ეილერის, რუნგე-კუტას და ა.შ.). არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების შემთხვევაში ამოხსნის პროცედურას გააჩნია სიმწელები, როგორცაა სიზუსტე, მდგრადობა და ა.შ.

თუ მართვის ობიექტი აღიწერება რთული არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით (1), მაშინ ლიაპუნოვის ოპტიმალური ფუნქციის განსაზღვრის მეთოდი დაკავშირებულია ძირითადი ფუნქციონალური განტოლების ამოხსნის აუცილებლობასთან. ასეთი კლასის განტოლებების ამონახსნის მოძებნა კი დაკავშირებულია დიდ სიმწელებთან [4].

მართვის არაწრფივი ობიექტების ოპტიმალური ალგორითმების სინთეზის პრობლემის გადაწყვეტამ მიგვიყვანა ორაკ-ის ისეთი მეთოდის შექმნასთან, რომელშიც სინთეზის ამოცანა დაიყვანება კერძოწარმოებულებიანი წრფივი განტოლების ამოხსნამდე.

როგორც აღვნიშნეთ, ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების ლეტოვ-კალმანის მეთოდი დაფუძნებულია ლიაპუნოვის წონასწორობის თეორიისა და ოპტიმალური მართვის თეორიის ერთობლივი გამოყენების კონცეპციაზე. ავტომატური მართვის ამ ორი ძირითადი მიმართულების შერწყმამ შესაძლებელი გახადა ლიაპუნოვის ოპტიმალური ფუნქციის შემოტანა. ეს ნიშნავს, რომ მართვის ოპტიმალური ჩაკეტილი სისტემების ტრაექტორიები მის ფაზურ სივრცეში მიიზიდება მდგრა დი წონასწორობის ამ წერტილისკენ-ატრაქტორისკენ.

სინთეზირებული ოპტიმალური მართვის ჩაკეტილი სისტემა ზოგად შემთხვევაში თვითონ წარმოადგენს დინამიკურ სისტემას, რომლებიც აღიწერება წრფივი დიფერენციალურ ვექტორულ-მატრიცული განტოლებით

$$\dot{x}(t) = \varphi(x), \quad (3)$$

სადაც  $\varphi(x) = f(x) + G(x)u(x)$ ;  $u(x)$  – ოპტიმალური მართვის ვექტორია.

(3) სისტემის ფაზური ტრაექტორიების ყოფაქცევა ხასიათდება ვექტორული ველით  $\varphi(x) = (p_1(x), \dots, p_n(x))^T$ . ამიტომ ტრაექტორიის შესასწავლად მოცემული სისტემის ფაზურ სივრცეში შეიძლება შემოვიტანოთ ველის თეორიის ზოგიერთი მაჩვენებლები. კერძოდ, რადგანაც ჩაკეტილი ოპტიმალური სისტემა ასიმპტოტურად მდგრადია, ამიტომ მისი ტრაექტორიის ყოფაქცევის შესაფასებლად ყველაზე უფრო მისაღებია ისეთი მაჩვენებლის შემოტანა, როგორცაა ვექტორის დივერგენცია  $\varphi(x)(\text{div}\varphi(x))$ . რომელიც ახასიათებს ფაზური ტრაექტორიების კლებადობას წონასწორობის მდგრადი წერტილის შემოგარენში. ჩაკეტილი ოპტიმალური სისტემა (3), სინთეზირებული ლეტოვ-კალმანის ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების მეთოდი დისიპატიურია. ე.ი. სრულდება უტოლობა

$$\text{div}\varphi(x) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_i} \Big|_{x \in \Omega} < 0, \quad (4)$$

ჩაკეტილი ოპტიმალური სისტემა (3), რომელიც აკმაყოფილებს უტოლობა (4)-ს, ვუწოდებთ ჩაკეტილ ოპტიმალურ დისიპატიურ სისტემას. ასე, რომ დისიპატიური სისტემებისათვის დივერგენცია (4) ყოველთვის უარყოფითი სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს ფაზური მოცულობის შეკუმშვის სიჩქარეს. ასეთ შემთხვევაში ყველა

ტრაექტორია ფაზურ სივრცეში აუცილებლად შეიკრიბება (მიიზიდება) რომელიმე მიმზიდავი სიმრავლისკენ – ატრაქტორისკენ, ხოლო მისი განზომილებები ყოველთვის ნაკლებია საწყისი სისტემის განზომილებებზე.

განვიხილოთ მაგალითი, რომელიც გვამძღვეს საშუალებას შევაფასოთ მართვის ოპტიმალური დისიპატიური სისტემების სინთეზის მეთოდის ეფექტურობა ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების კლასიკურ მეთოდთან შედარებით.

განვიხილოთ ობიექტი, რომელიც აღწერება დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით

$$\dot{x}_1(t) = x_2, \dot{x}_2(t) = u. \quad (5)$$

ხარისხის კრიტერიუმს აქვს შემდეგ სახე

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (x_1^2 + x_2^2 + u^2) dt \quad (6)$$

ჩავწეროთ ძირითადი ფუნქციონალური განტოლება შემდეგი სახით:

$$\min_u \left[ x_2 \frac{\partial u}{\partial x_1} + u \frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{1}{2} (x_1^2 + x_2^2 + u^2) \right] = 0 \quad (7)$$

(7) განტოლებაში მინიმუმი  $u$ -ს მიმართ მიიღწევა მაშინ, როცა

$$u = -\frac{\partial u}{\partial x_2}. \quad (8)$$

(7) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$2x_2 \frac{\partial x}{\partial x_1} - \left( \frac{\partial x}{\partial x_2} \right)^2 + x_1^2 + x_2^2 = 0 \quad (9)$$

(5) სისტემა (8) ჩაკეტილი მართვით შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$\dot{x}_1(t) = x_2, \dot{x}_2(t) = -\frac{\partial v}{\partial x_2} \quad (10)$$

(10) სისტემის დისიპატიურობა ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial x_2}{\partial x_1} - \frac{\partial x_2}{\partial x_2} < 0 \quad (11)$$

ან შემდეგი განტოლების სახით

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x_2^2} - c = 0 \quad (12)$$

(12) განტოლებას გააჩნია კანონიკური სახე, ამიტომაც არ არის აუცილებელი  $x_1, x_2$ , კოორდინატებიდან გადავიდეთ  $y_1, y_2$ , კოორდინატებზე.

(12) განტოლების ინტეგრირებით მივიღებთ

$$v = \frac{1}{2} cx_2^2 + q_1(x_1)x_2 + q_2(x_1) \quad (13)$$

(13) ჩავსვათ (9)-ში მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებას.

$$x_2^2 \frac{dq_1}{dx_1} + x_2 \frac{dq_2}{dx_1} - \frac{1}{2} c^2 x_2^2 - cx_2 q_1 - \frac{1}{2} q_1^2 + \frac{1}{2} x_1^2 + \frac{1}{2} x_2^2 = 0 \quad (14)$$

(14) განტოლების მიმართ გამოვიყენოთ კოორდინატული ჩანაცვლების პროცედურა

$$x_2^2 : \frac{dq_1}{dx_1} - \frac{1}{2}c^2 + \frac{1}{2} = 0 \quad (15)$$

$$x_2^1 : \frac{dq_2}{dx_1} - cq_1 = 0 \quad (16)$$

$$x_2^0 : -\frac{1}{2}q_1^2 + \frac{1}{2}x_1^2 = 0 \quad (17)$$

ამოვხსნათ (17) განტოლებას  $q_1$ -ის მიმართ, მივიღებთ

$$q_1 = \pm x_1 \quad (18)$$

დავუშვათ  $q_1 = x_1$ , მაშინ (15)-დან მივიღებთ განტოლებას  $c = \pm\sqrt{3}$ . დავუშვათ  $c = \sqrt{3}$ , მაშინ (16)-დან მივიღებთ

$$q_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}x_1^2 + r \quad (19)$$

სადაც  $r$  – ერთგვარი კონსტანტაა,  $q_1, q_2$ -ის ჩასმით (13)-ში მივიღებთ

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2}x_2^2 + x_1x_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}x_1^2 + r \quad (20)$$

სასაზღვრო პირობიდან მივიღებთ, როცა  $r = 0$ . მაშინ საბოლოოდ მივიღებთ

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2}x_2^2 + x_1x_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}x_1^2 \quad (21)$$

მართვის ოპტიმალურ კანონს ექნება სახე

$$u = -\sqrt{3}x_2 - x_1 \quad (22)$$

მიღებული (22) მართვის კანონი ზუსტად ემთხვევა [1,2] ლეტოვის მიერ მიღებულ კანონს.

განხილული მაგალითიდან ჩანს ოპტიმალური დისიპატიური მართვის სისტემების სინთეზის უპირატესობა ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების კლასიკურ მეთოდთან შედარებით. დისიპატიური სისტემები და ოპტიმალური დისიპატიური სისტემები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც დინამიკური სისტემების ზოგად, ასევე მართვის სინერგეტიკის თეორიაში [1,2].

რასაკვირველია ეს მიდგომა მოითხოვს შემდგომ განვითარებას მართვის სისტემების სხვადასხვა კლასებთან მიმართებაში.

### 3. დასკვნა

ნაშრომში ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების პრობლემა განხილულია სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით. ოპტიმალური დისიპატიური მართვის სისტემების სინთეზის მეთოდს საფუძვლად დაედო ლეტოვ-კალმანის მეთოდი და დინამიკური სისტემების ასიმპტოტური მდგრადობის აუცილებელი პირობა. ასეთი მიდგომა პასუხობს მართვის თეორიის განვითარების თანამედროვე დონეს.



**ლიტერატურა:**

1. Летов А.М. (1969). Динамика полета и управление. М.: Наука.
2. Колесников А.А. (1994). Синергетическая теория уавления. М.: Энергоатомиздат.
3. გუგუშვილი ა., ხუროძე რ., იმედაძე თ., გარგი დ. (2003). მართვის თეორია. სინერგეტიკა. მე-3 ნაწ., სტუ, თბილისი.
4. სესაძე ვ., სესაძე ნ., მაღლაკელიძე ნ. (2008). სინერგეტიკა, არაწრფივი სისტემების სინთეზი. სტუ. თბილისი.

**ANALYTICAL DESIGNING OPTIMAL REGULATORS WITH METHODS OF SYNERGETICS**

Sesadze Valida, Kekenadze Vladimer, Chikadze Gela,  
Maglakelidze Nana  
Georgian Technical Universitat

**Summary**

In this paper synthesis of the closed optimal dissipative control systems is considered, in particular, the problem of analytical designing of optimal regulators is solved with use of synergetic methods. It is shown that at solutions a considerable and independent problem is formation of criteria of the corresponding quality. Let's – Kallmann's method and a necessary condition of asymptotic stability of dynamic systems is the cornerstone of the considered method. It is shown benefits of efficiency of a method of synthesis of optimal dissipative systems in comparison with classical methods of analytical designing of optimal regulators.

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ МЕТОДАМИ СИНЕРГЕТИКИ**

Сесадзе В., Кекенадзе В., Чикадзе Г., Маглакелидзе Н.  
Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматривается синтез замкнутых оптимальных диссипативных систем управления, в частности, проблема аналитического конструирования оптимальных регуляторов решена с использованием синергетических методов. Показано, что при решении этой задачи значительной и независимой проблемой является формирование критериев соответствующего качества. В основе рассматриваемого метода лежит метод Летова - Калмана и необходимое условие асимптотической устойчивости динамических систем. Показана преимущества эффективности метода синтеза оптимальных диссипативных систем по сравнению с классическими методами аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

# სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა მართვის არაწრფივი, განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტებისათვის ორმაგი ბმით

ნოდარ ნარიმანაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი ორგანზომილებიანი მართვის ობიექტების იდენტიფიკაციის ამოცანა, როდესაც ეს ობიექტები კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებებით აღიწერება. დამუშავებულია ექსპერიმენტული მეთოდი რომელიც ასეთი ობიექტების ძირითადი სტრუქტურების ამოცნობის საშუალებას იძლევა. მეთოდი ეფუძნება სისტემის დამყარებული რეჟიმების სიხშირულ ანალიზს.

**საკვანძო სიტყვები:** ობიექტების იდენტიფიკაცია. განაწილებულპარამეტრებიანი სისტემა. ჰამერშტეინ-ვინერის მოდელი. აქტიური ექსპერიმენტი.

## 1. შესავალი

მართვის არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციის თეორიასა და პრაქტიკაში კარგადაა ცნობილი მეთოდი, რომელიც ემყარება ამ სისტემის წრფივი დინამიკური რგოლებისა და არაწრფივი სტატიკური ელემენტების შეერთების სხვადასხვა ვარიანტებით წარმოდგენას [1,2].

არაწრფივი სისტემის სტრუქტურის ამ ფორმით დაზუსტება მნიშვნელოვნად ამარტივებს იდენტიფიკაციის საერთო ამოცანებს და ქმნის ხელსაყრელ პირობებს პარამეტრების იდენტიფიკაციისთვის. მართვის ობიექტების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის პრობლემების გადაწყვეტას ბოლო ათწლეულებში მიემდგვნა მრავალი ნაშრომი, მაგრამ პრობლემის მასშტაბურობის გამო ეს ამოცანა კვლავ ინარჩუნებს აქტუალურობას და წარმოადგენს ეფექტური მართვის სისტემის აგების აუცილებელ წინაპირობას. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ იდენტიფიკაციის პროცესში ხშირად ხდება იმ ფარული რესურსებისა და შესაძლებლობების გამოვლენა, რომლებიც დადებითად აისახება მართვის სისტემის საპროექტო ვარიანტებში.

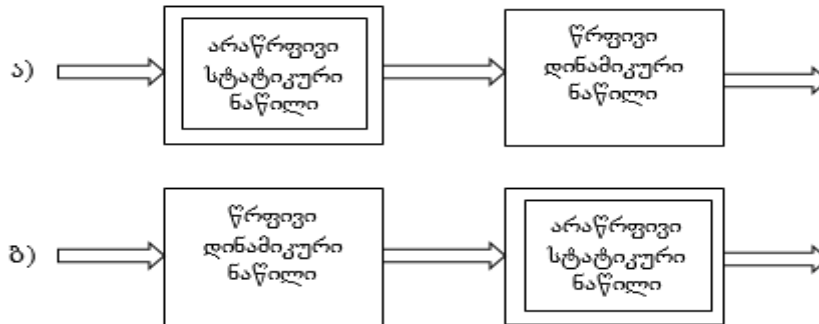
## 2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის მიზანია სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტა მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი ობიექტისათვის დროსა და სივრცეში განაწილებული პარამეტრებით.

არაწრფივობათა მრავალფეროვნების მიუხედავად, მართვის სისტემების იდენტიფიკაციის თეორიაში ყველაზე ხშირად განიხილავენ არაწრფივი მოდელების ორ ძირითად სახეს:

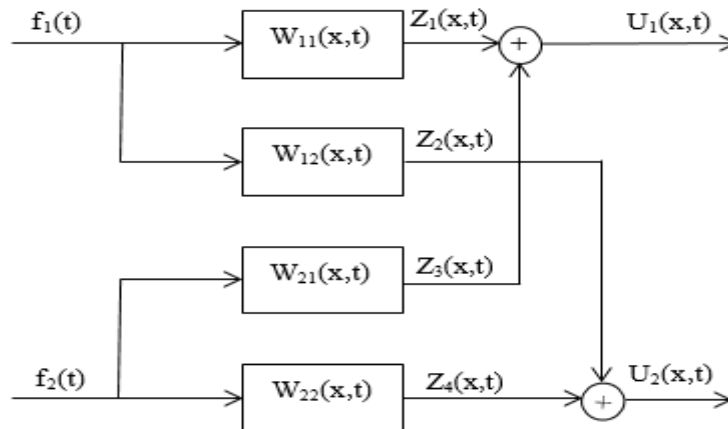
ა) ჰამერშტეინის მარტივი მოდელი, რომელშიც ობიექტის არაწრფივი სტატიკური ნაწილი წინ უსწრებს წრფივ დინამიკურ მოდელს (ნახ.1-ა);

ბ) ვინერის მარტივი მოდელი, რომელშიც სისტემის შემავალი სიდიდეების არაწრფივი რიცხობრივი გარდაქმნა ხდება წრფივი დინამიკური გარდაქმნის შემდეგ (ნახ.1-ბ);



ნახ.1

პირველადი ამოცანა მდგომარეობს საიდენტიფიკაციო ობიექტისათვის ამ სტრუქტურებიდან ერთ-ერთის შერჩევაში (ამოცნობაში). სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ არაწრფივი განაწილებულპარამეტრებიანი სისტემა ორმაგი ბმით, რომლის ზოგადი ბლოკ-დიაგრამა მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ნახ.2

ასეთი სტრუქტურა აქვთ პრაქტიკაში სავსაოდ გავრცელებულ მართვის ობიექტებს დროსა და სივრცეში განაწილებული პროცესებით, როგორცაა ჰაერის კონდიციონერების სისტემა (ურთიერთდაკავშირებული სიდიდეებია ტემპერატურა და ტენიანობა), ჰიდროტურბინა (წნევა და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე), დისტილაციური სვეტი (სითხის დონე და ტემპერატურა) და სხვა [1,3,4].

ვიგულისხმობთ, რომ სისტემის თითოეული  $G_{ij}$  არხი ( $i=1;2; j=1;2$ ) შეიძლება აღწეროს პირველი რიგის კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებით, ხოლო სიდიდეთა არაწრფივი სტატიკური გარდაქმნა ხდება  $Y= Kx^2$  არაწრფივი კანონით ( $K=const$ ).

ამოცანის მიზანია ექსპერიმენტულად ვიპოვოთ კრიტერიუმი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ასეთი ობიექტი მივაკუთვნოთ შემოთავაზებული ორი მოდელიდან ერთ-ერთს.

კვლევის მეთოდად ავირჩიოთ სიხშირული მეთოდი. შესაბამისად, გამოსაკვლევი ობიექტის შესასვლელზე მოვდოთ სინუსოიდური სიგნალი მუდმივი ამპლიტუდით და კუთხური სიხშირის ცვლილების შესაძლებლობით.

ამასთან, ექსპერიმენტის პროცესში სინუსოიდურად იცვლება მხოლოდ ერთ-ერთი არხის შესასვლელი, ხოლო დანარჩენი შესასვლელი სიდიდეები მუდმივია. მოვდოთ  $G_{11}(x,t)$  არხის შესასვლელზე დროში ცვალებადი სინუსოიდური სიგნალი:

$$f_1(t) = A \sin \omega t, \quad (1)$$

თუ არაწრფივი სისტემის სტრუქტურა ჰამერშტეინის მოდელს თანხვდება, მაშინ არაწრფივი სტატიკური რგოლის გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს ორმაგი სიხშირით:

$$Y_1(t) = \frac{1}{2} K_1 A^2 (1 - \cos 2\omega t) \quad (2)$$

არხის წრფივი ნაწილი წარმოვადგინოთ პირველი რიგის კერძოწარმოებუიანი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\frac{\partial Z_1}{\partial t} + a \frac{\partial Z_1}{\partial x} = y_1(t) \quad (3)$$

მუდმივი საწყისი პირობებისათვის (3) განტოლების ამონახსნი (2)-ის გათვალისწინებით მიიღებს სახეს [1, 4]:

$$Z_1(x, t) = \frac{K_1 A^2 x}{a} + \frac{K_1 A^2}{4\omega} \left( \sin 2\omega \left( t - \frac{x}{a} \right) - \sin 2\omega t \right) + e^{-t + \frac{x}{a}} \quad (4)$$

$G_{21}(x,t)$  არხისათვის გვაქვს განტოლებები:

$$\left. \begin{aligned} f_2(t) &= B = \text{const} \\ \frac{\partial Z_3}{\partial t} + a \frac{\partial Z_3}{\partial x} &= B^2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(5) სისტემის ამონახსნი შემდეგი სახისაა:

$$Z_3(x, t) = \frac{K_3 B^2}{a} x + e^{\frac{x}{a} - t}; \quad (6)$$

მაშინ მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილი სისტემის პირველი (ზედა) გამოსასვლელი  $U_1(x,t)$  სიდიდე შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$U_1(x, t) = Z_1(x; t) + Z_2(x; t) = \frac{K_1 A^2 x}{a} + 2e^{\frac{x}{a} - t} + \frac{K_3 B^2}{a} x + \frac{K_1 A^2}{4\omega} \sin 2\omega \left( t - \frac{x}{a} \right) + \frac{K_1 A^2}{4\omega} \sin 2\omega t; \quad (7)$$

დამყარებულ რეჟიმში, როდესაც  $t$  მიისწრაფის უსასრულობისაკენ, მიიღევა ექსპონენციალური მდგენელი და საბოლოოდ მივიღებთ შემდეგი სახის სიგნალს:

$$U_1(x, t) = \frac{x}{a} (K_1 A^2 + K_3 B^2) + \frac{K_1 A^2}{4\omega} \left( \sin 2\omega t - \sin 2\omega \left( t - \frac{x}{a} \right) \right) \quad (8)$$

ანალოგიური ტიპის დამყარებულ სიგნალს მივიღებთ მეორე არხის გამოსასვლელზე, როდესაც  $f_2(t) = A \sin \omega t$ ,  $f_1(t) = B$  და საწყისი პირობები იგივეა:

$$U_2(x, t) = Z_2(x, t) + Z_4(x, t) = \frac{x}{a}(K_2A^2 + K_4B^2) + \frac{K_4A^2}{4\omega} \left( \sin 2\omega t + \sin \left( 2\omega t - \frac{2\omega x}{a} \right) \right) \quad (9)$$

(8) და (9) ამონახსნები ნათლად გვიჩვენებს, რომ ჰამერშტეინის ტიპის სტრუქტურაში, შემავალი სიგნალის სიხშირის ცვლილება გამოიწვევს მხოლოდ გამოსასვლელი სიდიდის ჰარმონიული მდგენელის ცვლილებას და უცვლელად დატოვებს მის მუდმივ მდგენელს.

ჩავატაროთ ასეთივე ექსპერიმენტი ვინერის მოდელისთვისაც, როდესაც ობიექტის არაწრფივი ნაწილი განთავსებულია წრფივი ნაწილის შემდეგ. ასეთ შემთხვევაში თითოეული არხის წრფივი ნაწილი ჰარმონიული შესასვლელი შესასვლელისთვის შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + a \frac{\partial y}{\partial x} = A \sin \omega t; \quad (10)$$

(10) დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი მუდმივი საწყისი პირობებისათვის, შემდეგი სახისაა [4]:

$$y(x_1 t) = \frac{A}{\omega} \left( \cos \omega \left( t - \frac{x}{a} \right) - \cos \omega t \right) - e^{-\frac{x}{a}t} \quad (11)$$

შესაბამისად პირველი არხის გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს:

$$Z_1(x, t) = KY^2(x, t) = \frac{A^2}{\omega^2} \left( \cos^2 \omega \left( t - \frac{x}{a} \right) + \cos^2 \omega t \right) + e^{-2t + \frac{2x}{a}} - \frac{2A}{\omega} \cos \left( \omega \left( t - \frac{x}{a} \right) \right) \cdot \cos \omega t - \frac{2A}{\omega} \left( \cos \omega \left( t - \frac{x}{a} \right) - \cos \omega t \right) \cdot e^{-\frac{x}{a}t} \quad (12)$$

მეორე არხის შესასვლელის მუდმივობის გამო გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს:

$$Z_3(x, t) = KY^2(t) = K \left( \frac{B}{a} x + e^{-t + \frac{x}{a}} \right)^2 \quad (13)$$

პირველი არხის საერთო გამოსასვლელზე გვექნება:

$$U_1(x, t) = Z_1(x, t) + Z_3(x, t) = \left( \frac{A}{\omega} \left( \cos \left( t - \frac{x}{a} \right) - \cos \omega t \right) - e^{-t + \frac{x}{a}} \right)^2 + \left( \frac{B}{a} x + e^{-t + \frac{x}{a}} \right)^2 \quad (14)$$

დამყარებულ რეჟიმში (14)-ე ამონახსნი მიიღებს სახეს:

$$U_1(x, t) = \frac{KA^2}{2\omega^2} + \frac{KA}{2\omega} + \frac{KB^2x^2}{a^2} + \frac{KA}{2\omega} \cos \frac{\omega x}{a} + \frac{A^2K}{2\omega^2} \cos 2\omega \left( t - \frac{x}{a} \right) + \frac{KA}{\omega} \cos \omega \left( 2t - \frac{x}{a} \right) + \frac{KA}{2\omega} \cos 2\omega t; \quad (15)$$

სათანადო აღნიშვნებში ეს ამონახსნი ასე წარმოიდგინება:

$$U_1(x, t) = f_1(\omega) + f_2(\omega^2) + f_3(\cos(2\omega t)) \quad (16)$$

ანალოგიური ტიპის სიგნალი მიიღება ობიექტის  $U_2(x, t)$  გამოსასვლელზეც, რაც მიანიშნებს იმაზე, რომ ვინერის მარტივი სტრუქტურისათვის საიდენტიფიკაციო ობიექტის გამოსასვლელი სიდიდე კვადრატულადაა დამოკიდებული შემავალი ჰარმონიული სიგნალის სიხშირეზე.



### 3. დასკვნა

განაწილებულპარამეტრებიანი ორმაგი ბმის მქონე მართვის ობიექტების განტოლებების ამონახსნების ანალიზით დგინდება, რომ მარტივი ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე ადვილად შეიძლება დავადგინოთ არაწრფივი ობიექტის ძირითადი სტრუქტურა და მოვამზადოთ პირობები სტრუქტურების შემდგომი დაზუსტებისა და პარამეტრების რიცხობრივი შეფასებისთვის.

### ლიტერატურა:

1. Нариманашвили Н.И. (1989). Идентификация нелинейных объектов с распределенными параметрами. Автореф. кандидатской дисс. ГПИ., Тбилиси
2. Шаншиашвили В.Г. (2014). Структурная идентификация нелинейных динамических систем на множестве непрерывных блочно-ориентированных моделей. XII Всероссийское совещание по проблемам уравнения, Москва, 16-19 июля
3. Нариманашвили Н. (2007). Структурная идентификация нелинейных распределенных объектов определенного класса. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ინფორმაციული ტექნოლოგიები მართვაში“. 10-12. ოქტ., თბილისი. გვ. 217-219
4. Тихонов А.Н., Саморский А.А. (1977). Уравнения математической физики. -М, „Наука“.

### THE TASK OF STRUCTURAL IDENTIFICATION FOR THE NON-LINEAR CONTROL OBJECTS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS AND WITH DOUBLE BOND

Narimanashvili Nodar  
Georgian Technical University

#### Summary

The article deals the identification task of with non-linear two-dimensional control objects, when these objects are described by the partial differential equations. Developed an experimental method that allows the identification of the structure of such facilities. The method is based on the systems mode of frequency analysis.

### ЗАДАЧА СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА С ДВУМЯ СВЯЗЬЮ

Нариманашвили Н.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассмотрена задача идентификации для нелинейных многосвязных объектов управления, которые описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. Разработан экспериментальный метод опознавания основных структур таких объектов. Метод основан на частотный анализ установленных режимов системы.

## საცხოვრებელ სახლში ჰაერის ტემპერატურის გათბობის მოდელირება Matlab/Simulink-ის საშუალებით

ნინო მჭედლიშვილი, ირმა დავითაშვილი,  
ია მოსაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განიხილება საცხოვრებელი სახლის ჰაერის ტემპერატურის გათბობის მათემატიკური მოდელი. სახლი თბება ორი ტიპის გამათბობელით: პორტატული და საჰაერო გათბობის სისტემით. მოდელი ემყარება ნიუტონის თბურ კანონს, რომლის საფუძველზეც შედგენილია წრფივი, დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. მოდელირებისთვის გამოყენებულია Matlab/Simulink -ი. ჩატარებულია ტემპერატურის ცვლილების ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: მათემატიკური მოდელი. გათბობა. Matlab/Simulink.

### 1. შესავალი

ტემპერატურის სხვაობა ნებისმიერ სიტუაციაში წარმოადგენს ენერჯის ნაკადის გარემოდან სისტემაში, ან პირიქით, სისტემიდან გარემოში გადინების შედეგს. პირველის შედეგად ვღებულობთ ობიექტის გათბობას, ხოლო მეორეს შედეგად – გაგრილებას. მოდელი ემყარება ნიუტონ-რიხმანის თბოგაცემის კანონს, რომლის მიხედვით სხეულის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე, პროპორციულია სხეულის ტემპერატურისა და გარემო ტემპერატურის ცვლილებისა და გამოსახება შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_2) \quad (1)$$

სადაც,  $k$  პროპორციულობის დადებითი კოეფიციენტია და დამოკიდებულია სხეულის ზედაპირის თვისებებზე;

### 2. ძირითადი ნაწილი

სახლი შედგება სამი დონისაგან: სარდაფი, საცხოვრებელი სართული და სხვენი. ამავდროულად თბოიზოლირებულია მხოლოდ საცხოვრებელი სართული, ხოლო სხვენი და სარდაფი თბოიზოლაციის გარეშეა. სარდაფის კედლები იზოლირებულია მიწით, საცხოვრებელი სართულსა და სარდაფს შორის გადებულია ხის ძელები, ძელებზე სარდაფის ჭერიდან აკრულია თაბაშირ-მუყაო, ხოლო საცხოვრებელი სართულის მხრიდან დაფარულია იატაკის საფარით.

ამოცანის მიზანია ტემპერატურის ცვლილების ანალიზი სახლის მოცემულ სამ დონეს შორის. შემოვიტანოთ აღნიშვნები:  $z(t)$ - ტემპერატურა სხვენიში,  $y(t)$  - ტემპერატურა საცხოვრებელ სართულზე,  $x(t)$  - ტემპერატურა სარდაფში;  $t$  - წარმოადგენს დროს საათებში;

საწყის მონაცემებად განვიხილოთ ზამთრის პერიოდის ერთი დღე, როდესაც გარე ტემპერატურა მთელი დღის განმავლობაში უცვლელია და წარმოადგენს  $T_1$ , ხოლო

სარდაფში მიწის ტემპერატურაა -  $T_2$ . თავდაპირველად გათბობა გამორთულია რამდენიმე დღით. თუ საწყის დროს ( $t=0$ ) ავიღებთ შუადღეს, გვექნება:

- 0 - სარდაფის კედლები და იატაკი;
- 1 - სარდაფის ჭერი;
- 2 - საცხოვრებელი სართულის კედლები;
- 3 - საცხოვრებელი სართულის ჭერი;
- 4 - მანსარდის კედლები და ჭერი;

შესაბამისად, ნიუტონის კანონიდან გამომდინარე გვექნება ხუთი კოეფიციენტი:  $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4$  და შემდეგი განტოლებები:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= k_0(T_2 - x) + k_1(y - x), \\ \frac{dy}{dt} &= k_1(x - y) + k_2(T_1 - y) + k_3(z - y) + T_3 \\ (3) \\ \frac{dz}{dt} &= k_3(y - z) + k_4(T_1 - z) \end{aligned}$$

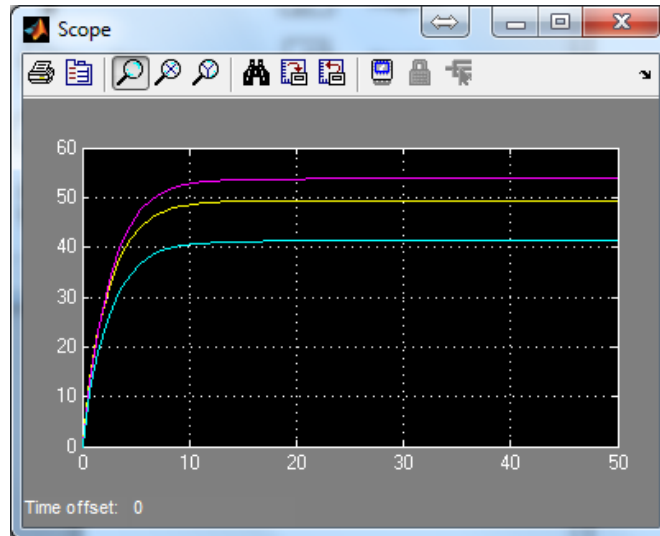
დავუშვათ  $T_1 = 35^\circ\text{F}$ ,  $T_2 = 45^\circ\text{F}$ ;  $T_3 = 20^\circ\text{F}$ ; , ხოლო  $k_0 = 0,5, k_1 = 0,5, k_2 = 0,25, k_3 = 0,25, k_4 = 0,25$

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= 0.5(45 - x) + 0.5(y - x), \\ \frac{dy}{dt} &= 0.5(x - y) + 0.25(35 - y) + 0.25(z - y) + 20 \\ (4) \\ \frac{dz}{dt} &= 0.25(y - z) + 0.25(35 - z) \end{aligned}$$

ჩვენი მიზანია მოვახდინოთ მოცემული განტოლებათა სისტემის Simulink მოდელირება და დავაგინოთ, შესაძლებელი იქნება თუ არა პორტატული გამათბობლით საცხოვრებელ სართულზე ტემპერატურის  $70^\circ\text{F}$ -მდე მიღწევა (ნახ.1).

განვიხილოთ მეორე მოდელი, კერძოდ, პორტატული გამათბობელი შევცვალოთ საჰაერო გათბობის სისტემით. პორტატული გამათბობლის საჰაერო გათბობის სისტემით შევცვლა აჩენს სირთულეებს შესასვლელის გადამრთველზე.

კერძოდ, თერმოსტატი გამორთავს ღუმელს როდესაც საცხოვრებლის სართულზე ტემპერატურა აღწევს  $70^\circ\text{F}$ --ს და ჩართავს, ტემპერატურის 6 ფრგ-ით დაცემის შემდეგ.

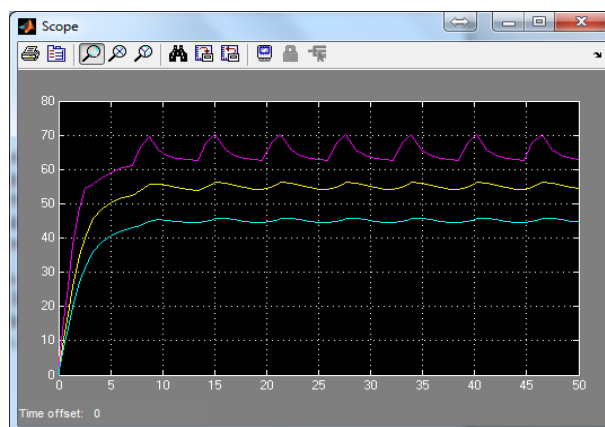


ნახ.1 მოდელირების შედეგი პორტატული გამათბობლის გამოყენებისას

ვივარაუდოთ, რომ ღუმელს გააჩნია ოთხჯერ მეტი TU რეიტინგი, რომელსაც შეუძლია ყოველ საათში ტემპერატურის 80°F-ით გაზრდა. ამ ღუმელის შესწავლა მოითხოვს ორ დიფერენციალურ განტოლებას:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= 0.5(x - y) + 0.25(35 - y) + 0.25(z - y) + 80 & (5) \\ \frac{dy}{dt} &= 0.5(x - y) + 0.25(35 - y) + 0.25(z - y) + 0 \end{aligned}$$

პირველ განტოლებაში შესასვლელზე 20 შეიცვლება 80-ით, ხოლო მეორეში 0-ით; პირველი დიფერენციალური განტოლება უნდა გამოვიყენოთ შემდეგი დროის ინტერვალში:  $0 < t < t_1$  შემდეგ უნდა გადავრთოთ მეორე დიფერენციალურ განტოლებაზე ინტერვალისთვის  $t_1 < t < t_2$ . დროის ინტერვალები შეირჩევა, როდესაც  $y(t_1) = 70^\circ\text{F}$ , და  $y(t_2) = 64^\circ\text{F}$  (ნახ.2).



ნახ. 2. მოდელირების შედეგი საჭაერო გათბობის სისტემის გამოყენებისას

### 3. დასკვნა

მოვხდინეთ საცხოვრებელი სახლში ტემპერატურის გათბობის მოდელირება ორი ტიპის გამათბობლით. როგორც ვხედავთ, პორტატული გამათბობელი ვერ ათბობს საცხოვრებელ სართულზე (იისფერი კონტური - ზედა) ჰაერს 70°F ფარენჰეიტამდე, განსხვავებით საპარეო გათბობის სისტემისა, რომელსაც არა მარტო შეუძლია ჰაერის ტემპერატურის სასურველ ტემპერატურამდე 70°F-მდე, გათბობა, არამედ მისი შენარჩუნება 70°F-64°F.

#### ლიტერატურა:

1. Devendra K. (2010). Chaturvedi .Modeling and Simulation of Systems Using Matlab and Simulink.
2. Richard C. (2013). Dorf, Robert H. Bishop , Modern Control Systems. (Twelfth Edition).
3. Steven K. Karris. (2006). Introduction to Simulink with Engineering Applications with Simulink.

### MODELING OF HOME HEATING WITH MATLAB/SIMULINK

Mchedlishvili Nino, Davitashvili Irma, Mosashvili Ia

Georgian Technical University

#### Summary

In the article there is considered the mathematic model of house heating of the air temperature. The house heats with two types of heaters: portable and forced air furnace.. The model is based on Newton's cooling law, the basis of which is composed the linear, differential equations. For the modeling is used Matlab/Simulink. There is done an analysis of temperature fluctuations.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB/SIMULINK

Мчедлишвили Н., Давиташвили И., Мосашвили И.

Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматривается математическая модель системы отопления жилого дома. Помещение отапливается обогревателями двух типов: портативным и воздушным обогревателем. Модель основывается на законе теплоотдачи Ньютона, на основании которого составлена система линейных дифференциальных уравнений. Моделирование осуществлено с помощью системы Matlab/Simulink. Проведен анализ изменения температуры.



# ტექნოლოგიური პროცესის მრავალპარამეტრული სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობის უზრუნველყოფის საკითხები

ნონა ოთხოზორია, თამარ ცხაკაია, მედეა ნარჩემაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

განხილულია მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობის ამაღლების ერთი მიდგომა, რომლის საფუძველია გამაფრთხილებელი საზღვრის გამოყენება. გამაფრთხილებელ და საკონტროლო საზღვრებს შორის რამდენიმე წერტილის ზედიზედ მოხვედრა ადასტურებს პროცესის დარღვევას. სტატიაში მოცემულია ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტაც უზრუნველყოფს მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობას.

**საკვანძო სიტყვები:** მრავალპარამეტრული სტატისტიკური კონტროლი. ტექნოლოგიური პროცესი. ჰოტელინგის დიაგრამა.

## 1. შესავალი

თანამედროვე წარმოებაში პროდუქციის ხარისხი დამოკიდებულია რამდენიმე მახასიათებელზე, რომლებიც ურთიერთკავშირშია ერთმანეთთან. ამ შემთხვევაში თითოეული პარამეტრის დამოუკიდებელი კონტროლი სერიოზულ ცდომილებებთან მიგვიყვანს. მრავალპარამეტრული ტექნოლოგიური პროცესის სტატისტიკური კონტროლი დაფუძნებულია ჰოტელინგის დიაგრამების გამოყენებაზე. როგორც წესი, პროცესის სტაბილურობის დარღვევის კრიტერიუმი არის წერტილის გასვლა დიაგრამის საკონტროლო ზღვრების გარეთ. ამიტომაც ხშირ შემთხვევაში ეს დიაგრამა პროცესის დარღვევებს ვერ აღმოაჩენს.

ხარისხიანი წარმოების მთავარი მიზანია – დეფექტიანი პროდუქციის დაუშვებლობა. მთავარი ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ მოხდეს დროული ზეგავლენა წარმოების პროცესზე, როცა პროდუქციის პარამეტრები ჯერ კიდევ აკმაყოფილებს ტექნიკურ მოთხოვნებს, მაგრამ კონტროლის სპეციალური ინსტრუმენტები მიუთითებს ისეთ არაშემთხვევით ფაქტორებზე, რომლებსაც შეუძლია შეაფერხოს ტექნოლოგიური პროცესი.

ხარისხის უზრუნველყოფის სხვადასხვა მიდგომები არსებობს, მათ შორისაა პროდუქციის დეფექტების აღმოფხვრა და დეფექტების გაჩენის მიზეზების დროულად დადგენა და მათზე ოპერატიულად რეაგირება. სხვადასხვა პროცესის ანალიზის მეშვეობით დადგენილია ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხის მაჩვენებლების ძირითადი დამოკიდებულებები. კორელაციათა დადგენა შესაძლებელია ნებისმიერი ოპერაციის დროს – მექანიკური, ქიმიური და თერმული დამუშავების შემთხვევაშიც.

ასეთი კორელაციების დადგენა ხდება როგორც ერთი ან რამდენიმე ნაწარმის სხვადასხვა ზედაპირების დამუშავებისას, ასევე ერთი დეტალის სხვადასხვა რაოდენობრივ პარამეტრებს შორის.

კორელაციის მნიშვნელობა დამოკიდებულია კონკრეტული ტექნოლოგიური პროცესის პირობებზე, მაგრამ თვითონ ამ კორელაციის არსებობა მიგვითითებს იმაზე, რომ ამ სიტუაციაში საჭიროა პროცესის მრავალგანზომილებიანი კონტროლის ჩატარება.

ტექნოლოგიური პროცესის შეფერხების აღმოსაჩენად გამოიყენება ალბათობის დიაგნოსტიკური მეთოდები, რომელთა მეშვეობითაც ირკვევა ალბათობის განაწილების ცვლილება მონაცემთა დაგროვების დროს.

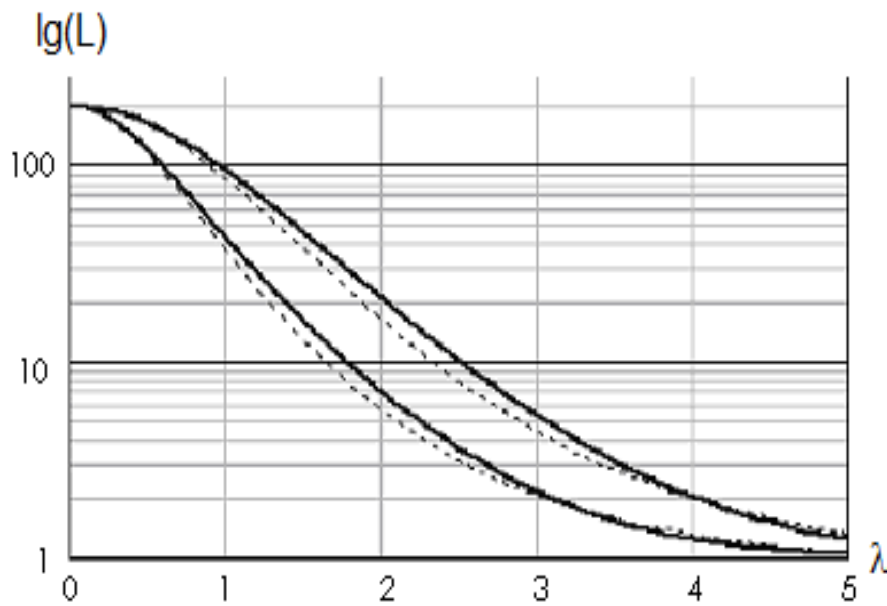
## 2. სტატისტიკური კონტროლი და ჰოტელინგის დიაგრამა

მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობისათვის აუცილებელია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

1. დავადგინოთ ტექნოლოგიურ პროცესის შეფერხებების მიზეზები სტატისტიკური კონტროლის და დიაგნოსტიკის არსებული მეთოდების გამოყენებით;
2. ავაგოთ შეფერხებული ტექნოლოგიური პროცესის მონაცემთა ვექტორების თანამიმდევრობათა მათემატიკური მოდელები;
3. გამოვიკვლიოთ ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევის სპეციალური ტიპის სტრუქტურები და გამოვთვალოთ შესაბამისი პარამეტრები ჰოტელინგის დიაგრამის მეშვეობით;
4. შევიმუშავოთ ალგორითმები და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა ჰოტელინგის რუკის ასაგებად;
5. გამოვიკვლიოთ მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკური კონტროლის მგრძნობელობის ამაღლების შემუშავებული მეთოდების ეფექტურობა.

ტექნოლოგიური პროცესის შეფერხების მიზეზების დადგენისათვის უმარავი სხვადასხვა მეთოდი არის დამუშავებული. სტატისტიკური კონტროლის სფეროში ყველაზე გავრცელებულია ჰოტელინგის დიაგრამა. მაგრამ ამ დიაგრამების რეაგირება ტექნოლოგიური პროცესის შეფერხებებზე ყოველთვის ოპერატიულად არ ხდება.

ერთგანზომილებიანი დიაგრამების მგრძნობელობის გასაზრდელად არსებობს რამდენიმე მიდგომა. ერთ-ერთი მათგანია სპეციალური ტიპის სტრუქტურების აღმოჩენა, რომლებიც მიგვითითებს პროცესის დარღვევაზე. ამისათვის საჭიროა საკონტროლო რუკებზე სტატისტიკური ცდების ჩატარება არჩეული პირობების შემთხვევაში. მეორე მიდგომა დაფუძნებულია გამაფრთხილებელი საზღვრების გამოყენებაში. ამ შემთხვევაში ერთგანზომილებიანი კონტროლის დროს მნიშვნელოვნად იზრდება საკონტროლო რუკების მგრძნობელობა.



ნახ.1. ჰოტელინგის რუკის საშუალო სიგრძის სერიების გრაფიკები  $p = 2$  (ქვევით) და  $p = 10$  მაჩვენებლებისათვის ჩვეულებრივი საზღვრით (უწყვეტი ხაზი) და გამაფრთხილებელი საზღვრით (პუნქტირული ხაზი)

გამაფრთხილებელი საზღვრების გამოყენება ითვალისწინებს საკონტროლო პარამეტრის მნიშვნელობების არის დაყოფას სამ ქვეარედ. ჰოტელინგის სტანდარტული დიაგრამაზე არსებულ ზონებთან ერთად, გამაფრთხილებელი საზღვრების დახმარებით, პროცესის გარდამავალი მდგომარეობისათვის გამოიყოფა დამატებითი ზონები. რამდენიმე წერტილის მიმდევრობით განლაგება ამ ზონაში მიუთითებს პროცესის შესაძლო დარღვევაზე.

ჰოტელინგის რუკის მგრძობიარობის გაზრდა საშუალებას იძლევა ავამაღლოთ მრავალგანზომილებიანი სტატისტიკური კონტროლის ეფექტურობა.

### 3. დასკვნა

პროცესების სტატისტიკური კონტროლი საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ პროცესის დარღვევები მანამ, სანამ საკონტროლო პარამეტრები დასაშვების საზღვრების გარეთ არ არის გამოსული. ჰოტელინგის დიაგრამების გამოყენებით შესაძლებელია პროცესში მოსალოდნელი დარღვევის აღმოჩენის დროის მნიშვნელოვანი შემცირება და შესაბამისად პრევენციისათვის საჭირო ზომების დროული მიღება.

ლიტერატურა:

1. Montgomery D.C. (2009). Introduction to statistical quality control. 6-th ed. NewYork: John Wiley and Sons.
2. Ryan T.P. (2011). Statistical methods for quality improvement. NewYork: John Wiley and Sons.

**SUPPORT ISSUES OF MONITORING IN MULTIVARIATE STATISTICAL CONTROL OF A TECHNOLOGICAL PROCESS**

Otkhozoria Nona, Tskhakaia Tamar, Narchemashvili Medea  
Georgian Technical University

**Summary**

The article discusses one approach to improve the efficiency of multivariate statistical control. Approach is based on the warning limit. Several points between warning and control limits also constitute a violation of the process. In article the tasks allowing providing efficiency of multivariate statistical check are considered.

**ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Отхозория Н., Цхакая Т., Нарчемашвили М.  
Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматривается один подход для повышения эффективности многомерного статистического контроля, который базируется на применение предупреждающей границы. Попадание нескольких точек подряд между предупреждающей и контрольной границами также свидетельствует о нарушении процесса. В статье рассмотрены задачи, позволяющие обеспечить эффективность многомерного статистического контроля.

# არაწრფივი, არასტაციონალური ჩაკეტილი მართვის სისტემის იდენტიფიკაცია მრავალი ცვლადის მახასიათებელი ფუნქციების საშუალებით

ნინო ვარძიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია შემთხვევა, როცა არაწრფივი, არასტაციონალური ჩაკეტილი მართვის სისტემის აღმწერი ფუნქციონალი შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნას ორი ფუნქციონალის ნამრავლის სახით:  $F(x(\tau), t) = F_1(x(\tau)) \cdot F_2(t)$ , სადაც  $F_1(x(\tau))$  არის ფუნქციონალი, რომელიც შესაძლებელია ჩაწერილ იქნას ვოლტერას მწკრივის სახით, ხოლო  $F_2(t)$  ფუნქციონალი იშლება ხარისხოვან მწკრივად. მრავალი ცვლადის მახასიათებელი ფუნქციის საშუალებით მიღებულია განტოლებათა სისტემა დროის დისკრეტულ მომენტებში იმპულსური გარდამავალი ფუნქციების მნიშვნელობებსა და  $F_2(t)$  ფუნქციონალის ხარისხოვანი მწკრივის კოეფიციენტების მიმართ. მიღებული განტოლებათა სისტემის ამონახსნის პოვნა საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ არაწრფივი, არასტაციონალური ჩაკეტილი მართვის სისტემის იდენტიფიკაცია.

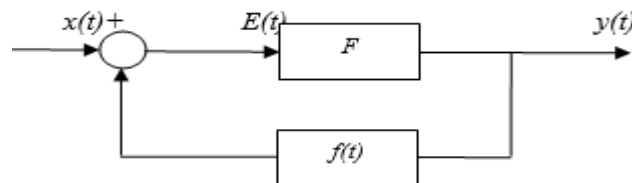
**საკვანძო სიტყვები:** იდენტიფიკაცია. მახასიათებელი ფუნქციები. არაწრფივი ობიექტები.

## 1. შესავალი

ნაშრომებში [1,2], წარმოდგენილია არაწრფივი ობიექტების იდენტიფიკაცია მახასიათებელი (ბლოკ) ფუნქციების საშუალებით, როდესაც საიდენტიფიკაციო ობიექტი მიეკუთვნება არასტაციონალურ სისტემათა კლასს. [3]-ში შექმნილი მეთოდი გავრცობილია არაწრფივი ობიექტებზე. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია არაწრფივი, არასტაციონალური ობიექტის იდენტიფიკაცია ჩაკეტილი მართვის სისტემის შემთხვევაში.

## 2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ ჩაკეტილი მართვის სისტემა (ნახ.1):



ნახ.1.

სადაც  $F$  ფუნქციონალი წარმოადგენს არაწრფივი, არასტაციონალური ობიექტის თვისებებს.  $x(t)$  და  $y(t)$  შესაბამისად შემავალი და გამომავალი სიგნალებია,  $f(t)$  უკუკავშირის წრედის იმპულსური გარდამავალი ფუნქციაა. განვიხილავთ შემთხვევას, როცა შესაძლებელია  $F(x(\tau), t)$  ფუნქციონალი წარმოდგენილი იქნას ორი ფუნქციონალის ნამრავლის სახით:



$$F(x(\tau), t) = F_1(x(\tau)) \cdot F_2(t).$$

სადაც  $F_1(x(t))$  ფუნქციონალი შესაძლებელია წარმოდგენილი იქნას ვოლტერას მწკრივის საშუალებით:

$$F_1[x(t)] = \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^t \cdots \int_0^t g^{(i)}(t-t_1, \dots, t-t_i) \prod_{k=1}^i \left( x(t_k) - \int_0^{t_k} f(t_k - \tau) y(\tau) d\tau \right) dt_1 \cdots dt_i \quad (1)$$

ხოლო  $F_2(t)$  იშლება  $t$  ცვლადის მიმართ ხარისხოვან მწკრივად:

$$F_2(t) = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \dots \quad (2)$$

ამ შემთხვევაში, მართვის ობიექტის მათემატიკური მოდელისათვის გვექნება:

$$\hat{y}(t) = (a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \dots) \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^t \cdots \int_0^t g^{(i)}(t-t_1, \dots, t-t_i) \prod_{k=1}^i \left( x(t_k) - \int_0^{t_k} f(t_k - \tau) y(\tau) d\tau \right) dt_1 \cdots dt_i \quad (3)$$

(აქ  $\hat{y}(t)$  მოდელის გამოსასვლელი სიგნალია, ანუ  $y(t)$ -ს შეფასება) იდენტიფიკაციის ამოცანას შეადგენს განვსაზღვროთ იმპულსური  $g^{(i)}(t_1, \dots, t_i)$  ფუნქციები და  $(a_0; a_1; a_2; \dots)$  კოეფიციენტები  $[0, T]$  სეგმენტზე უწყვეტი  $x(t)$ ,  $y(t)$  და  $f(t)$  ფუნქციების საშუალებით. თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას:

$$E(t) \equiv x(t) - \int_0^t f(t - \tau) y(\tau) d\tau,$$

მაშინ (3) ტოლობიდან მივიღებთ:

$$\hat{y}(t) = (a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \dots) \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^t \cdots \int_0^t g^{(i)}(t-t_1, \dots, t-t_i) \prod_{k=1}^i E(t_k) dt_1 \cdots dt_i \quad (4)$$

ვთქვათ,  $N$  ფიქსირებული რიცხვია.  $[0; T]$  შუალედი დავყოთ  $N$  ტოლ ნაწილად,  $h = T/N$ . შემოვიტანოთ მრავალი ცვლადის მახასიათებელი ფუნქცია შემდეგი სახით [1]:

$$\Phi_{m_1 \dots m_i}(t_1, \dots, t_i) = \begin{cases} 1, & \text{როცა } (t_1, \dots, t_i) \in [(m_1 - 1)h, m_1 h] \times \dots \times [(m_i - 1)h, m_i h] \\ 0, & \text{როცა } (t_1, \dots, t_i) \notin [(m_1 - 1)h, m_1 h] \times \dots \times [(m_i - 1)h, m_i h] \end{cases}$$

აღვნიშნოთ:

$$g_{m_1 \dots m_i}^{(i)} = \frac{1}{h^n} \int_{(m_1-1)h}^{m_1 h} \cdots \int_{(m_i-1)h}^{m_i h} g^{(i)} dt_1 \cdots dt_i, \quad (5)$$

მაშინ  $g^{(i)}(t_1 \dots t_i)$  ფუნქციისათვის შეიძლება დაიწეროს შემდეგი აპროქსიმაციული ტოლობა:

$$g^{(i)}(t_1, \dots, t_i) = \sum_{m_1=1}^N \cdots \sum_{m_i=1}^N g_{m_1 \dots m_i}^{(i)} \Phi_{m_1 \dots m_i}(t_1, \dots, t_i) \quad (6)$$

იდენტიფიკაციის ამოცანის ამოხსნის ალგორითმის თვალსაჩინოდ ჩვენებისთვის, ზოგადობის შეუზღუდავად, (1) ტოლობის მარჯვენა მხარეში ავიღოთ მხოლოდ ორი შესაკრები, ხოლო (2) ტოლობის მარჯვენა მხარეში კი  $n$  შესაკრები.

ჩანაწერის გამარტივების მიზნით  $g^{(1)}(t) \equiv g(t)$ ,  $g^{(2)}(t_1, t_2) \equiv G(t_1, t_2)$ . ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, (3) გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\hat{y}(t) = (a_0 + a_1 \cdot t + \dots + a_{n-1} \cdot t^{n-1}) \cdot \left( \int_0^t g(t-t_1)x(t_1)dt + \int_0^t \int_0^t G(t-t_1, t-t_2)E(t_1)E(t_2)dt_1 dt_2 \right) \quad (7)$$

თუ  $p \in \overline{1, n}$ , მაშინ შუალედი  $[(p-1)h; ph]$  (როცა  $p=1$ , მაშინ  $[0; h]$  შუალედი) დავყოთ  $p+2$  ტოლ ნაწილად, ხოლო თუ  $p \in \overline{n+1, N}$ , მაშინ შუალედი  $[(p-1)h; ph]$  დავყოთ  $p+1$  ტოლ ნაწილად და განვიხილოთ ყოველი მიღებული შუალედის მახასიათებელი ფუნქცია:

$$\varphi_{pq}(t) = \begin{cases} 1, & \text{როცა } t \in [t_{pq-1}; t_{pq}] \\ 0, & \text{როცა } t \notin [t_{pq-1}; t_{pq}] \end{cases} \quad (8)$$

სადაც  $t_{pq} = (p-1)h + \frac{q}{p+2}h$ ,  $q \in \overline{1; p+2}$ , როცა  $p \in \overline{1, n}$ , და  $t_{pq} = (p-1)h + \frac{q}{p+1}h$ ,  $q \in \overline{1; p+1}$ , როცა  $p \in \overline{n+1, N}$ .

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$E_{pq} = \frac{p+2}{h} \int_{t_{pq-1}}^{t_{pq}} E(t)dt; \quad p = \overline{1, n} \quad q = \overline{1, p+2}; \quad (9.1)$$

$$\hat{y}_{pq} = \frac{p+2}{h} \int_{tpq-1}^{tpq} \hat{y}(t)dt; \quad p = \overline{1, n} \quad q = \overline{1, p+2}.$$

$$E_{pq} = \frac{p+1}{h} \int_{t_{pq-1}}^{t_{pq}} E(t)dt; \quad p = \overline{n+1, N} \quad q = \overline{1, p+1}; \quad (9.2)$$

$$\hat{y}_{pq} = \frac{p+1}{h} \int_{tpq-1}^{tpq} \hat{y}(t)dt; \quad p = \overline{n+1, N} \quad q = \overline{1, p+1}.$$

(8) და (9) აღნიშვნების გათვალისწინებით გვექნება შემდეგი აპროქსიმაციული ტოლობები:

$$E(t) = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^{p+2} x_{pq} \cdot \varphi_{pq}(t) + \sum_{p=n+1}^N \sum_{q=1}^{p+1} E_{pq} \cdot \varphi_{pq}(t); \quad (10)$$

$$\hat{y}(t) = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^{p+2} \hat{y}_{pq} \cdot \varphi_{pq}(t) + \sum_{p=n+1}^N \sum_{q=1}^{p+1} \hat{y}_{pq} \cdot \varphi_{pq}(t)$$

თუ  $A_{ij}^{(m)} = \sum_{r=1}^{m+1} \left( \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^{p+2} E_{pq} \cdot (\varphi_{pq} * \varphi_{mr})(t_{ij}) + \sum_{p=n+1}^N \sum_{q=1}^{p+1} E_{pq} \cdot (\varphi_{pq} * \varphi_{mr})(t_{ij}) \right)$ , მაშინ სათანადო

გარდაქმნების შედეგად [3], მივიღებთ განტოლებათა სისტემას:

$$\hat{y}_{11} = (g_1 \cdot A_{11}^{(1)} + G_{11} (A_{11}^{(1)})^2) (a_0 + a_1 \cdot t_{11} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{11})^{n-1})$$

$$\hat{y}_{12} = (g_1 \cdot A_{12}^{(1)} + G_{11} (A_{12}^{(1)})^2) (a_0 + a_1 \cdot t_{12} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{12})^{n-1})$$

$$\hat{y}_{13} = (g_1 \cdot A_{13}^{(1)} + G_{11} (A_{13}^{(1)})^2) (a_0 + a_1 \cdot t_{13} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{13})^{n-1})$$

$$\hat{y}_{n1} = \left( \sum_{m=1}^n g_m A_{n1}^{(m)} + \sum_{m,k=1}^n G_{mk} A_{ij}^m A_{ij}^k \right) (a_0 + a_1 \cdot t_{n1} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{n1})^{n-1})$$

$$\hat{y}_{n,n+2} = \left( \sum_{m=1}^n g_m A_{n,n+2}^{(m)} + \sum_{m,k=1}^n G_{mk} A_{n,n+2}^{(m)} A_{n,n+2}^{(k)} \right) (a_0 + a_1 \cdot t_{n,n+2} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{n,n+2})^{n-1})$$

$$\hat{y}_{N,N+1} = \left( \sum_{m=1}^N g_m A_{N,N+1}^{(m)} + \sum_{m,k=1}^n G_{mk} A_{N,N+1}^{(m)} A_{N,N+1}^{(k)} \right) (a_0 + a_1 \cdot t_{N,N+1} + \dots + a_{n-1} \cdot (t_{N,N+1})^{n-1})$$

განტოლებათა პირველ სამეულში გვაქვს  $(2+n)$  უცნობი:  $g_1, G_{11}, a_0, \dots, a_{n-1}$ . განტოლებათა შემდეგ ოთხეულში შემოდის სამი ახალი უცნობი:  $g_2, G_2$  და  $(G_{12} + G_{21})$  (ჯამს განვიხილავთ როგორც ერთი უცნობს), და ასე შემდეგ,  $(2+n)$  განტოლებაში (განტოლებებში, რომლებშიც მონაწილეობენ  $\hat{y}_{n1}, \hat{y}_{n2}, \dots, \hat{y}_{n,n+2}$  სიდიდეები) შემოდის  $(1+n)$  ახალი უცნობი:  $g_n, (G_{n1} + G_{1n}), (G_{n2} + G_{2n}), \dots, (G_{n,n-1} + G_{n-1,n}), G_{nn}$ .

განტოლებათა რიცხვი ტოლია ამ განტოლებებში შემავალ უცნობთა რიცხვის, ამიტომ ზოგადად შესაძლებელია ვიპოვოთ ამ განტოლებათა სისტემის ამონახსნი (შევნიშნოთ, რომ ეს არაა წრფივ განტოლებათა სისტემა, ამიტომ ზოგადად მას ექნება არა ერთადერთი ამონახსნი). დანარჩენ განტოლებებში შემოდის იმდენი ახალი უცნობი  $(g_{n+1}, \dots, g_N, (G_{n+1,1} + G_{1,n+1}), \dots, (G_{n,n-1} + G_{n-1,n}), G_{nn}, \dots, G_{NN})$  რამდენი განტოლებაცაა, ამასთან ეს განტოლებები წრფივია ამ ახალი უცნობების მიმართ, რაც ნიშნავს იმას, რომ ამ სისტემას, ზოგადად, ექნება ერთადერთი ამონახსნი.

იმის გასარკვევად, თუ რომელი ამონახსნი უნდა ავირჩიოთ მათგან, საჭიროა მათემატიკური მოდელით მიღებული მონაცემები (ამონახსნთა ყველა სიმრავლი-სათვის) შევადაროთ რეალურ მონაცემებს და ავირჩიოთ ის ამონახსნი, რომლის-თვისაც სიდიდე  $M(y - \hat{y})^2$  იქნება უმცირესი (აქ  $M$  მათემატიკური ლოდინის სიმბოლოა). მათემატიკური მოდელის პარამეტრების დაზუსტების მიზნით, ყოველ მომდევნო ეტაპზე ხდება მოდელით მიღებული მონაცემების შედარება რეალურ მონაცემებთან. ეს საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ წინა ეტაპზე მიღებული შედეგების, მაგალითად,  $a_i$  კოეფიციენტების მიღებული მნიშვნელობების კორექტირება. ზოგადად, რობინს-მონროს პროცედურის თანახმად  $a_i(n+1) = a_i(n) + \gamma_n (y - \hat{y})$  [4].

### 3. დასკვნა

არაწრფივი, არასტაციონალური ჩაკეტილი მართვის სისტემის შემთხვევაში, მრავალი ცვლადის მახასიათებელი ფუნქციის გამოყენებით, მიღებულია

იდენტიფიკაციის ალგორითმი იმპულსური გარდამავალი ფუნქციების მნიშვნელობების პოვნისათვის დროის დისკრეტული მომენტებში.

#### ლიტერატურა:

1. Akhobadze M. (1989). Identifikation of nonlinear closed dynamic systems by the block impulse functions. IFAC. Tbilisi, USSR.
2. ახოზაძე მ., კურცხალია ე. (1990). არაწრფივი ობიექტების იდენტიფიკაციის რეკურსიული ალგორითმი. სტუ. სამეცნიერო შრომები #13(369).
3. ვარძიაშვილი ნ., კურცხალია ე. (2016). არაწრფივი, არასტაციონალური, დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია ფუნქციონალური მწკრივების საშუალებით, სტუ, სამეცნიერო ჟურნალი „განათლება“ 2(16).
4. Вазан М. (1972). Стохастическая аппроксимация. -М.: Мир.

### IDENTIFICATION OF NON-LINEAR, NON-STATIONARY LOCKED CONTROL SYSTEM BY CHARACTERISTIC MULTIVARIABLE FUNCTIONS

Vardziashvili Nino

Georgian Technical University

#### Summary

The article discusses the case when the function describing the non-linear, non-stationary locked control system may be presented as a multiplication of two functions:  $F(x(\tau), t) = F_1(x(\tau)) \cdot F_2(t)$ . Where  $F_1(x(\tau))$  is the function, which can be given in the form of the Volterra series, and  $F_2(t)$  features the separation of qualitative series. Bases on characteristic multivariable function is obtained system of equations towards the meanings of impulsive transition functions and coefficients of qualitative series of functions in discrete moments of time. The solution of system of equations allows us to identify a non-linear, non-stationary locked control system.

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ, НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Вардзиаშვილი Н.

Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматривается случай, когда функционал описывающая нелинейную, нестационарную замкнутую систему управления может быть представлена в виде произведения двух функционалов:  $F(x(\tau), t) = F_1(x(\tau)) \cdot F_2(t)$ , где  $F_1(x(\tau))$  функционал, которая может быть задана в виде ряда Вольтерра, а  $F_2(t)$  представляет собой степенный ряд. С помощью характеристической функции многих переменных получается система уравнения относительно значения импульсных переходных функций в дискретные моменты времени и коэффициентов степенного ряда. Решение системы уравнений позволяет определить состояния нелинейной, нестационарной замкнутой системы управления.

## პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგიის გაფართოებული გამოყენება მოდელებით მართვადი არქიტექტურით

ეკატერინე თურქია, დავით ჯიბუტი, სოფიო სტომადოვა  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგიის გაფართოებული გამოყენება ორგანიზაციის ბიზნესპროცესების ფორმალიზებული აღწერიდან პროგრამული უზრუნველყოფის დაპროექტებამდე. მოცემულია პროგრამული უზრუნველყოფის სასიცოცხლო ციკლის ეტაპებზე, პროგრამული ინჟინერიის ინსტრუმენტების გამოყენების დონეები და ამ დონეების ლოგიკური ურთიერთდაკავშირება მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიით. პრაქტიკული მაგალითების სახით შემოთავაზებულია ბიზნესპროცესების დიაგრამიდან UML UseCase ფორმირება, შემდეგ მისგან აქტიურობის დიაგრამის ავტოგენერაცია, კლასების დიაგრამაში მეთოდის აღწერა აქტიურობის დიაგრამით და კოდის გენერაცია მეთოდის პირობითი და ციკლური ოპერატორების თანხლებით. წარმოდგენილი მაგალითებით ნაჩვენებია პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგიის შესაძლებლობები - თუ რამდენად მჭიდროდ უახლოვდება ბუნებრივ ენაზე შედგენილი ბიზნესპროცესების პროცედურები მოდელირებას, ხოლო მოდელირება პროგრამულ კოდს.

**საკვანძო სიტყვები:** პროგრამული ინჟინერია. მოდელებით მართვადი ტექნოლოგია. UML. BPMN. კოდის გენერაცია.

### 1. შესავალი

ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების შესრულების მხარდამჭერი პროგრამული უზრუნველყოფა მაქსიმალურად მიახლოებული უნდა იყოს ორგანიზაციის ბიზნეს-მოთხოვნებთან და სრულად უნდა შეესაბამებოდეს ორგანიზაციის ფუნქციონალურ ან არა-ფუნქციონალურ მოთხოვნებს. ეს მოთხოვნები შესაძლებელია შემდგომში დაკორექტირდეს. ავტომატიზებული ბიზნეს-პროცესების რეალურ გარემოსთან ადაპტირებისას. ფაქტობრივი და ავტომატიზებული ბიზნეს-პროცესების შესრულების თანხვედრა მუდმივად დგას ორგანიზაციის ეფექტურად დაგეგმვის ამოცანებში, რაც ტესტირების ფართო ციკლებით, სიმულაციური მეთოდებითა და ანალიტიკური კვლევის ინსტრუმენტებით მიიღწევა.

ავტომატიზებული სისტემებისა და ბიზნეს-პროცესების შესაბამისობის ანალიტიკური კვლევის ფართო სპექტრს გვთავაზობს პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგია, პროგრამული სისტემის მოდელირების ენების სიმრავლით. ანალიტიკური მიზნებისთვის ამ მოდელების ურთიერთაღქმადობით სრულყოფისთვის განვითარდა მოდელებით მართვადი არქიტექტურა (MDA-Model Driven Architecture), რაც სხვადასხვა მოდელების ურთიერთ ტრანსფორმაციისა და შინაარსობრივად დაკავშირების საშუალებაა, მათ შორის, პლატფორმადამოუკიდებელი არქიტექტურით [1].

მიდმინარე საერთაშორისო კვლევები საინფორმაციო ტექნოლოგიებში მიმართულია პროგრამული ენების ბუნებრივ ენასთან მჭიდროდ მიახლოების რეალიზაციაში. მოდელების დაკავშირებისა და ურთიერთგარდაქმნის განვითარება განსაკუთრებით საინტერესოა და პროდუქტიული ბუნებრივი ენიდან ანალიტიკური მოდელების გენერაციის ინსტრუმენტის ფუნქციონირებისთვის, ასევე ანალიტიკური მოდელების საინჟინრო კვლევისთვის და ავტომატიზაციისთვის. ხშირად, ბიზნეს-პროცესის აღწერა ორგანიზაციებში პროცედურის



სახით ფორმდება ტექსტური ფორმით. ეს მიღებული პრაქტიკაა, თუმცა ბიზნეს-პროცესების ანალიტიკურად გამოყენებისთვის აუცილებელია მისი საინჟინრო გარდაქმნა. ამ პრობლემის გადაჭრისთვის პროგრამული ინჟინერია აფართოებს დიაგრამების ელემენტების თვისებების ფორმას სცენარების შექმნის საშუალებით, ხოლო მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიით სცენარში გაწერილი პროცედურები ავტომატურად გენერირდება სხვადასხვა ტიპის დიაგრამებად [2].

## 2. ძირითადი ნაწილი

პროგრამული ინჟინერიის მოდელების აგებისა და რეალიზაციის ტექნიკური გადაწყვეტაა CASE (Computer-aided software engineering) ტექნოლოგია, სადაც პროგრამული უზრუნველყოფის სასიცოცხლო ციკლის (SDLC-systems development life cycle) მხარდამჭერი ინსტრუმენტული საშუალებები კლასიფიცირდება ოთხ დონედ:

1. ზედა დონის ინსტრუმენტები (Upper Case Tools) - გამოიყენება დაგეგმვის, ანალიზის და დაპროექტების ეტაპზე;

2. ქვედა დონის ინსტრუმენტები (Lower Case Tools) - გამოიყენება იმპლემენტაციის, ტესტირებისა და მხარდაჭერის ეტაპებისთვის;

3. ინტეგრირებული ინსტრუმენტები (Integrated Case Tools) - გამოიყენება პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავებისა და ფუნქციონირების ნებისმიერ ეტაპზე, მათ შორის დოკუმენტირების, მენეჯერული და ანალიტიკური ფუნქციების დაგეგმვა-მოდელირებისთვის;

4. დამატებითი ინსტრუმენტები - ორგანიზაციული და სტრატეგიული დაგეგმვის, მოდელების სიმულაციის, ურთიერთსახვა-ტრანსფორმაციის, მოდელებიდან კოდის გენერაციის, სინქრონიზაციისა (მოდელებში ან კოდში ელემენტების შეცვლის მყისიერი ურთიერთსახვა) და გამართვის (Debug) მექანიზმებით.

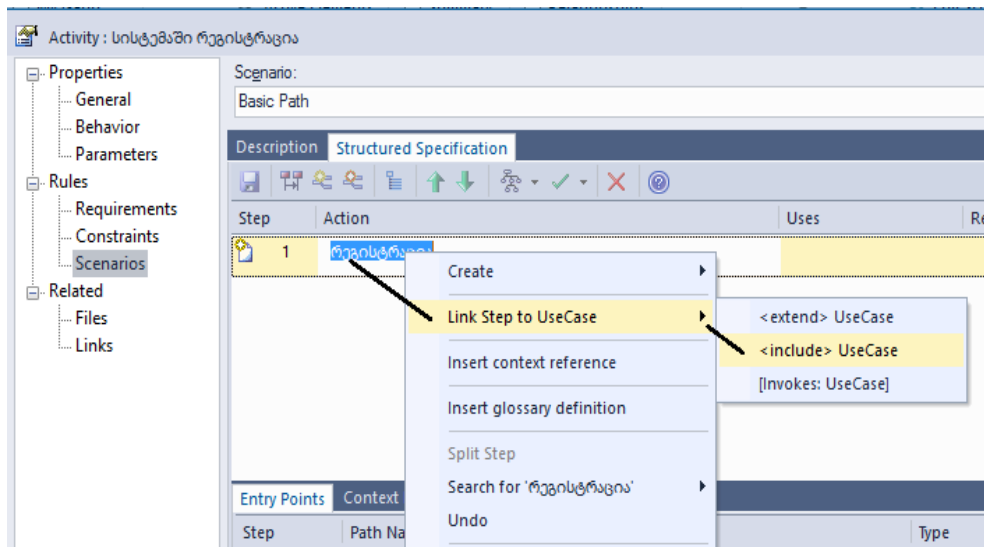
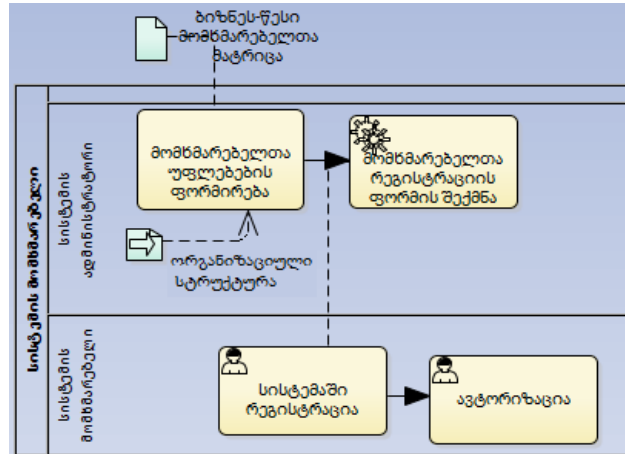
მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიით განისაზღვრა მოდელების ელემენტების იდენტიფიკაცია და სემანტიკური კავშირი, რის შედეგადაც უზრუნველყოფილი იქნა ზემოთ ჩამოთვლილი ინსტრუმენტების ე.წ. ლოგიკური გადაბმა [3].

მაგალითად, ბიზნეს-პროცესების მოდელირების ნოტაციიდან UML (Unified Modeling Language) -UseCase დიაგრამის პარალელური აგება; UML-UseCase დიაგრამის პრეცედენტის სცენარული აღწერა და დაკავშირებული დიაგრამების - აქტიურობის, მიმდევრობითობის, მდგომარეობების, ტესტირების, მდგრადობის (robustness), ბიზნეს-წესების ავტოგენერაცია; კლასების დიაგრამაზე კლასის მეთოდების აღწერა არა მხოლოდ კარკასული (დასახელება, ტიპი, პარამეტრები), არამედ შინაარსობრივი ფორმით აქტიურობის, მიმდევრობითობის ან მდგომარეობების დიაგრამის სახით და პროგრამულ კოდად გენერაცია და სხვ. [4].

პროგრამული ინჟინერიის ზემოთ ჩამოთვლილი მიღწევების თვალსაჩინოებისთვის, განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი სარეალიზაციო პროგრამული სისტემის „მომხმარებელთა მართვის“ ნაწილისთვის Sparx Enterprise Architect ინსტრუმენტის გამოყენებით.

1-ელ ნახაზზე მოცემულია სისტემის მომხმარებელთა მართვის ბიზნესპროცესის აღწერის BPMN (Business Process Model and Notation) დიაგრამა. მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიის თანახმად განსაზღვრულია სემანტიკური კავშირი BPMN დიაგრამასა და UML-UseCase დიაგრამებს შორის. იდენტიფიკაცია შემდეგი ელემენტები Pool/Line (BPMN) – Actor (UML UseCase), Activity (BPMN) – Case (UML UseCase). BPMN დიაგრამის ელემენტების თვისებებში სცენარის აღწერის ნაწილში შესაძლებელია თითოეული „ქმედების“ (Activity) მიბმა UML-UseCase დიაგრამასთან (ნახ.2).

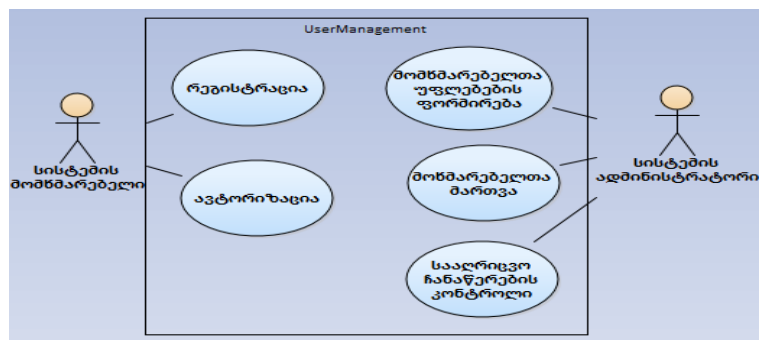
ნახ. 1. სისტემის მომხმარებელთა მართვის ბიზნეს-პროცესის აღწერის BPMN დიაგრამის ფრაგმენტი



ნახ.2. BPMN დიაგრამიდან UML-UseCase დიაგრამის შექმნის ფრაგმენტი

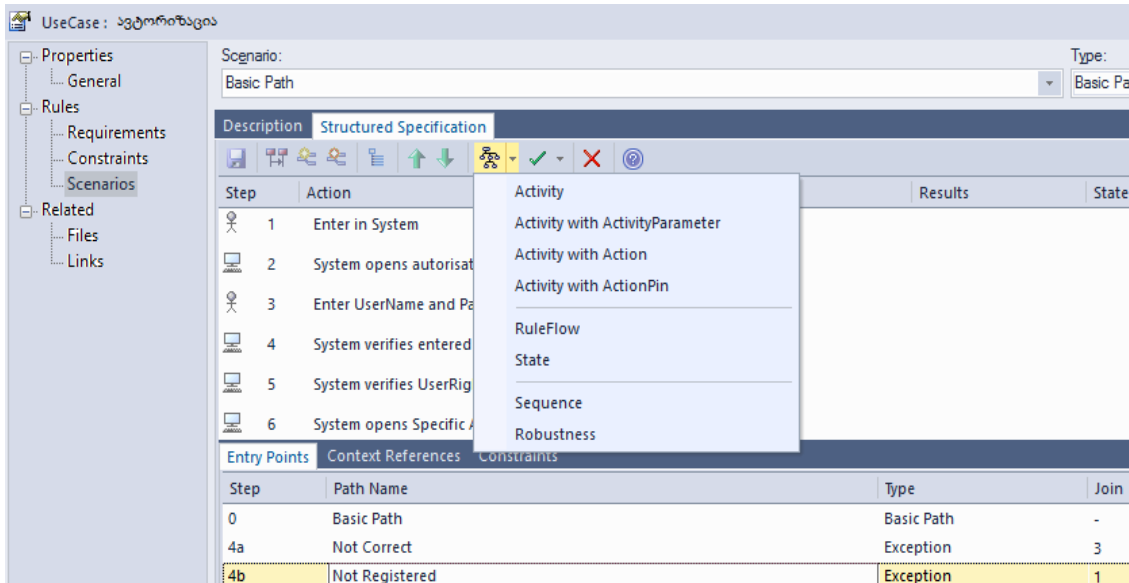
შედეგად ფორმირდება UML UseCase დიაგრამა (ნახ.3).

ნახ.3. BPMN დიაგრამიდან შექმნილი UML-UseCase დიაგრამა



შემოთავაზებულ UseCase დიაგრამის პრეცედენტზე „ავტორიზაცია“ ფორმირებული სცენარი ნაჩვენებია მე-4 ნახაზზე (Sparx EA სისტემა ნაწილობრივ უჭერს მხარს ქართულ უნიკოდს, კოდის გენერაციის პრინციპებიდან გამომდინარე, ამდენად პროცედურა შედგენილია ინგლისურ ენაზე).

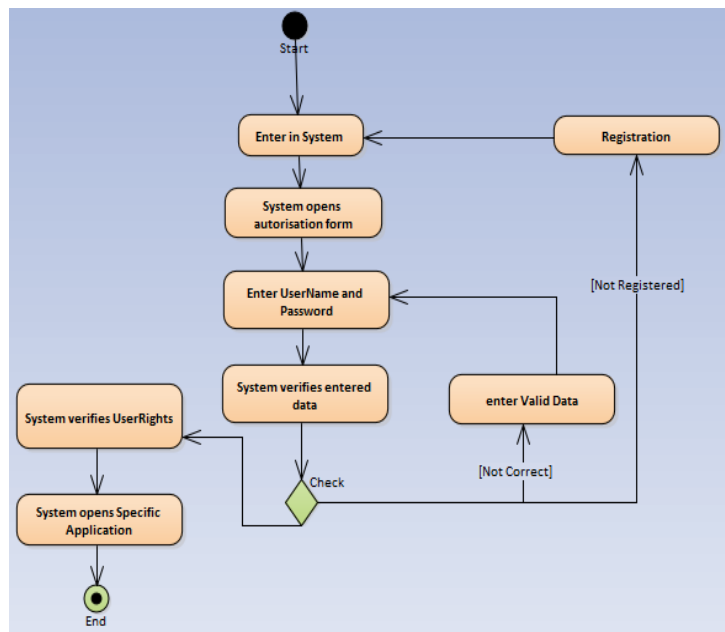
სცენარის პროცედურების მიხედვით დაგენერირებული აქტიურობის დიაგრამა ასახულია მე-5 ნახაზზე. პროგრამული ინჟინერიის სტანდარტის მიხედვით CASE მხარდაჭერი პროდუქტების მიმართ ერთ-ერთი აუცილებელი მოთხოვნაა პროგრამული კოდის პირდაპირი და რევერსიული გენერაცია.



ნახ.4. UseCase დიაგრამის პრეცედენტზე „ავტორიზაცია“ სცენარის ფორმირების ფრაგმენტი

მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიის საშუალებით პროგრამული კოდის პირდაპირი გენერაციის შესაძლებლობა მიეცა UML ქცევით მოდელებს, რომლებიც ამ შემთხვევაში აღწერს კლასის ერთი მეთოდის ლოგიკურ შინაარსს.

მაგალითად, „Autorisation“ კლასში „CheckUser“ მეთოდი ამოწმებს მომხმარებლის მიერ მითითებული მონაცემებით მის არსებობას მონაცემთა ბაზაში, იმ შემთხვევაში თუ კლიენტი არ იძებნება, იძახებს რეგისტრაციის „Registration“ მეთოდს და იმახსოვრებს მონაცემებს. ამ ლოგიკით აგებული აქტიურობის დიაგრამა წარმოდგენილია მე-6 ნახაზზე, ხოლო 1-ელი ლისტინგი გვიჩვენებს SparxEA სისტემიდან C#.NET პლატფორმაში გენერირებულ კლასს „CheckUser“ მეთოდით.

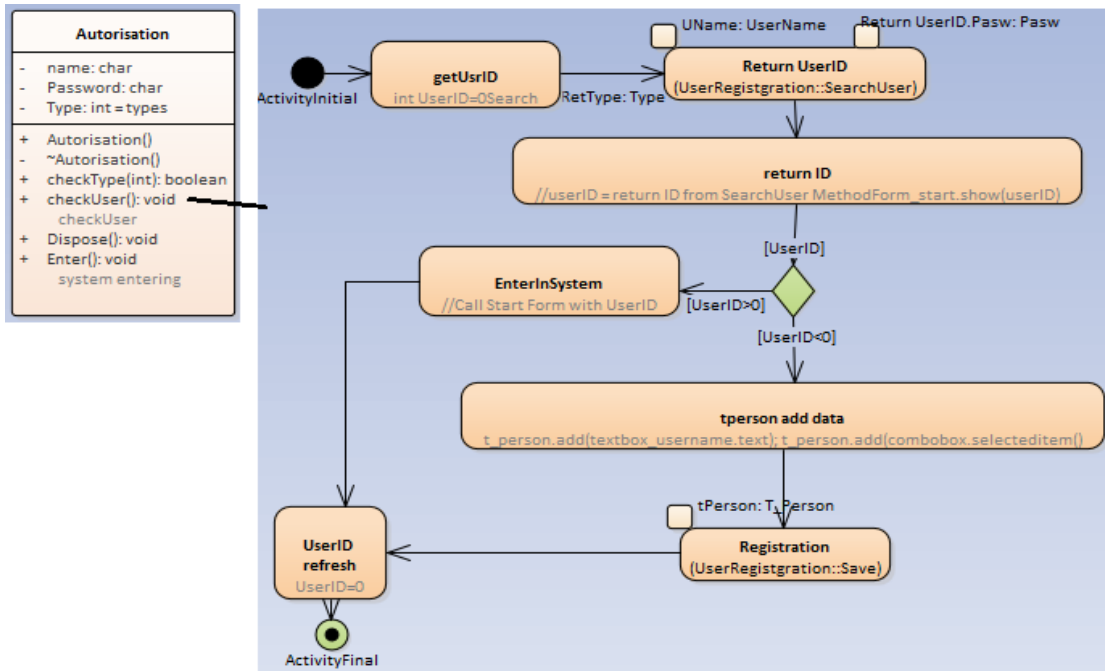


ნახ.5. სცენარის პროცედურების მიხედვით დაგენერირებული აქტიურობის დიაგრამა

მიუხედავად ნაშრომში მოცემული შედეგებისა, პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგიაში აქტუალური რჩება და შემდგომი კვლევის მიმართულებებია არაფორმალიზებული დიაგრამებიდან ფორმალიზებული დიაგრამების გენერაცია, პროგრამული კოდის ქცევით მოდელებში ასახვა, პროგრამული კოდის ავტომატიზებული ტესტირება და სხვა.

### 3. დასკვნა

მაქსიმალურად მიახლოებისა და აღწერისთვის დღეს, პროდუქტულია პროგრამული ინჟინერიის ტექნოლოგია სხვადასხვა ტიპის მოდელებისა და დიაგრამების სიმრავლით, პროგრამული კოდის პირდაპირი და რევერსიული გენერაციით.



ნახ.6. UML კლასის მეთოდის შექმნის აქტიურობის დიაგრამის ფრაგმენტი

ლისტინგი.1. SparxEA სისტემიდან .NET C# პლატფორმაში გენერირებული კლასის

```
// Autorisation.cs
// Implementation of the Class Autorisation
// Generated by Enterprise Architect
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
using System.IO;
namespace System {
    public class Autorisation {
private char name; private char Password; private int Type = types; private Textbox_pass
private Combobox_Posicion Posicion; private Textbox_Username UserName;
public UserRegistration(){
    /* Begin - EA generated code for Activities and Interactions */
public void CheckUser( int userID)
{
// behavior is a Activity
int UserID=0;
SearchUser(textbox_username.text,Combobox_Posicion.selecteditem);
Form_start.show(userID);
if (UserID>0)
{ //Call Start Form with UserID ;
}
else if (UserID<0)
{
List <Tperson> tperson=new List <Tperson>;
Datagridview Datagridview_user;
while (DataGridViewRow row in Datagridview_user.Rows)
{
tperson.add(row.Cells[0].Value.ToString());
tperson.add(row.Cells[1].Value.ToString());
// add data to list tperson;
}
Save(t_person);
}
UserID=0;
}
}
} //end Autorisation
} //end namespace System
```

ფრაგმენტი მეთოდით „CheckUser“

პროგრამული კოდის გენერაციის ტექნიკამ მნიშვნელოვანი ბერკეტები შექმნა ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების აგებისთვის. ამით უზრუნველყოფილია ერთის მხრივ პროგრამული სისტემის დამუშავების ანალიტიკოსების, დამპროექტებლების, შემფასებლებისა და ექსპერტების ერთობლივი მოქნილი მუშაობა, ხოლო მეორეს მხრივ დეველოპერების ტვირთის შემცირება ტერმინოლოგიის, პროგრამული სისტემის პაკეტების, კლასების, მეთოდების განთავსებისა და დოკუმენტირების მხრივ. პროგრამული ინჟინერიის გაფართოება მოდელებით მართვადი ტექნოლოგიით უზრუნველყოფს ბიზნეს-პროცესების ცვლილებების სწრაფ გავრცელებას ანალიტიკურ ინსტრუმენტებზე, მოდელის მანიპულაციასა და ბუნებრივ ენაზე აღწერილი პროცედურების საინჟინრო-ტერმინებში მიღებას.

#### ლიტერატურა:

1. Rodrigues A. (2015). Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model, Computer Languages, Systems & Structures V. 43, Portugal,
2. Koehler J., Hauser R., Kuste J. (2006). The Role of Visual Modeling and Model Transformations in Business-driven Development, Proceedings of the Fifth International Workshop on Graph Transformation and Visual Modeling Techniques, Austria.
3. <http://www.c-sharpcorner.com/uploadfile/nipuntomar/computer-aided-software-engineering-tools-case/>
4. Sparx Ea Users guide, [http://www.sparxsystems.com/enterprise\\_architect\\_user\\_guide/\\_13.0/model\\_domains/codeengineering.html](http://www.sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/_13.0/model_domains/codeengineering.html)

#### EXTENDED USE OF SOFTWARE ENGINEERING TECHNOLOGY WITH MODEL-DRIVEN ARCHITECTURE

Turkia Ekaterine, Jibuti Davit, Stomadova Sophio  
Georgian Technical University

##### Summary

The paper describes extended application of software engineering technology from formal description of company's business processes to software development. For this purpose, corresponding Use CASE tools levels of software life cycle and their logical connections with model-driven technology are reviewed. As a practical example, Use CASE diagram is constructed from business process diagram; from Use CASE diagram an activity diagram is auto-generated; description of method inside class diagrams using activity diagram; and code generation with conditional and cyclic operators. Presented examples show current possibilities of software engineering – how close can business processes described in natural language be to procedure modeling, and furthermore modeling to software code.

#### РАСШИРЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ АРХИТЕКТУРОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ МОДЕЛЯМИ

Туркия Е., Джибути Д., Стомадова С.  
Грузинский Технический Университет

##### Резюме

Рассматривается расширенное использование технологии программной инженерии бизнес-процессов организации с формализованного описания до проектирования программного обеспечения. Для этого, Рассматриваются / Обсуждаются этапы жизненного цикла программного обеспечения соответствующие Case Tools уровни и логические уровни соединения моделями управляемых технологий. Практическими примерами представлены с диаграмм бизнес-процессов формирование диаграмм UML Use Case, автоматическая генерация Диаграммы активности (activity) с диаграмм Use Case, в диаграмме классов описание метода / Способа с помощью диаграммы активности (activity) и генерация кода сопровождением методами условных и циклических операторов. Приведенными примерами показано текущие возможности технологии программной инженерии – насколько тесно приближаются друг к другу моделирование к процедуре бизнес процессов созданных на естественном языке, а моделирование к программному коду.



# მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების კლასებისა და მდგომარეობათა დიაგრამების დაპროექტება

გიორგი სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განიხილება მულტიმოდალური გადაზიდვების საინფორმაციო სისტემის მონაცემთა ბაზის დაპროექტების, მისი პროგრამული რეალიზაციის და მომხმარებელთა ინტერფეისების აგების საკითხები CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. კერძოდ, შემოთავაზებულია მულტიმოდალური გადაზიდვების (გემი, რკინიგზა, ავტო- და საჰაერო ტრანსპორტი) საპრობლემო სფეროსთვის ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვის პროცესების კლასთა დიაგრამები, სტანდარტული და არასტანდარტულ მდგომარეობათა (Statechart) დიაგრამები. აგებულია მათი ტრიგერების ფუნქციები და მოვლენების მოდელები შესაბამისი მეთოდების გამოძახებით. აგრეთვე მონაცემთა განაწილებული ბაზის ასაგებად განსაზღვრულია კონცეპტუალური სქემები კლიენტის (ტვირთის მფლობელი), ტვირთის (გადაზიდვის ობიექტი) და მიმწოდებლის (გადამზიდავი) ცხრილებით. პროგრამული რეალიზაცია განხორციელებულია Visual Studio.NET 2015 გარემოში და Ms SQL Server 2012 პაკეტით.

**საკვანძო სიტყვები:** მულტიმოდალური გადაზიდვა. ბიზნესპროცესი. ლოგისტიკა. მოდელირება. UML. კლასთა დიაგრამა. მდგომარეობათა დიაგრამა.

## 1. შესავალი

ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვის საკითხი ლოგისტიკური მენეჯმენტის ამოცანაა. განვიხილოთ იგი აბსტრაქტული ფორმის მაგალითზე, კერძოდ გამოვკვეთოთ ამ პროცესში მონაწილე ძირითადი ობიექტები, მათი ურთიერთკავშირები და ის მეთოდები (ფუნქციები), რომლებიც ამ ობიექტების დამუშავების, ასახვის და შენახვის ოპერაციებს მოიცავს. ასეთი ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება ობიექტების და მეთოდების უნიფიცირებული მოდელირების UML ტექნოლოგია, კერძოდ კლასთა-ასოციაციის დიაგრამები და ობიექტ-როლური მოდელირების ORM ლოგიკურ-ალგებრული ინსტრუმენტი, საკვლევი ობიექტის მონაცემთა ბაზის კონცეპტუალური სტრუქტურის ასაგებად.

მულტიმოდალური გადაზიდვების პროცესი, რომლის ძირითადი მიზანი ტვირთების ტრანსპორტირებაა მიმწოდებლიდან დამკვეთამდე, არის მომსახურების განაწილებული სისტემა. მარტივად რომ წარმოვიდგინოთ, მიმწოდებელი (Supplier\_ID) აგზავნის ტვირთს (Freight\_ID) დამკვეთის (Client\_ID) მისამართზე (Client\_Address) [1].

როგორც ცნობილია, კლენტსა (ტვირთის მფლობელი) და მიმწოდებელს (გადამზიდავი) შორის ხელშეკრულებას აფორმებს ექსპედიტორი (შუამავალი), რომელსაც გააჩნია საჭირო ინფორმაცია ადგილობრივი და საერთაშორისო გადაზიდვების აგენტების, მარშრუტებისა და შესაბამისი ფასების შესახებ (ამ უკანასკნელის ცვლილებების შესახებაც) და სხვა.

ქვემოთ მოცემული გვაქვს მულტიმოდალური გადაზიდვების პროცესის ინფრასტრუქტურის ძირითადი **ობიექტების** და მათი თვისებების (ატრიბუტების) სემანტიკური აღწერა, რაც მომავალში გამოყენებულ იქნება ავტომატიზებული სისტემის მონაცემთა ბაზის ასაგებად [2].

**ტვირთი:** იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, შეფუთვის ტიპი, ერთეულის ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), ერთეულის მოცულობა, ჯამური მოცულობა, ერთეულის წონა, ერთეულის რაოდენობა, ჯამური წონა, უსაფრთხოება, საბაჟო კოდი, გამგზავნი, მიმღები, საწყისი მდებარეობა, საბოლოო მდებარეობა და სხვა.

**კლიენტი** - იდენტიფიკატორი, დასახელება/ვინაობა, იურიდიული/ფიზიკური პირი, მისამართი, ტელეფონი, ელ\_მისამართი და სხვა;

**მიმწოდებელი** - იდენტიფიკატორი, დასახელება, იურიდიული/ფიზიკური პირი, მისამართი, ტელეფონი, ელ\_მისამართი, ფაქსი, ტრანსპორტის სახე და სხვა;

**გემი:** იდენტიფიკატორი, ტიპი, კრანით/უკრანო, მდგომარეობა, სასაწყობო ლიმიტი, ტვირთამწეობა, ტვირთმოცულობა, ადგილმდებარეობა და სხვა.

**თვითმფრინავი:** იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, ტვირთმოცულობა, გადასაზიდი ერთეულის დასაშვები ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე) ადგილმდებარეობა და სხვა.

**ავტოტრანსპორტი:** იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, ტვირთმოცულობა, გადასაზიდი ერთეულის დასაშვები ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), გადასაზიდი ერთეულის დასაშვები წონა, მაქსიმალური დატვირთვა, ადგილმდებარეობა და სხვა.

**სარკინიგზო სატვირთო ვაგონი:** იდენტიფიკატორი, ტიპი, ტვირთამწეობა, მოცულობა, დასაშვები დატვირთვა, ადგილმდებარეობა, მიმწოდებლის იდენტიფიკატორი, მდგომარეობა და სხვა;

**საწყობი:** იდენტიფიკატორი, სახე, ფართობი, სართული, დაკავებულობის პროცენტი, დასაშვები დატვირთვა, ადგილმდებარეობა, მისამართი, მიკუთვნება რაიონზე და სხვა;

**გადაზიდვის ხელშეკრულება კლიენტთან:** იდენტიფიკატორი, საწყისი მდებარეობა, თარიღი\_1, საბოლოო მდებარეობა, თარიღი\_2, გადაზიდვის ღირებულება, გადახდილი თანხა, გადახდის\_თარიღი, მდგომარეობა და სხვა.

„პროცესში მონაწილეობს სამი ძირითადი როლი: დამკვეთი, ექსპედიტორი და ტრანსპორტიორი (გადამზიდავი). მათი ბიზნეს-ფუნქციების აღწერა მოცემულია ქვემოთ არაფორმალური ტექსტის სახით.

**დამკვეთი** უკავშირდება ექსპედიტორს (ელ-ფოსტა, ტელეფონი, ფაქსი, ვიზიტი) და ათავსებს მოთხოვნას გადაზიდვის პირობების მიწოდებაზე. იმისათვის, რომ ექსპედიტორმა მიღებული მოთხოვნა დაამუშაოს, დამკვეთმა უნდა მიაწოდოს ტვირთის შესახებ ძირითადი დეტალები: ტვირთის სახეობა, დატვირთვის მისამართი, მიტანის მისამართი, შეფუთვის სახეობა, ტვირთის რაოდენობა, შესაბამისი წონები და მოცულობები, სასურველი ვადები და სხვა (საჭიროებისამებრ, გადაზიდვის სპეციფიკიდან გამომდინარე);

**ექსპედიტორი** ამოწმებს თუ აქვს უკვე დამუშავებული (არსებული ფასების ბაზაში თუ იძებნება) ყველა საჭირო ფასი. თუ აქვს, მაშინ იგი ამზადებს კოტირების ფაილს (Quotation) და უგზავნის პასუხს ელ-ფოსტით დამკვეთს. შესაბამისად დამკვეთი განიხილავს წინადადებას და გასცემს დადებით ან უარყოფით პასუხს. ექსპედიტორს თუ არ აქვს მზად

ფასები, იგი უკავშირდება ტრანსპორტიორებს და/ან აგენტებს Carrier/Agent) და აზუსტებს ფასებს.

**ტრანსპორტიორი/აგენტი** ამზადებს და უზრუნველყოფს კოტირებას ექსპედიტორს.

**ექსპედიტორი** მიღებულ ფასებს ამუშავებს და უზრუნველყოფს ელ-ფოსტით კოტირების ფაილს დამკვეთს. მას შემდეგ, რაც დამკვეთი დადებით პასუხს გასცემს ექსპედიტორს, ხდება შეკვეთის გაფორმება (გადაზიდვის ინიცირების საფუძველი შეიძლება გახდეს უბრალო მიმოწერა ელ-ფოსტაზე, გადაზიდვის დაკვეთის ორდერის გაფორმების გარეშე). ექსპედიტორი ათავსებს დაკვეთას და უთანხმდება გადაზიდვის პირობებზე ტრანსპორტიორს/აგენტს, რომელიც თავის მხრივ სატრანსპორტო დოკუმენტაციას ათანხმებს ექსპედიტორთან, რომელსაც შემდგომ უზრუნველყოფს (B/L, CMR, AWB, RWB თუ სხვა). როცა ტვირთი მიუახლოვდება დანიშნულების ადგილს, ტრანსპორტიორი/აგენტი უზრუნველყოფს ექსპედიტორს შეტყობინებას ტვირთის ჩამოსვლის თარიღის მითითებით, რათა მან დროულად მოახდინოს დამკვეთის გაფრთხილება. ექსპედიტორი უზრუნველყოფს დამკვეთს ტვირთის სავარაუდო ჩამოსვლის შეტყობინებას, თარიღის მითითებით. ექსპედიტორი ამზადებს და უზრუნველყოფს გადაზიდვის ანგარიშს (ინვოისს). დამკვეთი იღებს შეტყობინებას და უკავშირდება ექსპედიტორს, რათა გამოართვას ტვირთის ორიგინალი დოკუმენტები (კომერციული ინვოისი, სატრანსპორტო დოკუმენტაცია, წარმომავლობის სერტიფიკატი და სხვა). ექსპედიტორის ფინანსური დეპარტამენტი განიხილავს ინვოისს, ახდენს ანგარიშსწორების პროცესის მიდევნებას და თანხის მიღების შემდეგ ამოწმებს მის სისწორეს. შემდეგ კი ახდენს ტრანსპორტიორებთან და აგენტებთან ანგარიშსწორებას“.

ამგვარად, ზემოაღწერილი ობიექტებისა და ფუნქციების ნუსხა შესაძლებელია გაფართოვდეს ახალი ობიექტებისა და ახალი კონკრეტული ფუნქციური ამოცანების დამატებით.

აღნიშნული ობიექტების და მათი თვისებების საფუძველზე მომდევნო პარაგრაფებში განვიხილავთ მულტიმოდალური გადაზიდვების საპრობლემო სფეროს კლასთა დიაგრამის და მდგომარეობათა დიაგრამების აგების ამოცანებს და შემდეგ მონაცემთა ბაზის კონცეპტუალური, ლოგიკური და ფიზიკური მოდელების ავტომატიზებული აგების ამოცანათა კასკადს, რომლის საფუძველზეც დაშენდება სისტემის მომხმარებელთა ინტერფეისები როგორც ბაზის განახლების მიზნით, ასევე საძიებო, ანალიზური ან პროგნოზული ამოცანების გადასაწყვეტად [3,7,8].

## 2. ძირითადი ნაწილი

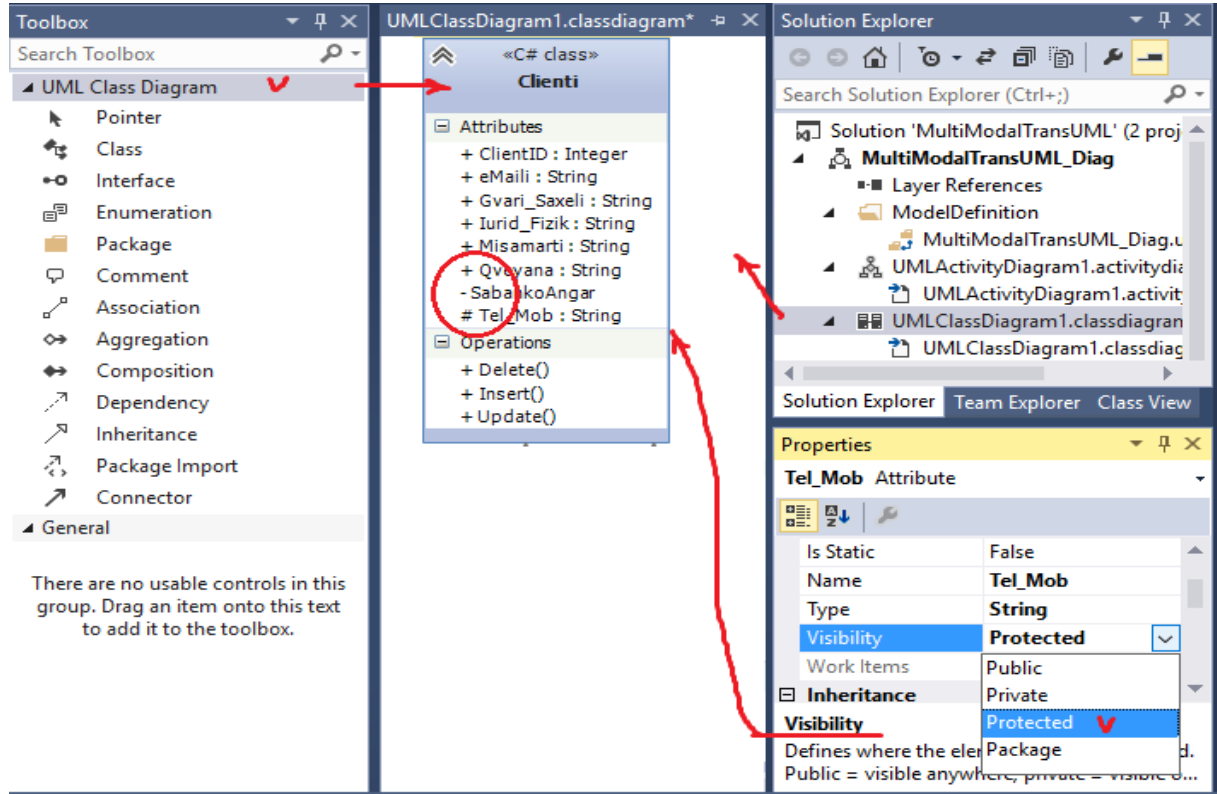
### 2.1. მულტიმოდალური გადაზიდვების საინფორმაციო სისტემის კლასებისა და კლასთა-ასოციაციების დიაგრამების აგება

განვიხილოთ ჩვენს მიერ წინა პარაგრაფში აღწერილი ობიექტების უნიფიცირებული მოდელირების საკითხი UML-ტექნოლოგიის კლასების დიაგრამის საფუძველზე.

როგორც ვიცით, კლასი ერთგვაროვან ობიექტთა სიმრავლეა, რომელიც პროგრამული თვალსაზრისით მონაცემთა კომპლექსური ტიპია (სტრუქტურაა, ოდონდ მომხმარებლის კერძო სახის, რომელშიც შესაძლებელია გარკვეული ცვლადების (მონაცემების) და

ფუნქციების (მეთოდების) დამალვა. Properties თვისებებში Visibility იქნება Private (-) ან Protection (#). ყველასთვის ხელმისაწვდომი მონაცემები და მეთოდები (+)-ითაა მოპკეპული, რაც Public-ს შეესაბამება [2].

სისტემის ობიექტების შესაბამისი კლასების აგება Visual Studio. NET გარემოში, UML Class Diagram ინსტრუმენტების პანელით, Client კლასით, Solution Explorer-ით და Properties-ით ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. კლასის ფორმირების მაგალითი VisualStudio.NET გარემოში

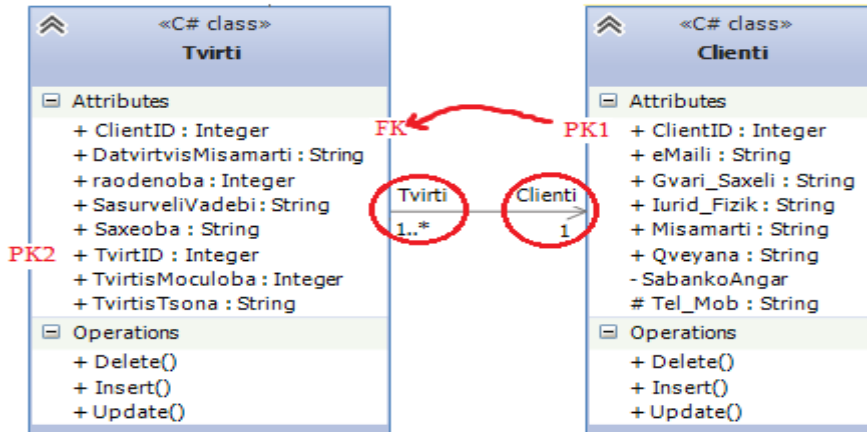
მე-2 ნახაზზე მოცემულია ორი კლასის შემთხვევა (Client და Tvirti). ანუ სქემაზე დაემატა ტვირთის შესაბამისი კლასი (ატრიბუტებით და მეთოდებით). აქვე განისაზღვრა კავშირების ამ ორ კლასს შორის.

კლასთაშორისი კავშირები შეიძლება იყოს: მემკვიდრეობითი, აგრეგატული, რელაციური და ასოციაციური (ნახ.3):

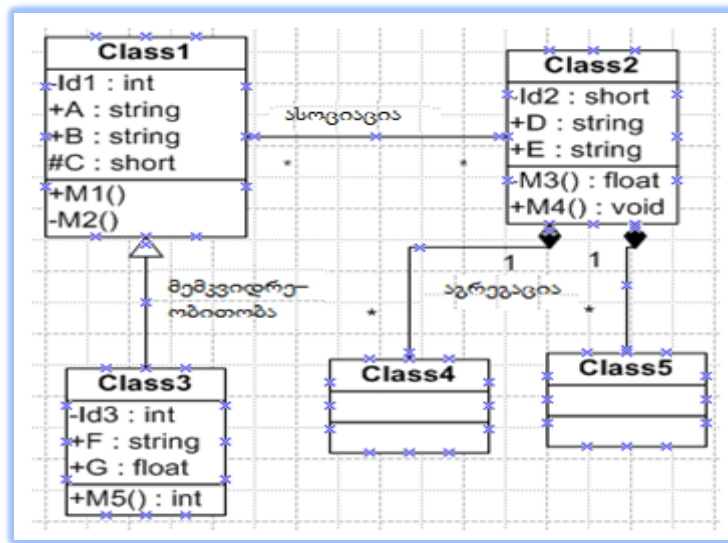
- მემკვიდრეობითი (Generalization) ასახავს „გენეტიკურ“, განზოგადოებულ კავშირებს კლასებს შორის. ასეთ დროს ერთი კლასი („შვილი“) მთლიანად იღებს მეორე კლასის („მშობელი“) ყველა ატრიბუტს, მეთოდს და კავშირს;
- აგრეგირებული (Aggregation) ნიშნავს კავშირს „მთელი-ნაწილი“. მაგალითად, „ავტომობილი“ – „ძარა, ძრავი, საბურავები და ა.შ.“;
- ასოციაციური (Assotiation) ნიშნავს სემენტიკურ კავშირს კლასებს შორის. ის შეიძლება გამოისახოს ერთ- ან ორმიმართულ-ლებიანი (იგივეა, რაც უისრო) ხაზით. ისარი გვიჩვენებს შეტყობინების გადაცემის მიმართულებას. ასოციაციური კავშირის რეალიზება

ხდება ერთ კლასში დამატებით მეორე კლასის ატრიბუტის ჩასმით. ეს ჰგავს პირველადი (Primary - PK) და მეორადი (Foreign - FK) გასაღებური ატრიბუტების შეერთებას;

• რელაციური (Dependency) ნიშნავს ერთი კლასის დამოკიდებულებას მეორეზე. იგი ერთმიმართულებიანი წყვეტილი ისრით გამოიხატება. მასში დამატებითი დამაკავშირებელი ატრიბუტები არ გამოიყენება.



ნახ.2. კლასის დამატება დიაგრამაზე

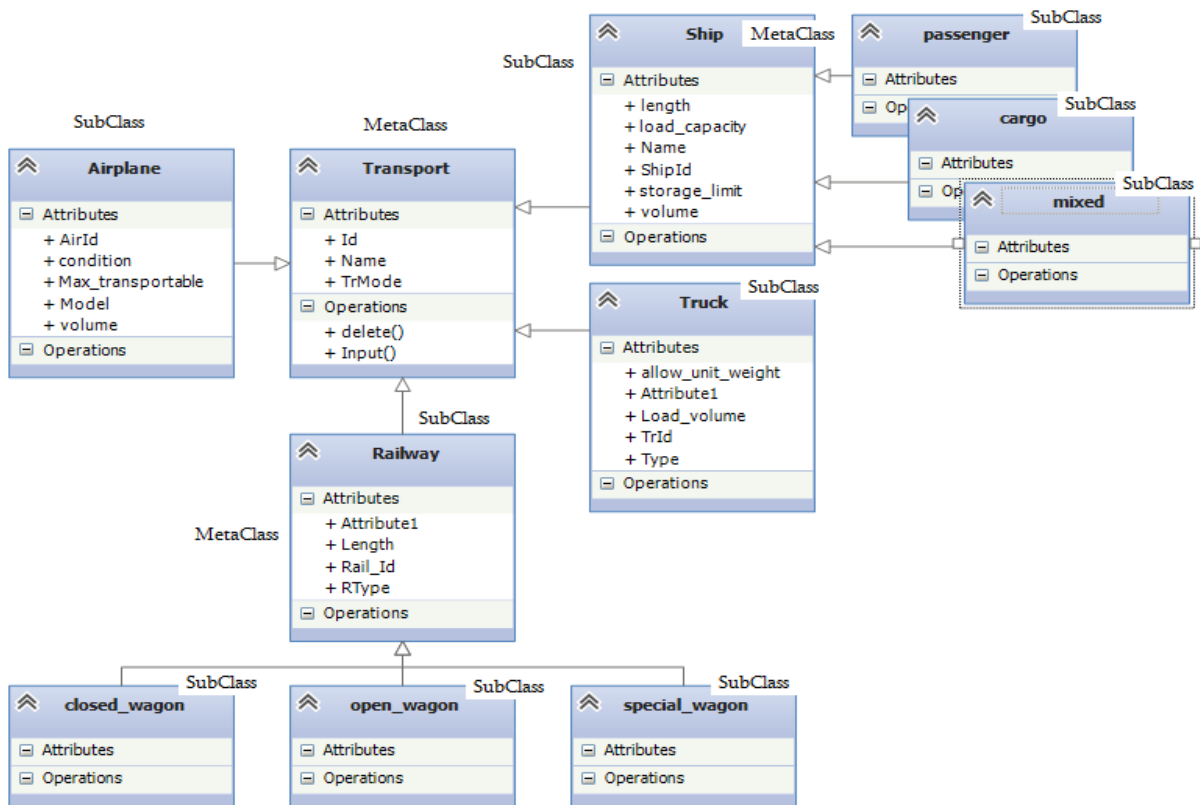


ნახ.3. კლასთაშორის კავშირთა სახეები

მაგალითად, ჩვენი შემთხვევისთვის შეიძლება კლასი Transport იყოს მეტაკლასი მე-4 ნახაზზე ილუსტრირებულია კლასთა ასოციაციის დიაგრამა მემკვიდრეობითი კავშირების საფუძველზე. ისარი მიმართულია „შვილიდან“ „დედისკენ“, რაც მათ ცალსახა დამოკიდებულებაზე მეტყველებს. „შვილს“ ჰყავს ერთი „დედა“, ხოლო „დედას“ შეიძლება ჰყავდეს რამდენიმე „შვილი“, ამიტომაც ეს არაა ცალსახა.

მშობელი კლასი ლიტარატურაში ზოგჯერ „მეტაკლასად“ (MetaClass) მოიხსენიება, რომელიც შედგება ქვეკლასებისგან (SubClasses). შეიძლება იერარქიაში ქვეკლასი იყოს მის ქვევით მდგარი კლასისთვის მეტაკლასი. მაგალითად, კლასი MetaClass\_Transport არის მეტაკლასი ოთხი ქვეკლასისთვის: SubClass\_Airplane, SubClass\_Truck, SubClass\_Ship და SubClass\_Railway.





ნახ.4. მემკვიდრეობითი (inheritance) კავშირები ტრანსპორტის სახეების კლასებს შორის (კლასიფიკაცია)

ამასთანავე, კლასი RailWay არის მეტაკლასი closed\_wagon, open\_wagon და special\_wagon ქვეკლასებისთვის, ხოლო მეტაკლასი Ship კი - passenger, cargo და mixed ქვეკლასებისთვის.

**ტვირთი** – წარმოების პროდუქციაა (ნედლეული, ნახევარფაბრიკატები, მზა პროდუქცია), მიღებული ტრანსპორტის მიერ გადაზიდვაზე [1-5].

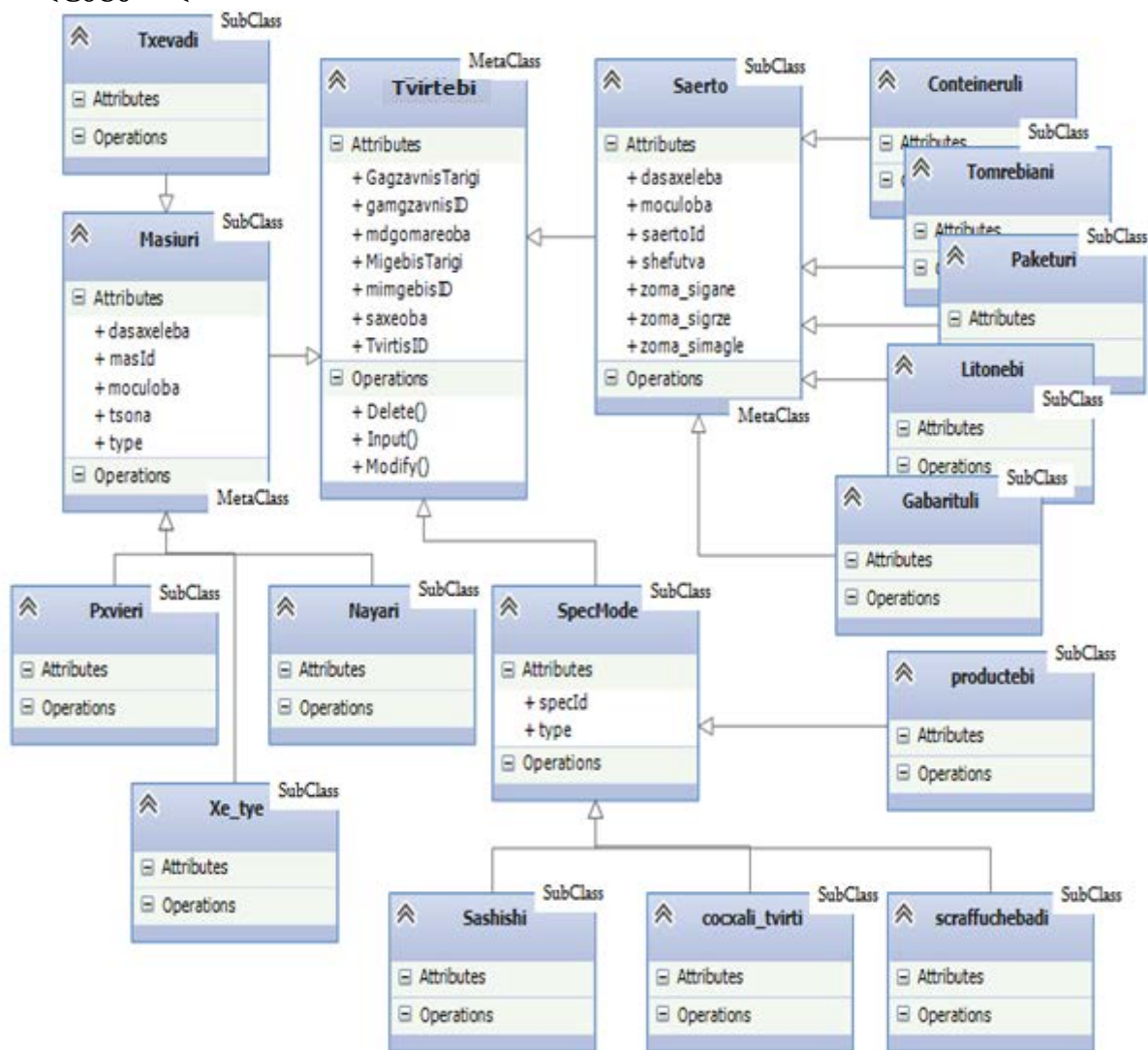
ტვირთის თვისებები ან ატრიბუტები, რომლებიც მონაცემთა ბაზაში უნდა იქნას შენახული შემდეგია: იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, შეფუთვის ტიპი, ერთეულის ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), ერთეულის მოცულობა, ჯამური მოცულობა, ერთეულის წონა, ერთეულის რაოდენობა, ჯამური წონა, უსაფრთხოობა, საბაჟო კოდი, გამგზავნი, მიმღები, გადაზიდვის ხელშეკრულების იდენტიფიკატორი და სხვა.

ამგვარად, ტვირთი ხასიათდება შენახვის რეჟიმით, შეფუთვის, გადატვირთვისა და გადაზიდვის ხერხებით, ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, გადაზიდვაზე წარდგენილი ტვირთების ზომებით, მოცულობით, მასითა და ფორმით [5].

თუ ტვირთი შეფუთულია გადაზიდვების პირობების შესაბამისად, მარკირებულია წესების მიხედვით და იმყოფება საჭირო კონდიციონებულ მდგომარეობაში, იგი შეიძლება დაცულად იქნას გადაზიდული. ასეთ შემთხვევაში ითვლება, რომ იგი იმყოფება ტრანსპორტატებელურ მდგომარეობაში.

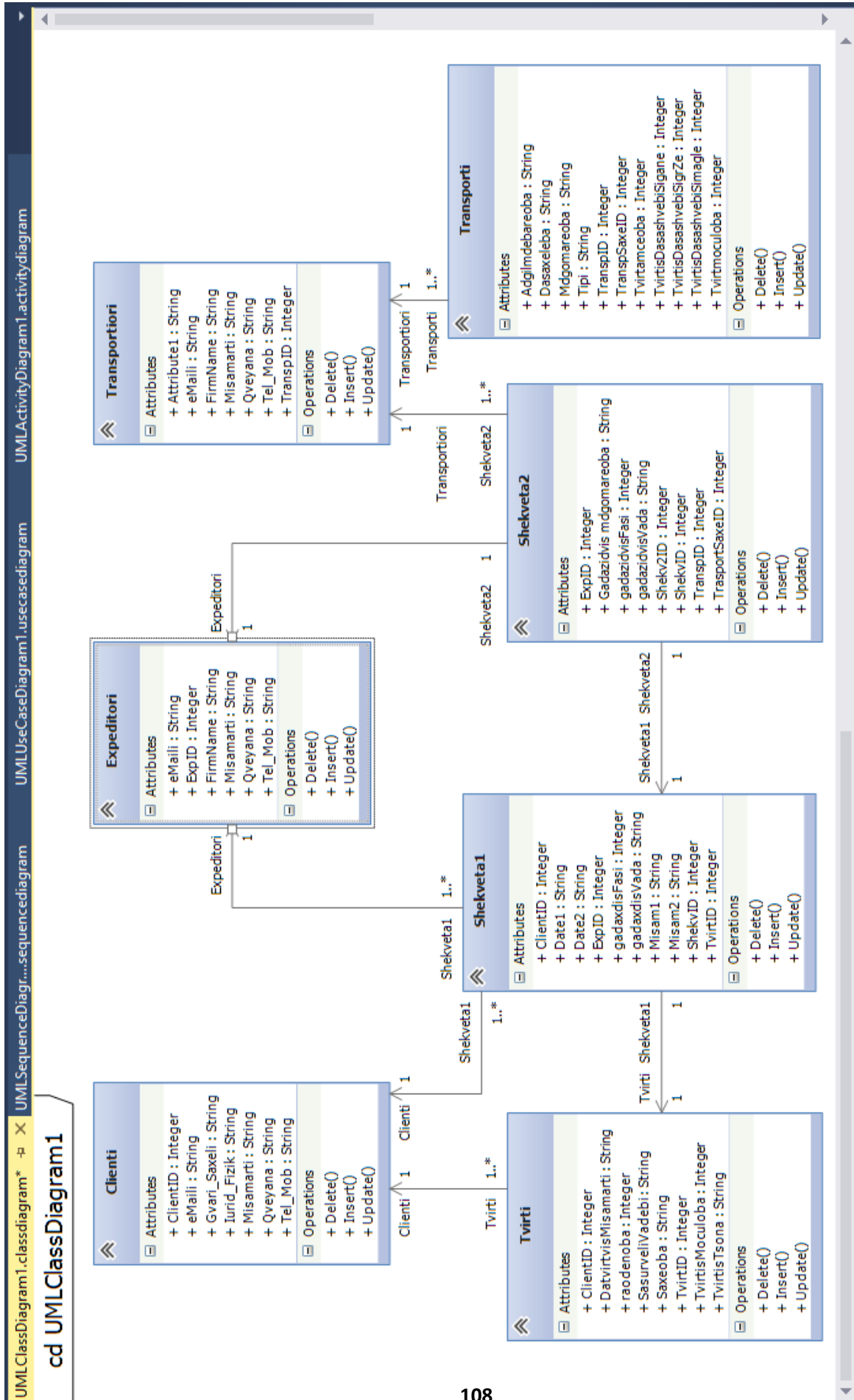
ტვირთის მდგომარეობების ერთობლიობა, მისი საწყისი მდგომარეობიდან საბოლოო მდგომარეობამდე, სატრანსპორტო წესებისა და ოპერაციების ჩათვლით, განხილული გვექნება მომდევნო პარაგრაფში მდგომარეობათა დიაგრამების (Statechart diagrams) სახით.

ახლა კი წარმოვადგინოთ ტვირთის, როგორც ობიექტის სახეები მისი კლასიფიკაციის საფუძველზე (ნახ.5). ტვირთების სახეობების დაჯგუფება შესაძლებელია შემდეგ კატეგორიებად: **ნაყარი და დაშლილი ნაყარი ტვირთები** [5]. ნაყარი ტვირთის კატეგორიებს მიეკუთვნება თხევადი, მშრალი ნაყარი, ნეო-ნაყარი, ბორბლიანი და გაყინული/გაგრილებული ტვირთები. **თხევადი**: ნედლი ნავთობი, ნავთობპროდუქტების უმრავლესობა, ღვინო, გათხევადებული ნახშირი; **მშრალი ნაყარი**: მარცვლეული, შაქარი, ფხვნილები (ალუმინის ჟანგი, თიხამიწა, ცემენტი); **ნეო-ნაყარი**: ტყის პროდუქტები, ფოლადის პროდუქტები, ბეილირებული ჯართი; **ბორბლიანი**: ავტომანქანები, სატვირთო მანქანები, სარკინიგზო ვაგონები; **გაყინული/გაგრილებული**: ხორცი, ხილი, რძის პროდუქტები და ა.შ.



ნახ.5. მემკვიდრეობითი (inheritance) კავშირები ტვირთის სახეების კლასებს შორის (კლასიფიკაცია)

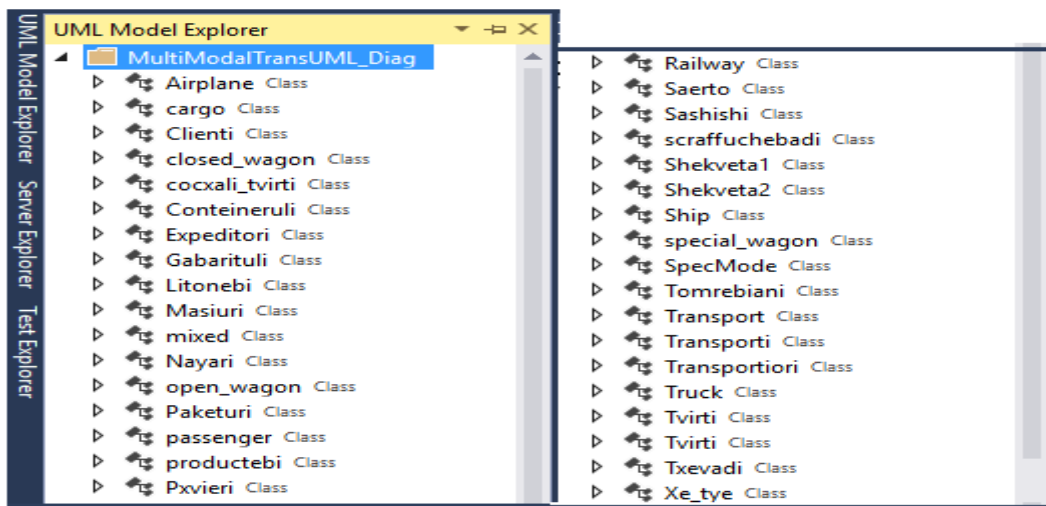
მე-6 ნახაზზე მოცემულია ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების პროცესის კლასთა-ასოციაციის დიაგრამა, რომელზეც განხორციელებულია სხვადასხვა კლასების ურთიერთკავშირები.



ბსბ.6. Class-D:MMT-System

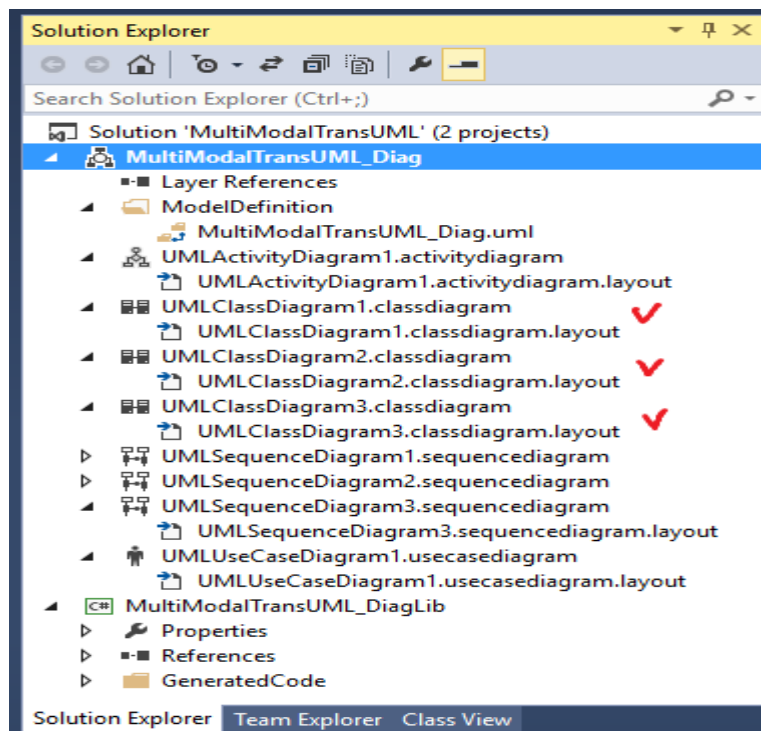
ამ ნახაზზე ჩანს აგრეთვე თითოეული კლასის სავარაუდო შედგენილობა (კლასის ცვლადები მონაცემთა ტიპებით და კლასის მეთოდები). მიღებული დიაგრამის საფუძველზე შესაძლებელია თითოეული კლასის შესაბამისი კოდის გენერაციის პროცედურის ჩატარება და საბოლოოდ C#-პროგრამის ლისტინგების მიღება.

VisualStudio.NET\_2013/15 სამუშაო გარემოში დაფიქსირდა ჩვენს მიერ დაპროექტებული კლასების ერთობლიობა (ნახ.7).



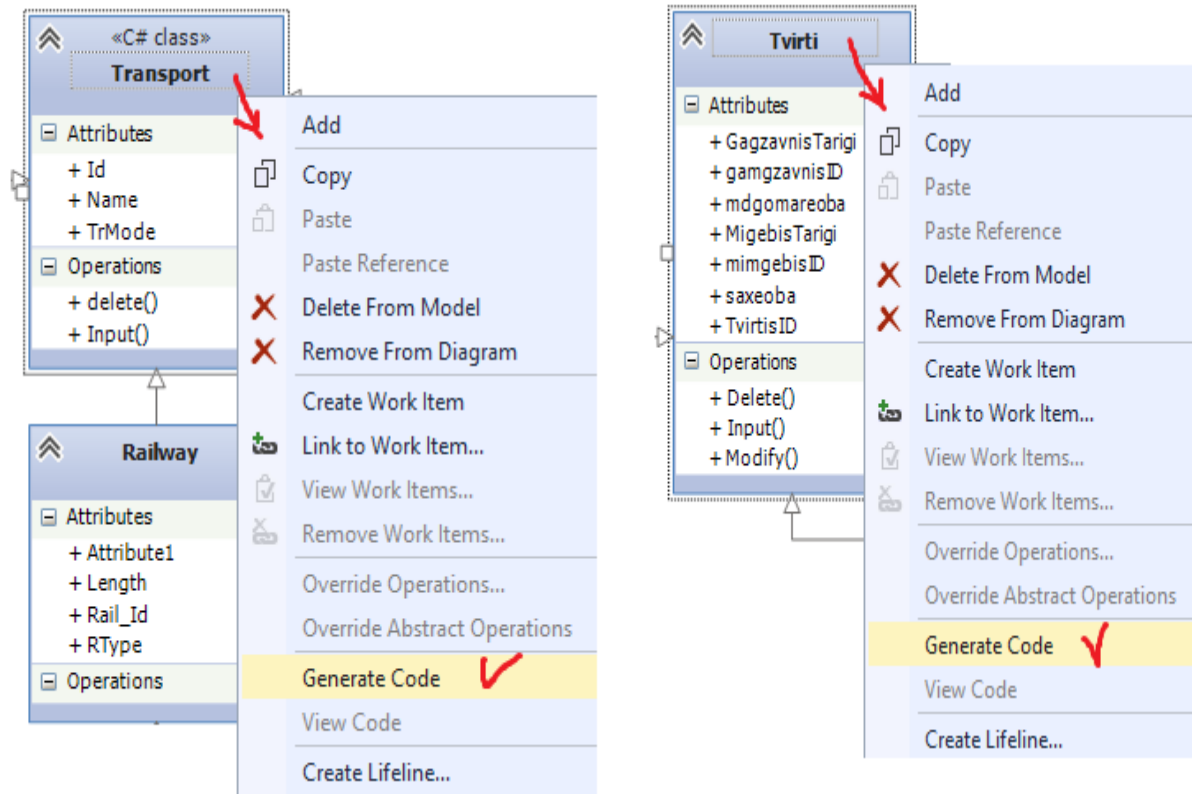
ნახ.7. პროგრამული პაკეტით ფორმირებული კლასების სია (VisualStudio.NET\_2013/15)

მე-8 ნახაზზე მოცემულია MultiModalTransUML\_Diag პროექტის შიგთავსი სისტემის Solution Explorer-ში.

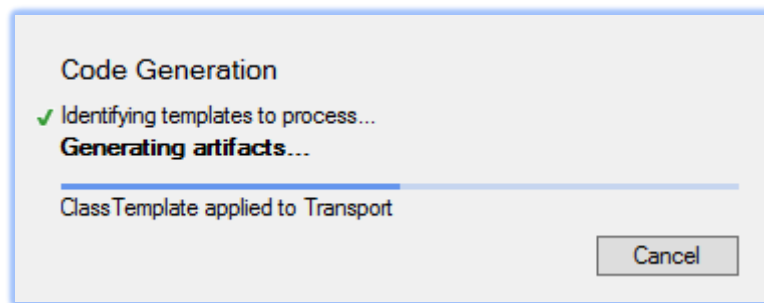


ნახ.8. სისტემის Solution Explorer კლასების დიაგრამებით

პროგრამული კოდის ავტომატური გენერაციის შესრულება მნიშვნელოვნად ამარტივებს სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნას (ნახ.9-11).



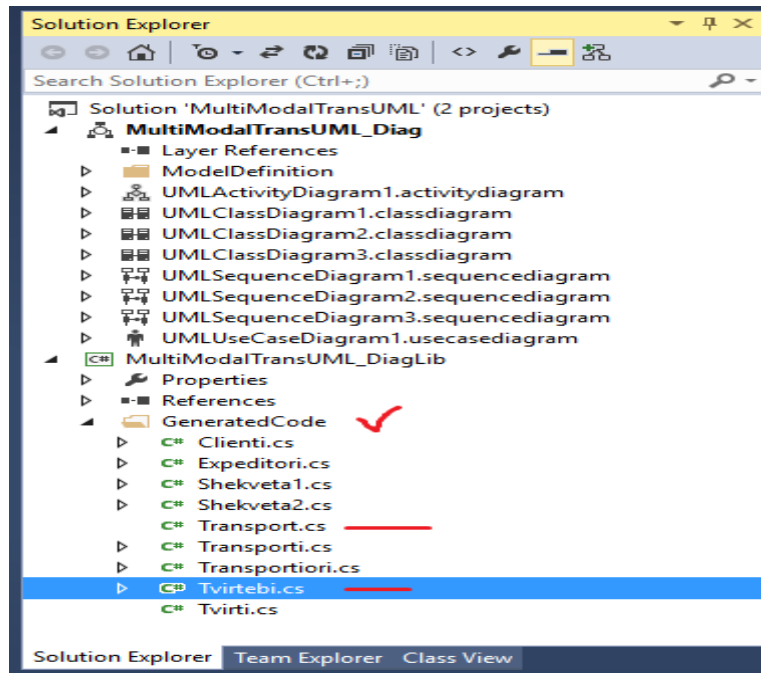
ნახ.9. C# კოდების გენერაცია მულტიმოდალური გადაზიდვების Transport და Tvirti კლასების დიაგრამებისთვის



ნახ.10. მიმდინარეობს C# კოდის გენერაციის პროცესი

ქვემოთ ლისტინგებში ნაჩვენებია Transport.cs და Tvirtibi.cs კლასების შესაბამისი კოდის ფრაგმენტები, რომლებიც გენერირებულ იქნა ავტომატიზებულ რეჟიმში თვით VisualStudio.NET პროგრამული პაკეტის მიერ, რაც რევერსული ინჟინერინგის კარგი მაგალითია.





ნახ.11. შედეგები: შეიქმნა ახალი C#-კლასის კოდები:  
Transport და Tvirtebi

```
//-----Listing_1 ----- Transport -----
// <auto-generated>
//   This code was generated by a tool
//   Changes to this file will be lost if the code is regenerated.
// </auto-generated>
//-----
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

public class Transport
{
    public virtual object Id {get; set; }
    public virtual object Name { get; set; }
    public virtual object TrMode { get; set; }
    public virtual void Input() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void delete() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
}

//----- Listing_2----- Tvirtebi -----
// <auto-generated>
//   This code was generated by a tool
//   Changes to this file will be lost if the code is regenerated.
// </auto-generated>
//-----
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
```

```

public class Tvirtebi
{
    public virtual object TvirtisID {get; set; }
    public virtual object saxeoba { get; set; }
    public virtual object mdgomareoba{ get; set; }
    public virtual object gamgzavnisID {get; set; }
    public virtual object mimgebisID{get; set;}
    public virtual object GagzavnisTarigi{get; set;}
    public virtual object MigebisTarigi{get;set;}
    public virtual void Input() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void Modify(){
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void Delete(){
        throw new System.NotImplementedException();
    }
}
}

```

## 2.2. მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების მოდელირება UML-ის მდგომარეობათა (Statechart) დიაგრამებით

Statechart დიაგრამა არის UML-ის ერთ-ერთი მოდელი, რომელიც გამოიყენება სისტემის დინამიკური ქცევის აღწერის მიზნით. იგი განსაზღვრავს ობიექტის სახვადასხვა მდგომარეობებს მისი არსებობის მთელი პერიოდის მანძილზე [9]. ეს მდგომარეობები იცვლება მოვლენების (events) შესაბამისად. Statechart-ის გამოყენება სასარგებლოა რეაქციული სისტემებისათვის. ესაა სისტემა, რომელიც რეაგირებს შიგა ან გარე მოვლენებზე. Statechart დიაგრამა აღწერს მართვის ნაკადს ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში. მდგომარეობა არის ის, რომელშიც იმყოფება ობიექტი და იცვლება მაშინ, როდესაც ამოქმედდება მოვლენა. ამგვარად, Statechart დიაგრამის მნიშვნელოვანი მიზანია ობიექტის სასიცოცხლო დროის მოდელირება მისი შექმნიდან არსებობის დასრულებამდე.

Statechart დიაგრამა გამოიყენება აგრეთვე სისტემების პირდაპირი და რევერსიული პროექტირებისათვის, მაგრამ მისი მთავარი მიზანი მაინც რეაქციული სისტემის მოდელირებაა. Statechart-ის გამოყენების ძირითადი მიზნებია:

- სისტემის დინამიკური ასპექტების მოდელირება;
- რეაქციული სისტემის სასიცოცხლო დროის მოდელირება;
- ობიექტების სხვადასხვა მდგომარეობების აღწერა მისი მოქმედების პერიოდში;
- მდგომარეობათა მანქანის (სასრული ავტომატის) განსაზღვრა ობიექტის მდგომარეობათა მოდელირებისათვის.

Statechart დიაგრამის გამოყენება ყველა კლასისთვის არაა საჭირო. აუცილებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც კლასი შეიძლება იმყოფებოდეს რამდენიმე მდგომარეობაში და თითოეულ მათგანში მისი ქცევა იყოს სხვადასხვანაირი.

სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზისა და პროექტირების დროს, სანამ ავაგებთ Statechart დიაგრამას, უნდა დავადგინოთ:

- ძირითადი ობიექტები, რომელთა ანალიზია საჭირო;
- მდგომარეობები;
- მოვლენები.

### 2.2.1. ტვირთის მულტიმოდალური გადაზიდვის სტანდარტული Statechart-მოდელი

ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირების მეთოდოლოგიის საფუძველზე მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების ერთ-ერთი ძირითადი კლასია „ტვირთი“ (ნახ.5,6 - კლასების დიაგრამა).

მისი თვისებები ანუ ატრიბუტებია: იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, შეფუთვის ტიპი, ერთეულის ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), ერთეულის მოცულობა, ჯამური მოცულობა, ერთეულის წონა, ერთეულის რაოდენობა, ჯამური წონა, უსაფრთხოება, საბაჟო კოდი, გამგზავნი, მიმღები, საწყისი მდებარეობა, საბოლოო მდებარეობა და სხვა.

როგორც შესავალში აღვნიშნეთ, არსებობს რაღაც ნივთი (საგანი, პროდუქცია ან სხვა), რომელიც ეკუთვნის ფიზიკურ ან იურიდიულ პირს და მას სურს ამ ნივთის გადატანა გეოგრაფიულად ერთი წერტილიდან მეორეში (შეიძლება სხვადასხვა ქვეყნების და კონტინენტების ფარგლებში). ამ პირს ჩვენ ვუწოდებთ კლასი „კლიენტი“, რომლის ატრიბუტებია კლ\_იდენტიფიკატორი, დასახელება/ვინაობა, იურიდიული/ფიზიკური პირი, მისამართი, ტელეფონი, ელ\_მისამართი და სხვა;

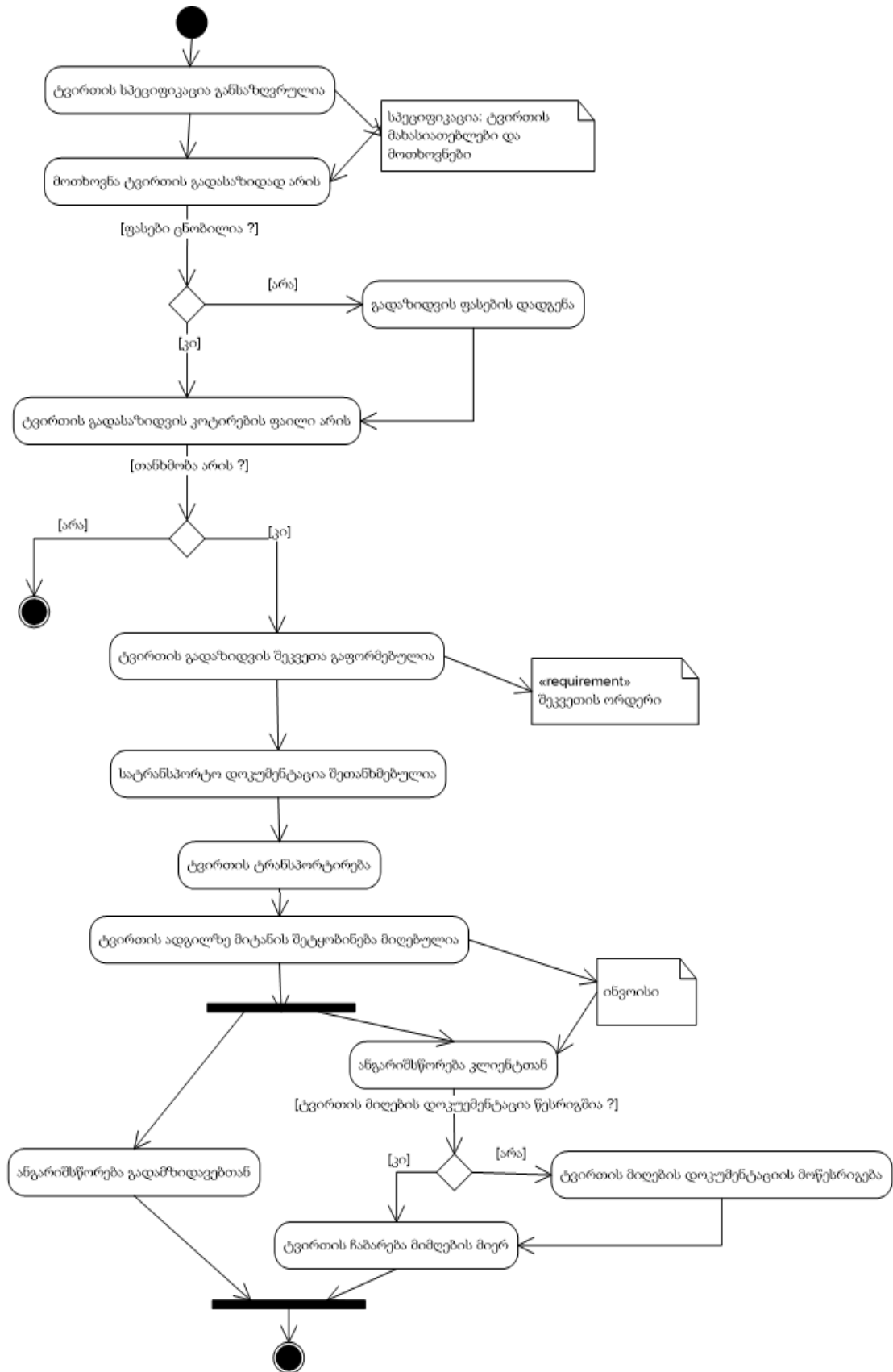
ასევე საჭიროა კლასი „ექსპედიტორი“ და კლასი „ტრანსპორტიორი“ (ანუ გადამზიდავი (ნახ.6). აღნიშნული ნივთი (ან ნივთების ერთობლიობა) მიიღებს ტვირთის სტატუსს, როდესაც კლიენტსა და ექსპედიტორს შორის მოლაპარაკების საფუძველზე შედგება „შეკვეთა“ (Order). შემდეგ ექსპედიტორსა და გადამზიდავ ფირმას შორის შეთანხმდება სატრანსპორტო დოკუმენტაცია და, ბოლოს, დაიწყება ტრანსპორტირების პროცესი. იურიდიულად და ორგანიზაციულად ამ პროცესში მონაწილე როლები (კლიენტი, ექსპედიტორი, გადამზიდავი) აგებენ პასუხს თავიანთ ფუნქციებსა და მოვალეობებზე. Statechart დიაგრამების ასაგებად ვიყენებთ მაკროსოფტის Ms Visio პაკეტს.

მე-12 ნახაზზე მოცემული მდგომარეობათა დიაგრამა ასახავს ტვირთის - როგორც კლასის ობიექტის მდგომარეობებს, ანუ რა მდგომარეობები უნდა გაიაროს ტვირთმა (ზოგადად) კლიენტის (გამგზავნის) მიერ მოთხოვნის ფორმირებიდან ბოლოს, ტვირთის ჩაბარებამდე მიმდებარე. ეს სტანდარტული ბიზნეს-პროცესი აგებულია არსებული წესების, მოთხოვნების და შეზღუდვების გათვალისწინებით, რომლებიც არსებობს საერთაშორისო და კონკრეტული ქვეყნების კანონმდებლობის საფუძველზე [6].

მრგვალკუთხედებში ჩაწერილია კონკრეტული მდგომარეობის ამსახველი ქმედება, მაგალითად: „ტვირთის სპეციფიკაცია განსაზღვრულია“, „ტვირთზე მოთხოვნა მიღებულია“, . . . , „ტვირთის გადასაზიდი შეკვეთა გაფორმებულია“ და ა.შ.

რომბიკებში მოცემულია პირობის (ბიზნეს-წესის) აღწერა, რომლის საფუძველზე მიიღება ერთი ან მეორე გადაწყვეტილება შემდეგი ქმედებისთვის. მაგალითად, თუ გადაზიდვის მარშრუტის ფასები არაა ცნობილი, მაშინ ექსპედიტორი მიმართავს გადამზიდავ ფირმებს ამ ინფორმაციის მოსაპოვებლად და პასუხის მიღების შემდეგ უგზავნის დამკვეთ-კლიენტს „კოტირების ფაილს“ (ანუ ფასების ნუსხას).

თუ კოლიენტისთვის მისაღებია ეს ფასები (მეორე რომბიკი), მაშინ იგი უგზავნის ექსპედიტორ „თანხმობას“, რის საფუძველზეც დგება „შეკვეთის ორდერი“.



ნახ.12. სტანდარტული Statechart დიაგრამა ტვირთის გადაზიდვის პროცესისთვის

შეკვეთის ორდერის გაფორმების შემდეგ ფორმდება შეთანხმება ექსპედიტორსა და გადამზიდავ ფირმას შორის ტრანსპორტირების პირობებსა და ვადებზე. ექსპედიტორი ათანხმებს გადამზიდავთან სატრანსპორტო დოკუმენტაციას, რის შემდეგაც გადამზიდავი იბარებს ტვირთს და იწყება ტრანსპორტირების პროცესი.

ტვირთის გადაზიდვის პროცესი შეიძლება იყოს მულტიმოდალური, ანუ საწყისი და საბოლოო პუნქტებს შორის მისი გადაზიდავა მოხდეს რამდენიმე ტრანსპორტის საშუალებით, კერძოდ ავტოტრანსპორტით, გემით, რკინიგზით და თვითმფრინავით. ეს ციკლური ოპერაციები, პუნქტიდან პუნქტამდე უნდა იყოს დეტალურად აღწერილი ხელშეკრულებაში და იურიდიული პასუხისმგებლობა ეკისრებათ ამ პროსეში მონაწილეებს.

შესაძლებელია აგრეთვე შუალედური საწყობების გამოყენება, თუ ამას მოითხოვს გადაზიდვის პროცესი. ყველა შესაძლო ვარიანტი უნდა იქნას წინასწარ გათვალისწინებული, დამატებითი მოსალოდნელი ხარჯები წინასწარ გათვლილი, ვინ უნდა გადაიხადოს ეს ხარჯები ან ჯარიმები და ა.შ.

ექსპედიტორის როლი ასეთ შემთხვევებში ძალზე მნიშვნელოვანია.

## **2.2.2. ტვირთის მულტიმოდალური გადაზიდვის არასტანდარტული Statechart-მოდელი**

ახლა განვიხილოთ რამდენიმე არასტანდარტული შემთხვევა, რომლებიც შეიძლება აღმოცენდეს ტვირთების გადაზიდვის პროცესში და ისინი უნდა შესრულდეს.

ასეთ შემთხვევებს „მოვლენებს“ (Events) უწოდებენ და ისინი შეიძლება მოხდეს ან არ მოხდეს, გააჩნია როგორ ვითარდება პოლიტიკური, სტიქიური, ეკოლოგიური ან სხვა პროცესები. გარკვეული რისკების არსებობა არაა გამორიცხული და სასურველია მათი პრევენციის მიზნით გამოყენებული იყოს სხვადასხვა დამცავი მექანიზმები (მაგალითად, ტვირთების დაზღვევა და ა.შ.).

### **2.2.2.1. მოვლენა\_1: ფორს-მაჟორული სიტუაცია გადატვირთვის ან დანიშნულების პორტში**

ვიხილავთ ტვირთის მულტიმოდალური ტრანსპორტირების კონკრეტულ მაგალითს:

- საზღვაო გადაზიდვა: ჩინეთიდან ფოთის პორტამდე;
- სახმელეთო გადაზიდვა: ფოთი - თბილისი.

კლიენტთან შეთანხმებულია მთლიანი გადაზიდვის ტარიფი ჩინეთი - თბილისი და სატრანზიტო დრო 45 დღე. ფოთის პორტში ჭარბი შემომავალი ტვირთნაკადის გამო ხდება ტვირთების დაყოვნებით დამუშავება გაურკვეველი დროით (შესაძლებელია არა ტვირთების სიჭარბის, არამედ პორტის თანამშრომლების გაფიცვის გამო).

შესაბამისად დგება ორი რისკი:

1. სატრანზიტო დრო იზრდება ექსპედიტორის საქმიანობისგან დამოუკიდებელი მიზეზით, რაც კლიენტს უგვიანებს საქონლის მიღებას თბილისში;

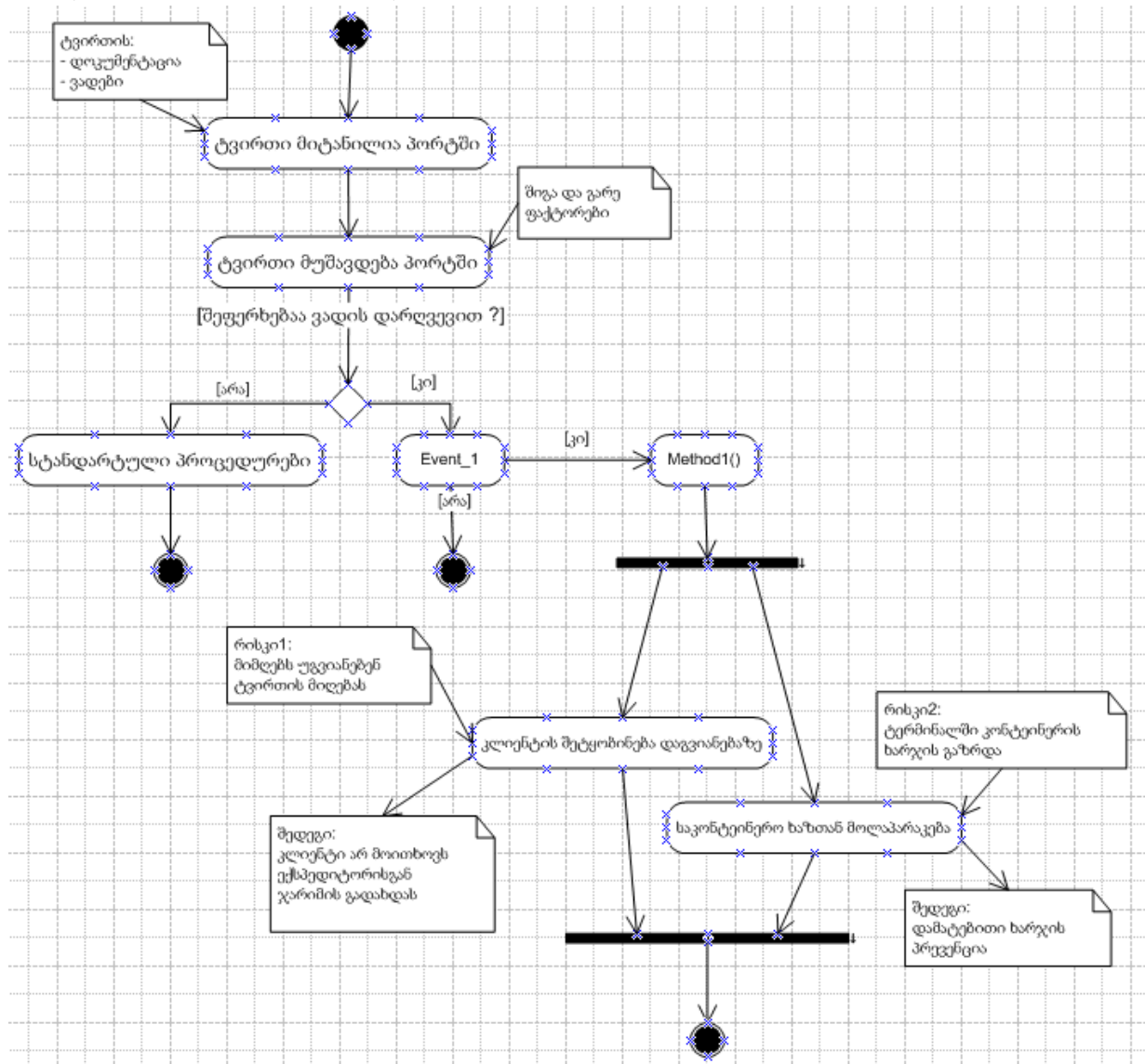
2. საკონტეინერო ხაზი (გადამზიდავი) არ იღებს პასუხისმგებლობას საკუთარი სატვირთო ტერმინალის ოპერაციულ საქმიანობაზე, თუნდაც ხარვეზიანი იყოს. ის მხოლოდ ითვლის და ანგარიშობს ტერმინალში გაჩერებული კონტეინერების შენახვის საფასურს, რომლის გადახდა შესაძლოა დაეკისროს ექსპედიტორს.



ასეთ შემთხვევებში საჭიროა ორი ქმედების განხორციელება:

1. კლიენტისთვის სასწრაფოდ შეტყობინება დაყოვნების თაობაზე და ექსპედიტორის პასუხისმგებლობის არ დაყენების შესახებ მისგან დასტურის მიღება და
2. საკონტინერო ხაზთან მოლაპარაკების წარმოება შესაძლო დამატებითი ხარჯის თავიდან აცილებაზე გარანტიის მიღების მიზნით.

აგრეთვე, უნდა გადაიხედოს საკონტინერო ხაზის შემოთავაზება, მათი გადაზიდვის პირობების ჩათვლით, რომელიც ძალაში რჩება საზღვაო გადაზიდვის დასრულებამდე (სანამ ტვირთს ექსპედიტორი გასატანად მიაკითხავს ფოტის პორტში), რათა დავრწმუნდეთ, რომ აღნიშნული პირობები ითვალისწინებს მსგავსი ფინანსური რისკებისგან ექსპედიტორის დაცვას. და მეორე, გადაიხედოს კლიენტისათვის გაკეთებული შეთავაზება (ან ხელშეკრულება), რათა დავრწმუნდეთ, რომ კონკრეტული რისკებისგან დაცვის მექანიზმი მასში იყო თავიდანვე ჩადებული. მე-13 ნახაზზე მოცემულია შესაბამისი მოვლენის ასახვის Statechart- დიაგრამა.



ნახ.13. პორტში ფორს-მაჟორული სიტუაციის მდგომარეობის დიაგრამა

### 2.2.2.2. მოვლენა\_2: მულტიმოდალური გადაზიდვა გამონაკლისი სიტუაციით

დავუშვათ გვაქვს მულტიმოდალური გადაზიდვის შეკვეთა:

**საზღვაო + სარკინიგზო გადაზიდვა: ჰამბურგი (გერმანია) - ბიშკევი (ყირგიზეთი)**

კლიენტი ამ შემთხვევაში ყირგიზეთული კომპანიაა, რომელიც უკვეთავს ქართულ ექსპედიტორულ კომპანიას მთლიან გადაზიდვას.

მოხდა ისე, რომ ბიშკეკში ჩასული სარკინიგზო ტვირთი, რომლის იმპორტულ რეჟიმში მოქცევა ევალემა ქართული ექსპედიტორული კომპანიის პარტნიორ კომპანიას ყირგიზეთში, უკავშირდება ექსპედიტორს და ეუბნება, რომ აღმოჩნდა ტვირთმიმღებს (კლიენტს) არ აქვს მზად (ანუ არ აუღია ჯერ) გარკვეული სახის ნებართვა სახელმწიფო უწყებიდან ტვირთის იმპორტირების თაობაზე.

ეს ნიშნავს, რომ ვაგონები დაყოვნდება დანიშნულების სადგურზე. ჩნდება დამატებითი შეკითხვები:

- უნდა მოხდეს თუ არა ტვირთის გადაცლა ვაგონებიდან დროებითი შენახვის საწყობში, სადაც ის გაჩერდება მანამ, სანამ მიმღები არ გადასცემს ნებართვას ყირგიზეთულ ექსპედიტორულ კომპანიას;

- თუ დაშვებულ იქნას ვაგონების მოცდენა, რაც რკინიგზისთვის დამატებით გადასახადს ნიშნავს.

საჭირო ღონისძიებები:

- მიმღებისგან მიღებულ უნდა იქნას წერილობითი გარანტია, რომ დროულად უზრუნველყოფს საბუთების მიწოდებას და რომ ყველა დაკავშირებულ ხარჯს აიღებს საკუთარ თავზე;

- ასევე ტვირთმიმღებმა უნდა გადაწყვიტოს და დაადასტუროს რომელი ვარიანტი ურჩევნია, გადმოცლა თუ ვაგონების მოცდენა.

- ხარჯთაღრიცხვა უნდა წარუდგინოს მას ქართულმა ექსპედიტორმა, რათა მიმღებმა შეძლოს შედარება, რომელი ვარიანტი უფრო ოპტიმალურია მისთვის.

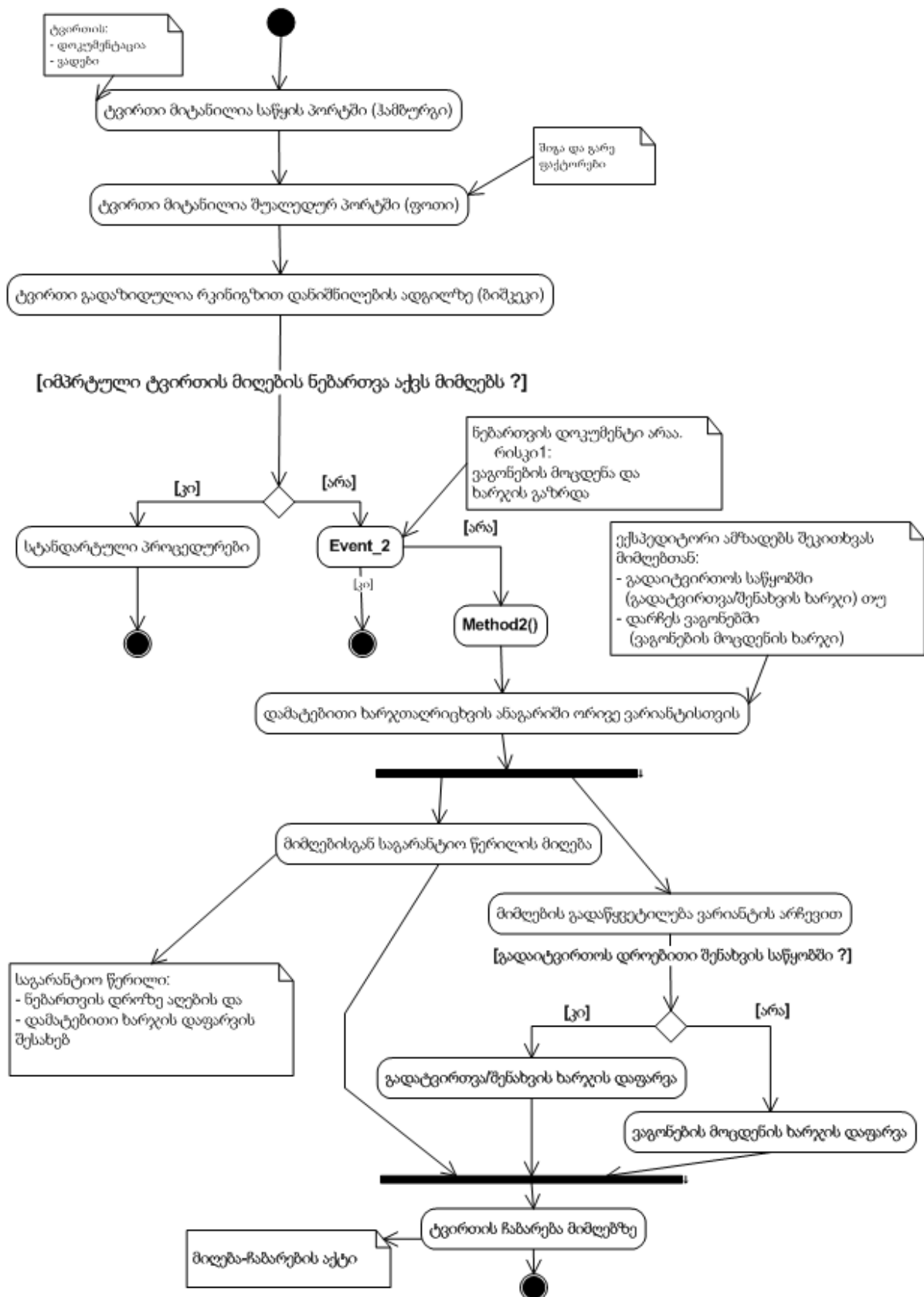
მე-14 ნახაზზე მოცემულია განხილული შემთხვევის მდგომარეობათა დიაგრამა.

### 2.2.2.3. მოვლენა\_3: დემურაჟის და მოცდენის ხარჯების ოპტიმიზაცია

საკონტეინერო ხაზები ექსპედიტორებს აძლევს კონკრეტულ ვადას, რათა მოხდეს კონტეინერების დროულად გატანა პორტიდან და შესაბამისად დროულად მათი დაბრუნება.

დროულად არგატანის შემთხვევაში ირთვება დემურაჟის (ჯარიმების) მრიცხველი, ხოლო დროულად არ დაბრუნებისას - მოცდენის მრიცხველი.

მაგალითისათვის, 4 დღე თავისუფალია ტერმინალიდან არ გაიტანო გემიდან ჩამოტვირთული კონტეინერი, და 20 დღე იმისათვის, რომ ფოთის ტერმინალში ჩამოცლილი კონტეინერი წაიღო ალმატაში (ყაზახეთი) და დააბრუნო ცარიელი კონტეინერო.



ნახ.14. მდგომარეობათა დიაგრამა გამონაკლისი შემთხვევით.  
 მოვლენა: „მიმღებს არ აქვს იმპორტული ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტი“

გარდა ამისა, სახმელეთო ავტოტრანსპორტი, რომელსაც ექსპედიტორი ქირაობს, ამღევს მას ვადას 48 საათს ტვირთის განბაჟება-დაცლაზე, რომლის შემდეგ 100-150 აშშდ უნდა გადაუხადოს ტვირთმიმღებმა მანქანის მძღოლს როგორც ავტოტრანსპორტის მოცდენის საფასური.

დემურაჟის ხარჯი გამოწვეული შეიძლება იყოს სატრანზიტო დოკუმენტაციაში ხარვეზის არსებობით. მაგალითად, ტვირთმიმღებს 5 დღე დასჭირდა იმისათვის, რომ ქართული ექსპედიტორული კომპანიისათვის საბუთები მიეწოდებინა და ტვირთი დაყოვნდა ფოთში. სახმელეთო გადაზიდვის დასრულების შემდეგ კი, მიმღებს 4 დღე დასჭირდა ტვირთს განბაჟებასა და დაცლაზე ჯამში.

ეს ნიშნავს რომ საკონტეინერო ხაზისგან ექსპედიტორი მოლოდინშია მიიღოს დამატებითი ინვოისირებული ხარჯები, 1 დღე დემურაჟი, 4 დღე კონტეინერის მოცდენა (რადგან ჯამურად კონტეინერი ჩვენს განკარგულებაში იყო ფოთში 5 დღე, გზაში 7 დღე, საბაჟოზე 4 დღე, უკან გზაში 7 დღე, ანუ ჯამში  $5+7+7+4=24$ , ნაცვლად 20 დღისა).

გარდა ამისა ავტოტრანსპორტი ითხოვს 2 დღე მისი მოცდენის საფასურის ანაზღაურებას.

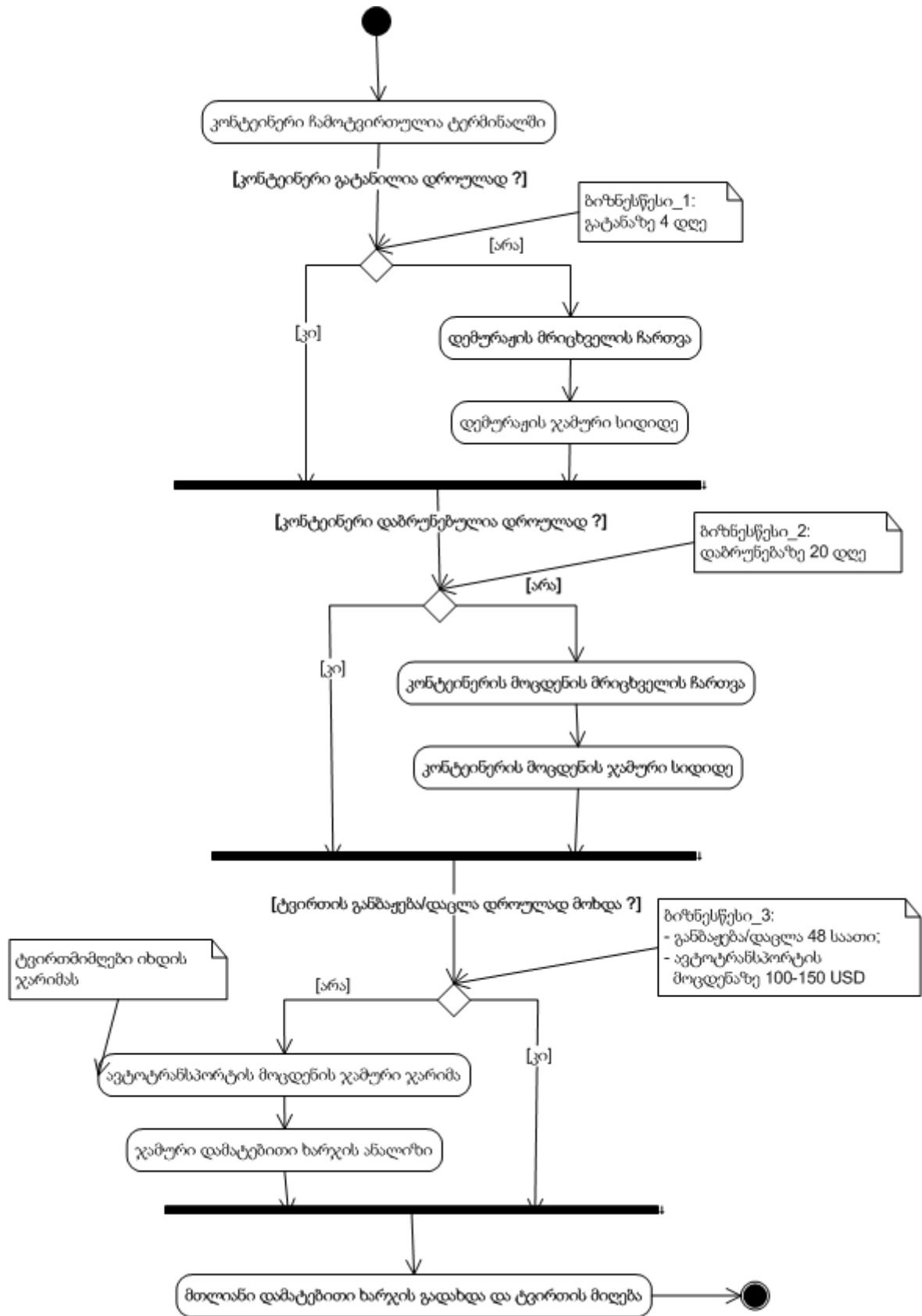
ჯამური დამატებითი ხარჯის ანალიზი უნდა მოხდეს დინამიკაში და არა ერთიანად გადაზიდვის დასრულების შემდგომ, რადგან კლიენტთან წინასწარი შეთანხმების გარეშე წარმოუდგენელია შემდგომ მასთან რაიმე დამატებით თანხების გადახდაზე იქნას მიღწეული შეთანხმება.

შესაბამისად რაც მალე მოახდენს ექსპედიტორი რეაგირებას, მით უფრო დაზღვეულია ფინანსური რისკისგან და კლიენტის უკმაყოფილებისგან.

მე-15 ნახაზზე მოცემულია განხილული შემთხვევის მდგომარეობათა დიაგრამა.

### 3. დასკვნა

მცირე და საშუალო ბიზნესის ობიექტებისათვის, რომლის ერთ-ერთი აქტუალური და მზარდი მოთხოვნილების მაგალითია ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების ფირმები, აუცილებელია მართვის საინფორმაციო სისტემის მონაცემთა ბაზების აგების და მისი ადმინისტრირების ფუნქციების ავტომატიზაცია. ასეთი ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტა შესაძლებელია დაპროექტების CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. კერძოდ, შემუშავებულია მულტიმოდალური გადაზიდვების (გემი, რკინიგზა, ავტო- და საჰაერო ტრანსპორტი) საპრობლემო სფეროს კონცეპტუალური სქემათა დაპროექტების ობიექტ-როლური და არსთა დამოკიდებულების მოდელის (ORM/ERM) გამოყენება, მისი რეალიზაცია კი - Ms SQL Server პაკეტით. სერვის-ორიენტირებული სისტემების ასაგებად ასეთი ობიექტებისათვის მიზანშეწონილია ჰიბრიდული დაპროგრამების ტექნოლოგიების გამოყენება.



ნახ.15. დემურაჟის და მოცდენის ხარჯების ოპტიმიზაციის მდგომარეობათა დიაგრამა



ლიტერატურა:

1. გოგიჩაიშვილი გ., სურგულაძე გიორგი. (2014). მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზებული მართვის კონცეფცია. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N2(18). გვ.45-50.
2. Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J. (1996). Unified Modeling Language for Object-Oriented Development. Rational Software Corporation, Santa Clara
3. სურგულაძე გიორგი. (2015). მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემის ინფრასტრუქტურა და მისი იმიტაციური მოდელი. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N2(20). გვ.108-123.
4. Surguladze Gia, Topuria N., Petriashvili L., Surguladze Giorgi. (2015). Modelling of Designing a Conceptual Schema for Multimodal Freight Transportation Information System. ISSN 1307-6892. WASET, World Academy of Scientific, Engineering and Technology, v.9, N11, 204-207.
5. ზოცვაძე ლ., ერაძე კ., ზოცვაძე ვ. (2011). ლოგისტიკური მენეჯმენტი და მოდელირება. სახელმძღვანელო, გამომც. „დიზაინპრინტ ექსპრესი“, თბ.
6. Murphy, Jr. Paul R., Wood Donald F. (2011). Contemporary Logistics, 10<sup>th</sup> International Edition. Upper Saddle River, New Jersey.
7. სურგულაძე გიორგი, ქრისტესიაშვილი ხ., სურგულაძე გია. (2015). საწარმოო რესურსების მენეჯმენტის ბიზნეს-პროცესების მოდელირება და კვლევა. მონოგრ., სტუ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, -212 გვ.
8. ქრისტესიაშვილი ხ., სურგულაძე გიორგი. (2015). საწარმოო რესურსების მართვის ბიზნეს-პროცესების მოდელირება. VII საერთაშ. სამეცნ.-პრაქტიკული კონფ.: „ინტერნეტი და საზოგადოება“. აკ. წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი., ქუთაისი, გვ. 118-121.
11. Surguladze Gia, Petriashvili Lily, Surguladze Giorgi. (2015). Decision Support System for optimization of Seaport Resources with Considering Multimodal Transportation. III internat. Scientific Conference. Computing / Informatics, Education Sciences, Teacher Education. Batumi, Georgia, - pp. 139-143
12. გიორგი სურგულაძე, ლ. პეტრიაშვილი, მ. ოხანაშვილი, მ. ბიტარაშვილი. (2016). უნიფიცირებული მოდელების აგება ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების მართვისათვის. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N1(21). გვ.108-123.
13. გოგიჩაიშვილი გ., ბოლხი გ., სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ. (2013). მართვის ავტომატიზებული სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტების და მოდელირების ინსტრუმენტები (MsVisio, WinPepsy, PetNet, CPN). სტუ. მოდელირება. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბ. -232 გვ.
14. გოგიჩაიშვილი გ., სურგულაძე გიორგი, თოფურია ნ., სურგულაძე გია. (2015). მულტიმოდალური გადაზიდვების მართვის ავტომატიზებული სისტემის აგება დაპროექტების CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ 2(20). გვ.96-107.
15. UML - Statechart Diagrams. [http://www.tutorialspoint.com/uml/uml\\_statechart\\_diagram.htm](http://www.tutorialspoint.com/uml/uml_statechart_diagram.htm).

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛАССОВ И СОСТОЯНИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ  
МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ**

Сургуладзе Георгий  
Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматриваются вопросы проектирования базы данных информационной системы мультимодальных перевозок, ее программная реализация и вопросы построения интерфейса пользователя с помощью CASE и гибридных программных технологий. В частности, предложены для мультимодальной сферы перевозок (судно, железная дорога, авто- и авиатранспорт) диаграммы классов, диаграммы стандартных и нестандартных состояний процессов перевозок грузов. Построены функции их триггеров и модели событий посредством вызова соответствующих методов. Для построения распределенной базы данных определены концептуальные схемы клиента (владельца груза), груза (объект перевозок) и поставщика (перевозчик) в виде таблиц. Программная реализация осуществлена в среде Visual Studio.NET 2015 пакетом MsSQL Server 2012.

**DESIGNING CLASS AND STATE DIAGRAMS FOR BUSINESS PROCESSES IN  
MULTIMODAL SHIPMENTS**

Surguladze Giorgi  
Georgian Technical University

**Summary**

The present article discusses topics of designing database for the information system, implementing software and user interfaces using CASE and hybrid programming. More specifically, article gives class diagrams for processes from problem areas in multimodal shipments (sea, rail, road, air) as well as statechart diagrams. Trigger functions and event models are designed with triggering to respective methods. Also, in order to build a distributed database, conceptual schemas are defined with customer (shipment owner), cargo (shipment object) and supplier (carrier) tables. Software implementation is based on Visual Studio.NET 2015 environment and Ms SQL Server 2012.

*სტატია იბეჭდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი N DO/26/4-142/14).*

*The Article is printed by Financial Support of Shota Rustaveli National Science Foundation (Grant N DO/26/4-142/14).*

# URLConnection და HttpURLConnection კლასების რეალიზება Java ენაში

ლელა გაჩეჩილაძე, ლაშა იაშვილი, ნანა კურკუმული  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

წარმოდგენილია ობიექტ-ორიენტირებული მეთოდის საფუძველზე Java ენაში არსებული ქსელური დაპროგრამების შესაძლებლობების ამსახველი რამდენიმე ნიმუში URLConnection და HttpURLConnection კლასების რეალიზების გზით. შემოთავაზებულია რა, აღნიშნული კლასების შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით ინტერნეტში შორს მყოფი რესურსის ატრიბუტებზე წვდომის საინტერესო გზები, განხილული პროგრამული კოდები კიდევ ერთხელ ადასტურებს იმ ფაქტს, რომ Java ენა პრაქტიკულად პროგრამირების სინონიმია ინტერნეტისთვის, რამეთუ ის შესაძლებლობას გვაძლევს შევქმნათ უსაფრთხო, მრავალპლატფორმიანი და გადატანითი პროგრამები.

**საკვანძო სიტყვები:** ქსელური დაპროგრამება. პროტოკოლი. სერვერი. საიტი. პორტი.

## 1. შესავალი

მრავალ მიზეზთა შორის, ყველაზე მთავარი მიზეზი, რის გამოც Java ქსელური დაპროგრამების ერთ-ერთ ბრწყინვალე ენად ითვლება, იმ კლასებშია ჩადებული, რომლებიც java.net პაკეტშია განსაზღვრული [1,2].

ზემოაღნიშნული პაკეტის ერთ-ერთ საინტერესო კლასს HttpURLConnection კლასი წარმოდგენს, რომელიც URLConnection კლასის ქვეკლასია და ის TCP/IP პროტოკოლების სტეკში შემავალ HTTP პროტოკოლთან კავშირის მხარდაჭერას უზრუნველყოფს. აღნიშნული კლასის ობიექტი URL კლასის ობიექტის openConnection() მეთოდით მიიღება, მაგრამ შედეგი HttpURLConnection კლასს უკავშირდება. გვეჩვენა რა, წარმოდგენილი კლასის ობიექტზე წვდომა, ჩვენ მისი ნებისმიერი მეთოდის გამოძახებას შევძლებთ. ეს მეთოდები კი URLConnection კლასისგან მემკვიდრეობით არის მიღებული.

## 2. ძირითადი ნაწილი

URLConnection კლასი საერთო დანიშნულების კლასია, რომელიც შორს მყოფი რესურსის ატრიბუტებზე წვდომისთვის გამოიყენება [3]. სერვერზე კავშირის ერთხელ დამყარების შემდეგ URLConnection კლასი, სანამ მის ლოკალურ ტრანსპორტირებას მოვახდენდეთ, შეგვიძლია შორს მყოფი ობიექტის თვისებების სანახავად გამოვიყენოთ. ეს ატრიბუტები HTTP პროტოკოლის სპეციფიკაშია წარმოდგენილი და აზრი მხოლოდ იმ URL ობიექტებისთვის აქვს, რომელთა ატრიბუტები HTTP პროტოკოლს იყენებს.

ქვემოთ წარმოდგენილია პროგრამა (ლისტინგი\_1), რომელიც URLConnection კლასის ობიექტის შესაქმნელად URL კლასის openConnection() მეთოდს იყენებს. შემდეგ კი ადგილი აქვს დოკუმენტის შიგთავსისა და თვისებების შემოწმებას.

```

//--- ლისტინგი_1 --- URLConnection ----
package network;
import java.net.*;
import java.io.*;
import java.util.Date;
public class UCDemo {
    public static void main(String args[])throws Exception{
        int c;
        URL hp=new URL("http://www.internic.net");
        URLConnection hpCon=hp.openConnection();
        //თარიღის მიღება
        long d=hpCon.getDate();
        if(d==0)
            System.out.println("თარიღის შესახებ ინფორმაცია არ არის.");
        else
            System.out.println("თარიღი: " + new Date(d));
        //ტიპის მიღება
        System.out.println("ტიპი: " + hpCon.getContentType());
        //დაძველების თარიღის მიღება
        d=hpCon.getExpiration();
        if(d==0)
            System.out.println("მოქმედების ვადის შესახებ ინფორმაცია არ არის.");
        else
            System.out.println("დაძველება: " + new Date(d));

        //ბოლო მოდიფიკაციის თარიღის მიღება
        d=hpCon.getLastModified();
        if(d==0)
            System.out.println("ბოლო მოდიფიკაციის შესახებ ინფორმაცია არ არის.");
        else
            System.out.println("ბოლო მოდიფიკაციის თარიღი: " + new Date(d));
        //სიგრძის მიღება
        long len=hpCon.getContentLength();
        if(len==-1)
            System.out.println("სიგრძის შესახებ ინფორმაცია მიუწვდომელია.");
        else
            System.out.println("სიგრძე: " + len);

        if(len!=0){
            System.out.println("==== შიგთავსი====: ");
            InputStream input=hpCon.getInputStream();
            while(((c=input.read())!=-1)){
                System.out.print((char)c);
            }
            input.close();}
        else{
            System.out.println("შიგთავსი მიუწვდომელია.");}
    }
}

```

ზემოთ განხილული პროგრამა HTTP კავშირს [www.internic.net](http://www.internic.net) სერვერთან მე-80 პორტით ამყარებს. შემდეგ ის რამდენიმე სათაურის მნიშვნელობას და შიგთავსს წარმოგიდგენს.

პროგრამის შესრულების შედეგს შემდეგი სახე აქვს:

```
თარიღი: Sun Nov 08 20:30:31 GET 2015
ტიპი: text/html; charset=UTF-8
დაბველდება: Sun Nov 08 21:30:31 GET 2015
ბოლო მოდიფიკაციის თარიღი: Sat Oct 17 02:22:48 GET 2015
სიგრძე: 8544
==== შიგთავსი====:
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.0 Transitional//EN">
<html>
<head>
<title>InterNIC | The Internet's Network Information Center</title>
```

...

ახლა კი განვიხილოთ პროგრამა (ლისტინგი\_2), რომელიც HttpURLConnection კლასის გამოყენებით კავშირს ამყარებს [www.google.com](http://www.google.com) საიტთან. მასში წარმოდგენილია მოთხოვნის მეთოდი, პასუხის კოდი, პასუხის შეტყობინება და პასუხის სათაურში არსებული გასაღებები და მნიშვნელობები.

```
// --- ლისტინგი_2 --- HttpURLConnection ---
package network;
import java.net.*;
import java.io.*;
import java.util.*;
public class HttpURLDemo {
    public static void main(String args[])throws Exception{
        URL hp=new URL("http://www.google.com");
        HttpURLConnection hpCon=(HttpURLConnection)
            hp.openConnection();
        //მოთხოვნის მეთოდის წარმოდგენა
        System.out.println("მოთხოვნის მეთოდი: " + hpCon.getRequestMethod());
        //პასუხის კოდის წარმოდგენა
        System.out.println("პასუხის კოდი: " + hpCon.getResponseCode());
        //პასუხის შეტყობინების წარმოდგენა
        System.out.println("პასუხის შეტყობინება: " + hpCon.getResponseMessage());
        //სათაურის ველების სიის და მისი გასაღებების ნაკრების მიღება
        Map<String,List<String>> hdrMap=hpCon.getHeaderFields();
        Set<String> hdrField=hdrMap.keySet();
        System.out.println("\nაქედან სათაური იწყება:");
        //სათაურის ყველა გასაღებისა და მნიშვნელობის ჩვენება
        for(String k : hdrField){
            System.out.println("გასაღები: " + k + " მნიშვნელობა: " + hdrMap.get(k)); }
    }
}
```



პროგრამის შესრულების შედეგი ასეთია:

მოთხოვნის მეთოდი: GET

პასუხის კოდი: 200

პასუხის შეტყობინება: OK

აქედან სათაური იწყება:

გასაღები: Transfer-Encoding მნიშვნელობა: [chunked]

გასაღები: null მნიშვნელობა: [HTTP/1.1 200 OK]

გასაღები: Server მნიშვნელობა: [gws]

გასაღები: P3P მნიშვნელობა: [CP="This is not a P3P policy! See <http://www.google.com/support/accounts/bin/answer.py?hl=en&answer=151657> for more info."]

გასაღები: Date მნიშვნელობა: [Sun, 08 Nov 2015 17:29:20 GMT]

გასაღები: Accept-Ranges მნიშვნელობა: [none]

გასაღები: X-Frame-Options მნიშვნელობა: [SAMEORIGIN]

გასაღები: Cache-Control მნიშვნელობა: [private, max-age=0]

გასაღები: Vary მნიშვნელობა: [Accept-Encoding]

გასაღები: Set-Cookie მნიშვნელობა: [NID=73=jsdKbvOu7wZdoWvHiGh-

1h4x3DEaC6JliXImA5J49-53PaTQZzNFu0YxUAP6h-

7RQrgJ0xVGru5Ucd5pddFYcL2M4e2KzysITjVDK2jVMFN8T-

SQ5v000ziBuD\_voxa7JxDq0lwSf2CwkPFfAePtJl\_FqKwIc; expires=Mon, 09-May-2016 17:29:20

GMT; path=/; domain=.google.ge; HttpOnly,

PREF=ID=1111111111111111:FF=0:TM=1447003760:LM=1447003760:V=1:S=Kpzju114UfqgFVGw;

expires=Thu, 31-Dec-2015 16:02:17 GMT; path=/; domain=.google.ge]

გასაღები: Expires მნიშვნელობა: [-1]

გასაღები: X-XSS-Protection მნიშვნელობა: [1; mode=block]

გასაღები: Content-Type მნიშვნელობა: [text/html; charset=UTF-8]

### 3. დასკვნა

ამრიგად, მიღებული შედეგების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ Java ენაში არსებული URLConnection და HttpURLConnection კლასები და მათში განსაზღვრული მეთოდები საშუალებას გვაძლევს წვდომა ვიქონიოთ ქსელში მყოფ რესურსების ატრიბუტებზე და კავშირი დავამყაროთ ჩვენთვის სასურველ საიტებთან.

### ლიტერატურა:

1. Schildt H. (2007). Java: The Complete Reference. Seventh Edition. NewYork
2. Deitel P., Deitel H. (2012). Java. How to Program. Ninth Edition. Prentice Hall. Pearson. USA
3. Gosling J., Joy B., Steele G. (2013). The Java Language Specification. Seventh Edition. Oracle America, Inc. California. USA.

## REALIZATION OF URLCONNECTION AND HTTPURLCONNECTION CLASSES IN JAVA LANGUAGE

Gachechiladze Lela, Kurkumuli Nana, Iashvili Lasha  
Georgian Technical University

### Summary

The paper represented a several sample of the network capabilities in Java Object-Oriented Programming Language, through with realization URLConnection and HttpURLConnection classes. Proposed interesting ways to us the methods of relevant classes, to access on attributes of remote resources in the Internet, the software codes affirming the fact, that the Java programming language is practically synonymous with the Internet, because it enables us to create a secure, multi-platform and a figurative applications.

## РЕАЛИЗАЦИЯ URLCONNECTION И HTTPURLCONNECTION КЛАССОВ В ЯЗЫКЕ JAVA

Гачечиладзе Л., Иашвили Л., Куркумули Н.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

На основе объектно-ориентированного метода представлены несколько образцов возможностей сетевого программирования, имеющиеся в языке программирования Java, путём реализации классов URLConnection и HttpURLConnection. Используя соответствующие методы вышеуказанных классов, показаны пути доступов к атрибутам отдаленных ресурсов в интернете. Рассмотренные программные коды еще раз подтверждают тот факт, что язык Java практически является синонимом программирования для Интернета, поскольку позволяет создавать безопасные, многоплатформенные и переносимые приложения.

## კრიპტოგრაფიის სიმეტრიული სისტემის მეთოდების რეალიზაციის შესახებ MS Excel-ის გარემოში

გულბათ ნარეშელაშვილი, ვალერიან კეკელია, იბრაიმ დიდმანიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

შემოთავაზებულია კრიპტოგრაფიის სიმეტრიული სისტემის მეთოდების (ცეზარის, ვიჟინერის, ვერნამის და შებრუნებული მატრიცის) ბაზაზე დამუშავებული ტექსტური ინფორმაციის დაშიფვრა/გაშიფვრის მარეალიზებელი ალგორითმები და მათი პრაქტიკული რეალიზაციის ზოგადი პრინციპები გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტის MsOffice-ის ერთ-ერთი კომპონენტის MsExcel-ის ინსტრუმენტულ პროგრამულ გარემოში, რაც აძლევს პიროვნებებს საშუალებას გამარტივებული სახით წარმოადგინონ დაშიფვრა/გაშიფვრის მარეალიზებელი პროცედურები, გაცვალონ ერთმანეთში ინფორმაცია (მოკლეთქსტური შეტყობინებები) ანუ ისაუბრონ „კრიპტოგრაფიის ენაზე“.

**საკვანძო სიტყვები:** კრიპტოგრაფია. საწყისი ტექსტური ინფორმაცია. შიფროტექსტი. საიდუმლო გასაღები. პროგრამული მოდული.

### 1. შესავალი

მოცემულ ნაშრომში განხილულია სიმეტრიული სისტემის დაშიფვრა/გაშიფვრის მეთოდები, რომლებიც პირობითად გაყოფილია ორ დამოუკიდებელ ქვესისტემად. პირველს მიეკუთვნება ე. წ. უნივერსალური მოდელი, ხოლო მეორეს შებრუნებული მატრიცის მეთოდი [1]. ცნობილია, რომ ეს მეთოდები ძირითადად დაფუძნებულია ერთიდაიმავე პრინციპზე, რომლის ძირითადი არსი მდგომარეობს დასაშიფრ (გასაშიფრ) ტექსტურ ინფორმაციაში - TI შემავალ სიმბოლოებზე წინასწარ განსაზღვრული მათემატიკური და ლოგიკური მანიპულაციების განხორციელებაში.

განიხილავენ TI წარმოდგენის სამ სახეს [1]:

- ა) დასაშიფრი TI ანუ საწყისი TI – STI ;
- ბ) დაშიფრული TI – ShifTI (შიფროტექსტი);
- გ) TI -ის დამშიფრავი (გამშიფრავი) დახურული (საიდუმლო) გასაღები - DamTI.

შევნიშნოთ, რომ სამივე სახის TI წარმოადგენს პერსონალური კომპიუტერის კლავიატურიდან შეტანილი სიმბოლოების ნაკრებისაგან ფორმირებულ სტრიქონს, კერძოდ:  $STI = \{S_1 S_2 \dots S_m\}$ ,  $ShifTI = \{D_1 D_2 \dots D_m\}$ ,  $DamTI = \{K_1 K_2 \dots K_m\}$ ,

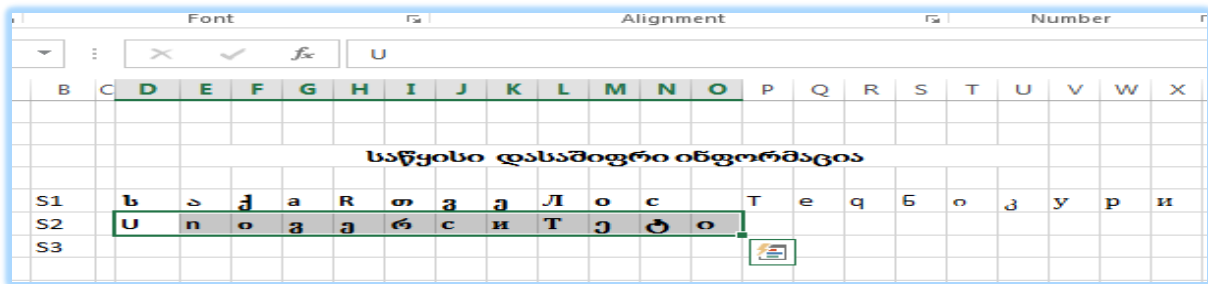
სადაც  $m$  და  $n$  - აღნიშნავს აღწერილ სტრიქონში შემავალი სიმბოლოების რაოდენობას ანუ მოცემული სტრიქონის სიგრძეს ( $n \leq m$ ).

### 2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომებში [1-4] აღწერილია სიმეტრიული სისტემის მეთოდების მარეალიზებელი ალგორითმის პროგრამული მოდულები (პროგრამა - დანართები (Application)), შემუშავებული ობიექტ-ორიენტირებულ ენაზე - C#, დაპროგრამირების ენაზე C++ და ა. შ., ფუნქციონირებადი Microsoft Visual Studio .NET გარემოში.

მოცემულ ნაშრომში შემოთავაზებულია როგორც უნივერსალური მოდელის (დამუშავებული ცეზარის, ვიჟინერის და ვერნამის მეთოდების ბაზაზე [1]), ასევე შებრუნებული მატრიცის მეთოდით TI დაშიფვრა/გაშიფვრის ალგორითმების რეალიზაცია MS Excel-ის ინსტრუმენტალურ-პროგრამულ გარემოში, რაც არ მოითხოვს დაპროგრამების ენებისა და მათი ფუნქციონირების უზრუნველყოფას ისეთ რთულ გარემოში, როგორცაა, მაგალითად, Microsoft Visual Studio .NET გარემო. იგულისხმება, რომ დაშიფვრის და გაშიფვრის ალგორითმებში, გამოყენებულია ქართული –LitNusx, AcadNusx და სხვ., ინგლისური–EN (ლათინური ალფაბეტი), რუსული - RU ენების ფონტების შემცველი სიმბოლოების ნაკრებები და მათი შესაბამისი რიცხვითი კოდების მნიშვნელობები, რომლებიც ფიქსირდება კომპიუტერში MS Excel-ის ჩატვირთვის შედეგად. შევნიშნოთ, რომ MS Excel-ში გამოყენებული სიმბოლოების ჯამური ნაკრების რაოდენობა არ აღემატება 256, აქედან ცხადია რომ  $S_{max}$  სიმბოლოს მაქსიმალური რიცხვითი კოდური მნიშვნელობა ტოლია 255.

განვიხილოთ STI დაშიფვრის კონკრეტული მაგალითი (ნახ.1).



ნახ. 1

S1 სტრიქონში შეტანილია დასაშიფრი STI, რომელიც ფორმირებულია ინგლისურ, რუსულ და ქართულ ფონტებში შემავალი სიმბოლოებით. S2 სტრიქონში შეტანილია მოცემული STI-ის დაშიფრავი (გამშიფრავი) დახურული (საიდუმლო) გასაღები –DamTI. შევნიშნოთ, რომ რადგან გასაღებში შემავალი სიმბოლოების რაოდენობა მეტია ერთზე და ნაკლებია სტრიქონში შემავალი სიმბოლოების რაოდენობაზე ( $1 < n < m$ ) STI დაშიფვრა- /გაშიფვრა შესრულდება უნივერსალური მოდელის ვიჟინერის მეთოდით [1]. არჩეული (უნივერსალური მოდელის) მეთოდის რეალიზაციის ალგორითმები აღიწერება შემდეგი მათემატიკური ფორმულის სახით:

$$D_i^k = (S_i^k + K_i^k) \bmod 256 \quad (\text{დაშიფვრა}); \quad S_i^k = (D_i^k - K_i^k + 256) \bmod 256 \quad (\text{გაშიფვრა}),$$

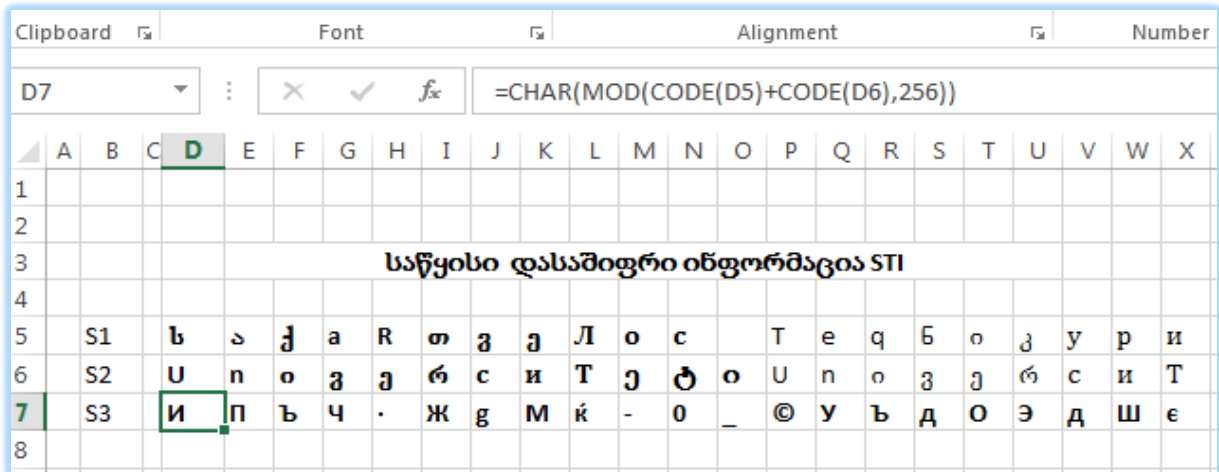
სადაც  $S_i^k$ ,  $D_i^k$  და  $K_i^k$  დასაშიფრი, შიფროტექსტის და საიდუმლო გასაღების S1, S2, S3 სტრიქონების i-ურ პოზიციაში განთავსებული სიმბოლოების რიცხვითი კოდების მნიშვნელობებია.

STI დაშიფვრის პროცედურა შედგება შემდეგი ეტაპებისგან:

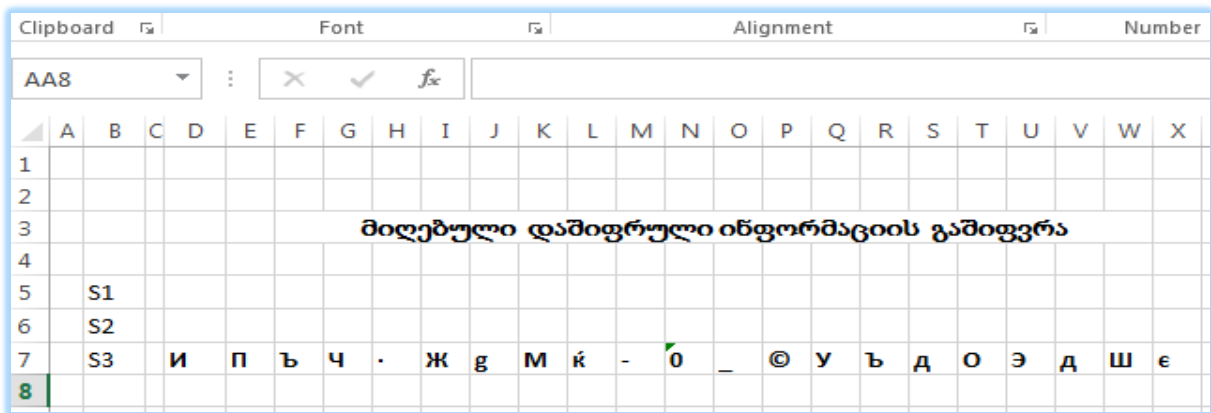
ა) მოვნიშნოთ გასაღები სიტყვა და გადავთარიოთ იგი დასაშიფრი ტექსტის ბოლო სიმბოლომდე (ნახ. 1,2-5);

ბ) მოვნიშნოთ S3 სტრიქონში (უჯრა D7) და შევიტანოთ მასში ფორმულა ნაჩვენები ფორმულების ზოლში;

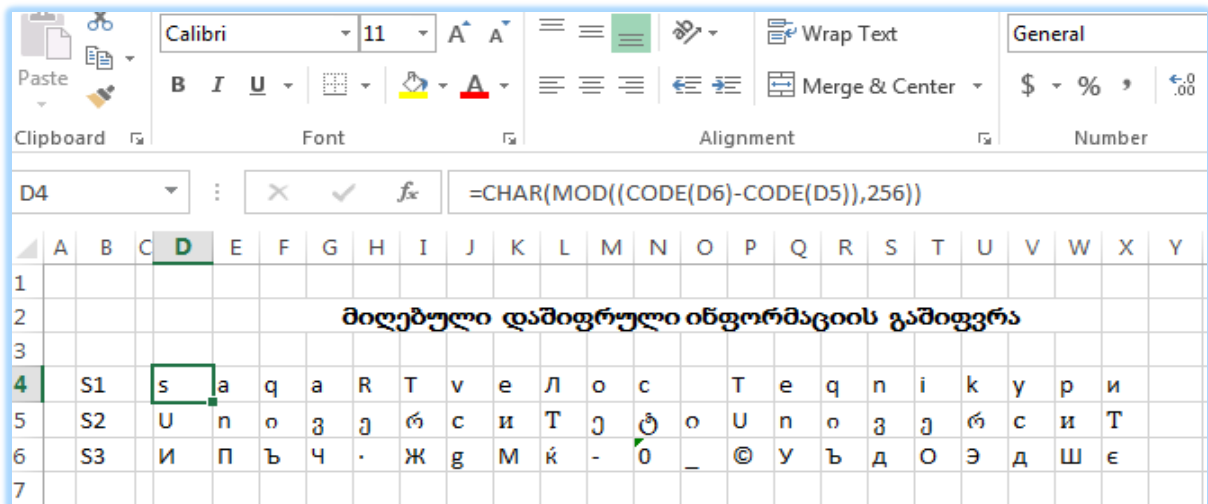
გ) მოვნიშნოთ მიღებული სიმბოლო (უჯრაში D7) და გადავთარიოთ იგი დასაშიფრი STI ბოლო სიმბოლომდე.



ნახ.2



ნახ.3



ნახ.4

S3 სტრიქონში მიღებული (უჯრები D7-X7) სიმბოლოების ერთობლიობა შეადგენს დასაშიფრი STI შიფროტექსტს – ShiftI, რომელიც უნდა გადაეგზავნოს გამშიფრავს. STI დამშიფრავი აფორმირებს ახალ წიგნს - BookNew, რომელშიც გადაწერს ShiftI, შემდეგი ბრძანებების შესრულებით: აკოპირებს მე-7 სტრიქონს – S3 (ნახ.2) და გადაწერს მას ახალი წიგნის ვთქვათ, მე-7 სტრიქონში (ნახ.3) შემდეგი წესით: Past-Paste Special (ფანჯარაში



ავირჩიოთ) Values-OK. დამშიფრავი BookNew-ს გაუგზავნის გამშიფრავს. გამშიფრავი, რომლისათვის ცნობილია საიდუმლო გასაღები, შეიტანს მას S2 სტრიქონში, აფორმირებს DamTI, მონიშნავს D4 უჯრას და შეიტანს მასში ფორმულას, რომელიც ნაჩვენებია ფორმულების ზოლში. შედეგად მიიღება STI-ის პირველი სიმბოლო, რომლის გადათრევით მარჯვნივ ShifTI-ის ბოლო სიმბოლომდე, S1 სტრიქონში დაფიქსირდება STI (ნახ.4).

შევნიშნოთ, რომ დასაშიფრ STI ინფორმაციაში ქართული ფონტის სიმბოლოების გამოსაყენებლად აუცილებელია ამოცანების ზოლში ავირჩიოთ ფონტი დასახელებით EN, ხოლო ინსტრუმენტების პანელიზე ფონტების უჯრაში ქართული ფონტი დასახელებით ვთქვათ, LitNusx, AcadNusx და ა.შ. გარდა აღნიშნულისა დასაშიფრი STI ინფორმაციის კომპაქტური წარმოდგენის მიზნით უნდა მოინიშნოს S1,S2 და S3 სტრიქონის უჯრედები და შესრულდეს შემდეგი ბრძანებები, კერძოდ, Home-Format-Column-Width. ამოტივტივებულ ფანჯარაში საწყისი მნიშვნელობა Column Width = 8,43 უნდა შეიცვალოს, ვთქვათ 3-ით, როგორც ეს შესრულებულია ნახ. 1-4. შევნიშნოთ აგრეთვე, რომ როგორც ნახ. 2 და ნახ. 4 არის ნაჩვენები STI გამიფრის შემთხვევაში ქართული სიმბოლოები „საქ“ და „ნიკ“ ჩანაცვლებულია ლათინური სიმბოლოებით, რაც დაკავშირებულია MS Excel-ში ქართული სიმბოლოების არათანმიმდევრული განლაგებით.

განვიხილოთ სიმეტრიული სისტემის მეორე ქვესისტემა (შებრუნებული მატრიცის მეთოდი). ამ მეთოდით ტექსტური ინფორმაციის დასაშიფრავად (გასაშიფრავად) გამოიყენება ორი  $q$  – განზომილებიანი DM – დამშიფრავი და GM – გამშიფრავი ანუ DM-ის შებრუნებული კვადრატული მატრიცა, რომელთა

$$DM = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & a_{0,2} & \dots & a_{0,q} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{q,0} & a_{q,1} & a_{q,2} & \dots & a_{q,q} \end{bmatrix} \quad GM = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & b_{0,2} & \dots & b_{0,q} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & b_{1,2} & \dots & b_{1,q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{q,0} & b_{q,1} & b_{q,2} & \dots & b_{q,q} \end{bmatrix}$$

ყოველი წევრი განსაზღვრულია მთელ რიცხვთა სიმრავლეზე. ერთადერთი მოთხოვნა, რაც უნდა იყოს გათვალისწინებული DM მატრიცის შერჩევისას არის ის, რომ მისი დეტერმინანტი (Det) არ უნდა იყოს ნულის ტოლი. თუ გამოთვლების შედეგად აღმოჩნდება, რომ  $Det=0$ , მაშინ DM მატრიცაში უნდა შეიცვალოს ზოგიერთი ელემენტის (ერთის მაინც) მნიშვნელობა და ეს ცვლილება უნდა განხორციელდეს მანამ, სანამ არ დაკმაყოფილდება პირობა  $Det \neq 0$ . ცნობილია, რომ თუ DM მატრიცის დეტერმინანტი  $Det \neq 0$ , მაშინ არსებობს მისი შესაბამისი შებრუნებული მატრიცა GM. ცნობილია

აგრეთვე ისიც, რომ თუ DM მატრიცის  $Det \neq 0$  და არსებობს მატრიცა GM, მაშინ არსებობს მატრიცა E, რომელსაც ერთეულოვან მატრიცას უწოდებენ. შევნიშნოთ, რომ E მატრიცაში მთავარ დიაგონალზე განლაგებული ელემენტების მნიშვნელობები ერთის ტოლია.

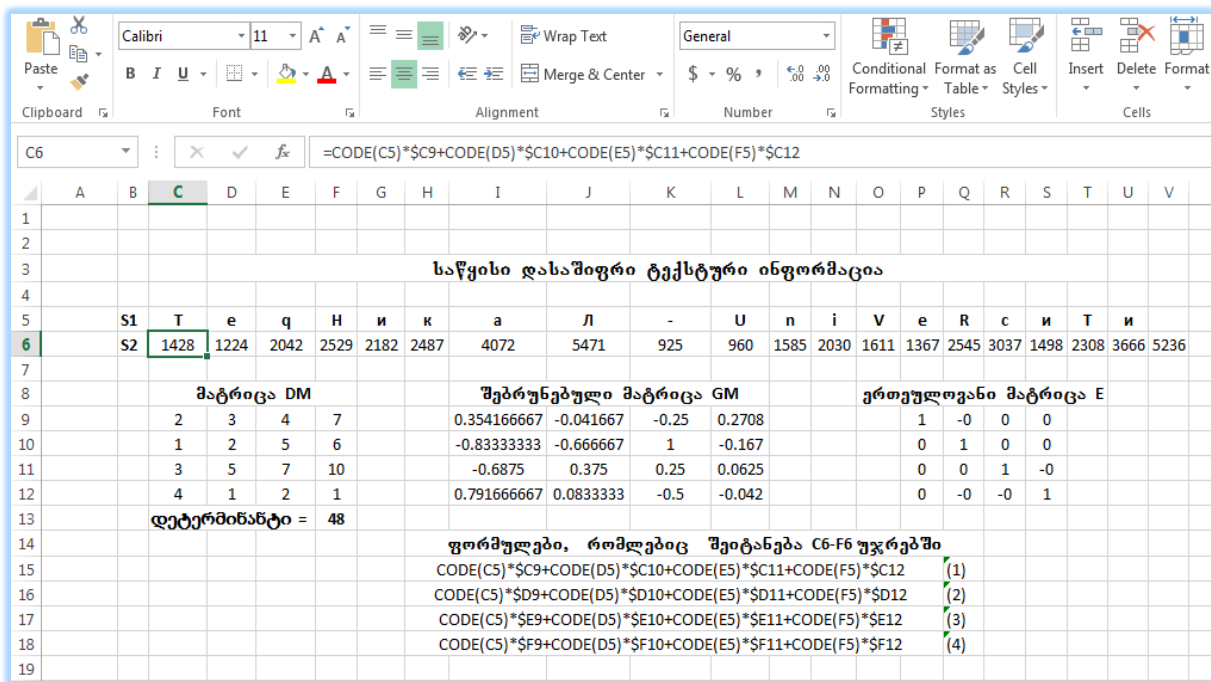
$$E = DM * GM = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

ნაშრომში არ არის მოტანილი დეტერმინანტის, შებრუნებული და ერთეულოვანი მატრიცების გამოთვლების ზოგადი ფორმულები, ვინაიდან მათი მნიშვნელობები განისაზღვრება საოფისე პროგრამის MS Excel-ის სტანდარტული ფუნქციების გამოყენებით, კერძოდ:

- ა) დეტერმინანტი გამოითვლება ფუნქციით: **MDETERM();**
- ბ) შებრუნებული მატრიცა გამოითვლება ფუნქციით: **MINVERSE();**
- გ) ერთეულოვანი მატრიცა გამოითვლება ფუნქციით: **MMULT().**

განვიხილოთ კოკრეტული მაგალითი. მე-5 და მე-7 ნახაზებზე ნაჩვენებია STI ინფორმაციის დაშიფვრისა და გაშიფვრის პროცედურების რეალიზაციის კონკრეტული მაგალითი. დამშიფრავი:

- ა) S1 სტრიქონში შეიტანს დასაშიფრ STI {ნახ.5);
- ბ) შეადგენს (თავის შეხედულების მიხედვით) დამშიფრავ DM მატრიცას,
- გ) გამოთვლის დეტერმინანტს (Det=48).

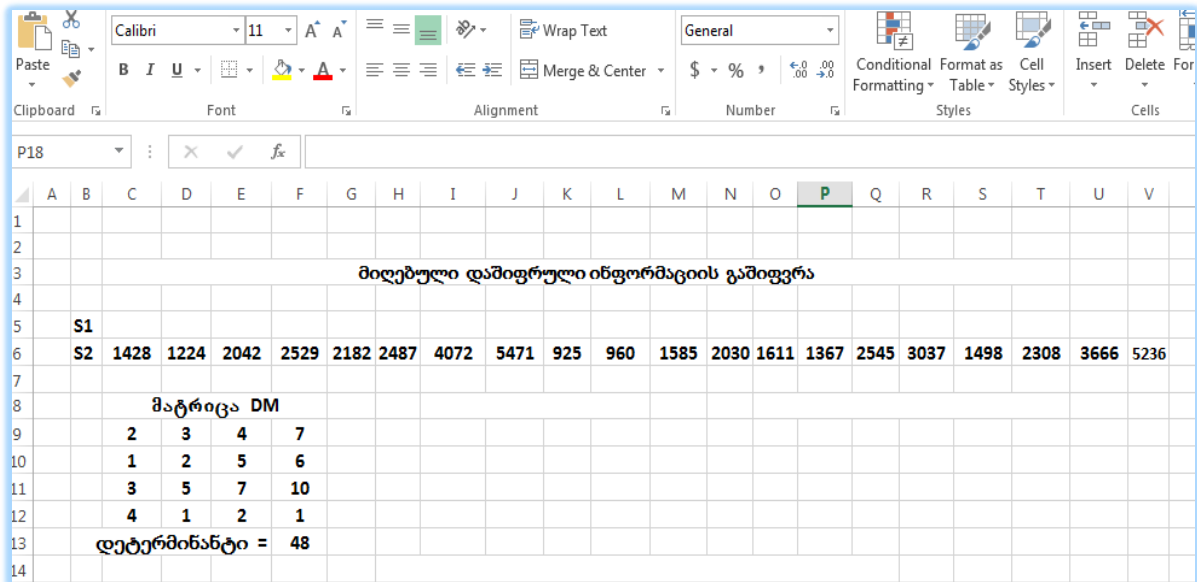


ნახ. 5

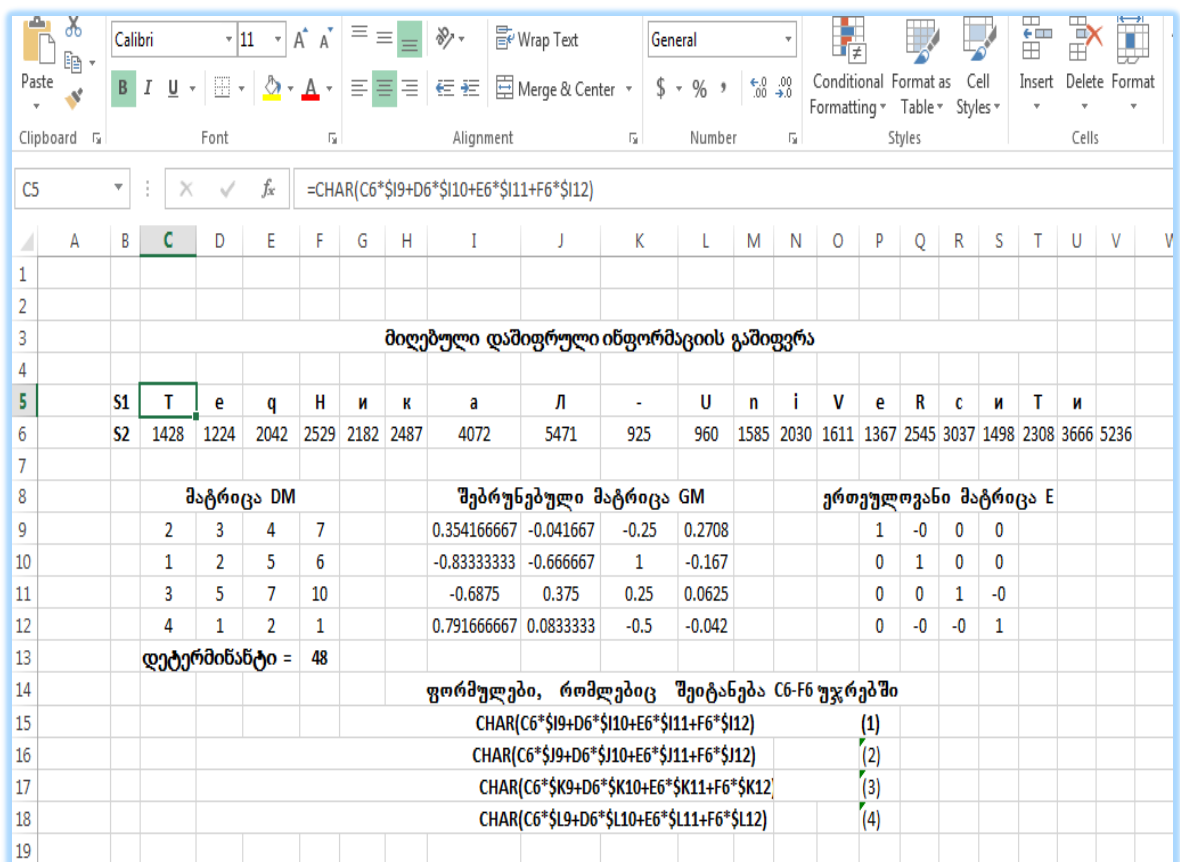
შევნიშნოთ, რომ მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია (შემოწმების მიზნით) შებრუნებული და ერთეულოვანი მატრიცები, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ისინი დამშიფრავს STI-ს დასაშიფრავად არ ჭირდება. შიფროტექსტის მისაღებად, დამშიფრავმა STI უნდა დაყოს ბლოკებად (მარცხნიდან მარჯვნივ):  $B_1, B_2, \dots, B_{t-1}, B_t$ . ყოველ ბლოკში გაერთიანებულია ოთხი სიმბოლო. აღნიშნული რაოდენობა განისაზღვრება DM მატრიცის ზომებით, კერძოდ  $q$ -პარამეტრით. მოცემულ შემთხვევაში  $q=4$ . ასე მაგალითად,  $B_1=(T,e,q,H)$ , ...,  $B_t=(ი, T, ი)$ .  $B_t$  ბლოკი შედგება სამი სიმბოლოსაგან, ამიტომ იგი უნდა შეივსოს ოთხ სიმბოლომდე.

ამ ნახაზზე ნაჩვენებ მაგალითში დასაშიფრ STI ბლოკში დამატებული აქვს სიმბოლო «пробел». შემდეგ დამშიფრავი ახორციელებს  $B_1$ -ბლოკის დამუშავებას. კერძოდ, თანმიმდევრობით გამოყოფს S2 სტრიქონში C6, D6, E6, F6 უჯრებს და შესაბამისად შეიტანს

მათში ფორმულებს (1-4) ნაჩვენებს ნახ. 5 (კერძოდ, C6 უჯრაში შესატანი ფორმულა ნაჩვენებია ფორმულების ზოლშიც). მონიშნავს C6, D6, E6, F6 უჯრებს და გადაათრევს მათ დასაშიფრი STI ბოლო სიმბოლომდე. მიღებული რიცხვთა მიმდევრობა არის შიფროტექსტი - ShiftI = {D<sub>1</sub><sup>k</sup> D<sub>2</sub><sup>k</sup> D<sub>3</sub><sup>k</sup> ... D<sub>m</sub><sup>k</sup> }, წარმოდგენილი MS Excel-ის ფონტის აბსტრაქტული სიმბოლოების რიცხვითი კოდების მნიშვნელობებით.



ნახ.6



ნახ.7

STI დამშიფრავი აფორმირებს ახალ წიგნს - BookNew, რომელშიც გადაწერს მატრიცა DM და ShiftI კოდურ მნიშვნელობებს (ნახ.6), შემდეგი ბრძანებების შესრულებით: აკოპირებს მე-6 სტრიქონის - S2 (ნახ.5) და ჩაწერს მას ახალი წიგნის ვთქვათ, მე-6 სტრიქონში (ნახ.6) შემდეგი წესით: Past - Paste special- (გამოსულ ფანჯარაში ავირჩიოთ) - values - OK. დამშიფრავი BookNew გაუგზავნის გამშიფრავს. გამშიფრავი მიიღებს რა დამშიფრავისაგან გამოგზავნილ ინფორმაციას, გამოთვლის დეტერმინანტს, შებრუნებულ და ერთეულოვან მატრიცებს. გამშიფრავმაც STI მისაღებად, უნდა დაეყოს იგი ბლოკებად (მარცხნიდან მარჯვნივ):  $B_1, B_2, \dots, B_{t-1}, B_t$ . შემდეგ გამშიფრავი ანხორციელებს  $B_1$ -ბლოკის დამუშავებას. კერძოდ, მიმდევრობით გამოყოფს S1 სტრიქონში C5, D5, E5, F5 უჯრებს და შესაბამისად შეიტანს მათში ფორმულებს (1-4), რომლებიც ნაჩვენებია მე-7 ნახაზზე (კერძოდ, C5 უჯრაში შესატანი ფორმულა ნაჩვენებია ფორმულების ზოლში). მონიშნავს C5, D5, E5, F5 უჯრებს და გადაიტანს მათ შიფროტექსტის ბოლო სიმბოლომდე. შესრულებული მანიპულაციების შედეგი იქნება STI (ნახ.7 სტრიქონი S1).

#### ლიტერატურა:

1. კეკელია ვ., კოტრიკაძე გ. (2016). კრიპტოგრაფიის სიმეტრიული სისტემის მეთოდები და მოდელები. ნაწ.1, სტუ, თბილისი.
2. კეკელია ვ., (2016), კრიპტოგრაფიის სიმეტრიული სისტემის უნივერსალური მოდელის შესახებ, სტუ, თბილისი.
3. <http://zetblog.ru/programming/200812/криптография-шифр-вернама/>
4. <http://zetblog.ru/programming/200812/криптография-шифр-виженера-программ/>
5. ხუციშვილი ო., ხუციშვილი თ., ფაილოძე ნ., კაიშაური თ., ქაშიაშვილი ზ. (2005). ინფორმატიკა, ნაწ.1, სტუ, თბილისი.

### ON THE METHODS OF SYMMETRIC CRYPTOGRAPHY In MS Excel ENVIRONMENT

Nareshelashvili Gulbaat, Kekelia Valerian, Didmanidze Ibraim  
Georgian Technikal Universiti

#### Summary

On the basis of known cryptographic techniques (Caesar Vizhinera, Vernal, and the inverse matrix) for a symmetrical cryptographic system developed and practically implemented in the medium MS Exel algorithms for encryption / decryption of text information. This allows User The telyam easy to imagine the procedure encryption / decryption, to exchange information with each other (Short text messages), in other words, to communicate in, "cryptographic language".

### О РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ СИМЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ КРИПТОГРАФИИ В СРЕДЕ MS Excel

Нарешелашвили Г., Кекелия В., Дидманидзе И  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

На базе известных методов криптографии (Цезаря, Вижинера, Вернана и обратной матрицы) для симметричной криптографической системы разработаны и практически реализованы в среде MS Exel алгоритмы шифрации/дешифрации текстовой информации. Это дает возможность пользователям легко представить процедуры шифрации /дешифрации, обменяться между собой информацией (короткими текстовыми сообщениями), иначе говоря , общаться на „криптографическом языке».

## ადაპტაციის საშუალებების დამუშავება ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტებისას

თეიმურაზ სუხიაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

ორგანიზაციული სისტემების არსებითი მხარეა მათი დინამიკურობა, ევოლუციური განვითარება. დროთა განმავლობაში იცვლება თვით ობიექტის სტრუქტურა, მისი შემცველი ელემენტების ფუნქციები. საპრობლემო სფეროს ცვლილება მოითხოვს დამუშავებული პროგრამული სისტემის შეცვლას. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ხელმეორედ შრომითი დანახარჯი, დაკავშირებული უკვე მოქმედი სისტემის სტრუქტურისა და ქცევის შესწავლაზე, მათ ამსახველ მოდელებს შორის კავშირებისა და განლაგების განსაზღვრაზე საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას მოდელების შეცვლის შესაძლებლობა დაპროექტებისა და რეალიზების ეტაპებზე. სტატიაში განიხილება ადაპტაციის საშუალებათა მოდელირება ობიექტ-ორიენტირებულ სისტემებში პაკეტების დიაგრამის აგებით და მოდელებს შორის ტრასირების მიმართებების დადგენით.

**საკვანძო სიტყვები:** ორგანიზაციული სისტემა. პროგრამული უზრუნველყოფა. UML. პაკეტების დიაგრამა. კლასი. კოოპერაცია. მოდელი. პრეცედენტი, კომპონენტი, დიაგრამა, ურთიერთქმედება, კვანძი.

### 1. შესავალი

დროთა განმავლობაში იცვლება საავტომატიზაციო ობიექტის სტრუქტურა, მისი შემცველი ელემენტების ფუნქციები. რაც გამოწვეულია ერთის მხრივ ევოლუციური განვითარებით და სისტემის გარეთ მომხდარი ცვლილებებით, ხოლო მეორეს მხრივ - შინაგანი თვითორგანიზაციით და სრულყოფით. მომხდარი ცვლილებები ცხადია უნდა აისახოს პროგრამულ სისტემაში, რათა აღვადგინოთ სისტემის ადეკვატურობა საპრობლემო სფეროსთან რაც შეიძლება ნაკლები შრომითი დანახარჯებით. ამიტომ, საჭიროა ადაპტაციის საშუალებების მოდელირება წინასწარ სისტემის დამუშავებისას.

სისტემის დაპროექტება ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომით ხორციელდება სხვადასხვა დანიშნულების მოდელების გამოყენებით დაწყებული ლოგიკური დონიდან (პრეცედენტები, კოოპერაციები - კლასებითა და მათ შორის ურთიერთქმედებით), დამთავრებული მათი ფიზიკური რეალიზებით (კომპონენტები და მათი განლაგების კვანძები).

სისტემის არქიტექტურის კონტექსტში საპრობლემო გარემოს ცვლილება იწვევს სისტემისადმი მოთხოვნების შეცვლას. შესაბამისად, საჭირო ხდება ყოველი შეცვლილი მოთხოვნის რეალიზების მექანიზმის შეცვლა. რეალიზების მექანიზმები წარმოიდგინება კოოპერაციებით, რომელსაც აქვს სტრუქტურული (კლასები) და ქცევითი (ურთიერთქმედება კლასებს შორის) მდგენელები. მოთხოვნები, ისევე როგორც მათი რეალიზების მექანიზმები, სემანტიკურად დაკავშირებულია, თავის მხრივ მარეალიზებელი კოოპერაციები ცხადია სემანტიკურად დაკავშირებულია კომპონენტებთან, რომლებიც ლოგიკურ ელემენტთა ფიზიკური რეალიზებაა.



გარემოს ცვილებასთან მოდელის ადაპტაციის მიზნით უნდა შეგვეძლოს რაც შეიძლება ნაკლები შრომითი დანახარჯებით დავადგინოთ მოდელის შესაცვლელი ელემენტები ლოგიკურ დონეზე და შემდეგ შევცვალოთ ან მოვახდინოთ მოცემული ელემენტის კორექტირება ფიზიკურად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მოცემული ამოცანის გადაწყვეტა ხორციელდება ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე უნდა დადგინდეს ის კლასები (ლოგიკური დონე), რომლებიც ექვემდებარება კორექტირებას ან შეცვლას, ხოლო მეორე ეტაპზე – კომპონენტები და მათი განლაგების კვანძები (ფიზიკური დონე).

ამოსავალს, პირველი პრობლემის გადასაწყვეტად წარმოადგენს ის მოთხოვნები, რომლებიც ექვემდებარება შეცვლას და ამ მოთხოვნების რეალიზების მექანიზმები ლოგიკურ დონეზე, ხოლო შემდეგ ეტაპზე დადგინდეს მათი ფიზიკური რეალიზება – კომპონენტები და მათი განლაგება სერვერებზე.

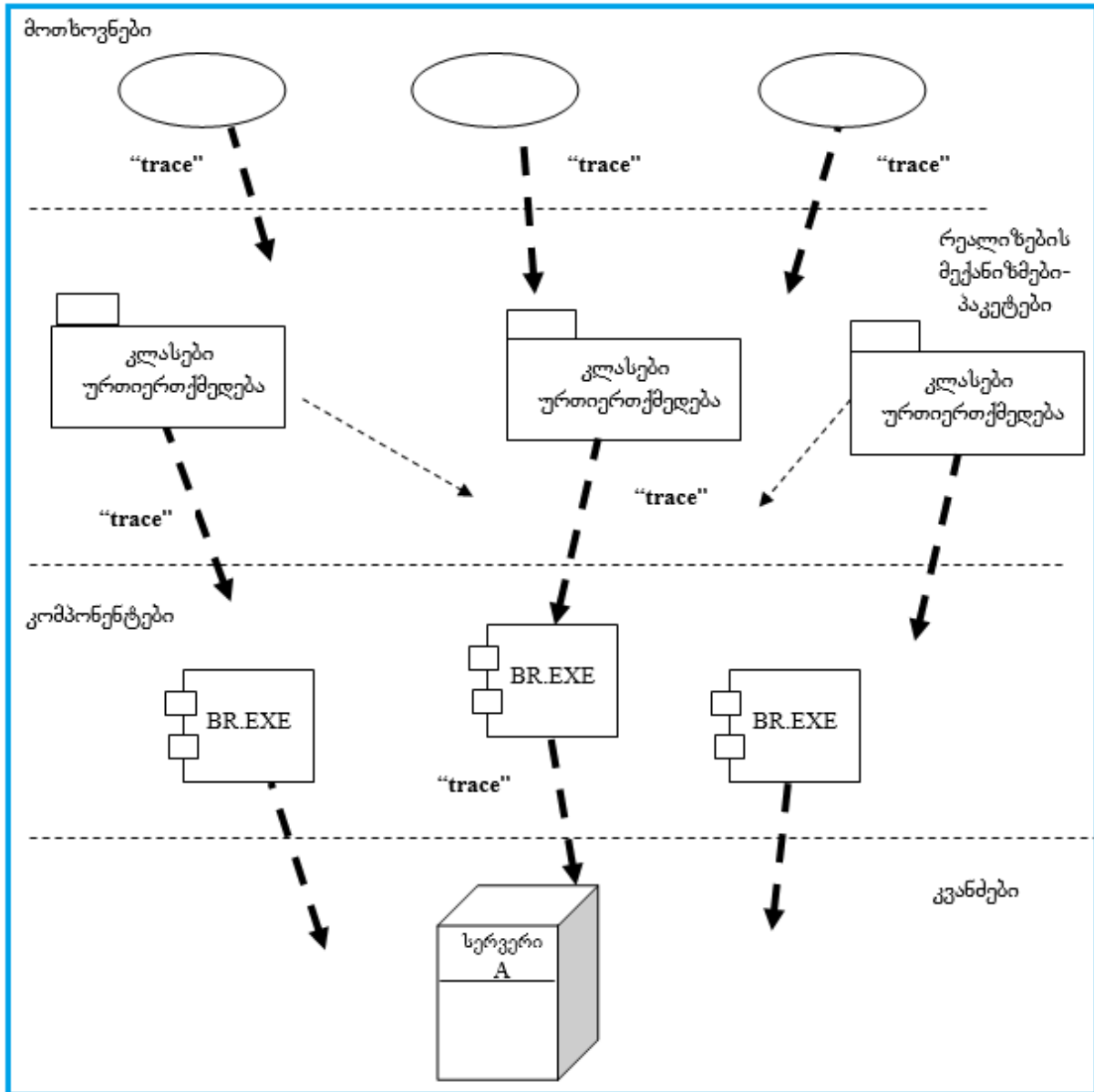
ყოველი მოთხოვნის რეალიზებაში მოწილეობს კლასების გარკვეული ჯგუფი. დიდი სისტემებისთვის კლასების რაოდენობა საკმაოდ ბევრია, მათი ორგანიზებისათვის იყენებენ პაკეტებს. მოვახდინოთ ერთ კოორპერაციაში მონაწილე კლასების დაჯგუფება პაკეტში. ყოველი პაკეტისათვის განვსაზღვროთ, რომელი ელემენტები უნდა იყოს გარედან მისაწვდომი. მოვნიშნოთ ისინი როგორც ღია, ხოლო დანარჩენი – როგორც დაცულები ან დახურული. შევაერთოთ პაკეტები იმპორტის მიმართებით იმ პაკეტებთან, რომლებსგანაც ისინი არის დამოკიდებული.

პაკეტების დიაგრამა საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მოდელის შეცვლა ლოგიკურ დონეზე. გამოვავლინოთ ის კლასები და მათ შორის ურთიერთქმედება, რომლებიც უნდა შეიცვალოს. იმისათვის, რომ მოვახდინოთ ფიზიკურად შესაბამისი კომპონენტების შეცვლა, უნდა ვიცოდეთ გამოვლენილი კლასების მარეალიზებელი კომპონენტების განლაგება კვანძებზე. ამისათვის უნდა ვიცოდეთ კავშირი სისტემის ცალკეულ მოდელებს შორის დაწყებული მოთხოვნიდან, დამთავრებული მისი რეალიზებით.

კონცეპტუალური კავშირების მოდელირება ელემენტებს შორის, რომლებიც სხვადასხვა მოდელებშია, შეიძლება განხორციელდეს ტრასირების დამოკიდებულებით. ტრასირება სტერეოტიპული დამოკიდებულებაა. ხშირად ყურადღებას არ აქცევენ ასეთი დამოკიდებულების მიმართულებას, თუმცა ჩვეულებრივ ისარი მიუთითებს უფრო ადრეულ ობიექტს. უფრო ხშირად ტრასირების მიმართება გამოიყენება იმისათვის, რომ უჩვენონ გზა მოთხოვნიდან რეალიზაციამდე (იხ.ნახ.1).

როგორც ნახაზიდან ჩანს მოდელში პრეცედენტები ტრასირდება მოდელის კოორპერაციებთან, რომლებიც ორგანიზებულია პაკეტებში და აერთიანებს კლასებს, რომლებიც ერთობლივად ფუნქციონირებს მოცემული კოორპერაციის განსახორციელებლად.

კლასები თავის მხრივ ტრასირდება კომპონენტებზე, რომლებიც ახდენს კლასების რეალიზებას ფიზიკურად. ბოლოს, მოდელის კომპონენტები ტრასირდება კვანძებზე, რომლებზეც განლაგებულია კომპონენტები რეალიზაციის მოდელიდან.



ნახ.1

### 3. დასკვნა

სისტემის ადაპტაციის მოყვანილი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს საგრძნობლად შევამციროთ შესაცვლელი მოდელებისა და მათი რეალიზებადი კომპონენტების გამოვლენის პროცესი. დადგენილი კომპონენტების შეცვლით ან კორექტირებით აღვადგინოთ მოდელისა და საპრობლემო გარემოს შესაბამისობა.

### ლიტერატურა:

1. სუხიაშვილი თ. (2013). პროგრამული სისტემის დამუშავების CASE საშუალებები. სტუ. თბ., [http://gtu.ge/Learning/ElBooks/ims\\_books.php](http://gtu.ge/Learning/ElBooks/ims_books.php)
2. სუხიაშვილი თ. (2007). რეალიზების მექანიზმების მოდელირება ობიექტ-ორიენტირებული პროექტირებისას. სტუ-ს შრ.კრებ. # 1(2), გვ. 115-118.
3. Фаулер М., Скотт К. (2002). UML. Основы. –Пер. с англ. –СПб: Символ-Плюс.

## DEVELOPMENT MEANS OF ADAPTATION AT OBJECT-ORIENTED DESIGN

Sukhiashvili Teimuraz  
Georgian Technical University

### Summary

By Essential feature of organizational control systems dynamism, evolutionary progress is. The structure of object, function of elements containing it eventually changes. Variation the problem environment causes an indispensability to change developed programную system. To avoid labour expenses repeatedly structures connected on studying and behaviour, on communication and expansions representing operating system, it is necessary to consider a possibility variation models at a design stage and realization. In article development of means of adaptation of system is considered at object-oriented design by construction the diagram packages and by an establishment of the attitude traces between models of different levels.

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АДАПТАЦИИ ПРИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Сухиаშვილი Т.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

Существенной особенностью организационных систем управления является динамичность, эволюционное развитие. С течением времени изменяется структура объекта, функции содержащих его элементов. Изменение проблемной среды обуславливает необходимость изменить разработанную программную систему. Для того, чтобы избежать трудовые затраты повторно, связанные на изучение структуры и поведения, на связи и развертывания изображающих действующую систему, необходимо учитывать возможность изменения моделей на этапе проектирования и реализации. В статье рассматривается разработка средств адаптации системы при объектно-ориентированном проектировании построением диаграммы пакетов и установлением отношения трассировки между моделями разных уровней.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Семён Почовян

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассмотрены вопросы информатизации для развития бизнеса, основные направления использования информационных технологий при ведении бизнеса. Описаны основные факторы и процесс принятия управленческих решений при организации бизнес-системы фирмы; основные задачи решаемые фирмой для выработки управленческих решений; основные уровни принятия управленческих решений в процессе функционирования информационной технологии; основные вопросы обеспечения безопасности разработки и использования автоматизированной информационной системы.

**Ключевые слова:** Информационные технологии. Бизнес-процесс. Бизнес-система. Принятие управленческих решений.

### 1. Введение

В развитии бизнеса большую роль играет его информатизация. В конкурентной борьбе решающее значение приобретают вопросы управления информационными потоками. Предприниматели отбирают из множества потоков информации то, что соответствует их целям и способствует реализации планам. Предприниматели должны поставить задачу, установить обратную связь, изменять условия, получить варианты решений, оценить эффективность полученных решений, выбрать оптимальный вариант и реализовать его. Таким образом, информатизация обеспечивает интеграцию профессиональной и информационной деятельности при ведении бизнеса. Информационное пространство бизнеса включает: экономическую, финансовую, биржевую, коммерческую, юридическую и статистическую информацию.

### 2. Основная часть

Информационные технологии при ведении бизнеса используются при составлении документации, визуализации производственного процесса, принятии управленческих решений, мониторинге и контроле. Это позволяет получать информацию о времени начала и окончания работ, производственном периоде, отклонениях, причинах возникновения проблем, сборе, обработке, хранении и использовании информации внешней среды и т. д. Необходимо выделять следующие области изменений в деловой среде, на которые должны реагировать предприниматели, используя изменения как источник достижения успехов фирм и организаций: научно-технические; несоответствие прогнозируемых событий реальной ситуации; внутренние потребности; внешняя среда. Это способствовало эффективному использованию информационных технологий в управленческих и производственных процессах фирмы (организации) [1-3].

Изменения в предпринимательстве реализуются через инновации, то есть через коммерческое использование экономических и технических новшеств, включая информационные технологии. Основной проблемой бизнеса является решение вопроса о том, где и как сосредоточить производственные ресурсы. Владение необходимой информацией помогает сконцентрировать ресурсы в нужном месте и в нужное время. Таким образом, информация и знания являются основными стратегическими ресурсами бизнеса.

Под бизнес-процессом понимают логически взаимосвязанные действия, при которых ресурсы фирмы (организации) используются для создания или получения необходимого для потребителя продукта или услуги в фиксированный промежуток времени. В условиях рынка успех фирмы (организации) зависит от принятия стратегий, отличающихся организационными возможностями, позволяющие фирме (организации): реагировать на изменение потребительских предпочтений и внешней конкурентной среды; выполнять заказы; оперативно реагировать на развитие конкуренции; развивать инновационный процесс; оперативно внедрять новые технологии и т.д.

Бизнес-система представляется как организация различных типов и сфер деятельности фирмы (организации), в которой экономические ресурсы посредством различных организационных, технических и социальных процессов преобразуются в товары и услуги. В процессе деятельности бизнес-системы на

неё влияют факторы внешней среды (конкуренты, заказчики, поставщики, партнёры, банки и т.д.) и внутренние факторы, которые в основном являются результатом принятия управленческого решения.

Результатом применения новых информационных технологий является предоставление пользователю интересующих его данных в виде информационных услуг на базе информационных продуктов. Необходимо продвижение информационных продуктов и услуг на рынок, проведение специальных маркетинговых мероприятий, то есть. развития информационного маркетинга. Основными методами продвижения информационных услуг на рынок являются: рекламная деятельность; распространение справочных материалов; консультирование пользователей и т.д. [1-3].

Цель и характер деятельности фирмы (организации) определяют её информационную систему и автоматизацию информационной технологии, а также вид информационного продукта, на основе которого принимается оптимальное управленческое решение. Эффективность принятия управленческих решений в условиях функционирования информационных технологий в фирме (организации) обусловлена использованием разнообразных инструментов анализа финансово-хозяйственной деятельности фирмы (организации). Выделяют четыре круга задач, решаемые фирмой (организацией):

1. Первый круг задач ориентирован на предоставление экономической информации внешним пользователям (инвесторам, налоговым службам и т.д.). В данном случае для анализа используются показатели, получаемые на основе данных бухгалтерской и статистической отчетности, а также других источников информации;

2. Второй круг задач связан с задачами анализа, предназначенными для выработки стратегических управленческих решений развития бизнеса, на основе показателей информационной базы данных, характеризующих основные тенденции развития фирмы (организации) [4];

3. Третий круг задач связан с задачами анализа, предназначенными для выработки тактических решений, на основе показателей информационной базы данных, характеризующих различные стороны функционирования фирмы (организации) [4];

4. Четвертый круг задач связан с задачами оперативного управления фирмой (организацией) в соответствии с функциональными подсистемами фирмы (организации), а также внешней среды.

Основными функциями управленческого персонала фирмы (организации) являются анализ ситуаций в фирме (организации) и внешней среде и принятие решений по стратегическому и тактическому планированию её деятельности. Реализация плановых задач принятия решений осуществляется на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях. Каждый из этих уровней требует определённой информационной поддержки, которая реализуется на базе информационной технологии. В соответствии с уровнями принятия решений в функционировании информационной технологии выделяют: 1) стратегическое (долгосрочное) планирование, 2) тактическое (среднесрочное) планирование и 3) оперативное регулирование деятельности фирмы (организации):

1. На стратегическом уровне принимаются стратегические решения, оценивается степень достижения стратегических целей фирмы (организации) и прогнозируется деятельность фирмы (организации) на перспективу. Это достигается использованием информационной технологии, обеспечивающей определение текущего состояния фирмы (организации), внешней среды и их взаимосвязи, за счёт получения, обработки и хранения информации [2].

Основными целями стратегического уровня управления являются: определение системы приоритетов развития фирмы (организации); оценка перспективных направлений развития фирмы (организации); выбор и оценка необходимых ресурсов для достижения поставленных целей.

2. Тактический уровень принятия решений основан на автоматизированной обработке данных и решения задач фирмы (организации) (например, принятие решения об инвестициях и т.д.). Для принятия тактических решений информационная технология должна обеспечить решение тактического плана за месяц, квартал и год, мониторинг, контроль, принятие решений и администрирование. Это достигается использованием информационной технологии, обеспечивающей сравнение текущих показателей с прошлыми, составление периодических отчетов, принятие тактических управленческих решений в режиме реального времени обработки информации. Для поддержки принятия тактического решения в



информационной технологии фирмы используются такие инструментальные средства, как базы данных, системы обработки знаний, системы поддержки принятия решений и т.д. [2,4].

К числу основных целей тактического уровня руководства относятся: обеспечение устойчивого функционирования фирмы (организации); создание потенциала для развития фирмы (организации); создание и корректировка планов работ и графиков реализации заказов на основе накопленного в процессе развития фирмы (организации) потенциала.

3. Оперативный уровень принятия решений является основой автоматизированной информационной технологии. На этом уровне решаются функциональные задачи фирмы. Оперативное управление обеспечивает достижение целей, которые сформулированы на стратегическом уровне, за счёт использования информационной технологии определённого на тактическом уровне. Информационная технология на оперативном уровне обеспечивает принятие ежедневных оперативных управленческих решений на основе информации о текущем состоянии фирмы. Таким образом, информационная технология, поддерживающая управление на оперативном уровне, является связующим звеном между фирмой (организацией) и внешней средой [2]. Кроме того, через оперативный уровень поставляется информация о состоянии фирмы (организации) и внешней среды на другие уровни управления. Оперативное управление обеспечивает получение прибыли фирмы (организации) за счёт реализации запланированных работ, анализ отклонений от запланированных работ, а также выработку и реализацию решений по устранению выявленных отклонений в режиме реального времени обработки информации.

Поэтому вопросы разработки информационного обеспечения системы управления являются основными для эффективного функционирования фирмы (организации). В процессе принятия управленческих решений, необходимо обеспечить безопасность обработки и хранения информации в системе.

Возникают проблемы безопасности разработки и использования АСУ в фирме (организации). Автоматизированная информационная система управления характеризуется многоуровневой иерархией с вертикально подчинёнными подсистемами. Иерархическая структура обеспечивает гибкость системы управления, приспособление к изменяющимся условиям функционирования системы, упорядочение потоков информации, а также повышение надёжности функционирования системы. Разработка автоматизированной информационной системы обеспечивает необходимое качество управления и эффективность функционирования фирмы, за счёт выработки оперативных управленческих решений и использования достоверных данных информационной базы данных.

Для эффективной деятельности фирмы (организации) необходимо обеспечить:

- Своевременный доступ сотрудников к необходимой достоверной информации, установленных правил работы с информацией и защиту от недостоверной информации;
- Конфиденциальность информации, с определением перечня сотрудников фирмы (организаций), а также других фирм (организаций), имеющих доступ к информации в базах данных [5];
- Достоверность (то есть: точность, целостность и полнота) информации;
- Защиту информации в базах данных. Безопасность базы данных заключается в защите базы данных от несанкционированного доступа со стороны пользователей (конкурентов, банков и т.д.). Для этого необходимо использовать систему безопасности информации в базах данных системы [5].
- Управление и контроль процессами обработки и передачи информации.

### 3. Заключение

Процесс принятия управленческих решений рассматривается как основной вид управленческой деятельности, то есть как совокупность взаимосвязанных, целенаправленных и последовательных управленческих действий, обеспечивающих реализацию управленческих задач фирмы (организации). Информационные технологии изменяют возможности предпринимателя, обеспечивают оперативный и эффективный поиск изменений, делают его систематическим и целенаправленным, что способствует быстрому реагированию на изменения и принятию эффективных управленческих решений.

**Литერატურა:**

1. გაბედავა ო., პოჩოვიანი ს., გაბედავა ნ. (2014). ინფორმაციული ტექნოლოგიების და ვირტუალური მარკეტინგის გამოყენება ფირმაში. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“, №1(17), თბ., გვ. 72-75.
2. Почовян С.М., Габедава О.В., Габедава Н.О. (2014). Использование современных автоматизированных информационных технологий в фирмах. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“, №1(17), თბ., გვ. 76-79.
3. Почовян С.М., Габедава О.В. (2014). Использование современных информационных технологий в автоматизированной информационной системе управления маркетингом. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“, №2(18), თბ., გვ. 96-99.
4. Почовян С.М., Майсурадзе Г.Р. (2009). Проектирование баз данных. სტუ, „ტექ.უნი.“, თბ.
5. Габედავა О.В., Почовян С.М. (2010). Серверные технологий. სტუ, „ტექ.უნი.“, თბ.

**მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში  
ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება**

სიმონ პოჩოვიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

განხილულია ბიზნესის განვითარებისათვის ინფორმატიზაციის საკითხები, ბიზნესის კეთებისას ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ძირითადი მიმართულებები. აღწერილია ფირმის ბიზნესის სისტემის ორგანიზებისას მოქმედი ძირითადი ფაქტორები და მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესი; ამ დროს წამოჭრილი უმთავრესი ამოცანები; საინფორმაციო ტექნოლოგიების ფუნქციონირების პროცესში მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების ძირითადი დონეები; ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემის დამუშავებისა და გამოყენებისათვის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი საკითხები.

**USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN MANAGEMENT  
DECISION-MAKING PROCESSES**

Pochovyan Simon

Georgian Technical University

**Summary**

Considered: issues of information for business development, the main directions of the use of information technology in business. Describes: the main factors and the process of management decision making in the organization of the company business systems; basic problems solved by the company for the development of administrative decisions; basic levels of management decision-making in the operation of information technology; the main security issues of development and use of an automated information system.

## მონიტორების სერტიფიკაციის სტანდარტები

მედია ბალიაშვილი, ალექსანდრე ბენაშვილი,  
გიორგი ბენაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია სტანდარტები, რომლებშიც რეგლამენტირებულია მოთხოვნები მონიტორების უსაფრთხოების, ენერგომომხმარების და ერგონომიულობის შესახებ. კერძოდ წარმოდგენილია TCO'92, TCO'95, TCO'99, TCO'03 და MPR, რომლებიც ადგენს მონიტორის ტექნიკური პარამეტრების მინიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობებს. მოცემულია მონიტორის ენერგომომხმარების მართვის სისტემის სპეციფიკაცია Energy Star და ამ სტანდარტისადმი შესაბამისობაზე სერტიფიცირების სხვადასხვა ვერსიები. ნაჩვენებია მოხმარებული სიმძლავრის ეფექტურობის მიხედვით დადგენილი ცხრა კლასის შესაბამისად მოლოდინის რეჟიმში სიმძლავრეების მნიშვნელობები. წარმოდგენილია ინფორმაცია ენერგომომხმარების კლასის ლეიბლების ექვსვარსკვლავიანი და ათვარსკვლავიანი ვერსიების შესახებ, რომელიც მოქმედებს ავსტრალიასა და ახალ ზელანდიაში.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპიუტერი. მონიტორი. სერტიფიკაციის სტანდარტები.

### 1. შესავალი

ადამიანის ცხოვრებაში დიდი ადგილი უკავია სხვადასხვა ტიპის მონიტორების გამოყენებას. დღესდღეობით უმეტესად თხევადკრისტალური მონიტორები გამოიყენება, რომელთა ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლებია [1]:

- გარჩევადობა – ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ზომები, რომლებიც პიქსელებში გამოისახება. ელექტრონულ-სხივური მილაკიანი მონიტორებისგან განსხვავებით, თხევადკრისტალურ მონიტორებს მხოლოდ ერთი, „მშობლიური“ გარჩევადობა გააჩნია. დანარჩენი მნიშვნელობები ინტერპოლაციის გზით მიიღწევა;

- პიქსელის ზომა – მეზობელი პიქსელების ცენტრებს შორის მანძილი. უშუალოდ უკავშირდება ფიზიკურ გარჩევადობას;

- ეკრანის ზომების შეფარდება (ფორმატი) – სიგანის სიმაღლესთან შეფარდება, მაგალითად 5:4, 4:3, 5:3, 8:5, 16:9;

- ხედვადი დიაგონალი – თავად პანელის ზომა, რომელიც დიაგონალზე იზომება;

- კონტრასტულობა – სხვაობა ყველაზე ნათელი და ყველაზე მუქი წერტილების სიკაშკაშეებს შორის;

- სიკაშკაშე – შუქის რაოდენობა, რომელიც დისპლეის მიერ გამოიყოფა. ჩვეულებრივ იზომება კანდელებში კვადრატულ მეტრზე;

- გადართვის დრო – მინიმალური დრო, რომელიც სჭირდება პიქსელს სიკაშკაშის შეცვლისთვის;

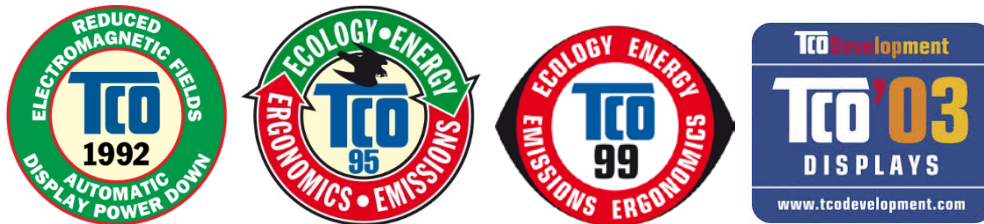
- ხედვის კუთხე – კუთხე, რომლის შემთხვევაშიც კონტრასტის შემცირება გარკვეულ მნიშვნელობას აღწევს;

- მატრიცის ტიპი – ტექნოლოგია, რომლის მიხედვითაცაა დამზადებული თხევადკრისტალური მატრიცა.

იმისთვის, რომ ელექტრომაგნიტურმა გამოსხივებამ, რომლის წყაროც შესაძლოა გახდეს აღნიშნული პროდუქტი, უარყოფითი გავლენა არ მოახდინოს ადამიანის ორგანიზმზე და ზოგადად, ჯანმრთელობისათვის რისკის შესამცირებლად, შეიქმნა სხვადასხვა სტანდარტები და რეკომენდაციები [2,3].

TCO პროფესიული მუშაკების შვედური კონფედერაციის (The Swedish Confederation of Professional Employees) ეგიდით შემუშავებული ნებაყოფლობითი სტანდარტების ჯგუფია, რომელიც აწესებს მოთხოვნებს მონიტორების უსაფრთხოებასა და ერგონომიულობაზე. ასევე შვედეთშია შემუშავებული სტანდარტი MPR II, რომელიც ელექტრომაგნიტური რადიაციის ემისიას კომპიუტერის მონიტორიდან 0,5 მ-ის დაშორებით ზღუდავს 250 ნანოტესლამდე.

TCO-ს სტანდარტების მიზანია მომხმარებლისთვის უსაფრთხო სამუშაო პირობების უზრუნველყოფა. TCO-ს სტანდარტების არსი მდგომარეობს არა მარტო სხვადასხვა ტიპის გამოსხივებების დასაშვები მნიშვნელობების, არამედ მონიტორის ტექნიკური პარამეტრების მინიმალური დასაშვები მნიშვნელობების განსაზღვრაში. ასეთებია, მაგალითად, გარჩევადობა, სიმკვეთრის მარაგი, ენერგომომხმარება, ლუმინოფორის ნათების ინტენსივობა და სხვა. ძირითადი სტანდარტებია: TCO'92, TCO'95, TCO'99 და TCO'03 (ციფრებით აღნიშნულია სტანდარტის რეგისტრაციის წელი). აღნიშნული სტანდარტების ლოგოტიპები ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. TCO სტანდარტების ლოგოტიპები

MPRII სტანდარტის შესაბამისობაზე ტესტირებისას ყველა გაზომვა ტარდება მონიტორიდან 50 სმ-ის დაშორებით. TCO სტანდარტებისადმი შესაბამისობაზე ტესტირებისას გაზომვები ტარდება ეკრანის პირისპირ 30 სმ-ის და მონიტორის გარშემო 50 სმ-ის დაშორებით. შესაბამისად, TCO-ს შესაბამისობაზე სერტიფიცირება უფრო მკაცრია.

**სტანდარტი TCO'92** განსაზღვრავს მონიტორის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობას და აგრეთვე მონიტორის ენერგომომარაგების სტანდარტს. TCO'92 შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს სახანძრო და ელექტრო უსაფრთხოებაზე (EN 60950. Safety of Information Technology Equipment).

**სტანდარტი TCO'95** ეხება ერგონომიკულ თვისებებს, გამოსხივებას, ხმაურის დონეს, თბურ რეჟიმს, ენერგომომარაგებას და ეკოლოგიას. TCO'95-ის მოთხოვნები მონიტორის ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისადმი არ არის უფრო მკაცრი TCO'92-თან შედარებით.

**სტანდარტი TCO'99** გამკაცრებულ მოთხოვნებს აწესებს TCO'95-თან შედარებით, კერძოდ, ეს სფეროებია: ერგონომიკა (ფიზიკური, ვიზუალური და გამოყენების თვალსაზრისით მოხერხებულობა), ენერგომომხმარება, გამოსხივება, გარემო და ეკოლოგია, აგრეთვე სახანძრო და ელექტრული უსაფრთხოება.

ეკოლოგიური მოთხოვნები მოიცავს შეზღუდვებს მასალების გამოყენების თვალსაზრისით. კერძოდ, მასალის შემცველობაში არ უნდა იყოს მძიმე ლითონები, ბრომინატები და ქლორინატები, ფრენი და ქლორირებული ნივთიერებები. ნებისმიერი პროდუქტი უნდა ექვემდებარებოდეს გადამუშავებას, ხოლო მწარმოებელი მოვალეა გააჩნდეს შემუშავებული პოლიტიკა უტილიზაციისათვის, რომელიც უნდა შესრულდეს ყველა ქვეყანაში, რომელშიც კომპანია მოქმედებს.

ენერჯის დაზოგვის თვალსაზრისით აუცილებლადია მიჩნეული, რომ მონიტორი გარკვეული დროის განმავლობაში უმოქმედობისას ამცირებდეს ენერგომომხრების დონეს. ამავე დროს, ენერგომომხრების მუშა რეჟიმამდე აღდგენის პერიოდი ხელსაყრელი უნდა იყოს მომხმარებლისათვის.

**სტანდარტი TCO'03** ბევრ შემთხვევაში იმეორებს TCO'99-ის მოთხოვნებს, მაგალითად, მონიტორებთან დაკავშირებით გამკაცრებულია მოთხოვნები ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით, რეგლამენტირებულია მოთხოვნები დიზაინისადმი. მაგალითად, სტანდარტის შესაბამისად შესაძლებელია ფერადი კორპუსის მქონე მონიტორის წარმოება, მაგრამ მკვეთრად განსაზღვრულია კორპუსის ამრეკლი შესაძლებლობის ერგონომიკულად დასაშვები სიდიდე. დატოვებულია შეზღუდვები შავი და ამრეკლი ვერცხლისფერისადმი, მათი ერგონომიკული თვისებების გამო.

მნიშვნელოვანი განსხვავებებია:

- გამკაცრებულია მოთხოვნები ეკრანის გარჩევადობისადმი, რომლის აღქმა შესაძლებელია ხედვის გარკვეული კუთხით 50 სმ მანძილიდან (მიესადაგება LCD მონიტორებს);
- გამკაცრებულია მოთხოვნები მინიმალური სიკაშკაშისადმი (LCD და CRT მონიტორებისათვის) და სიკაშკაშის ცვლილებისადმი ეკრანის სხვადასხვა მდებარეობისას (მხოლოდ LCD-სათვის);
- შემოტანილია მოთხოვნები ფერის ტემპერატურის წინასწარ დაყენებული და მომხმარებლის მიერ განსაზღვრული მნიშვნელობის რეგულირების შესაძლებლობისადმი (მხოლოდ LCD-სათვის). ფერის ტემპერატურა (სპექტროფოტომეტრული ან კოლორიმეტრული ტემპერატურა) – სინათლის წყაროს გამოსხივების ინტენსიურობის ცვლილების მახასიათებელია, რომელიც ოპტიკურ დიაპაზონში ტალღის სიგრძის ფუნქციას და იზომება კელვინებში;
- გამკაცრებულია მოთხოვნები ფერის თანაბრობისადმი მხედველობის კუთხის და ეკრანის უბნისაგან დაცილების გათვალისწინებით (მხოლოდ LCD მონიტორებისათვის);
- შემოტანილია მოთხოვნები მონიტორის დახრის კუთხისადმი (LCD და CRT) და მონიტორის სიმაღლის რეგულირებისადმი (მიესადაგება მხოლოდ LCD-ს);
- დადგენილია, რომ მონიტორი და მისი აქსესუარები (კაბელები და სხვ.) არ უნდა შეიცავდეს კადმიუმსა და ვერცხლისწყალს;
- დადგენილია, რომ მონიტორის გარე აქსესუარები (კაბელები, ვიდეოადაპტერი და სხვ.), აგრეთვე გამოყენებული პლასტიკი და დანაფარი (ლაქი და საღებავი) არ უნდა შეიცავდეს ტყვიას (LCD და CRT მონიტორებისათვის);
- გამკაცრებულია მოთხოვნები კადრების გაშლის მინიმალური სიხშირისადმი (მიესადაგება მხოლოდ CRT მონიტორებს).



ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია Energy Star – ენერგომომხარების მართვის სისტემის შესაბამისობაზე სერტიფიცირება, რომლის დასტურია Energy Star ლოგოტიპით პროდუქტის მარკირება (იხ. ნახ.2) [4].



ნახ.2

ევროკავშირში მოქმედებს დირექტივები, რომლებიც ავალდებულებს მონიტორების მწარმოებლებს მიუთითონ ენერგოეფექტურობის კლასი თითოეულ ნაკეთობაზე. ენერგეტიკის სფეროში ევროკავშირის კომისიის დირექტივების EC (92/75/CEE, 94/2/CE, 95/12/CE, 96/89/CE, 2003/66/CE და სხვ. თანახმად პროდუქტს უნდა გააჩნდეს EC-DIRECTIVE 2009/125/EC-ის დირექტივის შესაბამისი ეტიკეტი, რომელიც განსაზღვრავს მის ძირითად სამომხმარებლო თვისებებს.

Energy Star სტანდარტის შემოღების საწყის ეტაპზე მწარმოებელს შეეძლო დამოუკიდებლად განესაზღვრა საკუთარი პროდუქტის ენერგოეფექტურობის დონე და თავისი შეხედულებისამებრ განეთავსებინა მის კორპუსზე სერტიფიკაციის ნიშანი. 2011 წლიდან ძალაში შევიდა სტანდარტის ახალი რედაქცია, რომლის შესაბამისად დასახელება „ენერგოეფექტურის“ მისაღებად პროდუქტმა უნდა გაიაროს შემოწმების პროცედურა სერტიფიკაციის სფეროში აკრედიტებულ ორგანოში ან სპეციალურ ლაბორატორიაში, რაც ამცირებს მომხმარებლის შეცდომაში შეყვანის შესაძლებლობას.

Energy Star ლოგოტიპი აღნიშნავს:

- პროდუქტის ენერგომომხარება ანალოგთან შედარებით შემცირებულია 20-30 %-ით;
- პროდუქტის წარმოებისას გათვალისწინებულია ეკოლოგიური მოთხოვნები;
- პროდუქტის მწარმოებელს გათვალისწინებული აქვს მისი სოციალური პასუხისმგებლობა მომხმარებლის მიმართ;
- ამ პროდუქტის შემქნით მომხმარებელს შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს ენერგომომხარების და სათბური აირების დონის შემცირების პროგრამაში.

2009 წელს Energy Star საერთაშორისო სტანდარტის ჩარჩოში შემუშავდა Office Equipment სპეციფიკაცია, რომლის მიხედვითაც საოფისე ტექნიკა და მათ შორის მონიტორი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- უქმად ყოფნის შემთხვევაში ავტომატურად გადავიდეს ლოდინის რეჟიმში, რომელიც ამცირებს ენერგომომხარებას;
- არ გადააჭარბოს ენერგომომხარების სტანდარტულ ზღვარს.



ნახ.3

მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია ლოგოტიპი Energy Star – მონიტორის ენერგომომხარების მართვის სისტემის სპეციფიკაცია. მონიტორზე Energy Star ლოგოტიპის არსებობა ნიშნავს, რომ მეწარმემ დაპროექტებისას გაითვალისწინა მოთხოვნები ენერგომომხარების კუთხით. აღნიშნული სპეციფიკაცია საშუალებას

იძლევა სისტემის ენერგომომხარება უმოქმედობის რეჟიმში შემცირდეს 60-80%-ით. იგი ემყარება გარემოს დაცვის ორგანიზაცია EPA (Environmental Protection Agency)-ს სპეციფიკაციებს.

საერთაშორისო სტანდარტის Energy Star-ის რედაქტირება ხდება დაახლოებით 2 წელიწადში ერთხელ, ამასთანავე ორიენტირება ხდება ბაზარზე წარმოდგენილ ყველაზე მაღალმწარმოებლურ ტექნიკაზე.

**Energy Star 3.0** რედაქცია მიღებულია 2000 წელს და კომპიუტერებისაგან მოითხოვს Sleep („დაძინების“) რეჟიმის არსებობას, რომლის დროსაც ენერგომოხმარება არ უნდა აღემატებოდეს პიკური მოხმარების 30%-ზე მეტს;

**Energy Star 4.0** სტანდარტი შემოღებულია 2007 წელს.

**Energy Star 5.0** ვერსია შემოღებულია 2012 წელს. სტანდარტის მოთხოვნით 50-დუმიანი მონიტორების მოდელები უნდა მოიხმარდეს არაუმეტეს 108 ვატს.

**Energy Star 6.0** ვერსია შემოღებულია 2013 წელს. მოლოდინის რეჟიმში მოხმარებული სიმძლავრის ეფექტურობის მიხედვით დადგენილია ცხრა კლასი A++ (მაქსიმალური ეფექტურობა) - G კლასი (მინიმალური ეფექტურობა) დიაპაზონში (ცხრილი 1).

ცხრ.1

ენერგოეფექტურობის კლასი	„მოლოდინის“ რეჟიმში მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ	ენერგოეფექტურობის კლასი	„მოლოდინის“ რეჟიმში მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ
A++	$W < 0,5$	D	$8 \leq W < 11$
A+	$0,5 \leq W < 1$	E	$11 \leq W < 13$
A	$1 \leq W < 2$	F	$13 \leq W < 15$
B	$2 \leq W < 5$	G	$W \geq 15$
C	$5 \leq W < 8$		

მოხმარებლის ინფორმირების მიზნით თითოეულ მონიტორზე ამაგრებენ ან დოკუმენტაციაში უთითებენ ეტიკეტს, რომელზეც შესაბამისი კლასი აღნიშნულია ასონიშნით (A-დან G-მდე) და გარკვეული ფერით. ასონიშნის გამოისახება ფონზე, რომელიც იწყება მწვანე ფერით და მთავრდება წითლით. ცხადია, ყველაზე მუქი მწვანე შეფერილობა ენერგოეფექტურობის ყველაზე მაღალ კლასს შეესაბამება.

კომპიუტერის მონიტორისათვის ენერგოეფექტურობის მახასიათებლები შემდეგია:

- მუშა რეჟიმის ხვედრითი ხვედრითი სიმძლავრე, ვტ/სმ<sup>2</sup> გამოითვლება ფორმულით  $W_{bg} = W / S$

სადაც  $W$  - მუშა რეჟიმში მონიტორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა, ვტ,

$S$  - მონიტორის ხილული ნაწილის ფართობი, სმ<sup>2</sup>;

- მოლოდინის რეჟიმში მონიტორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ;
- გამორთვის რეჟიმში მონიტორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ.

ავსტრალიასა და ახალ ზელანდიაში ენერგომოხმარების კლასის ლეიბლით მარკირება გამოიყენება. ენერგომოხმარების კლასის ექვსვარსკვლავიანი და ათვარსკვლავიანი ვერსიების ლეიბლებიდან (ნახ.4) ჩანს, რომ რაც მეტია ვარსკვლავების რაოდენობა, მით მეტია ენერგოეფექტურობა (იხ. წარწერა - The more stars, the more energy efficient).

აქვე მითითებულია ენერგომოხმარების შესაბამისი რიცხვი, მაგალითად, 172 კვტ.სთ/წელიწადში.

ენერგომოხმარების კლასის ლეიბლზე მითითებული მოხმარებული ენერგიის გამოთვლა ხდება შემდეგი დაშვებების გამოყენებით:

ტელევიზორისა და კომპიუტერის მონიტორისათვის - დღე-ღამეში 10 საათი მუშაობის რეჟიმს პლუს 14 საათი მოლოდინის (Standby) რეჟიმში.



ნახ.4



ნახ.4

მოხმარებული სიმძლავრე 150 ვტ-ის ნაცვლად 30 ვტ-ია.

#### ლიტერატურა:

1. ბენაშვილი ა. (2009). კომპიუტერის პერიფერიული მოწყობილობები. II ნაწილი. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი.
2. ბალიაშვილი მ. (2006). პროდუქციისა და მომსახურების მარკირება და სერტიფიკაცია. „ტექნიკური უნივერსიტეტი - ინფორმატიზაციის ცენტრი“, თბილისი.
3. <http://www.epa.gov>. Basic Information about the Integrated Risk Information System
4. <http://www.energystar.gov>. Electronics. Professional Displays. Audio/Video

### STANDARDS OF CERTIFICATION OF DISPLAYS

Baliashvili Medea, Benashvili Alexander, Benashvili Giorgi

Georgian Technical University

#### Summary

The article has informational content. It considers standards including regulated requirements related to safety, power consumption and ergonomics of displays, particularly TCO'92, TCO'95, TCO'03 and MPR. These standards establish minimal permissible values of display's technical parameters. The article considers specification "Energy Star" of management system of display's power consumption and different versions of certification of compliance with this standard. The values of consumed power are shown according to nine classes of efficiency of power consumption in a suspension mode. Information is given about six- and ten-star versions of classes of power consumption. These classes are valid in Australia and New Zealand.

### СТАНДАРТЫ СЕРТИФИКАЦИИ МОНИТОРОВ

Балиашвили М., Бенашвили А., Бенашвили Г.

Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассмотрены стандарты регламентирующие требования безопасности, энергопотребления и эргономичности мониторов. В частности представлены стандарты TCO'92, TCO'95, TCO'99, TCO'03 и MPR, устанавливающие минимально допустимые значения технических параметров мониторов. Задана спецификация системы управления энергопотребления мониторов Energy Star и различные версии сертификации на соответствие данной системе. Рассмотрены значения мощностей в режиме ожидания в соответствии с установленной девяти классной системы эффективности потребляемой мощности. Представлена информация о шести звездочной и десяти звездочной лейблах версии классов энергопотребления, действующих в Австралии и Новой Зеландии.

## კომპიუტერებისთვის სისტემური პლატის და კორპუსის ფორმ-ფაქტორის შერჩევის საკითხისათვის

ალექსანდრე ბენაშვილი, გიორგი ბენაშვილი,  
მედეა ბალიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

ამჟამად კომპიუტერებში სხვადასხვა ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატები გამოიყენება. ATX ფორმ-ფაქტორი რჩება ყველაზე პოპულარულ და რეკომენდირებულ სტანდარტად. BTX ფორმ-ფაქტორს გარკვეული უპირატესობები გააჩნია ATX ფორმ-ფაქტორთან შედარებით, განსაკუთრებით სისტემებში მაღალი ენერგომომხმარებით, თუმცა მისი გამოყენების შემთხვევაში შეიძლება წავაწყდეთ პრობლემებს სისტემის მოდერნიზაციასა და კომპონენტების შეცვლასთან დაკავშირებით.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპიუტერი. სისტემური პლატა. სტანდარტები და ფორმ-ფაქტორები. ATX ფორმ-ფაქტორი. BTX ფორმ-ფაქტორი. ენერგომომხმარება.

### 1. შესავალი

დღესდღეობით კომპიუტერული ტექნიკა გამოიყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის ყველა სფეროში: კავშირგაბმულობაში, აუდიო და ვიდეო ტექნიკაში, ტელევიზიაში და ა.შ. აპარატურული თვალსაზრისით პერსონალური კომპიუტერი წარმოადგენს არა ერთიან მოწყობილობას, არამედ ცალკეული კომპონენტების კრებულს. კომპიუტერების წარმოებისას მოწყობილობების და მათი მახასიათებლების შერჩევა ხდება იმ ამოცანებიდან გამომდინარე, რომელიც კომპიუტერმა მუშაობის პროცესში უნდა შეასრულოს.

კომპიუტერის ერთ-ერთ უმთავრეს კომპონენტი სისტემური პლატაა (system board). მისი მახასიათებლები მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს კომპიუტერის შესაძლებლობებს და მის საერთო წარმადობას [1].

სისტემური პლატის უმთავრესი კონსტრუქციული პარამეტრი ფორმ-ფაქტორია (Form-factor), რომელიც სისტემური პლატების დამზადების დროს გათვალისწინდება. ფორმ-ფაქტორი განსაზღვრავს პლატის ფიზიკურ პარამეტრებს და კორპუსის ტიპს, რომელშიც ის შეიძლება იყოს დაყენებული [2].

თანამედროვე სისტემებში მოხდა IBM PC и XT კომპიუტერებში გამოყენებული ორიგინალური Baby-AT ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატებიდან გადასვლა ATX (Advanced Technology Extended) და BTX (Balanced Technology eXtended) ფორმ-ფაქტორის სისტემურ პლატებზე და მათ მოდიფიკაციებზე [3].

ATX ფორმ-ფაქტორის რამდენიმე ვარიანტი არსებობს, კერძოდ: სრულზომიანი ATX, MicroATX (ATX ფორმ-ფაქტორის შემცირებული ვერსია, რომელიც მცირე ზომის სისტემებში გამოიყენება) და FlexATX (კიდევ უფრო შემცირებულია ვარიანტი, რომელიც უმცირესი ფასის, საბიუჯეტო კატეგორიის სახლის/საოფისე კომპიუტერებში გამოიყენება) [4].

BTX ფორმ-ფაქტორი გულისხმობს სისტემის გაგრილების გაუმჯობესების მიზნით ATX ფორმ-ფაქტორის სისტემურ პლატასთან შედარებით ძირითადი ელემენტების



განლაგების შეცვლას და აგრეთვე სპეციალური თერმული მოდულის გამოყენებას. არსებობს მისი შემცირებული ზომის ვარიანტები - MicroBTX და PicoBTX.

აგრეთვე არსებობს სხვა კომპაქტური ფორმ-ფაქტორებიც - Mini-ITX; Nano-ITX და Pico-ITX, რომლებიც Flex-ATX-ის შემცირებულ ვერსიას წარმოადგენენ.

საშუალო სიმძლავრის სამუშაო სადგურებისთვის და სერვერებისთვის დამუშავებული იქნა WTX ფორმ-ფაქტორი.

იწარმოება არასტანდარტული ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატებიც. ესაა მწარმოებლის პრონციპიალური გადაწყვეტილება, ბაზარზე გამოიტანოს არსებულ პროდუქტებთან არათავსებადი ბრენდი და ექსკლუზიურად აწარმოოს მისთვის საჭირო აქსესუარები. თუმცა არასტანდარტული ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატა კომპიუტერის მოდერნიზაციის ხელისშემშლელი ფაქტორია, ამიტომ უმჯობესია იგი არ გამოვიყენოთ.

სპეციფიკაცია ATX-ს მანამდე ფართოდ გამოყენებულ BabyAT და LPX სტანდარტებთან შედარებით შემდეგი უპირატესობები გააჩნია:

**შეტანა-გამოტანის გასართების (პორტების) ჩაშენებული ორმაგი პანელი** მისი არსებობა გამორიცხავს კაბელების გამოყენებას, რომლებიც AT კონსტრუქციაში სისტემურ პლატაზე განთავსებული გასართების კორპუსის უკანა პანელზე დამონტაჟებულ პორტებთან შეერთებისთვის გამოიყენებოდა.

**გასაღებით აღჭურვილი კვების გასართი**, რომელთანაც კვების ბლოკის შესაბამისი გასართი ადვილად ერთდება და მისი არასწორი შეერთება (და აქედან გამომდინარე, სისტემური პლატის გადაწვა) შეუძლებელია. კვების გასართს გააჩნია კონტაქტები +3,3 ვ ძაბვის მისაწოდებლად, ამიტომ ATX სტანდარტის სისტემური პლატა, BabyAT-გან განსხვავებით, არ საჭიროებს +5ვ/+3,3ვ ძაბვის გარდამქმნელების გამოყენებას, რომლებიც ხშირად გამოდიოდა მწყობრიდან და უარყოფითად მოქმედებდა სისტემური პლატის საიმედოობაზე.

**სისტემური პლატის განსხვავებული განლაგება კორპუსში.** AT-გან განსხვავებით, ATX კონსტრუქციაში პლატა-ადაპტერების შეცვლა შესაძლებელია კომპიუტერის სხვა კომპონენტების მოხსნის გარეშე.

**გადაადგილებული პროცესორი და მეხსიერების მოდულები.** შეცვლილია მათი ადგილმდებარეობა. ისინი მოთავსებულია კვების ბლოკის გვერდით და კვების ბლოკის ფრიალა ჰაერის ნაკადს სწორედ მათკენ მიმართავს, რაც მათ უკეთეს გაგრილებას განაპირობებს. ამას თითქოს უნდა გამოერიცხა პროცესორის საკუთარი ფრიალას გამოყენება. თუმცა თანამედროვე ATX სისტემები უმეტეს შემთხვევაში მაინც საჭიროებს პროცესორის აქტიური თბომრინების გამოყენებას, რადგან თანამედროვე პროცესორები საკმაოდ დიდ სიმძლავრეს მოიხმარს და დიდი სითბოგამოყოფით გამოირჩევა.

**დისკური მოწყობილობების გასართების გაუმჯობესებული განლაგება.** ისინი განთავსებულია არა PCI სლოტების და დამგროვებლების ქვემოთ, არამედ დამგროვებლების გვერდით. ეს შესაძლებლობას იძლევა შემცირდეს სისტემური პლატის დამგროვებლებთან შემაერთებელი კაბელების სიგრძე, ხოლო გასართებთან წვდომისთვის არ არის საჭირო რომელიმე პლატა-ადაპტერის, ან დამგროვებლის მოხსნა.



**გაუმჯობესებელი გაგრძელება.** ATX ორიგინალური სპეციფიკაციის კიდევ ერთი ორიგინალური თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ კვების ბლოკის ფრიალა ჰაერს გარედან კორპუსის შიგნით მიმართავს. ჰაერის უკუნაყადი ქმნის ჰაერის ფორსირების სისტემას და კორპუსის შიგნით იწვევს ჰაერის წნევის გაზრდას, რაც ხელს უშლის კორპუსში ჭუჭყის და მტვერის შეღწევას.

თუმცა შემდგომში ATX სპეციფიკაციის მიხედვით ჰაერის მიმართულების საკითხი გადახედული იქნა და უპირატესობა მიენიჭა ფრიალას, რომელიც ჰაერის გამოდევნაზე მუშაობს, რაც პირიქით, კორპუსში წნევას ამცირებს. მთლიანობაში ჰაერის ფორსირების სისტემა კომპიუტერის გაგრძელების კუთხით ნაკლებად ეფექტურია უარყოფითი წნევის სისტემასთან შედარებით.

ამჟამად ATX სპეციფიკაცია ფაქტიურად ნებისმიერ ჰაერგაცვლით სქემას ითვალისწინებს, თუმცა ATX კვების ბლოკების მწარმოებლების უმეტესობა გვთავაზობს უარყოფითი წნევის კონსტრუქციებს, ანუ კვების ბლოკებს ფრიალებთან კომპლექტში, რომლებიც სისტემიდან ჰაერის გაწოვას ახდენს.

**ღირებულების შემცირება.** ATX კონსტრუქცია არ მოითხოვს გასართებს და კაბელებს გარე პორტების სისტემურ პლატასთან შეერთებისთვის (პორტების პანელი დამონტაჟებულია სისტემურ პლატაზე) და +5ვ/+3,3ვ სტაბილიზატორის გამოყენებას. ATX კონსტრუქციის მიხედვით გამოიყენება კვების მხოლოდ ერთი გასართი. შესაძლებელია დისკური მოწყობილობების კაბელების სიგრძის შემცირება. მთლიანობაში ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს არა მარტო სისტემური პლატის, არამედ მთლიანად კომპიუტერის ღირებულებას, კორპუსის და კვების ბლოკის ჩათვლით.

1-ელ ცხრილში წარმოდგენილია ATX ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატების ზომები. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ წარმოდგენილი ზომები მაქსიმალურია, თუმცა ისინი შეიძლება შემცირდეს. ერთადერთ მოთხოვნას წარმოადგენს სამაგრი ნახვრეტების და გასართების განლაგების სპეციფიკაციასთან შესაბამისობა.

ცხრ.1

ATX ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატების ზომები

ფორმ-ფაქტორი	ზომები, მმ (დიუიმი)	მაქსიმალური ფარ-თობი, სმ <sup>2</sup> (დიუიმი <sup>2</sup> )	გაბარიტების შედარება
ATX	305×244 (12,0×9,6)	743 (115)	-
MicroATX	244×244 (9,6×9,6)	595 (92)	20%-ით ნაკლები
FlexATX	229×191 (9,0×7,5)	435(68)	41%-ით ნაკლები

MiniITX ფორმ-ფაქტორი დამუშავებულია იქნა სპეციალურად დაბალი ენერგომოხმარების პროცესორებისთვის. პერსონალური კომპიუტერის გარდა მისი გამოყენების სფეროა, მაგალითად, სატელევიზიო კომპიუტერული და სათამაშო კონსოლები.

ITX და FlexATX სისტემური პლატების ზომები თითქმის ერთნაირია. სწორედ ამიტომ არ მოხდა ITX სტანდარტის პრაქტიკული რეალიზაცია. ამავე დროს MiniITX სისტემური პლატის ფართობი 34%-ით ნაკლებია FlexATX-თან შედარებით, რამაც მისი ფართო გავრცელება განაპირობა. შესაბამისი კორპუსების უმეტესობას კუბის ფორმა გააჩნია.

რამდენადაც MiniITX პლატები და კორპუსები კომპანიების მცირე რაოდების მიერ იწარმოება, სისტემური კომპონენტების შეცვლის და მოდერნიზაციის შესაძლებლობები საკმაოდ შეზღუდულია. თუმცა ამავე დროს MiniITX სისტემური პლატები ნებისმიერ FlexATX, MicroATX და სრულზომიან ATX ფორმ-ფაქტორის კორპუსებში ყენდება. შესაძლებელია ამ კორპუსებში დამონტაჟებული კვების ბლოკების გამოყენებაც.

რაც შეეხება MiniITX კორპუსებს, მათში შეუძლებელია FlexATX, microATX და სრულზომიანი ATX სისტემური პლატების დაყენება.

ITX ოჯახის ბოლო პროექტებია ულტრაკომპაქტური ფორმ-ფაქტორები - Nano-ITX, Pico-ITX და Mobile-ITX [5]. ისინი განკუთვნილია სისტემებისთვის, რომლებიც განსაკუთრებით მცირე ენერჯიას მოიხმარს. თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ Nano-ITX, Pico-ITX და Mobile-ITX ფორმ-ფაქტორის სისტემური პლატების მოთავსება მხოლოდ საკუთარ კორპუსებშია შესაძლებელი.

მე-2 ცხრილში წარმოდგენილია მცირე ATX ფორმ-ფაქტორების სისტემური პლატების ზომები და შედარებითი ანალიზი.

ცხრ.2

მცირე ATX ფორმ-ფაქტორების სისტემური პლატების  
მახასიათებლები

ფორმ-ფაქტორი	ზომები, მმ (დიუიმი)	მაქსიმალური ფარ-თობი, სმ <sup>2</sup> (დიუიმი <sup>2</sup> )	გაბარიტების შედარება
ITX	215×191 (8,5×7,5)	411 (64)	6%-ით ნაკლები
Mini-ITX	170×170 (6,7×6,7)	290 (45)	34%-ით ნაკლები
Nano-ITX	120×120 (4,7×4,7)	144 (22)	67%-ით ნაკლები
Pico-ITX	100×72 (3,9×2,8)	72 (11)	83%-ით ნაკლები

სისტემური პლატების BTX ფორმ-ფაქტორი დამუშავდა ATX ფორმ-ფაქტორის ჩანაცვლებისთვის. მას უნდა დაეკმაყოფილებინა სულ უფრო მზარდი მოთხოვნები ენერგომოხმარების და გაგრილების მიმართ.

BTX ფორმ-ფაქტორი არ არის ATX ფორმ-ფაქტორის თავსებადი. სრულზომიანი BTX სისტემური პლატა 17%-ით დიდია ATX სისტემურ პლატასთან შედარებით, რაც მასზე მეტი კომპონენტის განლაგების საშუალებას იძლევა. კვების გასართებს ცვლილება არ განუცდია, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნას ATX, TFX, SFX, CFX და LFX სტანდარტის კვების ბლოკები. ბოლო ორი სტანდარტი სპეციალურადაა დამუშავებული კომპაქტური და დაბალპროფილური BTX სისტემებისთვის.

BTX ფორმ-ფაქტორის ძირითადი უპირატესობებია:

- **სისტემური პლატის სიმაღლის შემცირება** (პროცესორზე დაყენებული გაგრილების სისტემის გათვალისწინებით);
- **კომპონენტების ოპტიმიზირებული განლაგება**, რაც ამარტივებს სიგნალების გადაცემას. სიგნალები სისტემური პლატის წინა კიდიდან უკანა კიდისკენ გადაიცემა, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეს სისტემური პლატის კომპონენტებსა და შეტანა-გამოტანის პორტებს შორის;

- **კომპიუტერის ყველა კომპონენტის გაგრილების უზრუნველყოფა.** კორპუსში ჰაერის პირდაპირი ნაკადების შექმნის გზით გრილდება არა მარტო პროცესორი, არამედ ვიდეოადაპტერი, დისკური მოწყობილობები და ა.შ). ATX სტანდარტისგან განსხვავებით, რომლის მიხედვითაც გათვალისწინებულია სისტემური პლატის კორპუსის ვერტიკალურ პანელზე, მარჯვენა მხარეს დაყენება, BTX სტანდარტის მიხედვით სისტემური პლატა კორპუსის მარცხენა მხარეს ყენდება. ამ დროს პლატა-ადაპტერები რადიატორებით ზემოთ განლაგდება, რაც ჰაერმიმომცვლას აუმჯობესებს;

- **ჰაერის ნაკადების გაუმჯობესებული ცირკულაცია.** უზრუნველყოფს სისტემის ეფექტურ გაგრილებას ნაკლები რაოდენობის ფრიალების გამოყენების პირობებში. ეს თავის მხრივ ამცირებს აკუსტიკური ხმაურის დონეს;

- **სამაგრი მოდული SRM (Support and Retention Module),** რომელიც მძიმე რადიატორების მექანიკურ მხარდაჭერას უზრუნველყოფს. იგი თავიდან გვაცილებს სისტემური პლატის გაღუნვის და კომპიუტერის ტრანსპორტირების დროს კომპონენტების დაზიანებას საშიშროებას.

- **კვების ბლოკების უნივერსალური სტანდარტი.** მცირე ფორმატის და დაბალ პროფილურ BTX სისტემებში სპეციალური კვების ბლოკები გამოიყენება, ხოლო სრულზომიან BTX სისტემებში კვების გასართები ეთავსება ATX-ის სტანდარტულ გასართებს.

BTX სტანდარტი ოთხი ფორმ-ფაქტორის პლატების გამოყენებას ითვალისწინებს (ცხრილი 3).

ცხრ.3

BTX ფორმ-ფაქტორების სისტემური პლატების მახასიათებლები

ფორმ-ფაქტორი	ზომები, მმ (დიუიმი)	მაქსიმალური ფართობი, სმ <sup>2</sup> (დიუიმი <sup>2</sup> )	გაბარიტების შედარება
BTX	325×267 (12,8×10,5)	867(134)	-
MicroBTX	264×267 (10,4×10,5)	705 (109)	19%-ით ნაკლები
NanoBTX	223×267 (8,8×10,5)	595 (92)	32%-ით ნაკლები
PicoBTX	203×267 (8,0×10,5)	542 (84)	37%-ით ნაკლები

ბოლო პერიოდში მაღალეფექტური ორბირთვიანი პროცესორების გამოჩენასთან ერთად ენერგომოხმარების შემცირების ტენდენცია გამოიკვეთა, ამიტომ ATX სტანდარტის BTX სტანდარტით ჩანაცვლების აუცილებლობა კითხვის ქვეშ დადგა. რასაკვირველია BTX სტანდარტმა შეიძლება გარკვეული პერიოდის შემდეგ ჩანაცვლოს ATX სტანდარტი, თუმცა ასეთი მომენტი ჯერ-ჯერობით არ დამდგარა.

BTX ფორმ-ფაქტორი პოპულარულია Dell, Gateway და ზოგიერთი სხვა კომპანიის საფირმო კომპიუტერებში, თუმცა მასობრივად იგი არ გამოიყენება. მწარმოებლების უმეტესობა აგრძელებს ATX სტანდარტის გამოყენებას.

BTX სტანდარტის სისტემური პლატები და კორპუსები შეზღუდულია ნომენკლატურის მიხედვით და ნაკლებად გავრცელებულია ბაზარზე. გარკვეულ პრობლემებს აქვს ადგილი სითბური ბალანსის მოდულის კორპუსზე დამაგრების სტანდარტი-ზაციასთან დაკავშირებითაც.

### ლიტერატურა:

1. ბენაშვილი ა. (2011). კომპიუტერის არქიტექტურა. მე-2 გამოცემა, I ნაწილი, „საქართველოს უნივერსიტეტი“, თბილისი.
2. Mueller S. (2012). Upgrading and Repairing PCs. 20th Edition. Published by Que.
3. Robert Bruce Thompson, Barbara Fritchman Thompson - Building the Perfect PC, 3rd Edition 2010.
4. ATX Specification - Version 2.2. [http://www.formfactors.org/developer%5Cspecs%5-Catx2\\_2.PDF](http://www.formfactors.org/developer%5Cspecs%5-Catx2_2.PDF)
5. Формфакторы материнской платы. Корпусы ATX, microATX, FlexATX, DTX, ITX.. <http://hardwareguide.ru/materinka/atx-microatx-flexatx-dtx-itx/>

## THE PROBLEMS OF SELECTION OF SYSTEM BOARD AND CASE FORM FACTOR FOR COMPUTERS

Benashvili Alexander, Benashvili Giorgi,  
Baliashvili Medea  
Georgian Technical University

### Summary

Currently system boards with different form factors are used for computers. Form factor ATX remains the most popular and recommended standard. Form factor BTX has certain advantages over form factor ATX, particularly in high power consuming systems, but it may pose certain problems related to modernization of a system and replacement of components.

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ФОРМ-ФАКТОРА СИСТЕМНОЙ ПЛАТЫ И КОРПУСА КОМПЬЮТЕРА

Бенашвили А., Бенашвили Г., Балиашвили М.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

В современных компьютерах применяются системные платы разных форм-факторов. ATX форм-фактор остается наиболее популярным и рекомендованным стандартом. BTX форм-фактор имеет определенные преимущества в сравнении с ATX форм-фактором, особенно в системах с высоким энергопотреблением, однако, при его применении могут возникнуть проблемы связанные с модернизацией системы и замены компонентов.

# თანამედროვე საინფორმაციო RFID ტექნოლოგიის გამოყენება სასაწყობე ლოგისტიკაში

ლილი პეტრიაშვილი, დიმიტრი მასხარაშვილი,  
ილია ყაჯრიშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

RFID ტექნოლოგიის გამოყენება სასაწყობე ლოგისტიკაში მომხმარებელს აძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად შემცირდეს დანახარჯები, მოკლე დროში მოხდეს მარაგების შესახებ ზუსტი ინფორმაციის განსაზღვრა და დაცული იყოს უსაფრთხოების მაღალი ნორმები. სტატიაში განხილული საწყობის ფუნქციონირების მაგალთზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ RFID ტექნოლოგია დღეს არის უალტერნატივო და მაქსიმალურად უწყობს ხელს მატერიალური მარაგების მართვისას მიღებული ხარჯების შემცირებას.

**საკვანძო სიტყვები.** RFID (Radio Frequency Identification). სასაწყობე ლოგისტიკა. მატერიალური მარაგი. რადიოსიხშირული იდენტიფიკაცია. ტრანსპონდერი.

## 1. შესავალი

საქართველოს ეკონომიკური და საინვესტიციო პოტენციალის გაზრდა მნიშვნელოვნად დაკავშირებულია ქვეყანაში მიმდინარე ლოგისტიკური პროცესების ეფექტურ მართვასთან. ჩვენი ქვეყნის გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე, მას მინიჭებული აქვს ბუნებრივი ჰაბის ფუნქცია, რომელიც აძლევს უნიკალურ შანსს, რათა გახდეს როგორც ტრანზიტული ქვეყანა ევროპასა და აზიას შორის და შეიქმნას ტვირთების დამუშავებისა და მომსახურების ხელსაყრელი პირობები. ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების სფერო პროგრესულად ვითარდება მთელ მსოფლიოში და მისი ეფექტური მენეჯმენტის განხორციელება მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ქვეყნის ეკონომიკური პოტენციალის გაზრდაზე [1].

ლოგისტიკურ ჯაჭვში მატერიალური ნაკადების გადაადგილება შეუძლებელია განსაზღვრულ ადგილებში აუცილებელი მარაგების კონცენტრაციის გარეშე, რომელთა შესანახად განკუთვნილია შესაბამისი საწყობები. სასაწყობე ლოგისტიკა უზრუნველყოფს მარაგის გამჭვირვალობას და ტვირთების სწრაფ დენას. საწყობში ხდება მატერიალური მარაგის დროებითი განთავსება, რომელიც შემდეგ გარდაიქმნება მატერიალურ ნაკადად. აღნიშნული მატერიალური მარაგის ეფექტური მართვის პროცესი საკმაოდ რთულია, რაც უკავშირდება პროდუქციის შესაბამისობას რაოდენობრივ და ნომენკლატურულ მოთხოვნასთან, სახეობის და ხარისხის ზუსტ განსაზღვრას, საჭირო დოკუმენტების გაფორმებას, ტრანსპორტში ჩატვირთვა/გადმოტვირთვას და ა.შ. [1].

**ამოცანის დასმა.** საწყობის გავლით მატერიალური მარაგების მოძრაობა დაკავშირებულია მნიშვნელოვან შრომის დანახარჯებთან, რაც ზრდის საქონლის ღირებულებას. საწყობების ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული პრობლემები გავლენას ახდენს ლოგისტიკურ ჯაჭვში მატერიალური მარაგების მოძრაობის რაციონალიზაციაზე, სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენებასა და მიმოქცევის ხარჯებზე.



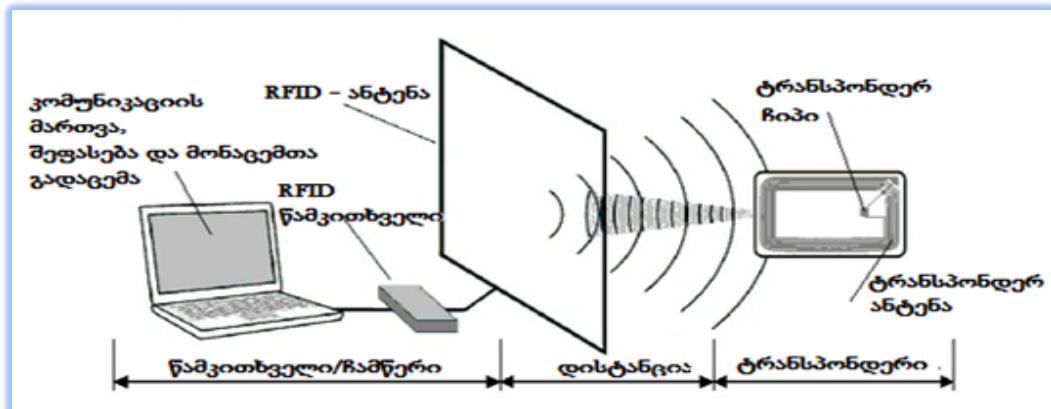
სასაწყობო ლოგისტიკაში, მნიშვნელოვანი ფუნქცია ეკისრება თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით არსებული პროცესების ინტელექტუალურ ავტომატიზაციას. ბოლო პერიოდის ერთ-ერთ ინოვაციურ მიღწევად შეიძლება ჩაითვალოს მონაცემთა უკონტაქტო გაცვლის RFID (Radio Frequency Identification) ტექნოლოგია, რომელიც რადიო სიხშირული ტალღების გამოყენებით მომხმარებელს აძლევს საშუალებას დისტანციურად მიიღოს ნებისმიერი ობიექტის შესახებ არსებული საიდენტიფიკაციო ინფორმაცია და ანგარიში ამ ობიექტის შესახებ [2]. აღნიშნული ტექნოლოგიის დანერგვა და გამოყენება ლოგისტიკური პროცესების მენეჯერებს აძლევს ახალ შესაძლებლობას ეფექტურად მართონ ლოგისტიკური ქსელის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რგოლი - საწყობი.

სასაწყობე ლოგისტიკაში, RFID ინოვაციური ტექნოლოგიის გამოყენების პოტენციალი საკმაოდ მაღალია, რის საფუძველზეც შესაძლებელია მაღალი სტანდარტის სტრატეგიული შედეგების მიღება. RFID ტექნოლოგიის გამოყენებისას, ნებისმიერი ობიექტის შესახებ შესაძლებელია მიღებული იქნას მონაცემები შეხების ანუ ხილული კონტაქტის გარეშე. სასაწყობე ლოგისტიკაში RFID ტექნოლოგიის გამოყენება ზოგავს როგორც დროის ასევე ფინანსურ რესურსს [2].

ტექნოლოგია RFID (რადიოსიხშირული იდენტიფიკაცია) გამოიყენება ობიექტების ავტომატური იდენტიფიკაციისთვის, სადაც რადიოსიხშირული გამოსხივების საშუალებით ხდება ობიექტის იდენტიფიცირება და მასში ინფორმაციის წაკითხვა ან ჩაწერა. RFID ტექნოლოგია, როგორც სისტემა შედგება რამდენიმე კომპონენტისგან [3].

პირველი ესაა RFID-ტრანსფონდერი (იგივე RFID-ტეგი ან RFID-ჭდე), რომელშიც ინახება ობიექტის მაიდენტიფიცირებელი კოდი და სხვადასხვა მნიშვნელოვანი ინფორმაცია ობიექტზე. მეორე ესაა RFID-წამკითხველი, რომლის საშუალებითაც ხდება დისტანციიდან, უკონტაქტოდ (რადიოსიხშირული გამოსხივების გამოყენებით) ობიექტზე მიმავრებული RFID-ტრანსფონდერიდან ინფორმაციის წაკითხვა და პროგრამული უზრუნველყოფისთვის გადაცემა, სადაც ამ ინფორმაციის დამუშავება/გაანალიზებაა შესაძლებელი.

თავის მხრივ RFID - ტრანსფონდერი წარმოადგენს მეხსიერების მიკროჩიპისა, რადიოსიხშირული მოდულაცია-დემოდულაციის ბლოკისა და ანტენის ერთობლიობას. 1-ელ ნახაზზე სქემატურად გამოსახულია RFID ტექნოლოგიის მუშაობის პრინციპი:

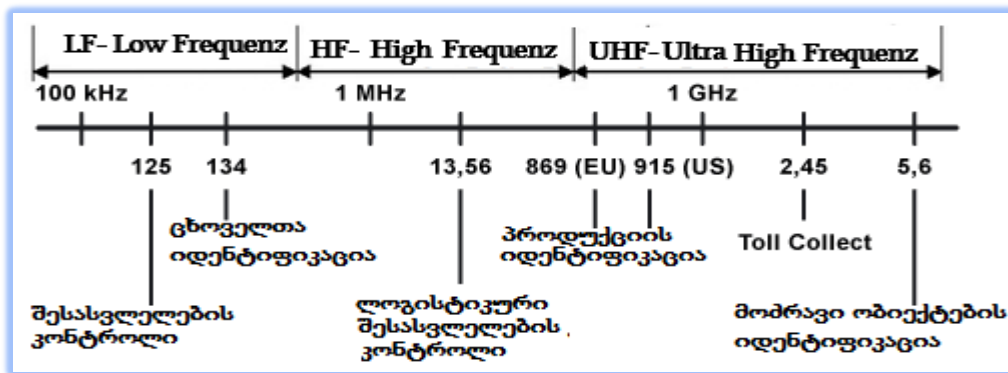


ნახ.1. RFID-ის სტრუქტურა

ტრანსპონდერსა და წამკითხველს შორის არსებული ელექტო მაგნიტური ტალღების საშუალებით, ხდება ინფორმაციის წაკითხვა და ჩაწერა.

ინფორმაციის გადაცემის სიხშირული მახასიათებლის გათვალისწინებით არსებობს სამი სახის გადამცემი:

- **LF- Low Frequenz (1m)** - დაბალ სიხშირული გადაცემა, რომელიც ფუნქციონირებს ერთი მეტრის დისტანციაზე;
- **HF- High Frequenz (<=5m)** - მაღალ სიხშირული გადაცემა, რომლის დიაპაზონი არის ხუთ მეტრამდე;
- **UHF- Ultra High Frequenz (<6-20m)** - ულტრა მაღალი სიხშირული გადაცემა ოც მეტრ მანძილის დიაპაზონში ხდება ინფორმაციის მიღება და გადაცემა. მე-2 ნახაზზე გამოსახულია სიხშირული მახასიათებლების სქემა.



ნახ.2. სიხშირული მახასიათებლები

წარმოდგენილი ნახაზების შესაბამისად არსებობს რადიო სიხშირის მიხედვით RFID-ტრანსფონდერის ფუნქციონირების რამდენიმე მოდიფიკაცია, სადაც RFID-ტრანსფონდერიდან ინფორმაციის წაკითხვა/ჩაწერისას მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მანძილი (დისტანცია). რადიო სიხშირის მიხედვით განასხვავებენ RFID-ტრანსფონდერების სამ ტიპს:

- 1) სიხშირე მოქცეულია LF (125-134 KHz) დიაპაზონში. ძირითადად იყენებენ ცხოველთა და ადამიანთა კანქვეშა ჩიპიზაციისთვის;
- 2) HF (13,56MHz) დიაპაზონის RFID-ტრანსფონდერები სტანდარტიზირებულია და გამოიყენება ძირითადად საფინანსო სისტემებში, გადახდების ორგანიზებისათვის, საზოგადოებრივ ტრანსპორტში ანგარიშსწორებისთვის და სხვა მრავალ სფეროში;
- 3) UHF (860-960MHz) დიაპაზონის RFID-ტრანსფონდერები გამოირჩევა მასთან წვდომადობის დიდი მანძილით და მაღალი სიჩქარით. ძირითადად გამოიყენება სასაწყობო მეურნეობაში, საწარმოებში და სხვა ლოგისტიკურ აღრიცხვა/მართვაში.

## 2. ძირითადი ნაწილი

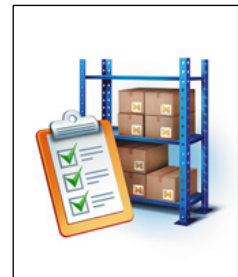
თანამედროვე საწყობი დღეს შესაძლოა ჩაითვალოს როგორც ცოცხალი ორგანიზმი, რომელიც მუდმივად საჭიროებს ყურადღებასა და კონტროლს. ერთ-ერთი ყველაზე რთული პრობლემა რაც უკავშირდება საწყობის მართვას არის ის, რომ დროის ნებისმიერ მომენტში საწყობის ფიზიკური (რეალური) მდგომარეობა განსხვავდება მისი ლოგიკური

მდგომარეობისგან. სასაწყობო სისტემების მენეჯერების ყურადღება ყოველთვის მიმართულია იმისკენ, რომ საწყობში იყოს იდეალური წესრიგი, რომ ნებისმიერი ობიექტის მონახვა მოხდეს რაც შეიძლება სწრაფად და ოპტიმალურ დროში განისაზღვროს საწყობში ცარიელი/დაკავებული ადგილის მოცულობა, ასევე საწყობში არსებული ობიექტები მაქსიმალურად დაცული იყოს არასანქცირებული მიმართვისგან. აღნიშნული საკითხების გადაჭრის ყველაზე ეფექტური გზა არის FRID ტექნოლოგიის გამოყენება, რომლის დანერგვაც მენეჯერს აძლევს საშუალებას:

- მინიმალურ დროში ჩაატაროს საწყობში ინვენტარიზაცია;
- შეამციროს შეცდომები შეკვეთების კომპლექტაციის დროს;
- გამორიცხოს შეცდომები ტვირთის ჩატვირთვის ან გადმოტვირთვის დროს;
- გაზარდოს უსაფრთხოება

### 2.1. ინვენტარიზაცია

ინვენტარიზაციის დროს თანამშრომელს ხელის წამკითხველის საშუალებით მინიმუმ 2 მეტრის დისტანციიდან შეუძლია მიიღოს ინფორმაცია როგორც პროდუქციის ასევე ჩამონათვალის შესახებ და ზუსტად განსაზღვროს რაოდენობრივი ერთეული. წამკითხველი მოწყობილობიდან მიღებული ინფორმაცია პარალელურ რეჟიმში გადადის Excel - ის ცხრილებში, სადაც უკვე შესაძლებელი ხდება როგორც ABC ანალიზის ჩატარება ასევე სხვადასხვა მონაცემთა ვიზუალიზაცია.



ინვენტარიზაციის დროს FRID ტექნოლოგიის გამოყენებისას ფიქსირდება თვითონ ინვენტარიზაციის ფაქტიც და ხდება იმ დროის განსაზღვრაც თუ რა დრო დასჭირდა თითოეული ობიექტის აღრიცხვას და მთლიანად ინვენტარიზაციის ჩატარებას.

### 2.2. საწყობის შიგნით სატრანსპორტო ნაკადის მართვის ავტომატიზაცია

RFID ტექნოლოგიის გამოყენება ოპერატორს აძლევს საშუალებას რეალურ დროში ავტომატურად განსაზღვროს ტვირთის განთავსების ადგილი. საწყობის შესასვლელში პალეტების მარკირების შემდეგ მტვირთავი ოპერატორი, ეკრანზე დებულობს იმ უჯრედის ნომერს, სადაც შესაძლებელია პალეტის განთავსება. ამის შემდეგ ავტომატურად კონტროლდება რამდენად სწორად მოხდა უჯრედში ტვირთის განთავსება და ინფორმაცია აისახება მონიტორზე, რომელიც მოთავსებულია სამეთვალყურეო ოთახში.

ყოველი თარო არის მარკირებული სპეციალური საიდენტიფიკაციო ჭდეებით. იმ მომენტიდან, როგორც კი მტვირთავი უახლოვდება თაროებს და ცდილობს პალეტის განთავსებას, წამკითხველი მოწყობილობა ასკანირებს თაროს ჭდეს, რის შედეგადაც სისტემა ავტომატურად განსაზღვრავს ინფორმაციას როგორც პალეტის, ასევე უჯრედის თავსებადობის შესახებ და თავიდანვე ხდება არასწორი ქმედების აღკვეთა.

### 2.3. შეკვეთების კომპლექტაციის კონტროლი

შეკვეთების კომპლექტაციისას ოპერატორი აღრიცხავს პალეტზე განთავსებულ პროდუქციის ჭდეებს, ხოლო სისტემა ავტომატურად ადარებს ჩამონათვალში არსებულ კომპლექტაციას. სანამ არ მოხდება შეკვეთილი პარტიის სრული კომპლექტაცია, ოპერატორი მუდმივად ღებულობს ინფორმაციას არასაკმარის პროდუქტის შესახებ, ასევე თუ პარტიაში მოხვდა ზედმეტი პროდუქტი (როგორც რაოდენობრივად, ასევე ნომენკლატურის თვალსაზრისით) ოპერატორი ასევე მყისიერად იღებს ინფორმაციას შეცდომის შესახებ.



### 2.4. სასაწყობო გადაზიდვა



ტრანსპორტში საქონლის ჩატვირთვა არის რთული პროცესი, რომელიც საჭიროებს განსაკუთრებულ კონტროლს, ხშირად ხდება როგორც არასწორი სახეობების, ასევე არასწორი რაოდენობის ჩატვირთვა. RFID ტექნოლოგიის გამოყენებისას პორტალური წამკითხველის საშუალებით, რომელიც განთავსებულია საწყობის გასასვლელში, ავტომატურად ხდება, როგორც პალეტების ასევე თითოეული პროდუქტის იდენტიფიკაცია, რის საფუძველზეც სისტემა ავტომატურად ადარებს სასაქონლო ზედნადებს საწყობიდან გასულ საქონელს.

ოპერატორი მუდმივად ღებულობს ეკრანზე იმ პროდუქციის ჩამონათვალს რა არის ჩატვირთული და რა უნდა ჩაიტვირთოს კიდევ. RFID პორტალის გვერდის ავლით პროდუქციის გატანის შემთხვევაში, ირთვება სასიგნალო შეტყობინება შეცდომის შესახებ. ჩატვირთვის პროცესის დასრულების შემდეგ, სისტემა ავტომატურად ქმნის დიკუმენტაციას და იგზავნება ბუღალტერიაში. იგივე პროცესი მიმდინარეობს საწყობში საქონლის შეტანის დროსაც.

აღნიშნული ტექნოლოგიის ფასეულობა სახვა მაიდენტიფიცირებელ ტექნოლოგიებთან შედარებით არის ის რომ:

- RFID-ტრანსფონდერებში შესაძლებელია ინფორმაციის მრავალჯერადი ცვლილება, რაც შტრიხკოდებში შეუძლებელია;
- RFID წამკითხველებს არ ჭირდებათ ტრანსფონდერების პირდაპირი ხედვა;
- RFID - ის გამოყენებით შესაძლებელია დიდი დისტანციაზე (20 მეტრის დაცილებით) ინფორმაციის მიღება, რაც შტრიხკოდებში შეუძლებელია;
- ბაზაში შესაძლებელია გაცილებით მეტი ინფორმაციის შენახვა, ვიდრე სხვა რომელიმე ტექნოლოგიის გამოყენებით;
- მომხმარებელს ეძლევა საშუალება რამდენიმე ტრანსფონდერიდან (წამში 150 ცალი) ერთდროულად წაკითხოს ინფორმაცია;
- გარემო პირობების მიმართ ახასიათებს მდგრადობა;
- აქვს უსაფრთხოების მაღალი დონე.

### 3. დასკვნა

RFID ტექნოლოგიის გამოყენება სასაწყობო ლოგისტიკაში მომხმარებელს აძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად შემცირდეს დანახარჯები, მოკლე დროში მოხდეს მარაგების შესახებ ზუსტი ინფორმაციის განსაზღვრა და დაცული იყოს უსაფრთხოების მაღალი ნორმები.

#### ლიტერატურა:

1. გ. დობორჯგინიძე (2015) ლოგისტიკისა და SCM-ის საფუძვლები, თბილისი, (სახელმძღვანელო).
2. Gillert F. (2016). RFID in der Logistik. Technische Universitaet Wildau, Germany, Berlin.
3. Wally A. (2015). RFID Technologie mit Verbindung von SAP zur Verbesserung der Lagerlogistik. Germany. Hochschule Mittweida. University of Applied Sciences.

### MODERN INFORMATION RFID TECHNOLOGY IN THE WAREHOUSE LOGISTICS

Lili Petriashvili, Dimitri masxarashvili, Ilija Kajrishvili  
Georgian Technical University

#### Summary

RFID technology enables customers to significantly reduce costs of warehouse logistics. Short time period is necessary to give accurate information about the stock and to keep it protected by high security standards. Functioning of the warehouse, as given as an example in the article, takes us to the conclusion that RFID technology today without an alternative and enables stock management to reduce costs as much as possible.

### СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID В СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКЕ

Петриашвили Л. Масхарашвили Д., Каджришвили И.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

RFID-технология позволяет потребителям существенно снизить затраты на складскую логистику, получить в течении короткого отрезка времени точную информацию о наличии товаров и защитить данные высокими стандартами безопасности. Функционирование склада, как указано в качестве примера в статье, приводит нас к выводу, что RFID-технологии на сегодняшний день не имеют альтернативы и дают возможность управлять запасами, чтобы максимально сократить расходы на их складирование.



## ტოროიდული მაგნიტის გეომეტრიული ანალიზი ATLAS-ის მოდელირების ამოცანებისათვის

არჩილ სურმავა, ბესიკ კველია, ნიკო ცუცქირიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

ATLAS ექსპერიმენტისთვის (LHC, CERN, ჟენევა, შვეიცარია) რეალური ექსპერიმენტის მოდელირება წარმოადგენს ერთერთ მნიშვნელოვან ამოცანას. ერთის მხრივ DATA მონაცემებს იძლევა დეტექტორული აპარატურა, ხოლო მეორეს მხრივ პროგრამულ პაკეტებში გამოყენებული MonteCarlo-ს მეთოდი. Data/MC მონაცემების სიზუსტე წარმოადგენს ერთერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ნაწილს მოდელირებაში. მონაცემების სხვაობის ერთერთ მნიშვნელოვან ფაქტორად ATLAS დეტექტორის გეომეტრიული მოდელი მიიჩნევა. ასეთ პრობლემატურ რეგიონად მოიაზრება End-CAP Toroid (ECT) ტოროიდული მაგნიტის ადგილი. შესაბამისად ბირთვული ინჟინერიის ჯგუფმა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტიდან მოახდინა ECT ტოროიდული მაგნიტის საინჟინრო მოდელისა და მოდელირების პაკეტებში გამოყენებული ECT მოდელის ურთიერთშედარებითი ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: CERN. ATLAS ექსპერიმენტი. CATIA v5. გეომეტრიული ანალიზი.

### 1. ATLAS-ის დეტექტორის სტრუქტურა

CERN-ში არსებული დიდი ადრონული კოლაიდერი (The Large Hadron Collider, LHC), რომელიც შვეიცარია საფრანგეთის საზღვარზე მიწისქვეშ 100 მეტრის სიღრმეში მდებარეობს მსოფლიოში ყველაზე დიდი და ძლიერი ნაწილაკების ამაჩქარებელია. LHC წრიული ფორმისაა სიგრძით 27კმ. ამაჩქარებლის ძირითადი მიზანია პროტონების ნაკადის აჩქარებით და შეჯახებით მიღებულ იქნას დიდი ენერგიები რაც თავის მხრივ სამყაროს შექმნის თეორიის მოდელირების წინაპირობა იქნება [1].

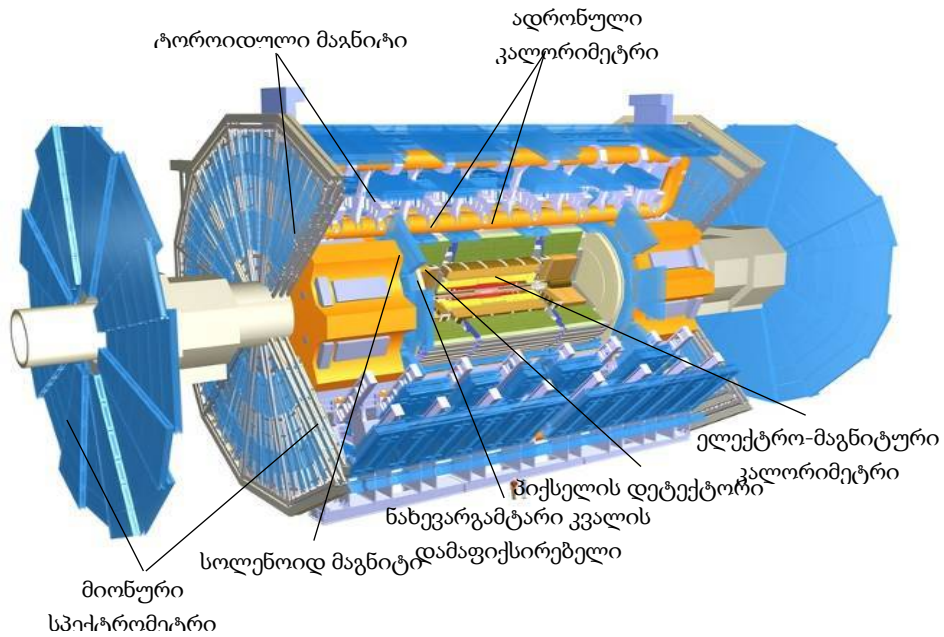
ელემენტარული ნაწილაკების ნაკადი მოძრაობს LHC-ს ორ მილში - საათის ისრის მიმართულებით, ხოლო მეორეში, საწინააღმდეგო მიმართულებით. აღნიშნული ნაკადები მართვადია და აჩქარების შემდეგ ხდება მათი კონკრეტულ ადგილებში დაჯახება. ეს ადგილები საექსპერიმენტო ადგილებია რომლებიც ამაჩქარებლის ოთხ ძირითად წერტილშია განაწილებული - ATLAS, CMS, ALICE და LHCb [2].

ATLAS დეტექტორი ყველაზე დიდ და კომპლექსურ საინჟინრო ანაწყოებს წარმოადგენს. მისი სიგრძე 44 მეტრია, ხოლო სიმაღლე 25 მეტრი; იწონის ~7'000 ტონას და შედგება 10'000'000 საინჟინრო კვანძისგან.

დეტექტორი იყოფა 4 ძირითად კომპონენტად, ხოლო ეს კომპონენტები თავის მხრივ ქვეკომპონენტებად (ნახ.1).

#### 1. შიგა დეტექტორი (Inner Detector, ID)

შიგა დეტექტორი მდებარეობს ATLAS დეტექტორის ცენტრალურ ნაწილში და მისი ძირითადი ფუნქცია ელემენტარული ნაწილაკების დაფიქსირება და მათი ტიპის და იმპულსის განსაზღვრაა.



ნახ.1. ATLAS დეტექტორი

1.1. *პიქსელის დეტექტორი (Pixel Detector)*-ID დეტექტორის შიდა ნაწილია, რომელიც დაყოფილია სამი შრედ. შრეები შედგება 1744 მოდულისგან. თითოეული მათგანი აწარმოებს გაზომვებს 2x6 სმ ფართობზე.

1.2. *ნახევარგამტარული კვალის დამაფიქსირებელი (Semi-Conductor Tracker, SCT)* - ID დეტექტორის შუა ნაწილია. პიქსელისგან განსხვავებით SCT სისტემა უფრო დიდ (61 მ<sup>2</sup>) ფართობზე ახდენს ნაწილაკების დაფიქსირებას.

1.3. *გარდამავალი რადიაციული კვალის დამაფიქსირებელი (Transition Radiation Tracker, TRT)*-ID დეტექტორის გარე ნაწილია. მას ორი დატვირთვა აქვს: ერთი - როგორც ნაწილაკების კვალის და მეორე - გარდამავალი რადიაციის დამაფიქსირებელი. TRT შედგება 4 მმ-იანი მილებისგან, რომელთა სიგრძე 144 სმ-ია.

## 2. კალორიმეტრი (Calorimeter)

კალორიმეტრი მდებარეობს სოლენოიდური მაგნიტის გარეთ. მისი მიზანია გაზომოს ნაწილაკების ენერგია. კალორიმეტრის ორი სისტემა არსებობს:

- *ელექტრო-მაგნიტური კალორიმეტრი (ემკ)*, რომელიც მასში გამავალი იმ ნაწილაკების ენერგიას შთანთქავს, რომლებსაც გააჩნიათ ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება.
- *ადრონული კალორიმეტრი* - შთანთქავს ძლიერ ურთიერთქმედებაში მყოფ ნაწილაკების ენერგიას რომლებიც გაივლიან ელექტრომაგნიტურ კალორიმეტრს.

## 3. მიონური სპექტრომეტრი

მიონური სპექტრომეტრი ATLAS დეტექტორის ყველაზე დიდი სისტემაა, რომელიც განაწილებულია კალორიმეტრის გარშემო 4-11 მეტრიანი რადიუსის დიაპაზონში. ის 3 შრედ არის დაყოფილი, რომლებიც მიონის საზომი კამერებისგან შედგება სულ 12 000 კამერა.

#### 4. მაგნიტური სისტემა

ATLAS დეტექტორი იყენებს 2 დიდ მაგნიტის სისტემას, რათა მოახდინოს ელემენტარული ნაწილაკების გადახრა.

- შიგა სოლენოიდი ქმნის 2 ტესლა მაგნიტურ ველს შიდა დეტექტორის გარშემო
- გარე ტოროიდული მაგნიტები მიონურ სპექტრომეტრშია განაწილებული წრიულად 8 ადგილას, რომლის სიგრძე 26 მეტრია.

#### 2. ATLAS-ის დეტექტორის IT ამოცანები

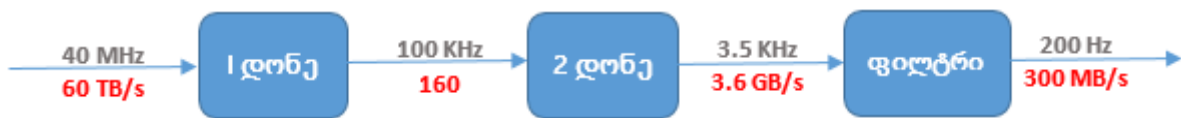
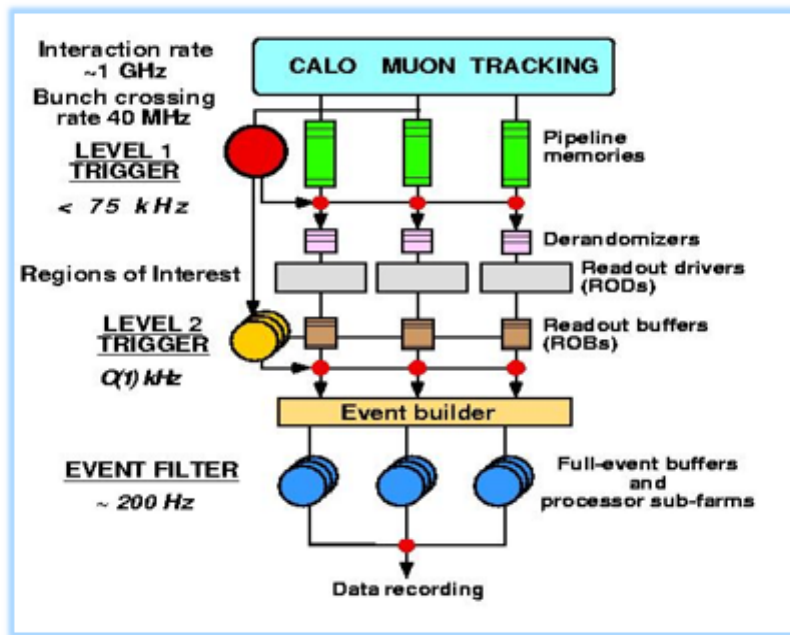
ატლასის დეტექტორის მიერ დაფიქსირებული ელემენტარული ნაწილაკების შესახებ ინფორმაციის მიღებას, დამუშავებას და საინტერესო მონაცემების გადარჩევას აწარმოებს ტრიგერული სისტემა.

ტრიგერული სისტემა 3 დონიანია:

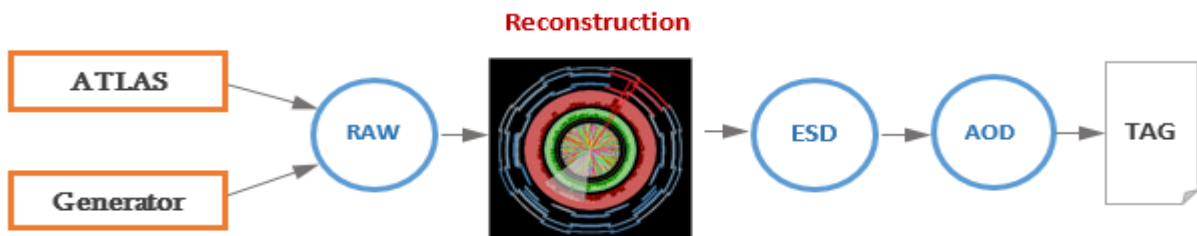
- პირველი დონის ტრიგერი აპარატურული დონეზეა რეალიზებული, ცენტრალური ტრიგერული პროცესორით, რომელიც სიგნალებს ძირითადად კალორიმეტრის და მიონის დეტექტორის სისტემის აპარატურული ხელსაწყოებიდან იღებს. პირველი დონის ტრიგერის დანიშნულებაა 40MHz სიხშირის ხდომილების შემცირება 75kHz-მდე. ამით ნაწილაკების ნაკადი მცირდება 100 მილიონამდე, რომელიც გადაეცემა შემდეგ დონეს 120 GB/s სიჩქარით.
- მეორე დონის ტრიგერი პროგრამულად ახდენს ნაწილაკის ტრაექტორიის რეკონსტრუქციას და შემდგომ ახორციელებს საინტერესო ნაწილაკების გაფილტვრას. ამით მეორე დონეზე ხდომილების სიხშირე მცირდება 1 KHz-მდე, ანუ დაფიქსირებული ნაწილაკების საინტერესო რეგიონი მეორე დონეზე მცირდება 3'000 ხდომილება/წმ-ით, ხოლო ფილტრს ხდომილების რაოდენობა 200 Hz-მდე დაყავს და საინტერესო ნაწილაკების რაოდენობა წამში 200-მდე დადის. საბოლოოდ ხდომილების საშუალო ზომა 1.6Mb-ია [3], რომელიც 300 MB/s სიჩქარით ინახება მონაცემთა ბაზაში (ნახ.2).

ATLAS-ში ექსპერიმენტის შედეგების პარალელურად offline რეჟიმში მიმდინარეობს ექსპერიმენტის მოდელირება. რაც გულისხმობს მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებით ელემენტარული ნაწილაკების ნაკადის გენერირებას; ნაწილაკების იმიტირებულ დაფიქსირებას მოდელირებული დეტექტორებით და ტრიგერებით; ფიზიკური მახასიათებლების ციფრული სახით წარმოდგენას; ნაწილაკების რეკონსტრუქციას და ფიზიკურ ანალიზს. ამისთვის რეალური ატლასის ექსპერიმენტით და გენერირებით მიღებული შედეგები მიეწოდება რეკონსტრუქციის ალგორითმს, რომლიდანაც გამოდის ESD (Event Summary Data) - დაფიქსირებული ნაწილაკის ჯამური მონაცემი (ზომით 500kByte თითოეული ხდომილებისთვის) (ნახ.3).

ESD შეიცავს სრულ ინფორმაციას, რადგან რეკონსტრუქციის ალგორითმს საკმარისი კომბინირებული ინფორმაცია გააჩნია. ESD-დან ობიექტის ანალიზით მიიღება AOD (Analysis Object Data) მონაცემი (ზომით 100kByte თითოეული ხდომილებისთვის), რომელიც გამოიყენება შემდგომი ანალიზისათვის. გარდა ამისა განისაზღვრება TAG-ები (ზომით 1kByte თითოეული ხდომილებისთვის), რომელიც საბოლოო ეტაპზე მიიღება ფაილის სახით. TAG-ით შესაძლებელია ხდომილების სწრაფი გადარჩევა.



ნახ.2



ნახ.3

TAG ფაილები ატვირთულია ORACLE მონაცემთა ბაზებში, რომლებიც თავის მხრივ განთავსებულია განაწილებული კომპუტინგის GRID სისტემის კლასტერებში.

მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ფიზიკური ექსპერიმენტების მოდელირება სხვადასხვა პირობებისთვის და ამით უკეთესად იქნეს გამოკვლეული ელემენტარული ნაწილაკის ბუნება. ექსპერიმენტის მოდელირება ხორციელდება Geant4 აპლიკაციის საშუალებით. მისი დახმარებით შესაძლებელია  $10^9$  რადიონობის ელემენტარული ნაწილაკების დაფიქსირება. ეს პროცესი იყოფა სამ ძირითად ნაწილად: 1 - ელემენტარული ნაწილაკების გენერირება 2 - ნაწილაკების დეტექტორით დაფიქსირება; 3 - ფიზიკური სიდიდეების გამოსახვა ციფრული სახით.



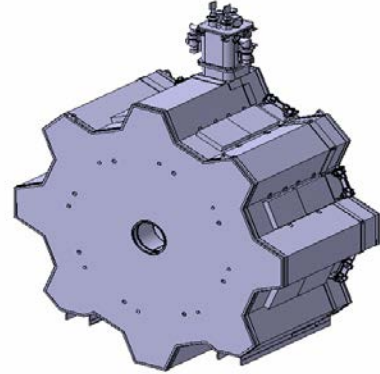
### 3. პრობლემის დასმა

მათემატიკური მოდელის გასავითარებლად და რეალურ ექსპერიმენტთან ადეკვატურობის შესამოწმებლად საჭიროა დეტექტორიდან (DATA) და მოდელირებით მიღებული შედეგების (MC) ურთიერთშედარება.

DATA/MC შედარების პროცესზე მუშაობა დღემდე აქტუალურია და პრობლემატური, რადგან შედეგების DATA-სა და MC-ს შედარებით დეტექტორის ზოგიერთ უბანში ფიქსირდება სხვაობები, რაც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს დეტექტორის გეომეტრიული მოდელების ფორმის, მოცულობის და მასალების აღწერის უზუსტობებით.

ერთ-ერთ ასეთი უბანია ECT (End-Cap Toroid) (ნახ.4), სადაც DATA/MC სხვაობა მნიშვნელოვანია.

შედეგად, ამ სხვაობის გამომწვევი მიზეზების კვლევა და იმის დადგენა გამოწვეულია თუ არა ეს სხვაობა გეომეტრიული აღწერების განსხვავებებით, წარმოადგენს ATLAS-ის ექსპერიმენტის აქტუალურ ამოცანას.



ნახ.4

### 4. მეთოდის აღწერა

დეტექტორის დეტალური გეომეტრიული პარამეტრები ინახება CERN-ის 3 განზომილებიანი მოდელების საინჟინრო ბაზაში SmarTeam, ხოლო ნახაზები, CDD (CERN Drawing Directory) ბაზაში. დეტალური გეომეტრიის და გამარტივება ხდება CATIA V5 გამოყენებით (ნახ.5). Geant4-ში დეტექტორის გეომეტრიული მოდელის აღწერა ხორციელდება XML საშუალებით.

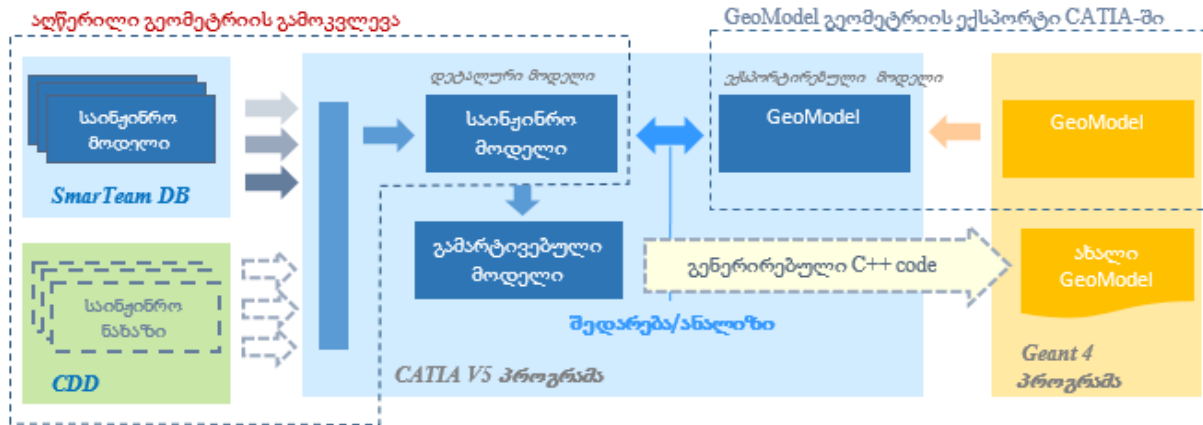
XML გეომეტრიული პრიმიტივების ბიბლიოთეკაა და მისი გამოყენებით შესაძლებელია კომპლექსური გეომეტრიების აგება C++ კოდში. დეტექტორის ყველა კომპონენტის აღწერა დეტალურად შეუძლებელია, რადგან კომპიუტერული და პროგრამული რესურსები ამის საშუალებას არ იძლევა. G4 გეომეტრიაში პრიორიტეტი ენიჭება არა გეომეტრიის დეტალიზაციას, არამედ მის ზუსტ მოცულობას, წონას და პოზიციონირებას, რათა გეომეტრიის კონკრეტულმა მოცულობამ რეალური ექსპერიმენტის იდენტური დაბრკოლება შეუქმნას ნაწილაკებს და მაქსიმალურად გამოავლინოს მათი თვისებები.

GeoModel არის C++ მონათესავე ენა რომელიც საშუალებას იძლევა დეტექტორის გეომეტრია აღიწეროს გეომეტრიული პრიმიტივებით და პარამეტრებით [4]. იგი დამუშავდა სპეციალურად მოდელირებისა და რეკონსტრუქციის ამოცანებისთვის და შესაძლებელს ხდის განხორციელებს სხვადასხვა გეომეტრიული აღწერების ინტეგრაცია ერთ პლატფორმაზე მეხსიერების მინიმალური დანახარჯებით.

CATIA V5 (Dassault Systèmes) არის MS Windows და UNIX ოპერაციულ სისტემებზე მომუშავე საინჟინრო პროგრამა [5], რომელიც 2007 წლიდან CERN-ში ძირითადი საინჟინრო საპროექტო პლატფორმაა.

საინჟინრო მოდელისა (CATIA-ს მოდელი) და GeoModel-ის გეომეტრიაზე ურთიერთშედარებითი ანალიზის ჩასატარებლად (ნახ.5), განხორციელდა შემდეგი ეტაპები:





ნახ.5

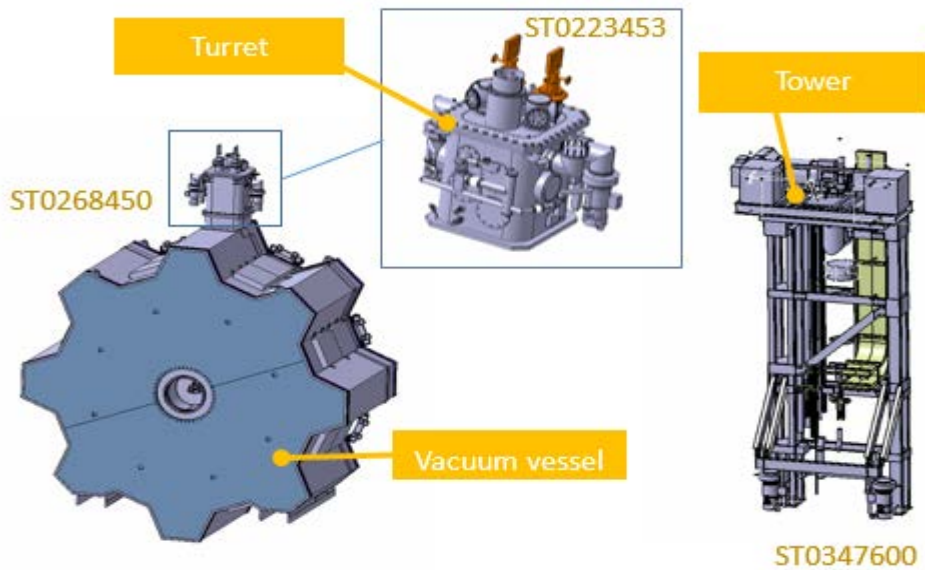
1. GeoModel გეომეტრიის კონვერტაცია WRML ფორმატში და ექსპორტი CATIA V5-ში ანალიზის ჩატარების მიზნით;
2. დეტალური საინჟინრო მოდელის აგება CATIA-ში, რომელსაც უნდა შეედაროს GeoModel-ის გეომეტრია ზუსტი შედეგების მისაღებად;
3. SmarTeam მოდელის კვლევა გეომეტრიის დეტალურობის თვალსაზრისით. თუ მოდელი არ არის სათანადოდ დეტალური, მაშინ უნდა მოიძებნოს საწარმოო ნახაზები და მოხდეს დეტალური მოდელის რეპროდუცირება;
4. CATIA V5 ბაზაზე საინჟინრო მოდელის და GeoModel-ის გეომეტრიის თითოეული კომპონენტის მოცულობისა და მასის განსაზღვრა;
5. ანალიზის საფუძველზე იმის დადგენა თუ რამდენად საჭიროა ახალი მოდელის დამუშავება და გენერირება C++ კოდში.

### 5. ურთიერთშედარებითი ანალიზი

პირველ ეტაპზე განხორციელდა Geant4-დან ECT-ის GeoModel მოდელის კონვერტაცია .WRML ფორმატში, ხოლო საინჟინრო CATIA მოდელის მოსაძებნად გამოყენებულ იქნა ATLAS-ის საინჟინრო ბაზა SmarTeam. თუმცა არასრულყოფილი ბაზის გამო შეუძლებელი გახდა ერთი მთლიანი დეტექტორის გეომეტრიული მოდელის მოძებნა - SmarTeam-დან მოიძებნა ECT-ის 5 მსგავსი მოდელი.

CATIA-ში ანალიზის საფუძველზე მოცემული მოდელებიდან გადაირჩა შედარებით დეტალური ნაწილები (Vacuum vessel, Turret და Tower) და აიგო კომბინირებული მოდელი, რომელიც შედარებით დეტალურია (ნახ.6).

შემდეგ ეტაპზე შემოწმდა მიღებული მოდელის დეტალურობა. ამისთვის 3D გეომეტრია შედარდა შესაბამისი ანაწყოების საინჟინრო ნახაზებს და ფოტო მასალას, რამაც გამოავლინა მოდელის არადეტალურობა. ამისათვის თითოეულ დეტალს სათითაოდ ჩაუტარდა ანალიზი თუ რამდენად დეტალურია მათში შემავალი თითოეული კომპონენტი.

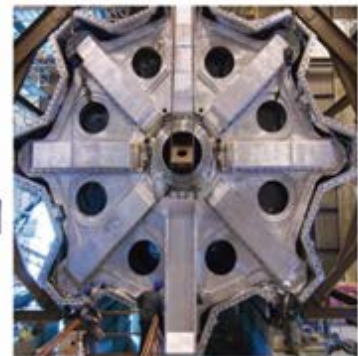
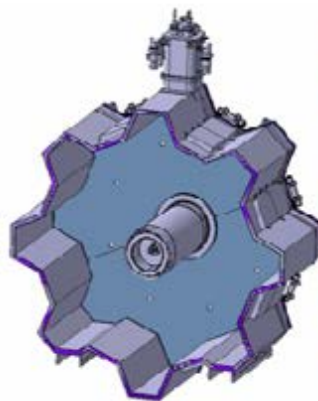


ნახ.6

ECT (Vacuum vessel) მოდელის გარე ნაწილი არ აღმოჩნდა სრულად დეტალური, როგორც ფოტოზე ჩანს (ნახ.7), რეალურ ანაწყოებს ბევრი ნახვრეტი და სამაგრი აქვს, რაც ჩვენს მიერ არჩეულ მოდელზე არ არის დატანილი. რამაც განაპირობა ECT მოდელის Cover ნაწილის გეომეტრიის რეპროდუცირების აუცილებლობა, ხოლო ECT მოდელის შიგა ნაწილები (Shielding, Coils, Keybox, Services, Tie Rod, Bore Tube, Supports) კი საერთოდ არ აღმოჩნდა არსებულ მოდელში (ნახ.8).



ნახ.7

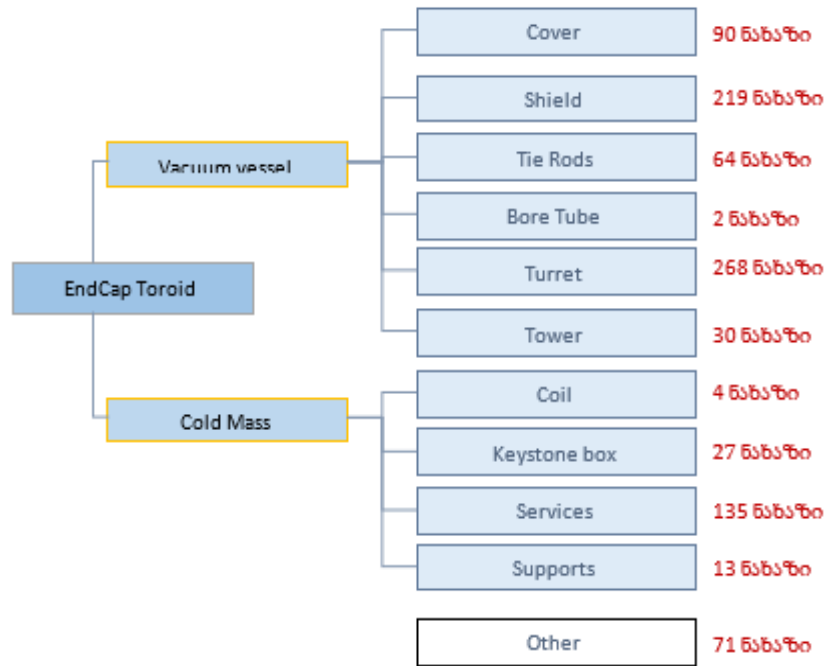


ნახ.8

შესაბამისად აუცილებელი გახდა მათი თავიდან აგება საწარმოო ნახაზებიდან, რომელთა მოძიებისთვის გამოყენებულ იქნა CDD, EDMS და ლოკალური ბაზები.

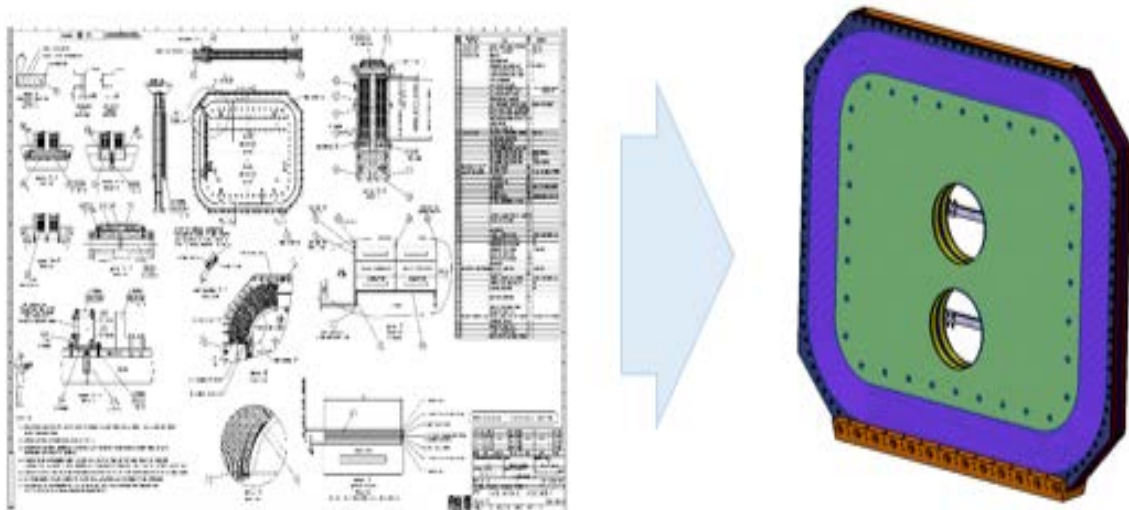
მოცემული ბაზებიდან მოიძებნა 902 საწარმოო ნახაზი, რომლებიც დახარისხდა და დაჯგუფდა კომპონენტების შესაბამისად (ნახ.9).

ECT კომპონენტების რეკონსტრუქცია განხორციელდა CATIA V5 საინჟინრო პროგრამაში ქვედეტალების დონეზე, რომელთა რაოდენობა 330 მოდელზე მეტია.



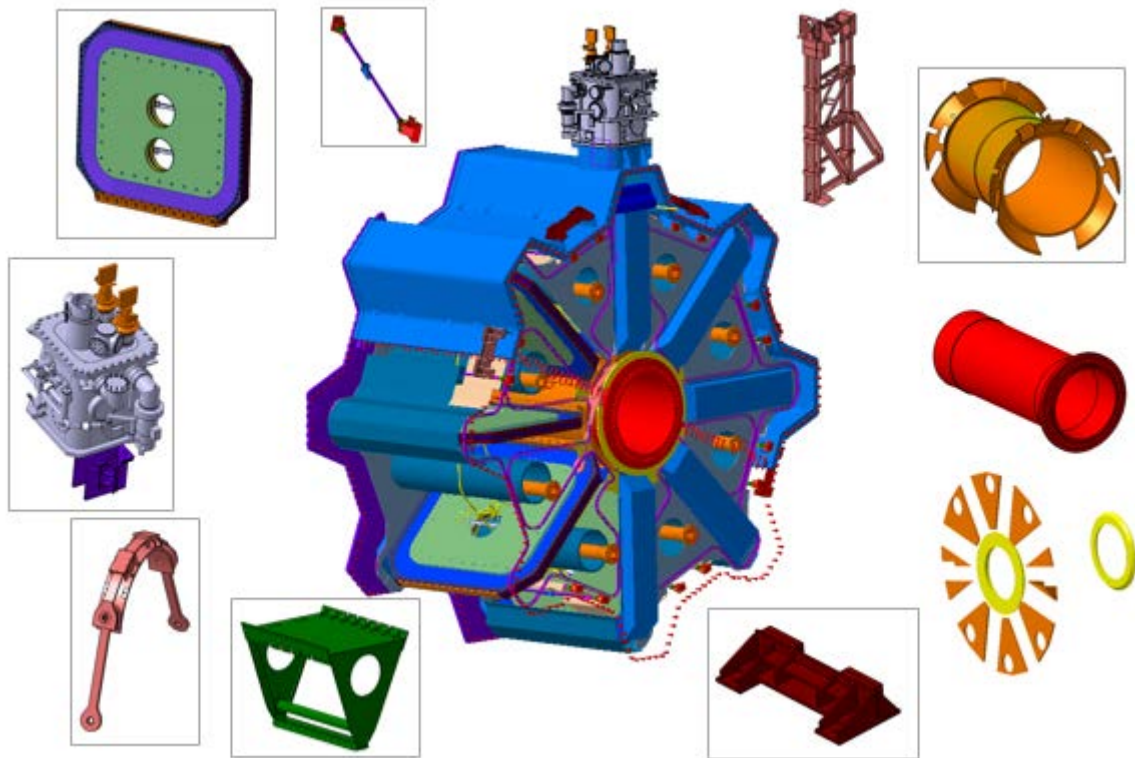
ნახ.9

ასევე განისაზღვრა თითოეული დეტალის მასალა, რაც აუცილებელია ურთიერთშედარების ანალიზის ჩასატარებლად. მიღებული დეტალური ქვედეტალებიდან მოხდა კომპონენტების ანაწილების შექმნა (ნახ.10).



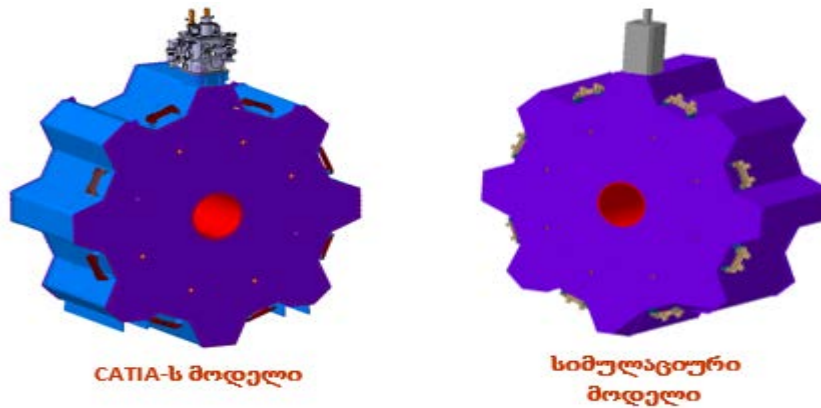
ნახ.10

ხოლო კომპონენტებით მთლიანი ECT დეტალური გეომეტრიული მოდელის აგება (ნახ. 11).



ნახ.11

ბოლო ეტაპზე, ურთიერთშედარებისთვის განხორციელდა ECT საინჟინრო (CATIA) მოდელის და XML მოდელის მოცულობის და მასის კალკულაცია ქვენაწილების დონეზე (ნახ.12).



ნახ.12

CATIA-ს და XML მოდელის თითოეული კომპონენტის შედარებით მიღებული სხვაობები განსაზღვრავს EndCapTorroid-ის კონკრეტულ მონაკვეთში წონით უზუსტობას. უმეტეს კომპონენტზე ეს უზუსტობა 20%-ზე მეტია, ხოლო რამდენიმე მათგანი საერთოდ არ არსებობდა სიმულაციურ მოდელში. განსაკუთრებული უზუსტობები აღმოჩნდა ისეთი ანაწყოებისათვის როგორცაა BoreTube – 3ტ., TieRod – 2ტ., Turret – 960კგ. ანალიზის შედეგად მიღებული სურათი (ცხრილი 1) განმარტავს ექსპერიმენტის მოდელირებით მიღებულ ცდომილებებს, რომლებიც მასის ცდომილებების პირდაპირპროპორციულია.



ცხრ. 1

	CATIA	VP1	Difference
1 Cold Mass	116740 kgs	XML 12 kgs	-5.4%
2 Thermal Silding	15988 kgs	15957 kgs	+0.2%
3 Cover	57966 kgs	57185 kgs	+1.3%
4 BoreTube	13433 kgs	10208 kgs	+24.0%
5 Yoke	1820 kgs	1338 kgs	+26.5%
6 Stay Tube	2028 kgs	2214 kgs	-9.2%
7 JTV Shilding	4161 kgs	4510 kgs	-8.4%
8 Turret	2476 kgs	1512 kgs	+38.9%
9 Tie Rod	3077 kgs	1268 kgs	+58.8%
10 Bolts/	2965 kgs		+100.0%
11 Services	869 kgs		+100.0%
<b>Total</b>	<b>221523</b>	<b>217204</b>	

ანალიზის შედეგები ტექნიკური ანგარიშის სახით წარდგენილ იქნა CERN-ში 16/12/2014-ში მიონური კვირეულის მოსმენებზე [6]. განხილვის შედეგებმა ცხადყო ჩატარებული სამუშაოს მნიშვნელობა. ATLAS-ის მოდელირების ექსპერტებმა მიიღეს გადაწყვეტილება მოდელირების პაკეტებში საბაზისო გეომეტრიული აღწერების მოდიფიცირების შესახებ. ამ მიზნით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბირთვული ინჟინერიის ჯგუფს დაევალა ECVT-ს ახალი გეომეტრიული აღწერების დამუშავება მოდელირების პაკეტებისთვის. ამ მიზნით CATIA-ში რეპროდუცირებული ECT-ს დეტალური გეომეტრია გამარტივდა შესაბამისი მოცულობებისა და მასების დაცვით. გამარტივებით გამოწვეულმა მაქსიმალურმა მოცულობითმა და წონითმა გაზრდებმა შეადგინა შესაბამისად 0.01მ<sup>3</sup> და 27კგ. რაც აბსოლუტურად მისაღები სიზუსტეა მოდელირების პაკეტებისთვის (ცხრილი 2).

ცხრ.2

	Detailed	Simplified	Difference/ m <sup>3</sup>	Detailed	Simplified	Difference/ kgs	Material	Density
	Volume/ m <sup>3</sup>	Volume/ m <sup>3</sup>		Mass/ kgs	Mass/ kgs			
Cold Mass	43,24	43,23	0,01	116`748	116`721	27	Aluminum	2700
Thermal Silding	6,057	6,056	0,001	16`353,9	16`351,2	2,7	Aluminum	2700
Cover	20,8	20,804	-0,004	56`160	56`170,8	-10,8	Aluminum	2700
Brackets	0,22	0,2201	-0,0001	1760	1760,8	-0,8	Steel	8000
BoreTube	1,679	1,678	0,001	13`432	13`424	8	Steel	8000
Yoke	0,231	0,231	0	1848	1848	0	Steel	8000
Stay Tube	0,751	0,751	0	2027,7	2027,7	0	Aluminum	2700
JTV Shilding	1,65	1,649	0,001	4158	4155,48	2,52	Polyboron	2520
Tie Rod	0,393	0,393	0	3144	3144	0	Steel	8000
Bolts/	0,148	0,147	0,001	1184	1176	8	Steel	8000
Services	0,06	0,06	0	480	480	0	Steel	8000



შედეგები წარდგენილ იქნა CERN-ში 2/06/2015-ში ATLAS-ის მიონური კვირეულის მოსმენებზე [7]. შედეგად მიღებული გეომეტრიიდან ბირთვული ინჟინერიის ცენტრმა მოახდინა XML კოდის გენერაცია, რომელმაც ჩაანაცვლა მოდელირების პაკეტებში არსებული ECT-ს გეომეტრიული აღწერები.

### 3. დასკვნა

1. ATLAS-ის დეტექტორი კომპლექსური საინჟინრო დანადგარია, რომლის კომპონენტების გეომეტრიული აღწერების სიზუსტეს მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს ექსპერიმენტის მოდელირების შედეგებზე;

2. დეტექტორის ერთერთი ყველაზე მოცულობითი და მძიმე კომპონენტის - EndCap Toroid (ECT) გეომეტრიული აღწერების კვლევისთვის CERN-ის საინჟინრო ბაზაში არსებული მოდელებისა და 902 ნახაზის მიხედვით განხორციელდა გეომეტრიული მოდელის სინთეზი;

3. ECT-ს რეპროდუცირებული და არსებული მოდელების შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა მნიშვნელოვანი მოცულობითი და წონითი ცდომილებები 5%-დან 58%-დე დიაპაზონში;

4. დაფიქსირდა ზოგიერთი კომპონენტების არ არსებობა: ჭანჭიკები - 3 ტონა; სერვისები - 870 კგ;

5. ანალიზის საფუძველზე გადაწყდა მოდელირების პაკეტებში (Gean4) არსებული გეომეტრიული აღწერების ჩანაცვლება ახალი აღწერებით, რისთვისაც ECT-ს რეპროდუცირებული მოდელი გამარტივდა მოცულობითი და წონითი პარამეტრების დაცვით და მოხდა მისი კოდირება XML ფორმატში.

### ლიტერატურა:

1. The Large Hadron Collider. <http://home.web.cern.ch/topics/large-hadron-collider>
2. The accelerator complex. <http://home.web.cern.ch/about/accelerators>
3. Data Acquisition and Trigger System. <http://www.fsp101-atlas.de/e197881/e200233/>
4. GeoModel - Andreas SALZBURGER. <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasComputing/GeoModel?redirectedfrom=Atlas.GeoModel>
5. CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application). <http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
6. Alexander SHARMAZANASHVILI et al "End-CAP Toroid Investigation" - Muon & NSW Software Muon Week, 16 December, 2014 CERN, Switzerland. <https://indico.cern.ch/event/356850/>
7. Alexander SHARMAZANASHVILI et al "Updates on Geometry Comparison and Related Studies" - Muon & NSW Software Muon Week, 2 June, 2015 CERN, Switzerland, <https://indico.cern.ch/event/394320/>

## GEOMETRICAL ANALYSIS OF TOROIDAL MAGNET FOR SIMULATION TASKS OF ATLAS

Surmava Archil, Kekelia Besik, Tsutskiridze Niko  
Georgian Technical University

### Summary

Simulation of real experiment is one of the most important task for ATLAS experiment (Large Hadron Collider, CERN, Geneva, Switzerland). Data from detector generated by hardware while in simulation source is MonteCarlo software. Data/MC discrepancy is one of the main field of investigation for the simulation. There are several reasons which cause Data/MC discrepancy, but most big influence has inaccuracies of ATLAS detector geometry descriptions. One of the problematic regions from this point of view was End-CAP Toroid (ECT). So Nuclear Engineering team from Georgian Technical University investigated consistency of ECT geometry using in simulation packages with ECT “as-built” geometry.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРОИДАЛЬНОГО МАГНИТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧИ ATLAS

Сурмава А., Кекелия Б., Цуцкиридзе Н.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

Моделирование реального эксперимента является одним из наиболее важных задач для работы Атлас эксперимента (Большого адронного коллайдера, CERN, Женева, Швейцария). От Атлас детектора данные генерируются аппаратно, а моделирование осуществляется программным пакетом с использованием метода Monte Carlo. Точность данных Data / MC является главнейшим фактором при моделировании. Важнейшим фактором различия данных считается геометрическая модель ATLAS детектора. Под таким проблемным регионом подразумевается место тороидального магнита End-CAP Toroid (ECT). Группа ядерной инженерии Грузинского Технического Университета провела сравнительный анализ инженерной модели тороидального магнита ECT с моделью ECT из моделирующего программного пакета.

## ხელშეშლამდგრადობის საკითხები ოპტიკურ სატრანსპორტო ქსელებში

კახა ხომტარია, ლევანი კახელი, ნიკოლოზ აბზიანიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელის ფიზიკური დონის, DWDM სისტემების, ხელშეშლამდგრადობისათვის ისეთი უმნიშვნელოვანესი პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულება, როგორცაა შეცდომების კოეფიციენტი, სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობა, Q ფაქტორი; ოპტიკური სიგნალ/ხმაურის სიდიდის ცვლილების ხასიათი ოპტიკური მამლიერებლების კასკადში ინფორმაციული სიგნალის გავლისას; განსაზღვრულია გადაცემაზე და მიღებაზე სიგნალის სიმძლავრის ზღვრული მნიშვნელობები და გამლიერების უზენების სიგრძეები სხვადასხვა სიჩქარის სიგნალების გადაცემისას ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ხაზით.

**საკვანძო სიტყვები:** DWDM. შეცდომების კოეფიციენტი. Q-ფაქტორი. ოპტიკური სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობა. სპონტანური ემისია. ხმაურის კოეფიციენტი.

### 1. შესავალი

OTN (ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელი) ტექნოლოგია დაკავშირებულია WDM(DWDM) ტალღის სიგრძის მიხედვით მულტიპლექსირების ტექნოლოგიასთან, რადგან ამ უკანასკნელის სპექტრული არხებით გადაიცემა OTN-ით ფორმირებული სიგნალები და აღნიშნული ქსელების პროექტირებისას ერთერთი მთავარი ამოცანაა ე.წ. სიმძლავრის ბიუჯეტის სწორად განაწილება DWDM სისტემაში, რაც გულისხმობს ამ უკანასკნელის ცალკეულ არხებში ოპტიკური სიგნალის გადაცემისას მიღვეის, დისპერსიის, სხვადასხვა ტიპის ხელშეშლების გამო გამოწვეული კარგების ანალიზსა და ამის საფუძველზე OSNR (ოპტიკური სიგნალი/ხელშეშლა ფარდობის) ისეთი მინიმალური მნიშვნელობის დადგენას ქსელის ნებისმიერ მონაკვეთზე, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ შესაძლებელია მიმღებ მხარეს სიგნალის საჭირო ხარისხის უზრუნველყოფა.

სტატიის მიზანია ოპტიკური გადაცემის სისტემების ხელშეშლამდგრადობის საკითხების ანალიზი და სიგნალ-ხელშეშლის ფარდობის ოპტიმალური მნიშვნელობების დადგენა სხვადასხვა სიჩქარის ციფრული სიგნალებისათვის არხში შეცდომების მოთხოვნილი კოეფიციენტის, გამოყენებული მოდულაციის ტიპის, მამლიერებლების ხმაურის კოეფიციენტისა და ოპტიკური მამლიერებლებისათვის დამახასიათებელი ხელშეშლების დაგროვების თვისების გათვალისწინებით.

### 2. ძირითადი ნაწილი

OSNR-ის განსაზღვრისას უნდა გვახსოვდეს, რომ გადაცემის ციფრული სისტემების ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია მოთხოვნილი შეცდომების ალბათობის მნიშვნელობის (შეცდომების კოეფიციენტის სიდიდის) უზრუნველყოფა. თანამედროვე მაღალსიჩქარიანი სისტემები შექმნილია პრაქტიკულად უშეცდომო მუშაობისათვის

(სხვადასხვა გამოყენებისათვის შეიძლება გვექონდეს BER-ის მნიშვნელობები დაწყებული  $10^{-9}$ ,  $10^{-10}$ ,  $10^{-12}$ ,  $10^{-15}$  ...), ამასთანავე, საკმაოდ რთულია უშუალოდ BER-ის მნიშვნელობების მონაცემებით სისტემის მახასიათებლების შემოწმება (შედეგების დათვლა რეალური სტატისტიკისათვის) [1]. ბევრად უფრო მოსახერხებელია გაზომვების ჩატარება ე.წ. Q- ფაქტორის გამოყენებით. Q-ფაქტორი არის პარამეტრი, რომელიც უშუალოდ ასახავს ციფრული გადაცემის სისტემის სიგნალის ხარისხს. არსებობს ფუნქციური დამოკიდებულება სიგნალის Q-ფაქტორსა და BER-ს შორის. Q-ფაქტორი განისაზღვრება სიგნალის ამპლიტუდისა და ფაზის გაზომვების შედეგების სტატისტიკური დამუშავებით ელექტრულ დონეზე, კერძოდ, უშუალოდ „თვალის დიაგრამის“ მიხედვით. ამასთანავე აიგება „1“ და „0“ -ის მდგომარეობების განაწილების ფუნქციები, იმის გათვალისწინებით, რომ მათ აქვთ გაუსის ფორმა, შეფასდება მდგომარეობების მათემატიკური მოლოდინები E1 და E0 და მათი საშუალო კვადრატული გადახრები  $\sigma_1$  და  $\sigma_0$ .

$$Q = (E1 - E0)/(\sigma_1 + \sigma_0) \tag{1}$$

$$BER(Q) = 1/2 \operatorname{erfc}(Q/\sqrt{2}) \tag{2}$$

ზოგადად  $\operatorname{erfc}x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \operatorname{EXP}\left(-\frac{x^2}{2}\right)$ .

როცა  $x > 3$ , აღნიშნული ფუნქცია შეიძლება გამოვითვალოთ მიახლოებითი ფორმულით:

$$\operatorname{erfc}x \approx \frac{1}{x\sqrt{2\pi}} \operatorname{EXP}\left(-\frac{x^2}{2}\right),$$

ე.ი. BER შეიძლება გამოვითვალოთ მიახლოებით:

$$BER(Q) \approx \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \operatorname{EXP}\left(-\frac{Q^2}{2}\right).$$

ხმაურის გარეშე იდეალური დეტექტირებისას ( $\sigma_0 = 0$ ), ე.ი.  $Q = \frac{E1-E0}{\sigma_1}$ . ამ შემთხვევაში  $OSNR = Q^2$ . რეალურ არხში, რომელშიც მაღალია ხმაურის დონე  $OSNR = 4Q^2$  [2].

ქვემოთ მოყვანილია გამოთვლილი მნიშვნელობები ასეთი შემთხვევისათვის:

<b>Q = 6,0</b>	<b>BER = 1.14 × 10<sup>-9</sup></b>	<b>OSNR = 4Q<sup>2</sup></b>	<b>OSNR = 144</b>	<b>OSNR = 21.6დბ</b>
<b>Q = 6,36</b>	<b>BER = 1.18 × 10<sup>-10</sup></b>	<b>OSNR = 4Q<sup>2</sup></b>	<b>OSNR = 161.8</b>	<b>OSNR = 22.09დბ</b>
<b>Q = 7.05</b>	<b>BER = 1.002 × 10<sup>-12</sup></b>	<b>OSNR = 4Q<sup>2</sup></b>	<b>OSNR = 198.8</b>	<b>OSNR = 22.9დბ</b>
<b>Q = 7.95</b>	<b>BER = 1.16 × 10<sup>-15</sup></b>	<b>OSNR = 4Q<sup>2</sup></b>	<b>OSNR = 252.8</b>	<b>OSNR = 24დბ</b>

OSNR-ის მნიშვნელობაზე სხვა ფაქტორებთან ერთად გავლენას ახდენს EDFA (ერბიუმით ლეგირებული ოპტიკური ოპტიკური მამლიერებელი)-ის ხმაურის ფაქტორი. ის ხასიათდება 3 ძირითადი პარამეტრით: გაძლიერების კოეფიციენტი, გაჯერების სიმძლავრე, ხმაურის ფაქტორი. გაძლიერების კოეფიციენტი G და მისი ლოგარითმული ეკვივალენტი  $g = 10\lg G$  [დბ] განისაზღვრება:

$$G = P_{s \text{ out}}/P_{s \text{ in}}, \quad g = p_{s \text{ out}} - p_{s \text{ in}} \tag{3}$$

სადაც  $P_{s \text{ in}}$  და  $P_{s \text{ out}}$  სიმძლავრეები მაძლიერებლის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე, ხოლო  $p_{s \text{ in}}$  და  $p_{s \text{ out}}$  - შესაბამისი დონეები, გამოსახული ლოგარითმულ ერთეულებში:

$$p_s = 10\lg(P/1\text{მვტ}) \text{ [დბს]}.$$

ოპტიკური მაძლიერებლის ხმაურის კოეფიციენტი განისაზღვრება მაძლიერებლის შესასვლელზე  $OSNR_{in}$ -ის ფარდობით გამოსასვლელზე  $OSNR_{out}$  - თან:

$$NF = OSNR_{in}/OSNR_{out} \quad (4),$$

სადაც  $OSNR_{in} = P_{s in} / P_{n in}$ , ხოლო  $OSNR_{out} = P_{s out} / P_{n out}$ .

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ NF განისაზღვრება იმ პირობით, რომ მაძლიერებლის შესასვლელზე გვაქვს იდეალური კოჰერენტული სიგნალი, ე.ი. ხმაურის მინიმალური თეორიული მნიშვნელობა განისაზღვრება კვანტური ფლუქტუაციებით:  $P_{N in} = h\gamma\Delta\nu$ , სადაც  $h$  - პლანკის მუდმივაა,  $\gamma$  - ოპტიკური ტალღის სიხშირე;  $\Delta\nu$ - არხის სპექტრული სიგანე. ხმაურის სიმძლავრე ამაზე ნაკლები არ შეიძლება იყოს. ასეთი იდეალური სიგნალის შემთხვევაში სიგნალ/ხმაურის ფარდობა იქნება მაქსიმალური:

$$OSNR_{in} = P_{s in}/h\gamma\Delta\nu.$$

იმავედროულად, მაძლიერებლის გამოსასვლელზე ხმაურის სიმძლავრე იქნება

$$P_{N out} = P_{ASE} + h\gamma\Delta\nu.$$

გაძლიერებული სპონტანური გამოსხივების სიმძლავრე განისაზღვრება ასე [3]:

$$P_{ASE} = 2n_{sp}(G - 1)h\gamma\Delta\nu$$

სადაც  $n_{sp}$  სპონტანური ემისიის კოეფიციენტი.  $n_{sp} = 2$ .

თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $P_{s out}/P_{s in} = G$ , მაშინ (2) - ს მიხედვით ხმაურის ფაქტორი შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახოს:

$$NF = 1/G(1 + 2n_{sp}(G - 1)). \quad (5)$$

**განვიხილოთ მაგალითი:** ვთქვათ გვაქვს გაძლიერების 7 უბანი, შესაბამისად 6 მაძლიერებელი. თითოეული უბნის სიგრძე არის 80კმ. მთლიანი სიგრძე იქნება 560 კმ. ჯერ განვსაზღვროთ გაძლიერების კოეფიციენტი:

$g = a_{ობ} + a_{ოშ}$ ; ოპტიკური ბოჭკოს დანაკარგები  $a_{ობ} = a \cdot \sum L_i$ ;  $L_i$  არის ოპტიკური კაბელის სამშენებლო სიგრძე.

$$a_{ობ} = a_{ფშ} \cdot N_{ფშ} + a_{აგ} \cdot N_{აგ}; \quad N_{nc} = \frac{L}{L_i} - 1; \quad L_i = 5\text{კმ}.$$

$$a = 0.21\text{დბ}; \quad a_{ობ} = a_{of} = a \cdot L_A = 0.21 \cdot 80 = 16.8\text{დბ};$$

$$a_{ოშ} = 0.05 \cdot 16 + 0.25 \cdot 2 = 1,3 \text{ დბ}; \text{ მაშინ } g = 16.8 + 1.3 = 17,1\text{დბ}.$$

გამოთვლას ვაწარმოებთ ერთი ოპტიკური არხისათვის გადაცემის სხვადასხვა სიჩქარით: 2,5 გბტ/წმ; 10გბტ/წმ და 40გბტ/წმ. ვუშვებთ, რომ ყველა მაძლიერებელს აქვს ერთიდაიგივე გაძლიერების კოეფიციენტი.

ხმაურის მინიმალური სიმძლავრე ოპტიკური მაძლიერებლის შესასვლელზე გადასაცემი ოპტიკური სიგნალის სიხშირულ ზოლში  $P_{ბმ შგს.} = h\gamma\Delta\nu = N_0$ , სადაც  $h = 6.652 \cdot 10^{-34}$



$j.c$  – პლანკის მუდმივა;  $\gamma$  - ოპტიკური სიხშირე;  $\Delta\gamma$  - არხის სპექტრული სიგანე. ხმაური ოპტიკური მაძლიერებლის გამოსასვლელზე წარმოადგენს კვანტური ხმაურებისა და გაძლიერებული სპონტანური ემისიის ჯამს ASE (Amplified Spontaneous Emission). გაძლიერებული სპონტანური გამოსხივების სიმძლავრე აღვნიშნოთ ASE<sub>AF</sub>.

ჩვენ შემთხვევაში  $g = 18.05$  დბ. ე.ი.  $10\lg G = 18.05$ .  $G = 63$ .

$NF = 1/3 (1 + 4 \times (63 - 1)) = 4$ .  $10\lg 4 = 6$  დბ.  $k = 6$ . ხაზის ბოლოში OSNR შემცირდება სიდიდით  $\Delta OSNR = 10 \lg(k \cdot NF - k + 1) = 10 \lg 28 = 14,5$  დბ.

შესასვლელი OSNR<sub>შეს</sub> არ უნდა იყოს ნაკლები, ვიდრე  $OSNR_{შეს} = OSNR + \Delta OSNR = 22,09 + 14,5 = 36,6$  დბ.

პირველი ოპტიკური მაძლიერებლის შესასვლელზე ხმაურის სიმძლავრე განისაზღვრება კვანტური ხმაურით  $P_{Nin} = h\nu\Delta\nu$ . ამ შემთხვევაში ოპტიკური სიმძლავრის დონეები მიღებაზე და გადაცემაზე გადაცემის სხვადასხვა სიჩქარისას **BER = 10<sup>-10</sup>**- ის შემთხვევაში იქნება:

$$C1 = 2,5 \text{ გბტ/წმ}; N_0 = -65 \text{ დბ};$$

$$P_{\text{მიღ}} = OSNR_{\text{შეს}} - N_0 = -28,4 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = P_{\text{მიღ}} + g = -28,4 + 18,05 = -10,35 \text{ დბს}.$$

$$C2 = 10 \text{ გბტ/წმ}; N_0 = 10 \lg (6.6252 \times 10^{-34} \times 193.4 \times 10^{12} \times 10 \times 10^9 \times 10^3) = -59 \text{ დბ}$$

$$P_{\text{მიღ}} = OSNR_{\text{შეს}} - N_0 = -22,4 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = P_{\text{მიღ}} + g = -22,4 + 18,05 = -4,35 \text{ დბს}.$$

$$C3 = 40 \text{ გბტ/წმ}; N_0 = 10 \lg (6.6252 \times 10^{-34} \times 193.4 \times 10^{12} \times 40 \times 10^9 \times 10^3) = -52,9 \text{ დბ}$$

$$P_{\text{მიღ}} = OSNR_{\text{შეს}} - N_0 = -16,3 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = P_{\text{მიღ}} + g = -16,3 + 18,05 = 1,75 \text{ დბს}.$$

როცა  $BER = 10^{-12}$

$$OSNR_{\text{შეს}} = 23 \text{ დბ}; OSNR_{\text{შეს}} = OSNR + \Delta OSNR = 23 + 14,5 = 37,5 \text{ დბ}.$$

$$C1\text{-სათვის } P_{\text{მიღ}} = -27,5 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = -9,45 \text{ დბს}.$$

$$C2\text{-სათვის } P_{\text{მიღ}} = -21,4 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = -4,3 \text{ დბს}.$$

$$C3\text{- სათვის } P_{\text{მიღ}} = -15,4 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = 1,7 \text{ დბს}.$$

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა  $BER = 10^{-15}$

$$OSNR_{\text{შეს}} = 24 \text{ დბ}; OSNR_{\text{შეს}} = OSNR + \Delta OSNR = 24 + 14,5 = 38,5 \text{ დბ}.$$

$$C1\text{- სათვის } P_{\text{მიღ}} = -26,5 \text{ დბს}; P_{\text{გად}} = -8,45 \text{ დბს}.$$

$$C2\text{- სათვის } P_{\text{მიღ}} = -20,5 \text{ დბს}; P_{\text{გად}} = -2,45 \text{ დბს}.$$

$$C3\text{- სათვის } P_{\text{მიღ}} = -14,4 \text{ დბს}. P_{\text{გად}} = 3,65 \text{ დბს}.$$

40 გბტ/წმ სიგნალისათვის შიძლება გამოვიყენოთ დუობინარული კოდირება, რომელიც ერთნახევარჯერ ამცირებს გადასაცემი სიგნალის სიხშირულ ზოლს [5]. ამ შემთხვევაში თუ ფილტრში გავატარებთ დუობინარულ სიგნალს და მერე აღვადგენთ საწყის ორობით კოდურ მიმდევრობას,  $N_0$ -ს განსაზღვრისას გავითვალისწინებთ

$$40/1,5 = 26,6 \text{ გბტ/წმ სიხშირულ ზოლს. შესაბამისად გვექნება:}$$

$$N_0 = 10 \lg (6.6252 \times 10^{-34} \times 193.4 \times 10^{12} \times 26,6 \times 10^9 \times 10^3) = -54,7 \text{ დბ}.$$

$$P_{\text{მიღ}} = OSNR_{\text{შეს}} - N_0 = 38,5 - 54,7 = -16,2 \text{ დბს}$$

ამ შემთხვევაში უბნის სიგრძე იქნება  $5,9 / 0,213$

ზემოთ მოყვანილი გამოთვლების საფუძველზე ოპტიკური სიგნალის გადაცემის სიმძლავრის ( $P_{\text{გად}} = -11,3$  დბს) მნიშვნელობის გამოყენებით განვსაზღვრეთ განხილული

ოპტიკური ხაზის გაძლიერების უზნების ზღვრული სიგრძეები STM-16; STM-64 და STM-256 სიგნალებისათვის შეცდომების კოეფიციენტების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. შედეგები მოყვანილია 1-ელ ცხრილში. ცხადია, ეს მნიშვნელობები არ არის აბსოლუტური და გვიჩვენებს მხოლოდ თანაფარდობას გაძლიერების უზნების სიგრძეებს შორის სამი სხვადასხვა სიჩქარის სიგნალისათვის (2,5; 10 და 40 გბტ/წმ).

B		გაძლიერების უზნების ზღვრული სიგრძეები			ცხრ.1	
		L, კმ				
BER		STM-16	STM-64	STM-256		
		2,5 გბტ/წმ	10 გბტ/წმ	40 გბტ/წმ		
		10 <sup>-10</sup>	80	57		27,8
		10 <sup>-12</sup>	79	52		24
10 <sup>-15</sup>	77	47,6	19,4/27.7			

კონკრეტულად ცხრილში ასახულია გაძლიერების უზნების ზღვრული სიგრძეები ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ხაზის, 6 ოპტიკური მაძლიერებლით, STM-16; STM-64 და STM-256 სიგნალებისათვის და შეცდომების კოეფიციენტების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

### 3. დასკვნა

გამოთვლის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ოპტიკური მაძლიერებლების გამოყენება ამცირებს გადაცემული ინფორმაციული სიგნალების სიგნალ/ხმაურის ფარდობას, რადგან თითოეული მაძლიერებელი ამატებს საკუთარ ხმაურს, რომელიც გამოწვეულია გაძლიერებული სპონტანური ემისიით, რომელიც გავლენას ახდენს არხში სიმძლავრის მინიმალური დონის დადგენაზე (შეზღუდვაზე). ამასთანავე, გადასაცემი სიგნალის სიჩქარის გაზრდისას გაძლიერების უზნების ერთიდაიგივე სიგრძის შემთხვევაში შესაბამისად იზრდება სიგნალების გადაცემის და მიღების დონეები, ხოლო ერთიდაიგივე გადაცემის დონის გამოყენებისას სიჩქარის ზრდასთან ერთად მცირდება გაძლიერების უზნების სიგრძე.

### ლიტერატურა:

1. Bergano Neal S., Kerfoot F.W., Davidson C.R. (1993). Margin Measurements in Optical Amplifier Systems. Reprint of most cited article from IEEE PTL Vol.5. [http://photonicsociety.org/newsletters/oct07/margin\\_measurement.pdf](http://photonicsociety.org/newsletters/oct07/margin_measurement.pdf).
2. Dahlgren R. Noise in Fiber Optic Communication Links. <http://www.svphotonics.com/-pub/pub029.pdf>.
3. Убайдулаев Р. Р. (2003). Протяжённые ВОЛС на основе EDFA. Lightwave Russian Edition. №1. – С. 22-28.
4. Багаветдинов Д.Н., Миронов С.А. Расчет помехоустойчивости участка ВОЛС с оптическими усилителями. [http://fpro.ifmo.ru/kmu/kmu6/ВЫПУСК\\_4/Ready\\_инф\\_телеком](http://fpro.ifmo.ru/kmu/kmu6/ВЫПУСК_4/Ready_инф_телеком)

## NOISE IMMUNITY ISSUES IN OPTICAL TRANSPORT NETWORKS

Khoshtaria Kakha, Kakheli Levan, Abzianidze Nikoloz

Georgian Technical University

### Summary

The article deals with the physical level of the optical transport network, DWDM systems, noise immunity for the most important parameters of interdependence, such as bit error rates (BER), signal/noise ratio, Q factor; It is estimated the optical signal/noise ratio variations, when information signal is transmitted through cascade of optical amplifiers; There are defined on the transmission and reception points signal power limit values and lengths of amplifying spans for signals with different rates in the fiber-optic transmission line.

## ВОПРОСЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Хоштария К., Кахели Д., Абзианидзе Н.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассмотрена взаимосвязь таких важнейших параметров помехоустойчивости для физического уровня оптической транспортной сети, DWDM системы, какими являются коэффициент ошибок –BER, отношение сигнал.шум - OSNR, Q фактор; характер изменения величины OSNR при прохождении сигнала через каскад оптических усилителей; определены граничные значения мощности сигнала на передаче и приёме и длины усилительных участков при передаче сигналов с разными скоростями по оптическо-волоконной линии.

## სხვადასხვა ხსნარების ქიმიური ანალიზისათვის სითხეების გადასატუმბი მოწყობილობა

ნუგზარ იაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

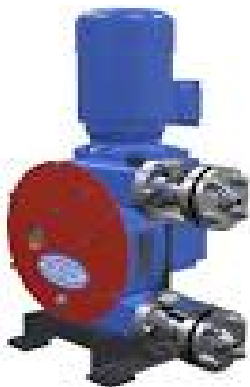
განხილულია ხსნარების ანალიზისათვის სითხეების დოზირებისა და მისი გადატუმბვის ახალი მოწყობილობა. აღწერილია პერისტალტიკური ტუმბოს სტრუქტურა და მისი მუშაობის პროცესი. პერისტალტიკური ტუმბოები ზოგადად მიეკუთვნება მოცულობით ტუმბოებს და სხვა პრინციპზე აგებული ტუმბოებისაგან განსხვავებით მასში გადასატუმბი სითხე შეხებაშია მხოლოდ ტუმბოს ელასტიურ ნაწილთან. ამის გამო ცვეთას განიცდის ტუმბოს მხოლოდ ელასტიური ნაწილი (მილი ან შლანგი). შემოთავაზებულია ახალი ორიგინალური კონსტრუქციის პერისტალტიკური ტუმბო რომელშიც შლანგის მიმმართველებად გამოყენებულია დამატებითი და დამჭერი გორგოლაჭები. ნაჩვენებია ის დადებითი მომენტები, რომლებიც შემოთავაზებულ გადასატუმბ მოწყობილობას გააჩნია. შლანგური ტუმბოს ახალმა ვარიანტმა თავისი დადებითი თვისებების გამო შეიძლება გამოყენება ჰპოვოს მრავალ სფეროში.

**საკვანძო სიტყვები:** ხსნარების ანალიზი, სითხეების გადატუმბვა, პერისტალტიკური ტუმბო, ელასტიური შლანგი.

### 1. შესავალი

მრავალ საწარმოო-ტექნოლოგიურ პროცესში და სხვადასხვა ხსნარების ლაბორატორიული ქიმიური ანალიზისათვის აუცილებელია სითხეების გადაქაჩვა (გადატუმბვა) ერთი მოწყობილობიდან, ჭურჭლიდან, სათავსიდან სხვა მოწყობილობაში, ჭურჭელში, სათავსში. ამისათვის გამოიყენება სპეციალური მოწყობილობა – ტუმბო.

არსებობს ტუმბოების მრავალი სახეობა, რომლებიც გამოირჩევა დანიშნულების, მოქმედების პრინციპის, გადასაქაჩი სითხის სახეობის, წარმადობის და სხვა ნიშნებით. ქიმიურ ლაბორატორიებში და ისეთ საწარმოო პროცესებში, სადაც მოითხოვება სითხეების ზუსტად განსაზღვრული (დოზირებული) რაოდენობის გადაქაჩვა ფართო გამოყენება ჰპოვა ე. წ. პერისტალტიკურმა ტუმბომ. მისი უფრო სწორი დასახელებაა მილისებრი ან შლანგისებური ტუმბო [1,2]. მათი უახლესი მოდელები ნაჩვენებია 1-ელ და მე-2 ნახაზებზე.



ნახ.1. პერისტალტიკური ტუმბოს ხედი



ნახ.2. შლანგური ტუმბოს ჭრილი

ასეთი ტუმბოების მუშაობის პრინციპს შეადგენს რაიმე ელასტიური მასალისაგან დამზადებულ მილზე ან შლანგზე მექანიკური გორგოლაჭების დაწოლით მათში არსებული სითხის გადაადგილება (გადაქაჩვა) მოწყობილობის გამოსასვლელისაკენ. ეს ხორციელდება გორგოლაჭების დაწოლით რაიმე მყარ ზედაპირზე, როდესაც ზედაპირსა და გორგოლაჭებს შორის მოთავსებულია ელასტიური მილი ან შლანგი. იმისდა მიხედვით, თუ რა გამოიყენება ელასტიურ ნაწილად, არსებობენ მილისებური და შლანგისებური ტუმბოები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

პერისტალტიკური ტუმბოები მიეკუთვნებიან მოცულობით ტუმბოებს და მათ გააჩნიათ რამდენიმე დადებითი ნიშან-თვისება, სხვა პრინციპზე აგებული ტუმბოებისაგან განსხვავებით:

- არ გააჩნია „მეტალი - მეტალზე“ მოქმედი მოხახუნე ელემენტები;
- გადასატუმბი სითხე შეხებაშია მხოლოდ ტუმბოს ელასტიურ ნაწილთან (მხოლოდ მილთან ან შლანგთან);
- ტუმბო არ შეიცავს სარქველებს, ჩოხალებს, მამჭიდროებლებსა და სხვა მექანიკურ ნაწილებს;
- გააჩნია მზადყოფნის მაღალი კოეფიციენტი, მოცდენის მცირე დრო;
- ადვილია მოწყობილობის ექსპლუატაცია, გაწმენდა და საერთოდ, მომსახურება;
- ცვეთას განიცდის ტუმბოს მხოლოდ ელასტიური ნაწილი (მილი ან შლანგი);
- ტუმბოს მუშაობა ხასიათდება მცირე ხმაურით.

აქვე უნდა აღინიშნოს ასეთი ტუმბოების უარყოფითი მხარეები: დამოკიდებულება გადასატუმბ სითხის ტემპერატურაზე (არსებული ტუმბოები მუშაობს 100°C-ის ტემპერატურის მქონე სითხეებზე); შეზღუდულია მილზე ან შლანგზე გორგოლაჭების დაწოლის ძალა (20-25 ატმოსფეროს ფარგლებში); ბლანტი სითხეების გადატუმბვის დროს მცირდება მოწყობილობის მუშაობის მ.ქ.კ.

ზოგადად, შესრულების მხრივ, გამოყოფენ პერისტალტიკური ტუმბოების ორ ჯგუფს:

1. მონობლოკური ტუმბოები - Cased pump;
2. მოდულური ტუმბოები - Close-coupled pump.

პირველ შემთხვევაში ამძრავი, რედუქტორი და ტუმბოს მართვის ელემენტები მოთავსებულია ერთ მონოლითურ კორპუსში (გარსაცმში), ხოლო მეორე შემთხვევაში - ტუმბო წარმოადგენს ცალკეული შემადგენელი ბლოკებისა და კვანძების ერთობლიობას ერთიანი კორპუსის გარეშე [3,4].

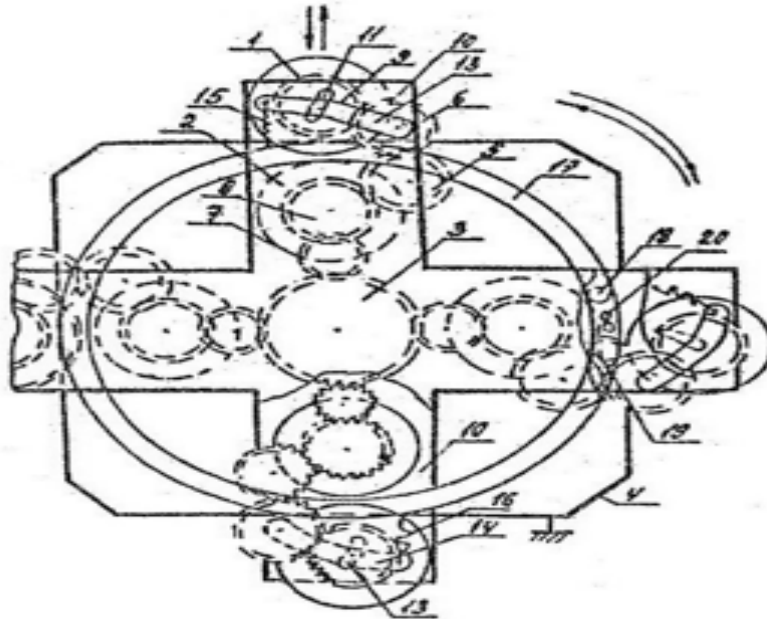
პერისტალტიკური ტუმბოების გამოყენება დაიწყო მე-20 საუკუნის 50-იანი წლებიდან. ამ საქმის პიონერები იყვნენ ფირმები - Graco (აშშ) ASF Thomas (გერმანია); Watson-Marlow (დიდი ბრიტანეთი), Welco (იაპონია) და Brightwell (კანადა), რომლებიც ამჟამადც წარმატებით აგრძელებენ საქმიანობას ამ სფეროში.

უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად პერისტალტიკური ტუმბოების მუშაობის პრინციპის უცვლელობისა, ხდება მისი ცალკეული კვანძებისა და ნაწილების ცვლილება და განახლება. მაგალითად, ტუმბოების ელასტიური მილების ან შლანგების დასამზადებლად გამოიყენება ახალი თანამედროვე მასალები: ბიოპრენი, მარპრენი, სილიკონი და სხვა.



კანადურმა ფირმა Brightwel- მა დაამუშავა ტუმბოს თავაკის ახალი ვარიანტი, რომელიც საშუალებას იძლევა სწრაფად (რამდენიმე წუთში) გამოიცვალოს გაცვეთილი ელასტიური ელემენტი. სწორედ ელასტიური შლანგი (ან მილი) განსაზღვრავს ტუმბოს მუშაობის იმედიანობას და ხანგრძლივობას.

სხვადასხვა სითხეების გადასატუმბად და დოზირებისათვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია პერისტალტიკური შლანგისებური ტუმბოს ერთ-ერთი ვარიანტი, რომლის სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახაზზე (ნახ.3).

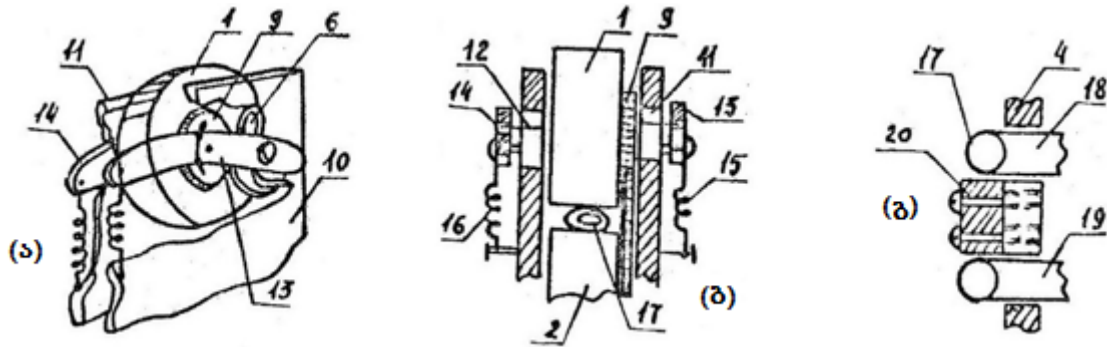


ნახ. 3. პერისტალტიკური ტუმბოს სტრუქტურა

1-დამატებითი გორგოლაჭები, 2-მიმჭერი გორგოლაჭები, 3-უძრავი კბილანა, 4-კორპუსი, 5, 6 და 7 შუალედური კბილანები, 8 და 9-წამყვანი კბილანები, 10-როტორი, 11 და 12 - ჭრილები, 13 და 14 - მხრეულები, 15 და 16-ზამბარები, 17-ელასტიური შლანგი, 18 და 19-მილყელები, 20-თამასა

მოწყობილობა ძირითადი გორგოლაჭების გარდა შეიცავს დამატებით 1 და დამჭერ 2 გორგოლაჭებს, რომლებიც დამზადებული უნდა იყოს არადეფორმირებადი მასალისაგან. კორპუსი 4-ზე დამაგრებულია უძრავი კბილანა 3, შუალედური კბილანები 5, 6 და 7, წამყვანი კბილანები 8 და 9, რომლებიც ასევე უძრავად (მყარად) არიან დამაგრებულნი დამატებით 1 და დამჭერ 2 გორგოლაჭებზე. კბილანები 3, 5, 6, 7 და 8-ის ღერძები თავისუფლად მოძრაობენ როტორი 10-ის ხვრეტილებში, ხოლო წამყვანი კბილანა 9-ის ღერძი მოთავსებულია 11 და 12 ჭრილებში [5].

მათ აქვს შესაძლებლობა გადაადგილდეს კბილანა 6-ის პარალელურად როტორი 10-ის ორივე მხარეს. მის ჯვარედზე დამაგრებულია მხრეულები 13 და 14, რომლებშიც მოთავსებულია კბილანები 6 და 9-ის ღერძები. მხრეულები 13 და 14-ის გამომყვანებზე დამაგრებულია ზამბარები 15 და 16, რომელთა მეორე ბოლოები მიერთებულია როტორი 10-ის ჯვარედებზე (ნახ.4).



ნახ. 4. პერისტალტიკური შლანგური ტუმბოს ელემენტები

ა) როტორი და მხრეულები; ბ) გორგოლაჭები და ზამბარები; გ) ელასტიური შლანგი

როტორის 10-ის ბრუნვისას უძრავი კბილანა 3-ის საშუალებით როტორის 10-ის ბრუნვისას შუალედური კბილანა 7-ის საშუალებით დამჭერი გორგოლაჭები 2, იწყებენ ბრუნვას, ხოლო შუალედური კბილანა 5 და 6 წამყვანი კბილანა 9-ის დახმარებით მოძრაობს დამატებითი გორგოლაჭები 1. ამავე დროს დამატებითი 1 და დამჭერი 2 გორგოლაჭები ბრუნავენ ერთმანეთის საპირისპიროდ და ემთხვევა როტორ 10-ის მოძრაობის მიმართულებას. მხრეულები 13 და 14 ზამბარა 15 და 16 საშუალებით გორგოლაჭებს 1 მიაჭერენ ელასტიურ შლანგს 17.

სითხის გადაქაჩვა ელასტიურ შლანგებში 17 ხდება როტორი 10-ის მოძრაობის მიმართულებით. დამატებითი გორგოლაჭების 1-ის მიერ შესავალი და გამომავალი მილყელების 18 და 19 გავლისას, გადაივლის რა თამასა 20 აიწევა, რაც უზრუნველყოფს როტორის 10 მდორე სვლას. კბილანების 5, 6, 7, 8 და 9 ზომები უნდა შეირჩეს ისე, რომ დამატებითი 1 და მიმჭერი 23 გორგოლაჭების კუთხური სიჩქარე ემთხვეოდეს ელასტიურ შლანგზე 17-ზე გადაადგილების ხაზოვან სიჩქარეს (ე. ი. გორგოლაჭი 1 გარე, ხოლო გორგოლაჭი 2 შიდა მხარეებზე). ეს თავის მხრივ გამორიცხავს ელასტიური შლანგის 17 დეფორმაციასა და მის ცვეთას.

### 3. დასკვნა

შემოთავაზებული შლანგისებური (პერისტალტიკური) ტუმბო განსხვავდება არსებული ტუმბოებისაგან იმით, რომ შლანგის მიმმართველად გამოყენებულია დამატებითი გორგოლაჭები, რომლებიც განლაგებულია ელასტიური შლანგის გარე მხრიდან, ხოლო ზამბარებიანი მხრეული გამოყენებულია დამატებითი გორგოლაჭების შლანგზე მიჭერისათვის. ჩვენი აზრით, შლანგური ტუმბოს შემოთავაზებულმა ვარიანტმა თავისი დადებითი თვისებების გამო შეიძლება გამოყენება ჰპოვოს სხვადასხვა სფეროში. პირველ რიგში ეს ეხება მედიცინას, მაგალითად, დიალიზის მოწყობილობისათვის. ტუმბოს გამოყენება შესაძლებლად მიგვაჩნია სისხლის მიმოქცევის მოწყობილობებში. ახალმა ტუმბომ შეიძლება ადგილი მოიპოვოს აგრეთვე ფარმაცევტიკაში, სხვადასხვა წამლების დასამზადებლად სითხეების დოზირებული გადატუმბვისათვის.

### ლიტერატურა:

1. Михеев А.Ю. (2013). Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия. Автореферат диссертации.М.

2. Гринев Д.В. (2014). Обзор и анализ роторных насосов объемного типа. Вестник Псковского Государственного университета. №4. Псков. ПГУ.
3. Насосы для химических производств. (2003). Справочник. М.
4. Соколов С.В., Гуревич А.П. (1987). Автоматическое дозирование жидких средств. Ленинград. Химия.
5. Яшвили Н.Г., Кахеладзе К.Г., Кахеладзе З.К. Перистальтический дозатор. Авторское свидетельство #1798541. М.1992.

## A DEVICE FOR PUMPING OF DIFFERENT FLUIDS DURING CHEMICAL ANALYSIS

Iashvili Nugzar

Georgian Technical University

### Summary

The problems of creating a new device for dosing and pumping liquids in the chemical analysis of various solutions. We describe the structure of the new peristaltic pump and the process of work. Generally, Peristaltic pumps are displacement pumps and unlike the other pumps constructed on a different principle, the pumped liquid applies only to elastic part of the pump. Therefore, only the elastic part of the pump is the subject of wear (pipe or hose). A new pump with original construction is proposed, where the additional and pinch rollers are used for direction. The positive aspects of the new peristaltic pump are shown. Because of its positive qualities the new version of the peristaltic pump will find application in many areas.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Иашвили Н.Г.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассмотрены вопросы создания нового устройства для дозирования и перекачивания жидкостей в процессе проведения химического анализа различных растворов. Описаны структура нового перистальтического насоса и процесс работы. Перистальтические насосы в общем случае относятся к объемным насосам и в отличие от насосов построенных на другом принципе, в нем перекачиваемая жидкость касается только эластическую часть насоса. Поэтому износу подвергается только эластическая часть насоса (труба или шланг). Предложен новый насос, оригинальной конструкции, в котором в качестве направляющих использованы дополнительные и прижимные ролики. Показаны положительные моменты нового перистальтического насоса. Из за своих положительных качеств новый вариант перистальтического насоса должно найти применения во многих сферах.

## ინტელექტუალური სენსორები და მათი გავითარების პერსპექტივები

ომარ ტომარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია ინტელექტუალური სენსორები და სენსორული ტექნიკის შემდგომი განვითარების პერსპექტივები. ილუსტრირებულია ის კონკრეტული მაგალითები, რომელთა დამუშავებაც უკვე მიმდინარეობს. კერძოდ, გამახვილებულია ყურადღება იმ უახლეს სისტემებზე, როგორცაა „ინტელექტუალური შენობები“, „ჭკვიანი სახლი“, „ინტელექტუალური ტრანსპორტი“, „ინტელექტუალური სატრანსპორტო ქსელები“, ხელოვნური გრძნობის ორგანოების შექმნის პერსპექტივები, „შიგა მხედველობა“, მინიატურული სამედიცინო რობოტები და ა. შ.

**საკვანძო სიტყვები:** სენსორი. ინტელექტუალური სენსორი. სისტემა. ქსელი. გაზის სენსორი. სამედიცინო „მიკრორობოტები“. „ნანომედიცინა“. ხელოვნური ფაგოციტები. „რესპირაციტები“. გლუკორობოტები. სატრანსპორტო მიკრორობოტები. „ჭკვიანი სახლი“.

### 1. შესავალი

ინტელექტუალური სენსორების ტექნიკა ვითარდება როგორც არსებულის სრულყოფის მიმართულებით, ახალი სახის, ტიპების და ინტელექტუალური სენსორების ახალი კლასების შექმნის, ისე სენსორების სისტემის ქსელების შექმნის მიმართულებით.

შემოთავაზებულ ნაშრომში საუბარია აღნიშნული მიმართულებით მსოფლიოში დღეისათვის არსებულ მიღწევებზე და შემდგომ პერსპექტივებზე.

### 2. ძირითადი ნაწილი

დღეისათვის უკვე განიხილება ინტელექტუალური სენსორების საშუალებით ადამიანის ხელოვნური გრძნობის ორგანოების შექმნის პერსპექტივები. მათი საშუალებით შეიძლება შეიქმნას არა მარტო ადამიანის ზოგიერთი გრძნობის ორგანო არამედ ადამიანებს შეექმნას შესაძლებლობა უშუალოდ შეიგრძნონ ის, რაც ბუნე- ბიდან არ იყო გათვალისწინებული [1]. ასეთი ინტელექტუალური სენსორების სასიგნალო გამოსასვლელი შეიძლება პირდაპირ იყოს დაკავშირებული ნერვების დაბოლოებებთან. მაგალითად, მინიატურული ინტელექტუალური რადიაციის სენსორის „შეყვანით“ ადამიანს შეუძლია უშუალოდ შეიგრძნოს მცირე დოზის მაიონიზირებელი რადიაცია კი. თითოეულ ჩაცმული ხელოვნური „რადიაციის შემგრძნობი ორგანო“ გვეხმარება ადვილად მოვძებნოთ რადიაციის წყარო. გაზის სენსორის შეყვანის შემდეგ მფლობელს შეუძლია შეიგრძნოს ქიმიური შემდგენის არსებობა, რომელსაც შეუიარაღებელი ადამიანისთვის სუნის არა აქვს. სენსორების განვითარების მეშვეობით ადამიანებს საშუალება ეძლევა საჭიროების შემთხვევაში შეიძინონ „შიგა მხედველობა“. საქმე ის არის, რომ შეგნების დონეზე ჩვენ საერთოდ არ შევიგრძნობთ შიგა ბიოქიმიურ პროცესებს. ჩვენი სასიგნალო სისტემა ინფორმაციას გვაძლევს მეტაბოლიზმის დარღვევის შესახებ მხოლოდ ტკივილის

შეგრძნების სახით. სამწუხაროდ, ეს შეგრძნებები აღიძვრება დაგვიანებით. ორგანიზმში ჩანერგილ სენსორებს შეუძლია წარმატებით განსაზღვროს მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური შეერთებების შედგენილობა (გლუკოზა, შარდი, ქოლესტერინი და სხვა) და ამის საჭიროების ადამიანს ჩაუტაროს შიგა მეტაბოლური მდგომარეობის მონიტორინგი. ჰიპერტონიით დაავადებულები, რომლებიც ვერ გრძნობენ აწეულ წნევას, შეუძლიათ გამოკვეთილად აღიქვან ეს ცვლილება. განუკურნებელი ალკოგოლიზმით დაავადებულმა ადამიანებმა შეიძლება „ჩაინერგონ“ სენსორი, რომელიც იძლევა ტკივილის შეგრძნებას ან ერთ-ერთი სპირტიანობის შემცველის სუნის შედეგად გულისრევას.

უახლესი მიკროსისტემური ნანოტექნოლოგიების გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა შეიქმნას *ინტელექტუალური სამედიცინო „მიკრორობოტები“* [2], [3]. მათ აქვთ მიკრონული ზომები და ადამიანის ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ შეიძლება იმოდროს სველ უჯრედებში, სისხლგამტარ ან ლიმფურ ძარღვებში, რომლებიც შეასრულებენ ფილიგრამულ სამედიცინო ფუნქციებს. ეს გახდება მომავალი „ნანომედიცინის“ დასაწყისი - ახალი კვლევის მეთოდების [4], ადამიანის ბიოლოგიური სისტემის მიკრო დონეზე მკურნალობის და კონტროლის. მაგალითად, პროგნოზირდება შეიქმნას:

- ხელოვნური ფაგოციტები, რომლებსაც შეუძლია ადამიანის სისხლში სწრაფად დამავადებელი ნაწილაკები ან ტოქსინები აღმოაჩინოს და აღმოფხვრას;
- „რესპირიციტები“, რომლებიც, ბუნებრივი ერიტროციტების მსგავსად, ფილ-ტვებში ჟანგბადის თადარიგის მნიშვნელოვან აკუმულირებას აკეთებს და მისა-მართის მიხედვით სისხლის ნაკადით აწვდის ორგანიზმის იმ უჯრედებს, რომლებიც ამას საჭიროებენ;
- გლუკორობოტები, რომლებსაც შეუძლია აკონტროლოს სისხლში გლუკოზის დონე და საჭიროების შენთხვევაში, გამოყოს თადარიგში არსებული ინსულინი;
- ტრანსპორტირების მიკრორობოტები, რომლებიც მიაწვდიან ექიმების მიერ დანიშნულ წამალს ადამიანის გარკვეულ დაავადებულ უჯრედებს და ა.შ.



ამ პროგრამის თანდათანობითი განხორციელება დაწყებულია. მაგალითად, ამერიკის კვების პროდუქტების და წამლების კონტროლის უწყებამ უკვე გასცა ნებართვა სამედიცინო პრაქტიკაში *მინიატურული აბ-ვიდეოკამერების* გამოყენებაზე, რომელიც მოთავსებულია 25 მმ სიგრძის სათავსოში (ნახ.1).

ნახ.1. საკვლევი აბი კამერის მხრიდან

შემდგომი განვითარება იყო მაკონტროლებელი რადიო კაპსულა, რომელსაც აქვს ექვსი გამომყვანი დაბოლოებზე ხორკლიანი „ბრჭყალებით“. ისინი ხელს უშლიან გაცურებას მათი გადაადგილების დროს, თანაც ისინი ძალიან პატარებია, რომ არ დააზიანონ ფაქიზი ქსოვილი. ეს „მოჭიდება“ სრულიად საკმარისია, რომ მოწყობილობა არ გაქანდეს კუნთების პულსაციის შედეგად. ამიტომ ექიმს ეძლევა შესაძლებლობა მისთვის საინტერესო ადგილების უფრო დეტალურად შესწავლისათვის.



ევროპელი მეცნიერების მიერ უკვე შექმნილია აბი-რობოტის მაკეტი, რომელიც მოძრაობს რა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, ძებნის კიბოს საექვო ადგილებს. კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, გადაადგილებისას „აბი“ გადმოსცემს ფერად გამოსახულებას ექიმის მონიტორზე (ნახ.2). უჩვენებს კიბოზე დაავადების საექვო ადგილს, ექიმი „აბს“ უგზავნის რადიოსიგნალს, „აბი“ ჩერდება და ახდენს ამ ადგილის ანალიზს. ცნობილია, რომ კიბოს უჯრედების ზრდის ადგილზე ფორმირდება სისხლგამტარი კაპილარების ქსელის შედარებით სქელი ფენა,

კალგარის უნივერსიტეტიდან (University of Calgary) უელ ბედოუმი (Wael Badawy) დაამზადა „ინტელექტუალური აბი“ (Intelligent Pill, შემოკლებით — iPill), რომლის შედგენილობაში შედის გადამწოდი, რომელიც აკონტროლებს გარემოს ტემპერატურას და მჟავა-ტუტიანობის ბალანსს, მიკროკონტროლიორი, მიკროტუმბო, აგრეთვე 1მლ მოცულობის წამალი. აბი რეგულირდება ისე, რომ გამოუშვას წამალი გარკვეული დროის ინტერვალებით ან მოცემული მდგომარეობის შესაბამისად. ამისათვის მიკროკონტროლიორი ააქტიურებს მიკროტუმბოს, რომელიც გამოაგდებს საჭირო დოზის წამალს. აბის ენერჯის თადარიგი ჯერჯერობით ყოფნის დაახლოებით 4 საათის განმავლობაში.

მიკროქირურგებს, რომლებიც აკეთებენ ოპერაციებს თავის ტვინში, თვალებში, ყურის ნიჟარებში, მიკრომარღვებში ან ნერვების კვანძებში - ყველგან სადაც საჭიროა განსაკუთრებული სიზუსტე და უსაფრთხოება, მალე მოეწოდება ე.წ. „ციფრული სკალპელები“ (data knives). მათ საჭრისზე იქნება დაწოლის (წნევის) მინიატურული სენსორები და მიკროსენსორები, რომლებიც ქირურგს მისცემენ სიგნალს იმის შესახებ, რომ საჭრისის ახლოს არის სისხლგამტარი მარღვი ან საპასუხისმგებლო ნერვის კვანძი.

<p>როგორ მუშაობს</p> <p>ვიდეოკამერა</p> <p>შუქდიოდი</p> <p>ბიოსენსორი</p> <p>ბალამტანი</p> <p>2. სპეციალური „გრეპერების“ გამოყენება, როგორც ჩერდება და ატარებს ქსოვილის შესაბამისი არის ანალიზს.</p>		<p>1. პაციენტი ყლაპავს აბ-რობოტს</p> <p>3. აბი რობოტი ბალანსცემს შედეგებს სამედიცინო კომპიუტერს</p>
--	--	---

ნახ.2. აბი-რობოტის მოქმედების სქემა ნაწლავების კიბოს დიაგნოზის დროს

უკვე მიმდინარეობს სამუშაოები სენსორული სისტემების შექმნაზე. ამის ცნობილი მაგალითებია ე.წ. „ინტელექტუალური ნაგებობები“ (англ. intelligent building, ნახ.3) [5,6].

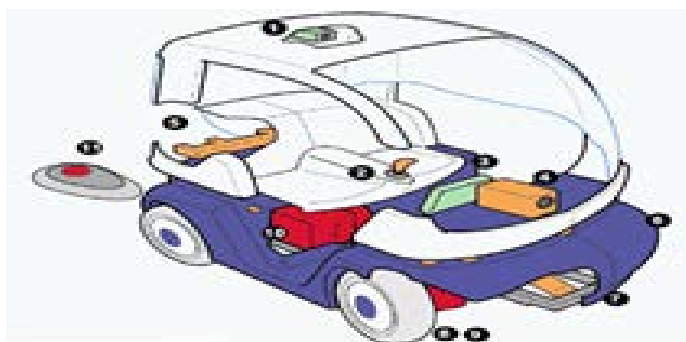
„ინტელექტუალური ნაგებობის“ მრავალი განმარტება არსებობს. სენსორების თვალსაზრისით ეს არის ნაგებობა, რომელიც აღჭურვილია მოფიქრებული, საკმაოდ სრული სენსორების სისტემით, რომელიც საშუალებას იძლევა ყოველმხრივ აკონტროლოს შენობის ფუნქციური მდგომარეობა და გონივრულად მართოს მისი ყველა



ნახ.3. ინტელექტუალური ნაგებობა. ნაჩვენებია მისი სისტემის მხოლოდ ნაწილი

მნიშვნელოვანი სიცოცხლის უზრუნველყოფა. პირველ რიგში საუბარია იმ სენსორებზე, რომლებიც აკონტროლებს ელექტრომომარაგების სისტემას, გაზის და წყლის მომარაგებას, გათბობას, ხანძარ საშიშროებას, განათებას, მიკროკლიმატს, შენობასა და მის ნაწილებში სანქცირებულ დაშვებას.

წარმატებით მიმდინარეობს სამუშაოები „ინტელექტუალური სატრანსპორტო სისტემების“ შექმნის მიმართულებით. ამის ნათელი მაგალითია აშშ-ს EDF, RATP და Andruet S.A. კომპანიების ურთიერთ თანამშრომლობით დამუშავებული „CyCab“ ექსპერიმენტული ელექტრომობილი (ნახ.4) [7, 8].

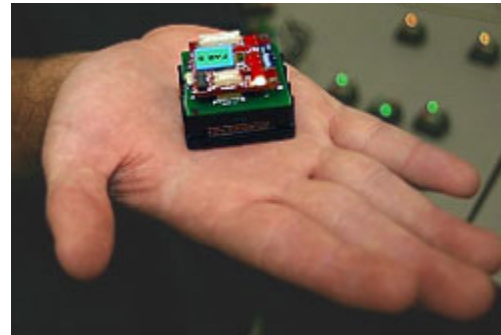


აკუმულატორიანი ბატარეა და ელექტროკვების სისტემა

ნახ.4. ინტელექტუალური ელექტრომობილი "CyCab": 1-ვიდეოკამერა; 2-მართვის სახელური; 3-სენსორული ეკრანი; 4-მანძილის ინტელექტუალური სენსორი; 5-იკ კავშირის სენსორი; 6-უბ სენსორი შეჯახების ამრიდებელი; 7-მართვის მოწყობილობა; 8-ყოველ ბორბალზე თითო ელექტროძრავი; 9-ყოველ ბორბალზე თითო მუხრუჭი; 10-4

თანამედროვე პირობებში მიმდინარეობს სამუშაოები სხვა „ინტელექტუალური სატრანსპორტო საშუალებების“ დამუშავების მიმართულებითაც. ეს არის სხვადასხვა ავტო-საგზაო, საჰაერო, საზღვაო, მდინარეების, სარკინიგზო სატრანსპორტო საშუალებების ავტომატური მართვის სისტემები. დასმულია ამოცანა, რომ შემთხვევითი ფაქტორების ზემოქმედების შედეგადაც (გაუთვალისწინებელი სიტუაციები, კომპონენტების მტყუნება) იფუნქციონირონ ისევე „გონივრულად“, როგორც გამოცდილი ადამიანი-ოპერატორი და უფრო საიმედოთაც. ეს შესაძლებლობები უზრუნველყოფილია შესაბამისი ინტელექტუალური სენსორების სისტემით.

ინტელექტუალური სენსორების შედგენილობაში მიკროკომპიუტერების და Bluetooth ტიპის მინიატურული უსადენო რადიონტერფეისის კვანძების არსებობა, საშუალებას იძლევა შეიქმნას *უმავეთულო სენსორული ქსელები* [9,10]. თანამედროვე სენსორების ზომების, ფასების და ენერგომოხმარების მიზანმიმართული შემცირება, გვახლოვებს სენსორული ქსელების ეპოქის შექმნასთან. ასეთი კავშირების შესაძლებლობის მინიატურული ინტელექტუალური სენსორები (ნახ.5) შეიძლება განვალაგოთ საკონტროლო ტერიტორიაზე და ისინი თვითონ ახორციელებენ კავშირს ერთმანეთში, აფორმირებენ უმავეთულო ქსელს და იწყებენ მონაცემთა გადაცემას წინასწარ მითითებულ პუნქტებზე. ქსელში გაერთიანებულ სენსორებს შეუძლია უმეტვალყოფოს მიმდებარე გარემოში: ტენიანობას, წნევას, მოძრაობას, განათებას, ტემპერატურას და ა.შ.



ნახ.5. Intel კომპანიის მიერ დამუშავებული სენსორული ქსელის ერთ-ერთი თანამედროვე ელემენტი

### 3. დასკვნა

პროგნოზირდება ინტელექტუალური სენსორების საფუძველზე შეიქმნას ადამიანის ხელოვნური გრძნობის ორგანოები, სამედიცინო „მიკრორობოტები“ და ა.შ. ინტელექტუალურ სენსორთა სისტემა საშუალებას იძლევა შეიქმნას ბავშვების, ინვალიდების, შინაური ცხოველების და მცენარეების მომვლელი „ჭკვიანი“ რობოტები. უკვე აღიარებულია „ინტელექტუალური ნაგებობის“, „ჭკვიანი სახლის“ „ინტელექტუალური ტრანსპორტის“ პერსპექტი-ულობა. იქმნება *უმავეთულო სენსორული ქსელები*.

ინტელექტუალური სენსორების წარმოება და გამოშვება არის მრეწველობის ახალი მზარდი დარგი, რომელიც ააქტიურებს ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სხვა სფეროს, რასაც უკვე მოაქვს და ახლო მომავალშიც მოუტანს ადამიანებს დიდ სარგებელს.

### ლიტერატურა:

1. Варфоломеев С.Д., Евдокимов Ю.М., Островский М.А. (2000). Сенсорная биология, сенсорные технологии и создание новых органов чувств человека. Вестник Российской академии наук.70, № 2. – С. 99 – 108
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. (2005). Нанотехнологии М.: Техносфера.
3. Ратнер М., Ратнер Д. (2004). Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи М.: Вильямс.
4. Freitas R. A. Jr. (1998). Exploratory Design in Medical Nanotechnology: A Mechanical Artificial Red Cell. Artificial Cells, Blood Substitutes, and Immobile Biotech. .26. – P. 411-430
5. Басина Н. (2005). «Интеллект» на поток СИО. – № 12
6. Летопись Интеллектуального зодчества М., 2000 – 2004
7. Козленко В. (2006). Интеллектуальные транспортные системы ММ. Деньги и технологии. – №3
8. Худяков Г.И. (2003). Транспортные информационно-управляющие радиоэлектронные системы: Уч.пос. СПб СЗТУ.
9. Крошечные, вездесущие и всемогущие Podcasts Mobile-Review. (2006). № 10
10. Александров К.С. (2007). Пьезоэлектрические кристаллы для акустоэлектроники, пьезотехники и сенсоров Новосибирск: Изд-во СО РАН.

### INTELLIGENT SENSORS AND THEIR DEVELOPMENT PROSPECTS

Tomaradze Omar  
Georgian Technical University

#### Summary

Considers intelligent sensors and prospects of further development of sensor technology. Are demonstrated the specific examples of the development of which is already under development.. In particular, attention is exacerbated on such contemporary systems as „smart buildings”, „smart house”, „intelligent transport”, „intelligent road transport systems”, possibilities for the creation of artificial human senses, „inner vision ”, „miniature intelligent medical micro robot” and so on.

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Томарадзе О.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматриваются интеллектуальные сенсоры и перспективы дальнейшего развития сенсорной техники. Иллюстрируются те конкретные примеры разработка которых уже осуществляется. В частности, внимание обостряется на такие новейшие системы которыми являются: „интеллектуальные здания”, „умный дом”, „интеллектуальный транспорт”, „интеллектуальные транспортные системы”, перспективы создания искусственных органов чувств человека, „внутреннее зрение”, „миниатюрные интеллектуальные медицинские микро-роботы” и т. д.



## ვებ-სერვისის რეალიზაცია შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების მონიტორინგის სისტემისათვის

გია სურგულაძე, ნინო თოფურია, ანა გავარდაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

მოცემულია საქართველოს აკვატორიაში შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების საველე-სამეცნიერო კვლევის შედეგების სერვერზე დისტანციურად განთავსების, ანალიზისა და მონიტორინგის ამოცანების გადაწყვეტა. სისტემა საშუალებას გვაძლევს გამოვლენილ იქნას სანაპირო ზოლის ახალი მოწყვლადი უბნები შესაბამისი ფართობებით გეოგრაფიული GPS კოორდინატების მიხედვით. სისტემა რეალიზებულია Ms SharePoint Server-ის, Business Data Connectivity და Infopath-ის დინამიკური ფორმების საშუალებით.

**საკვანძო სიტყვები:** შავი ზღვა. ეკოლოგია. ესტუარი. Ms SharePoint Server. მონიტორინგი.

### 1. შესავალი

ბოლო წლებში კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით იმატა შავი ზღვის აკვატორიაში ჩამდინარე მდინარეთა კალაპოტებში წყალდიდობების წარმოშობის სიხშირემ, რომელთა ესტუარებში და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ხშირია დატბორვა, ზღვის სანაპირო ზოლის ეროზია (აბრაზია), რაც მთავრდება ძალიან უარყოფითი ეკოლოგიური შედეგით, კერძოდ, მიმდინარეობს ზღვის მიერ საქართველოს საზღვრებში სანაპირო ზოლის - ხმელეთის მიტაცება და უფრო შიგნით ხმელეთის სიღრმეში ზღვის შემოსვლა [1].

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური საკითხების მეცნიერული კვლევა და მისი პროგნოზირება საქართველოსათვის მეტად აქტუალურია, იგი წარმოადგენს ქვეყნის სტრატეგიულ მიმართულებას, ხოლო შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების შენარჩუნება და დაცვა ქვეყნის მთავრობას აღიარებული აქვს როგორც სახელმწიფოს პრიორიტეტული მიმართულება [2].

საველე-სამეცნიერო კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შავი ზღვის აუზის საქართველოს ზემოთ დასახელებული ძირითადი მდინარეების ესტუარების ფართობების დაზუსტება GPS – ს კოორდინატებში და მათი დატანა ციფრულ რუკებზე, ზღვის წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის დაფიქსირება, ასევე ზღვის მოწყვლად უბნებსა და ესტუარებში ზღვის წყლის ანალიზის აღება და მათი ქიმიური ლაბორატორიული გამოკვლევა [3].

საველე კვლევების ჩატარება, კერძოდ სხვადასხვა მაჩვენებლების დაფიქსირება GPS-კოორდინატების მიხედვით მეტად მოხერხებული იქნება, თუ მონაცემების შეტანა შესაძლებელი იქნება ტერიტორიულად დაშორებული კომპიუტერიდან მონაცემები შეტანისთანავე აისახება კორპორატიული პორტალის ვებ-გვერდზე და ტერიტორიულად დაშორებულ SQL Server-ის ბაზაში [4].

### 2. ძირითადი ნაწილი

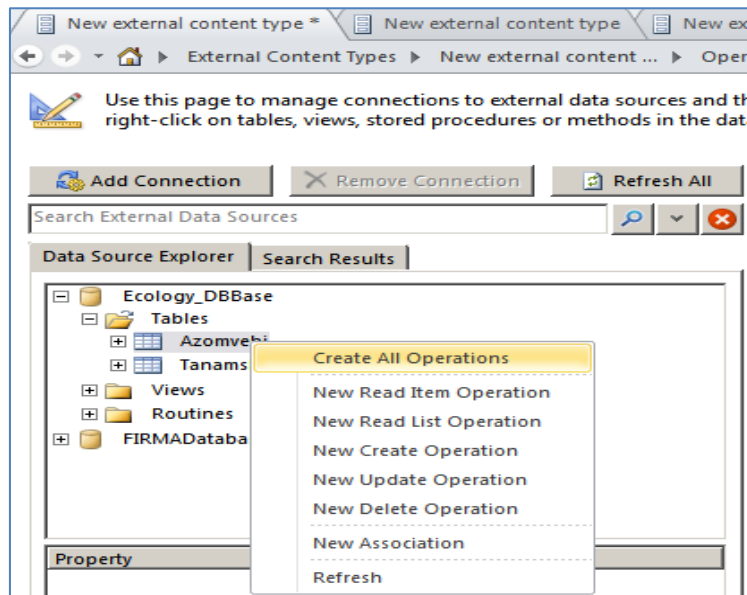
წარმოდგენილ ცხრილში ასახულია მაჩვენებლები საკონტროლო წერტილებიდან, სადაც მონაცემების შეტანის დრო ფიქსირდება ავტომატურად (ნახ.1).



dasaxeleba	GPS_X	GPS_Y	Temp	Mjavianoba	Marilianoba	Dro	Tanams
sarfi	41526956	41548731	45.90	67.89	45.78	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
kvariati_1	41545542	41561587	67.00	67.00	34.00	2016-06-22 06:24:58.037	1
kvariati_2	41554651	41563841	NULL	NULL	NULL	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
gonio	41574588	41565589	NULL	NULL	NULL	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

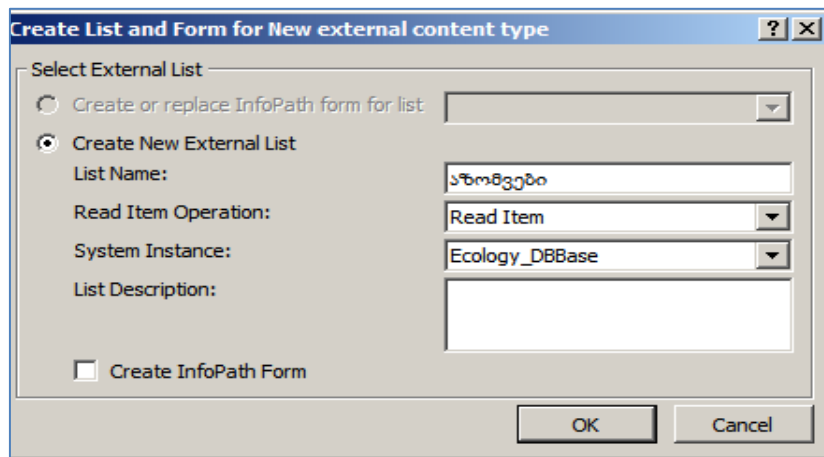
ნახ.1

შემდეგ ეტაპზე გვჭირდება SQL Server-ის მონაცემთა ბაზის დაკავშირება ვებ-პორტალთან. ამ ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებულია Sharepoint Designer-ი. მე-2 ნახაზზე ასახულია მონაცემთა ბაზასთან დაკავშირება პორტალის External List-თან.



ნახ.2

მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია გარე სიის შექმნის პროცესი, რომელიც უკვე დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზასთან.



ნახ.3

მონაცემების შეტანის პროცესი:

მე-4 ნახაზზე ნაჩვენებია მონაცემების შეტანისთვის აუცილებელი დიალოგური ფანჯარა:

ნახ.4

მე-5 ნახაზზე მოცემულია ორგანიზაციის ვებ-პორტალზე ასახული საკონტროლო წერტილების აზომვების ცხრილი.

ID_A	dasaxeleba	GPS_X	GPS_Y	Temp	Mjavianoba	Marilianoba	Dro
1	sarfi	41526956	41548731	45.90	67.89	45.78	6/1/2016 5:00 PM
2	kvariati_1	41545542	41561587	67.00	67.00	34.00	6/14/2016 5:00 PM
3	kvariati_2	41554651	41563841				
4	gonio	41574588	41565589				

ნახ.5

### 3. დასკვნა:

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს კომპლექსურად შევავასოთ შავი ზღვის თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები და დაიგეგმოს მისი სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებები.

### ლიტერატურა:

1. სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ. (2001). გარემო და ადამიანი. თსუ გამომცემლობა, თბილისი.
2. Gavardashvili A.G. (2013). The Program Software to Create United Database of Black Sea Ecological Characteristics. Collected Papers of Water Management Institute of Georgian Technical University, # 68, Tbilisi, pp. 27-32
3. Gavardashvili G.V., Chakhaya G.G., Diakonidze R.V., Tsulukidze L.N., Supatashvili T.L. (2011). The Results and Analysis of Studies Carried out in 2011 in the Black Sea Water Area within the Boundaries of Georgia. 3 rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1-4 Nov., pp. 205.
4. სურგულაძე გ., თოფურია ნ., გავარდაშვილი ა., კაშიბაძე მ. (2016). მონაცემთა ბაზის დაპროექტების ავტომატიზაცია შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემისათვის. სტუ-ს შრ. კრ. მას N1(21). თბილისი. გვ.165-168.

## THE IMPLEMENTATION OF WEB SERVICES FOR THE BLACK SEA ESTUARIES OF THE RIVERS MONITORING SYSTEM

Surguladze Gia, Topuria Nino, Gavardashvili Ana  
Georgian Technical University

### Summary

We consider the placement of issues, analysis and monitoring on a remote server, the results of scientific and field studies of estuaries of the rivers for the Black Sea in Georgia waters. The system will provide an opportunity to identify new vulnerabilities according to GPS coordinates. The system is implemented on the basis of Ms SharePoint server, Business Data Connectivity service and dynamic forms Ms Infopath.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭСТУАРИЕВ РЕК ЧЕРНОГО МОРЯ

Сургуладзе Г., Топурия Н., Гавардашвили А.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассматриваются вопросы размещения, анализа и мониторинга на удаленном сервере результатов научно-полевых исследований эстуариев рек черного моря в акватории грузии. Система даст возможность выявить новые уязвимые места в соответствии GPS координатов. Система реализована на базе Ms SharePoint server, Business Data Connectivity service и динамических форм Ms Infopath.

## გაყიდვების ბიზნესპროცესის ხელშემწყობი თანამედროვე ტექნოლოგიები

გულნარა ჯანელიძე, ნინო ჭალიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

გაყიდვების პოლიტიკაში განსაკუთრებული აქცენტები კეთდება კლიენტებთან როგორც ხანგრძლივ და სანდო დამოკიდებულების აგებაზე, ასევე დინამიკაში მათ მოთხოვნებსა და სურვილებზე მუდმივად თვალყურის მიდევნებაზე. სტატიაში დამუშავებულია გაყიდვების ბიზნესანალიზის სქემა. წარმოდგენილია გაყიდვების ბიზნესპროცესის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზის მეთოდები კონკრეტული მაგალითისათვის, ასევე კომუნიკაციური ტექნოლოგიების გამოყენების საკითხები. აღნიშნული მიდგომების გონივრული გამოყენება ხელს შეუწყობს მარკეტინგული გარემოს გაფართოებასა და გაუმჯობესებას.

**საკვანძო სიტყვები:** გაყიდვები. ბიზნესპროცესი. ხარისხობრივი ანალიზი. რაოდენობრივი ანალიზი.

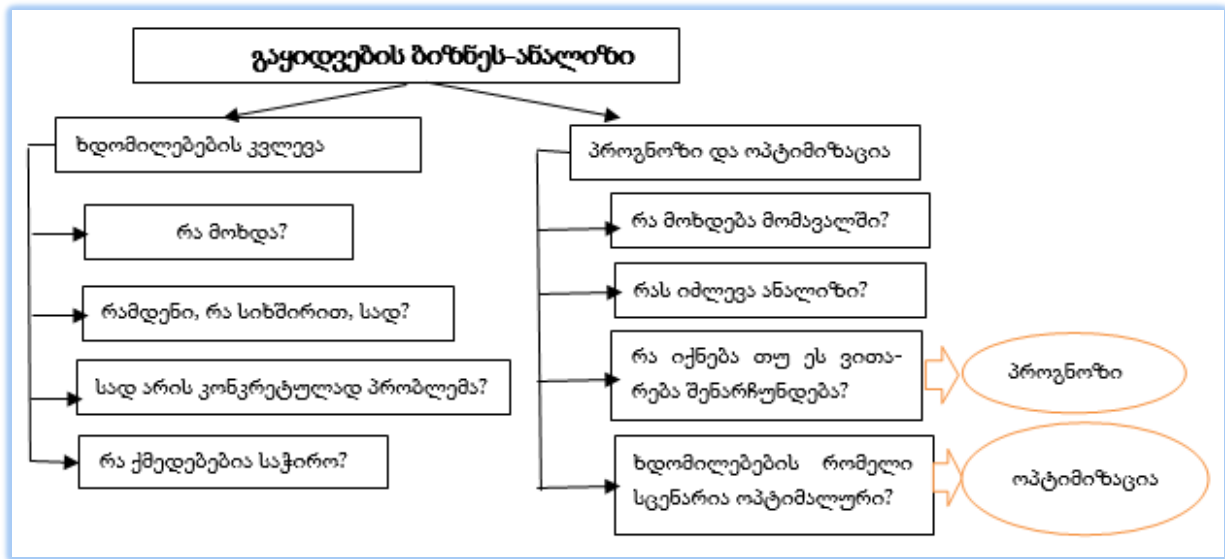
### 1. შესავალი

საქონლისა და მომსახურების ბაზარზე კონკურენციის ზრდასთან ერთად წარმოიშვა პროდუქციის გაყიდვების დაგეგმვისა და ორგანიზების პრობლემა. აღნიშნულ პროცესში მნიშვნელოვანია მომხმარებლის მოთხოვნებზე თვალყურის მიდევნება მიზნობრივი ბაზრის ჩარჩოებში. გაყიდვების გასაუმჯობესებლად არ არსებობს ცალსახა რეკომენდაციები, რომლის დანერგვაც უზრუნველყოფს დადებით შედეგებს. ცალკეულ კომპანიას აქვს სისტემის ორგანიზების განსხვავებული უნარები, მაგრამ ერთი რამ ცხადია - გაყიდვების მოცულობის გაზრდა ბაზრის პირობებში არის კომპანიის წარმატების და განვითარების აუცილებელი ფაქტორი [1]. აღნიშნულთან მიმართებით მნიშვნელოვანია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

- პროცესების თეორული და მეთოდოლოგიური საფუძვლების შესწავლა;
- გაყიდვების ბიზნეს-ანალიზის სისტემის დამუშავება;
- პროცესების ხარისხობრივი ანალიზი;
- პროცესების რაოდენობრივი ანალიზი;
- კომუნიკაციური ტექნოლოგიების დანერგვა.

### 2. ძირითადი ნაწილი

გაყიდვების მოცულობის ზრდის მიმართულებით მარკეტინგული ღონისძიებების წარმატებით რეალიზებისათვის მნიშვნელოვანია დიდი რაოდენობის მონაცემების ფლობა. საჭირო ინფორმაციის მიღების ძირითადი ხერხია მარკეტინგული კვლევების ჩატარება და პროცესების ანალიზის სისტემის დამუშავება, რომელზეც ასახულია მონაცემებიდან და ანგარიშგებებიდან გზა პროგნოზისა და ოპტიმიზაციისკენ. 1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილია გაყიდვების ბიზნესანალიზის სქემა.



ნახ.1. გაყიდვების ბიზნეს-ანალიზის სქემა

SWOT(strengths, weaknesses, opportunities, threats) ანალიზი, როგორც სტრატეგიული დაგეგმვის მეთოდი, შეიძლება გამოვიყენოთ, შიგა და გარე ფაქტორების გამოსავლენად, რომლებიც ზემოქმედებს გაყიდვების ბიზნესპროცესზე [2].

SWOT- ანალიზი შეიძლება წარიმართოს შემდეგი სახით:

- ჩატარდეს კომპანიის ხელმძღვანელების და სპეციალისტების მიერ ანკეტირება;
- დამუშავდეს ანკეტირების შედეგები;
- აიგოს პროცესის SWOT ანალიზის ცხრილი.

1-ელ ცხრილში მოცემულია SWOT ანალიზის მაგალითი.

SWOT ანალიზის მაგალითი

ცხრ.1

ძლიერი მხარეები	სუსტი მხარეები
<p>ჰყავს გაყიდვების მენეჯერი - ლიდერი პროდუქციას აქვს მაღალი ხარისხი</p> <p>ჰყავს კვალიფიცირებული კადრები</p> <p>ინტერნეტ-ტექნოლოგიები აქტიურად გამოიყენება</p>	<p>კლიენტები არ არის დაკმაყოფილებული პროდუქციის მიწოდების ვადებით</p> <p>ხდება ფუნქციების ნაწილობრივ დუბლირება</p> <p>არ არის პროცესის ეფექტურობის მაჩვენებლების გაზომვის სისტემა</p> <p>შემსრულებლებს არ აქვთ ვალდებულებათა ინსტრუქციები</p>
შესაძლებლობები	საფრთხეები
<p>ეფექტურობის ამაღლება CRM სისტემის დანერგვის საფუძველზე</p> <p>თანხვედრილი დანახარჯების შემცირება</p> <p>შეკვეთების შესრულების ვადების შემცირება</p> <p>მომავალში ტექნოლოგიების გაუმჯობესების ხარჯზე</p>	<p>მიწოდების ხანგრძლივი ვადების</p> <p>კვალდაკვალ კლიენტების დაკარგვა</p> <p>პროდუქციის ხარისხის დადაბლება</p> <p>პროცესის შემსრულებელ პირზე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულება</p>



რაოდენობრივი ანალიზის მეთოდები გაცილებით უკეთ არის დამუშავებული მსოფლიო პრაქტიკაში. მათი ძირითად ნაწილი ეფუძნება პროცესების შესახებ ინფორმაციის შეგროვებას, დამუშავებასა და ანალიზს.

ABC (activity based costing) ანალიზის მეშვეობით შესაძლებელია პერსპექტიული საქონლის ან საქონლის ჯგუფის გამოვლენა, რომელსაც მოაქვს მაქსიმალური მოგება კომპანიისათვის. აღნიშნული ანალიზის ჩატარებისას კომპანიის მიზანია საკვანძო საქონლის განსაზღვრა და მართვა მოცემული 20%-იანი ჯგუფით, რომელიც ფაქტობრივად ქმნის 80%-იან ფულად შემოსავლებს. გაყიდვების მართვა პირდაპირ ზემოქმედებს კომპანიის ფინანსურ მდგრადობაზე [3]. ანალიზის წარმოებისას ყველა საქონელი იყოფა სამ ჯგუფად:

- A ჯგუფი - მაქსიმალურად ღირებული საქონელი, რომელიც შეადგენს პროდუქციის ასორტიმენტის 20%-ს და მოაქვს გაყიდვებიდან 80%-იანი მოგება;
- B ჯგუფი - დაბალღირებული საქონელი, რომელიც შეადგენს პროდუქციის ასორტიმენტის 30%-ს და უზრუნველყოფს გაყიდვებიდან 15%-იან მოგებას;
- C ჯგუფი - არამოთხოვნადი საქონელი, შეადგენს ასორტიმენტის 50%-ს და უზრუნველყოფს გაყიდვებიდან 5%-იან მოგებას.

A ჯგუფის საქონელი არის მიზნობრივი და განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს მისი წარმოება და რეალიზაცია.

კომპანიაში გაყიდვების მოცულობის ABC ანალიზი მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- პროდუქციის ნომენკლატურის განსაზღვრა;
- ცალკეული საქონლის მიხედვით შემოსავლების გამოთვლა;
- ცალკეული საქონლის ეფექტურობის განსაზღვრა;
- საქონლის რანჟირება და მათი კლასიფიკაცია კომპანიისადმი პრიორიტეტულობის მიხედვით.

განვიხილოთ ქართული ღვინის გაყიდვების ABC ანალიზი Excel-ში. ამისათვის ჩამოვწეროთ ღვინის დასახელებები და ცალკეული სახეობის გაყიდვით შემოსული თანხები (ცხრილი 2). მოვახდინოთ მოგებული თანხების დალაგება კლების მიხედვით (ცხრილი 3).

პროდუქციის ნომენკლატურა ცხრ.2

დასახელება	მოგება
თამადა-მწვანე	8000
რქაწითელი	7000
წინანდალი	21000
ქინძმარაული	10000
ქახური	1500
კახური წარჩინებული	1000
უსახელაური	4000
მუკუზანი	37000
ყვარელი	3000
საფერავი	60000
ტვიში	3000

მოგების სორტირება ცხრ.3

დასახელება	მოგება
საფერავი	60000
მუკუზანი	37000
წინანდალი	21000
ქინძმარაული	10000
თამადა-მწვანე	8000
რქაწითელი	7000
უსახელაური	4000
ყვარელი	3000
ტვიში	3000
ქახური	1500
კახური წარჩინებული	1000

შემდგომ ეტაპზე განვსაზღვროთ ცალკეული სახის საქონლის წილი კომპანიის გაყიდვების მოცულობაში და გამოვითვალოთ ცალკეული საქონლის წილი დაგროვებითი ჯამით. ამის შემდეგ უნდა განვსაზღვროთ A ჯგუფის საქონლისთვის 80%-მდე საზღვარი, B ჯგუფისთვის - 80-95%-მდე, ხოლო C ჯგუფისთვის - 95-100%-მდე. მე-4 ცხრილში მოყვანილია ჩვენი მაგალითის შემთხვევაში საქონლის სამ ჯგუფად დაყოფა. საფერავი, მუკუზანი, წინანდალი, ქინძმარაული იძლევა მთელი გაყიდვების 80%-იან მოგებას, თამადა-მწვანე, რქაწითელი, უსახელაური უზრუნველყოფს 15%-იან მოგებას, ხოლო ყვარელი, ტვიში, კახური, კახური წარჩინებული მოგვცემს 5%-იანი სარგებელს გაყიდვებიდან.

გაყიდვების ABC ანალიზის შედეგები

ცხრ.4

დასახელება	მოგება	წილი	წილი დაგროვებითი ჯამით	ჯგუფები
საფერავი	60000	39%	39%	A
მუკუზანი	37000	24%	62%	A
წინანდალი	21000	14%	76%	A
ქინძმარაული	10000	6%	82%	A
თამადა-მწვანე	8000	5%	87%	B
რქაწითელი	7000	5%	92%	B
უსახელაური	4000	3%	95%	B
ყვარელი	3000	2%	96%	C
ტვიში	3000	2%	98%	C
კახური	1500	1%	99%	C
კახური წარჩინებული	1000	1%	100%	C
	155500			

საქონლის დაჯგუფების ჩატარების შედეგად კომპანია იღებს ანალიტიკურ ანგარიშს იმის შესახებ, თუ რომელი საქონელი უზრუნველყოფს ძირითად ფულად შემოდინებას. სამომავლო მიზანს წარმოადგენს A ჯგუფიდან მიზნობრივი საქონლის გაყიდვების გაზრდა.

განხილული მეთოდის უპირატესობებად შეიძლება ჩაითვალოს:

- ანალიზის ჩატარების სიმარტივე და სისწრაფე გაყიდვების ეფექტურობის ასამაღლებლად;
- შედეგების საიმედოობა. მიღებული შედეგები მდგრადია დროში და კომპანიას საშუალებას აძლევს თავის რესურსებს და კაპიტალს ფოკუსირება გაუკეთოს უფრო პერსპექტიული პროდუქტების განვითარებისთვის;
- დროისა და რესურსების ოპტიმიზაცია. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ფინანსური და დროითი დამატებითი რესურსების გამოთავისუფლების საშუალებას იძლევა;

– ანალიზის უნივერსალურობა. მისი გამოყენება შესაძლებელია კომპანიის საქმიანობის სხვა სფეროებშიც.

უპირატესობების კვალდაკვალ განხილული მეთოდი ხასიათდება ნაკლოვანებებით:

– მეთოდის ერთგანზომილებიანობა. იგი მარტივი ანალიტიკური მეთოდია და არ გამოდგება რთული მრავალგანზომილებიანი ობიექტების დასაჯგუფებლად;

– საქონლის დაჯგუფება ხდება მხოლოდ რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით;

– არ არის ასახული საქონელი, რომელიც წამგებიანია;

– არ არის ასახული გაყიდვებზე გარე ფაქტორების ზემოქმედება, როგორცაა: სეზონურობა, მყიდველუნარიანობა, კონკურენტების ზეგავლენა.

თანამედროვე ბაზარზე არანაკლებ მნიშვნელოვანია კომუნიკაციური ტექნოლოგიების გამოყენება გაყიდვების ბიზნესპროცესში. რეალურ საბაზრო პირობებში გამყიდველი მოქნილად უნდა რეაგირებდეს პოტენციური მყიდველის ქცევაზე. რისთვისაც იგი უნდა ავლენდეს კარგი კომუნიკატორის, გამოცდილი ფსიქოლოგის და პრეზენტაციის ოსტატის ტალანტს. საქმე იმაშია, რომ თანამედროვე ბაზარი ეს არის აქტიური მყიდველების ბაზარი, რაც მოითხოვს აქტიურ და პროფესიონალ რეალიზატორებს. ამავდროულად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს: საქონლის, მომსახურების, ფასების შესაბამისობა.

გაყიდვების თანამედროვე ტექნოლოგია მიზანმიმართულია გაყიდვების მარკეტინგულ ასპექტებზე, რომლის საფუძველში დევს ცოდნა:

– გასაყიდი საქონელი როგორ დააკმაყოფილებს კლიენტის მოთხოვნებს;

– როგორ ავაგოთ კლიენტთან ხანგრძლივი ურთიერთობა ნდობის საფუძველზე.

კლიენტისადმი ნდობის მოპოვება უმნიშვნელოვანესია და იგი შეუძლებელია ცოდნის გარეშე, რომელიც წარმოადგენს გაყიდვის ტექნოლოგიის საფუძველს.

ცოდნა გაყიდვებში არის ძალა, რომელიც ორიენტირებულია მყიდველზე. მისი მეშვეობით შესაძლებელია სწორად იქნას დასმული კითხვები მყიდველის მიზნების, ინტერესების და პრობლემების განსაზღვრისას. ცოდნა იძლევა საშუალებას სწორად იქნას წარმოდგენილი პროდუქციის უპირატესობები, ძლიერი მხარეები და ზრდის კლიენტთან განმეორებითი კონტაქტის შესაძლებლობას [4].

### 3. დასკვნა

გაყიდვების თანამედროვე ტექნოლოგიები ორიენტირებული უნდა იყოს მყიდველის ინდივიდუალურ თავისებურებებზე. სტატიაში წარმოდგენილი მიდგომის მიზანია გასაღების ბაზრის კვლევა და ანალიზი, რაც თავის მხრივ ხელს შეუწყობს მარკეტინგული გარემოს გაფართოებასა და განვითარებას.

### ლიტერატურა:

1. Gary Yukl. (2012). Leadership in Organizations. 8<sup>th</sup> edition, ISBN-10: 0132771861 | ISBN-13: 978-0132771863
2. Репин В.В., Елиферов В.Г. (2008). Процессный подход к управлению моделирования бизнес-процессов. 6-ое изд. - М.: РИА „Стандарты и качество“.
3. ABC-анализ в Excel. <http://statanaliz.info/metody/gruppirovka/30-abc-analiz-v-excel>
4. ჯანელიძე გ., მეფარიშვილი ბ., მეფარიშვილი თ. თანამედროვე კომუნიკაციური ტექნოლოგიები გაყიდვების ბიზნესპროცესში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები - ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები -5, თბილისი, სტუ, 25-27 ნოემბერი, 2016წ. გვ.243-247.

## MODERN TECHNOLOGIES SUPPORTING BUSINESS-PROCESS OF SALES

Gulnara Janelidze, Nino Tchalidze

Georgian Technical University

### Summary

There are a special emphasis made on creating long term and reliable relation with clients in business policies of sale, as well as dynamically paying attention to their needs and desires. There is a scheme of business analysis of sales, a qualitative and quantitative analysis methods of sales on particular case presented in the article, as well as the use of communication technologies. The wise use of the given methods of approach will contribute to the expansion and improvement of marketing environment.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕСС ПРОДАЖ

Джанелидзе Г., Чалидзе Н.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

В политике продаже уделяется особое внимание установлению долгосрочных и надежных отношении с клиентами, а также отслеживанию их потребностей и желаний в динамике. В статье разработана схема анализа продаж. Представлены методы качественного и количественного анализа бизнес-процесса продаж на конкретном примере. Также, разработаны вопросы использования коммуникационных технологий в продажах. Разумное использование вышеупомянутого подхода будет способствовать расширению и улучшению маркетинговой среды.

## AutoCAD 2017-ის ზოგიერთი სიახლე

გოჩა ჩიტაიშვილი, ნანა ნოზაძე, მანანა ნოზაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

წარმოდგენილია AutoCAD-2017 პროგრამული პაკეტის ძირითადი სიახლეები. ამ ვერსიაში შესაძლებელი გახდა Pdf ფაილის იმპორტირება, ასევე პროგრამაში შექმნილი 3D მოდელის პირდაპირ გაგზავნა 3D საბეჭდ მოწყობილობაზე (პრინტერზე) და AutoCAD-ის ფაილის პუბლიკაცია ინტერნეტში. AutoCAD-ში უკვე საკმაოდ ბევრი ტექნოლოგიაა, რომლებიც იყენებს ვიდეო დაფას და გვიჩვენებს მის დატვირთვას. ნაშრომში დეტალურადაა განხილული სისტემის სიახლეები და შემოთავაზებულია მრავალფეროვანი საილუსტრაციო მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები: AutoCAD-2017. PDF. STL. 3D Prrint. Print studio.

### 1. შესავალი

AutoCAD-ი არის ავტომატიზებული დაპროექტირების სისტემა ორ- და სამ-განზომილებიანი პროექტებისა და ხაზვისათვის. თანამედროვე ეტაპზე პროგრამას შეუძლია კომპლექსური სამგანზომილებიანი მოდელირება, მათ შორის ზოგადი ფორმების, სამგანზომილებიანი ზედაპირების მოდელის შექმნა და რედაქტირება. ნაშრომში გავეცნობით AutoCAD-2017 წლის ვერსიის სიახლეებს [1-3]:

1. AutoCAD 2017 ინსტალაციისა და პირველად გახსნის შემდეგ გამოჩნდება პირველ სიახლე: ფანჯარა Migrate Custom Settings-ის (მომხმარებლის პარამეტრების გადატანა), ნაშთალებით ვირჩევთ AutoCAD-ის იმ ვერსიას, საიდანაც გვინდა პარამეტრების გადმოტანა (პროგრამა ავტომატურად აფიქსირებს AutoCAD-ის იმ ძველ ვერსიას, რომელიც იყო ინსტალირებული კომპიუტერში). შემდეგ აღმის შესაბამის ველში ჩასმით ან მოხსნით შესაძლებელია იმ თვისებების მითითება თუ რისი გადმოტანა გვსურს. მაგალითად, შესაძლებელია მომხმარებლის პროფილის, ინტერფეისის, ხელსაწყოთა პალიტრის, ბეჭდვის სტილი და ა. შ. მითითება.

2. ერთ-ერთი გამორჩეული სიახლეა ის, რომ AutoCAD 2017-ში შექმნილი 3D მოდელი შესაძლებელია პირდაპირ გავაგზავნოთ 3D პრინტერზე (საბეჭდ მოწყობილობაზე). ამისათვის ორი გზა არსებობს:

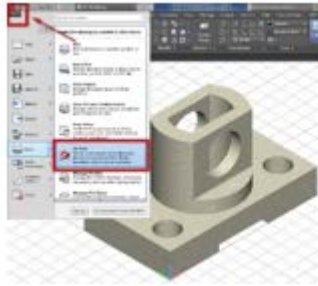
ა) Application Menu ⇒ Print ⇒ 3D Print (ნახ.1).

მასზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება ფანჯარა **3D printing-Prepare Model for Printing** (3D ბეჭდვა - მოდელის მომზადება ბეჭდვისათვის). ამ ფანჯარის დახმარებით შესაძლებელია მყარი 3D მოდელის მომზადება ბეჭდვისათვის.

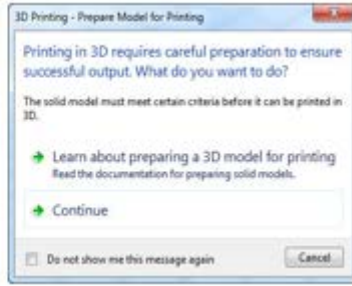
- **Learn about preparing a 3d model for printing** (ისწავლე 3D მოდელის მომზადება ბეჭდვისათვის). მასზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება მასალები, რის საშუალებითაც შეგვიძლია ვისწავლოთ, თუ როგორ მოვამზადოთ 3D მოდელი 3D ბეჭდვისათვის;

- **Continue** (გაგრძელება). დავაწკაპუნოთ ველზე **Continue** (გაგრძელება) (ნახ.2). ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება მითითება: **Select solids or watertight meshes:** (შეარჩიე მყარი სხეულები ან meshes).

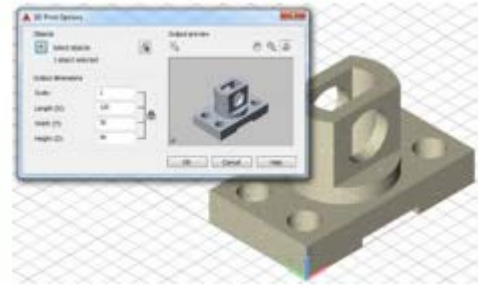




ნახ.1



ნახ.2



ნახ.3

მოვნიშნოთ **3D** მოდელი  $\Rightarrow$  **Enter**. რის შემდეგაც გაიხსნება დიალოგური ფანჯარა **3D Print Options** (ბეჭდვის პარამეტრები), სადაც ჩანს მოდელის გაზომვები და მასშტაბი (ნახ.3). მასშტაბის ცვლილება გამოიწვევს შესაბამისად გაზომვების ცვლილებას. აქვე შესაძლებელია მოდელის პანორამირება, ზუმირება და ხელსაწყო **Orbit**-ით სხვადასხვა კუთხით დათვალიერება. ღილაკზე **Ok** დაწკაპუნების შემდეგ მოხდება **stl** ფაილის ფორმირება და ახალ პროგრამა **PRINT STUDIO**-ში გახსნა (ნახ.4).

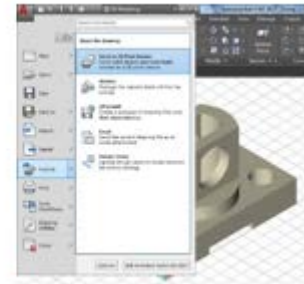
**PRINT STUDIO** წარმოადგენს უფასო პროგრამას, რომლის ჩამოტვირთვაც შესაძლებელია **Autodesk**-ის საიტიდან. აქვე შესაძლებელია სხვადასხვა პარამეტრების ცვლილება, ასევე **3D Printer**-ის მოდელის შერჩევა (სურ. 5). შემდეგ შესაძლებელია ამ ფაილის, როგორც **stl** ფორმატის შენახვა და ასევე ამობეჭდვაც.



ნახ.4



ნახ.5



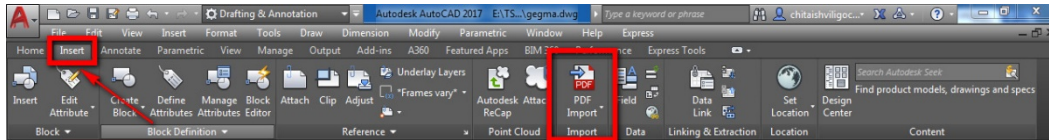
ნახ.6

**ბ) Application Menu  $\Rightarrow$  Publish  $\Rightarrow$  Send to 3D Printer Service (ნახ.6).**

მასზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება იგივე დიალოგური ფანჯარა **3D Print Options** (ბეჭდვის პარამეტრები), სადაც ჩანს მოდელის გაზომვები და მასშტაბი (ნახ.3). განსხვავება **3D Print**-სა და **Send to 3D Printer Service**-ს შორის არის ის, რომ ამ უკანასკნელის შემთხვევაში მოხდება ფაილის პირდაპირ **stl** ფორმატში ფორმირება და **Ok** ღილაკზე დაწკაპუნების შემდეგ პროგრამა მოგვთხოვს მისამართს თუ სად შევინახოთ ეს ფაილი.

3. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სიახლეა ის, რომ **AutoCAD 2017** წლის ვერსიაში უკვე შესაძლებელია Pdf ფაილის იმპორტირება. ადრე Pdf ფაილის იმპორტირებისათვის საჭირო იყო კონვენტორი. Pdf ფაილის იმპორტირების პიქტოგრამა განთავსებულია პანელზე **Insert**.

**Tabs  $\Rightarrow$  Insert  $\Rightarrow$  Ribbon  $\Rightarrow$  Import  $\Rightarrow$  PDF Import**  (ნახ.7)

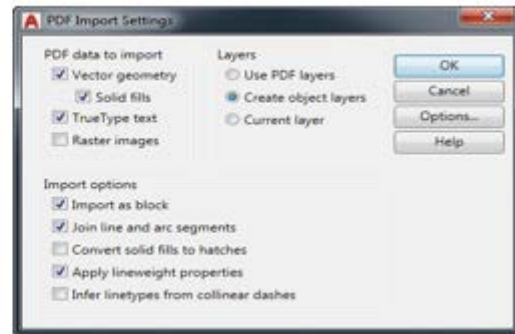


ნახ.7


ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება შემდეგი მითითება: **PDFIMPORT Select PDF underlay or [File] <File>**: შეარჩიე Pdf ან [ფაილი]<ფაილი>: დავაწკაპუნოთ ოპციაზე **File** (ფაილი) ასევე შესაძლებელია პირდაპირ კლავიშზე **Enter** დაჭერაც, რადგან პროგრამის მიერ უკვე მითითებული ეს ოპცია <File> (ფაილი). შემდეგ მივუთითოთ Pdf ფაილის მდებარეობა და გავხსნათ იგი. გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Import PDF** (ნახ.8) . ამავე დიალოგური ფანჯრის დახმარებით შეგვიძლია სხვა Pdf ფაილის იმპორტირება, რისთვისაც შეიძლება გამოვიყენოთ ღილაკი.



ნახ.8



ნახ.9

1. **Browse...** (დათვალიერება).
2. ველი **Page** (გვერდი) – გვიჩვენებს თუ რომელი გვერდია გახსნილი, ხოლო ველი **Total** (სულ) გვერდების რაოდენობას (შესაძლებელია ნებისმიერი გვერდის გახსნა);
3. პიქტოგრამა  – გვაძლევს ერთი ან ყველა გვერდის ერთდროულად დათვალიერების საშუალებას;
4. ველში **Specify insertion point on-screen** (მიუთითე ჩასმის წერტილი ეკრანზე) – ალამის დასმის შემთხვევაში შესაძლებელია ჩასმის წერტილის უშუალოდ ეკრანზე მითითება;
5. **Scale** (მასშტაბი) – ამ ველში უნდა მივუთითოთ მასშტაბი. რადგან **PDF** ფაილი, რომლის შემოტანასაც ვაპირებთ შესრულებული მასშტაბში **S 1:250**. მივუთითოთ 250. რათა იმპორტირების შემდეგ ნახაზი იყოს ნატურალური სიდიდით **S 1:1**;
6. ველში **Rotation** (ბრუნვა) – შესაძლებელია მობრუნების კუთხის მითითება; შემდეგი ველი არის **PDF data to import** (PDF-ის მონაცემების იმპორტი), სადაც შესაძლებელია სხვადასხვა თვისების მითითება;
7. **Vector geometry** (ვექტორული გეომეტრია) – რადგან გვინდა ვექტორული გეომეტრიის იმპორტირება ამიტომ დავტოვოთ ალამი ამ ველში;
8. **Solid fills** (სრული შევსება) – ამ ველში ალამი ჩავსვათ იმ შემთხვევაში თუ **PDF**-ში გვაქვს რაიმე ფართის სრული შევსება;
9. **True Type text** (ნამდვილი ტიპის ტექსტი) – მხოლოდ ამ ტიპის ტექსტის კონვერტირება ხდება სარულფასოვნად. რადგან ვექტორული შრიფტები გაფართოებით shx

- კონვერტირდება როგორც გეომეტრიული ობიექტები, ამიტომ ისინი აისახება როგორც რკალები და მონაკვეთები;
10. **Raster images** (რასტრული გამოსახულებები) - მისი დახმარებით ხდება მხოლოდ იმ ობიექტების ვექტორულ გეომეტრიაში კონვერტირება, რომლებიც შექმნილი იყო ვექტორული გეომეტრიის საშუალებით. ხოლო სკანირებული გამოსახულება აღიქმება როგორც რასტრული გამოსახულება;
  11. **Use PDF layers** (გამოიყენე PDF-ის ფენები) – თუ კი PDF მიღებულია DWG- დან, რომელიც შეიცავდა ფენებს, მაშინ ასეთი PDF-ის იმპორტირების დროს შესაძლებელია მასში არსებული ფენების იმპორტირებაც;
  12. **Create object layers** (შექმნათ ფენები ობიექტებისათვის) – მისი მონიშვნის შემთხვევაში მოხდება ობიექტების გეომეტრიის, ტექსტის და ფერის შევსების ცალ-ცალკე ფენებზე იმპორტირება;
  13. **Current layer** (მიმდინარე ფენა) – მისი მონიშვნის შემდეგ მოხდება ყველა PDF ობიექტის მიმდინარე ფენაზე იმპორტირება;
- შემდეგი ველი არის Import options* (იმპორტის პარამეტრები), საიდანაც იმპორტირების პარამეტრების მითითება შეგვიძლია;
14. **Import as block** (მოახდინე იმპორტირება როგორც ბლოკის) – ამ ველის დახმარებით მოხდება მთელი გეომეტრიის ერთ ბლოკად იმპორტირება;
  15. **Join line and arc segments** (შეაერთე ხაზი და რკალის სეგმენტები) – ამ ველში პროგრამის მიერ ავტომატურად მითითებული პარამეტრებით ჩასმულია ალამი, და რეკომენდებულია მისი დატოვება, რადგან ამ შემთხვევაში მოხდება რკალებისა და მონაკვეთების გაერთიანება;
  16. **Convert solid fills to hatches** (მოახდინე ფერის შევსების კონვერტაცია დაშტრიხვაში) – ჩავსვათ ალამი ამ ველში იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა ფერის შევსების კონვერტირება დაშტრიხვაში;
  17. **Apply lineweight properties** (დავეთანხმოთ ხაზის სისქეს) – მისი დახმარებით შესაძლებელია PDF-ში არსებული ხაზის სისქეების იმპორტირება;
  18. **Infer linetypes from collinear dashes** (იგულისხმება ხაზის ტიპები დაშტრიხვის კოლინეალური) – თუ ამ ველში ჩავსვამთ ალამს, ნახაზში არსებულ წერტილ წყვეტილი დაშტრიხვის ხაზის ტიპი კონვერტაციის შემდეგ იქნება როგორც წერტილ წყვეტილი და არა როგორც დაშტრიხვის ხაზი.

ახლა იგივე PDF-ი დავაკოპიროთ და ჩავსვათ ნახაზში. შემდეგ კი კვლავ გამოვძახებთ იგივე ხელსაწყო:

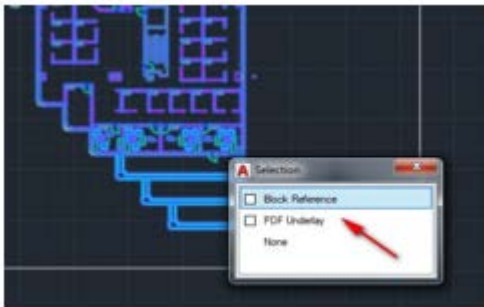
*Tabs* ⇒ **Insert** ⇒ *Ribbon* ⇒ **Import** ⇒ **PDF Import**



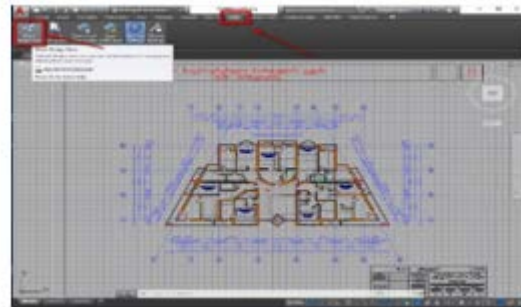
ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება შემდეგი მითითება: **PDFIMPORT Select PDF underlay or [File] <File>**: შეარჩიე PDF ან [ფაილი]<ფაილი>: დავაწკაპუნოთ ოპციაზე უნდერლაყ (საფუძველი) და მოვნიშნოთ ჩასმული PDF-ი. ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება შემდეგი მითითება: **PDFIMPORT Select PDF underlay or [File] <File>: Specify first corner of area to import or [Polygonal/All/Settings] <All>**: (შეარჩიე PDF ან [ფაილი]<ფაილი>: იმპორტისათვის შეარჩიე ფართის პირველი კუთხე ან

[მრავალკუთხედი/ყველა/პარამეტრები]<ყველა>:) თავდაპირველად შევარჩიოთ **Settings** (პარამეტრები) ამ ოპციაზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **PDF data to import (PDF მონაცემების იმპორტი)**.

როგორც ვხედავთ ამ დიალოგურ ფანჯარაშიც იგივე პარამეტრებია მისათითებელი, რაც ზემოთ განვიხილეთ. შევარჩიოთ სასურველი პარამეტრები და დავაჭიროთ კლავიშს **OK**. რის შემდეგაც შესაძლებელია შევარჩიოთ **Polygonal** (მრავალკუთხედი) ან **All** (ყველა). თავდაპირველად შევარჩიოთ ოპცია **Polygonal** (მრავალკუთხედი) და მრავალკუთხედის საშუალებით მოვნიშნოთ **PDF**-ის ის ნაწილი, რომელიც გვჭირდება და დავაჭიროთ კლავიშს **Enter**. ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება მითითება: **PDFIMPORT Keep, Detach or Unload PDF underlay? [Keep/Detach/Unload] <Unload>**: (შენარჩუნება, გამოყოფა ან **PDF**-ის საფუძველის მოხსნა? [შენახვა/წაშლა/გამოყოფა] <გამოყოფა>: შევარჩიოთ ოპცია **Keep** (შენახვა). ამ ოპციაზე დაწკაპუნების შემდეგ მოხდება თვით **PDF**-ის საფუძველის დატოვება ასევე, (**Polygonal**) მრავალკუთხედით მონიშნული **PDF**-ის ნაწილის იმპორტირება (ნახ.10).



ნახ.10



ნახ.11

ოპცია **Detach**-ის (წაშლა) შერჩევის შემთხვევაში, მოხდება **PDF**-ის საფუძველის წაშლა და დარჩება მხოლოდ იმპორტირებული ბლოკი. ოპცია **Unload**-ის (გამოყოფა) ამ შემთხვევაში მოხდება **PDF**-ის საფუძველის გამოყოფა, მაგრამ საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება **PDF**-ის საფუძველის დაბრუნება.

4. მნიშვნელოვანი სიახლეა ასევე ის, რომ უკვე შესაძლებელია **AutoCAD**-ის ფაილის პუბლიკაცია ინტერნეტში. **Autodesk 360**-ის (**A360**) საშუალებით შესაძლებელი გახდა ნახაზის ხედების ინტერნეტ სივრცეში გსნთავსება. დაინტერესებულ პირს, ვისაც გაუფუზავნით ლინკს ამ ხედების სანახავად, აღარ სჭირდება არც კომპიუტერული პროგრამა **AutoCAD**-ი და არც **DWG** ფაილის გამხსნელი რაიმე დამატებითი პროგრამა (მაგალითად: ისეთები როგორებიცაა, **DWG TrueView**, **ABViewer**, **DWGSee** და ა.შ., რადგან თუ მას აქვს რომელიმე თანამედროვე ბრაუზერი [რომელსაც გააჩნია **WebGL**-ის მხარდაჭერა], ასეთებია მაგალითად: **Internet Explorer**, **Crome**, **Safari**, **Firefox** და ა.შ.) შეუძლია არა მარტო დაათვალიეროს არამედ, მოახდინოს მასშტაბირება, პანორამირება, ისარგებლოს ფენებით, ასევე გაზომოს ნებისმიერი გეომეტრიული ფიგურის ზომები.

გავითვალისწინოთ ის, რომ ეს არ არის ნახაზი არამედ არის მხოლოდ ხედები ამიტომ შეუძლებელია მისი ჩამოტვირთვა ან ასლის გადაღება. მისი ნახვა შეუძლია 30 დღის განმავლობაში ყველას ვისაც გადაუფუზავნით ლინკს, ხოლო 30 დღის შემდეგ მოხდება ფაილის წაშლა ინტერნეტიდან. აქვე აღვნიშნოთ, რომ შესაძლებელია როგორც ორგანოზომილებიანი **2D** ნახაზის, ასევე სამგანზომილებიანი **3D** მოდელის ატვირთვაც.



განვიხილოთ მაგალითი:

Tabs ⇒ A360 ⇒ Ribbon ⇒ Share ⇒ Share Design View



ამ მინიატურაზე დაწკაპუნების შემდეგ (ნახ.11) დაიწყება ნახაზის ან მოდელის გამოქვეყნება ინტერნეტში და შესაძლებელი იქნება მისი სურვილის მიხედვით გაზიარება. ამისათვის საჭიროა ავირჩიოთ (ნახ.12) ერთ-ერთი პუნქტი:

1. გამოაქვეყნე და მაჩვენე ჩემს ბროუზერში;
2. გამოაქვეყნე და შემატყობინე ატვირთვის დამთავრების შესახებ.

სასურველი პუნქტის შერჩევის შემდეგ დაიწყება ნახაზის ან მოდელის ინტერნეტში ატვირთვა (ნახ.13). ატვირთვის დამთავრების შემდეგ გაიხსნება ფაილი (ნახ.14).



ნახ.12



ნახ.13



ნახ.14



ნახ.15

ამის შემდეგაც შესაძლებელი იქნება ნახაზის ან მოდელის დათვალიერება (ნახ.14), აგრეთვე: 1. გამოსახულების პანორამირება; 2. გამოსახულების მასშტაბირება; 3. გამოსახულების მობრუნება; 4. ნებისმიერი ზომის გაზომვა (ნახ.15); 5. გამოსახულების კომენტირება; 6. ფენების მენეჯერით სარგებლობა; 7. ნებისმიერი ობიექტის თვისებების მიმოხილვა; 8. შესრულების, ვიზუალიზაციის (**performance and appearance**), ნავიგაციისა და მონიშვნის (**performance and appearance**) პარამეტრების რეგულირება; 9. ეკრანის ზომების რეგულირება და 10. ინტერნეტ ლინკის მიღება (ნახ.16).



ნახ.16

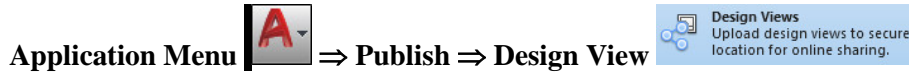


ნახ.17



ნახაზის ხედების ინტერნეტ სივრცეში განთავსებისათვის რა თქმა უნდა წინასწარ დარეგისტრირებული უნდა ვიყოთ **A360**-ში, რომელიც არის **Autodesk**-ის პროექტი „თანამრომლობა დრუბლებში“.

ნახაზის ხედების ინტერნეტ სივრცეში განთავსება შესაძლებელია ასევე,



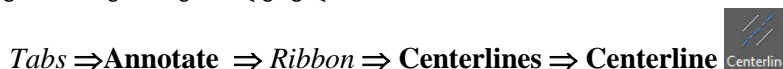
5. **CENTERLINES** (ცენტრის ხაზი) – ცენტრის ხაზი ანუ სიმეტრიის ღერძის ხაზი (წყვეტილ-წერტილოვანი ხაზი). **AutoCAD 2017** წლის ვერსიაში ნახაზზე ცენტრის ხაზის დატანის ახალი ხელსაწყოები გამოჩნდა, რომელიც განთავსებულია **RIBBON**-ში (ზოლი, ლენტის).



ხელსაწყოები **CENTERMARK** (ცენტრის მონიშვნა) და **CENTERLINE** (ცენტრის ხაზი) არიან ასოციაციური ობიექტები. თუ მოვახდენთ იმ ობიექტის გადაადგილებას ან მოდიფიცირებას რომელთანაც დაკავშირებული არის ცენტრის ხაზი და ცენტრის მონიშვნა, მაშინ ისინიც შესაბამისად გადაადგილდებიან.

**CENTERLINE** (ცენტრის ხაზი) – მისი დახმარებით შესაძლებელია ორ მონაკვეთს შორის ასოცირებული ცენტრის ხაზის (სიმეტრიის ღერძის ხაზის) გატარება.

ამ ხელსაწყოს გამოძახება შესაძლებელია:




ხელსაწყოები: **CENTERMARK** (ცენტრის მონიშვნა) და **CENTERLINE** (ცენტრის ხაზი) წარმოადგენენ **Autocad**-ის ჩვეულებრივ ობიექტებს, რომელთა მოდიფიცირება შესაძლებელია, როგორც სახელურების ასევე თვისებების პალიტრის (**PROPERTIES**) საშუალებით. იმ ობიექტების მოდიფიცირებისას რომელთანაც ისინი არიან დაკავშირებული მოხდება მათი ცვლილებაც. მაგალითად მართკუთხედისა და წრეწირის გადაადგილება იწვევს **CENTERMARK**-ის (ცენტრის მონიშვნა) და **CENTERLINE**-ის (ცენტრის ხაზი) გადაადგილებასაც.

შესაძლებელია **CENTERMARK**-ის (ცენტრის მონიშვნა) და **CENTERLINE**-ის (ცენტრის ხაზი) დამოკიდებულებების მოხსნაც (ანუ ასოცირებული ცენტრის ხაზისა და ცენტრის მონიშვნის გათიშვა, მოხსნა **DISASSOCIATE**) და კვლავ აღდგენა **REASSOCIATE**.

**შენიშვნა:** აქვე აღვნიშნოთ, რომ **CENTERLINE**-ის საშუალებით შესაძლებელია არა მარტო ორ მონაკვეთს შორის ასოცირებული ცენტრის ხაზის გატარება, არამედ ორი მომიჯნავე ხაზის ბისექტრისის გატარებაც.



6. სიახლეა ასევე ის, რომ მოხდა ზოგიერთი დიალოგური ფანჯრის მოდიფიცირება. ეს სიახლე საშუალებას აძლევს მომხმარებელს მოახდინოს დიალოგური ფანჯრის ზომების ცვლილება, რათა სრულად დაინახოს არა მარტო ჩამონათვალი, არამედ დეტალურად დაათვალიეროს ნახაზიც. მაგალითად, გამოვიძახოთ – ბლოკის ჩასმის დიალოგური ფანჯარა.

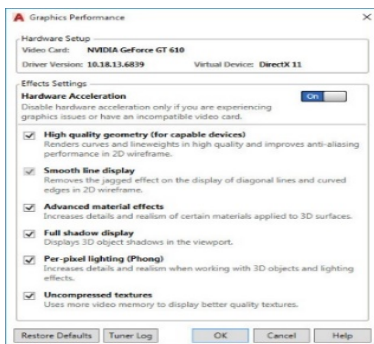
7. შემდეგი სიახლეა – განახლების მენეჯერი. **AutoCAD 2017**-ის ინსტალაციის შემდეგ ეკრანზე **AutoCAD**-ის მინიატურასთან ერთად გამოჩნდება მინიატურა **(Autodesk Desktop App)**. მისი გაშვების შემდეგ გამოჩნდება ფანჯარა. რომელშიც იქნება კომპიუტერში არსებული **Autodesk**-ის ყველა პროდუქტის განახლება. მათი განახლებისათვის საკმარისია მარცხენა ვერტიკალურ ზოლში შევარჩიოთ პროდუქტი და დავაწვეთ ღილაკს  (ნახ.17).

8. გამორჩეული სიახლეა ის, რომ შესაძლებელი გახდა მიბმა წყვეტილი და ცენტრის ხაზის, წყვეტის ადგილზე.

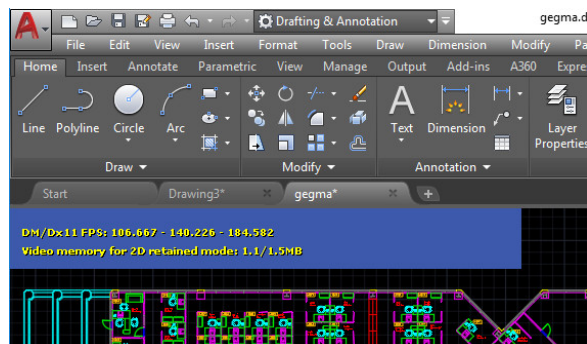
9. შემდეგია გრაფიკული სიახლეები. ახალ ვერსიაში უკვე საკმაოდ ბევრი ტექნოლოგებია, რომლებიც იყენებენ ვიდეო დაფას.

მისი გამოძახება შესაძლებელია:

1. **Application Menu**  ⇒ **Options** ⇒ **System** ⇒ **Graphics Performance** (სურ. 18).
2. **right click on Workspace** ⇒ **Options** ⇒ **System** ⇒ **Graphics Performance**.
3. კლავიატურაზე აკვირფოთ **GRAPHICSCONFIG** ⇒ **Enter**.
4. სტატუსის სტრიქონში **right click on GRAPHICSCONFIG**  ⇒ **Graphics Performance**.



ნახ.18



ნახ.19

10. ახალ 2017-ის ვერსიაში შესაძლებელი გახდა მონიტორზე შესაბამისი მთვლის გამოტანა, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენადაა დატვირთული ვიდეო დაფა და ასევე ასევე აჩვენებს სხვა მონაცემებს (ნახ.19). ეს ფუნქცია დაგეგმარება, მოვახდინოთ კომპიუტერის ოპტიმიზაცია **Autocad**-ში მუშაობისათვის.

**GSDEBUG Command [Bias/CloudFailure/deVice/GrabImage/GrabView/HUD /Multisample]:**  
⇒ **HUD** ⇒ **GSDEBUG Level [Off/on]:** ⇒ **On**

### 3. დასკვნა

**AutoCAD 2017**-ის სიახლეების გაცნობა გაუადვილებს სტუდენტებსა და ინჟინრებს ახალ ვერსიაში მუშაობას, ასევე გაუადვილებს ვექტორული ფაილების იმპორტირებას (PDF) და ექსპორტირებას (STL) დამატებითი პროგრამების გამოყენების გარეშე,

ლიტერატურა:

1. <https://www.lynda.com/AutoCAD-tutorials/AutoCAD-2017-Essential-Training/437290-2.html>.
2. <http://blogs.autodesk.com/autocad/autocad-2017-its-alive/>
3. <http://mgtuts.com/categories/autocad-tutorials/autocad-2017-interface-review-free-autocad-tutorials>

**SOME NOVELTIES OF AutoCAD 2017**

Chitaishvili Gocha, Nozadze Nana, Nozadze Manana  
Georgian Technical University

**Summary**

Since appearance of AutoCAD makes one of the popular engineering software. Currently it is the leader. The title of system is reduced from Automated Computer Aided Drafting and Design. AutoCAD is one of the products of Autodesk. Autodesk every year offers new version of software that makes it more flexible and convenience even for most capricious and exacting customer. The presented work gives the possibility to be familiar with basic novelties of AutoCAD 2017 version. The main novelty of this version includes the possibility of import of PDF files. Also is possible to send created in program 3D model directly on 3D plotter (printer) and publication of AutoCAD files in Internet. Would be mentioned that these novelties are in details considered in this work. In addition other considered novelties confirm us on advantages of AutoCAD 2017 in comparison with previous versions.

**НЕКОТОРЫЕ НОВИЗНА В AutoCAD 2017**

Читашвили Г., Нозадзе Н., Нозадзе М.  
Грузинский Технический Университет

**Резюме**

AutoCAD-после появления стал в мире самым популярным инженерным программным пакетом. Сегодня он является лидером. Название Automated Computer Aided Drafting and Design – означает автоматическое компьютерное черчение и проектирование. AutoCAD- один из продуктов компании Autodesk. Autodesk каждый год предлагает новые версии программы, которые являются более гибкими и удовлетворяют потребности самых требовательных пользователей. Представленная работа позволяет ознакомиться с основными инновациями последней версии AutoCAD -2017. Главное нововведение этой версии является то, что можно импортировать файл PDF. Программа также может 3D-модели, созданные в этой версии отправить на 3D печатное устройство (принтер), а также можно файлы AutoCAD-2017 публиковать в Интернете. Следует отметить, что в этой статье это нововведение подробно обсуждается. Кроме того, обсуждение других нововведений уверяет нас о превосходстве новой версии AutoCAD -2017 над старыми версиями.

## ინტერაქტიური სწავლება ანუ ჩინური პრიტჩა საინჟინრო განათლებაში

ზაურ ადამია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია „ტექნოლოგიური საგზაო რუკა (Road map)“, სადაც მოცემულია ეტაპობრივი სასწავლო სამეცნიერო პროცესი უმაღლესი საინჟინრო განათლებიდან ინტელექტუალურ სამუშაო ადგილებამდე, ინტელექტუალური სწავლება კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით.

**საკვანძო სიტყვები:** „ტექნოლოგიური საგზაო რუკა. ტექნოპარკი. ინტერაქტიური სწავლება. ელექტრონული „ცოცხალი“ გაანგარიშება.

### 1. შესავალი

„გაანგარიშების მიზანი არა რიცხვებია, არამედ გაგების მიღწევა“ – ამბობდა მათემატიკოსი რიჩარდ ჰემინგი.

თანამედროვე ტექნიკური უმაღლესი სკოლის მთავარი ამოცანაა ინჟინერ-ტექნიკური სპეციალისტების მომზადება, რომლებმაც უნდა უპასუხონ სწრაფად განვითარებულ, მაღალტექნოლოგიურ და კონკურენტულ გარემოს მოთხოვნილებებს.

საინჟინრო განათლებაში ამ გამოწვევების პასუხად ერთერთ საშუალებას წარმოადგენს ინტერაქტიური საინფორმაციო სასწავლო გარემოს (ისსგ) შექმნა ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით. 1-ელ ცხრილში მოცემულია „სწავლების სამეცნიერო-მეთოდური პროცესის“ და „ჩინური სიბრძნის“ ზოგიერთ ტერმინთა სემანტიკური შედარების მაგალითები.

**ცხრ.1**

ჩინური სიბრძნე		სასწავლო სამეცნიერო პროცესი	შედეგი
მომასმენინე	დამავიწყდა	ლექცია სიტყვებით და ქესტებით	ზედაპირული განათლება (წამიერი დამახსოვრებით)
დამანახე	დავიმახსოვრე	პრაქტიკული მეცადინეობა სლაიდებით	ფრაგმენტული განათლება (ხანმოკლე დამახსოვრებით)
გამაკეთებინე	გავიგე	ინტერაქტიური სწავლება კომპიუტერული მოდელირებით	სისტემური განათლება (ხანგრძლივი დამახსოვრებით)
X	X	ტექნოპარკი (მინი სამეცნიერო-ექსპერიმენტული კვლევა)	კონკურენტუნარიანი მეცნიერება ტევადი მცირე და საშუალო ბიზნესი

ისგ წარმოადგენს საინფორმაციო საკომუნიკაციო ორგანიზებულ სისტემას, სადაც მომხმარებლის ნებისმიერ მოქმედებაზე პასუხი მიიღწევა სისტემის აქტიური და ადექვატური რეაგირებით, სადაც სისტემა მისთვის ზოგიერთ შემთხვევაში ასრულებს ერთგვარ რეპეტიტორის როლსაც [1].

ტერმინი ინტერაქტიურობა კომპიუტერული ინფორმაციული ტექნოლოგიების დარგიდან მოვიდა. ინტერაქტიულობა, ანუ დიალოგური რეჟიმი, დიდი ხანია პედაგოგებისათვის არის ცნობილი. ტერმინი დიალოგის შეცვლა მეცნიერებისნაირ მოდურ ტერმინზე თითქოს არაფერ ახალს არ წარმოადგენს, მაგრამ პედაგოგები ძალიან გამოცდილებიც კი დიალოგის ორგანიზაციის დროს სირთულეებს აწყდებიან [2].

## 2. ძირითადი ნაწილი

კომპიუტერულ დიალოგურ პროგრამებთან მუშაობის გამოცდილება იძლევა აღნიშნული სირთულეების აღმოფხვრის საშუალებას. ამ გამოცდილებას ერთი არსებითი მომენტი შეაქვს სწავლებაში. სტუდენტის პასუხი უნდა ფორმირდებოდეს კომპიუტერულ მოდელზე მისთვის წინასწარ შეტყობინებულ გადამუშავებულ ალგორითმების საფუძველზე.

ავტორი თვლის, რომ ეს უნდა განხორციელდეს სალექციო პრეზენტაციის დროს, სადაც თეორიული მასალების წარმოდგენისას უნდა დაემატოს „კოცხალი“ რიცხვითი გაანგარიშებები: შედეგების, რიცხვების, გრაფიკებისა და ანიმაციების სახით, რაც ხელს უწყობს სტუდენტის შინაგანი მოტივაციის მექანიზმის (ე.წ. „cognitive drive“) გააქტიურებას. ეს კი ქმნის სწავლების პროცესის ინდივიდუალიზების წინაპირობას.

შემოთავაზებული ისგ-ში მთავარ ადგილს იკავებს ციფრული კომპიუტერული მოდელები. კომპიუტერული მოდელირება არის რთული სისტემების შესწავლის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდი. კომპიუტერული მოდელების კვლევა უფრო მარტივი და მოსახერხებელია მათი შესაძლებლობების გამო, როცა რეალური ექსპერიმენტები გამწვანებულია ფინანსური ან ფიზიკური დაბრკოლებების გამო [3].

კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენება აგრეთვე ქმნის წინაპირობებს: სტუდენტების დამოუკიდებელი მუშაობისათვის; დისტანციური განათლების დანერგვისთვის; დისციპლინათა უფრო ხარისხიანი შესწავლისთვის და ცოდნის ათვისების დროს შრომითი დანახარჯების ეკონომიისათვის.

უკანასკნელ წლებში ტრადიციული სწავლების (მკაცრად „სტრუქტურირებული“ მასალის კოლექტიური ავტორიტარული სწავლების), ალტერნატივად შეიქმნა თავისუფალი, ეგრეთ წოდებული „ლია“ სწავლების სისტემის დანერგვის რეალური შესაძლებლობები, რომელიც ხასიათდება შემდეგი განსაკუთრებულობებით:

- სწავლება ტარდება ინდივიდუალურ საფუძველებზე;
- არ არის შეფასებების მკაცრი სისტემა;
- ფართოდ გამოიყენება შინაგანი მოტივაციის მექანიზმები (შემეცნებათა შინაგანი იმპულსი, უნარები, პრაქტიკული გამოცდილება და ა.შ.);



– პედაგოგს დამხმარებლის და მრჩეველის უფლება ენიჭება;

ამ საშუალებათა რეალიზება სავსებით შესაძლებელია შემოთავაზებულ ისგ სისტემაში, რომლის მცდელობაც პრაქტიკულად განხორციელებულია. რაც აღწერილია ამავე ჟურნალის ავტორის სტატიებში [1].

მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ სწავლების პროცესში ინფორმაციის გადამუშავების დროს გადამწყვეტი როლი ეკუთვნის მეხსიერებას და აზროვნე-ბას. მეხსიერების ფორმები, განსხვავდებიან ინფორმაციის შენახვის დროთა მიხედვით. მეხსიერების მოცულობა დამოკიდებული არის ინფორმაციის რაოდენობაზე. ეს დამოკიდებულება კი უკუპროპორციულია. ინფორმაციის და სიმბო-ლოთა რაოდენობის რიცხოვნობის გაზრდით მეხსიერების მოცულობა მცირდება.

შესაბამისად, დამახსოვრებული მასალის მოცულობა რომ გაიზარდოს, უნდა შემცირდეს ინფორმაციის რაოდენობა. დამახსოვრებული სიმბოლოების რაოდენობა შეიკვეცოს ინფორმაციის „ლუკმებად“ („ულუფებად“) გაზრდის გზით, ერთდროულად შემცირდეს ინფორმაციის რაოდენობა და დამახსოვრე-ბული სიმბოლოების რაოდენობაც [4].

სასწავლო პროცესის დროს ინფორმაციული კომპიუტერული მოდელების გამოყენებისას მოითხოვება სტუდენტის მიერ უმაღლესი მათემატიკური და ფიზიკის განათლების გამოვლენის აუცილებლობა. სტუდენტი ქვეცნობიერად უბრუნდება კომპიუტერული ტექნოლოგიების მათემატიკურ საფუძვლებს და უკვე მოდელზე მუშაობის დროს ხდება მისი ფუნდამენტური განმტკიცება.

ამ პროცესში მას დიდ დახმარებას უწევს კომპიუტერულ მოდელებში ჩაშენებული ფიზიკური მოდელირების და მათემატიკური პროცედურების დიდი რაოდენობა, რომლებიც ცალკეული ელექტრული მოდელების და მათემატიკური ფუნქციების რეალიზებას ახდენს. ეს ანთავისუფლებს სტუდენტს დამატებითი რუტინული შრომისაგან და ამცირებს ინფორმაციის ჭარბ რაოდენობას [4].

ავტორის აზრით კომპიუტერულ მოდელებზე მუშაობის დროს მიღებული შედეგები იძლევა საშუალებას სტუდენტების დამოუკიდებელი დონის და სწავლების სტილის ფორმის შერჩევას, (გ. გროუს თეორიის ეფექტურობა [5]).

აღნიშნული გარემოება პედაგოგს აძლევს საშუალებას გამოიყენოს თანასწორი დისკუსიების და ინდივიდუალური სწავლების ფორმები და მიიღოს ადეკვატური გადაწყვეტილება სტუდენტის კომპენტენციის შეფასებისას.

ინჟინერი უნდა ფლობდეს არა მარტო კონკრეტულ ტექნიკურ უნარებს, არამედ უნარებით მართვას ფსიქოლოგიის და ეკოლოგიის დარგში. რაც განპირობებულია რთული ტექნიკური ამოცანების ამოხსნის აუცილებლობით.

ამ შემთხვევაში წამყვანი ტენდენცია ხდება ცოდნათა ინტეგრაციულობა. ისგ-ში სწავლების სისტემებს აქვთ უზარმაზარი ვებ-თანამეგობრობა, რომელშიც საკმაოდ სწრაფად შეიძლება მივიღოთ პრობლემის გადაწყვეტა.

### 3. დასკვნა

სტატიაში დიდი ყურადღება ეთმობა სისტემურ განათლებას, რომელიც მხარდაჭერილი იქნება ელექტრონული „ცოცხალი“ გაანგარიშებით.

სისტემური განათლება აუცილებელი წინაპირობაა ინოვაციური კვლევების ჩასატარებლად ტექნოპარკში. აგრეთვე თვითსწავლების პრინციპების ცოდნა და გამოყენება საშუალებას აძლევს სპეციალისტს შეამციროს ადაპტაციის პერიოდი სამუშაო ადგილზე.

### ლიტერატურა:

1. ადამია ზ. (2013). საინჟინრო განათლების ინტერაქტიული საინფორმაციო-სასწავლო გარემოს შექმნა ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით. სტ.შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, №3 (16). თბილისი. გვ.69-72.
2. Мусин Н.М. (2014). Интерактивное преподавание математики. Интернет ресурсы.
3. Орлов Б.Ф. (1977). Основы инженерной психологии. - М., "Высш. школа"
4. Тетельбаум И. М. Тетельбаум Я. (1979). И. Модели прямой аналогии. Наука. Гл.ред. Физико-математической лит.
5. Сальникова О. (2000). Использование американской модели обучения (experiential learning) в техническом вузе. Интернет ресурсы.

### INTERACTIVE LEARNING OR CHINESE PARABLE IN ENGINEERING EDUCATION

Adamia Zaur  
Georgian Technical University

#### Summary

There is considered the "Technology Road Map", which proposes a gradual process of teaching and research on higher engineering education to intellectual workplace, interactive training using computer simulation.

### ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ИЛИ КИТАЙСКАЯ ПРИТЧА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Адамия З.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматривается "Технологическая дорожная карта (Road map)", в которой предлагается постепенный учебно-исследовательский процесс от высшего инженерного образования до интеллектуального рабочего места, интерактивное обучение с применением компьютерного моделирования.

## მარკეტინგის მართვა და მისი ინფორმაციული მხარდაჭერა

თამთა რუხაძე, მედეა თევდორაძე, ნინო ლოლაშვილი,  
მაია სალთხუციშვილი, ანასტასია ბაჯიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

თანამედროვე წარმოების წარმატება მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია მის საქმიანობაზე მარკეტინგის სფეროში, ვინაიდან სწორედ ბაზარზე დგინდება კომპანიის კონკურენტუნარიანობა და მისი პროდუქციის თუ მომსახურების წარმატებულობა. ბაზარზე საწარმოთა არსებობის ძირითადი პირობაა მარკეტინგული საქმიანობის წარმატებული წარმართვა, რაც, უპირველეს ყოვლისა, საკუთარი ბიზნესის მომხმარებელთა თვალთ დანახვას ნიშნავს. მარკეტინგის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი ასპექტია მისი მართვა. წარმოდგენილ სტატიაში დახასიათებულია მარკეტინგის მართვის არსი, მისი ძირითადი ამოცანები, მიზნები, მეთოდები და მიდგომები. ყურადღება ეთმობა მარკეტინგის მართვის ინფორმაციულ მხარდაჭერას – დახასიათებულია მარკეტინგული ინფორმაციის სახეობები და მათი წყაროები, მარკეტინგული ინფორმაციის დამუშავების მეთოდები. ამასთან ერთად დახასიათებულია ისეთი ცნება, როგორც არის მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა.

**საკვანძო სიტყვები:** მარკეტინგი. მარკეტინგის მართვა. მარკეტინგის ინფორმაციული უზრუნველყოფა. მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა.

### 1. შესავალი

ბაზარზე საწარმოთა არსებობის გახანგრძლივების ძირითადი პირობაა საქმიანობის მარკეტინგული მიდგომის სწორი წარმართვა, რაც, უპირველეს ყოვლისა, საკუთარი ბიზნესის მომხმარებელთა თვალთ დანახვას ნიშნავს.

მარკეტინგის არსში გასარკვევად საჭიროა შემდეგი ცნებების განხილვა: საჭიროება, მოთხოვნილება, მოთხოვნა, საქონელი, გაცვლა, გარიგება, ურთიერთობები, ბაზარი. ისინი უნდა განვიხილოთ მარკეტინგული ჯაჭვის ლოგიკურ კავშირში მყოფ რგოლებად, რომელთა არსებობამაც მოითხოვა მარკეტინგის შექმნა. თითოეული მათგანი წარმოადგენს ამოცანების რთულ კომპლექსს. ამ ამოცანების შესასრულება ხორციელდება მარკეტინგის მართვის საშუალებით [1].

### 2. ძირითადი ნაწილი

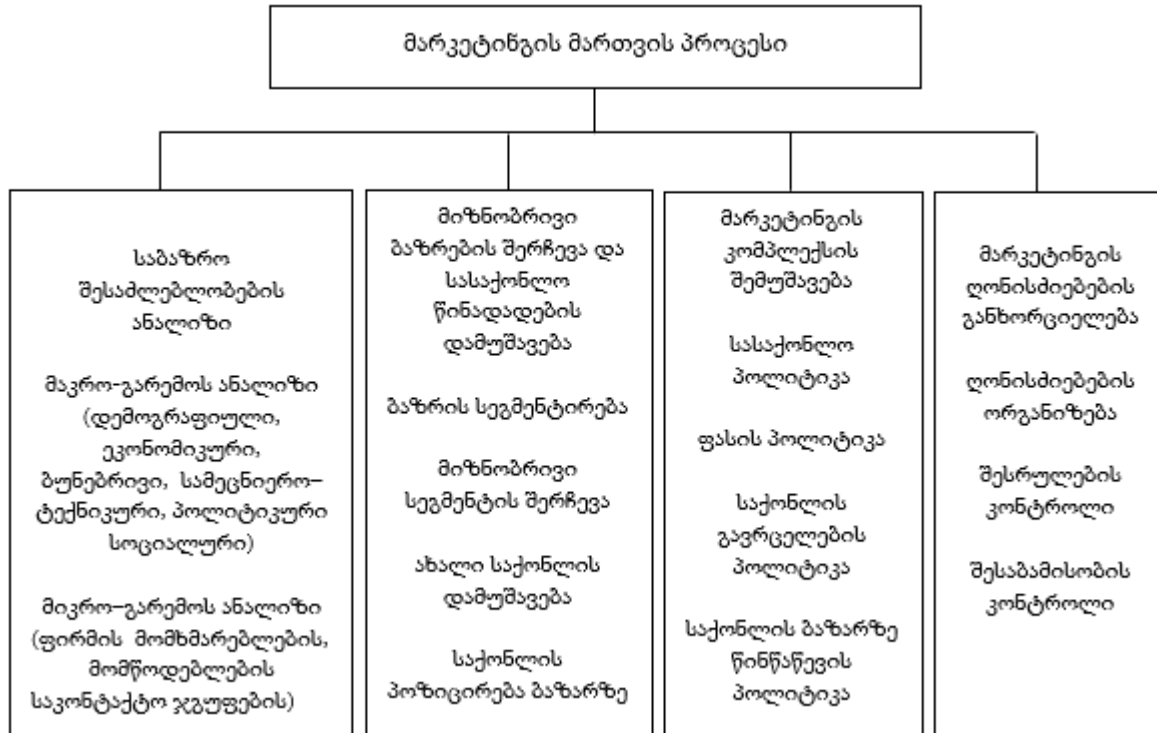
მარკეტინგის მართვა რთული პროცესია. იგი გულისხმობს ბაზარზე შექმნილი სიტუაციების ანალიზის საფუძველზე მარკეტინგული ღონისძიებების დაგეგმვას, პრაქტიკაში გატარებას და კონტროლს არახელსაყრელი სიტუაციების დროულად გამოვლენისა და არასასურველი შედეგების თავიდან აცილების მიზნით.

მარკეტინგის მართვამ ნებისმიერი დარგისა და სფეროს საწარმოებში უნდა უზრუნველყოს შემდეგი [2]:

1) მოიძიოს მომხმარებლების ის რაოდენობა, რომელიც მთლიანად იყიდის საწარმოს მიერ მოცემულ პერიოდში წარმოებულ პროდუქციას;

2) ჩამოაყალიბოს საწარმოს მიერ წარმოებულ და ბაზარზე გასაყიდად გამოტანილ საქონელზე მოთხოვნა, რომელიც შემდეგში გაფართოვდება და განმტკიცდება;

3) ოპერატიულად გამოავლინოს მოთხოვნის მოცულობასა და სრტუქტურაში მომხდარი ცვლილებები მათზე ზემოქმედების მოხდენის მიზნით.



ნახ.1. მარკეტინგის მართვის პროცესის ეტაპები

მარკეტინგის მართვას განიხილავენ როგორც ოთხი ეტაპისგან შემდგარ პროცესს. მარკეტინგის მართვის პროცესის ეტაპებია (ნახ.1):

- 1) საბაზრო შესაძლებლობების ანალიზი,
- 2) მიზნობრივი ბაზრების შერჩევა და სასაქონლო წინადადების დამუშავება,
- 3) მარკეტინგული კომპლექსის დამუშავება (სასაქონლო პოლიტიკა, ფასის პოლიტიკა, განაწილების პოლიტიკა, წინწაწევის პოლიტიკა),
- 4) მარკეტინგული ღონისძიებების განხორციელება.

შესაძლებელია ეტაპების სხვაგვარი გამოყოფა, მაგალითად: ანალიზის, დაგეგმვის, შესრულებისა და კონტროლის. დავახასიათოთ აღნიშნული ეტაპები.

საბაზრო შესაძლებლობების ანალიზი (ანალიზის ეტაპი) – ნებისმიერმა საწარმომ სისტემატურად უნდა სრულყოს თავისი საქმიანობა, რაც შესაძლებელია ბაზრის ყოველმხრივი შესწავლისა და საბაზრო შესაძლებლობების გამოვლენის გზით. როგორც წესი, საბაზრო შესაძლებლობების ანალიზი გულისხმობს ახალი ბაზრების გამოვლენას და მარკეტინგული შესაძლებლობების შეფასებას მისი მიზნებიდან და რესურსებიდან გამომდინარე. მარკეტინგული შესაძლებლობების ანალიზში – მთავარ ამოცანას წარმადგენს ფირმისათვის ყველაზე გამოსადეგი შესაძლებლობის გამოჩვენება. მარკეტინგული შესაძლებლობების შეფასების დროს უნდა იყოს გათვალისწინებული ფირმის მიზნები და რესურსები. მარკეტინგის ანალიზმა უნდა მოგვცეს ბაზრის

მდგომარეობისა და განვითარების შეფასება და პროგნოზი, განსაზღვროს ფირმის პოზიცია მოცემულ ბაზარზე და სეგმენტზე, გამოავლინოს ბაზრის რეაქცია ფირმის მარკეტინგულ მოქმედებებზე და მოდელირება გაუკეთოს მოთხოვნის კანონზომიერებას; დაახასიათოს ფირმის ეკონომიკური და საფინანსო-საკრედიტო პოტენციალი, განსაზღვროს მისი კონკურენტუნარიანობა; უზრუნველყოს საქონლის დამუშავების მარკეტინგული დასაბუთება, დაახასიათოს პოტენციალური დისტრიბუტორები, კონკურენტები და მომხმარებლები, შეაფასოს კომერციული რისკი [3].

ახალი ბაზრების გამოსვლენად შეიძლება იყოს გამოყენებული საქონლისა და ბაზრის განვითარების ბაღე, რომელიც მოიცავს ოთხ კომპონენტს: ბაზარზე უფრო ღრმა შესვლა საქონლისა და მომხმარებლების ჯგუფის შეცვლის გარეშე, ბაზრის საზღვრების გაზრდა, საქონლის განვითარება და დივერსიფიკაცია.

ახლა განვიხილოთ დაგეგმვის ეტაპი, რომელიც შეიძლება დაიყოს ორ ქვეეტაპად – სტრატეგიული დაგეგმვა და ტაქტიკური დაგეგმვა. მიზნობრივი ბაზრების შერჩევა (სტრატეგიული დაგეგმვა) მდგომარეობს შემდეგში. რადგან ბაზარი შედგება მყიდველებისგან და სწორედ მათზეა დამოკიდებული პროდუქტის გასაღება და კომპანიის მოგება, ამიტომ აუცილებელია მათი მოთხოვნილებების და მახასიათებლების გათვალისწინება. ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდება დემოგრაფიული მახასიათებლებით, საცხოვრებელი ადგილით, საჭიროებებით, მოთხოვნილებებით, ყიდვისადმი დამოკიდებულებებით, ყიდვის მანერით და მრავალი სხვა მახასიათებლით. მსხვილი ბაზრის ეფექტიანად მოსაცვლად და მომხმარებლების მახასიათებლების უკეთ გათვალისწინებისთვის მწარმოებლები ახდენენ ბაზრის სეგმენტაციას, ამით ახერხებენ მათ დაფარვას და შესაბამისობაში მოდიან წვრილი სეგმენტების საჭიროებებსა და სპეციფიურობასთან. ბაზრის სეგმენტაცია ეს არის ბაზრის დაყოფა მყიდველების ჯგუფებად, რომლებსაც განსხვავებული საჭიროებები, მოთხოვნილებები, დემოგრაფიული მახასიათებლები და ქცევები აქვთ და რომლებსაც სჭირდება განსხვავებული მარკეტინგული კომპლექსის შეთავაზება. ამავე ეტაპზე ხორციელდება სასაქონლო წინადადების შემუშავება [4].

ტაქტიკური დაგეგმვის დონეზე განიხილება მარკეტინგული კომპლექსის შემუშავება, რომელიც წარმოადგენს მთელ რიგ მარკეტინგულ ღონისძიებებს, რომლებიც მიმართულია ფირმის მიერ კონკურენტული უპირატესობის მიღწევაზე.

მარკეტინგის კომპლექსის შემუშავებისას მომხმარებლებისაგან სასურველი რეაქციის მისაღებად ფირმა გამოიყენებს მარკეტინგის ცვალებადი ფაქტორების ერთობლიობას, რომელთა გაკონტროლების შესაძლებლობა არსებობს. მათზე ზეგავლენისათვის შემუშავებულ ღონისძიებებს უწოდებენ მარკეტინგის კომპლექსს. ასეთ ფაქტორებში შეგვიძლია ჩამოვთვალოთ: საქონელი, ფასი, გავრცელებისა და სტიმულირების მეთოდები. საწარმოში მუშავდება მარკეტინგის კომპლექსი, რომელიც თანამედროვე მარკეტინგის ერთ-ერთ ძირითადი ცნებაა. მარკეტინგის კომპლექსი მარკეტინგის იმ ინსტრუმენტების ნაკრებია, რომელიც გამოიყენება საწარმოს მიერ მიზნობრივ ბაზარზე ზემოქმედების მოსახდენად და სასურველი რეაქციის მისაღებად. მარკეტინგის კომპლექსში შედის ყველაფერი, რაც შეიძლება მოიმოქმედოს საწარმომ



თავის საქონელზე მოთხოვნის ფორმირებისა და შემდგომი გაფართოება-განმტკიცებისთვის [5].

მარკეტინგის კომპლექსში შემავალი მრავალრიცხოვანი საშუალებები შეიძლება გავაერთიანოთ ოთხ ჯგუფში, რომელთაც ოთხ "P"-ს უწოდებენ. მარკეტინგის კომპლექსის ელემენტებია: 1) საქონელი (**product**); 2) ფასი (**price**); 3) გავრცელების მეთოდები (**place**); 4) ბაზარზე საქონლის წინ წაწევის მეთოდები (**promotion**) [6].

მარკეტინგული ღონისძიებების გატარება (რეალიზაცია) – მარკეტინგულ ღონისძიებებს შეიძლება მივაკუთნოთ: მარკეტინგული ღონისძიებების ორგანიზება და მათი შესაბამისობის კონტროლი დაგეგმილთან მიმართებაში.

იმისათვის, რომ მარკეტინგის მართვა წარმატებულად იყოს განხორციელებული, აუცილებელია მისი ინფორმაციული მხარდაჭერის უზრუნველყოფა.

მარკეტინგის ინფორმაციულ უზრუნველყოფა – არის პროცესების კომპლექსი, რომელიც გამიზნულია იმ ინფორმაციის მოძიებაზე, დამუშავებასა და გამოყენებაზე, რომელიც საჭიროა გარკვეული გადაწყვეტილებების მისაღებად. მარკეტინგული კვლევის ინფორმაციულ უზრუნველყოფას კი უწოდებენ გარკვეული მომხმარებლების მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების ტექნოლოგიას იმ მონაცემებში, რომლებიც დაფუძნებულია გარკვეული საშუალებების და ამ მონაცემების განსაზღვრის, დამუშავების, გამოყენებისათვის მოხერხებული ფორმით გაცემის ხერხების გამოყენებაზე

მარკეტინგული ინფორმაცია – არის მონაცემები, ცნობები, ფაქტები, ციფრები, რომელიც გამოიყენება კომერციული საქმიანობის შეფასების და პროგნოზირების დროს [7]. მარკეტინგულ ინფორმაციას უნდა გააჩნდეს შემდეგი თვისებები: ფასეულობა, სისრულე, საიმედოობა, ჭეშმარიტება, მიზნობრივი დანიშნულება (უნივერსალური და მიზანმიმართული), აქტუალურობა, რელევანტურობა და შედარებადობა, მიღწევადობა და ეკონომიურობა. მარკეტინგული ინფორმაცია შეიძლება იყოს კლასიფიცირებული სხვადასხვა პარამეტრების მიხედვით (ნახ.2).

**დაფარვის სფეროს მიხედვით** განიხილავენ გარე და შიდა ინფორმაციას. გარე ინფორმაცია იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ შესწავლილ იქნას საწარმოს გარე სფერო, შუამავლების, მომწოდებლების, გამყიდველების, კონკურენტების ქცევა. ის ეფუძნება არსებულ სტატისტიკურ მონაცემებს, სამეცნიერო ანგარიშებს, სპეციალურ ლიტერატურას, საქმიან მოლაპარაკებებს, გამოფენებს და ა.შ. შიდა ინფორმაცია ასახავს ფირმის შიდა მდგომარეობას და მოიცავს მონაცემებს მატერიალური და ფინანსური მარაგების შესახებ, შრომის ნაყოფიერების, კაპიტალდაბანდებების, ხარჯებისა და შემოსავლების შესახებ. ეფუძნება ბუღალტრული, სტატისტიკური, ოპერატიული და ტექნოლოგიური აღრიცხვის მონაცემებს (ანგარიშებას).

**მიღების წესის თანახმად** განიხილავენ პირველად და მეორად ინფორმაციას. პირველადი ინფორმაცია მიიღება მყიდველებისაგან, გამყიდველებისაგან და სხვა პირებისაგან გამოკითხვის მეთოდით და ბაზრის კვლევის სხვა მეთოდების გამოყენებით; მეორადი – მიიღება ოფიციალური სტატისტიკური წყაროებიდან, პერიოდული გამოცემებიდან, სამეცნიერო პუბლიკაციებიდან და ანგარიშებიდან.

პირველადი ინფორმაციის კვლევას უწოდებენ სავსელ კვლევას, ხოლო მეორადი ინფორმაციის ანალიზის მიაკუთვნებენ საკაბინეტო კვლევებს.

**დამუშავების ხარისხის მიხედვით** – განიხილავენ დამუშავებულ და დაუმუშავებელ ინფორმაციას. დაუმუშავებელი ინფორმაცია რეგისტრდება მისი წარმოქმნის ადგილას და ასახავს ობიექტის მდგომარეობას დროის გარკვეული მომენტისათვის.

დამუშავებული ინფორმაცია მიიღება გადამუშავების და ანალიზის შედეგად გარკვეული მიზნებთან შესაბამისობაში, ის შეიძლება იყოს შუალედური და შემაჯამებელი.

**ობიექტის შეფასების მოცულობის ხარისხის მიხედვით** განიხილავენ ზოგად და ლოკალურ ინფორმაციას. ზოგადი ინფორმაცია მოიცავს სხვადასხვა მონაცემებს ობიექტის შესახებ მთლიანობაში, ხოლო ლოკალური – ახასიათებს ობიექტის მხოლოდ გარკვეულ ნაწილს, რომელიც საჭიროა კონკრეტული პრობლემების გადასაჭრელად.

**შეფასების შესაძლებლობის მიხედვით** – განიხილავენ რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ინფორმაციას. რაოდენობრივი ინფორმაცია იძლევა საშუალებას დადგინდეს მონაცემები საკვლევი ობიექტის მდგომარეობის შესახებ, ანუ ბაზრის მოცულობისა და წილის, შემოსავლების გავლენის ხარისხის შესახებ მომხმარებლების მოთხოვნებზე, მარკეტინგში ინვესტიციების მოცულობის შესახებ, ფასებზე და ა.შ.

ხარისხობრივი ინფორმაცია იძლევა კვლევის ობიექტის მდგომარეობის სურათს, ანუ მომხმარებლების შემადგენლობას, მათი საქმიანობის სახეს, მიზნებსა და საქონლის შექმნის ხერხებს, სხვადასხვა საქონლის უპირატესობის მიზეზებს და ა.შ.

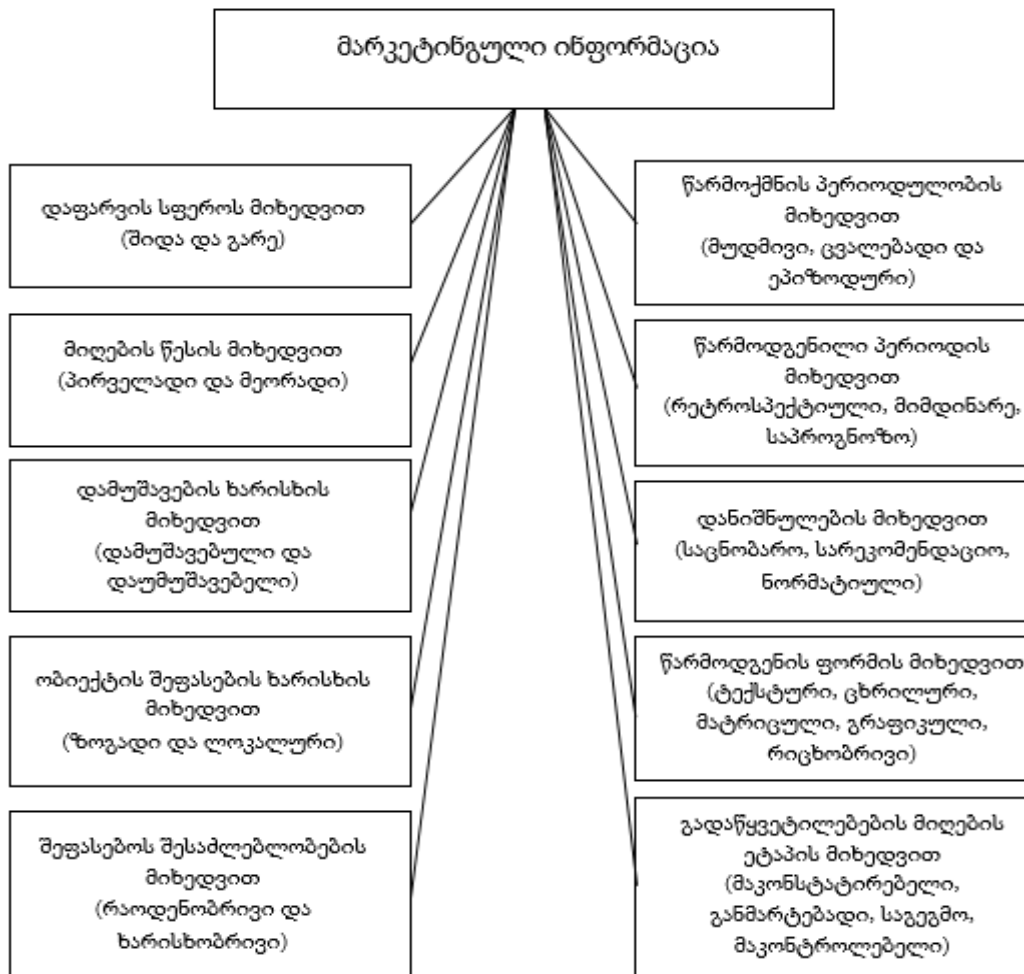
**წარმოქმნის პერიოდულობის მიხედვით** განიხილავენ: მუდმივ ინფორმაციას, რომელიც ასახავს ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში უცვლელ მონაცემებს; ცვალებადს, რომელიც მოიცავს ბაზრის სუბიექტების ფუნქციონირების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მახასიათებლებს; და ეპიზოდურს, რომელიც განისაზღვრება, ფორმირდება და წარედგინება საჭიროების მიხედვით.

**წარმოდგენილი პერიოდის მიხედვით** განიხილავენ – რეტროსპექტიულ, მიმდინარე და საპროგნოზო ინფორმაციას. რეტროსპექტიული, როგორც წესი, ახასიათებს კვლევის ობიექტს გასული და საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. მიმდინარე ინფორმაცია ახასიათებს ობიექტის მდგომარეობას მიმდინარე მომენტისათვის და მოიცავს წინა პერიოდიდან არა უმეტეს ერთი წლის ვადას. საპროგნოზო ინფორმაცია ახასიათებს ობიექტს სამომავლო პერიოდისათვის.

**დანიშნულების მიხედვით** განიხილავენ: საცნობარო ინფორმაციას, რომელიც საჭიროა გაცნობითი, დამხმარე გამოყენებისათვის; სარეკომენდაციოს, რომელიც მოიცავს პროდუქციის რეალიზაციის პროგნოზებს, მიზნობრივი ბაზრების შერჩევის პრიორიტეტებს, მომწოდებლების, შუამავლების არჩევანს; ნორმატიული ინფორმაცია, რომელიც მოიცავს ნორმატიულ-საკანონმდებლო აქტებს; სასიგნალო, რომელიც წარმოიშობა მარკეტინგული ინტერესების ობიექტის ფაქტიური მდგომარეობის დაგეგმილისაგან გადახრის დროს.

**წარმოდგენის ფორმების მიხედვით** განიხილავენ: ტექსტურ ინფორმაციას, რომელიც არის მონაცემების წარმოდგენის ყველაზე ფორმატიზებული ვარიანტი;

ცხრილურს, რომელიც დაკავშირებულია სვეტებისა და სტრიქონების მონაცემების მანიპულირებასთან; მატრიცულს, რომელიც უკეთებს რეალიზაციას მატრიცული ალგებრის ალგორითებს, ოპერაციათა კვლევის მეთოდებს და ა.შ.; გრაფიკულს – წარმოადგენს მოვლენების, პროცესების, ცალკეული მონაცემების გრაფიკულ წარმოდგენას და ასახავს ფაქტორებს შორის დამოკიდებულებას, ააშკარავებს ჩამოყალიბებულ კანონზომიერებებს, ხსნის საბაზრო პროცესის დინამიკას და მისი ცალკეული შემდგენელი ნაწილების დინამიკას; რიცხობრივ ინფორმაციას, რომელიც აჩვენებს რაოდენობრივ მნიშვნელობებს, რომლებიც კვლევის დროს წარსდგებიან როგორც დინამიური რიგები, ასახავენ შესასწავლი პროცესის ტენდენციებს, მაჩვენებლების მნიშვნელობების ცვლილებას.



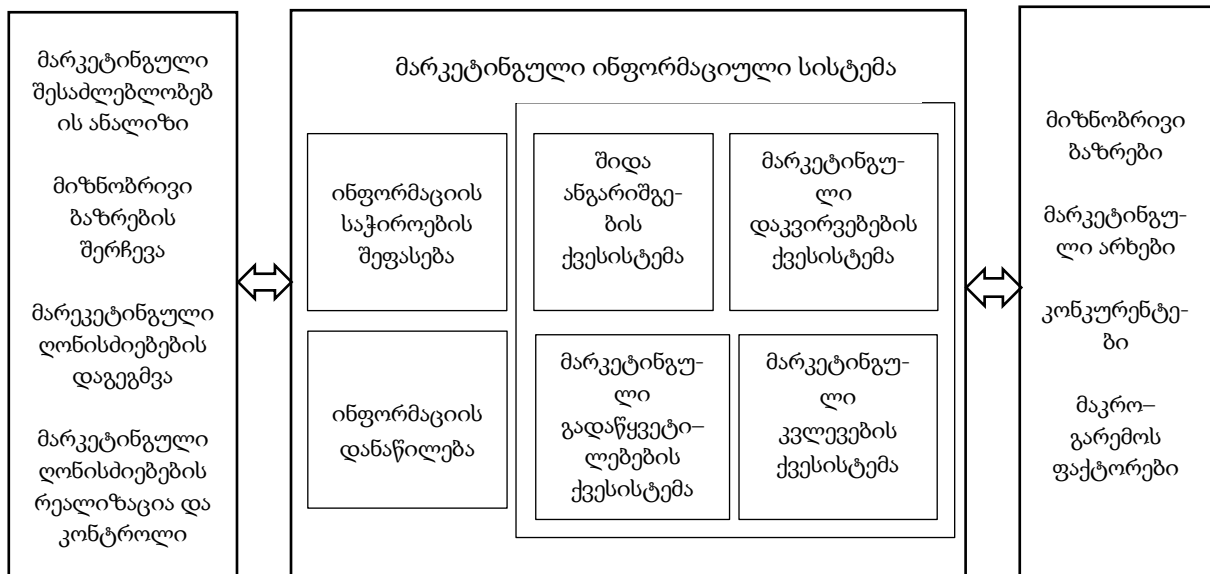
ნახ.2. მარკეტინგული ინფორმაციის კლასიფიკაცია

მარკეტინგული გადაწყვეტილებების მიღების ეტაპების მიხედვით განიხილავენ მაკონსტატირებელს, განმარტებად, საგეგმო და მაკონტროლებელ ინფორმაციას. მაკონსტატირებელი ინფორმაცია მოიცავს მონაცემებს მარკეტინგის მართვის ობიექტების მდგომარეობის შესახებ. განმარტებადი – იძლევა შესაძლებლობას ჩამოყალიბდეს წარმოდგენა იმ ფაქტორებისა და მიზეზების შესახებ, რომლებიც განაპირობებს მარკეტინგის სისტემაში ამა თუ იმ ცვლილებებს. საგეგმო ინფორმაცია გამოიყენება მიზნების, სტრატეგიისა და მარკეტინგის პროგრამის შესახებ გადაწყვეტილებების

დამუშავებისა და მიღების დროს. მაკონტროლებელი ინფორმაცია იძლევა შესაძლებლობას განხორცილდეს საწარმოს მიმდინარე საქმიანობის კონტროლი (რეალიზაციის შესაძლებლობების, ბაზრის წილის ანალიზი, მარკეტინგის ბიუჯეტის შესრულების შეფასება და ა.შ.). ასევე ანალიზი გაუკეთდეს ფირმის სტრატეგიას მარკეტინგის სფეროში.

მარკეტინგის მართვისათვის საჭირო ინფორმაციულ უზრუნველყოფაზე პასუხისმგებელია მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა [8].

მარკეტინგული ინფორმაციული სისტემა – მოქმედებათა ფორმალიზებული თანმიმდევრობაა, რომელიც გამიზნულია იმ ინფორმაციის მიღებაზე, ანალიზზე, შენახვასა და გავრცელებაზე, რომელიც საჭიროა იმ პირებისათვის, ვინც პასუხისმგებელია გადაწყვეტილებების მიღებაზე მარკეტინგის სფეროში. მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა ტრანსფორმირებას უკეთებს სხვადასხვა წყაროებიდან მიღებულ ინფორმაციას იმ ინფორმაციაში, რომელიც საჭიროა მმართველებისათვის.



ნახ 3. მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა

ამ სისტემის როლი მდგომარეობს მარკეტინგული გადაწყვეტილებების მისაღებად ინფორმაციის საჭიროების განსაზღვრაში, მის მიღებაში, დამუშავებასა და დროულად წარდგენაში შესაბამისი მენეჯერებისათვის. აუცილებელ მონაცემებს იღებენ ფირმის შიგა ანგარიშგებიდან, მიმდინარე მარკეტინგული ინფორმაციიდან, მარკეტინგული კვლევებისა და მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე. მარკეტინგის ინფორმაციული სისტემა შედარებით დამოუკიდებელი, მაგრამ მჭიდროდ დაკავშირებული ბლოკების სისტემაა, რომლებიც მოიცავს პირველად მონაცემებს, მონაცემთა დამუშავების პროგრამებს, უზრუნველყოფს შედეგების წარმოდგენას და ნაკადების ფორმირებას (ნახ 3).

შიგა ანგარიშგების ქვესისტემა ძირითადია. მასში აისახება მონაცემები შეკვეთებზე, გაყიდვებზე, ფასებზე, მარაგებზე, დებიტორულ და კრედიტორულ დავალაინებებზე და ა.შ. შიდა ინფორმაციის ანალიზი აძლევს საშუალებას მენეჯერს გამოავლინოს საწარმოს პერსპექტიული შესაძლებლობები და არსებული პრობლემები. დაკვირვების ქვესისტემა მოიცავს ინფორმაციას იმ სიტუაციის შესახებ, რომელიც არის მოცემულ მომენტში



ბაზარზე. მარკეტინგული დაკვირვება მუდმივი საქმიანობაა მიმდინარე ინფორმაციის დაგროვების სახით მარკეტინგის გარე სფეროს შეცვლასთან დაკავშირებით, რაც საჭიროა მარკეტინგული გეგმების დასამუშავებლად და კორექტირებისათვის.

მარკეტინგული კვლევები გულისხმობს სხვადასხვა კვლევების ჩატარებას, მიღებული მონაცემების ანალიზს თითოეული მარკეტინგული ამოცანის თანახმად [9]. აღნიშნულ სისტემაში ასევე შედის მარკეტინგულ გადაწყვეტილებათა უზრუნველყოფის სისტემა, რომელიც მონაცემთა სისტემების, ინსტრუმენტების და მეთოდების ურთიერთდაკავშირებული ნაკრებია, რომლის საშუალებითაც საწარმო ანალიზს და ინტერპრეტაციას უკეთებს შიგა და გარე ინფორმაციას. ამასთან ერთად, უნდა აღინიშნოს, რომ ანალიზისთვის ამ სისტემაში გამოიყენება შემდეგი მეთოდები და მოდელები: რეგრესიული, კორელაციური, ფუნქციური, დისკრიმინაციული, დროითი რიგების ანალიზის მეთოდები; საქონლის კონკურენტუნარიანობის შეფასების, ფასწარმოქმნის, საქონლის წინაწევის და განაწილების (რეალიზაციის) მოდელები.

### 3. დასკვნა

მარკეტინგული მართვა რთული პროცესია, რომელიც მოითხოვს რთული მეთოდებისა და აპარატის გამოყენებას, ინფორმაციულ მხარდაჭერას, რაც, თავის მხრივ მოითხოვს თანამედროვე ტექნოლოგიების ჩართვას. მარკეტინგული საქმიანობის განხორციელების დროს – მარკეტინგული კვლევების, მარკეტინგული კომპლექსის დაპროექტების, რეალიზაციის და რეგულირების დროს საჭიროა ინფორმაციული მხარდაჭერა. მარკეტინგული მონაცემები ფორმას აძლევს საშუალებას შეამციროს ფინანსური საშიშროება და რისკი; მიიღოს უპირატესობა კონკურენტების წინაშე; ანალიზი გაუკეთოს მარკეტინგულ სივრცეს; განკარგოს სტრატეგია; გამოიკვლიოს ჩატარებული საქმიანობის ეფექტიანობა; მხარი დაუჭიროს მენეჯერების ინდივიდუალურ მიდგომას და ინტუიციას. მარკეტინგის მართვისათვის საწარმოში უნდა იყოს შექმნილი მარკეტინგული ინფორმაციული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს მას ინფორმაციით გადაწყვეტილებების მისაღებად.

### ლიტერატურა:

1. Ивашкова Н.И. (2010). Управление маркетингом. -М.: ИНФРА, Москва.
2. Океанова З.К. (2009). Маркетинг: М.: ТК Велби, Проспект.
3. Черняховская Т.Н. (2008). Маркетинговая деятельность предприятия: теория и практика. Москва Высшее образование.
4. Беляевский И.К. (2008). Маркетинговое исследование. Моск.Гос.Унив. экономики, статистики и информатики. Москва.
5. Маркетинг: Учеб. пособие. (2013). Под ред. Г. Абрамовой, Б. Косаева. - М.: ИНФРА.
6. Котлер Ф. (2010). Маркетинг. Менеджмент. - СПб.: Питер.
7. Котлер, Ф. (2009). Маркетинг в третьем тысячелетии: Как создать, завоевать и удержать рынок / Ф. Котлер — М.: Издательство АСТ,
8. Газарян А.Е. (2011). Топология рыночных отношений и место маркетинга в системе управления предприятий. Маркетинг в России и за рубежом. № 6., с. 3-14.



9. Ведров Е.С. (2010). Маркетинговые исследования: учебно-методический комплекс / Е.С. Ведров, Д.В. Петухов, А.Н. Алексеев - М.: Центр дистанционных образовательных технологий МИЭМП.

## **MARKETING MANAGEMENT AND ITS INFORMATION SUPPORT**

Rukhadze Tamta, Tevdoradze Medea, Lolashvili Nino,  
Saltkhutsishvili Maia, Bajashvili Anastasia

Georgian Technical University

### **Summary**

Modern production is highly dependent on the success of its activities in the field of marketing, as the market determines the company's competitiveness and success of its product or service. The basic condition for the existence on the market for enterprises is to conduct a successful marketing activities, what first of all, means to see their business by customers' eyes. One of the most important aspects of Marketing is its management. Given article describes the essence of marketing management, its main objectives, goals, methods and approaches. Attention is paid to marketing management information support – it is characterized marketing information – there are presented types and sources of marketing information, methods of processing marketing information. At the same time described the notion of a marketing information system.

## **УПРАВЛЕНИЕ МАРКЕТИНГОМ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Рухадзе Т., Тевдорадзе М., Лолашвили Н.,  
Салтхуцишвили М., Баджиашвили А.

Грузинский Технический Университет

### **Резюме**

Успех современного предприятия значительно зависит от его деятельности в сфере маркетинга, поскольку именно на рынке подтверждается конкурентоспособность компании и успех ее продукции или обслуживания. Основным условием существования предприятия на рынке является успешное осуществление маркетинговой деятельности, что, в первую очередь, означает видение своего бизнеса глазами потребителя. В данной статье охарактеризовано понятие управления маркетингом, его основные задачи, цели, методы и подходы. Внимание уделено информационному обеспечению управления маркетингом – охарактеризованы виды маркетинговой информации и их источники, методы обработки маркетинговой информации. Вместе с этим рассмотрено такое понятие как маркетинговая информационная система.

## ოქტალიზი - შემსწავლელთა მოტივაციის მამოძრავებელი ფაქტორები გეიმიფიკაციაში

თამარ ლომინაძე, ქეთევან მამათელაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

აღწერილია ელექტრონულ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებულ სასწავლო პროცესში სწავლების ერთ-ერთი მიდგომის – გეიმიფიკაციის გამოყენება და ის ძირითადი მამოძრავებელი ფაქტორები, რომლებიც ინტერაქტიული, შემსწავლელზე-ორიენტირებული ყველაზე მნიშვნელოვანი მოტივატორებია სასწავლო გარემოს აგებისას. სტატიაში მოცემული მეთოდოლოგია განხილულია გეიმიფიკაციის სტრუქტურული ჩარჩოს - ოქტალიზის (რვაკუთხედი) მაგალითზე. შემოთავაზებულია მისი პრაქტიკულად დანერგვის გამოყენების შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** სწავლება. მოტივაცია. გეიმიფიკაცია. თამაში, ოქტალიზი.

### 1. შესავალი

მთელს მსოფლიოში ყოველწლიურად იზრდება ნაპრალი მომავალი სტუდენტების მომზადების დონესა და უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებათა პროგრამებს შორის. პრობლემა მართო იმაში კი არ მდგომარეობს, რომ სტუდენტებს არ სურთ აღიქვან ინფორმაცია, არამედ იმაშიც, რომ ისინი იზრდებიან და სწავლობენ სხვა საგანმანათლებლო სივრცეში: ინტერაქტიურ-სათამაშო სივრცეში.

ერთ-ერთ ყველაზე უფრო აქტუალურ მიმართულებას განათლების თამაზდროვე ტექნოლოგიებში წარმოადგენს გეიმიფიკაცია [3]. ზოგადად, გეიმიფიკაცია ნიშნავს თამაშების აგებისა და იმპლემენტაციის მეთოდების გამოყენებას არასათამაშო დარგში, ისეთში, როგორცაა ბიზნესპროცესები, სოციალური პროექტები, სწავლება და სხვა. ასევე, გეიმიფიკაციის ელემენტები გამოიყენება ისეთ დარგებში, როგორცაა მარკეტინგი, პერსონალის მართვა, ინოვაციური მენეჯმენტი. ჩვენ დროში ვიდეო თამაშები გართობის დომინანტური ფორმაა, სწორედ ამიტომ ის არის ძლიერი ინსტრუმენტი, მორგებული ახალი თაობის სტუდენტებისთვის.

### 2. ძირითადი ნაწილი

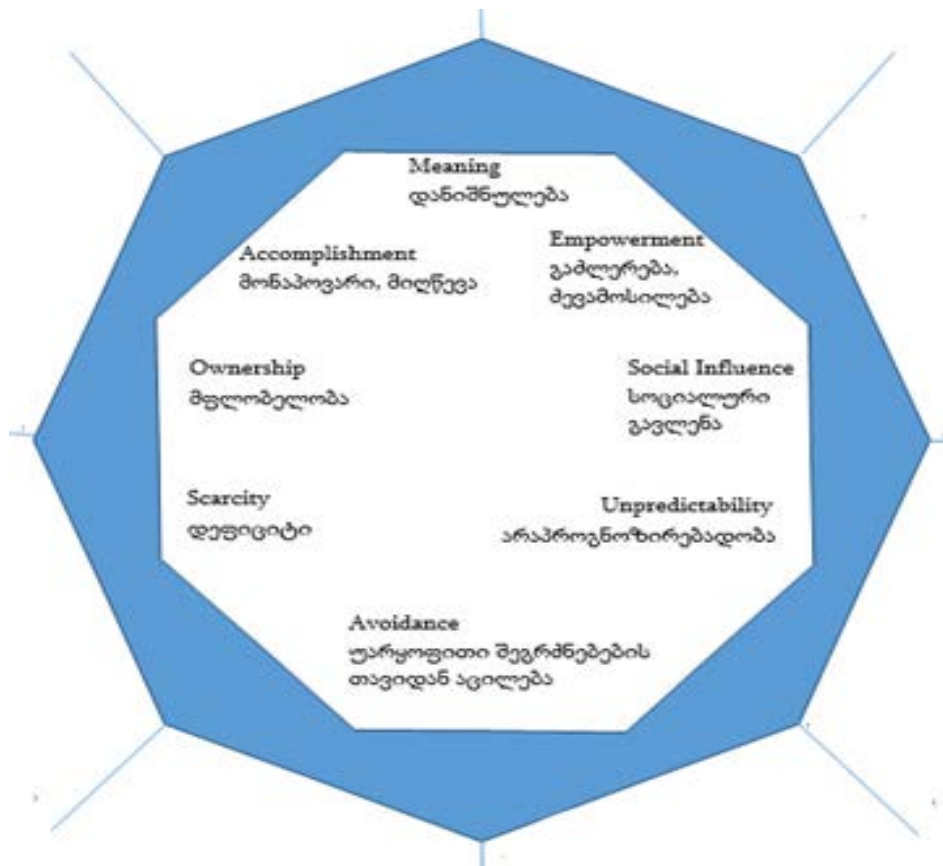
გეიმიფიკაციის ძირითადი პრინციპია მომხმარებლისაგან მუდმივი, გეგმაზომიერი უკუკავშირის მიღების უზრუნველყოფა, რაც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს მომხმარებლის ქცევის დინამიკურ რეჟიმში კორექტირების შესაძლებლობას და, როგორც შედეგს, სიახლის სწრაფ ათვისებას. გეიმიფიკაციის ერთ-ერთ მეთოდია ლეგენდის, დრამატურგიული ილეთებით აღჭურვილი ისტორიის შექმნა, რომელიც საფუძვლად უდევს თამაშის – პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების პროცესს. ეს ხელს უწყობს იმას, რომ სისტემის მომხმარებელს შეექმნას მონაწილეობის, ჩართულობის შეგრძნება, საერთო საქმეში წვლილის შეტანის ინტერესი, სასურველი მიზნის მისაღწევად. გარდა ამისა, გეიმიფიკაციის დროს გამოიყენება მიზნების და ამოცანების ეტაპობრივი

ცვლილება და გართულება მომხმარებლების მიერ შეძენილი ახალი უნარების და კომპეტენციების მიხედვით, რაც უზრუნველყოფს საექსპლუატაციო რესურსების განვითარებას მომხმარებლის მოზიდვის შენარჩუნებით [1,2].

გეიმიფიკაციის ძირითადი ასპექტებია:

- დინამიკა – სცენარების გამოყენება, რომლებიც ითხოვს მომხმარებლის ყურადღებას და რეაქციას რეალურ დროში;
- მექანიკა – სცენარის ელემენტების გამოყენება, რომლებიც ახასიათებს სათამაშო პროცესებს. ისეთი, როგორიცაა ვირტუალური ჯილდო, სტატუსი, ქულა, ვირტუალური საქონელი;
- ესთეტიკა – საერთო სათამაშო შთაბეჭდილების შექმნა, რომელიც ხელს უწყობს ემოციურ ჩართულობას;
- სოციალური ურთიერთქმედება - ტექნიკის ფართო სპექტრი, რომელიც უზრუნველყოფს მომხმარებელთაშორის ურთიერთქმედებას, რაც ახასიათებს თამაშს.

მკვლევარებმა, რომლებიც მუშაობენ გეიმიფიკაციის საკითხებზე შემოგვთავაზეს გეიმიფიკაციის სტრუქტურული ჩარჩო. ეს ჩარჩო, ჩატარებული კვლევების მიხედვით, რვაკუთხედაა, რომელსაც ეწოდება **ოქტალიზი** (რვაკუთხედი) (ნახ.1). მისი თითოეული კუთხე შეესაბამება ადამიანის მოტივაციის მამოძრავებელი ფაქტორებიდან ყველაზე მნიშვნელოვან მოტივატორებს, რასაც ის თამაშის პროცესში ავლენს [3,4].

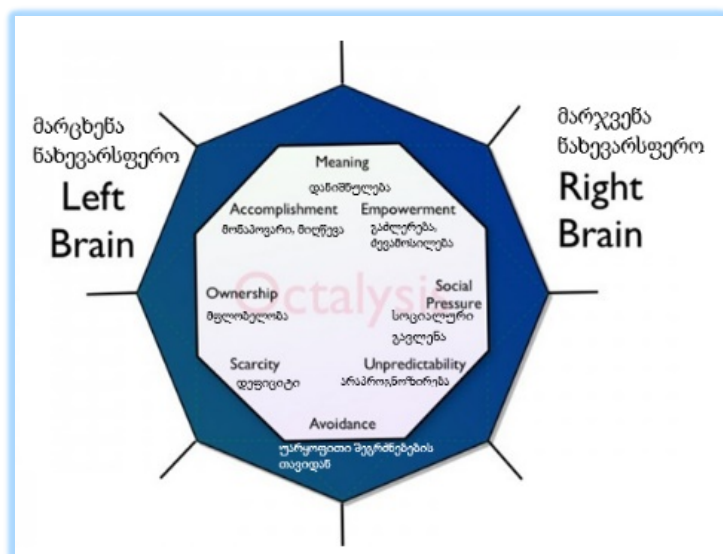


ნახ.1. ოქტალიზი

არსებობს გეიმიფიკაციის რვა ძირითადი წარმმართველი ფაქტორი, შესაბამისად ოქტალიზი შეიცავს გეიმიფიკაციის რვა ძირითად ელემენტს [3]:

- 1) დანიშნულება (Meaning). იგი ერთ-ერთი ძირითადი წარმმართველი ფაქტორია, როდესაც თამაშის პროცესში მოთამაშეს უჩნდება შეგრძნება, რომ იგი აკეთებს ან წარმოადგენს უფრო მნიშვნელოვანს, ვიდრე სინამდვილეში შეუძლია, ან არის;
- 2) მონაპოვარი, მიღწევა (Accomplishment). ადამიანებს მოსწონთ მიიღონ მონაწილეობა პროცესებში, სადაც მათ მუდმივად უწყვეტ ფიქრი, გზებისა და ახალი კომბინაციების წინასწარ გათვლა. გარდა ამისა, მათ მოსწონთ ნახონ თავიანთი შემოქმედებითი საქმიანობის საბოლოო შედეგი და მიიღონ შეფასება სხვა მონაწილეებისაგან;
- 3) მფლობელობა (Ownership). როდესაც ადამიანი თავს გრძნობს რაღაც მნიშვნელოვანის მფლობელად, იგი ქვეცნობიერად ეცდება იგი გახადოს უკეთესი;
- 4) დეფიციტი (Scarcity). ადამიანებს სურთ ჰქონდეთ ისეთი რამ, რაც არ აქვს ყველას, რაც უფრო დეფიციტია რესურსი, უფრო მეტად ფასდება იგი;
- 5) უარყოფითი შეგრძნებების თავიდან აცილება (Avoidance). არავის არ მოსწონს უარყოფითი ემოციები, ამიტომ ყველანი ცდილობენ მათ თავიდან აცილებას, ამიტომ ბევრ თამაშში პერიოდულად ნულდება მიღებული შედეგი, თუ მომხმარებელი დიდხანს არ შედის თამაშში. ბევრი არ ტოვებს თამაშს იმის შიშით, რომ არ დაკარგოს მონაპოვარი;
- 6) არაპროგნოზირებადობა (Unpredictability) – ადამიანებს სტიმულს აძლევს მოქმედების გასაგრძელებლად, რათა გაიგოს თუ რა იქნება შემდეგ. მაგალითად, ზოგი კითხულობს მხატვრულ ლიტერატურას და სწორედ ამ მიზეზით უყურებს ფილმსაც;
- 7) სოციალური გავლენა (Social Influence). აქ იგულისხმება მოწონება, მეგობრობა, კონკურენცია, შური. როდესაც ადამიანი ხედავს, რომ მეგობარს რაღაც კარგად გამოსდის, მის და უნებურად წარმოეშვება სურვილი – გაკეთოს მასზე უკეთესად;
- 8) გაძლერება, ძლევამოსილება (Empowerment). ადამიანისთვის ნებისმიერ ნადავლს არ აქვს აზრი, თუ ჯილდო მიღებულ იქნა თავისუფლად. ჯილდოს ფასი აქვს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მისი მიღებისთვის საჭიროა სიმძნელების გადალახვა.

ოქტალიზის მარჯვენა ნახევარწრეში არსებული მამოძრავებელი ფაქტორები ითვლება მამოძრავებელ ფაქტორებად, რომელთაც მართავს ტვინის მარჯვენა ნახევარსფერო [3]. ეს ფაქტორები უფრო მეტად დაკავშირებულია ადამიანის შემოქმედებასთან, თვითგამოხატვასთან და სოციალურ ასპექტებთან (ნახ.2).

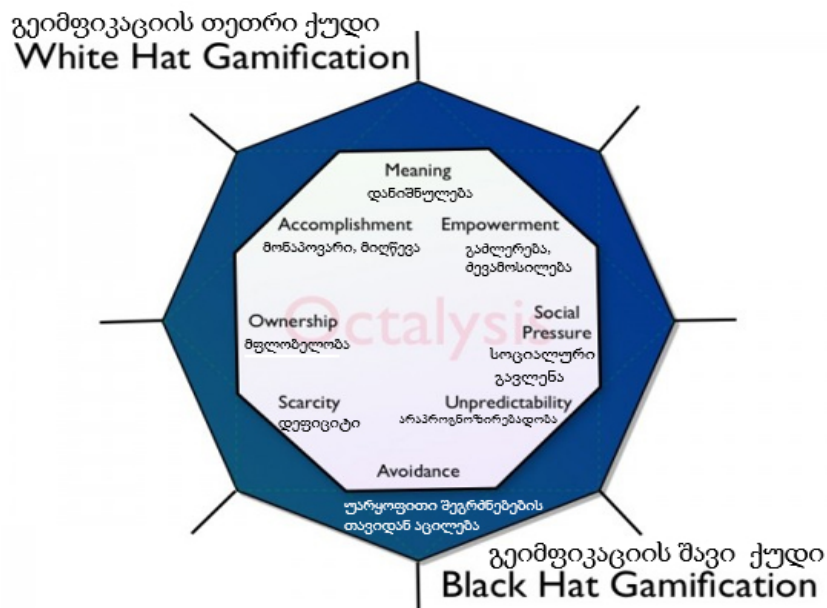


ნახ.2

ხოლო ოქტალიზის მარცხენა ნახევარწრეში არსებული მამოძრავებელი ფაქტორები ითვლება მამოძრავებელ ფაქტორებად, რომელთაც მართავს ტვინის მარცხენა ნახევარსფერო და, ძირითადად, ისინი უფრო მეტად დაკავშირებულია ლოგიკასთან და გამოთვლებთან.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ მამოძრავებელ ფაქტორებს, რომელთაც მართავს ტვინის მარცხენა ნახევარსფერო, აქვს ტენდენცია დამოკიდებული იყოს უფრო გარე (გარეგნულ) მოტივაციაზე. ადამიანი მოტივირებულია, რადგან მას სურს მიიღოს რაღაც, რაიმე კონკრეტული, ან მიაღწიოს მიზანს, ან მიიღოს ისეთი რამ, რაც მას ჯერ არ აქვს. მეორს მხრივ, მამოძრავებელ ფაქტორებს, რომელთაც მართავს ტვინის მარჯვენა ნახევარსფერო, აქვს ტენდენცია, რომელიც ეფუძნება შიგა მოტივაციას: ადამიანს არ სჭირდება დამატებითი მიზანი ან ჯილდო, რათა გამოიყენოს თავისი შემოქმედებითი პოტენციალი. საქმიანობა თავისთავად არის მისთვის სიამოვნების მომტანი.

მნიშვნელოვანია მოტივატორების განლაგება ოქტალიზის წვეროებზე. ჩატარებული კვლევების მიხედვით [3], ოქტალიზის ზედა მხარეს მოთავსებული მამოძრავებელი ფაქტორები ითვლება დადებით მოტივატორებად, ხოლო ქვედა მამოძრავებელი ფაქტორები ითვლება უფრო უარყოფით მოტივატორებად (ნახ.3).



ნახ.3

შესაბამისად, გეიმიფიკაციის მიდგომებს, რომლებიც მოქმედებს ოქტალიზის ზედა ნაწილში განთავსებულ მამოძრავებელ ფაქტორებზე, უწოდებენ გეიმიფიკაციის „თეთრ ქუდს (დადებითს, white hat)“, ხოლო გეიმიფიკაციის მიდგომებს ქვედა ნაწილში – გეიმიფიკაციის „შავ ქუდს (უარყოფითს, black hat)“ [3,4].

მხოლოდ იმიტომ, რომ მოტივატორი მოთავსებულია ოქტალიზის ქვედა ნაწილში, არ ნიშნავს იმას, რომ იგი აუცილებლად უარყოფითია. ეს არის მხოლოდ მოტივატორი, რომლის გამოყენება შეიძლება ასევე პროდუქტიული და ეფექტური შედეგების მისაღებად.



## 2.1. დისტანციური სწავლების საპილოტე პროექტი გურიის რეგიონთან თანამშრომლობის მაგალითზე და მისი შეფასება ოქტალიზის გამოყენებით

2015 წლიდან სტუ-ს ელექტორნული სწავლების ცენტრი თანამშრომლობს გურიის რეგიონის ოზურგეთის მუნიციპალიტეტთან და ატარებს საპილოტე ელექტორნულ, სრულად დისტანციურ კურსებს სხვადასხვა დისციპლინებში. ამ თანამშრომლობის შედეგად გამოიკვეთა რამდენიმე ფაქტორი, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტექნოლოგიაზე-დაფუძნებულ სასწავლო პროცესზე და, რაც ყველაზე საყურადღებოა, გამოიკვეთა ის ბარიერები, რაც ხელს უშლის ელექტორნული სასწავლო პროცესის ეფექტურად წარმართვას.

უკვე არაერთხელ აღვნიშნეთ, რომ მოტივაციის შენარჩუნება სასწავლო კურსის ბოლომდე ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული სასწავლო პროცესის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი გამოწვევაა. ამ პრობლემამ ჩვენს მიერ წარმართულ დისტანციურ კურსებშიც იჩინა თავი.

პროექტის ფარგლებში ჩვენს მიერ შეიქმნა რამდენიმე სრულად დისტანციური სასწავლო კურსი, მათ შორის:

1. ვებ ტექნოლოგიების საფუძვლები;
2. კომპიუტერული გრაფიკა-Adobe Photoshop-ის ბაზაზე;
3. ვირტუალური კომუნიკაცია;
4. პროექტების მართვა MS Project-ის ბაზაზე;

სასწავლო პროცესი მიმდინარეობდა სწავლების მართვის სისტემა LMS Moodle-ის პლატფორმის გამოყენებით.

თუ გადავხედავთ სტატისტიკას, სწავლის დაწყების წინ თითოეულ სასწავლო კურსზე დარეგისტრირებულ მსმენელთა რაოდენობა მერყობდა 25-30 შორის (სხვადასხვა კურსზე სხვადასხვანაირად). საინტერესოა, რომ ასაკობრივი შეზღუდვა სასწავლო კურსებზე არ იყო დაწესებული, შესაბამისად, მსმენელთა ჯგუფი იყო შერეული, როგორც სკოლის მოსწავლეები, ასე მასწავლებლები და ოზურგეთის მუნიციპალიტეტის თანამშრომლები. სასწავლო კურსებზე დარეგისტრირებულთანგან კურსი წარმატებით დაახლოებით 70% პროცენტმა დაასრულა, მონაწილეებზე მუდმივი დაკვირვებისა და მათთან მიღებული უკუკავშირის საფუძველზე გამოყენებული ინსტრუმენტებისა და მიდგომების ცვლილებების პირობებში.

მოტივაციისა და თვითმოტივაციის პრობლემა გამოიკვეთა მეორე-მესამე კვირის შემდეგ. თუ პირველი კვირების განმავლობაში თითქმის ყველა მსმენელი ერთნაირად აქტიურად მონაწილეობდა ყველა სინქრონულ თუ ასინქრონულ სასწავლო აქტივობაში, ასრულებდა დავალებებს და მონაწილეობას იღებდა ყოველკვირეულ ონ-ლაინ ვებინარში, შემდეგ მათი ინტერესი კურსების მიმართ შემცირდა და წამოიჭრა რეალური პრობლემა, როგორ და რა ინსტრუმენტებითა და მეთოდოლოგიით შეგვენაჩუნებინა მსმენელთა მოტივაცია სასწავლო კურსის დასრულებამდე.

არსებული ლიტერატურის მიმოხილვამ მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ გეიმფიკაცია და თამაშისათვის დამახასიათებელი ელემენტების გამოყენება სასწავლო პროცესში მოტივაციისა და თვითმოტივაციის პრობლემის გადაწყვეტის რეალური გზაა. ერთ-ერთი

ყველაზე სერიოზული პრობლემა კი მოტივაციის მამოძრავებელი ფაქტორებიდან არსებული მიზნობრივი ჯგუფისათვის ყველაზე ეფექტურის შერჩევა და გამოყენებაა.

იმისათვის, რომ აგვეგო ოქტალიზი ჩვენს მიერ წარმართული დისტანციური სწავლების საპილოტე პროექტისათვის, გამოვიყენეთ ოქტალიზის შედგენის ონ-ლაინ ინსტრუმენტი, რომელიც შემოთავაზებულია გეიმიფიკაციის მკვლევარის, რონ ბენტატას (Ron Bentata) მიერ. ამ ინსტრუმენტის საშუალებით შესაძლებელია შეიქმნას ოქტალიზი სხვადასხვა დანიშნულების თამაშისთვის მისი დიზაინის ეტაპზე და მოხდეს მოტივაციის მამოძრავებელი ფაქტორების დაბალანსება პოტენციური მომხმარებლის მოთხოვნების მაქსიმალურად გათვალისწინებით. გარდა ამისა, ამ ინსტრუმენტის მეშვეობით შეიძლება შეფასდეს რამდენად დაბალანსებულია მოტივაცია უკვე არსებული ელექტორული რესურსისათვის (სასწავლო ან სათამაშო სისტემის) და რა მიმართულებით არის შესაძლებელი მისი კიდევ უფრო მეტად გაუმჯობესება.

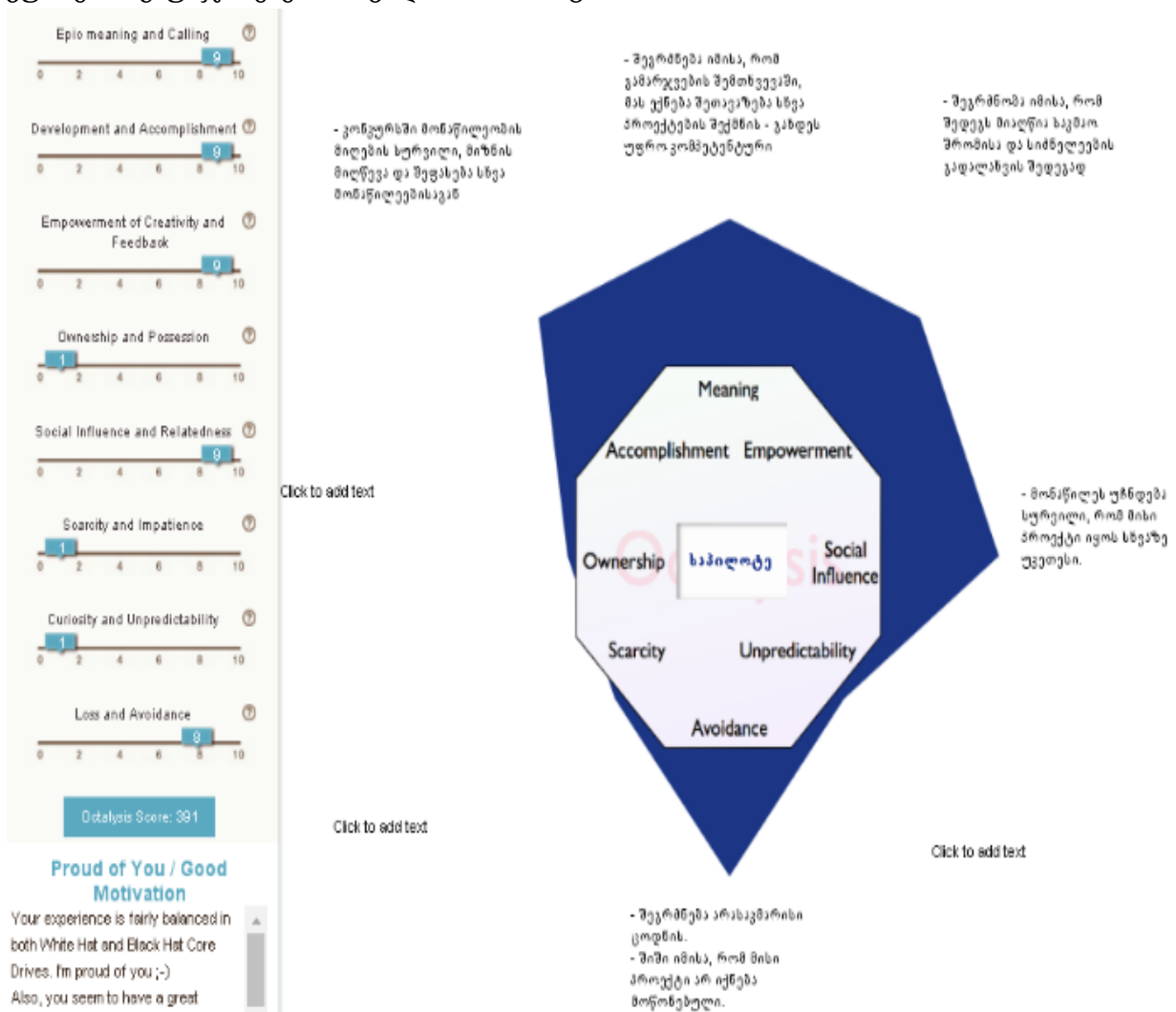
ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სასწავლო თამაშის აგებისას, რადგან შემსწავლელთა ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინება ერთ-ერთი საკვანძო საკითხია ეფექტური ელექტორული სასწავლო რესურსის შექმნისათვის. ამ ინსტრუმენტში მოტივაციის მამოძრავებელ ყოველ ელემენტს შეესაბამება მცოცავი, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია დავარეგულიროთ ოქტალიზის შესაბამისი ელემენტის მნიშვნელობა. საბოლოოდ მივიღებთ ჩვენი მიზნის მიღწევის გრაფიკულ მოდელს და შესაძლებელია ამ მოდელის გამოყენება სასწავლო თამაშის შექმნისას.

ქვემოთ მოყვანილია ოქტალიზი (რვაკუთხედი) და მისი შექმნის ინსტრუმენტები [5] დისტანციური სწავლების პროექტის ბაზაზე, რომელიც ჩვენს მიერ განხორციელდა გურიის რეგიონისათვის (კერძოდ, ურეკის საჯარო სკოლა და ოზურგეთის მუნიციპალიტეტი). დაკვირვების შედეგად გამოიკვეთა, რომ სასწავლო პროცესის მონაწილეების მამოძრავებელი ფაქტორები მოცემული მიზნობრივი ჯგუფისთვის შემდეგია:

- კონკურსში მონაწილეობის მიღების სურვილი, მიზნის მიღწევა და შეფასების მიღება სხვა მონაწილეებისაგან;
- არასაკმარისი ცოდნის შეგრძნება;
- შიში იმისა, რომ მისი პროექტი არ იქნება მოწონებული;
- მონაწილეს უჩნდება სურვილი, რომ მისი პროექტი იყოს სხვაზე უკეთესი;
- შეგრძნება იმისა, რომ გამარჯვების შემთხვევაში, მას ექნება სხვა პროექტების შექმნის შეთავაზება;
- შეგრძნება იმისა, რომ შედეგს მიაღწია საკმაო შრომისა და სიძნელეების გადალახვის შედეგად.

შედეგად მივიღეთ ოქტალიზი (ნახ. 4), სადაც ჩანს, რომ არსებული მიზნობრივი ჯგუფისთვის მოტივაციის მამოძრავებელი ისეთი ფაქტორები არის უფრო მეტად ეფექტური, რომლებიც დაკავშირებულია ადამიანის შემოქმედებასთან, თვითგამოხატვასთან და სოციალურ ასპექტებთან და მოქცეულია ოქტალიზის ე.წ. „თეთრი ქუდის“ ქვეშ. ეს ჩვენთვის საკმაოდ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია იყო, რაც იქნება გამოყენებული მოცემული მიზნობრივი ჯგუფისათვის ახალი სასწავლო კურსებისა და არსებულის მოდიფიკაციის პროცესში.

აღსანიშნავია, რომ თითოეული კურსის დასრულების შემდეგ ჩავატარეთ მსმენლთა გამოკითხვა, სადაც მოხდა დისტანციური სასწავლო პროცესის და გამოყენებულ ინსტრუმენტები შეფასება მათ მხრიდან. ჩატარებული გამოკითხვის შედეგად, გამოიკვეთა მათი დიდი ინტერესი ამ შესაძლებლობის მიმართ. კერძოდ, რომ ბევრმა გამოთქვა სურვილი აღნიშნული კურსების გაგრძელების და, ასევე, სხვა საგნების შესწავლის. გამოკითხვის შედეგები მეტად მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა არსებული კურსების გაუმჯობესების თვალსაზრისითაც.



ნახ.4

### 3. დასკვნა

მდიდარი გეიმიფიკაციის პროდუქტის შექმნა გაცილებით უფრო მეტია, ვიდრე არსებული სათამაშო მექანიზმების მექანიკური თავმოყრა. ეს არის საქმიანობა, რომელიც მოითხოვს საკმაოდ დიდ ანალიზს, აზროვნებას, ტესტირებასა და რეგულირებას.

თუ საგანმანათლებლო სივრცეში ფართოდ დაინერგება გეიმიფიკაციის პრინციპები და ფოკუსირება მოხდება იმაზე, თუ სინამდვილეში რა წარმართავს და

განსაზღვრავს მოტივაციას და შინაგან კმაყოფილებას სასწავლო პროცესში, მაშინ დადგება დღე, როდესაც აღარ იქნება საზღვარი იმას შორის, თუ რა სურთ შემსწავლელებს რომ გააკეთონ და რისი გაკეთება უხდებათ სასწავლო პროცესში დასახული სასურველი შედეგის მისაღწევად.

#### ლიტერატურა:

1. Мазелис А. (2013). Геймификация в электронном обучении (Gamification in e-learning). Журн. Народное образование. Педагогика. Выпуск № 3.
2. Лучшие практики электронного обучения. (2015). материалы I метод. конф. Томск: Изд-во Том. Ун-та.
3. Yu-kai Chou. Octalysis – complete Gamification framework. <http://yukaichou.com/-gamification-examples/octalysis-complete-gamification-framework/>
4. Митева Ц. (2013). Игры работают с глубинными потребностями человека [http://www.mn.ru/business\\_it/20130313/339547386.html](http://www.mn.ru/business_it/20130313/339547386.html)
5. The Octalysis Tool. <http://yukaichou.com/octalysis-tool/>

### OCTALYSIS - MOTIVATION DRIVING FACTORS FOR GAMIFICATION

Lominadze Tamar, Mamatelashvili Ketevan

Georgian Technical Universitat

#### Summary

In the represented article there is described implementation of gamification in the process of technology-enhanced learning, e-learning. There are described the most important driving factors – motivators - used in the construction of learner-oriented educational environment. In the article this approach is discussed on the bases of Octalyses – a structural framework of gamefication.

### ОКТАЛИЗ - ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ МОТИВАЦИИ В ГЕИМИФЫКАЦИИ

Ломинадзе Т., Мамателашвили К.

Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Описано использование геймификаций в процессе электронного обучения, и те движущие факторы, которые являются наиболее важными мотиваторами в построении среды обучения. В статье данная методология рассмотрена на примере структурной диаграммы геймификации - Октализа (восьмиугольник).

## NoSQL მონაცემთა ბაზები: განვითარების პერსპექტივები და პრობლემები მართვის საინფორმაციო სისტემებში

გია სურგულაძე, გიორგი კვიციანი, ბექა კახელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია მართვის საინფორმაციო სისტემებში განსაკუთრებით დიდი მონაცემების დამუშავების და შენახვის თანამედროვე მეთოდები და ინსტრუმენტული საშუალებები. კლასიკური რელაციური მონაცემთა ბაზების გვერდით წარმოდგენილია დღეისათვის ერთ-ერთი აქტუალური ტექნოლოგია - NoSQL, რომელიც ხშირად ახალი ტიპის არარელაციურ მონაცემთა ბაზების ოჯახის სახით განიხილება. აგრეთვე მოცემულია მონაცემთა ჰიბრიდული ბაზების სისტემები, სადაც ინტეგრირდება რელაციური, NoSQL-ის და გრაფული ბაზების კონცეფციები. შედარებულია რელაციური და არარელაციური (MongoDB) ბაზების გამოყენების მახასიათებლები მართვის საინფორმაციო სისტემებში. განსაზღვრულია ასეთი მონაცემთა ბაზების ეფექტური გამოყენების სფეროები და პირობები. ნაშრომში ყურადღება გამახვილებულია აგრეთვე NewSQL ტიპის მონაცემთა ბაზებზე, MySQL და MariaDB სისტემებსა და Hadoop – „დიდი მონაცემთა“ ტექნოლოგიაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მონაცემთა ბაზა. SQL. NoSQL. MongoDB. NewSQL. MySQL. MariaDB. Linux ოპერაციული სისტემა. Hadoop ტექნოლოგია.

### 1. შესავალი

მართვის საინფორმაციო სისტემების (Management Information Systems) ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია მონაცემთა ბაზა. იგი, შეიძლება ითქვას, მისი გულია! მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემებს საკმაო ისტორია აქვს, დაწყებული გასული საუკუნის 70-ანი წლებიდან. პირველი ბაზები იყენებდა მონაცემთა იერარქიულ და ქსელურ მოდელებს (IMS/2, OKA, ADABAS, CODASYL და სხვ.), შემდეგ კი, პროფესორ ედგარ კოდის მიერ რელაციური მოდელის და მონაცემთა ბაზის შესახებ პირველი სტატიების გამოქვეყნებით (1972-1974 წწ.), რადიკალურად შეიცვალა პროგრესულად მოაზროვნე მეცნიერთა საქმიანობის ორიენტაცია [1]. შედეგად მივიღეთ Oracle, MsSQL Server, MsAccess, MySQL, MariaDB, PostgreSQL და მრავალი სხვა, რომლებიც დღეისათვის აქტიურად გამოიყენება თითქმის ყველა სფეროსა და ორგანიზაციაში, რელაციური ბაზები იპყრობს პროგრამული სისტემების ბაზრის 80 % -ს.

პრობლემები, რომლებიც დიდ კორპორაციათა მართვის საინფორმაციო სისტემების მონაცემთა საცავებს (Data warehouses) ეხება, პირველ რიგში მათი სწრაფქმედების, წარმადობისა და საიმედოობის მახასიათებლებით ფასდება. რთული მოთხოვნების შესრულება რელაციურ ბაზებში დაკავშირებულია ბაზის სქემის შესაბამისად ცხრილების (Tables) კომპლექსურ დამუშავებაში SQL ენის ოპერაციებით, რაც ხშირად საგრძნობლად დიდ დროს თხოულობს და არაეფექტურია. ამიტომაც მეცნიერებმა დაიწყეს ასეთი სისტემების სრულყოფის საკითხებზე ინტენსიური მუშაობა. იგი ეხება რელაციურ ბაზებში მოთხოვნათა სწრაფი დამუშავების ალგორითმების ოპტიმიზაციას ან ასეთ სისტემებში არარელაციური (NoSQL) ბაზების გამოყენების პრინციპების განვითარებას [2].

წინამდებარე სტატიაში განიხილება რელაციური და არარელაციური მონაცემთა ბაზების თანამედროვე მდგომარეობა და მათი მომავალი განვითარების ტენდენციები „დიდი მონაცემთა დამუშავების“ თვალსაზრისით.



## 2. ძირითადი ნაწილი

### 2.1. დოკუმენტ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზა

დოკუმენტ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზა (Document-Oriented Database) არის მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა (მბმს), რომელიც გამოიყენება დოკუმენტების (მონაცემთა იერარქიული სტრუქტურების) შესანახად და რეალიზებულია NoSQL მიდგომით [2-5].

დოკუმენტ-ორიენტირებული მბმს-ას საფუძვლად უდევს დოკუმენტების საცავი (document Store), რომელსაც აქვს ხის სტრუქტურა. იგი იწყება ფესვური კვანძით და შეიძლება შეიცავდეს რამდენიმე შიგა კვანძს და ფოთლების კვანძს. ფოთლების კვანძი შეიცავს მონაცემებს, რომლებიც დოკუმენტის დამატების დროს შეიტანება ინდექსებში, რაც უზრუნველყოფს, რთული სტრუქტურების შემთხვევაშიც კი, მოიძებნოს გზა საჭირო მონაცემებისკენ [6].

მოთხოვნის საფუძველზე API (Application Programming Interface) ახორციელებს დოკუმენტების და მათი ნაწილების ძებნას. დოკუმენტები შეიძლება იყოს ორგანიზებული (დაჯგუფებული) კოლექციებში. ეფექტური ინდექსირების მიზნით სასურველია კოლექციებში მსგავსი სტრუქტურების დოკუმენტების გაერთიანება.

დოკუმენტ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზები გამოიყენება შინაარსის მართვის სისტემებში (CMS -Content Management System), საგამომცემლო საქმეში, დოკუმენტების საძიებო სისტემებში და სხვ. ასეთი ბაზების მართვის სისტემების მაგალითებია: MongoDB, CouchDB, Couchbase, MarkLogic, eXist, IBM Lotus Notes და სხვ.[7-11].

დოკუმენტ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზების მთავარ ცნებაა „დოკუმენტი“, რომელიც განისაზღვრება როგორც მონაცემთა ინკაფსულაცია ინფორმაციის კოდირების სტანდარტული ფორმატებისა და მეთოდების გამოყენების საფუძველზე. ასეთი ფორმატებია: XML, JSON, BSON, YAML. ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელია PDF, Ms Office და მსგავსი დოკუმენტების ბინარული ფორმატით შენახვაც [4].

დოკუმენტი მონაცემთა ბაზაში მისამართდება უნიკალური გასაღების საშუალებით. ხშირად ეს გასაღები მარტივი სტრიქონია, რომელიც შეიძლება იყოს URI (Unified Resource Identifier) ან გზა (path) დოკუმენტამდე. ასეთი გასაღების ან მისი ინდექსის საშუალებით მოიძებნება დოკუმენტი ბაზაში და შესაძლებელია მისი სწრაფად ამოღება.

დოკუმენტური ბაზის დამახასიათებელია სიტყვა-გასაღების (მნიშვნელობის-გასაღების) მარტივად განსაზღვრა მოთხოვნილი დოკუმენტების მოსაძებნად. მონაცემთა ბაზას აქვს სპეციალური API ანუ მოთხოვნების ენა, რომელიც უზრუნველყოფს დოკუმენტების მიღებას მათი შინაარსის (content) მიხედვით. API არის აპლიკაციების დაპროგრამების ინტერფეისი. იგი შეიცავს მზა კლასების, პროცედურების, ფუნქციების, სტრუქტურებისა და კონსტანტების ერთობლიობას, რომელსაც წარმოადგენს დანართი (ბიბლიოთეკა ან სერვისი) ან ოპერაციული სისტემა. იგი გამოიყენება პროგრამისტების მიერ აპლიკაციის შექმნისას.

მომდევნო ნაწილში ჩვენ მიმოვიხილავთ NoSQL ტიპის მონაცემთა კონკრეტულ ბაზებს, შედარებით დეტალურად შევხებით MongoDB პაკეტის შესაძლებლობებს.

### 2.2. გრაფულ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზა

გრაფული მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემებისთვის დამახასიათებელია მონაცემთა გრაფული მოდელი, ანუ ინფორმაციის შენახვა ხდება არა „ცხრილებით“ (tables) და ატრიბუტებით (როგორც რელაციურ ბაზებში), არამედ გრაფული სტრუქტურებით, ანუ კვანძებით (nodes) და მათ შორის კავშირებით (გრაფის წიბოები – edges). ასეთი კავშირები

შეიძლება რამდენიმე დონეს მოიცავდეს (ღრმა კავშირები) და ისინი ძალზე აქტუალურია დიდი სოციალური პროექტების (ქსელების), ბიოინფორმატიკის, რთული მარშრუტების, სემანტიკური ქსელის (Web, HTTP გვერდებით) და სხვა სფეროს ამოცანების გადასაწყვეტად [2,8,9].

გრაფული მონაცემთა ბაზა არის ქსელური მოდელის (ან RDF-მოდელის) რეალიზაციის ნაირსახეობა. მისი კონცეფცია ჯერ კიდევ 80-იან წლებში გამოჩნდა, ხოლო პირველი გრაფული რეალიზაცია 2007 წელს, Neo4j სისტემის სახით [9]. დღეისთვის უკვე არსებობს რამდენიმე ათეული ასეთი ბაზებისა, მაგალითად: ArangoDB, OrientDB, MarkLogic, Oracle Spatial and Graph და სხვ. [9,12-16].

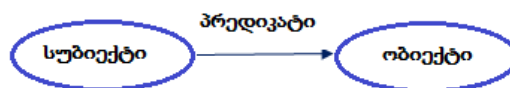
RDF (Resource Description Framework) – რესურსის აღწერის გარემო შეიქმნა WWW კონსორციუმის მიერ როგორც მონაცემთა აღწერის მოდელი – მეტამონაცემებით.

რესურსი RDF-ში შეიძლება იყოს ნებისმიერი არსი, როგორც ინფორმაციული (მაგალითად, ვებ-გვერდი, გამოსახულება), ასევე არაინფორმაციული (მაგალითად, ადამიანი, მანქანა ან აბსტრაქტული ცნება). რესურსის შესახებ გამონათქვამის მტკიცებას აქვს სამეულის (Triple Stores - სამადგილიანი შენახვა) სახე:

„სუბიექტი — პრედიკატი — ობიექტი“

მაგალითად, მტკიცება „დოლიძე არის პროფესორი“, RDF-ის ტერმინოლოგიით ჩაიწერება ასე (ნახ.1):

სუბიექტი – „დოლიძე“, პრედიკატი – „აქვს თანამდებობა“, ობიექტი – „პროფესორი“.



ნახ.1. RDF-ის სამეული

ამგვარად, RDF-ის მტკიცებულებები (ფაქტები) ქმნის ორიენტირებულ გრაფს, რომელშიც კვანძებია სუბიექტები და ობიექტები, ხოლო წიბოები – მათ შორის მიმართებები. RDF არის მონაცემთა აბსტრაქტული მოდელი, ანუ იგი აღწერს მოცემულ სტრუქტურას, დამუშავების ხერხებს და მონაცემთა ინტერპრეტაციებს.

ქვემოთ მოცემულია NoSQL ტიპის ოჯახის ზოგიერთი პოპულარული მმს, რომლებიც გრაფულ ან ჰიბრიდულ ბაზებს მიეკუთვნება [8].

**AllegroGraph** – დამუშავებულია W3C სტანდარტით Common Lisp ენაზე Triple Store (პრედიკატული სამეული) სახით მონაცემთა RDF მოდელისთვის, Windows, Linux და Mac OSX - თვის, კლიენტის ინტერფეისებით: Java, Python, Ruby, Perl, C#, Clojure და Common Lisp.

**ArangoDB** – დაწერილია C++ და JavaScript ენებზე მულტიმოდელური ბაზის სახით. გამოიყენება როგორც key/value, document, და graph data ბაზები და აქვთ ერთი საერთო მოთხოვნების ენა [10]. 2011 წლამდე გამოდიოდა AvocadoDB სახელით.

**DataStax Enterprise Graph (DSE)** – აგებულია Java ენაზე Web-საიტებისა და მობილური ტექნიკისთვის. სერვერის მხარეს Backend-ის სახით იყენებს Apache Cassandra-ს. შეუძლია დაამუშაოს წამში პეტაბაიტი ინფორმაცია და ერთდროულად მოემსახუროს ათას მომხმარებელს. ბაზა განაწილებულია კვანძების კლასტერებში და აქვს მასშტაბირებადი არქიტექტურა [2,13]. მასში ჩადგმულია OLAP ანალიზის და გრაფში ძებნის მხარდაჭერა. აქვს უსაფრთხოების დამატებითი პარამეტრები კონფიდენციალური მონაცემებისთვის.

**MarkLogic** – მულტიმოდელური ბაზაა სემანტიკური გრაფით და RDF სამეულით. ინახავს დოკუმენტებს JSON (JavaScript Object Notation) და XML ფორმატებში [2,14]. აქვს ჩადგმული

სამიერო სისტემა, ACID მახასიათებლების მქონე ტრანზაქციები – მაღალი წვდომადობა და ავარიული აღდგენის უნარი, გარანტირებული უსაფრთხოება, მოქნილობა და მასშტაბურობა.

**Neo4j** – კომპანია Neo Technology-ის პროდუქტი, დამუშავებულია java ენაზე და ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული გრაფული ბაზაა [2,15]. აპლიკაციების დაპროგრამების ინტერფეისი მონაცემთა ბაზისთვის რეალიზებულია მრავალ ენისთვის, მათ შორის: Java, Python, Ruby, PHP და სხვ.

**OrientDB** – გრაფული- და დოკუმენტ-ორიენტირებული ბაზის სისტემა, დამუშავებულია Java ენაზე Orient Technologies LTD ფირმის მიერ Windows, Linux, Mac და სხვა ოპერაციული სისტემებისთვის [2,16]. მოთხოვნების ენისათვის აქვს SQL-ის მხარდაჭერა (ამიტომაც მას NewSQL ბაზასაც მიაკუთვნებენ). იგი არ იყენებს JOIN ოპერაციას. მის მაგივრად აქვს სუპერ-სწრაფი მულტიმიდი მიმთითებლები ჩანაწერებს შორის, რომლებიც გრაფული ბაზებისთვისაა დამახასიათებელი. ეს უზრუნველყოფს ჩანაწერების ცალკეული ან მთლიანი ხეების და გრაფების გადასინჯვას რამდენიმე მილიწამის ფარგლებში.

**Stardog** – არის კროსპლატფორმული, სემანტიკური გრაფული ბაზის სისტემა, რეალიზებულია Java ენაზე, RDF-ის და OWL (Web Ontology Language)-ის მხარდაჭერით [18]. OWL ენით აღიწერება კლასები და მიმართებები მათ შორის, რომლებიც დამახასიათებელია ვებ-დოკუმენტებისა და აპლიკაციებისთვის [19].

### 2.3. NewSQL მონაცემთა ბაზები

NewSQL არის თანამედროვე რელაციური ბაზების მართვის სისტემების კლასი, რომელიც გაფართოებული ფუნქციონალობის საფუძველზე უზრუნველყოფს NoSQL ბაზების მსგავს მწარმოებლურობას ტრანზაქციების ოპერატიული დამუშავებისათვის [20,21]. ამასთანავე იგი ინარჩუნებს ACID პრინციპებს [2].

განსაკუთრებით საყურადღებოა აქ მონაცემთა შენახვის პრინციპულად ახალი პლატფორმების შექმნა, რომლებიც ორიენტირებულია განაწილებული არქიტექტურის და მრავალნაკადურ სისტემებზე.

ასეთი მიდგომის ერთ-ერთი პოპულარული მონაცემთა ბაზაა MemSQL (რელაციური ბაზა



ნახ.2

ოპერატიული მეხსიერებით [In-Memory Storage] Linux ოპერაციული სისტემისთვის) [24] (ნახ.2). იგი იყენებს SQL ენას. კოდის გენერაცია სრულდება C++ ენაზე. ანუ MemSQL სერვერზე გაგზავნილი მოთხოვნები გარდაიქმნება C++-ზე და კომპილირდება GCC-ს დახმარებით.

MemSQL თავსებადია MySQL-თან. აპლიკაციები შეიძლება შეერთდეს MemSQL სისტემასთან ODBC/JDBC სტანდარტებით, ასევე დრაივერებით და MySQL-ის მომხმარებლებით. გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, ლიტერატურულ წყაროებში განიხილავენ NewSQL-ის ტიპის შემდეგ ბაზებს: NuoDB, VoltDB, OrientDB, Clustrix, ScaleDB, dbShards და სხვ [24,25] (ნახ.3).



ნახ.3

მე-4 ნახაზზე მოცემულია მონაცემთა ტრადიციული SQL ბაზების, NoSQL და NewSQL ბაზების შედარება ოთხი ძირითადი თვისებით (Properties) [24]. როგორც ვხედავთ, NewSQL მონაცემთა ბაზა აერთიანებს ტრადიციული (რელაციური) და NoSQL (არარელაციური) ბაზების საუკეთესო თვისებებს, ამიტომაც იგი ძალზე პერსპექტიულია სამომავლო პროექტებისათვის. ერთ-ერთი საინტერესო გადაწყვეტა ამ თვალსაზრისით არის MySQL და NoSQL ბაზების ინტეგრაციის საკითხი, რომელსაც Oracle კორპორაცია ავითარებს.

COMPARISON :			
PROPERTIES	TRADITIONAL SQL	NOSQL	NEWSQL
ACID PROPERTY	✓	✗	✓
IN MEMORY DB	✗	✓	✓
BIG DATA	✗	✓	✓
RDBMS	✓	✗	✓

ნახ.4

#### 2.4. ახალი მონაცემთა ბაზა MariaDB და მისი ინსტალაცია



მონაცემთა ბაზა MariaDB არის MySQL-ის ახალი ალტერნატიული free-ვარიანტი, რომელიც შექმნა მაიკლ ვიდენიუსმა 2009 წელს. იგი იყო ავტორი MySQL-ისაც (1995), რომელიც Oracle კორპორაციამ შეიძინა 2008 წელს და გახდა იგი კომერციული პროდუქტი [27]. (მ. ვიდენიუსის უფროსი ქალიშვილია მია -MySQL, ხოლო უმცროსი - მარია).

MariaDB თავსებადია MySQL-თან, უზრუნველყოფს შესაბამისობას API-სთან და MySQL-ის ბრძანებებთან. მასში დამატებულია მონაცემთა შენახვის (storage engine) ქვესისტემა XtraDB, რომელიც ცვლის MySQL-ის InnoDB-ს [27-29].

იმისათვის, რომ დავაყენოთ მონაცემთა ბაზა, უნდა შესრულდეს შემდეგი პირობები:

1) გამართული უნდა იყოს ლინუქსის ოპერაციული სისტემა ფიზიკურ ან ვირტუალურ მანქანაზე (2 CORE , 2 GB RAM , 20 GB HDD). რაც შეეხება ლინუქსის დისტრიბუციას, არჩევანი დიდია (მაგალითად, CentOS-ს, რომელიც დიდი პოპულარობით სარგებლობს) [30,31];

2) გამართულ ოპერაციულ სისტემას წვდომა უნდა ჰქონდეს ინტერნეტში (ბაზის დაყენების დროს).

მას შემდეგ რაც ოპერაციული სისტემა გამართულია და ინტერნეტში წვდომაც გვაქვს, შეგვიძლია დავიწყოთ მონაცემთა ბაზის დაყენება (აღნიშნული ინსტრუქცია გათვლილია „CentOS 6 64-bit“-სთვის) [29,30].

ოპერაციულ სისტემაში შევდივართ „root“ მომხმარებლით და ტერმინალში ვწერთ შემდეგ ბრძანებებს:

1) touch /etc/yum.repos.d/MariaDB.repo რაც შექმნის MariaDB.repo ფაილს /etc/yum.repos.d/ დირექტორიაში;

2) vi/etc/yum.repos.d/MariaDB.repo vi ედიტორით გავხსნათ MariaDB.repo ფაილი კლავიატურაზე „i“ ღილაკის გამოყენებით გადავიდეთ „insert“ რეჟიმში და ფაილში ჩავწეროთ შემდეგი :

- [mariadb]
- name = MariaDB
- baseurl = http://yum.mariadb.org/5.5/centos6-amd64
- gpgkey=https://yum.mariadb.org/RPM-GPG-KEY-MariaDB
- gpgcheck=1

კლავიატურაზე „Esc“ ღილაკის გამოყენებით გადავიდეთ ბრძანების რეჟიმში ვწერთ „wq“ და ვაწვებით „Enter“ ღილაკს, რის შემდეგადაც ჩვენი შეყვანილი ინფორმაცია შეინახება „MariaDB.repo“ ფაილში.

3) yum -y install MariaDB MariaDB-server (დაიწყება ბაზის ინსტალაცია).

4) /etc/init.d/mysql start (მონაცემთა ბაზის გაშვება)

5) როდესაც მონაცემთა ბაზა გაეშვება „mysql“ ბრძანებით შეგვიძლია შევიდეთ მონაცემთა ბაზის ტერმინალში სადაც გაუშვებს mysql ის ბრძანებებს:

- show databases;
- quit;

6) მას შემდეგ, რაც მონაცემთა ბაზას წარმატებით დავუკავშირდით და ყველაფერმა იმუშავა, აუცილებელია უსაფრთხოების პარამეტრების გამართვა, რისთვისაც ვუშვებთ შემდეგ ბრძანებას და დაკვირვებით გავივლით შემდგომ ეტაპებს:

mysql\_secure\_installation

```

/usr/bin/mysql_secure_installation: line 379: find_mysql_client: command not found
NOTE: RUNNING ALL PARTS OF THIS SCRIPT IS RECOMMENDED FOR ALL MariaDB
SERVERS IN PRODUCTION USE! PLEASE READ EACH STEP CAREFULLY!

In order to log into MariaDB to secure it, we'll need the current
password for the root user. If you've just installed MariaDB, and
you haven't set the root password yet, the password will be blank,
so you should just press enter here.

Enter current password for root (enter for none):
OK, successfully used password, moving on...
Setting the root password ensures that nobody can log into the MariaDB
root user without the proper authorisation.

Set root password? [Y/n] Y
New password:
Re-enter new password:
Password updated successfully!
Reloading privilege tables..
... Success!

Remove anonymous users? [Y/n] y
... Success!

Normally, root should only be allowed to connect from 'localhost'. This
ensures that someone cannot guess at the root password from the network.

Disallow root login remotely? [Y/n] y
... Success!

By default, MariaDB comes with a database named 'test' that anyone can
access. This is also intended only for testing, and should be removed
    
```



before moving into a production environment.  
 Remove test database and access to it? [Y/n] y  
 - Dropping test database...  
 ... Success!  
 - Removing privileges on test database...  
 ... Success!  
 Reloading the privilege tables will ensure that all changes made so far  
 will take effect immediately.  
 Reload privilege tables now? [Y/n] y  
 ... Success!  
 Cleaning up...  
 All done! If you've completed all of the above steps, your MariaDB  
 installation should now be secure.  
 Thanks for using MariaDB!

- 7) /etc/init.d/mysql restart (კონფიგურაციის გავლის შემდეგ აუცილებელია მონაცემთა ბაზის გადატვირთვა).
- 8) chkconfig mysql on (სისტემის ჩატვირთვისას მონაცემთა ბაზა ავტომატურად რომ გაეშვას)
- 9) mysql -u root -p (მონაცემთა ბაზის ტერმინალში შესასვლელად -u პარამეტრით გადაცემთ მომხმარებლის სახელს, ხოლო -p პარამეტრით პაროლს).

## 2.5. MongoDB ბაზის ინსტალაცია



MongoDB არის დოკუმენტზე ორიენტირებული NoSQL მონაცემთა ბაზა [32]. მისი დაყენებისთვის აუცილებელია იგივე წინაპირობები და ეტაპები, რაც MariaDB-სთვის:

- 1) სისტემაში შევდივართ „root“ მომხმარებლით
- 2) touch /etc/yum.repos.d/mongodb.repo
- 3) vi /etc/yum.repos.d/mongodb.repo vi ედიტორის საშუალებით mongodb.repo ფაილში ჩავწერთ შემდეგი :
  - [mongodb]
  - name=MongoDB Repository
  - baseurl=http://downloads-distrow.mongodb.org/repo/redhat/os/x86\_64/
  - gpgcheck=0
  - enabled=1
- 4) yum -y install mongo-10gen mongo-10gen-server (მონაცემთა ბაზის დაყენება)
- 5) service mongod start (მონაცემთა ბაზის სერვისის გაშვება)
- 6) service mongod status (მონაცემთა ბაზის სტატუსის შემოწმება)
- 7) mongostat (მონაცემთა ბაზაში მიმდინარე პროცესების ნახვა)

ამით mongoDB-ს დაყენება დამთავრებულია. იმისათვის, რომ მონაცემთა ბაზაში მუშაობა შევძლოთ, ოპერატიული სისტემის ტერმინალში უნდა ავკრიფოთ mongo და შევიდეთ მონაცემთა ბაზის ტერმინალში, სადაც უშუალოდ mongo-ს ბრძანებების გაშვებას შევძლებთ. mongo (მონაცემთა ბაზის კლიენტი) ბრძანების გაშვებისას ოპერატიული სისტემა ავტომატურად მიმართავს „localhost:27017“ და ცდის ბაზასთან დაკავშირებას.

## 2.6. Hadoop – „დიდ მონაცემთა“ ტექნოლოგია

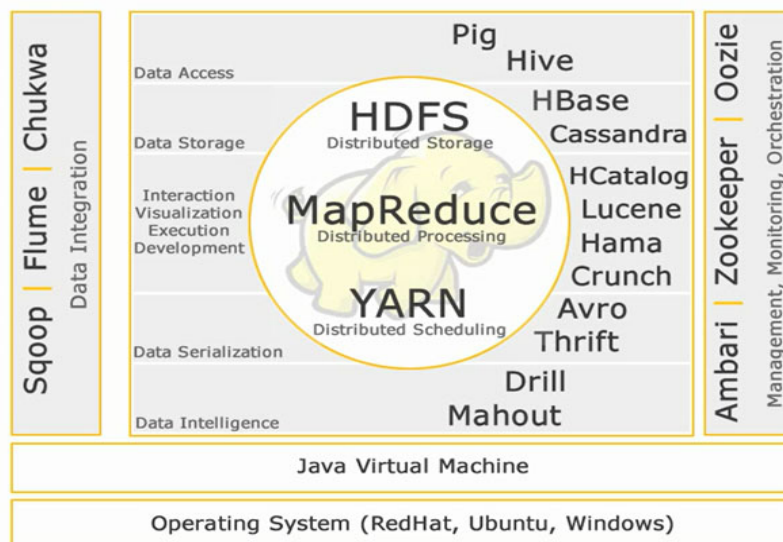
ჩვენ ვცხოვრობთ ინფორმაციის ეპოქაში. 2013 წლისთვის ციფრული სამყაროს ზომა 4.4 ზეტაბაიტი იყო, 2020 წლისთვის კი ნავარაუდებია ინფორმაციის მოცულობის ათმაგი ზრდა, 44 ზეტაბაიტამდე (44 მილიარდი ტერაბაიტი). [33]

ამ მოცულობის ინფორმაციიდან გარკვეული ნაწილი ისეთ კორპორაციებზე მოდის, როგორცაა ნიუ იორკის საფონდო ბირჟა – 4-5 ტერაბაიტი დღეში [34], Facebook.com – ჯამში 240 მილიარდი ფოტო, თვეში 7 პეტაბაიტი ზრდის მახასიათებლით [35], Ancestry.com – 10 პეტაბაიტი მოცულობის გენეალოგიის ბაზა [36].

ეს ადამიანის შექმნილი მონაცემებია, მაგრამ ბოლო ათწლეულში ტენდენცია შეიცვალა, დღეს უკვე ინფორმაციის უდიდეს ნაწილს ადამიანების ნაცვლად კომპიუტერული ტექნიკა აგენერირებს.

ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ტერმინი IOT (Internet Of Things), რაც თავის თავში მოიცავს ყველა იმ აპარატს და კომპიუტერულ ტექნიკას, რაც მიმდინარე დროში დიდი რაოდენობით მონაცემებს აგენერირებს. მაგალითად, მანქანის GPS სისტემები, სხვადასხვა სენსორები და ყველა ის ტექნიკა, რაც ძირითადი ფუნქციონირების პარალელურად წარმოშობს დიდი რაოდენობის დამხმარე ინფორმაციას (metadata).

ამ რაოდენობის მონაცემების დამუშავებას სრულიად განსხვავებული სისტემა სჭირდება არა მხოლოდ რელაციური და არარელაციური ბაზების დონეზე, არამედ იმ სერვერული არქიტექტურის დონეზე, სადაც ვაყენებთ მონაცემთა ბაზებს. დღეისათვის საუკეთესო გამოსავალი დააპროექტა Apache Software Foundation-მა, სახელით Hadoop. Hadoop არის უფასო, ჯავაზე დაფუძნებული პლატფორმა, რომელიც შექმნილია დიდი ზომის მონაცემთა ნაკადის დასამუშავებლად (ნახ.5) [37].



ნახ. 5

Hadoop ეკოსისტემაში სხვადასხვა პროდუქტებია გაერთიანებული, ბირთვად კი სამი ძირითადი კომპონენტი აქვს:

- HDFS (Hadoop Distributed File System) - განაწილებული ფაილური სისტემა მონაცემების შესანახად;
- Map Reduse - მთავარი კომპონენტი განაწილებული გამოთვლების ჩასატარებლად;
- YARN (Yet Another Resource Negotiator) - განაწილებული გარემოს მართვა.

### 3. დასკვნა

ბოლო ათწლეულში მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების განვითარება ხორციელდებოდა რამდენიმე მიმართულებით. მთავარი იყო რელაციური ბაზების, როგორც უმრავლესი მართვის საინფორმაციო სისტემების ძირითადი კომპონენტის სრულყოფა მწარმოებლურობის თვალსაზრისით. ვითარდებოდა მოთხოვნების სწრაფად დამუშავების ოპტიმიზაციის ალგორითმები. მეორე მიმართულება გახდა NoSQL („არარელაციური“ ან „არა მხოლოდ რელაციური“) ტიპის ბაზების მართვის სისტემების შექმნა და სრულყოფა, განსაკუთრებით „დიდ მონაცემთა“ დასამუშავებლად, სადაც რელაციური ბაზები არაეფექტურია, მათი Join და სხვა რელაციური ოპერაციებით ცხრილების დამუშავების პროცესის დიდი დროის გამო. ასეთია კორპორაციებში დოკუმენტების დასამუშავებელი სისტემები. მესამე მიმართულება ეხება გრაფული ბაზების შექმნას და განვითარებას. ბოლოს, შეიძლება ვახსენოთ ჰიბრიდული მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები, სადაც ინტეგრირდება რელაციური, NoSQL-ის და გრაფული ბაზების კონცეფციები. ყველა მიმართულება აქტუალურია და რომელი ტიპის ბაზას აირჩევს მომხმარებელი, დამოკიდებულია კონკრეტული მართვის საინფორმაციო სისტემის მიზნებსა და ფუნქციებზე.

### ლიტერატურა:

1. Codd E. F. (1970). A Relational Model for Large Shared Data Banks, Comm. ACM, Vol.13, No. 6, June '70. Relational Model for Database Management - Version 2, Addison-Wesley 1990
2. NoSQL For Dummies®. Published by: John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774, www.wiley.com Copyright © 2015, New Jersey
3. NoSQL. <https://en.wikipedia.org/wiki/NoSQL>
4. Гранков М.В., Жуков А.И. (2013). Системы управления Базами данных. Донской гос.техн. Университет. Ростов-на-Дону.
5. ქოროლიშვილი ვ. NoSQL'n CAP. Just Development. Computer sciences. 2014. <http://vakhokor.blogspot.com/2014/10/nosql-n-cap.html>
6. Document-Oriented Database. [https://en.wikipedia.org/wiki/Document-oriented\\_database](https://en.wikipedia.org/wiki/Document-oriented_database)
7. Document-oriented Database. Clusterpoint. Retrieved on 2015. <https://www.clusterpoint.com>
8. [https://en.wikipedia.org/wiki/Graph\\_database](https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_database)
9. Lepinsky R. (2013). Graph Databases Overview and Applications. University of Winnipeg April 29. <https://rodgersnotes.files.wordpress.com/2014/06/rlgraphdb08.pdf>
10. [www.arangodb.com](http://www.arangodb.com)
11. <https://en.wikipedia.org/wiki/NewSQL>
12. Morgan A., Lord M. NoSQL with MySQL 2014. <http://www.drdobbs.com/database/nosql-with-mysql/240167115>
13. [https://docs.datastax.com/en/latest-dse/datastax\\_enterprise/graph/dseGraphAbout.html](https://docs.datastax.com/en/latest-dse/datastax_enterprise/graph/dseGraphAbout.html)
14. MarkLogic. <https://en.wikipedia.org/wiki/MarkLogic>
15. Neo4j. <https://en.wikipedia.org/wiki/Neo4j>
16. OrientDB. <https://en.wikipedia.org/wiki/OrientDB>
17. სურგულაძე გ. დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები და მონაცემთა მენეჯმენტი. (2016). სტუ. „IT-კონსალტინგის ცენტრი“. თბილისი.
18. StardogDB. <https://en.wikipedia.org/wiki/Stardog>
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Ontology\\_Language](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language)
20. <https://en.wikipedia.org/wiki/NewSQL>
21. Stonebraker M. (2011). New SQL: An Alternative to NoSQL and Old SQL for New OLTP Apps. <http://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/109710-new-sql-an-alternative-to-nosql-and-old-sql-for-newoltp-apps/fulltext>
22. Kim W., Garza J.F., Ballou N., Woelk D.. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=627402>

23. Eisenberg A. (1996). New Architecture of the ORION Next-Generation Database System. 1990 Standard for Stored Procedures in SQL. ACM SIGMOD Record 25.12.
24. Choudhary S. (2014). NewSQL: The Best of Both "OldSQL" and "NoSQL"<http://www.slideshare.net/SUSHANTBCHOUDHARY/newsql-the-best-o>.
25. Glushkov I. (2015). NewSQL overview. [www.slideshare.net/IvanGlushkov/newsql-overview](http://www.slideshare.net/IvanGlushkov/newsql-overview).
26. Memcached. <https://en.wikipedia.org/wiki/Memcached>
27. MariaDB. <https://en.wikipedia.org/wiki/MariaDB>
28. Web-site of MariaDB. <https://mariadb.com/kb/en/>
29. MariaDB: <https://mariadb.com/kb/en/>
30. Nemeth E., Snyder G., Hein T.R., Whaley B. (2010). UNIX and LINUX System Administration Handbook fourth edition. Prentice Hall.
31. Cobbaut P. (2015). Linux Fundamentals. <http://linux-training.be/linuxfun.pdf>
32. MongoDB manual – <http://docs.mongodb.org/manual/>
33. The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things - [http://bit.ly/digital\\_universe](http://bit.ly/digital_universe)
34. Groenfeldt T. (2013). At NYSE, The Data Deluge Overwhelms Traditional Databases - <http://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2013/02/14/at-nyse-the-data-deluge-overwhelms-traditional-databases/#644feb072eb7>
35. Miller R. Facebook Builds Exabyte Data Centers for Cold Storage - [http://bit.ly/facebook\\_exabyte](http://bit.ly/facebook_exabyte)
36. Ancestry.com - Company Facts. [www.ancestry.com/corporate/about-ancestry/company-facts](http://www.ancestry.com/corporate/about-ancestry/company-facts)
37. Allaka S. (2015). Hadoop Ecosystem and its components, April 23. <http://www.edupristine.com/blog/hadoop-ecosystem-and-components>.

## **NOSQL DATABASES PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION**

### **PROBLEMS FOR MIS**

Surguladze Gia, Kiviladze Giorgi, Kakheli Beka

Georgian Technical University

#### **Summary**

The current methods and technologies are considered for Big Data management. One of the current technologies nowadays often viewed as a family of non-relational databases - NoSQL is considered next to the classical relational database. Hybrid database systems integrating concepts of relational, NoSQL and graph databases are also provided. A comparative analysis of the characteristics using relational and non-relational (MongoDB) database for information management systems is represented. The scope and terms of the effective use of these databases are determined. The paper is also focused on NewSQL databases, MySQL / MariaDB and the Hadoop ecosystem for "Big data".

## **№SQL БАЗЫ ДАННЫХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМЫ**

### **РЕАЛИЗАЦИИ ДЛЯ АСУ**

Сургуладзе Г., Кивиладзе Г., Кахели Б.

Грузинский Технический Университет

#### **Резюме**

Рассматриваются современные методы и инструментальные средства особенно больших данных для АСУ. Рядом с классическими реляционными базами данных представлена одна из актуальных на сегодня технологий – NoSQL, которая часто рассматривается как семейство нереляционных баз данных нового типа. Предложены также системы гибридных баз данных, в которых интегрированы концепций реляционных, NoSQL и графовых баз данных. Дается сравнительный анализ характеристик использования реляционных и нереляционных (MongoDB) баз данных в информационных системах управления. Определены сферы и условия эффективного использования таких баз данных. В работе уделяется внимание также NewSQL базам данных, пакетам MySQL/MariaDB и Hadoop технологии “big data”.

# ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტებში პოტენციურად საშიში სიტუაციების განსაზღვრა და მათში კრიტერიუმების გამოყოფა

ოთარ შონია, იოსებ ქართველიშვილი, ზებურ ბერიძე, ლევან ყოლბაია  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

განხილულია პოტენციურად საშიში სიტუაციების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის საკითხები ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტებში. წარმოდგენილია ის ფაქტორები, რომელთა შესრულება აუცილებელია პოტენციურად საშიში სიტუაციების ამოსაცნობად ამ დოკუმენტებში. შემოთავაზებულია ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაცია და პოტენციურად საშიში სიტუაციების აღმოჩენა ანალიზის დროს. მოცემულია ძირითადი ამოცანების ალგორითმული და სტრუქტურული სქემები და თითოეული მათგანის ფუნქციური დანიშნულების დახასიათება.

**საკვანძო სიტყვები:** ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტები. პოტენციურად საშიში სიტუაციები. კრიტერიუმი.

## 1. შესავალი

უკანასკნელ პერიოდში შეიმჩნევა კანონშემოქმედებითი საქმიანობის განუწყვეტელი სწრაფი ზრდა. საქართველოს საკანონმდებლო ბაზის განვითარებასთან ერთად, არსებითად გაიზარდა მიღებული ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტების – კანონების, დადგენილებების, განკარგულებების რაოდენობა. ასე მაგალითად, საქართველოს პარლამენტის სესიებზე კანონების მიღებასთან ერთად, სისტემატიურად ხდება კანონებში ცვლილებებისა და დამატებების შეტანა, ხოლო კანონპროექტების, დადგენილებების, სხვა ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების რაოდენობა გაცილებით დიდია. შეკითხვები, რომლებიც დაკავშირებულია კანონშემოქმედებით საქმიანობასთან, ტრადიციულად იწვევს აქტიურ დისკუსიებს იურიდიულ მეცნიერებაში. ყურადღება უნდა გამახვილდეს ხშირად ჩრდილში მყოფ კანონშემოქმედებითი საქმიანობის ტექნიკურ ასპექტებზე, რომლებიც მდგომარეობს კანონპროექტების გაფორმების დროს სათანადო წესებისა და ნორმების დაცვასა და კანონმდებლობის პროცესის აქტუალიზაციაში. შექმნილი პრაქტიკიდან გამომდინარე, მოთხოვნები, რომლებიც წაყენებულია საკანონმდებლო დოკუმენტების გაფორმებაზე, მის სტრუქტურაზე და შინაარსზე საკმაოდ მაღალია [1].

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ერთიანი ურთიერთდაკავშირებული სტრუქტურა რთული ობიექტია, რომელიც საჭიროებს ახალ მათემატიკურ და თეორიული მეთოდების კვლევას, ავტომატიზაციის პროგრამული საშუალებების შექმნას და კანონ-შემქმნელებითი და ნორმაშემოქმედებითი საქმიანობის მხარდაჭერას, რომელმაც შემდგომ პერსპექტივაში შეიძლება წარმოშვას თეორიული ინფორმატიკის დამოუკიდებელი მიმართულება. ჩამოთვლილი ფაქტორები განსაზღვრავს ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის სტრუქტურის ანალიზისა და ახალი მეთოდებისა და საშუალებების (პროგრამული კომპლექსი) შემუშავების სფეროში კვლევის აქტუალობას, რათა აღმოჩენილ იქნას პოტენციურად საშიში სიტუაციები კანონშემქმედებითი ნორმების შეუსრულებლობის თვალსაზრისით [2].



პოტენციურად საშიში სიტუაცია ნიშნავს კანონშემოქმედებითი პროცესის წესებისა და ნორმების გაუთვალისწინებლობას, პოტენციურად საშიში კრიტერიუმების საფუძველზე ზოგიერთი დოკუმენტისა და მათი „შემოგარენის“ ურთიერთკავშირის პოტენციურად საშიში თვისების დადგენას, რაც ნიშნავს კანონშემოქმედებითი პროცესის წესებისა და ნორმების შეუსაბამობას და რომლებიც მიმაგრებულია სპეციალური სახის დოკუმენტებში. პოტენციური საშიშროების კრიტერიუმები გულისხმობს წესებს, რომლებიც განსაზღვრულია ექსპერტთა ჯგუფების მიერ იურიდიული დოკუმენტების საფუძველზე ან ემპირიულად, ფორმულირებულია გამოხატვის ფორმით თეორიულ-მრავალმხრივი ლოგიკის ენაზე [2].

## 2. ძირითადი ნაწილი

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტებისა და მათი ურთიერთკავშირის მთემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა ფორმალურად განვსაზღვროთ პოტენციურად საშიში დოკუმენტის „შემოგარენის“ ნაწილები, კანონშემოქმედებითი ნორმების შეუსრულებლობის თვალსაზრისით ლოგიკური გამოხატვის სახით. შემდგომში აუცილებელია განისაზღვროს პოტენციურად საშიში სიტუაციების კრიტერიუმები.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე გამოვყოთ ქვესიმრავლე  $L^1, L^2, \dots, L^A$ , სიმრავლე  $L$  და  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_A\}$  – პირობათა სისტემა (კრიტერიუმები). ყოველი კრიტერიუმი  $C_a, a=1, \dots, A$ , საერთო ჯამში ეს არის პრედიკატი, რომლის არგუმენტებად ითვლება:  $S$  დოკუმენტების სიმრავლე, კავშირის მატრიცა –  $L$  და რიცხვები  $i, j = 1, \dots, n$ , რომელიც იძლევა  $s_i$  დოკუმენტისა და  $s_j$ -ს შორის კავშირს.  $L_{ij}$  კავშირი არის პოტენციურად საშიში  $C_a$  კრიტერიუმით და მიეკუთვნება ქვესიმრავლეს  $L^a, a=1, \dots, A$ , მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც იგი აკმაყოფილებს  $C_a$  კრიტერიუმს:

$$L_{ij} \in L^a \Leftrightarrow C_a(S, L, i, j) = 1, \text{ სადა } L^a \subseteq L, C_a \in C, i, j = 1, \dots, n, a = 1, \dots, A. \quad (1)$$

სხვა სიტყვით, ყოველი კრიტერიუმი  $C_a$  წარმოადგენს პრედიკატს, რომელიც თვითნებურად აკავშირებს  $L_{ij}$ -ს პოტენციურად საშიშ კავშირებთან –  $L^a$ . ანალოგიურადაა დოკუმენტებისთვის:

$S^1, S^2, \dots, S^B$  – ქვესიმრავლე, სიმრავლე  $S$  და  $C' = \{C'_1, C'_2, \dots, C'_B\}$  – პირობათა სისტემა (კრიტერიუმები). დოკუმენტი  $s_i$  არის პოტენციურად საშიში და მიეკუთვნება  $S^b$ -ს,  $b = 1, \dots, B$ , მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც იგი აკმაყოფილებს  $C'_b$  კრიტერიუმს:

$$s_i \in S^b \Leftrightarrow C'_b(S, L, i) = 1, \text{ სადა } S^b \subseteq S, C'_b \in C', i = 1, \dots, n, b = 1, \dots, B. \quad (2)$$

ნაშრომის ერთ-ერთი ყველაზე რთული და საკვანძო ეტაპია ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტებისა და მათი ურთიერთკავშირის „შემოგარენის“ პოტენციურად საშიში ელემენტების კრიტერიუმების ლოგიკური აპარატის შემუშავება და ფორმალიზაცია. პოტენციურად საშიში კრიტერიუმების სისტემა მუდმივად განიცდის ევოლუციას, ივსება და თანამედროვედება.

ყოველი ქვემოთ ჩამოთვლილი კრიტერიუმი წარმოადგენილია სტანდარტული ფორმით, შესაბამისი განმარტებებით, ამონარიდებითა და ლინკებით რეგულირებად ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტებზე, რომლებიც გახდა მისი შექმნის საფუძველი და ჩაწერილია ორ ფორმატში: ალგორითმული და ფორმალური, ლოგიკური გამოსახულების სახით. შემოვიტანოთ შემდეგი აღნიშვნები:

$s_x$  – შემოწმებას დაქვემდებარებული ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტი. შემდგომში ტექსტის მიხედვით მიღებულია შემდეგი შემოკლებები, მაგალითად:

პარლამენტის აპარატის წერილი – აპარატის 15.10.2006 წლის #3-22/385 წერილი „მეთოდური რეკომენდაციები კანონპროექტის იურიდიულ-ტექნიკური გაფორმების შესახებ“, თბილისი 2006 წელი.

დადგენილება – საკანონმდებლო კრების დადგენილება #11-5623 „მეთოდური რეკომენდაციები სამხარეო კანონპროექტების იურიდიულ-ტექნიკური გაფორმების შესახებ“, 2007 წელი.

**კრიტერიუმი №1.** ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტში ცვლილებების შეტანა, რომელიც თავისივე ტექსტში შეიცავს მითითებას სხვა ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტის გაუქმების ან მასში ცვლილებების შეტანის შესახებ – პოტენციურად საშიშია.

განვიხილოთ ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – ცვლილებების შეტანა ხორციელდება ძირითად საკანონმდებლო აქტში. ამ აქტში ცვლილებების შეტანა მის შემცველ საკანონმდებლო აქტში ცვლილების შეტანის გზით დაუშვებელია [2].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე მოვიყვანოთ ალგორითმული განსაზღვრება:

1. თუ  $T(s_x) = \mu_2 \wedge T(s_x) = \mu_3$ , მაშინ გადასვლა მე-4 პუნქტზე;
2. ყველა ლინკის გადარჩევა  $L_{xi}$ , რომლებიც მოიპოვება ტექსტში  $s_x$ , თუკი ნაპოვნია  $\lambda_1$  ან  $\lambda_2$  ტიპის ლინკი, მაშინ გადასვლა მე-4 პუნქტზე;
3. გამოსვლა;
4. ყველა ლინკის გადარჩევა  $s_x$ -ზე,  $\lambda_1$  ტიპის ლინკები გამოვლენილია, როგორც პოტენციურად საშიში.

ლოგიკური გამოხატულების ფორმით ჩანაწერს ექნება შემდეგი სახე:

$$C_1(S, L, y, x) = \left[ L_{yx} = \lambda_1 \wedge (T(S_x) = \mu_2 \vee T(S_x) = \mu_3) \vee \exists z (L_{xz} = \lambda_1 \vee L_{xz} = \lambda_2) \right] \quad (3)$$

$x, y, z = 1, \dots, n$

**კრიტერიუმი №2.** დოკუმენტების ძალადაკარგულად არალიარება, რომლებსაც შეაქვს ცვლილება ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტში და რომელმაც თავად დაკარგა ძალა – პოტენციურად საშიშია.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები, არის შემდეგი: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – საკანონმდებლო აქტების ჩამონათვალში, რომლებიც ექვემდებარება ძალადაკარგულად გამოცხადებას, შედის: საკანონმდებლო აქტები, რომლებიც სრულად ექვემდებარება ძალადაკარგულად გამოცხადებას. ამასთან, ცალკე პოზიციებად მითითებულია, როგორც თავად საკანონმდებლო აქტი, ასევე ყველა ის საკანონმდებლო აქტები, რომლებშიც ძირითად საკანონმდებლო აქტის ტექსტით ადრე შეტანილი იყო ცვლილება.

განვიხილოთ ალგორითმული განსაზღვრება:

1. ყველა  $L_{xi}$  ლინკის გადარჩევა, რომლებიც მოცემულია  $s_x$  ტექსტში;
2. თუ  $L_{xi}$  ლინკი  $\lambda_2$  ტიპისაა, მაშინ:
  - 2.1. ყოველ  $s_i$  დოკუმენტზე  $L_{yi}$  ლინკების გადარჩევა;
  - 2.2. თუ  $L_{yi}$  არის  $\lambda_1$  ტიპის (შემცვლელი), მაშინ:
    - 2.2.1.  $\lambda_2$  ტიპის  $L_{xy}$  ლინკის არსებობის შემოწმება  $s_x$  ტექსტში, თუ ლინკი არ არსებობს, მაშინ  $s_x$  ვლინდება პოტენციურად საშიშად (მის „შემოგარენში“ შეიძლება არსებობდეს არასაკმარისი კავშირები).

ჩანაწერს ლოგიკური გამოხატულების ფორმით ექნება შემდეგი სახე:

$$C_2'(S, L, x) = [\exists y (L_{xy} = \lambda_2) \wedge \exists z (L_{yz} = \lambda_1 \wedge L_{xz} \neq \lambda_2), x, y, z = 1, \dots, n] \quad (4)$$

**კრიტერიუმი №3.** ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტში ლინკის არსებობა ძალადაკარგულ დოკუმენტებზე – პოტენციურად საშიშია.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – ლინკების გაკეთება შეიძლება მხოლოდ ძალაში შესულ (მოქმედ) საკანონმდებლო აქტებზე. ძალადაკარგულ საკანონმდებლო აქტებზე და კანონპროექტებზე ლინკების გაკეთება დაუშვებელია.

ალგორითმული განსაზღვრება:

1. ყველა  $L_{xi}$  ლინკის გადარჩევა, რომელიც მოცემულია  $s_x$  ტექსტში;

1.1. ყველა  $L_{yi}$  ლინკის გადარჩევა  $s_i$  დოკუმენტზე;

1.2 თუ ნაპოვნია  $\lambda_2$  ტიპის თუნდაც ერთი  $L_{yi}$  მაინც, ლინკი  $L_{xi}$  ტექსტში  $s_x$  – პოტენციურად საშიშია.

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C_2(S, L, x, y) = [\exists z (L_{zy} = \lambda_2), \quad x, y, z = 1, \dots, n] \quad (5)$$

**კრიტერიუმი №4.** ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტის ტექსტში ტიპი  $\lambda_1$  (შემცვლელი) ან  $\lambda_2$  (გამაუქმებელი) ლინკის არსებობა, რომელიც ადგენს ახალ სამართლებრივ რეგულირებას – პოტენციურად საშიშია.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – იმ კანონპროექტებთან ერთად, რომლებიც ადგენს ახალ სამართლებრივ რეგულირებას, განსახილველად წარმოდგენილ უნდა იქნას დამოუკიდებელი კანონპროექტები საკანონმდებლო აქტებზე ან მათ სტრუქტურულ ერთეულებზე, რომლებიც ექვემდებარება შეცვლას. ახალი სამართლებრივი რეგულირების დამდგენ კანონპროექტებზე მუხლების არსებობა, რომლებიც შეიცავს საკანონმდებლო აქტებში ან მათი სტრუქტურულ ერთეულებში ცვლილებების შეტანას - არ დაიშვება [2].

ალგორითმული განსაზღვრება:

1. თუ  $T(s_x) \neq \mu_1$ , მაშინ გამოსვლა;

2. ყველა  $L_{xi}$  ლინკის გადარჩევა, რომლებიც მოცემულია  $s_x$  ტექსტში  $\lambda_1$  და  $\lambda_2$  ტიპის ლინკები ითვლება პოტენციურად საშიშად.

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C_3(S, L, x, y) = [T(s_x) = \mu_1 \wedge (L_{xy} = \lambda_1 \vee L_{xy} = \lambda_2), \quad x, y = 1, \dots, n] \quad (6)$$

**კრიტერიუმი №5.** ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტით ძალის დაკარგვა, რომელიც ცვლიდა ან აუქმებდა ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტებს – პოტენციურად საშიშია.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – თუ კანონი შეიცავს მუხლებს, რომლებითაც ადრე მიღებული კანონები ძალადაკარგულად ცხადდებოდა, მაშინ აუცილებლობის შემთხვევაში მოცემული კანონის ძალადაკარგულად ცნობა ნიშნავს, რომ იგი ცხადდება ძალადაკარგულად მიუხედავად იმისა არის თუ არა მასში მსგავსი მუხლები.

ალგორითმული განსაზღვრება:

1. ყველა  $\lambda_2$  ტიპის  $L_{xi}$  ლინკის გადარჩევა, რომლებიც მოცემულია  $s_x$  ტექსტში;

1.1.  $L_{iy}$  ლინკის გადარჩევა შემცვლელი  $s_i$  დოკუმენტის ტექსტში;

1.2. თუკი ნაპოვნია  $\lambda_1$  ან  $\lambda_2$  ტიპის თუნდაც ერთი მაინც  $L_{iy}$ -დან,  $L_{xi}$  ლინკი  $s_x$  დოკუმენტის ტექსტში - პოტენციურად საშიშია.

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C_4(S, L, y, x) = [L_{yx} = \lambda_2 \wedge \exists z (L_{xz} = \lambda_1 \vee L_{xz} = \lambda_2), \quad x, y, z = 1, \dots, n] \quad (7)$$

**კრიტერიუმი №6.** თავისუფალი ტიპის ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტზე ლინკი შეიძლება იყოს პოტენციურად საშიში, თუ შემდგომში იგი შეცვლილი ან გაუქმებული იქნა.

დასაბუთება: კანონშემოქმედებით პროცესში, რომელიმე ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტზე მითითებისას, არა მისი შეცვლის ან გაუქმების მიზნით, კანონმდებელს მხედველობაში აქვს მისი მიმდინარე შინაარსი; თუ შემდგომში ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტი იქნა შეცვლილი ან გაუქმებული, მაშინ ადრე მათზე გაკეთებული ლინკები შეიძლება წარმოადგენდეს პოტენციურ საშიშროებას.

ალგორითმული განსაზღვრება:

1. ყველა  $L_x$  ლინკის გადარჩევა  $s$  დოკუმენტზე  $x$ ,  $\lambda_1$  (ცვლის)-სა და  $\lambda_2$  (აუქმებს) ტიპის ლინკების მოძიების მიზნით;
2. თუკი ასეთი ლინკები ვერ მოიძებნა, მაშინ გამოსვლა, სხვაგვარად ყველა  $\lambda_3$  ტიპის (თვითნებური) ლინკები  $s$ -ზე, რომლებიც არსებობს ადრე არსებულ დოკუმენტების ტექსტში, ცხადდება პოტენციურად საშიშად.

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C_5(S, L, y, x) = [\exists z (L_x = \lambda_1 \vee L_x = \lambda_2), z > y, x, y, z, = 1, \dots, n] \quad (8)$$

**კრიტერიუმი №7.** ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტებში ცვლილებების სიმრავლე (გადატვირთულობა) შეიძლება წარმოადგენდეს მისი ახალი რედაქციით გამოცემის საბაზს.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – კანონის სტრუქტურული ერთეული ახალი რედაქციით გადმოიცემა იმ შემთხვევაში თუ კანონის სტრუქტურულ ერთეულში არაერთხელ იქნა შეტანილი ცვლილებები.

ალგორითმული განსაზღვრება:

1.  $\lambda_1$  (ცვლის) ტიპის ლინკების გამოთვლა  $s$ - $z$  ზე;
2. თუ ლინკების რაოდენობა მეტია განსაზღვრულ კონსტანტაზე  $K$ ,  $s_x$  ცხადდება პოტენციურად საშიშად (დოკუმენტი შესაძლოა გადატვირთული იყოს ცვლილებებით).

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C'_2(S, L, x) = \left[ \left( \exists M = \{l_{x_1x}, l_{x_2x}, \dots, l_{x_nx}\} \right) \mid \forall_i: l_{x_ix} = \lambda_1 \wedge |M| > K, i = 1, \dots, n \right] \quad (9)$$

**კრიტერიუმი №8.** თუ ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტის მოქმედება განისაზღვრება დროის მიხედვით, დროის შუალედში, მაშინ მასზე მოქმედი ლინკები შეიძლება იყოს პოტენციურად საშიში, თუკი დროის ამ მონაკვეთში იგი არ შევიდა ძალაში, ან კიდევ მომავალში მისი მოქმედება შეწყდა.

ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტები, რომლებიც გახდა კრიტერიუმის საფუძვლები: ამონარიდი ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტებიდან – ლინკების გაკეთება შეიძლება მხოლოდ ძალაში შესულ (მოქმედებაში მყოფი) საკანონმდებლო აქტებზე. ძალადაკარგულ საკანონმდებლო აქტებზე და კანონპროექტებზე ლინკები დაუშვებელია [1].

ალგორითმული განსაზღვრება:

1.  $s_x$  ტექსტში მოქმედების თარიღის არსებობის შემოწმება.  
თუ არ არის ( $P(s_x) = [\emptyset]$ ) – გამოსვლა;
2. პირობის შემოწმება: გააჩნია თუ არა ძალა  $s_x$  მოცემულ დროს.  
თუ გააჩნია – გამოსვლა.
3. ყველა ლინკი  $s$ -ზე ცხადდება პოტენციურად საშიშად.

ჩანაწერი ლოგიკური გამოხატულების ფორმით:

$$C_{\infty}(S, L, y, x) = [P(s_x) = \emptyset \wedge Now() \notin P(s_x), \quad x, y = 1, \dots, n] \quad (10)$$

### 3. დასკვნა

საცნობარო სამართლებრივ სისტემებში ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების უწყვეტი სისტემატური ზრდა განაპირობებს ამ დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის აქტიურად გამოყენების აუცილებლობას, რათა თავიდან იქნას აცილებული პოტენციურად საშიში სიტუაციები კანონშემოქმედებითი ნორმების შეუსრულებლობის თვალსაზრისით, სამართლებრივი კოლიზიები და წინააღმდეგობები, გაიზარდოს მიღებული კანონების სისტემატიზაციის, კანონმდებლობის ინვენტარიზაციისა და მისი მონიტორინგის პროცედურების ეფექტურობა.

#### ლიტერატურა:

1. საქართველოს კანონი „ნორმატიული აქტების შესახებ“. (2009). „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე“. დოკ.-ის №1876, თბილისი.
2. შონია ო., ქართველიშვილი ი., ყოლბაია ლ. (2014). ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის ძირითადი ამოცანები. სტუ, „განათლება“, N2(11), თბილისი.
3. Чубукова С.Г., Элькин В.Д. (2007). Основы правовой информатики (юридические и математические вопросы информатики). Москва.

### REVEALING OF POTENTIALLY DANGEROUS SITUATIONS IN NORMATIVE-LEGAL DOCUMENTS AND UNDERLINE THE CRITERIA IN THEM

Shonia Otar, Kartvelishvili Ioseb, Beridze Zebur, Kolbaia Levan  
Georgian Technical University

#### Summary

In legal system normative-legal documents uninterrupted systematic growth conditions necessity of this document interrelated visualization and analysis active use, to avoid potentially dangerous situations in term of law-making norm failure, legal collisions and resistances, increase adopted law systematization, effectiveness of law inventory and monitoring procedures. The work presents visualization of interrelation of normative-legal documents and revealing of potentially dangerous situations during the analysis and legal collision invention importance while drafting the mentioned documents, publishing systematization and underline criteria in them.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТАХ И ВЫЯВЛЕНИЕ В НИХ КРИТЕРИЕВ

Шония О., Картвелишвили И., Беридзе З., Колбая Л.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматриваются вопросы теоретического и экспериментального исследования потенциально опасных ситуаций в нормативно-правовых документах. Представлены те факторы, выполнение которых обязательно, чтобы опознать потенциально опасные ситуации в этих документах. Предлагается визуализация взаимосвязи нормативно-правовых документов и раскрытие потенциально опасных ситуаций во время анализа. Приведены алгоритмические и структурные схемы основных задач и каждая из них охарактеризована своим функциональным назначением.



## ბენზოლის მოლეკულის თვისებების თვალსაჩინოდ გამომსახველი ელექტრონული აღნაგობის ახალი ფორმულა

გივი ხიდემელი  
ქიმიურ მეცნიერებათა კანდიდატი

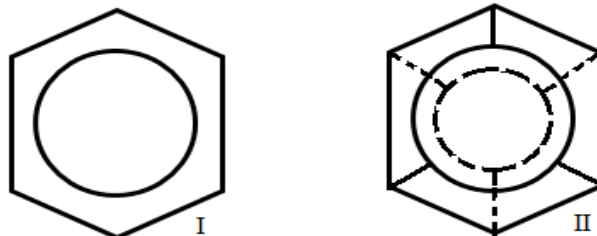
### რეზიუმე

ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ბენზოლის პირველ ფორმულაზე აგებული დღევანდელი ბენზოლის ქიმია, ხოლო ბენზოლის მეორე ფორმულა მოწოდებულია ჩვენს მიერ და პირველი ფორმულის ალტერნატივაა. შედარებულია პირველი და მეორე ფორმულების შესაბამისი მოლეკულების საშუალებით ბენზოლის ქიმიური თვისებების გამოსახვა, მათი ელექტრონული აღნაგობიდან გამომდინარე. დადგენილია, რომ მეორე ფორმულა პირველ ფორმულას ბენზოლის ქიმიური თვისებების გამოსახვაში ჯობნის ოთხ პუნქტში: 1. ბენზოლის მონოწარმოებულებში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესს მეორე ფორმულა თვალსაჩინოდ გამოსახავს, ხოლო პირველი ფორმულა ვერ გამოსახავს; 2. ბენზოლის ჰიდრირების პირველი საფეხურის ახსნა მეორე ფორმულით უფრო დამაჯერებელია, ვიდრე პირველი ფორმულით; 3. ბენზოლის მონოწარმოებულების ჰიდრირების პირველ საფეხურზე ელექტრონის მიერთების მიმართულების, ანუ მიღებული დიჰიდროპროდუქტის სტრუქტურის ახსნა მეორე ფორმულით ნათელია, ხოლო პირველი ფორმულით არ არის ნათელი; 4. ბენზოლისა და ქრომის შემცველი სენდვიჩისა და ნახევარსენდვიჩის ტიპის ნაერთების სტრუქტურის ახსნა მეორე ფორმულით უფრო დამაჯერებელია, ვიდრე პირველი ფორმულით.

**საკვანძო სიტყვები:** ბენზოლის მოლეკულა. ელექტრონული აღნაგობის ფორმულა. ბენზოლის თვისებები.

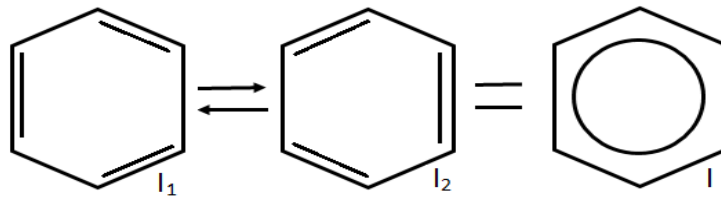
### 1. შესავალი

ბენზოლის მოლეკულურ ფორმულას ( $C_6H_6$ ) შეესაბამებინა მრავალი ციკლური და ლიაჯაჭვიანი აღნაგობის იზომერული და ელექტრონული აღნაგობის „რეზონანსური“ ფორმულები, მაგრამ ბენზოლის თვისებებს ყველაზე მეტად გამოხატავს I და II ელექტრონული აღნაგობის ფორმულები (ნახ.1).



ნახ.1

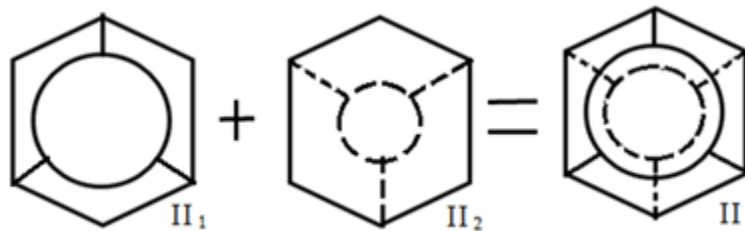
I ფორმულა საყოველთაოდ ცნობილია. მასზეა აგებული დღევანდელი ბენზოლის ქიმია. იგი წარმოადგენს კეკულეს მიერ 1865 წელს მოცემული ბენზოლის სტრუქტურული ფორმულების I<sub>1</sub> და I<sub>2</sub> „რეზონანსულ“ ჰიბრიდს:



ნახ.2

II ფორმულა მოწოდებულია ჩვენს მიერ და I ფორმულის ალტერნატივაა [1]. მის შესახებ ინფორმაცია გამოქვეყნდა 2001 წლის 16 მარტს გაზეთ ახალ შვიდ დღეში. შევადაროდ ერთმანეთს ეს ფორმულები: 1) ბენზოლის ორივე ფორმულაში (I და II) ნახშირბადის ექვსივე ატომი ექვივალენტურია და წყალბადის ექვსივე ატომი ტოლფასია; 2) ბენზოლი იძლევა მხოლოდ ერთ მონოწარმოებულ პროდუქტს ( $C_6H_5Cl$  და სხვა), რასაც ორივე ფორმულა აკმაყოფილებს; 3) ბენზოლი იძლევა სამ (ორთო, მეტა, პარა) დიჩანაცვლებულ იზომერულ პროდუქტს და სამ ტრიჩანაცვლებულ იზომერულ ნაწარმს, რასაც ორივე ფორმულა აკმაყოფილებს; 4) ბენზოლის I და II ფორმულების შესაბამის მოლეკულებს აქვთ ბრტყელი, ციკლული აღნაგობა და შეიცავენ დელოკალიზებული ელექტრონების სისტემებს, ელექტრონების რიცხვით  $4n + 2$  (ჰიუკელის წესი), რითაც ისინი აკმაყოფილებენ არომატული ნაერთის მოლეკულის აღნაგობას [1].

I ფორმულის აღნაგობა ახსნილია  $SP^2$  ჰიბრიდიზაციით. II ფორმულის აღნაგობა შეიძლება აღიწეროს ნახშირბადის ატომის ირგვლივ ელექტრონების განლაგებით დაახლოებით ტეტრაედრულის მსგავსად. მათ მიერ ექვსწევრიანი ციკლის წარმოქმნის დროს ბენზოლის მოლეკულის სიბრტყის ორივე მხარეს მიიღება სამი არალოკალიზებული ელექტრონისაგან შემდგარი ორი სისტემა. ისინი სიმეტრიულად არიან განლაგებული მოლეკულის სიბრტყის მიმართ (II<sub>1</sub> და II<sub>2</sub>) და უზრუნველყოფენ ბენზოლის მდგრადობას. II<sub>1</sub> და II<sub>2</sub> ფორმულებში არსებული სამი არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემის ერთ მოლეკულაში გამოსახვით ვღებულობთ II ფორმულას:



ნახ.3

I და II ფორმულების შედარებიდან ჩანს, რომ მათი მოლეკულების სტრუქტურებში ატომების განლაგების გეომეტრია ერთნაირია, ხოლო ელექტრონული აღნაგობა განსხვავებულია. I ფორმულაში 6 არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემა შედგება ბირთვში შემავალი ნახშირბადების ექვსივე ატომის თითო ელექტრონისაგან. II ფორმულაში მოლეკულის სიბრტყის ორივე მხარეს არსებული სამი არალოკალიზებული ელექტრონისაგან შემდგარი სისტემები შეიცავენ ნახშირბადის სამი ატომის თითო ელექტრონს - მოლეკულის სიბრტყის ერთ მხარეს კენტი (1, 3, 5), ხოლო მეორე მხარეს ლუწი (2, 4, 6) ნახშირბადის ატომების თითო ელექტრონს. ეს განსხვავება I და II ფორმულების შესაბამისი მოლეკულების ენერგომემცვლელობას არ ცვლის; ასევე ერთნაირია მათში არსებული

არალოკალიზებული ელექტრონების სისტემების ენერგიები, რის გამოც ნახშირბად ატომებს შორის მიზიდვა თანაბარია; ამიტომ მათ შორის ბმა იწერება ასე  $C \equiv C$ , რომელსაც ერთნახევრიანი ბმა ეწოდება. მათი რიცხვი მოლეკულაში არის 6 .

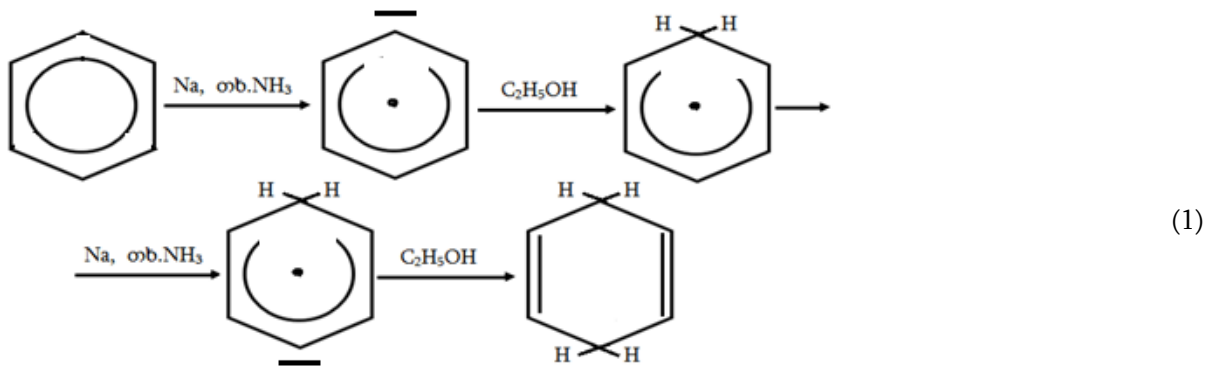
I და II ფორმულების ელექტრონული აღნაგობის აღწერიდან ჩანს , რომ მათში არ არიან მკვეთრად გამოხატული ერთმაგი, ორმაგი და სამმაგი ბმები; მაგრამ ბენზოლი უჯერი ნაერთია და მისთვის დამახასიათებელია ჩანაცვლების და მიერთების რეაქციები. ამასთან, ჩანაცვლების რეაქციები უფრო ადვილად მიმდინარეობენ, ვიდრე მიერთების რეაქციები ღიაჯაჭვიანი უჯერი ნაერთებისაგან განსხვავებით.

ბენზოლში ჩანაცვლების რეაქციებით მიიღება მისი მონოწარმოებულები. ჩანაცვლებული ატომი ან ატომთა ჯგუფი, ელექტრონისადმი დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, გავლენას ახდენს ბირთვის ნახშირბადის ატომების ელექტრონულ სიმკვრივეზე, რომელსაც თავისებური კანონზომიერება ახლავს. ელექტროდონორული ან ელექტროაქცეპტორული ნაწილაკები, შესაბამისად, უფრო მეტად ზრდიან ან უფრო მეტად ამცირებენ ელექტრონულ სიმკვრივეს ბირთვის 2,4, და 6 (ორთო და პარა) მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომებზე, ვიდრე 3 და 5 (მეტა) მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომებზე [2-5].

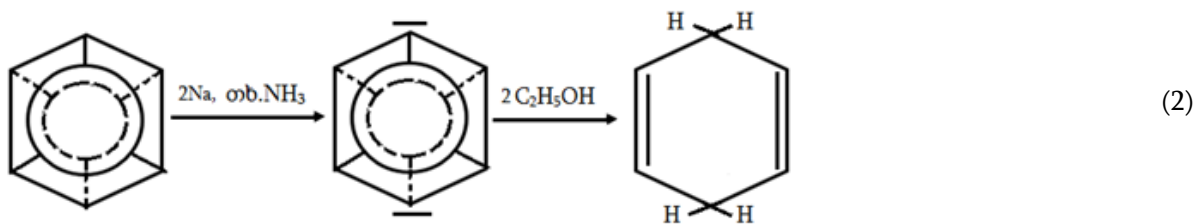
აქედან გამომდინარე, ბენზოლის მონოწარმოებულში მყოფი ელექტროდონორული ნაწილაკი, ბენზოლის ბირთვში შემდგომი (მეორე) ჩანაცვლებისას, ელექტროაქცეპტორულ ნაწილაკს ჩანაცვლებს დიდი ელექტრონული სიმკვრივის მქონე 2, 4, ან 6 (ორთო, პარა) მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომთან. ამ თავისებურებას ბენზოლის მონოწარმოებულებში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი ეწოდება, რასაც მეორე ფორმულა თვალსაჩინოდ გამოსახავს, ხოლო პირველი ფორმულით მისი გამოსახვა მოუხერხებელია [3]. მეორე ფორმულის შესაბამისი მოლეკულის შემთხვევაში ვიტყვით: ბენზოლის მოლეკულაში ჩანაცვლებული ელექტროდონორული ნაწილაკი ელექტროაქცეპტორულ ნაწილაკს ჩანაცვლებს 2, 4 ან 6 მდგომარეობის ნახშირბადის ატომთან იმიტომ, რომ ამ ნახშირბადების თითო ელექტრონისაგან შედგება სამი არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემა, რომლის ელექტრონული სიმკვრივე გაზრდილია.

I ფორმულის შესაბამისი მოლეკულის შემთხვევაში ამას ვერ ვიტყვით, რადგან ბირთვის ექვსივე ნახშირბადის თითო ელექტრონისაგან შედგება ექვსი არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემა, რომლის ელექტრონული სიმკვრივის გაზრდა ან შემცირება, ყველა ნახშირბადზე ერთნაირად უნდა მოხდეს; ამ შემთხვევაში II ფორმულის უპირატესობა I ფორმულასთან შედარებით აშკარაა.

ბენზოლი მიერთების რეაქციებში შედის ქლორთან და წყალბადთან სპეციალურ პირობებში. ორივე შემთხვევაში შუალედური პროდუქტების გამოყოფა არ ხერხდება [4]. [5]-ის მიხედვით ბენზოლის ნაწილობრივი აღდგენა ანუ ჰიდრირება პირველ საფეხურზე შეიძლება თხევად ამიაკში, ნატრიუმის მოქმედებით, მცირე რაოდენობის ეთანოლის თანაობისას. ამ დროს პირველი ფორმულის შესაბამისი მოლეკულის შემთხვევაში, (1) სქემის მიხედვით, ბენზოლის ბირთვი იერთებს ელექტრონს ნატრიუმის ატომიდან და გარდაიქმნება ანიონ - რადიკალად, რომელიც ეთანოლის მოლეკულას ართმევს პროტონს. პროტონის მიერთების შემდეგ მიღებული რადიკალი განიცდის ასეთივე ორსაფეხურიან აღდგენას და მიიღება 1, 4 - დიჰიდროჰექსადიენ - 2,5:



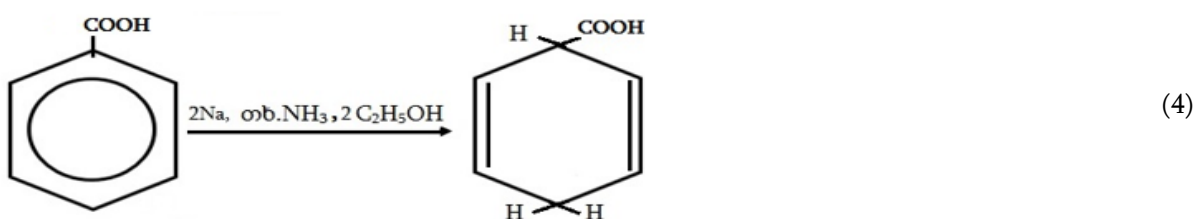
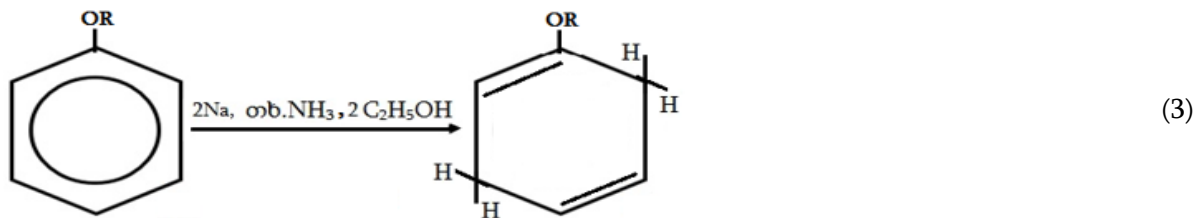
ბენზოლის II ფორმულის შესაბამისი მოლეკულის ჰიდრირების პირველი საფეხური შეიძლება გამოვსახოთ (2) სქემით:



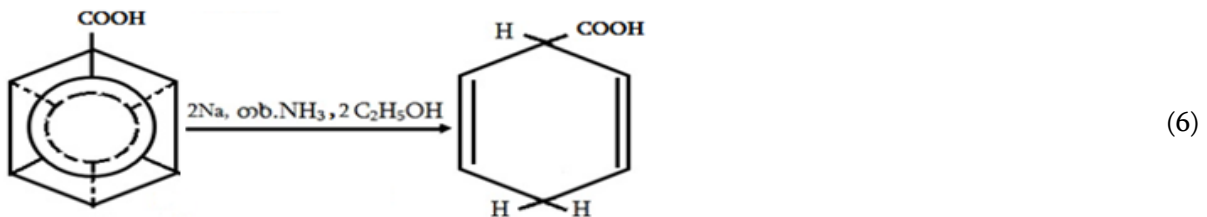
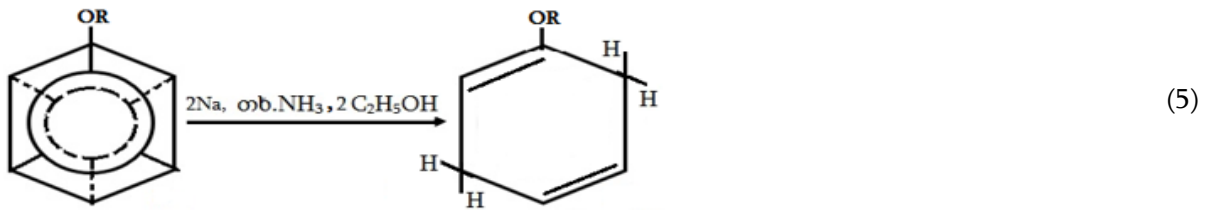
ამ დროს II ფორმულის შესაბამის მოლეკულაში არსებული სამი დელოკალიზებული ელექტრონის ორი სისტემა ნატრიუმიდან იერთებს თითო ელექტრონს, რომლებიც ელექტრონული განზიდვის გამო ფიქსირდება ბენზოლის ბირთვის მოპირდაპირე (1, 4)

ნახშირბადის ატომებზე. შედეგად წარმოიქმნება დიანიონი, რომელიც ეთანოლს ართმევს პროტონებს და მიიღება 1,4 - დიჰიდროციკლოჰექსადიენ - 2,5. (2) სქემა უფრო მარტივია (1) სქემაზე. თანაც, I ფორმულაში არსებული არალოკალიზებული ელექტრონების სისტემა ორ ელექტრონს იერთებს, რაც ძნელია; ამიტომ უპირატესობა II ფორმულის მხარესაა.

საინტერესოა ბენზოლის მონოწარმოებულების მიერ წყალბადის მიერთების პირველ საფეხურზე მიმდინარე რეაქციები, რომლის შესახებაც, I ფორმულიდან გამომდინარე, [5] აღნიშნავს: ნათელი არაა ბირთვში ჩანაცვლებული ჯგუფის გავლენა ელექტრონის მიერთების მიმართულებაზე ანუ მიღებული პროდუქტის სტრუქტურაზე. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ელექტროდონორული ჯგუფები, მაგალითად R, OR და სხვა იწვევს 2,5 -დიჰიდროპროდუქტების წარმოქმნას (3). ხოლო ელექტროაქცეპტორული ჯგუფები, მაგალითად COOH, NO<sub>2</sub> და სხვა 1,4 - დიჰიდროპროდუქტების მიღებას (4).



ბენზოლის II ფორმულის შესაბამისი მოლეკულის ელექტროდონორული და ელექტროაქცეპტორული ჯგუფების შემცველი მონოწარმოებულების ჰიდრირება პირველ საფეხურზე მიმდინარეობს (5) და (6) სქემების მიხედვით.



მართალია, ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ბენზოლის მონოწარმოებულებში ჰიდრირების პირველ საფეხურზე წყალბადის მიერთების რეაქციასთან, მაგრამ მის ასახსნელად შეიძლება გამოვიყენოთ ბენზოლის მონოწარმოებულებში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესი. მაგალითად, თუ ბენზოლის მონოწარმოებულში ჩანაცვლებულია ელექტროდონორული ჯგუფი OR [სქემა (3) და (5)], მაშინ I და II ფორმულების შესაბამისი მოლეკულებში, ინდუქციური ეფექტის გამო, ელექტრონული სიმკვრივე უფრო მეტად იზრდება 2,4 და 6 მდგომარეობაში მყოფი ნახშირბადის ატომებზე. ბენზოლის I ფორმულის შესაბამისი მოლეკულაში ეს არ უნდა მოხდეს, რადგან 6 არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემაში ელექტრონული სიმკვრივის გაზრდა თანაბრად უნდა განაწილდეს ექვსივე ნახშირბადის ატომზე; სწორედ ამიტომ არაა ნათელი [5]-სთვის ბირთვში ჩანაცვლებული ჯგუფის გავლენა ელექტრონის მიერთების მიმართულებაზე ანუ მიღებული პროდუქტის სტრუქტურაზე. ბენზოლის II ფორმულის შესაბამისი მოლეკულაში ეს შესაძლებელია და ამრიგად ნათელია ელექტრონის მიერთების მიმართულება ანუ მიღებული პროდუქტის სტრუქტურა იმიტომ, რომ ბენზოლის მოლეკულის ერთი მხარის 3 არალოკალიზებული ელექტრონის სისტემა შედგება 2, 4 და 6 ნახშირბადის ატომების თითო ელექტრონისაგან. რადგან მათზე ელექტრონული სიმკვრივე დიდია, ამიტომ ბენზოლის დონორჯგუფიანი მონოწარმოებულის ჰიდრირების პირველ საფეხურზე ნატრიუმიდან ელექტრონი მიუერთდება ნაკლები ელექტრონული სიმკვრივის მქონე 3 ან 5 მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომს; შედეგად, მასზე ელექტრონული მუხტი ჭარბად გაიზრდება და მეორე ელექტრონი ნატრიუმიდან, ელექტრონული განზიდვის გამო, მიუერთდება მისგან ბირთვში ყველაზე შორს, 6 ან 2 მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომს. მიღებული დიანიონი მიიერთებს პროტონებს ეთანოლიდან და მიიღება 3,6 ან 2,5 დიჰიდრონაწარმი, რაც ერთიდაიგივეა. ამ შემთხვევაშიც II ფორმულის უპირატესობა აშკარაა I ფორმულასთან შედარებით.

როცა ბენზოლის მონოწარმოებულში ჩანაცვლებულია ელექტროაქცეპტორული ჯგუფი - COOH [სქემა (4) და (6)], მაშინ ბირთვის ყველა ნახშირბადის ატომიდან (უფრო მეტად 2,4,6), ინდუქციური ეფექტის გავლენით, ელექტრონული სიმკვრივე გადაიწევა მისკენ. ამის გამო ელექტრონული სიმკვრივე უფრო ნაკლები იქნება ბირთვის მე-4 -ე ნახშირბადის ატომზე. შედეგად, ჰიდრირების დროს, ნატრიუმიდან ელექტრონი მიუერთდება მე-4-ე ნახშირბადის



ატომს და მასზე ელექტრონული მუხტი გაიზრდება ჭარბად; ამიტომ მეორე ელექტრონი, ელექტრონული განზიდვის გამო, მიუერთდება პირველ ნახშირბადის ატომს. წარმოქმნილი დიანიონი ეთანოლის მოლეკულებიდან მიერთებს პროტონებს და მიღება 1,4 დიჰიდრო-პროდუქტი. ამ შემთხვევაშიც უპირატესობა ბენზოლის II ფორმულის მხარესაა.

არსებობენ ბენზოლის ნაერთები მეტალებთან, რომელთაგან აღსანიშნავია სენდვიჩისა და ნახევრადსენდვიჩის ტიპის ნაერთები ქრომთან [6]. სენდვიჩის ტიპის ნაერთში ქრომის ატომი აკავშირებს ბენზოლის ორ მოლეკულას სიბრტყეებით, ხოლო ნახევარ-სენდვიჩის ტიპის ნაერთში ქრომის ატომთან მიერთებულია ბენზოლის მოლეკულა სიბრტყით და CO-ს სამი მოლეკულა. ეს ნაერთებია: 1.  $\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2$  – დიბენზოლქრომი, 2.  $\text{CrC}_6\text{H}_6(\text{CO})_3$  – ტრიკარბონილბენზოლქრომი, 3.  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  – ჰექსაკარბონილქრომი. მე-3-ე ნაერთი მოტანილია შედარებისათვის. ამ ნაერთებში ქრომის დაჟანგულობის რიცხვი ნულის ტოლია [6]. მასთან დაკავშირებული არიან მოლეკულები; ამიტომ ქრომის ატომსა და მოლეკულებს შორის ბმის სახეობა გაურკვეველია, მაგრამ ისინი არსებობენ. მე-3-ე ნაერთში ქრომის ატომი დაკავშირებულია ექვს კარბონილის ჯგუფთან, მე-2-ე ნაერთში სამი კარბონილის მოლეკულა ჩანაცვლებულია ბენზოლის ერთი მოლეკულით, ხოლო 1 ნაერთში ექვსი CO-ს ადგილს იკავებს ბენზოლის ორი მოლეკულა. გამოდის, რომ ბენზოლის მოლეკულა სენდვიჩისა და ნახევარსენდვიჩის ტიპის ნაერთებში ქრომის ატომთან დაკავშირებულია სამი ბმით. აქედან გამომდინარე, ბენზოლის II ფორმულაში არსებული სამი არალოკალიზებული ელექტრონის შემცველი ნახშირბადები უნდა ამყარებდნენ სამ ბმას ქრომთან. თუ ეს ასეა, მაშინ ბენზოლის II ფორმულას უპირატესობა ექნება ბენზოლის I ფორმულასთან შედარებით, რადგან I ფორმულის შესაბამისი ბენზოლის ერთი მოლეკულა ექვსი ბმით, ხოლო 2 მოლეკულა 12 ბმით უნდა იყოს დაკავშირებული ქრომის ატომთან, რაც შეუძლებელია.

ბენზოლის ქიმიური თვისებების ახსნაში I და II ფორმულების შედარებიდან ჩანს, რომ II ფორმულა უფრო თვალსაჩინოდ გამოსახავს ბენზოლის თვისებებს 4 პუნქტში: 1) ბენზოლის მონოწარმოებულებში ჩანაცვლების ორიენტაციის წესს II ფორმულა თვალსაჩინოდ გამოსახავს, ხოლო I ფორმულა ვერ გამოსახავს; 2) ბენზოლის ჰიდრირების პირველი საფეხურის ახსნა II ფორმულით უფრო დამაჯერებელია, ვიდრე I ფორმულით; 3) ბენზოლის მონოწარმოებულების ჰიდრირების პირველ საფეხურზე ელექტრონის მიერთების მიმართულების ანუ მიღებული დიჰიდროპროდუქტის სტრუქტურის ახსნა II ფორმულით ნათელია, ხოლო I ფორმულით არ არის ნათელი; 4) ბენზოლისა და ქრომის შემცველი, სენდვიჩისა და ნახევრადსენდვიჩის ტიპის ნაერთების სტრუქტურის ახსნა II ფორმულით უფრო დამაჯერებელია, ვიდრე I ფორმულით.

#### ლიტერატურა:

1. ხიდემელი გ. (2002). ბენზოლის ახალი „რეზონანსული“ სტრუქტურული ფორმულა. სერტიფიკატი N115, გაცემული „საქპატენტი“-ს მიერ, 2002.02.21.

2. Моррисон Р., Бойд Р. (1972). Органическая химия. - М., „Мир“

3. ნოღაიდელი ა., ზონისი ს. (1973). ორგანული ქიმიის კურსი. თბ., „განათლება“

4. ჭირაქაძე გ., საგინაშვილი მ. (1979). ორგანული ქიმია. თბ., „განათლება“

5. Райд К. (1972). Курс физической органической химии. - М., „Мир“

6. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. (1981). Общая и неорганическая химия. М. „Химия“.

**NEW FORMULA OF BENZOLE MOLECULE ELECTRONIC STRUCTURE,  
CLEARLY SHOWING ITS FEATURES**

Khidesheli Givi

Ph.D. of Chemical sciences

**Summary**

The resume indicates , that on the the first formula of benzene is built modern benzole chemistry, second formula presented by us and it is an alternative to the first formula. On the back of the corresponding molecules of the first and the second formulas, were compared chemical properties expression of benzole, on the assumption of its electronic structure. It has been established, that the second formula better expresses the benzole properties in four points: 1. As distinct from the first formula, the second formula clearly expresses rule of orientation substitution of benzole monoderivatives; 2. Interpretation of the first stage of hydrogenation of benzole in the second formula more persuasive than in the first; 3. Interpretation of the structure of the electron attachment direction on the first stage of hydrogenation of benzole monoderivatives, in other words received dihydro product , unlike with the first formula is clearly presented in the second formula; Interpretation of the sandwich and half-sandwich structures, consisting from compounds of benzole and chromium convincing presented in the second formula.

**НОВАЯ ФОРМУЛА ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ БЕНЗОЛА,  
НАГЛЯДНО ВЫРАЖАЮЩАЯ ЕГО СВОЙСТВА**

Хидешели Г.

Кандидат химических наук

**Резюме**

В резюме отмечается, что на первой формуле бензола построена сегодняшняя химия бензола, вторая формула бензола предоставлена нами и является альтернативой первой формулы. На основе соответствующих молекул первой и второй формул было проведено сравнение выражения химических свойств бензола, исходя из их электронного строения. Установлено, что вторая формула лучше выражает химические свойств бензола в четырех пунктах: 1. В отличии от первой формулы во второй формуле наглядно выражается правило ориентации замещения монопроизводных бензола; 2. Толкование первой ступени гидрирования бензола во второй формуле убедительнее выражено, чем первой; 3. Толкование структуры направления присоединения электрона на первой ступени гидрирования монопроизводных бензола, то есть полученного дигидро продукта, в отличии от первой формулы отчетливо преподнесено во второй формуле. 4. Толкование сэндвич и полу- сэндвич структур, состоящих из соединений бензола и хрома убедительнее преподнесено во второй формуле.

# აცეტილენის, ეთილენის, ეთანის და ბენზოლის მოლეკულებში ნახშირბად ატომებს შორის განზიდვის ენერგიების გამოთვლა და მათი გამოყენება აცეტილენის, ეთილენის და ბენზოლის ჰიდრირების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის დადგენაში

გივი ხიდემელი

ქიმიურ მეცნიერებათა კანდიდატი

რეზიუმე

განხილულია სხვაობა სითბური ეფექტების სიდიდეებს შორის, რომელიც მიღებულია აცეტილენის ჰიდრირებით ეთანში და აცეტილენის და წყალდაბის წვის რეაქციების დროს გამოყოფილ სითბოთა რაოდენობებიდან გამოთვლით. ამ მიზნით გამოყენებულია ჰიდრირების რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებების ბმების ენერგიების ჯამი და შემოტანილია ახალი წევრი - ნახშირბადის ატომებს შორის განზიდვის ენერგია. გამოთვლილია განზიდვის ენერგიები ნახშირბადის ატომებს შორის აცეტილენში, ეთილენში, ეთანში და ბენზოლში. დადგენილია, რომ აცეტილენის ეთანში და ბენზოლის ციკლოჰექსანში ჰიდრირების დროს გამოყოფილი სითბო, შესაბამისად 74,1 და 49,8 კკალ, რომელიც მიიღება ბმების ენერგიების და ნახშირბადის ატომებს შორის განზიდვის ენერგიების შეჯამებით, თანხმობაშია ლიტერატურაში ცნობილ შედეგებთან (~ 75 და 49,8 კკალ).

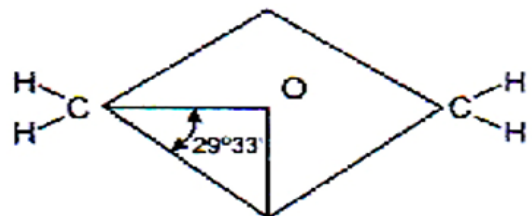
**საკვანძო სიტყვები:** სითბური ეფექტი. ჰიდრირება. აცეტილენი. ეთანი. ეთილენი. ბენზოლი. წყალბადი. წვის რეაქცია. განზიდვის ენერგია.

## 1. შესავალი

ჯერადი ბმების ჰიდრირების პროცესი მიმდინარეობს კატალიზატორის თანაობისას და ეგზოთერმულია. აცეტილენის რიგის ნაერთების ჰიდრირების დროს გამოიყოფა ~ 75 კკალ სითბო ორივე საფეხურზე [1], ხოლო ეთილენის რიგის ნაერთებისას ~ 30 კკალ [1,2]. ჩანს, რომ პირველ საფეხურზე გამოიყოფა მეტი სითბო, ვიდრე მეორეზე. ნაშრომის მიზანია, ვალენტური კავშირების თეორიის გამოყენებით გაარკვიოს: რატომ გამოიყოფა სამმაგი ბმის ჰიდრირების პირველ საფეხურზე მეტი სითბო, მეორე საფეხურთან შედარებით.



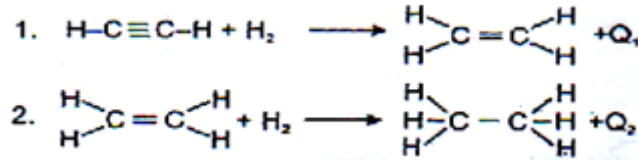
I



II

აცეტილენის ჰიდრირების რეაქციის ორ საფეხურად მიმდინარეობა ნიშნავს, რომ პირველ საფეხურზე უფრო ადვილად ხდება წყალბადის მიერთება, ვიდრე მეორე საფეხურზე. ეთინი დიდი გამოსავლით გადადის ეთენში, როცა სარეაქციო ნარევეში

აცეტილენის და წყალბადის მოცულობითი ფარდობა ტოლია 1:1 [1]. ეს მიუთითებს, რომ აცეტილენის სამმაგი ზმის თითოეული ზმა სუსტია ეთილენის ორმაგი ზმის თითოეულ ზმაზე; ამიტომ პირველ საფეხურზე გამოყოფილი სითბო მეტია, ვიდრე მეორე საფეხურზე გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა.



ამ რეაქციებით შეიძლება ზოგადად ვიანგარიშოთ ჰიდრირების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა:

$$Q_1 = E_{\text{ეთილენი}} - E_{\text{აცეტილენი}} - E_{\text{H}_2}$$

$$Q_2 = E_{\text{ეთანი}} - E_{\text{ეთილენი}} - E_{\text{H}_2}$$

სადაც  $E_{\text{აცეტილენი}}$ ,  $E_{\text{ეთილენი}}$ ,  $E_{\text{ეთანი}}$  და  $E_{\text{H}_2}$  არის აღნიშნულ ნივთიერებათა მოლეკულებში ზმის ენერგიების ჯამი. მათი მნიშვნელობები შესაბამისად უდრის 392,7; 532,5; 667,3 და 104 კკალ-ს.

$$Q_1 = 532,5 - 392,7 - 104 = 35,8$$

$$Q_2 = 667,3 - 532,5 - 104 = 30,8$$

$$Q_1 + Q_2 = 35,8 + 30,8 = 66,6 \text{ კკალ}$$

მართალია, ჰიდრირების პირველ საფეხურზე გამოიყოფა მეტი სითბო, ვიდრე მეორეზე, მაგრამ მათი ჯამი (66,6 კკალ) არ შეესაბამება ლიტერატურაში ცნობილ (~75 კკალ) შედეგს, რომელიც გამოთვლილია აცეტილენის, ეთილენის, ეთანის და წყალბადის წვის რეაქციების [3] დროს გამოყოფილ სითბოთა რაოდენობის გამოყენებით; ამიტომ, საჭიროა გაირკვეს, ენერგიების როგორი ცვლილებების შედეგად გამოიყოფა სითბო აცეტილენის ჰიდრირებისას.

განვიხილოთ აცეტილენის ჰიდრირების პირველ საფეხურზე სითბოს გამოყოფა: სამმაგი ზმაში თითოეული ზმის ენერგია არის  $196,7:3=65,57$  კკალ, რაც 4,68 კკალ-ით ნაკლებია ეთილენის ორმაგი ზმის თითოეული ზმის ენერგიაზე (70,25 კკალ). ეს გამოწვეულია იმით, რომ აცეტილენის მოლეკულაში ნახშირბადის ატომთა ბირთვებს შორის განზიდვა და სავალენტო კუთხე ( $30^{\circ}40'$ ) მეტია, ვიდრე ეთილენში ( $29^{\circ}33'$ ).

ჰიდრირების პროცესის მიმდინარეობისას, აცეტილენის სამმაგი ზმიდან წყდება ერთერთი ზმა, რაზეც იხარჯება 65,57 კკალ ენერგია, ხოლო 2 ზმა გარდაიქმნება ეთილენის ორმაგ ზმად. ამ დროს სავალენტო კუთხე მცირდება  $38^{\circ}40'$ -დან  $29^{\circ}33'$ -მდე და ხდება ეთილენის ორმაგი ზმის განმტკიცება  $2 \times 4,68=9,36$  კკალ ენერგიის გამოყოფით; იშლება წყალბადის მოლეკულა, რაზეც იხარჯება 104 კკალ ენერგია [4] და წარმოიქმნება ორი C-H ზმა  $2 \times 98$  კკალ [3] სითბოს გამოყოფით.

გარდა ამისა, ადგილი აქვს ნახშირბადის ატომებს შორის ბირთვების განზიდვის ენერგიის გამოყოფას, აცეტილენის წონასწორული მდგომარეობიდან ეთილენის წონასწორულ მდგომარეობაში გადასვლის დროს. ეს ენერგია შეიძლება მიახლოებით

გამოვითვალთ ასე: აცეტილენის სამმაგი ბმის ენერჯის (196,7 კვალ) გაყოფით ბმის ჯერადობისა (3) და სიგრძის (120 ნმ) ნამრავლზე, ვლელბულობთ ცალკეულ ბმაში საშუალო ენერჯიას ერთეულ მანძილზე  $196,7/3 \times 120 = 0,5464$  კვალ/ნმ.

ასეთივე გამოთვლით ეთილენის შემთხვევაში ვლელბულობთ 0,5242 კვალ და ეთანის შემთხვევაში 0,5149 კვალ. გამოდის, რომ საშუალო მიზიდვა ნახშირბადის ატომების ბირთვებს შორის ერთეულ მანძილზე აცეტილენში მეტია, ვიდრე ეთილენში და ეთილენში მეტი, ვიდრე ეთანში.

რადგან წონასწორობის დროს, ატომებს შორის მიზიდვა და განზიდვა ერთმანეთის ტოლია, ამიტომ აცეტილენში და ეთილენში ნახშირბადის ატომების ცალკეულ ბმებს შორის განზიდვის ენერჯიების სხვაობა ერთეულ მანძილზე იქნება  $0,5464 - 0,5242 = 0,0222$  კვალ/ნმ, ხოლო სამმაგი ბმის თითოეულ ბმაში  $0,0222 \times 120 = 2,644$  კვალ. ე.ი. აცეტილენის წონასწორობულ მდგომარეობაში ნახშირბადის ატომებს შორის განზიდვა უდრის  $2,644 \times 3 = 7,992$  კვალ. იგივე განზიდვის ენერჯია ნახშირბადის ატომებს შორის ეთილენში არის 2,492 კვალ. ამგვარად, როცა აცეტილენი მიერთებს ერთ მოლ წყალბადს და მიიღება ეთილენი, თავისუფლდება  $7,992 - 2,492 = 5,5$  კვალ განზიდვის ენერჯია. თუ აცეტილენის ჰიდრირების პირველ საფეხურზე ენერჯიის ცვლილებათა შედეგებს შევაჯამებთ, მივიღებთ:

$$Q_1 = - 65,57 - 104 + 2 \times 98 + 5,5 + 9,36 = 41,3 \text{ კვალ.}$$

აცეტილენის ჰიდრირების მეორე საფეხურზე, ანუ ეთილენის ეთანში ჰიდრირებისას, მიმდინარეობს შემდეგი ენერჯეტიკული ცვლილებები:

ეთილენის ორმაგი ბმიდან ერთერთის დაშლაზე იხარჯება 70,25 კვალ; მეორე ბმა გადადის ეთანის ერთმაგ ბმაში (79,3 კვალ), სავალენტო კუთხის  $29^{\circ}33'$ -დან  $0^{\circ}$ -მდე შემცირებით, რის გამოც ბმა მტკიცდება 9,05 კვალ ენერჯიის გამოყოფით. იზლება წყალბადის მოლეკულა (-104 კვალ); წარმოიქმნება ორი C-H ბმა (+2x98 კვალ); აგრეთვე ხდება ეთილენის წონასწორობული მდგომარეობის გადასვლა ეთანის წონასწორობულ მდგომარეობაში და მანძილი ნახშირბადის ატომთა შორის იზრდება 20 ნმ-ით. ამ დროს განზიდვის ენერჯიის ცვლილება ნახშირბადის ატომებს შორის, უხეშად, მაგრამ უფრო სწორი შედეგის მისაღებად, შეიძლება დავითვალთ ასე:

აცეტილენის წონასწორობული მდგომარეობიდან ეთილენის წონასწორობულ მდგომარეობაში გადასვლის შედეგად, 14 ნმ მანძილზე, განზიდვის ენერჯია მცირდება  $7,992:2,492=3,21$ -ჯერ. იგივე განზიდვა 20 ნმ-ზე შემცირდება  $20 \times 3,21/14=4,586$ -ჯერ. თუ 2,492-ს გავყოფთ 4,586 მივიღებთ განზიდვის ენერჯიას ეთანში ნახშირბადის ატომებს შორის, რომელიც უდრის 0,543 კვალ. ე.ი. ეთილენის მდგომარეობიდან ეთანის მდგომარეობაში გადასვლისას გამოიყოფა  $2,492 - 0,543 = 1,95$  კვალ განზიდვის ენერჯია, ხოლო მთლიანად გამოყოფილი სითბო უდრის:

$$Q_1 = - 70,25 - 104 + 2,98 + 9,05 + 1,95 = 32,75 \text{ კვალ.}$$

ე.ი. აცეტილენის ჰიდრირების ორივე საფეხურზე გამოიყოფა  $Q=Q_1+Q_2=41,3+ 32,8=74,1$  კვალ სითბო, რაც ახლოა ლიტერატურაში ცნობილ შედეგთან (~ 75 კვალ).

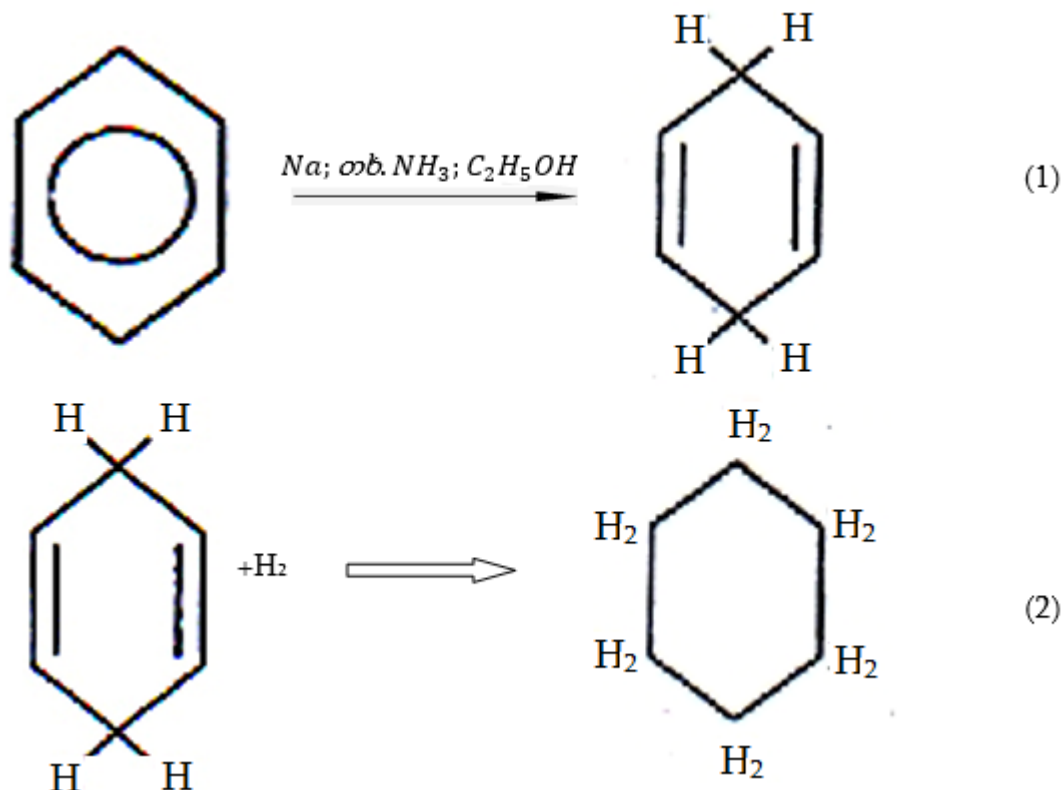
ბენზოლის ჰიდრირების პროცესი ციკლოჰექსანში შეიძლება გავყოთ ორ ნაწილად:

1. [1]-ის მიხედვით ბენზოლის ნაწილობრივი აღდგენა ჰიდრირების პირველ საფეხურზე ხდება (1) რეაქციით: თხევად ამიაკში ნატრიუმის მოქმედებით, მცირე



რაოდენობით ეთანოლის თანაობისას. ამ დროს ბენზოლის ბირთვი იერთებს 2 ელექტრონს ნატრიუმის ატომებიდან და გარდაიქმნება დიანიონ-რადიკალად, რომელიც ეთანოლის მოლეკულებს ართმევს პროტონებს; იშლება არალოკალიზებული ელექტრონული სისტემა და წარმოიქმნება 1,4 -დიჰიდროციკლოჰექსადიენ -2,5:

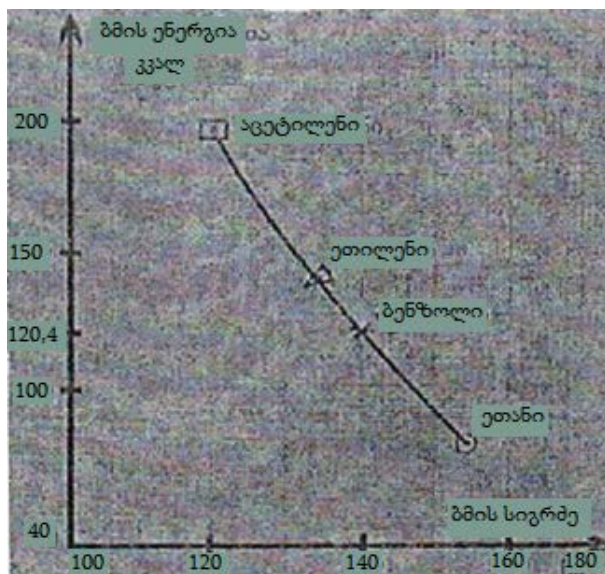
2. მიღებულ პროდუქტში არსებული ორი ორმაგი ბმის ჰიდრირება და ციკლოჰექსანის წარმოქმნა (2) რეაქციით.



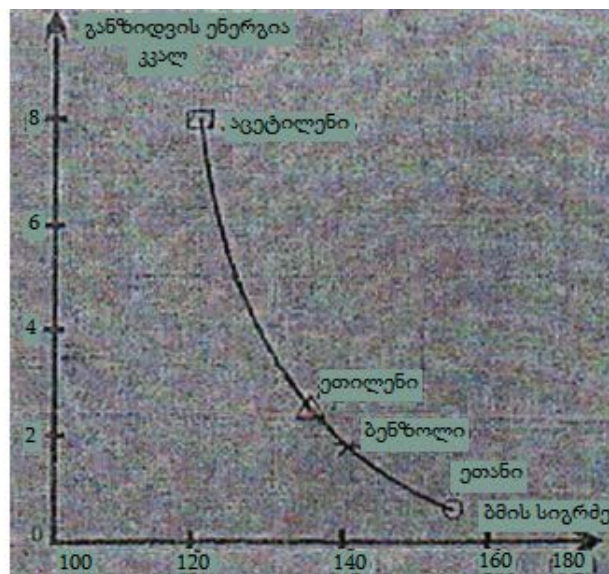
ბენზოლის ჰიდრირების დროს (1) რეაქციის მიხედვით, მისი წონასწორული მდგომარეობა გადადის 1,4 - დიჰიდროციკლოჰექსადიენ - 2,5 - ის წონასწორულ მდგომარეობაში, რასაც ახლავს ნახშირბადატომებს შორის ბმების და განზიდვის ენერგიების შემდეგი ცვლილებები: იცვლება ბენზოლის მოლეკულაში  $C \equiv C$  ბმათა ენერგიები და იშლება არალოკალიზებული ელექტრონული სისტემა, რომლის ნაცვლად მიიღება ოთხი  $C-C$ , და ორი  $C=C$  ბმები. [4] - ის მიხედვით  $C-C$  და  $C=C$  ბმების ენერგიები შესაბამისად ტოლია 79,3, და 140,5 კკალ-ის, ხოლო  $C \equiv C$  ბმის ენერგია, რომელიც აერთიანებს ბენზოლის  $C-C$  ბმის და არალოკალიზებული ელექტრონული სისტემის ენერგიის 1/6-ს, ტოლია 116,4 კკალ-ის [4]. იგივე  $C \equiv C$  ბმის ენერგია ნახშირბადის ატომებს შორის ბმის ენერგიისა და მანძილს ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკზე (ნახ.1.) ტოლია 120,4 კკალ-ის. ბენზოლის ჰიდრირების შედეგად გამოყოფილი ენერგიის გამოსათვლელად გამოვიყენეთ საშუალო არითმეტიკული სიდიდე 118,4 კკალ; ბენზოლის ჰიდრირების სითბოს გამოთვლის დროს აუცილებელია განზიდვის ენერგიის გათვალისწინება, რადგან ადგილი აქვს ნახშირბადის ატომებს შორის მანძილის ცვლილებას. ჩვენი გამოთვლით ეთანში, ეთილენში და აცეტილენში განზიდვის ენერგიები ნახშირბადის ატომებს შორის შესაბამისად ტოლია 0,5;

2,5 და 8,0 კკალ-ის. ბენზოლის C ≡ C ბმის განზიდვის ენერგია ნახ.2-ზე გამოსახული განზიდვის ენერგიის და ბმის სიგრძეს შორის დამოკიდებულების გრაფიკზე არის 1,9 კკალ; ამავე დროს იშლება წყალბადის მოლეკულა 104 კკალ [4] და წარმოიქმნება ორი C-H ბმა 2x98 კკალ [3] ენერგიის გამოყოფით. ე.ი. ბენზოლის ჰიდრირების პირველ ნაწილში (1) რეაქციის მიხედვით ენერგიის ცვლილება ტოლია:

$$Q_1 = - 6 \times 118,4 - 104 - 4 \times 0,05 - 2 \times 2,5 + 4 \times 79,3 + 6 \times 1,9 + 2 \times 140,5 + 2 \times 98 = - 15,8 \text{ კკალ.}$$



ნახ.1. დამოკიდებულება C-C ბმის სიგრძესა და ბმის ენერგიას შორის ეთანში, ეთილენში, ბენზოლში და აცეტილენში.



ნახ. 2. დამოკიდებულება C-C ბმის სიგრძესა და განზიდვის ენერგიას შორის ეთანში, ეთილენში, ბენზოლში და აცეტილენში

როგორც ჩანს, ბენზოლის ჰიდრირების პირველი ნაწილის განსახორციელებლად საჭიროა ენერგიის დახარჯვა.

ბენზოლის ჰიდრირების მეორე ნაწილში (2) რეაქციის თანახმად გამოყოფილი სითბო იქნება:

$$Q_2 = - 2 \times 140,5 - 2 \times 104,5 - 2 \times 0,5 + 2 \times 79,3 + 4 \times 98 + 2 \times 2,5 = +65,6 \text{ კკალ.}$$

ბენზოლის ჰიდრირების ორივე ნაწილში მიმდინარე პროცესების შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა  $Q = Q_1 + Q_2 = - 15,8 + 65,6 = + 49,8$  კკალ.

გამოთვლილი სითბოს რაოდენობა ემთხვევა ლიტერატურაში ცნობილ [1,2] ექსპერიმენტულად მიღებულ შედეგს (49,8 კკალ).

**ლიტერატურა:**

1. Райд К. (1972). Курс физической органической химии. - М., „Мир“
2. Моррисон Р., Бойд Р. (1972). Органическая химия. - М., „Мир“
3. Перельман В.П. (1964). Краткий справочник химика. - М., „Химия“
4. კარაპეტიაძე მ., დრაკინი ს. (1977). ნივთიერებათა აღნაგობა. თსუ. თბილისი.

**REPULSION ENERGY CALCULATION IN THE ATOMS OF ACETYLENE, ETHYLENE,  
BENZENE, CARBON, AND THEIR USE IN DETERMINING OF THE VOLUME OF  
EVOLVED HEAT IN THE PROCESS OF THEIR HYDROGENATION**

Khidesheli Givi

Ph.D. of Chemical sciences

**Summary**

Are shown the difference between the values of the thermal effects, produced by the hydrogenation of acetylene in ethane and evolved heat during burning reactions of acetylene and hydrogen. For this purpose, is meant to be used the sum of the materials bond energy, participating in the hydrogenation reaction and was included new member- the repulsion energy between carbons. Calculated repulsion energies between carbon, acetylene, ethylene, ethane and benzene atoms. Was specified, that evolved heat in the hydrogenation process of acetylene in ethane and benzole in cyclohexane, so 74.1 and 49.8 kcal, which will be obtained by summing of combination energies and repulsion energy in the carbons, that corresponds to the results known in the literature (~ 75 and 49.8).

**РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ОТТАЛКИВАНИЯ МЕЖДУ АТОМАМИ УГЛЕРОДА В  
АЦЕТИЛЕНЕ, ЭТИЛЕНЕ, ЭТАНЕ И БЕНЗОЛЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В  
ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМА ВЫДЕЛЕННОГО ТЕПЛА В ПРОЦЕССЕ  
ИХ ГИДРИРОВАНИЯ**

Хидешели Гиви

Кандидат химических наук

**Резюме**

Рассмотрена разница между величинами тепловых эффектов, полученная путем гидрирования ацетилена в этане и расчетом количества выделенного тепла во время реакций жжения ацетилена и водорода. С этой целью применяется сумма энергий связей веществ, участвующих в реакции гидрирования и включен новый член - энергия отталкивания между атомами углерода. Рассчитаны энергии отталкивания между атомами углерода, ацетилена, этилена, этана и бензола. Установлено, что выделенное тепло в процессе гидрирования ацетилена в этане и бензола в циклогексане, то есть 74,1 и 49,8 ккал, которое будет получено в результате суммирования энергий связей и энергий отталкивания в атомах углерода, что соответствует известным в литературе результатам (~ 75 и 49,8).





## პროფესორ თემურ კაპანაძის ხსოვნა (05.1948 – 09.2016)

ბატონი თემურ კაპანაძე დაიბადა 1948 წლის 10 მაისს გორის რაიონში (სოფ. სკრა), მოსამსახურის ოჯახში. 1966 წელს ოქროს მედალზე დაამთავრა ქუთაისის N12 საშუალო სკოლა და სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფაკულტეტზე, „ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების“ სპეციალობით, რომელიც წარჩინებით დაამთავრა 1971 წ. ინჟინერ-ელექტრიკოსის კვალიფიკაციით.

თ. კაპანაძე 1972 დაინიშნა „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ ახლადშექმნილი კათედრის პირველი გამომთვლითი ცენტრის უფროსად. შემდეგ იყო, ამავე კათედრის ასისტენტი, მეცნიერ თანამშრომელი და დოცენტი.

2000-2003 წლებში მუშაობდა ქ. ქუთაისის სპეცსაკონსტრუქტორო ბიუროს „პროექტხელსაწყო“ დირექტორად, იყო ქუთაისის საინჟინრო ინსტიტუტის „მართვის კომპიუტერული სისტემების“

კათედრის გამგე. 2009 წლიდან საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორია. ამავდროულად კითხულობდა ლექციებს სტუ-ში „ხელოვნური ინტელექტის“, „ინტერდისციპლინარული ინფორმატიკის“ კათედრებზე. ბოლოს, 2016 წლიდან იგი დაუბრუნდა „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრას. ბატონ თემურ კაპანაძეს ჰქონდა გამოქვეყნებული მრავალი ორიგინალური სამეცნიერო ნაშრომი და წიგნი, დიდი გულისხმიერებით მუშაობდა სტუდენტებთან აკადემიური და სამეცნიერო ხაზით. იგი უდავოდ იყო მაღალკვალიფიციური მეცნიერი საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის სფეროში, ჰქონდა განსაკუთრებულად კარგი კავშირები უკრაინის სამეცნიერო ინსტიტუტებთან.

სამწუხაროდ, ბატონი თემურ კაპანაძის მოულოდნელი გარდაცვალება გულდასაწყვეტი იყო მისი ოჯახის წევრების, ახლობლების, მეგობრებისა და კოლეგებისათვის, რამდენი საინტერესო იდეა და კეთილი საქმე დარჩა განსახორციელებელი ...

ხომ არ შეიძლება კაცი, რომელიც ჩვენს გვერდით დადის და საქმიანობს, ჩვენთან მეგობრობს და ჩვენსავით უყვარს..., უყვარს სამშობლო, ქვეყანა, მისი იმერეთი და ქუთაისი, ზესტაფონი და სვირი... შვილი და შვილიშვილები, მოკეთე და ახლობელი, ღვინო და ქართული სპორტი, ყველაფერი, რაც ქართულია და ლამაზი... უყვარს ძლიერად, შეიძლება არ ამბობს, ხმამაღლა არ იფიცება, მაგრამ ეს ყველაფერში ჩანს. ჩანს მის ქცევაში, საქმისადმი დამოკიდებულებაში, თუნდაც მის მეცნიერულ ახირებაში - მიიღოს გამორჩეული ხარისხის ქართული ეთერზეთი, დაამუშაოს სტაბილური ხარისხის ქართული ღვინის მიღების მოდელი... ხომ არ შეიძლება ეს კაცი ბოლოს საფლავის მიწად იქცეს. თუნდაც ქართულ, მაგრამ მაინც საფლავის მიწად... მაშინ რა რჩება მისგან?

მისგან ის სიყვარული უნდა რჩებოდეს, რომელიც მისი კაცობის ტოლქმედია, ის სიყვარული, რომელსაც იგი ასე უშურველად უნაწილებდა თანამშრომელსა თუ სტუდენტს, დიდსა თუ პატარას... თუ ასეა მაშინ თემურ კაპანაძის სახით ჩვენ დიდი კაცი დაგვიკარგავს, რადგან მისი წასვლით ისეთი დიდი ვაკუუმი გაჩნდა, ისე დაეტყო აქაურობას უკმარობის განცდა, თითქოს რაღაც დავაკელით, რაღაც ვერ ვუთხარით, ვერ ვაგრძნობინეთ რამდენად მნიშვნელოვანი იყო იგი ჩვენთვის.

ანდა როგორ უნდა დაგვავიწყდეს ჩვენი სტუდენტობისდროინდელი კალათბურთი და... ფეხბურთის გუნდი, წაგებული ფინალი და მოგებული ფაკულტეტის პირველობა, მისგან დაკრული ვიოლინო და მისი განუმეორებელი იუმორი:

„ჩვენ ორნი ვართ ქვეყანაზე,  
შოპენი და კაპანაძე...“

ჩვენ რომ დავივიწყოთ, მისი შვილიშვილები არ დაივიწყებენ... აქედან ამერიკაში ამოხსნილ ამოცანებსა და იუვეზე (მოხუცი ქალბატონი) სიყვარულით სავსე იუმორს. მის ფასს მაშინ ვხვდებით, როცა ის აქ არ არის... ასეთი წესით ცხოვრება აირჩია თვითონ. თემო, თოფა, ჭოპიკა - მარტო თიკუნების სიმრავლე უშურველად ამხელს რამდენად უყვარდათ, ემშობლიურებოდათ იგი.

ამას წინათ მუხრანის ლექსი გავიხსენეთ, ოდნავ სახეშეცვლილი და ჭოპიკაზე მორგებული:

„ძველ-იმერული ოდა,  
ოთახს ანათებს ლამაზა,  
ჭოპიკა გახსოვს?  
- იმე ?!  
- რა კაცი იყო?!  
- აპა!..“

ეს დიალოგი ნამდვილად შედგება, შედგება მის სვირში, იმ კორტოხზე წამოდგმულ ოდაში, რომლიდანაც გადმოდგომა და პლანტატორის ქუდით არე-მარეს დაზვერვა უყვარდა თემოს.

„ჩვენთვის შენ როგორ არა ხარ,  
ჩვენ აღარა ვართ შენთვის...“

წავიდა ჩვენგან თავის საქმეზე უსაზღვროდ შეყვარებული ადამიანი, სამაგალითო ქართული ოჯახის თავკაცი, ჭეშმარიტად ღირსეული მამულიშვილი და ეროვნული ტექნიკური ინტელიგენციის შესანიშნავი წარმომადგენელი, რომლის სახელს დიდხანს არ დაივიწყებენ მისი მაღლიერი შთამომავლობა, მეგობრები და კოლეგები.

*(ულრმესი მაღლობა ბატონ ალიკო ცინცაძეს - სევდიანი ჩანახატისათვის)*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,  
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი,  
ჟურნალის რედაქლეტია



ძვირფასო ავტორებო, კოლეგებო და  
სტუდენტებო !

სტუ-ს „მართვის ავტომატიზებული სისტემების  
(პროგრამული ინჟინერიის)“ დეპარტამენტი



გილოცავთ შობა-ახალ წელს !!!

ბედნიერება, სიხარული და მრავალი გამარჯვება მოეტანოს  
ახალ 2017 წელს თქვენთვის, წარმატებების და სიყვარულის  
წელი ყოფილიყოს !

გისურვებთ შემოქმედებით აქტივობას და მრავალი ახალი  
წიგნისა და სამეცნიერო ნაშრომის შექმნას ჩვენი ქვეყნის,  
ტექნიკური უნივერსიტეტისა და სტუდენტების გასახარებლად !

ჟურნალის რედაქცია

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: გ. სურგულაძე, ე. თურქია, გ. ნარეშელაშვილი,  
ხ. ქრისტესიაშვილი, გ. მისურაძე, გ. დალაქიშვილი

გადაეცა წარმოებას 10.12.2016 წ. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი  
თაბახი 12. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 11. ტირაჟი 100 ეგზ. იბეჭდება  
ავტორთა ხარჯით.

სტუ-ს „IT-კონსალტინგის ცენტრი“, თბილისი,  
კოსტავას 77

---