

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ყოველკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

ISSN 1512-0996
DOI:<https://doi.org/10.36073/1512-0996>

Certificate
ICI Journals master Lists

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L

ურობები
WORKS
ТРУДЫ

N3 (517)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2020

დასრულებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

საქართველოს ჟეიქნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარცაღური მუდგიდისციპლინური რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში - Index Copernicus International.

ყვედა უფდება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სცაფიის (ჯექსცი, ფოფო, იღუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფონმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემდის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

ავტორი (ავტორები) პასუხისმგებელია სცაფიის შინაარსზე და საავტორო უფლებებისა და სამეცნიერო ეთიკის საყოველთაოდ მიღებული სხვა ნორმების დაცვაზე.

სცაფიის ავტორის (ავტორების) პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახდის პოზიციას.

საგამომცემლო სახდი „ჯექნიკური უნივერსიტეტი“ გულწრფელი მადლიერებით მიიღებს ყვედა კონსტრუქციულ შენიშვნას, წინადადებას და გამოიყენებს საქმიანობის შემდგომი სრულყოფისათვის.

მოგვწერეთ:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

მოამბერი რედაქტორი
დ. გურგენიძე

მოამბერი რედაქტორის მოაღბილამბი:

- დ. კდიმიაშვიდი
- ბ. გასიფაშვიდი
- კ. კოპადიანი

სწაგლული მღიგბნი

- ო. გორგიძე

სარედაქტორო კოლმეზი:

- ა. აბშიღვა, პ. აბბნეხცი (გერმანია), ნ. ბალათურიას,
- გ. ბიბიდიშვიდი, პ. ბიედივი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, ი. გაბისონია, გ. გავანდაშვიდი,
- ჯ. გახოვიძე, თ. გედაშვიდი, ბ. გვიშიანი, ბ. გუსევი (რუსეთი), დ. დბინისი (პოლონეთი), პ. ბუნკედი (ავსტრია),
- გ. თავაძე, დ. თავხედიძე, დ. ივანოვი (რუსეთი), ნ. იმნაძე,
- ა. კაბელოვი (უბბეკეთი), ბ. კაკულია, ვ. კვარაცხელია,
- გ. კვესცაძე, გ. კობახიძე, მ. კოსიორ-კაბბერევი (პოლონეთი), ი. კუტუბიძე, მ. კუხაღიშვიდი, ბ. ღომსაძე,
- პ. მამელოვი (აბერბაიჯანი), ვ. მაფვეევი (რუსეთი),
- ნ. მახვიდაძე, ე. მეძმარიაშვიდი, ს. მინასიანი (სომხეთი),
- ს. მიპარა (იაპონია), თ. ნაწრიაშვიდი, ა. ნონეშვიდი,
- ბ. ჟუმაგლოვი (ყაბახეთი), გ. საღუქვაძე, ა. სიკორსკი (პოლონეთი), ი. სკოჩკო (პოლონეთი), რ. სტურუა,
- ა. სუბუკი (იაპონია), გ. ცყემადაძე, ფ. უნგერი (ავსტრია),
- ა. ფაშაევი (აბერბაიჯანი), ა. ფრანგიშვიდი,
- გ. ქვარცხავა, რ. ქუთათელიაძე, ნ. ყავდაშვიდი, ნ. შავიშვიდი,
- ს. შმიდცი (გერმანია), პ. შტროერი (გერმანია),
- გ. ჩოგოვაძე, თ. ცინცაძე, თ. ძაგანია, ნ. წერეთელი,
- ბ. წვერიაძე, ნ. წიგნაძე, ა. ხვედიძე, რ. ხუროძე,
- ი. ჯაგოდნიშვიდი.

სამმცნიერო კონსულტანტმბი:

- ა. აბრადვა, გ. აბრამიშვიდი, ჯ. ბერიძე, ჯ. გაბელია,
- დ. გორგიძე, რ. გრიგოლია, შ. დევანოსიძე, რ. დიაკონიძე,
- შ. დოლონაძე, ჯ. იოსებიძე, თ. კაიშაური, ც. კვიციანი,
- ი. კვესელავა, ბ. კოვბირიძე, ნ. დოდაძე, თ. ღომინაძე,
- ნ. დომინაძე, თ. მაგრაქვედიძე, ი. მეგრელიშვიდი, გ. მედაძე,
- პ. მედაძე, მ. მეძმარიაშვიდი, დ. მძინარიაშვიდი, ბ. მხვიძე,
- თ. ნამიჩეიშვიდი, დ. ნაწროშვიდი, შ. ნაქყეობა,
- ა. სონლუდაშვიდი, თ. ფარესიშვიდი, დ. ყუფარაძე,
- ბ. შანშიაშვიდი, ა. ჩიქოვანი, თ. ჩუბინიშვიდი,
- ე. ცქიციშვიდი, ბ. ნამადაძე, კ. წერეთელი, შ. წეროძე,
- ნ. ქითანავა, მ. ხოსიფაშვიდი, თ. ჯაგოდნიშვიდი.

© საგამომცემლო სახდი „ჯექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020



Founded in 1924.

Published in quarterly editions.

Collection of Academic Works of Georgian Technical University is a multidisciplinary quarterly refereed periodical included in Index Copernicus International.

All rights reserved. No material appearing in this publication (texts, images, illustrations and other visual) can in any form or by any means (electronic or manual) be used by other parties without prior written consent of the publisher.

Infringement of copyright is punishable by law.

Author (authors) is (are) responsible for content of the article as well as protection of copyright and compliance with generally accepted norms of academic ethics.

Judgements of the author (authors) and the publishing house may vary.

Publishing House „Technical University“ is open to constructive feedback and ideas for the purpose of continuous improvement.

Contact us:

sagamomcemlosakhli@yahoo.com

EDITOR-IN-CHIEF

D. Gurgenidze

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF:

L. Klimiashvili

Z. Gasitashvili

K. Kopaliani

SCIENTIFIC SECRETARY

Iv. Gorgidze

EDITORIAL BOARD:

A. Abshilava, H. Albrecht (Germany), N. Baghaturia,

G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia),

M. Burjanadze, In. Burkov (Russia), G. Chogovadze, L. Dzienis

(Poland), T. Dzagania, I. Gabisonia, J. Gakhokidze,

G. Gavardashvili, O. Gelashvili, B. Gusev (Russia), Z. Gvishiani,

Iv. Jagodnishvili, N. Imnadze, L. Ivanov (Russia), A. Kabulov

(Uzbekistan), Z. Kakulia, N. Kavlashvili, R. Khurodze,

A. Khvedelidze, G. Kobakhidze, M. Kosior-Kazberuk (Poland),

M. Kukhaleishvili, R. Kutateladze, I. Kutubidze, V. Kvaratskhelia,

G. Kvartskhava, G. Kvesitadze, Z. Lomsadze, N. Makhviladze,

G. Mammadov (Azerbaijan), V. Matveev (Russia),

E. Medzmariashvili, S. Mihara (Japan), S. Minasyan (Armenia),

T. Natriashvili, A. Noneshvili, A. Pashayev (Azerbaijan),

A. Prangishvili, G. Salukvadze, S. Schmidt (Germany),

N. Shavishvili, A. Sikorski (Poland), I. Skotchko (Poland),

G. Stroer (Germany), R. Sturua, H. Sunkel (Austria), A. Suzuki

(Japan), G. Tavadze, D. Tavkheldidze, G. Tkemaladze, N. Tsereteli,

N. Tsignadze, T. Tsintsadze, Z. Tsveraidze, F. Unger (Austria),

B. Zhumagulov (Kazakhstan).

SCIENTIFIC ADVISERS:

A. Abralava, G. Abramishvili, J. Beridze, A. Chikovani,

N. Chitanava, T. Chubinshvili, Sh. Dekanosidze, R. Diakonidze,

Sh. Dogonadze, J. Gabelia, D. Gorgidze, R. Grigolia,

M. Khositashvili, J. Iosebidge, T. Jagodnishvili, T. Kaishauri,

Z. Kovziridze, L. Kuparadze, I. Kveselava, T. Kvitsiani,

N. Loladze, N. Lominadze, T. Lominadze, T. Magrakvelidze,

L. Mdzinarishvili, M. Medzmariashvili, I. Megrelishvili,

G. Meladze, H. Meladze, B. Mkheidze, Sh. Nachkebia,

O. Namicheishvili, D. Natroshvili, O. Paresishvili, B.

Shanshiashvili, A. Songulashvili, Z. Tsamalaidze, K. Tsereteli,

Sh. Tserodze, E. Tskitishvili.

© Publishing House „Technical University“, 2020

ISSN 1512-0996



Учрежден в 1924 году.
Периодичность – 4 номера в год

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным мультидисциплинарным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в международной базе электронных данных – Index Copernicus International.

Защищены все права. Любую опубликованную в данном сборнике статью (текст, фото, иллюстрации) невозможно использовать ни одной из форм или средствами (электронными или механическими) без письменного разрешения издателя.

Нарушение авторских прав наказуемо законом.

Автор (авторы) несет ответственность за содержание статьи и защиту всеобщих принятых норм научной этики и авторских прав.

Мнение автора (авторов) статьи может не совпадать с мнением Издательского дома.

Издательский дом „Технический университет“ с благодарностью учтет все конструктивные замечания, предложения и использует их для совершенствования дальнейшей деятельности.

Пишите:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Д. Р. Гургенидзе

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Л. Д. Климиашвили

З. А. Гаситашвили

К. В. Копалиани

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Ив. А. Горгидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Г. Абшилава, Г. Альбрехт (Германия), Н. Ш. Багатурия, Г. В. Бибилеишвили, П. Биелик (Словакия), В. Н. Бурков (Россия), М. С. Бурджанадзе, И. Т. Габисония, Г. В. Гавардашвили, Дж. В. Гахокидзе, З. Г. Гвишиани, О. Г. Гелашвили, Б. В. Гусев (Россия), И. Е. Джагоднишвили, Т. Б. Дзгания, Л. Дзиенис (Польша), Б. Жумагулов (Казахстан), Г. Зункель (Австрия), Л. А. Иванов (Россия), Н. Б. Имнадзе, А. В. Кабулов (Узбекистан), Н. В. Кавлашвили, Г. Р. Кварцхава, В. В. Кварацхелия, Г. И. Квеситадзе, З. Г. Какулия, Г. М. Кобахидзе, М. Косиор-Казберук (Польша), Р. Г. Кутателадзе, И. Ш. Кутубидзе, М. И. Кухалешвили, З. Дж. Ломсадзе, Г. А. Мамедов (Азербайджан), В. А. Матвеев (Россия), Н. Г. Махвиладзе, Э. В. Медзмаришвили, С. А. Минасян (Армения), С. Михара (Япония), Т. М. Натриашвили, А. И. Нонешвили, А. Пашаев (Азербайджан), А. И. Прангишвили, Г. Г. Салуквадзе, А. Сикорски (Польша), И. Скочко (Польша), Р. И. Стура, А. Сузуки (Япония), Г. Ф. Тавадзе, Д. Д. Тавхелидзе, Г. Ш. Ткемаладзе, Ф. Унгер (Австрия), А. М. Хведелидзе, Р. А. Хуродзе, З. Н. Цвераидзе, Н. И. Церетели, Н. Г. Цигнадзе, Т. Н. Цинцадзе, Г. Г. Чоговадзе, Н. К. Шавишвили, С. Шмидт (Германия), Г. Штроер (Германия).

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ:

А. Г. Абралава, Г. С. Абрамишвили, Дж. Л. Беридзе, Дж. О. Габелия, Д. А. Горгидзе, Р. Ш. Григолия, Ш. В. Деканосидзе, Р. В. Диаконидзе, Ш. А. Догонадзе, Т. И. Джагоднишвили, Дж. С. Иосебидзе, Т. В. Каишаури, Т. А. Квициани, И. С. Квеселава, З. Д. Ковзиридзе, Л. П. Купарадзе, Н. Н. Лоладзе, Т. Н. Ломинадзе, Н. Н. Ломинадзе, Т. Ш. Маграквелидзе, Л. Д. Мдзинаришвили, И. Г. Мегрелишвили, Г. Г. Меладзе, Г. В. Меладзе, М. Э. Медзмаришвили, Б. С. Мхеидзе, О. М. Намичеишвили, Д. Г. Натрошвили, Ш. Ш. Начкебия, О. И. Паресашвили, А. В. Сонгулашвили, М. П. Хоситашвили, З. Б. Цамалаидзе, К. О. Церетели, Ш. П. Церодзе, Е. Т. Цкитишвили, Б. Г. Шаншиашвили, А. Б. Чиковани, Н. А. Читанава, Т. Н. Чубинишвили.

© Издательский дом „Технический университет“, 2020



შინაარსი

აგრარული და ბიოლოგიური მეცნიერებები

გიორგი ქვარცხავა, ვახტანგ უგრეხელიძე, ნინო ძირველიშვილი. დამბალხაჭოს მომწიფების დროს მიმდინარე პროცესები და ცხიმოვანი მჟავების გარდაქმნა	11
--	----

კომპიუტერული მეცნიერება

მერაბ ახოზაძე, მაია დოლიძე. ინტეგრირებული ვებპლატფორმის მათემატიკური მოდულის ინსტრუმენტები.....	21
არჩილ ფრანგიშვილი, ოლეგ ნამიჩიშვილი, მიხეილ რამაზაშვილი. კონვოლუციური ნეირონული ქსელები	33
რუსუდან ქუთათელაძე, ანა კობიაშვილი, ნოდარ დარჩიაშვილი. სატელეფონო საუბრის ანალიტიკა	57
რუსუდან ქუთათელაძე, ანა კობიაშვილი, ზურაბ მაისურაძე. სასამართლო საქმეების განაწილების ავტომატიზაცია.....	64

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

თამარ რაზმაძე-ბროკიშვილი. ჰიდროგეოლოგიური პირობების პროგნოზირება წყალმომარაგების მიზნით.....	72
--	----

ენერჯია

ნათია არაბიძე, გია არაბიძე. განახლებადი ენერჯიების ათვისების ხელშეწყობა „მხარდაჭერის მექანიზმის გათვალისწინებით“	81
--	----

საინჟინრო საქმე

თამაზ მეგრელიძე, თამაზ ისაკაძე, გივი გუგულაშვილი. ახალი საყოფაცხოვრებო კონდიციონერი ჰაერის დატენიანების ფუნქციით	88
ლეონ მახარაძე. მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა წიაღისეულისა და სხვა მყარი ფხვიერი მასალების მილსადენებით შორ მანძილებზე ტრანსპორტირებისათვის.....	95

მანანა თავხელიძე. სამეცნიერო-კვლევითი პროექტების საექსპერტო შეფასების საკითხისადმი	104
ნიკოლოზ შავიშვილი, თამარ ჩუბინიძე. მემკვიდრეობის განსხვავებული აღქმა: თბილისი, რუსთაველის გამზირი № 7.....	112

მათემატიკა

ზურაბ აღდგომელაშვილი. ერთი ფუნდამენტური ამოცანის შესახებ ბიდიოფანტურ გეომეტრიულ ფიგურებზე.....	135
--	-----

სოციალური მეცნიერებები

მირანდა გურგენიძე, თამაზ ურთმელიძე. მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის ფარგლები სააღსრულებლო სამართალში	155
--	-----

ავტორთა საძიებელი	174
რეგენზენტთა საძიებელი	175
ავტორთა საყურადღებოდ	176

CONTENTS

Agricultural and Biological Sciences

- Giorgi Kvartskava, Vakhtang Ugrekheldze, Nino Dzirkvelishvili.** Current processes and conversion of fatty acids during the maturation of Dambalkhacho 11

Computer Science

- Merab Akhobadze, Maya Dolidze.** Math module tools of integrated web platform 21
- Archil Prangishvili, Oleg Namicheishvili, Mikhael Ramazashvili.** Convolutional Neural Networks 33
- Rusudan Kutateladze, Ana Kobiashvili, Nodar Darchiashvili.** Phone Conversation Analytics 57
- Rusudan Kutateladze, Ana Kobiashvili, Zurab Maisuradze.** Automation of Distribution of Court Cases 64

Earth and Planetary Sciences

- Tamar Razmadze-Brokolishvili.** Forecasting hydrogeological conditions for water supply 72

Energy

- Natia Arabidze, Gia Arabidze.** Promotion of the renewable energy exploitation considering the support mechanisms 81

Engineering

- Tamaz Megrelidze, Tamaz Isakadze, Givi Gugulashvili.** New design of air conditioner with air humidification function 88
- Leon Makharadze.** Technological scheme of a multistage hydrotransport facility for transportation of fossils and other solid loose materials by pipelines at far distances 95
- Manana Tavkheldze.** Expert evaluation issues of research projects 104
- Nikoloz Shavishvili, Tamara Chubinidze.** Controversial Perception of Heritage: Rustaveli Avenue № 7 112

Mathematics

Zurab Agdgomelashvili. About one Fundamental Task on Bidiophantine Geometric Figures 135

Social Sciences

Miranda Gurgenidze, Tamaz Urtmelidze. Scope of the debtor’s legal limitation in enforcement law 155

Author’s index 174

Reviewer’s index 175

Guidelines for Authors 182

СОДЕРЖАНИЕ

Аграрные и Биологические науки

Гиоргий Кварцхава, Вахтанг Угрехелидзе, Нино Дзирквелишвили. Современные процессы и превращение жирных кислот при созревании дамбалхачо..... 11

Компьютерные науки

Мераб Ахобадзе, Майя Долидзе. Инструменты математического модуля интегрированной веб-платформы 21

Арчил Прангишвили, Олег Намичейшвили, Михаил Рамазашвили. Сверточные нейронные сети 33

Русудан Кутателадзе, Ана Кобиашвили, Нодар Дарчиашвили. Аналитика телефонного разговора 57

Русудан Кутателадзе, Ана Кобиашвили, Зураб Маисурадзе. Автоматизация распределения судебных дел..... 64

Науки изучающие Землю и Планетология

Тамар Размадзе-Брокишвили. Прогнозирование гидрогеологических условий для водоснабжения 72

Энергия

Натия Арабидзе, Гия Арабидзе. Содействие освоению возобновляемых источников энергии "с учетом механизма поддержки" 81

Инженерное дело

Тамаз Мегрелидзе, Тамаз Исакадзе, Гиви Гугулашвили. Новая конструкция комнатного бытового кондиционера с функцией увлажнения воздуха 88

Леон Махарадзе. Технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для перевозки по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния..... 95

Манана Тавхелидзе. Вопросы оценки экспертной оценки научно-исследовательских проектов	104
Николоз Шавишвили, Тамара Чубинидзе. Спорное восприятие наследия: Тбилиси, Проспект Руставели № 7	112
Математика	
Зураб Агдгомелашвили. Об одной фундаментальной задаче бидиофантовым геометрическим фигурам.....	135
Социальные науки	
Миранда Гургенидзе, Тамаз Уртмелидзе. Пределы правовых ограничений должника в исполнительном законодательстве.....	155
Указатель авторов	174
Указатель рецензентов	175
К сведению авторов	185

UDC 665.327.2

SCOPUS CODE 1100

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-11-20>

დამბალხაჭოს მომწიფების დროს მიმდინარე პროცესები და ცხიმოვანი მჟავების გარდაქმნა

- გიორგი ქვარცხავა** სასურსათო ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: g.kvartskava@gtu.ge
- ვახტანგ უგრეხელიძე** სასურსათო ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: vakhtangugrekhelidze@yahoo.com
- ნინო ძირკველიშვილი** სასურსათო ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: ninodzirkvelishvili@yahoo.com

რეცენზენტები:

მ. ბერეჟიანი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: malber@dr.com

მ. გუგუჩია, აგროინჟინერიის დოქტორი, ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: maka05guguchia@gmail.com

ანოტაცია. საქართველოსთვის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ტრადიციული რძის პროდუქტი არის დამბალხაჭო, რომელიც გამოირჩევა მხოლოდ ქართული პროდუქტისთვის დამახასიათებელი განუმეორებელი თვისებრივი და ორგანოლექტიკური მახასიათებლებით.

დღემდე დამბალხაჭო მხოლოდ მცირე ფერმერულ მეურნეობებში მზადდება და შესაბამისად ბაზარზე საფუძვლიანად შესწავლილი ნაწარმი არ მოგვეპოვება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ისეთი გაუმჯობე-

სებული ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავება, რომლებიც განაპირობებს რძის ნაწარმის უვნებლობის უზრუნველყოფას მეტად აქტუალურია და მნიშვნელოვანი სოციალური ამოცანაა.

ტრადიციული რძემჟავა პროდუქტის ორგანოლექტიკური, ბიოქიმიური და მიკრობიოლოგიური შესწავლა უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია მაღალი ხარისხის პროდუქტის მისაღებად, ფალსიფიცირების თავიდან ასაცილებლად და საკვები პროდუქტის უსაფრთხოების ნორმების დასაცავად.

სტატიაში განხილულია დამბალხაჭოს მომწიფების პროცესში მიმდინარე ბიო-ქიმიური გარდაქმნები.

დამბალხაჭოს ქიმიური შედგენილობისა და ტექნოლოგიური თვისებების გათვალისწინებით, ტრადიციული მეთოდების თანამედროვესთან შერწყმა, რომელიც განაპირობებს მზა პროდუქციის ბიოლოგიური ღირებულების ამაღლებას, პროდუქციის ასორტიმენტის გაფართოებას და სძენს მას მდიდარ ორგანოლექტიკურ და ჯანმრთელობისთვის სასარგებლო თვისებებს.

საკვანძო სიტყვები: ადგილობრივი წარმოების მნიშვნელობა; ადგილობრივი წარმოების ხელშეწყობა; რძის პროდუქტები.

შესავალი

საქართველოს რძის პროდუქტების წარმოების ასორტიმენტში დღემდე წარმოდგენილი არ არის დამბალხაჭო, რომელიც თავისი ორიგინალობით დიდი პოპულარობით სარგებლობს. აღნიშნულიდან გამომდინარე გადაწყვიტეთ პროდუქტის ბიოქიმიური და მიკრობიოლოგიური შესწავლა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შევინარჩუნოთ ამ უნიკალური პროდუქტის გემური თვისებები.

ძირითადი ნაწილი

მთელ მსოფლიოში აგრარული მეურნეობის ტემპის ზრდამ და სასურსათო პროდუქტებზე გაზრდილი მოთხოვნილების დაკმაყოფილების აუცილებლობამ, განაპირობა შემუშავებული ყოფილიყო ახალი მეთოდები და მომხდარიყო არსებულის გაუმჯობესება.

კვლევებმა გვიჩვენა, რომ თანამედროვე ტექნოლოგიის მეთოდების ტრადიციულ მეთოდებთან შერწყმით შესაძლებელია დაჩქარდეს ტექნოლოგიური პროცესი და მივიღოთ სრულიად ახალი, უარყოფითი ფაქტორებისადმი გამძლე და უკეთესი საგემონო თვისებების მქონე პროდუქტი.

ტრადიციული რძემჟავა პროდუქტების მიკრობიოლოგიური, ბიოქიმიური და ორგანოლექტიკური შესწავლა უმნიშვნელოვანესია მაღალი ხარისხის პროდუქტის მისაღებად, საკვები პროდუქტის უსაფრთხოების ნორმების დასაცავად და ფალსიფიცირების თავიდან ასაცილებლად.

დამბალხაჭოს ხარისხის სტაბილურობის მისაღწევად საჭიროა ტრადიციული ხერხით დამზადებული დამბალხაჭოდან გამოყოფილი ბუნებრივი მიკროფლორის მახასიათებლების შესწავლა და ბიოტექნოლოგიურად პერსპექტიული სტარტერული კულტურების კომბინაციების შერჩევა, შესატანი დედოს ზუსტი მიკრობიოლოგიური სტრუქტურის ცოდნა, რაც გულისხმობს როგორც ბაქტერიული კომპონენტების იდენტიფიცირებას და მათი შეფარდების დადგენას. ასევე, ფერმენტაციის პროცესში და საბოლოო პროდუქტის თვისებების ჩამოყალიბებაში თითოეული მათგანის ფუნქციის გარკვევას.

აქედან გამომდინარე, საწყის ეტაპზე შევისწავლეთ რძე როგორც ნედლეული, რომელსაც სასურსათო პროდუქტებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს და გააჩნია მაღალი კვებითი და ბიოლოგიური ფასეულობები. რაც განპირობებულია მასში ორგანული ნაერთების – ცილების, მინერალური ნივთიერებების, ცხიმების, ნახშირწყლების არსებობით და ამასთანავე არსებული ნივთიერებები ადვილად ასათვისებელ ფორმამია.

ტექნოლოგიური პროცესის დასრულების შემდეგ დასამუშავებელი ნედლეულის ხარისხი იცვლება, მასში მიმდინარე მთელი რიგი მიკრობიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების შედეგად და ხდება საწყისი ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება.

ჩვენ მიერ ჩატარებულ ცდებში შევეცადეთ გამოვეყენებინა ადგილობრივი ნედლეული.

კვლევის მეთოდები

ტიტრული მჟავიანობის განსაზღვრა

რძის ნიმუშის აღება და მომზადება განხორციელდა ГОСТ 26809-86-ის შესაბამისად [1].

აღნიშნული მეთოდი ემყარება პროდუქტში შემავალი მჟავების ნატრიუმის ტუტით ნეიტრალიზაციას, ინდიკატორ ფენოლფტალეინის თანაობისას.

100 და 250 სმ³ მოცულობის კოლბაში იხსნება 10 სმ³ საანალიზო ნიმუში, 20 სმ³ დისტილირებული წყალი, ემატება სამი წვეთი ფენოლფტალეინი და იტიტრება 0.1 N-ით ვარდისფერი შეფერილობის მიღებამდე, რომელიც არ გაქრება 1 წუთის განმავლობაში და შეესაბამება ეტალონს. დახარჯული NaOH-ის მლ-ების რაოდენობა გამრავლებული 20-ზე არის პროდუქტის მჟავიანობა ტერნერის გრადუსებში.

ცხიმის მასური წილის განსაზღვრა გერბერის

მეთოდით

ბუტირომეტრში იწონება 2 გ დამბალხაჭო და ემატება 19 მლ გოგირდმჟავა და 1 მლ იზოამილის სპირტი, ეფარება საცობი და თავსდება 70–75 °C-მდე გამთბარი წყლის აბაზანაში, ცილების სრულ გახსნამდე.

ცილების გახსნის შემდეგ ბუტირომეტრი ამოაქვთ წყლის აბაზანიდან და აითვლიან მაჩვენებელს.

ცხიმის აბსოლუტური მასური წილი დამბალხაჭოში X (%) გამოითვლება ფორმულით:

$$X = 11P / m$$

სადაც 11 არის კოეფიციენტი, %; P – ცხიმზომის მაჩვენებელი, %; m – დამბალხაჭოს მასა, გ.

დამბალხაჭოში ცხიმის მასური წილის მშრალ მასაზე გადაანგარიშება ხდება ფორმულით:

$$X_1 = X \times 100 / 100 - B$$

სადაც X არის ცხიმის აბსოლუტური მასური წილია დამბალხაჭოში, %; B – ტენის მასური წილი დამბალხაჭოში, %. [2].

რძის სიმკვრივის განსაზღვრა არეომეტრული

მეთოდით

რძის სიმკვრივის განსაზღვრა წარმოებს სპეციალური რძის არეომეტრის საშუალებით, რომელსაც ლაქტოდენსიმეტრი ეწოდება.

20°C ტემპერატურის საშუალო ნიმუშს ასხამენ 200-250 მოცულობის მქონე ცილინდრში მისი მოცულობის 3/4-მდე. შემდეგ ფრთხილად მოათავსებენ მასში არეომეტრს და უმოძრაო მდგომარეობაში 2 წუთის შემდეგ აითვლიან არეომეტრის მაჩვენებელს. [3].

ექსპერიმენტული ნაწილი

დამბალხაჭოს ტექნოლოგია

პირველადი პროდუქტი-ხაჭო მივიღეთ ტრადიციული მეთოდით და შემდეგ მოვახდინეთ მისი მეორეული გადამუშავება საბოლოო პროდუქტის მიღების მიზნით.

დამბალხაჭოს მოსამზადებლად გამოიყენება შემდეგი ნედლეული: I ხარისხის რძე, ბაქტერიული დედო, შემადელებელი ფერმენტი ქიმოზინი, კალციუმის ქლორიდი და მარილი.

საწყის ეტაპზე წარმოებს ნედლეულის მომზადება. რძე გადის სათანადო დამუშავებას, რომელიც მოიცავს: ბაქტერიოფუგირების, დეაირაციის, ნორმალიზაციის, ჰომოგენიზაციის და პასტერიზაციის ეტაპებს.

ბაქტერიოფუგირება უკეთდება არასასურველი ბაქტერიების მოცილების მიზნით, ხოლო დეაირაცია მასში სუნის გამომწვევი მიკროორგანიზმების მოსაპოხად.

რძის ნორმალიზება ემყარება იმას, რომ ნარევი მუდმივად შევინარჩუნოთ ცხიმისა და ცილის ოპტიმალური თანაფარდობა, რაც უზრუნველყოფს საბოლოო პროდუქტში მუდმივ ქიმიურ შედგენილობას, ცხოველის ჯიშისა და წლის სეზონის მიუხედავად.

ცხიმის დაბალანსებული შემცველობის მიღების მიზნით რძეს ნორმალიზაცია გაუკეთდა მასში ცხიმის და ცილის შემცველობის ანგარიშით და გათვალისწინებით შემდეგი ფორმულით.

$$C=P \times K \times F / 100$$

C-არის ნარევის ცხიმიაჩნობა (%-ობით)

P-რძეში ცხიმის შემცველობა (%-ობით)

K-ცდების შედეგად გამოძებნილი კოეფიციენტი

F-ცხიმის შემცველობა მშრალ ნივთიერებაში

სტანდარტით (%-ობით). [4,5].

საბოლოო ნედლეული მივიღეთ 2,9% ცხიმის შემცველობით.

რძის ჰომოგენიზაცია ერთ-ერთი აუცილებელი პროცესია საბოლოო პროდუქტის იერსახის გასაუმჯობესებლად. ჰომოგენიზაცია ჩატარდა 50 °C-ზე, ცხიმის მთლიან მასაში თანაბრად განაწილების მიზნით.

ამასთან ერთად აუცილებელია მივადწიოთ იმას, რომ მივიღოთ სუფთა, ბაქტერიებით ნაკლებად დაბინძურებული რძე, სწორედ მიკროფლორის მოსპობის მიზნით რძეს გაუკეთდა პასტერიზება. ვინაიდან პასტერიზების შემდეგ ხდება რძის თვისებების ნაწილობრივ შეცვლა, კერძოდ ჩაკვეთის უნარის შემცირება, ამის თავიდან აცილების მიზნით პასტერიზება გაკეთდა მაღალ 75-76°C ტემპერატურაზე 20-25 წამის განმავლობაში.

პასტერიზაციის დამთავრების შემდეგ რძე დაუყოვნებლივ გაცივდა შედეგების ტემპერატურამდე (30-35 °C) და დავაყოვნეთ 2 საათის განმავლობაში.

პირველ რიგში მოხდა ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული რძის მონაცემების შესწავლა. გავარკვიეთ მისი ქიმიური შედგენილობა და აღმოჩნდა, რომ არსებული ნედლეულის ქიმიური პარამეტრები შეესაბამებოდა სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს.

პირველ ცხრილში მოცემულია სტანდარტით გათვალისწინებული მოთხოვნები რძის ქიმიურ შედგენილობაზე %-ით.

ცხრილი 1

ტენიანობა	87,5
ცხიმი	3,9
ცილები	3,4
ლაქტოზა	4,8
მინერალური ნივთ.	0,8

ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული რძის ქიმიური შედგენილობა ნაჩვენებია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ტენიანობა	87,5
ცხიმი	3,8
ცილები	3,3
ლაქტოზა	4,7
მინერალური ნივთ.	0,9

პროდუქციის დამზადების პირველ ეტაპზე მოხდა რეცეპტურით გათვალისწინებული ნედლეულის (ხაჭოს) მომზადება.

საცდელი და საკონტროლო (არსებული რეცეპტურით) დამზალხაჭოს რეცეპტურა ნაჩვენებია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

„დამზალხაჭო“ (რეცეპტურა, კგ/100ლ-ზე)

ნედლეული და დამხმარე მასალები	რძეში შეტანილი საკვებდანამატების რაოდენობა	
	საკონტროლო 100ლ.	საცდელი 50ლ.
ბაქტერიული დედო	3.2 u	1.6u
კალციუმის ქლორიდი	60მლ.	130მლ.
შემადეგბელი ფერმენტი	0.008მლ.	0.004მლ.
მარილი	0.80გრ	0.40გრ
სულ რაოდენობა კგ.	10.8	5.4

შევისწავლეთ დამზალხაჭოს მომწიფების პროცესში მიმდინარე ცვლილებები, რომელსაც განიცდის შენახვის პერიოდში და დავადგინეთ, რომ დამზალხაჭოც ისევე, როგორც რძე შეიცავს სასარგებლო ნივთიერებებს, მაგრამ ამ შემთხვევაში თანაფარდობა განსხვავებულია, მომწიფების პროცესში არსებული ნივთიერებები განიცდის ცვლილებას და მათ შორის

ხდება რძის ცხიმის გარდაქმნა. აღნიშნულის გათვალისწინებით ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შეგვესწავლა მომწიფების პროცესში ცხიმოვანი მჟავების გარდაქმნის თავისებურება.

ვინაიდან ეს ნივთიერებები განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ნივთიერებათა ცვლაში. მონაწილეობას იღებს უჯრედის იმ მემბრანების შედგენა-დობის რეგულაციაში, რომელიც ახორციელებს ნივთიერებათა ცვლას. გარდა ამისა, მონაწილეობს სხვა პროცესებშიც, როგორც არის ორგანიზმისთვის შეუცვლელი ნივთიერებების მიწოდება: ცხიმში ხსნადი ვიტამინები და ფოსფატიდები.

მე-4 ცხრილში მოცემულია რძეში არსებული ძირითადი ცხიმოვანი მჟავები და მათი თვისებები [4].

რძეში არსებული ზოგიერთი ორგანული ნაერთის გარდაქმნის გზები შესწავლილია დუდილის პროცესში (ერბომჟავური, რძემჟავური, პროპიონმჟავური და ძმარმჟავური დუდილი.) რომელიც მიმდინარეობდა 90 დღის განმავლობაში განსაზღვრული ტემპერატურის და ფარდობითი ტენიანობის პირობებში.

დუდილის მიზანია საგემოვნო და არომატული ნივთიერებების დაგროვება და პროდუქტის მიყვანა ისეთ მდგომარეობამდე, რომელიც ყველაზე ხელსაყრელი იქნება მისი გამოყენებისთვის.

მნიშვნელოვანი იყო იმ ცხიმოვანი მჟავების გარდაქმნის და შეთვისების თავისებურებების გამოვლენა, რომელიც მცირე რაოდენობით გვხვდება საბოლოო პროდუქტში მაგრამ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მისი გემური თვისებების და არომატის წარმოქმნაში.

მჟავა	ქიმიური ფორმულა	საშუალო შედგენილობა რძის ცხიმში(%)	20°C100ml წყალში ხსნადობა გრ	სიმკვრივე
ნაჯერი მჟავები , თხევადი ოთახის ტემპერატურაზე				
ერბოს	C ₃ H ₇ COOH	3,3	3,800	0,966
კაპრონის	C ₅ H ₁₁ COOH	1,8	0,968	9,929
კაპრილის	C ₇ H ₁₅ COOH	1,3	0,068	0,910
ნაჯერი მჟავები, მყარი ოთახის ტემპერატურაზე				
კაპრინის	C ₉ H ₁₉ COOH	2,6	0,027	0,805
ლაურინის	C ₁₁ H ₂₃ COOH	2,7	0,0087	0,883
მირისტინის	C ₁₃ H ₂₇ COOH	10,77	0,002	0,863
პალმიტინის	C ₁₅ H ₃₁ COOH	24,4	0,007	0,849
სტეარინის	C ₁₇ H ₃₅ COOH	9,5	0,003	0,845
უჯერი მჟავები, თხევადი ოთახის ტემპერატურაზე				
ოლეინის	C ₁₇ H ₃₃ COOH	32,2	უხსნადი	0,898
ლინოლის	C ₁₇ H ₃₁ COOH	3,6	უხსნადი	0,906
ლინოლენის	C ₁₇ H ₂₉ COOH	0,2	უხსნადი	0,914
არაქიდონის	C ₁₉ H ₃₁ COOH	0,96	უხსნადი	0,824

პროდუქტის მომწიფების პროცესში მონაწილეობს ობის სოკო. ობის შედეგად გამოყოფილი ფერმენტ ლიპაზას მოქმედებით, ცხიმი განიცდის ჰიდროლიზურ დაშლას ცხიმოვან მჟავებად და გლიცერინად.

ვინაიდან აერობული მიკროორგანიზმი გამოყოფს ფერმენტ ლიპაზას, ამიტომ ცხიმის გარდაქმნა პრო-

დუქტის ზედაპირზე უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე მის შიგა ნაწილში. ცხიმის გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნება ისეთი ორგანული მჟავები როგორცაა: მმარმჟავა, ერბომჟავა, პროპიონმჟავა, კაპრონმჟავა, კაპრინმჟავა და კაპრილმჟავა. ყველა ეს თავისუფალი მჟავა განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს საბოლოო პროდუქტის ჩამოყალიბებაში, [3].

საბოლოო პროდუქტში იდენტიფიცირებული ძირითადი ცხიმოვანი
მჟავები და მათი თვისებები

მჟავა	ქიმიური ფორმულა	საშუალო შემადგენლობა დამბალხაჭოში(%)	20°C100ml წყალში ხსნადობა გრ	სიმკვრივე
ნაჯერი მჟავები , თხევადი ოთახის ტემპერატურაზე				
კაპრონის	C ₅ H ₁₁ COOH	4,65-4,57	0,968	9,929
კაპრილის	C ₇ H ₁₅ COOH	3,34-2,60	0,068	0,910
კაპრინის	C ₉ H ₁₉ COOH	1,52-1,38	0,027	0,805
ლაურინის	C ₁₁ H ₂₉ COOH	3,11-3,23	0,0087	0,883
მირისტინის	C ₁₃ H ₂₇ COOH	0,20-0,21	0,002	0,863
პალმიტინის	C ₁₅ H ₃₁ COOH	1,37-1,35	0,007	0,849
სტეარინის	C ₁₇ H ₃₅ COO	9,94-10,92	0,003	0,845

ცხიმის ბიოქიმიური გარდაქმნით წარმოქმნილი CO₂ კი განაპირობებს პროდუქტის სტრუქტურას და კონსისტენციას.

აქტიური დუდილის პროცესში მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ შესწავლილი ცხიმოვანი მჟავები მნიშვნელოვან ცვლილებას განიცდის. ამ ნაერთების გარდაქმნის პროდუქტების უმეტესობა გადადის საბოლოო პროდუქტში და ბიოქიმიური და ქიმიური გარდაქმნების საფუძველია, რომელიც პროდუქტის დაძველების დროს მიმდინარეობს.

დამზადებულ პროდუქტის უვნებლობის და

კვებითი ღირებულების შესწავლის მიზნით ჩატარებულ იქნა საცდელი და საკონტროლო დამბალხაჭოს ბაქტერიოლოგიური და ქიმიური გამოკვლევა, ხოლო ორგანოლექტიკური თვისებები შეფასდა დეგუსტაციის გზით. გამოკვლევის არც ერთ ეტაპზე საცდელ და საკონტროლო ნიმუშებში არ აღმოჩნდა სანაწიანით გათვალისწინებული მიკროორგანიზმები. პროდუქტში არ აღმოჩნდა სურსათის უვნებლობის ხარისხზე უარყოფითად მომქმედი ისეთი სახეობის მიკროორგანიზმები, როგორცაა ეშერიხიები, სალმონელაები, აურეუსი და კოლიფორმები.

	პარამეტრის დასახელება	შედეგი	განზომილება	მეთოდი
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	არ აღმოჩნდა	კწე 0,001გ-ში	სსტ ისო 4832:2009
2	<i>S.aureus</i>	არ აღმოჩნდა	კწე 0, 1გ-ში	გოსტი 30347-2016
3	<i>Salmonella spp</i>	არ აღმოჩნდა	კწე 25გ-ში	სსტ ისო 6579-2017/2017
4	<i>E.coli</i>	არ აღმოჩნდა	კწე 0, 01გ-ში	სსტ ისო 16649-2:2001/2015

ორგანოლეპტიკურ მახასიათებლებს რაც შეეხება, მომწიფების პერიოდის გასვლის შემდეგ დამბალხაჭოს ჰქონდა ყვითელი, ოდნავ მოყავისფრო შეფერილობა, ერთგვაროვანი და მკვრივი კონსისტენცია, ვერტიკალურ ჭრილში შეინიშნებოდა მცირე ზომის ნასვრეტები, რაც აძლევდა პროდუქტს სასიამოვნო იერსახეს. გემო – სასიამოვნო, დამბალხაჭოსთვის დამახასიათებელი, არომატი – კი პიკანტური.

დასკვნა

ამ მიმართულებით ჩვენ მიერ ჩატარებულმა ექსპერიმენტული კვლევების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ

მივიღეთ დამბალხაჭოს მსგავსი პროდუქტი, რომელიც ორგანოლეპტიკური მახასიათებლებით არ ჩამოუვარდებოდა ტრადიციული მეთოდით დამზადებულ პროდუქტს.

ბაქტერიული დედოს შეტანამ განაპირობა საბოლოო პროდუქტში სურსათის უვნებლობის ხარისხზე უარყოფითად მომქმედი მიკროორგანიზმების არარსებობა.

შენარჩუნებულ იქნა ტრადიციული ტექნოლოგია თანამედროვესთან შერწყმით და შედეგად მივიღეთ დაჩქარებული მეთოდი.

ლიტერატურა

1. GOST 26809-86 Milk and milk products. Acceptance regulations. Methods of sampling and preparation for testing. (in Russian).
2. Nielsen S. Food analysis. NY: "Springer". 2010, 127-137 pp.
3. Gonashvili Sh. Chemistry and testing of dairy products. 1963, 93-94, 132-133 pp. (in Georgian).
4. Davidov R. B.. Milk and dairy products. 1976, 233-234, 22-23 pp. (in Russian).
5. Tskitishvili Z., Lipatov N. Milk and milk production technology. 1984, 47-50 pp. (in Russian).
6. Hahdbook of dairy foods analysis. CRC Cress, Taylor and Francis Group. 2010
7. GOST 9225-85 Milk and milk products. Methods of microbiological analysis. (in Russian).

UDC 665.327.2

SCOPUS CODE 1100

Current processes and conversion of fatty acids during the maturation of Dambalkhacho

- Giorgi Kvartskava** Department of Food Technology, Georgian Technical University, 17
D. Guramishvili str., 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: g.kvartskava@gtu.ge
- Vakhtang Ugrekheldidze** Department of Food Technology, Georgian Technical University, 17
D. Guramishvili str., 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: vakhtangugrekheldidze@yahoo.com
- Nino Dzirvelishvili** Department of Food Technology, Georgian Technical University, 17
D. Guramishvili str., 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: ninodzirkvelishvili@yahoo.com

Reviewers:

M. Bereziani, Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: malber@dr.com

M. Guguchia, Doctor of Agroengineering, Senior Research Worker, Ecocenter for Environmental Protection.

E-mail: maka05guguchia@gmail.com

Abstract. The Dambalkhacho is the most important traditional milk product for Georgia, which distinguishes with unique qualitative and organoleptic properties and these properties have only Georgian product.

Today the Dambalkhacho is made in small farming farms and consequently, we will not have a thoroughly studied product in the market. To get a high quality product there is important to study organoleptic, biochemical and microbiological characteristics of the traditional lactic acid of product thus to avoid falsification and protect food safety standards.

The current biochemical transformations in the process of ripening of the Dambalkhacho are discussed in the article.

Taking into account the chemical composition and technological properties of the Dambalkhacho, combination of traditional and modern methods increases the biological value of finished product and expands the assortment of product, providing with rich organoleptic and useful properties for health as well.

Key words: Dairy products; importance of local production; promotion of local industries.

UDC 665.327.2
SCOPUS CODE 1100

Современные процессы и превращение жирных кислот при созревании дамбалхачо

- გიორგი კვარცხავა** Департамент пищевой промышленности, Грузинский технический университет,
Грузия, 0192 г. Тбилиси. Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: g.kvartskava@gtu.ge
- ვახტანგ უგრეხელიძე** Департамент пищевой промышленности, Грузинский технический университет,
Грузия, 0192 г. Тбилиси. Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: vakhtangugrekhelidze@yahoo.com
- ნინო
ძირკველიშვილი** Департамент пищевой промышленности, Грузинский технический университет,
Грузия, 0192 г. Тбилиси. Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: ninodzirkvelishvili@yahoo.com

Рецензенты:

М. Бережани, профессор факультета аграрных наук и биосистем инженеринга ГТУ

E-mail: malber@dr.com

М. Гугучиа, доктор агроинженерии, а(а)ИП высший ученый, доктор агроинженерии, старший научный сотрудник центра защиты

E-mail: maka05guguchia@gmail.com

Аннотация. Важнейшим традиционным молочным продуктом Грузии является дамбалхачо, который отличается неповторимыми качественными и органолептическими характеристиками, характерными только для грузинского продукта.

По сей день дамбалхачо производится в небольших фермерских хозяйствах, следовательно, тщательно изученного продукта на рынке не имеется. Органолептическое, биохимическое и микробиологическое исследование традиционного кисломолочного продукта очень важно для получения высококачественного продукта, предотвращения фальсификации и соблюдения норм безопасности пищевого продукта.

В статье рассматриваются биохимические преобразования, происходящие в процессе созревания дамбалхачо.

С учетом химического состава и технологических свойств дамбалхачо, сочетание традиционных методов с современным, обуславливает повышение биологической ценности готового продукта, расширяет ассортимент продуктов и придает богатые органолептические и полезные для здоровья свойства.

Ключевые слова: важность местного производства; продвижение местного производства; молочный продукт.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 25.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 781.63

SCOPUS CODE 1703

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-21-32>

ინტეგრირებული ვებპლატფორმის მათემატიკური მოდულის ინსტრუმენტები

მერაბ ახოზაძე	ინტერდისციპლინური დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: meakhobadze@yahoo.com	საქართველოს ტექნიკური
მაია დოლიძე	ინტერდისციპლინური დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: maiadolidze66@gmail.com	საქართველოს ტექნიკური

რეცენზენტები:

ე. კურცხალია, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

მ. ზრელიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: marinabrelidze@gmail.com

ანოტაცია. „ჰკვიანი ქალაქის“ კონცეფცია – ინტეგრაციის, სისტემური მოდელირებისა და მართვის კონცეფციაა, რომლის დროსაც ქალაქი განიხილება როგორც მასში მიმდინარე პროცესების ერთიანი დინამიკური ერთობა. ასეთი მიდგომა მოითხოვს ისეთი ტექნოლოგიებისა და ინფორმაციული სისტემების შექმნას, რომლებიც ავტომატურ რეჟიმში შეკრებენ ქალაქში მიმდინარე პროცესების შესახებ ინფორმაციას, გაანალიზებენ და სინთეზირებენ ქალაქის მართვისათვის გადაწყვეტილებათა ალტერნატიულ ვარიანტებს. ჩვენ მიერ დამუშავებულია ინტეგრირებული ვებპლატფორმის პროგრამული პაკეტი, რომელიც მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს აღრიცხონ და დაამუშაონ სისტემური მათემატიკური

და პროგრამული „ხელსაწყოებით“ ქალაქის ობიექტების, ქალაქში მიმდინარე პროცესების მახასიათებელი პარამეტრები. ვებპლატფორმის ძირითადი ფუნქციური მოდულებია: 1. ქალაქში მიმდინარე სივრცულ-დროითი პროცესების ასახვის, მათემატიკური მოდელირების მოდული. 2. მათემატიკური და პროგრამული „ხელსაწყოების“ მოდული, ქალაქში მიმდინარე პროცესების ანალიზისა და მართვისათვის. 3. ალტერნატიულ გადაწყვეტილებათა და მათი ექსპერტიზის მოდული. 4. მიღებულ გადაწყვეტილებათა ექსპერტიზის მოდული. ნაშრომში წარმოდგენილია იმ ძირითადი მათემატიკური მეთოდებისა და ალგორითმების ანალიზი, რომლებიც წარმოადგენს ერთიანი ვებპლატფორმის „ინსტრუმენტების“ საფუძველს. გაფართოებულია ალგებრუ-

ლი ტოპოლოგიის q-ანალიზის მეთოდი, არამკაფიო სიმრავლეების შემოტანით. რაც საშუალებას გვაძლევს, გადაწყვეტილებათა ალტერნატიული ვარიანტების შემუშავებისას, გათვალისწინებულ იქნეს ის მცირე პარამეტრებიც, რომლებსაც უგულებელყოფენ კლასიკურ თეორიში. ასეთი მიდგომა მეტად მნიშვნელოვანია კატასტროფული სიტუაციების პროგნოზირებისა და აცილებისათვის. მოყვანილია, წარმოდგენილი მეთოდის საილუსტრაციო მაგალითი.

საკვანძო სიტყვები: არამკაფიო სიმრავლეები; ვებპლატფორმა; მოდელირება; Q-ანალიზი; ჭკვიანი ქალაქი.

შესავალი

ახლა, ქალაქის მდგრადი განვითარების უალტერნატივო კონცეფციაა ე.წ. ჭკვიანი ქალაქის კონცეფცია – ინტეგრაციის, სისტემური მოდელირებისა და მართვის კონცეფცია, რომლის დროსაც ქალაქი განიხილება როგორც მასში მიმდინარე პროცესების ერთიანი დინამიკური ერთობა. ჭკვიანი ქალაქის კონცეფცია უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს ისეთი ტექნოლოგიების და სისტემების შექმნას და დანერგვას, რომლებიც ავტომატურ რეჟიმში შეკრებენ მონაცემებს, გაანალიზებენ და სინთეზირებენ მმართველ გადაწყვეტილებათა ალტერნატიულ ვარიანტებს.

შესაბამისად, გადაწყვეტილების მიღების ავტომატიზებული სისტემის შექმნისათვის აუცილებელია:

1. ქალაქში მიმდინარე პროცესების ამსახველი ე.წ. ინფორმაციის გადამწოდების ქსელის ამოქმედება;
2. ერთიანი ინტეგრირებული ვებპლატფორმის შექმ-

ნა, რომელშიც მოიყრის თავს ინფორმაცია ქალაქში მიმდინარე პროცესების თაობაზე და სისტემური ანალიზის საფუძველზე, გამოიმუშავებს ქალაქის მდგრადი განვითარებისათვის ალტერნატიულ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ხელმისაწვდომი იქნება ქალაქში ფუნქციონირებადი ყველა ორგანიზაციისათვის, სტრუქტურისათვის, ასევე მოსახლეობისათვის.

„ჭკვიანი ქალაქის“ ერთიანი ინტეგრირებული ვებპლატფორმა ესაა პროგრამული პაკეტი, რომელიც მომხმარებლებს აძლევს საშუალებას აღრიცხონ და დაამუშაონ ქალაქის ობიექტების, მიმდინარე პროცესების მახასიათებელი პარამეტრები, სისტემური მათემატიკური და პროგრამული „ხელსაწყოებით“. ინტეგრირებული ვებპლატფორმის ძირითადი ფუნქციური მოდულებია: 1. ქალაქში მიმდინარე სივრცული-დროითი პროცესების ასახვის, მათემატიკური მოდელირების მოდული. 2. მათემატიკური და პროგრამული „ხელსაწყოების“ მოდული, ქალაქში მიმდინარე პროცესების ანალიზისა და მართვისათვის. 3. ალტერნატიულ გადაწყვეტილებათა და ექსპერტიზის მოდული. 4. მიღებულ გადაწყვეტილებათა ექსპერტიზის მოდული.

დღეს ქალაქის პარამეტრების აღრიცხვის ყველაზე განვითარებული ტექნოლოგიაა G Google Maps. კომპანია Google-ის მენეჯმენტი ამ ეტაპზე მნიშვნელოვან რესურსებს მიმართავს არამარტო რუკის განვითარებაზე, არამედ მის „ღიაობაზე“. იგი სხვადასხვა კომპანიებს საშუალებას აძლევს შექმნას ახალი პლატფორმები Google Maps გამოყენებით. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ერთიანი ინტეგრირებული ვებპლატფორმა დაფუძნებულია Google Maps ტექნოლოგიების გამოყენებაზე [1,2]. ერთიანი ვებპლატ-

ფორმა მოითხოვს ქალაქის ობიექტთა ერთიანი ბაზის შექმნას, რომელიც ასახავს ქალაქის სტრუქტურას, სოციალურ ფონს, რომელიც განსაზღვრავს ქალაქში მიმდინარე დინამიკურ პროცესებს.

ძირითადი ნაწილი

ქალაქში განვითარებული დინამიკური, ევოლუციური პროცესები მიმდინარეობს სხვადასხვა დროის მასშტაბში, რომლის აღმოჩენა, დადგენა შეუძლებელია წონასწორულ მდგომარეობაში. საერთოდ, ქალაქებში მიმდინარე ევოლუციური პროცესების შესწავლისას ძირითადად საქმე გვაქვს სამი სახის ფაქტორებთან, რომლებიც იწვევს ეწ წონასწორული მდგომარეობის დესტაბილიზაციას. ესაა „ინდივიდების“ (ცალკეული მაცხოვრებლების) შემოქმედებითი, ინოვაციური ქმედებები, რომლებიც განაპირობებენ ქალაქის ცვლილებას, რაც „იძულებულს“ ხდის ქალაქის ინფრასტრუქტურას გადავიდეს ახალ მდგომარეობაში. მეორე ესაა ქალაქის „უნარი“ თვითორგანიზაციის, მისი უნარი წარმოიქმნას ახალი დინამიკური რეჟიმები, რომლებიც ქალაქს იძულებულს ხდის გადავიდეს ერთი მდგომარეობიდან მეორეში. ასეთი პროცესები ხორციელდება სახელმწიფო რეგულატორების საშუალებით. ამ დროს ჩნდება ახალი დინამიკური პროცესები არამდგრადი შუალედური წონასწორული მდგომარეობებით, ე.წ. ფაზური გადასვლებით და სხვა. მესამე ესაა მოვლენები, რომლებიც განპირობებულია ქალაქური სისტემების ურთიერთქმედებით სხვა, სხვაგვარი დანიშნულების, სხვა ფუნქციური არსის და სუბსტანციის სისტემებთან, მოვლენებთან ურთიერთობისას, როგორებიცაა ბუნებრივი, პოლიტიკური, და სხვა პროცესები [7].

როდესაც საქმე გვაქვს ასეთ რთულ, ქოტურ (პროგნოზირების მხრივ) დინამიკურ პროცესებთან, მით უმეტეს, შეზღუდული რესურსების პირობებში, შეუძლებელია მოსახლეობის ყველა ფენის მდგომარეობის ერთდროულად გაუმჯობესება – პარეტოს კანონი. აქედან გამომდინარე როდესაც გვაქვს გადაწყვეტილების მიღებისათვის ალტერნატივების სიმრავლე, ოპტიმალურის შესარჩევად, გამოყენებულ იქნეს პარეტო-ოპტიმალური კომპრომისის ანუ არა-გაუმჯობესებადი კომპრომისის მეთოდი [3], რომელიც, ურბანული სისტემებისათვის ინტერპრეტირებულ იქნა შემდეგი სახით:

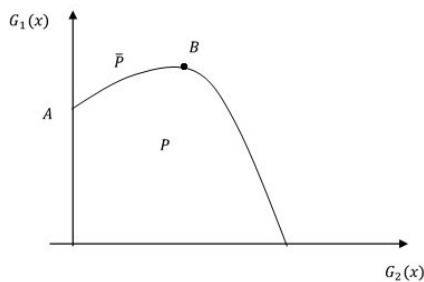
ვთქვათ, გვაქვს ალტერნატივების სასრული სიმრავლე $X = \{X^1, \dots, X^S\}$. თითოეული ალტერნატივა n -განზომილებიანი ვექტორია $X^i = \{X_1^i, \dots, X_n^i\} \in R^n$ სივრციდან. მაგალითად, $x \in X$ ალტერნატივად შეგვიძლია განვიხილოთ საცხოვრებელი სახლის ერთ-ერთი პროექტი, ხოლო x ვექტორის კოორდინატებად ამ პროექტის პარამეტრები. ამასთანავე, გვაქვს x ალტერნატივების შეფასების ვექტორული კრიტერიუმი:

$$G(x) = \{G_1(x), G_2(x), \dots, G_m(x)\}.$$

როგორც წესი G_1, G_2, \dots, G_m კრიტერიუმები არის ურთიერთკონკურენტული. მაგალითად, G_1 – ახალი სატრანსპორტო მაგისტრალის გაყვანის ეკონომიკური ამონაგებია, G_2 – ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესების ადეკვატური სიდიდე. ანუ შეუძლებელია ისეთი პროექტის განხორციელება, რომლის დროსაც ყველა მაჩვენებელი კრიტერიუმი იქნება საუკეთესო, მაქსიმალური. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ე.წ. კომპრომისული ალტერნატივის პოვნა, პარეტოს პრინციპის გამო-

ყენება, რომელიც არის ყველა სოციალურ-ეკონომიკური სისტემის ზოგადი კანონზომიერება.

პარეტო-ოპტიმალური კომპრომისის მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი. დავუშვათ გვაქვს x ალტერნატივათა სიმრავლე $X \subset R^n$. ყოველ $x \in X$ ალტერნატივას შეესაბამება $G(x) = \{G_1(x), G_2(x), \dots, G_m(x)\}$ ვექტორული კრიტერიუმის კომპონენტების სივრცეში გარკვეული წერტილი. ასეთი წერტილების სიმრავლე ვექტორული კრიტერიუმის სივრცეში მოგვცემს P სიმრავლეს, საზღვრით \bar{P} . ორკომპონენტიანი ვექტორული კრიტერიუმის შემთხვევაში გვექნება შემდეგი სურათი (იხ. სურ. 1)



სურ. 1

განვიხილოთ ის ალტერნატივები, რომლებიც მდებარეობს \bar{P} საზღვარზე. 1-ელი სურათის მიხედვით, იმ x ალტერნატივებისათვის, რომელთა შეფასებები ხვდება BC მრუდზე, შეუძლებელია ერთდროულად გაიზარდოს G_1 და G_2 კრიტერიუმის მნიშვნელობები. ასეთ ალტერნატივებს უწოდებენ პარეტო-ოპტიმალურს. ასეთი ალტერნატივები ბევრია (წერტილები BC მრუდზე). საუკეთესოს შესარჩევად საჭიროა დამატებითი ინფორმაცია. საერთოდ პარეტო-ოპტიმალური P სიმრავლის დადგენისათვის გამოიყენება დამხმარე ოპტიმიზაციის მეთოდები. საერთოდ პარეტო-ოპტიმალური შეფასების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პირობაა P სიმრავლის ამო-

ნეკილობა, რომლის შემოწმება არის დამოუკიდებელი ამოცანა. აქედან გამომდინარე განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ის პირობები, რომელიც P სიმრავლის თვისებების ცოდნისას არ მოითხოვს [8], რომელიც განისაზღვრება შემდეგი პირობებით

$$P = \{G(x^*): x^* = \arg \max_{x \in V} \min_{1 \leq i \leq n} \alpha_i G_i(x);$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n\}$$

ქალაქში მიმდინარე სივრცული, დროითი პროცესების ასახვა-ქალაქის მათემატიკური მოდელი. მათემატიკური მიმართებანი ქალაქურ სისტემაში; ქალაქი არის სასრული რაოდენობის ობიექტის-სიმრავლეების ერთობლიობა: მაცხოვრებელთა (Q), შენობათა (B), ქუჩების (S) და ა.შ. სხვა.

ქალაქის სივრცული მათემატიკური მოდელი, რომლითაც განისაზღვრება ქალაქში განვითარებული დინამიკური პროცესები, არის მათემატიკურ მიმართებათა Λ სიმრავლე ქალაქში ფუნქციონირებადი სხვადასხვა კატეგორიისა და დანიშნულების ობიექტების – Q, B, S, \dots სიმრავლეთა შორის.

ქალაქის, ზოგადად ურბანული სისტემის, სტრუქტურის, მიმდინარე პროცესების კვლევისა და მოდელირებისათვის ჩვენ მიერ გამოყენებულია ალგებრული ტოპოლოგიის Q ანალიზის მეთოდი [4]. ამ მეთოდით სისტემის სტრუქტურის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ სისტემაში ამა თუ იმ კანონზომიერებების წარმოქმნის მექანიზმი, დავადგინოთ სისტემის დეგრადაციის მიზეზები, კანონზომიერებანი და მათი განმსაზღვრელი ელემენტები. გავიანგარიშოთ მისი რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლები. Q ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ სისტემის – ქალაქის – „ანომა-

ლური” ელემენტები, მიგვანიშნებს რა მიმართულე-
ბით უნდა ვიკვლიოთ სისტემა და რა ზემოქმედება
უნდა მოვახდინოთ მასზე, რომ გაუმჯობესდეს მისი
მახასიათებლები, პირველ რიგში მისი მდგრადობა
გარე ზემოქმედებებისა და შემოფოტებების მიმართ.

მოდელი საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ
სისტემის ფუნქციურ-სტრუქტურული ბმულობა და
თვალი ვადევნოთ ბმულობის გრძელ ჯაჭვში განვი-
თარებულ მოვლენებს სივრცე-დროით ჭრილში. მა-
გალითად, როგორ იმოქმედებს მომსახურების სფე-
როს ობიექტებში განხორციელებული ქმედებანი სა-
ტრანსპორტო ქსელის გამტარუნარიანობაზე, მოსახ-
ლეობის გადაადგილებაზე რეგიონებს შორის, დე-
მოგრაფიულ სურათზე, ეკოლოგიურ მდგომარეო-
ბაზე და სხვა.

აუცილებელი განსაზღვრებანი Q ანალიზის

შესახებ: ვთქვათ X და Y სასრული სიმრავლეებია
და $\lambda \subset X \times Y$ არის მიმართება X და Y სიმრავლეებს
შორის. ვთქვათ λ მიმართების შესაბამისი ინციდენ-
ტურობის მატრიცაა $\Lambda = (\lambda_{ij})$:

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } (x_i; y_j) \in \lambda \\ 0, & \text{თუ } (x_i; y_j) \notin \lambda \end{cases} \quad (1)$$

მაშინ ყოველი ასეთი λ მიმართება წარმოქმნის
სიმპლიციურ $K_Y(\lambda; X)$ კომპლექსს. აღნიშნული
კომპლექსში p განზომილებიანი σ_p სიმპლექსს უწო-
დებენ X სიმრავლის ისეთ $\{x_1; x_2; \dots; x_p; x_{p+1}\}$ ქვე-
სიმრავლეს, რომლისთვისაც არსებობს ერთი მაინც
 $y_j \in Y$ ისეთი, რომ $(x_i; y_j) \in \lambda$ ყოველი $i \in \overline{1; p+1}$ -
თვის.

ვთქვათ N აღნიშნავს სიმპლექსების განზომილე-
ბებს შორის უდიდეს (მას ეწოდება λ მიმართების
შესაბამისი კომპლექსის განზომილება). ყოველი k-
თვის, $0 \leq k \leq N$, განვიხილავთ იმ სიმპლექსებს, რო-

მელთა განზომილება k-ზე მეტია ან ტოლია. განხი-
ლული სიმპლექსების სიმრავლეს ვყოფთ ქვესიმრავ-
ლეებად (ეკვივალენტობის კლასებად) შემდეგი წე-
სით: ორი σ_i და σ_j სიმპლექსი ეკუთვნის ერთსა და
იმავე ეკვივალენტობის კლასს მაშინ და მხოლოდ
მაშინ, როცა ათი საერთო წახნაგის განზომილება მე-
ტია ან ტოლია k-ზე, ან თუ არსებობს რაიმე მიმდევ-
რობა სიმპლექსებისა, რომელი მიმეწვრის პირველი
წევრი არის σ_i სიმპლექსი, ბოლო წევრი σ_j სიმპ-
ლექსი. ამასთან ამ მიმდევრობის ნებისმიერი ორი
ერთმანეთის მომდევნო წევრის საერთო წახნაგის
განზომილება მეტია ან ტოლია k -ზე. Q_k აღნიშნავს
ეკვივალენტობის კლასების რიცხვს.

ვექტორს $Q = (Q_0; Q_1; \dots; Q_N)$ ეწოდება $K_Y(\lambda; X)$
კომპლექსის სტრუქტურის ვექტორი, ხოლო
 $K_Y(\lambda; X)$ კომპლექსის ანალიზს Q ვექტორის კოორ-
დინატების მოძებნის გზით, ეწოდება Q ანალიზი..
Q ვექტორი გვიჩვენებს, თუ რამდენად კარგად არის
სიმპლექსები ერთმანეთთან ბმული სხვადასხვა
დონეზე

(სხვადასხვა k -თვის). ოთხეულს $(X; Y; \lambda; \pi)$, $\lambda \subset$
 $X \times Y$; ვუწოდებთ სისტემას. π ასახვაა $\pi: K_Y(\lambda; X) \rightarrow$
 R - შესაბამისობა, რომლის დროსაც ყოველ სიმპ-
ლექსს შეესაბამება ნამდვილი რიცხვი. π -ს, ეწოდება
მოდელი $K_Y(\lambda; X)$ – სიმპლიციურ კომპლექსზე.

აღნიშნული მეთოდის საილუსტრაციოდ, გან-
ვიხილოთ ქალაქის გარკვეულ რეგიონში სარეკონ-
სტრუქციო სამუშაოების ჩატარების პროექტის შე-
ფასების და მართვის მაგალითი. დავუშვათ, დრო-
ის $(0, T]$ შუალედში განსახორციელებულია გარ-
კვეული სამუშაოების ჩატარება: ახალი ობიექტების
აშენება, ძველის დანგრევა, დანიშნულების შეცვლა
და სხვ. ასეთი ობიექტების სიმრავლე აღვნიშნოთ

K -თი. სარეკონსტრუქციო სამუშაოების განხორციელება შესაძლებელია სხვადასხვა თანამიმდევრობით (განიხილება სხვადასხვა პროექტი). ყოველი ასეთი პროექტი შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც ასახვა $f: K \rightarrow (0, T] \times \{1; n\}$. n – რეგიონების რაოდენობაა. $f(k) \equiv (t_k, i_k)$ აღნიშნავს იმას, რომ მოცემული პროექტის მიხედვით k ობიექტის აშენება (დანგრევა თუ სხვა რამ), იწყება k რაიონში, დროის t_k მომენტში.

ვთქვათ τ_k არის ის დრო, რომელიც საჭიროა k ობიექტის აშენებისათვის (დანგრევისათვის, რესტავრაციისათვის და სხვა). ყოველ f გეგმას შევუსაბამოთ რიცხვთა ისეთი ზრდადი მიმდევრობა რომლის პირველი წევრია $0 (Q_1 = 0)$, ხოლო დანარჩენი Q_m წევრები მიიღება $\{t_k: t_k + \tau_k: k = 1; 2; \dots\}$ სიმრავლის ელემენტების ზრდადობის მიხედვით დალაგების შედეგად.

რეგიონში განხორციელებული ყოველი ქმედებისას იცვლება მოსახლეობის ინტერესების დაკმაყოფილების g ; პარამეტრების სიდიდეები [5,11].

დავუშვათ, განსახილველ რეგიონში ცხოვრობს მოსახლეობის ერთგვაროვანი Q (q_1, q_2, \dots) ჯგუფები (ერთნაირი ინტერესების მქონე ადამიანთა ჯგუფები). J არის იმ ინტერესების სიმრავლე, რომლებიც შეიძლება ჰქონდეს მთლიანად ყველა ჯგუფის მოსახლეობას.

მოსახლეობის გარკვეული ჯგუფისათვის, ყოველი $j \in J$ ინტერესისათვის და i -ური რეგიონისათვის, $\xi(i, j)$ და $\eta(j)$ სიმბოლოებით აღნიშნოთ შესაბამისად i -ურ რეგიონში j ინტერესის დაკმაყოფილების პარამეტრი და აღნიშნული ჯგუფისათვის j ინტერესის დაკმაყოფილების აუცილებლობის წონა ($\sum_{j \in J} \eta(j) = 1$).

მაშინ Q ჯგუფის ყოველი ერთგვაროვანი ჯგუფის მოსახლეობისათვის ინტერესების დაკმაყოფილების პარამეტრები განისაზღვრება გამოსახულებით:

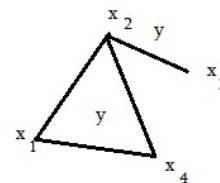
$$g_i = \sum_{j \in J} \xi(i, j) \eta(j) \quad i = 1, 2, \dots$$

განვიხილოთ სისტემა $(J; I; p; \pi)$, სადაც I და J შესაბამისად რეგიონების და ინტერესების სიმრავლეებია, p არის J და I სიმრავლის ელემენტებს შორის მიმართება, ამასთან $(j; i) \in p \Leftrightarrow \xi_{ij} \neq 0$ ანუ რაიმე ინტერესი და რომელიმე რეგიონი იმყოფება p მიმართებაში, მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა აღნიშნულ რაიონში შესაძლებელია მოცემული ინტერესის დაკმაყოფილება. ხოლო π მოდელი p მიმართების შესაბამის კომპლექსზე განსვსაზღვროთ შემდეგ სახით: $\pi[x_0; x_1; \dots; x_k] = \sum_{\xi(i,j) \neq 0} \sum_{i=1}^k \xi(i, j) \eta(j)$.

მივიღოთ შეთანხმება, რომ თუ რეგიონში მცხოვრებს აქვს ინტერესების $J' \subset J$ სიმრავლე, ხოლო რაიმე რაიონში კმაყოფილდება J' -ის მხოლოდ ნაწილი J'' , მაშინ ასეთი მაცხოვრებლისათვის, რაიონი საერთოდ არ არის არჩევანის (მიზიდვის) კანდიდატი. ახლა, თუ ინტერესების ყოველ სიმპლექსს შევხედავთ როგორც მაცხოვრებლის ინტერესების სიმრავლეს, π მოდელს შეგვიძლია მივცეთ შემდეგი ფიზიკური ინტერპრეტაცია:

$\pi(\sigma)$ არის რეგიონში σ -ს დაკმაყოფილების g პარამეტრი [6].

ორი რაიონის შემთხვევისათვის, დავუშვათ, გვაქვს p -ს შესაბამისი შემდეგი სიმპლიციური კომპლექსი (სურ. 2.)



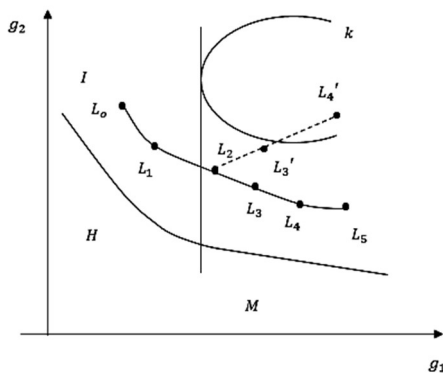
სურ. 2

π მოდელს ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} \pi = & \xi_{21}\eta_1x_1 + (\xi_{12} + \xi_{22})\eta_2x_2 + \xi_{13}\eta_3x_3 + \xi_{24}\eta_4x_4 + \\ & (\xi_{21}\eta_1 + \xi_{22}\eta_2)x_1x_2 + (\xi_{21}\eta_1 + \xi_{24}\eta_4)x_1x_4 + (\xi_{22}\eta_2 + \\ & \xi_{24}\eta_4)x_2x_4 + (\xi_{12}\eta_2 + \xi_{13}\eta_3)x_2x_3 + (\xi_{21}\eta_1 + \xi_{22}\eta_2 + \\ & \xi_{24}\eta_4)x_1x_2x_4 = 0.4x_1 + 0.44x_2 + 0.42x_3 + 0.1x_4 + \\ & 0.41x_1x_2 + 0.5x_1x_4 + 0.11x_2x_4 + 0.85x_2x_3 + \\ & 0.42x_1x_2x_4. \end{aligned}$$

x_2x_3 წევრის კოეფიციენტი g_1 -ია, ხოლო $x_1x_2x_4$ - ის კოეფიციენტი g_2 .

აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ პრაქტიკულად $\eta(j)$ წონები მუდმივია $(0, T]$ დროის შუალედში, ხოლო $(i, j]$ და მაშასადამე g_i პარამეტრებზე გავლენას ახდენს მხოლოდ f გეგმით გათვალისწინებული სამუშაოები. აქედან გამომდინარე დროის შუალედში g_i პარამეტრები შეიძლება შეიცვალოს მხოლოდ დროის Q_m მომენტებში. ამრიგად, ყოველ f გეგმას შეესაბამება (g_1, \dots, g_k) სივრცეში წერტილების გარკვეული მიმდევრობა. ზემოთ მოყვანილი მაგალითის შემთხვევაში (g_1, g_2) სიბრტყეზე, დროის ყოველი t_k და $t_k + \tau_k$ მომენტებისათვის, გვექნება წერტილების გარკვეული მიმდევრობა L_0, L_1, \dots, L_k (იხ. სურ.3.).



სურ. 3

(g_1, g_2) სიბრტყის პირველ მეოთხედში გამოყოფილია ის (H, M, G, I) არეები, რომელთა შიგნით ჩვენ

მიერ განხილული დინამიკური პროცესები არ განიცდის ნახტომისებრ ცვლილებას (კატასტროფას) [5].

ხშირ შემთხვევაში [6,10], Q - ანალიზის მეთოდის გამოყენებისას, თუ ორ სიმრავლეთა გარკვეულ ელემენტებს შორის კავშირი არის უმნიშვნელო (მცირე), სხვა კავშირებთან შედარებით, ასეთ კავშირს მიიჩნევენ ნულად. ასე მაგალითად, [7] ნაშრომში, თუ r_i მოქალაქეს და l_j დასასვენებელ პარკამდე მისვლას სჭირდება ნახევარ საათზე მეტი, მაშინ ვთვლით, რომ $\lambda_{ij} = 0$ ანუ ამ ორ ელემენტს შორის არ არსებობს კავშირი. ცხადია, ასეთი დაშვების საფუძველზე იკარგება მნიშვნელოვანი ინფორმაცია და რადგანაც, ქალაქში მიმდინარე დინამიკური პროცესების განმსაზღვრელი სტრუქტურა ფორმირდება $\lambda_1; \lambda_2; \dots; \lambda_s$ მიმართებათა კომპოზიციის სახით [6], ამ რეალობის უგულვებელყოფამ, შეიძლება მიგვიყვანოს თვისობრივად არასწორ შედეგებამდე.

აღნიშნული პრობლემის მოგვარება შესაძლებელია შემდეგი გზით [9]. განვიხილოთ X და Y სიმრავლეები როგორც არამკაფიო სიმრავლეები. არამკაფიო მიმართება ამ ორ სიმრავლეს შორის არის X და Y სიმრავლეების დეკარტული ნამრავლის ნებისმიერი ქვესიმრავლე. სხვანაირად, არამკაფიო მიმართება $X \times Y$ სიმრავლეზე არის R გარდაქმნა:

$$R: X \times Y \rightarrow [0; 1]$$

არამკაფიო მიმართების დროს შესაძლებელია სიმრავლეების ელემენტებს შორის ნაწილობრივი კავშირების არსებობა. თუ რომელიღაც $(x; y)$ წყვილისათვის მიკუთვნების ფუნქცია $R(x; y) = 1$, მაშინ ისინი უშუალო კავშირში არიან, თუ $R(x; y) = 0$, მაშინ, მათ შორის კავშირი არ არის, ხოლო როდესაც $0 < R(x; y) < 1$, მაშინ ამ ელემენტებს შორის არსებობს ნაწილობრივი კავშირი. არამკაფიო სიმრავლეების

დროს დეკარტული ნამრავლი განისაზღვრება შემდეგი სახით. დავუშვათ X არის არამკაფიო უნივერსალური სიმრავლის X^* ქვესიმრავლე, ხოლო Y კი Y^* უნივერსალური სიმრავლის ქვესიმრავლეა. მაშინ დეკარტული ნამრავლი:

$$X^* \times Y^* = \int_{X^* \times Y^*} \mu(x) \wedge \mu(y) / (x, y)$$

სადაც $X^* \times Y^* \equiv \{(x; y): x \in X^*; y \in Y^*\}$, სიმბოლო \wedge , აღნიშნავს \max . $\mu(x)$ და $\mu(y)$ შესაბამისად x და y მიკუთვნების ფუნქციებია.

როდესაც R მიმართებაა $X \rightarrow Y$, ხოლო S მიმართებაა $Y \rightarrow S$, მაშინ $R \circ S$, მიმართებათა ნამრავლი განისაზღვრება შემდეგი სახით:

$$R \circ S = \int_{x \times z} V_y ((\mu_R(x; y) \wedge \mu_S(y; z)) / (x; z))$$

აქ სიმბოლოები V , და \wedge აღნიშნავენ შესაბამისად \max და \min .

ამ მიდგომის გამოყენებისას, ზემოთ მოყვანილი მაგალითის – სარეკონსტრუქციო სამუშაოების ჩატარების პროექტის შეფასების და მართვის თაობაზე რეგიონში ადგილი ჰქონდა მოსახლეობის რაოდენობის მკვეთრ ზრდას ტრაექტორია L_0, L_1, L_2, L_3, L_4 , (სურ.2.).

მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ლინგვისტური ცვლადის მიკუთვნების ფუნქცია

[13]. დავუშვათ მოცემულია ლინგვისტური ცვლადი $\langle x, Tx, X \rangle$, ტერმ სიმრავლე $T_x = \{X^p\}$, $p = \overline{1, h}$, არის X^p - ტერმები – გადანომრილ ეტალონურ არამკაფიო სიმრავლეებია. ვთვლით, რომ $X \in R^1$. ამ შემთხვევაში T_x -სიმრავლე დალაგებული უნდა იყოს შემდეგი პირობების შესაბამისად:

$$(\forall X^p \in T_x)(\forall X^q \in T_x)[p > q \Leftrightarrow (\forall x' \in X_0^p)(\forall x'' \in X_0^q)(x' > x'')], p, q = \overline{1, h}$$

რაც მდგომარეობს იმაში, რომ რაც უფრო მარცხნივ მდებარეობს „მატარებელი“, მით უფრო მცირე ნომერი მიეკუთვნება შესაბამის ტერმს. გარდა ამისა, გარკვეული შეზღუდვები ედება ტერმების $X^1; X^2; \dots; X^h$ მიკუთვნების ფუნქციების ზომებს, მდებარეობას და ფორმას, კერძოდ:

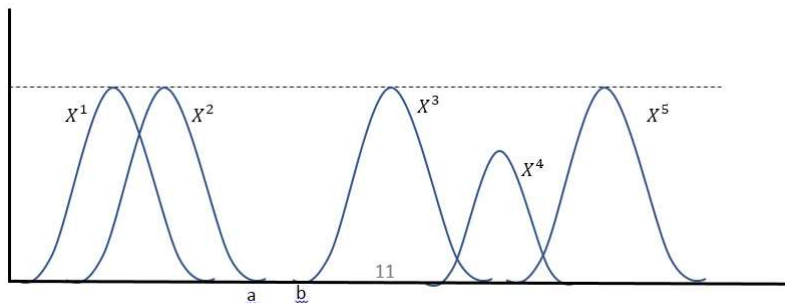
$$\begin{aligned} X'(x) &= 1, \text{ თუ } x < X'; \\ X'(x) &\in [0; 1), \text{ თუ } x > X'; \\ X^h(x) &\in [0; 1), \text{ თუ } x < X^h; \\ X^h(x) &= 1, \text{ თუ } x > X^h, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{სადაც } X^p = \underset{x \in X_0^p}{\operatorname{argmax}} \{X^p(x)\}, p = \overline{1, h}.$$

$$(\forall X^p \in T_x) (0 < \max(X^p(x) \wedge (X^{p+1}(x))) < 1) \quad (3)$$

$$(\forall X^p \in T_x) (\exists x \in X) (X^p(x) = 1) \quad (4)$$

ქვემოთ (სურ. 4) ნაჩვენებია აღნიშნული შეზღუდვების გრაფიკული ილუსტრაცია, როდესაც $h=5$



სურ. 4

(2) პირობები კრძალავს, რომ მიკუთვნების ფუნქციებს პირველი და ბოლო ტერმისა ჰქონდეთ ტრაპეციული ფორმა. $[X^1; X^5]$ ინტერვალებს მიღმა, მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობები უნდა იყოს ერთის ტოლი. პირობები (2) და (4) კრძალავს $X^1; X^2$ და $X^2; X^3$ წყვილ ტერმების არსებობას, რადგანაც პირველ შემთხვევაში არ არსებობს ცნებათა განსხვავება, რომლებითაც ხასიათდება $X^1; X^2$ ტერმები. ხოლო მეორე შემთხვევაში კი $[a, b]$ უბანზე, ლინგვისტურ ცვლადს არ შეესაბამება არავითარი ცნება. (4) შეზღუდვა უშვებს ტერმებს, რომელთა მიკუთვნების ფუნქციებია გაუსის ფორმის, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც მას აქვს X^4 სახე

ამ შემთხვევაში, ინცინდენტურობის მატრიცის (1) ელემენტები იქნება არა 0 და 1, არამედ, $R(x, y)$ მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობები $0 \leq R(x, y) \leq 1$

ამ მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი.

ვთქვათ, $X \equiv Q (Q_1, Q_2, \dots)$ არის განსახილველ რეგიონში მოსახლეობის ერთგვაროვანი სიმრავლეს და მათი ჯამური ინტერესების სიმრავლე $J=Y$ (.). თუ ჩვენ უგულებელვყოფთ იმ ფაქტს, რომ თითოეულ Q_i ჯგუფში, არ არსებობს იერარქიული სტრუქტურები, განპირობებული ჯგუფში შემავალი ინდივიდების ავტორიტეტით, გავლენით, ლიდერობის უნარით და სხვა, მაშინ, $\lambda_{ij} = 1$ ან $\lambda_{ij} = 0$. სინამდვილეში, რადგანაც, ყოველ სოციალურ ჯგუფში არსებობს იერარქიული სტრუქტურები შემოვიტანოთ ყოველ Q_i ჯგუფში იერარქიული სტატუსის h გრადაცია (ანუ არის ტერმები), $h = 0, 1, 2, \dots, H_i$. ამასთანავე, ვგულისხმობთ, რომ $h_1 < h_2 < h_3 < \dots < H_i$. ვთვლით, რომ არსებობს Q_k ადამიანების ჯგუფი, რომელთა მიკუთვნება, რომელიმე სოციალურ ჯგუფთან შეუძ-

ლებელია, ამ ჯგუფში ადამიანების რაოდენობა ადვანიშნით N_i^0 , შესაბამისად შეგვიძლია დავწეროთ [12]:

$$N = N_0 + \sum_{i=1}^{H_i} \sum_{h=0}^{H_i} N_i^h = N_i$$

იერარქიული სტატუსი განსაზღვრავს იერარქიულ სტრუქტურას სოციალურ ჯგუფში $\sum_{k=0}^{h-1} N_i^k$. ესაა იმ ადამიანთა რაოდენობა, რომელთა სტატუსი Q_i ჯგუფში, ნაკლებია h -ზე. მაშინ, h სტატუსის პიროვნებათა პოტენციალი Q_i სოციალურ ჯგუფში განისაზღვრება გამოსახულებით

$$g_i^h(N_i) = \sum_{k=0}^h \frac{N_i^k}{N_i} \quad i=1, 2, \dots, Q \quad (5)$$

Q_i ჯგუფის პოტენციალი კი გამოითვლება ფორმულით

$$g_i(N_i) = \sum_{h=0}^{H_i} \sum_{k=0}^{e_i} N_i^k \quad i=1, 2, \dots, Q$$

როდესაც $Q \equiv X$ ამ შემთხვევაში, ინცინდენტურობის მატრიცის (1) ელემენტებია უკვე, არა „0“ და „1“, არამედ მატრიცები.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ერთგვაროვან სოციალურ ჯგუფებში განსაზღვრული სტატუსის სიდიდეები საშუალებას გვაძლევს გარკვეული „დახმარება“ აღმოუჩინოთ ექსპერტებს მახასიათებელი ფუნქციის განსაზღვრავად.

ადვილი დასანახია, რომ ლინგვისტური ცვლადის ტერმები, განსაზღვრულია იერარქიული სტრუქტურების შემოტანით, აკმაყოფილებს ზემოთ მოყვანილ ლინგვისტური ცვლადის მიკუთვნების ფუნქციის შეზღუდვებს.

დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილია და განხილული ინტეგრირებული ვებპლატფორმის მათემატიკური

მოდულის ის ძირითადი ინსტრუმენტები და მეთოდები, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელია შევასოთ ქალაქში მიმდინარე პროცესები სისტემური ანალიზის საფუძველზე და მივიღოთ ოპტიმალური გადაწყვეტილებები აღნიშნული პროცესების მართვისა და რეგულირებისათვის.

ლიტერატურა

1. Akhobadze M., Dolidze M., Shalamberidze I. An integrated web platform for “Smart City”. Georgian Technical University. Scientific-technical journal “Energia”. N1(89). 2019, 76-83 pp. (In Georgian).
2. Akhobadze M., Shalamberidze I. Web platform for “Smart City” data collection and analytics. *Economia argo-alimentare/Food Economy*. Vol. 21(3). 2019, 847-854 pp.
3. Koch R. Pareto principle. 2018. (In Russian).
4. Atkin R. H. Mathematical structure in human affairs. London: “Heinemann”. 4. 1972.
5. Akhobadze M. Issues of mathematical modeling of macro-systems. Monograph. Tbilisi. 1997. (In Georgian).
6. Akhobadze M., Kurtskhalia E. Method and algorithm of the distribution and estimation of disturbances in the system. Works of GTU. N2 (512). 2019, 55-63 pp. (In Georgian).
7. Akhobadze M., Prangishvili A., Mikiashvili G. For the regulation of the traffic flow in the city. Georgian Technical University. Scientific-technical journal “Modern problems of architecture and urban construction”. N6. 2016, 92-103 pp. (In Georgian).
8. Germeyer Y.B. Introduction to the theory of successive operations. M.: “Nauka”. 1971. (In Russian).
9. Zadeh L.A. Fuzzy sets, information and control. Vol. 8. 1965.
10. Akhobadze M., Tevdoradze Z. Fuzzy sets and examples of their use. Monograph. Georgian Technical University. Tbilisi. 2001. (In Georgian).
11. Akhobadze M.N., Kurtskhalia E.J. Dynamics model of demographic resources by considering the interests of various groups of population. All-Russian Scientific and Research Institute for Certification (VNIIS) Moscow. 1990, 5 p. (In Russian).
12. Weidlich W. Synergetic modeling concepts for sociodynamics with application to collective political opinion formation. *Journal of mathematical sociology*. Vol.18. 1994, 267 -291 pp.
13. Kudinov Y.I., Kelina A.Y. et al. Analysis of control system models with conventional LQR and fuzzy LQR controller. 2019. (In Russian).

UDC 781.63

SCOPUS CODE 1703

Math module tools of integrated web platform

Merab Akhobadze Department of Interdisciplinary Infomatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: meakhobadze@yahoo.com

Maya Dolidze Department of Interdisciplinary Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: maiadolidze66@gmail.com

Reviewers:

E. Kurtskhalia, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

M. Brelidze, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: marinabrelidze@gmail.com

Abstract. A “Smart City” concept is the concept of integration, systemic modeling and control, when the city is considered as a single dynamic unity of the processes occurring in it. This kind of method requires creating such technology and information systems, which will automatically gather information about the processes occurring in the city, analyze and synthesize the alternative decisions to manage the city.

We developed an integrated software package of web platform, which allows the users to register and process the parameters typical to the city objects and the processes taking place in the city by using systemic mathematical and software “tools”. The basic functional modules of the web platform are: 1. The module of mathematical modeling to show spatial and time processes occurring in the city; 2. The module of mathematical and software “tools” to analyze and control the processes taking place in the city; 3. The module to form and manage alternative decisions, and 4. The module to provide the expertise of decisions reached. The present paper gives the analysis of the basic mathematical methods and algorithms, which are the basis for common web platform “tools” and gives the expansion of q-analysis method of the algebraic topology by introducing implicit sets, what, in developing the alternative options of decisions, allows considering the minor parameters, which are usually ignored in the classical theory. Such an approach is very important to predict and avoid catastrophic situations. The paper gives an example illustrating the proposed method.

Key words: Fuzzy sets; modeling; Q-analysis; smart city; web platform.

UDC 781.63

SCOPUS CODE 1703

Инструменты математического модуля интегрированной веб-платформы

Мераб Ахобадзе Интердисциплинарный департамент, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: meakhobadze@yahoo.com

Майя Долидзе Интердисциплинарный департамент, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: maiadolidze66@gmail.com

Рецензенты:

Е. Курцхалия, профессор факультета информатики и систем управления, ГТУ
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

М. Брелидзе, ассоциированный профессор факультета информатики и систем, ГТУ
E-mail: marinabrelidze@gmail.com

Аннотация. Концепция «умного города» - это концепция интеграции, системного моделирования и управления, в которой город рассматривается как единое динамическое единство происходящих в нем процессов. Подобный подход требует создания таких технологий и информационных систем, которые в автоматическом режиме соберут информацию о происходящих в городе процессах, проанализируют и синтезируют альтернативные варианты принятий решений о правлении города. Нами разработан интегрированный программный пакет веб-платформы, который позволяет пользователям обрабатывать и вести учет системными, математическими и программными «инструментами» характерных параметров объектов города, процессов, происходящих в городе.

Основными функциональными модулями веб-платформы являются: 1. Модуль математического моделирования для отражения текущих пространственно-временных процессов в городе. 2. Математический и программный модуль «инструментов» для анализа и управления текущими процессами в городе. 3. Модуль для формирования альтернативных решений и их экспертизы. 4. Модуль экспертизы принятых решений.

В статье представлен анализ основных математических методов и алгоритмов, составляющих основу «инструментов» единой веб-платформы. Метод q-анализа алгебраической топологии был расширен за счет введения нечетких множеств, что позволяет нам учитывать даже малые параметры, которые игнорируются в классической теории при разработке альтернативных вариантов.

Ключевые слова: веб-платформа; моделирование; нечеткие множества; умный город; Q-анализ.

განხილვის თარიღი 25.06.2020

შემოსვლის თარიღი 29.06.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-33-56>

კონვოლუციური ნეირონული ქსელები

არჩილ ფრანგიშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: a_prangi@gtu.ge	ტექნიკური
ოლეგ ნამიჩეიშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge	ტექნიკური
მიხეილ რამაზაშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. გასიტაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: zur_gas@gtu.ge

ნ. მჭედლიშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: galoba47@mail.ru

ანოტაცია. ღრმა სწავლების ასპექტში სტატია განიხილავს ე.წ. კონვოლუციურ (ხვეული) ნეირონულ ქსელებს. სახელდობრ, ნაშრომში სისტემატური ფორმით გადმოცემულია შემდეგი საკითხები: კონვოლუციის («ნახვევის») ოპერაცია, ხვეული შრის ზოგადი სტრუქტურა, ხვეული ქსელის შემავალი და გამომავალი მონაცემები, შეცდომის უკუგავრცელების მეთოდი ხვეული ქსელებისათვის, დასასწავლი პარამეტრების რაოდენობის განსაზღვრა, ხვეული ქსელების შესანახად აუცილებელი მეხსიერების მოცულობის შეფასება, ხვეული ნეირონული ქსელების ხელნაწერ ციფრთა კლასიფიკაციის ამოცანაში გამო-

ყენების მაგალითი, ხვეული ქსელების აგების პრინციპები, მოდელის დეგრადაციის პრობლემა, ღრმა (სიღრმისეული) ნარჩენი ქსელები და ხელნაწერ ციფრთა კლასიფიკაციის ამოცანაში ღრმა ნარჩენი ქსელების გამოყენების მაგალითი. საგანგებოდ მახვილდება ყურადღება ხვეული ნეირონული ქსელების არქიტექტურათა განვითარებაზე.

საკვანძო სიტყვები: ნახვევის ოპერაცია, შეცდომის უკუგავრცელების მეთოდი, დასასწავლი პარამეტრები, ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაცია, მოდელის დეგრადაცია, ღრმა (სიღრმისეული) ნარჩენი ქსელი.

შესავალი

ამჟამად ხელოვნური ნეირონული ქსელი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ამოცანის გადასაჭრელად რეალურ ცხოვრებაში. ისეთი პრობლემები, როგორცაა მეტყველების გამოცნობა ან სიმბოლოების ოპტიკური გამოცნობა, დღეს წყდება დიდი სიზუსტით ნეირონული ქსელების გამოყენების საფუძველზე. მოცემულ ნაშრომში ნეირონული ქსელის ერთ-ერთი სპეციალური არქიტექტურა განიხილება – ხვეული (კონვოლუციური) ნეირონული ქსელი, ასევე მისი სტრუქტურა და გამოყენება მონაცემთა სხვადასხვა ტიპის კლასიფიკაციისათვის.

ძირითადი ნაწილი

კონვოლუციის ოპერაცია და კონვოლუციური ქსელის ცნება

კონვოლუციური ნეირონული ქსელები ისეთი ნეირონული ქსელების სახეა, რომლებიც თუნდაც ერთ-ერთ თავიანთ შრეებზე გამოიყენებს გარდასახვად კონვოლუციის («ნახვევის») ოპერაციას. კონვოლუცია არის ორ ნამდვილიწმნა ფუნქციაზე განხორციელებული ოპერაცია. ამ ოპერაციის მუშაობის გასაგებად მივმართოთ [3] ნაშრომში განხილულ მაგალითს.

დავუშვათ, რომ მიმდინარეობს კოსმოსურ საფრენ აპარატზე დაკვირვება ლაზერის მეშვეობით. ლაზერი უზრუნველყოფს $x(t)$ გამომავალ სიგნალს - ხომალდის მდგომარეობას დროის t მომენტში. ხმაურით ნაკლებად დაბინძურებული სიგნალის მისაღებად და ხომალდის მდებარეობის უფრო ზუსტად შესაფასებლად აუცილებელია რამდენიმე ახლო გაზომვის გასაშუალება. ამასთან, რაც უფრო ადრე ან რაც უფრო გვიან მიმდინარე მომენტის მი-

მართ განხორციელებულია გაზომვა, მით უფრო ნაკლებ გავლენას უნდა ახდენდეს მოცემული გაზომვა დასადგენ საშუალოზე. ამიტომ აუცილებელია გამოითვალოს შეწონილი საშუალო

$$s(t) = \int x(a)w(t-a)da.$$

სწორედ რომ ამ ოპერაციას ეწოდება კონვოლუცია და იგი შემდეგნაირად აღინიშნება:

$$s(t) = \langle x * w \rangle (t).$$

კონვოლუციური ნეირონული ქსელების ტერმინოლოგიაში კონვოლუციის პირველ ელემენტს - $x(\cdot)$ ფუნქციას – ეწოდება *შესასვლელი*, ხოლო მეორე არგუმენტს - $w(\cdot)$ ფუნქციას – *კონვოლუციის ბირთვი*. ამასთან ერთად გამოსასვლელს ეწოდება *ნიშნების რუკა* (feature map). მონაცემები კომპიუტერში დისკრეტულია და გაზომვები ხდება დროის გარკვეული ინტერვალით (ვთქვათ, ერთჯერ წამში), ამიტომ, როგორც წესი, განიხილება დისკრეტული კონვოლუცია

$$s(t) = \langle x * w \rangle (t) = \sum_{a=-\infty}^{\infty} x(a)w(t-a).$$

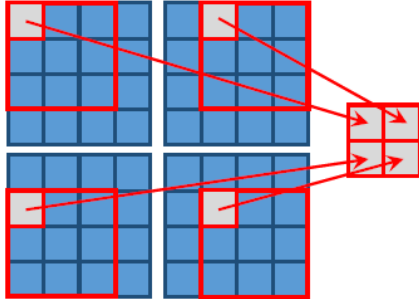
მანქანური სწავლების ამოცანებში შესასვლელი არის მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი მასივი (ტენზორი), ხოლო ბირთვი – ისეთი პარამეტრების მასივია, რომლებიც შეირჩევა სწავლებით. მაგალითად, თუ შესასვლელზე არის ორგანზომილებიანი I გამოსახულება და K ბირთვი, მაშინ კონვოლუციის ოპერაცია შემდეგნაირად გამოიყურება:

$$s(i, j) = \langle I * K \rangle (i, j) = \sum_m \sum_n I(m, n)K(i-m, j-n).$$

კონვოლუციის ფუნქცია არის კომპუტაციური, ასოციაციური და წრფივი. ღრმა (სიდრმისეული) სწავლების ბიბლიოთეკათა უმრავლესობა ახდენს

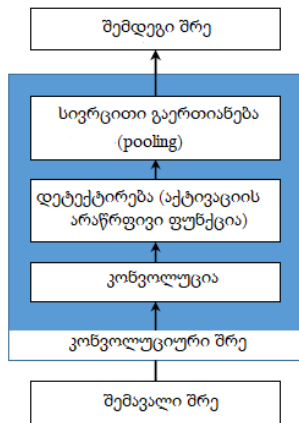
კროს-კორელაციის ბმული ფუნქციის რეალიზებას და სწორედ მას უწოდებენ კონვოლუციას (სურ. 1):

$$s(i, j) = \langle I * K \rangle(i, j) = \sum_m \sum_n I(i+m, j+n) K(m, n).$$



სურ. 1. კონვოლუციის ოპერაციის მუშაობის სქემა 4×4 პიქსელის გარჩევითობის გამოსახულებაზე 3×3 ზომის ბირთვით (წითელი ჩარჩო შეესაბამება ფილტრის მდგომარეობას შემოვლისას; ნაცრისფერი კვადრატი წითელ ჩარჩოში - ფილტრის წამყვან პოზიციას)

უნდა აღინიშნოს, რომ შემავალი ტენზორის საზღვრების დამუშავება შეიძლება სხვადასხვანაირად ხდებოდეს. როგორც წესი, ტენზორის შევსება ხდება ნულოვანი საზღვრებით. მათ საჭიროებას განსაზღვრავს კონვოლუციის გამოთვლის აუცილებლობა სასაზღვრო წერტილებზე.



სურ. 2. კონვოლუციური შრის ტიპური სტრუქტურა [3]

2. კონვოლუციური შრის ზოგადი სტრუქტურა

კონვოლუციური ნეირონული ქსელის ტიპური შრე შედგენილია სამი სტადიით [3], როგორც ეს მე-2 სურ-ზეა ნაჩვენები:

1. **წრფივი აქტივაციების კრებულის შექმნა** ერთი ან რამდენიმე პარალელური კონვოლუციის შესრულებით.

2. **დეტექტირება** – აქტივაციის არაწრფივი ფუნქციის გამოყენება ყველა წრფივი აქტივაციის მიმართ.

3. **სივრცითი გაერთიანება** (pooling) გამოსასვლელის შეცვლის მიზნით ქსელის მომდევნო შრეზე გადასაცემად.

თუ პირველ სტადიაზე გასაგებია, რომ სრულდება კონვოლუციის ოპერაცია, რომლის არსი აღწერილია ზემოთ, ხოლო მეორე სტადიაზე გამოიყენება აქტივაციის არაწრფივი ფუნქცია (ტიპური ფუნქციები განხილულია ლექციაში მრავალშრიანი სრულადბმული ქსელების შესახებ), მაშინ მესამე სტადიაზე ხორციელდება სივრცითი გაერთიანება.

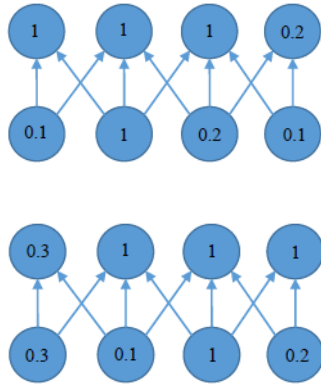
გაერთიანების არსი ისაა, რომ შეიცვალოს (ჩანაცვლდეს) ქსელის გამოსასვლელი კრებვითი სტატისტიკით გამოსასვლელთა მიდამოში.

გაერთიანების ოპერაციის მაგალითია max-pooling ოპერაცია, რომელიც უზრუნველყოფს მაქსიმუმის არჩევას მართკუთხა არეში.

გაერთიანების სხვა ფართოდ ცნობილ ოპერაციათა მაგალითებია საშუალო მართკუთხა მიდამოში (average pooling), L^2 – ნორმა მართკუთხა მიდამოში, შეწონილი საშუალო მანძილის საფუძველზე ცენტრალური პიქსელის მიმართ.

ფუნქციის არჩევისგან დამოუკიდებლად, სივრცითი გაერთიანება ხელს უწყობს იმას, რომ წარმოდგენა გახდეს ინვარიანტული შესასვლელთა ჩანაცვლების მიმართ. ეს ნიშნავს, რომ, თუ ობიექტი ოდნავ ჩანაცვლდება გამოსახულებაზე, მნიშვნელობები გაერთიანების სტადიის გამოსასვლელზე პრაქტიკულად არ შეიცვლება (სურ. 3).

მაგალითად, თუ წყდება გამოსახულებაზე სახის არსებობის განსაზღვრის ამოცანა, აუცილებელი არ არის თვალების ზუსტი ადგილმდგომარეობის ცოდნა გამოსახულებაზე, საკმარისია ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ სახის მარცხენა და მარჯვენა მხარეზე არის თითო-თითო თვალი [3].



სურ. 3. max-pooling სივრცითი გაერთიანების ოპერაციის ინვარიანტობა წანაცვლების (გერის) მიმართ. ოპერაცია სრულდება ერთეულოვანი ბიჯით [3]

ვინაიდან სივრცითი გაერთიანების ოპერაცია განაზოგადებს გამოძახილებს გარკვეულ მიდამოში, ამიტომ მოცემულ სტადიაზე შეიძლება ნეირონების ნაკლები რაოდენობის გამოყენება, ვიდრე დეტექტირების სტადიაზე.

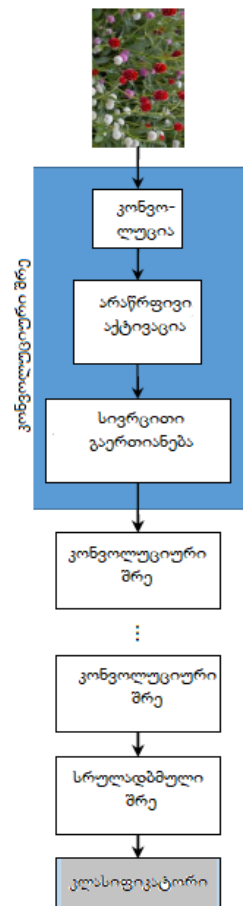
ამის რეალიზება ხდება მიდამოების გაერთიანებისას ერთზე უფრო დიდი ბიჯის (stride) გამოყენებით. შედეგად, იზრდება ქსელის გამოთვლითი ეფექტიანობა, რადგან შემდეგი ფენის შესასვლელის ზომა რამდენჯერმე ნაკლებია (დაახლოებით, stride-ჯერ), ვიდრე წინა კონვოლუციური შრის შემავალი შრე [3].

კონვოლუციური ნეირონული ქსელის ზოგადი სტრუქტურა წარმოდგენილია კონვოლუციურ შრეთა (კონვოლუციით, აქტივაციის ფუნქციით და სივრცითი გაერთიანებით შედგენილ სამეულთა)

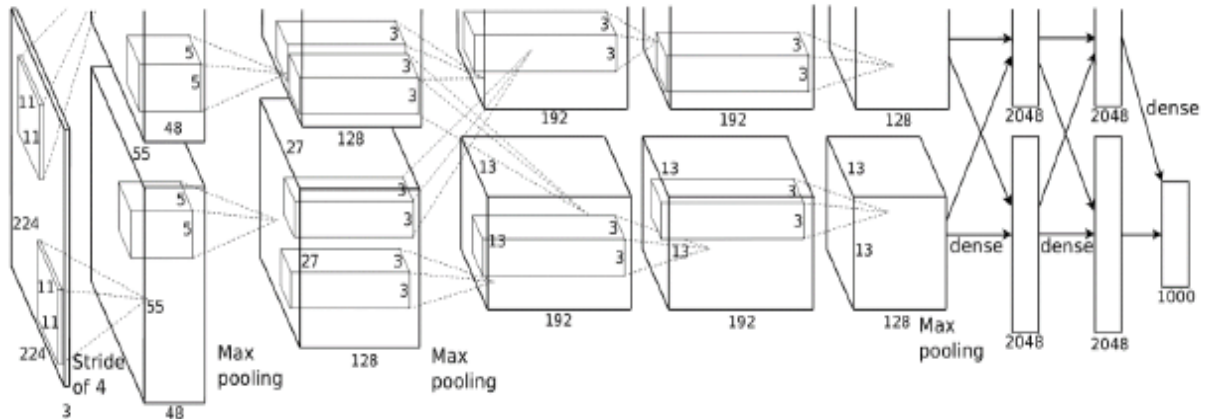
სტეკით, რომელსაც ბოლოში აქვს სრულადბმული ფენების გარკვეული რაოდენობა და კლასიფიკატორი (სურ. 4, 5).

რაც უფრო ზევითაა ფენა, გამოსახულებათა მით უფრო რთული ელემენტების გამოცნობის საშუალებას იძლევა იგი (წიბოების, წიბოების კომბინაციების, ტექსტურის, ობიექტების ნაწილების, ობიექტების კლასების), რაც გარკვეულ პირობებში უზრუნველყოფს ამოცანის ამონახსნის ხარისხის ზრდას.

გამოსახულებათა მრავალკლასიანი კლასიფიკაციის ამოცანის ამოხსნის შედეგების სტატისტიკა ImageNet (ცხრილი 1) მონაცემთა კრებულზე გვიჩვენებს, რომ კონვოლუციური ქსელების გაჩენის მომენტიდან შეინიშნება ქსელის სიღრმის ზრდა.



სურ. 4. კონვოლუციური ქსელის სტანდარტული სქემა



სურ. 5. AlexNet ქსელის სტრუქტურა [6]

ცხრილი 1

გამოსახულებათა მრავალკლასიანი კლასიფიკაციის ამოცანის ამოხსნისას უკეთესი შედეგების მომცემი კონვოლუციური ნეირონული ქსელების სიღრმის ზრდა

წელი	ჯგუფი	მეთოდი	კლასიფიკაციის შეცდომა	ფენათა რიცხვი
2012	SuperVision (University of Toronto, Canada)	Convolutional Neural Network (AlexNet)	0.15315	8
2013	Clarifai	Multiple Neural Networks	0.11197	8
2014	GoogLeNet	Convolutional Neural Network (GoogLeNet)	0.06656	22
2015	MSRA	Deep Residual Network (ResNet)	0.03567	152

3. კონვოლუციური ქსელის შემავალი მონაცემები მონაცემები, რომლებიც მიეწოდება კონვოლუციური ქსელის შესასვლელზე, როგორც წესი, მრავალარხიანია. ამასთან ერთად ყოველ არხს შეესა-

ბამება ხარისხობრივად სხვადასხვა დაკვირვება, რომლებიც მიღებულია ერთსა და იმავე წერტილზე სივრცეში ან დროში. ქვემოთ (ცხრილი 2) მოყვანილია შემავალი მონაცემების ტიპური მაგალითები.

ნეირონული ქსელების შემავალი მახასიათებლების მაგალითები [3] და კონვოლუციათა გამოთვლის ხერხი

	ერთარხიანი მონაცემები	მრავალარხიანი მონაცემები
1D	<i>აუდიოსიგნალი</i> – დისკრეტული სიგნალი, რომელიც მიღებულია გარკვეული ბიჯით დროში. კონვოლუცია გამოითვლება დროითი ღერძის გასწვრივ.	<i>ჩონჩხის ანიმაციის მონაცემები</i> . დროის ყოველ მომენტში პერსონაჟის პოზა აღიწერება კუთხეებით, რომლებიც შექმნილია ჩონჩხის სახსრების შესაბამის წერტილებზე. მონაცემების ყოველი არხი, რომელიც მიეწოდება კონვოლუციური ქსელის შესასვლელს, არის კუთხე ერთი სახსრის ღერძის გარშემო
2D	<i>წინასწარ დამუშავებული აუდიო სიგნალი</i> – სიგნალი ფურიეს დისკრეტული გარდაქმნის გამოყენების შემდეგ. არის ორგანზომილებიანი მატრიცა, რომელშიც სტრიქონები შეესაბამება სხვადასხვა სიხშირეს, სვეტები კი – სხვადასხვა წერტილს დროის მიხედვით. სიგნალის კონვოლუცია დროში იძლევა მოდელს, რომელიც ინვარიანტულია წანაცვლების მიმართ დროის მიხედვით, კონვოლუცია სიხშირეთა მიხედვით კი – სიხშირის მიმართ ინვარიანტულ მოდელს.	<i>ფერადი გამოსახულება</i> RGB (ან BGR) ფორმატში. კონვოლუციის ბირთვი მოძრაობს ჰორიზონტული და ვერტიკალური მიმართულებებით ერთდროულად და ამით უზრუნველყოფს ინვარიანტობას წანაცვლების ოპერაციის მიმართ.
3D	<i>სივრცითი მონაცემები</i> . ტიპური მაგალითია კომპიუტერული ტომოგრაფიის მონაცემები.	<i>ფერადი ვიდეო</i> - ორგანზომილებიანი ფერადი გამოსახულებების კრებული.

4. კონვოლუციური ქსელის გამომავალი მონაცემები

კონვოლუციური ქსელები მაღალი განზომილების გამომავალ მონაცემთა გენერირების საშუალებას იძლევა და არა მხოლოდ კლასის ჭდის ან ნამდვილი მნიშვნელობის წინასწარმეტყველების კლასიფიკაციის ან რეგრესიის აღდგენის ამოცანათა ამოხსნისას. როგორც წესი, ეს არის ობიექტი, რომელიც არის ქსელის სტანდარტული კონვოლუციური (ან სრულადბმული) ფენის გამოსასვლელზე მიღებულ ტენზორს. მაგალითად, მოდელი შეიძლება

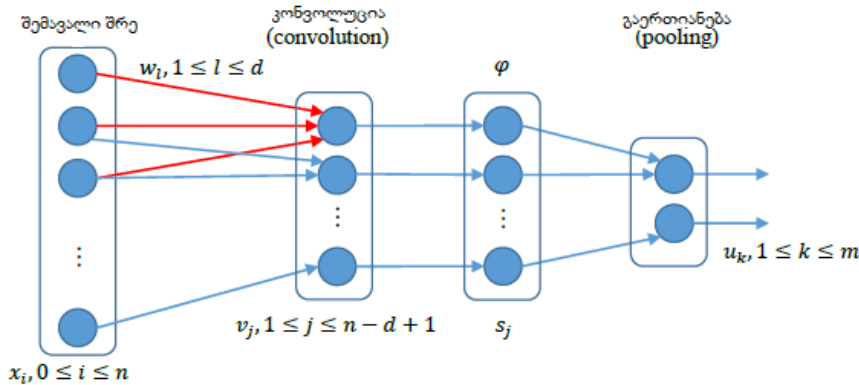
წარმოქმნიდეს სამგანზომილებიან ტენზორს $S_{i,j,k}$ ელემენტებით, რომლებიც შეესაბამება (i, j) პიქსელის k კლასისადმი მიკუთვნების ალბათობას. შედეგად მოდელი ყოველი პიქსელის მონიშვნისა და გამოსახულებაზე ობიექტების გამოყოფის – ესე იგი გამოსახულებათა სემანტიკური სეგმენტაციის ამოცანის გადაწყვეტის – საშუალებას იძლევა.

5. შეცდომის უკუგაგრძელების მეთოდი კონვოლუციური ნეირონული ქსელებისათვის

განვიხილოთ კონვოლუციური ნეირონული ქსელების სწავლების ზოგიერთი თავისებურება. შეც-

დომის უკუგავრცელების მეთოდის ზოგადი სქემა შედგება სამი ეტაპისგან: პირდაპირი გავლა (გრადიენტების გამოთვლა), შეცდომის ფუნქციისა და მისი გრადიენტის მნიშვნელობის გამოთვლა, უკუგავლა (შეწონვის კოეფიციენტების კორექცია). დავუშვათ, რომ კონვოლუციური ნეირონული ქსელის

სწავლების პროცესში არჩეულია შეცდომის $E(w)$ ფუნქცია. სიმარტივისათვის განვიხილოთ მხოლოდ ერთი ტიპური კონვოლუციური შრის შემცველი კონვოლუციური ქსელი. შემოვიღოთ აღნიშვნები ქვემოთ მე-6 სურათის შესაბამისად.



სურ. 6. ერთი კონვოლუციური შრის შემცველი ქსელის არქიტექტურა. კონვოლუციის ბირთვის ზომა – d , კონვოლუციის გავლის ნაბიჯი – 1

ქსელის პირდაპირი გავლის ეტაპზე სრულდება წარმოებულების გამოთვლა უცნობი წონითი კოეფიციენტების მიხედვით. მოცემულ შემთხვევაში უცნობია კონვოლუციის წონები (შემავალი სიგნალის კონვოლუციის ბირთვის ზომა და შემოვლის ბიჯი ფიქსირებულია). შემავალი სიგნალისადმი კონვოლუციის გამოყენების შედეგი ასეთნაირად გამოიყურება:

$$v_j = \sum_{i=1}^d x_{j+i-1} w_i = w^T x_{j:j+d-1}.$$

მაშინ კონვოლუციის ფუნქციის წარმოებული ბირთვის წონითი კოეფიციენტებით გამოითვლება ქვემოთ მოცემული ფორმულით:

$$\frac{\partial v_j}{\partial w_i} = x_{j+i-1}, \quad \forall i = \overline{1, d}.$$

როგორც შედეგი, შეცდომის ფუნქციის წარმოებული კონვოლუციის ბირთვის წონებით განისაზღვრება როგორც

$$\frac{\partial E(w)}{\partial w_i} = \frac{\partial E}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial w_i} = \sum_{j=1}^{n-d+1} \frac{\partial E}{\partial v_j} \frac{\partial v_j}{\partial w_i} = \sum_{j=1}^{n-d+1} \frac{\partial E}{\partial v_j} x_{j+i-1} = \langle \delta^{(conv)} * x \rangle(i) = \langle x * \delta^{(conv)} \rangle(i),$$

$$\delta^{(conv)} = \left(\frac{\partial E}{\partial v_j} \right)_{j=1, n-d+1},$$

$$\frac{\partial E}{\partial w} = \langle x * \delta^{(conv)} \rangle.$$

აქტივაციის ფუნქციისა და სივრცითი გაერთიანების (pooling) ფუნქციის წარმოებულები დამოკიდებულია არჩეულ ფუნქციათა სახეზე. აქტივაციის ფუნქციათა ჩამონათვალი განიხილებოდა ლექციაში

სრულადბმული ნეირონების შესახებ. გაერთიანების ფუნქციად შეიძლება იყოს არჩეული ნებისმიერი დიფერენცირებადი ნამდვილი ფუნქცია. ზოგად შემთხვევაში სივრცითი გაერთიანების ფუნქცია არის q -ცვლადის ფუნქცია: $u_k = p(s_{k:k+q-1})$, სადაც q განსახილველად მოცემული მიდამოს ზომაა. გაერთიანების ფუნქციებს და მათ წარმოებულებს შეიძლება შემდეგი სახე გააჩნდეს:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^q x_i}{q}, \quad \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{1}{q}, \quad \text{average pooling} \\ \max_{i=1,q} x_i, \quad \frac{\partial p}{\partial x_i} = \begin{cases} 1, & x_i = \max_{i=1,q} x_i \\ 0, & \text{სხვა შემთხვევაში} \end{cases}, \quad \text{max-pooling} \\ \|x\|_p = \left(\sum_{i=1}^q |x_i|^p \right)^{\frac{1}{p}}, \quad \frac{\partial p}{\partial x_i} = \left(\sum_{i=1}^q |x_i|^p \right)^{\frac{1}{p}-1} |x_i|^{p-1}, \quad L_p\text{-pooling} \\ p: \mathbb{R}^q \rightarrow \mathbb{R}, \quad \exists \frac{\partial p}{\partial x_i} \end{cases} \quad \mathbb{R}$$

აქტივაციის ფუნქციისა და სივრცითი გაერთიანების ფუნქციის წარმოებულების არსებობისას მივიღებთ, რომ შეცდომის ფუნქციის წარმოებული გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\frac{\partial E(w)}{\partial w_i} = \sum_{j=1}^{n-d+1} \frac{\partial E}{\partial u_k} \frac{\partial p}{\partial s_j} \frac{\partial \varphi}{\partial v_j} x_{j+i-1} = \langle x * \delta^{(conv)} \rangle(x_i),$$

$$\delta_{j,k}^{(conv)} = \frac{\partial E}{\partial u_k} \frac{\partial p}{\partial s_j} \frac{\partial \varphi}{\partial v_j} = \delta_k^{(pool)} \frac{\partial p}{\partial s_j} \frac{\partial \varphi}{\partial v_j}, \quad \delta_k^{(pool)} = \frac{\partial E}{\partial u_k}.$$

შემდეგ შეცდომის ფუნქციისა და მისი წარმოებულების მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე ხორციელდება წონითი კოეფიციენტების კორექცია ქსელის უკუგავლის მეშვეობით. გაერთიანების არჩევისას მაქსიმუმის მიხედვით ცხადია, რომ შეცდომის ფუნქციის გრადიენტი უკანასკნელ შრეზე მიდის s_j ნეირონისკენ, რომლის გამოსავლელზე მიღებულია მაქსიმალური მნიშვნელობა. ზოგად შემთხვევაში იგი ვრცელდება $\delta_k^{(pool)}$, $1 \leq k \leq m$ მნიშვნელობის შესაბამისად. მერე ეს

მნიშვნელობა გადაეცემა შექცეული მიმართულებით და გრადიენტების მნიშვნელობა კონვოლუციურ შრეზე განისაზღვრება $\delta_{j,k}^{(conv)}$, $1 \leq j \leq n-d+1$ სიდიდის გამოსათვლელი ფორმულის შესაბამისად [7]. მიღებული გრადიენტების საფუძველზე ხდება კონვოლუციის ბირთვის წონათა კორექტირება.

შეცდომის უკუგავრცელების მეთოდის მოყვანილი აღწერა ერთი კონვოლუციური შრის შემცველი ქსელის შემთხვევისათვის შეიძლება იყოს განზოგადებული კონვოლუციურ შრეთა ნებისმიერ რაოდენობაზე.

6. დასასწავლ პარამეტრთა რაოდენობის განსაზღვრა. ქსელის შესანახად აუცილებელი მეხსიერების მოცულობის შეფასება

კონვოლუციური ქსელის დასასწავლ პარამეტრთა რაოდენობის განსაზღვრის და ქსელის შესანახად აუცილებელი მეხსიერების მოცულობის შეფასების ამოცანები საყურადღებოც არის და პრაქტიკულად მნიშვნელოვანაც. პირველი ამოცანის გადაჭრა საშუალებას იძლევა შეფასდეს პარამეტრთა იმ სივრცის განზომილება, რომელშიც წყდება მიზნობრივი ფუნქციის მინიმუმის ამოცანა. მეორე ამოცანის გადაჭრა კი იმ გამოთვლითი რესურსების შეფასების საშუალებას იძლევა, რომლებიც აუცილებელია ნეირონული ქსელის სწავლების ან ტესტირების ჩასატარებლად.

კონვოლუციური ნეირონული ქსელის დასასწავლ პარამეტრთა რიცხვი განისაზღვრება კონვოლუციურ შრეთა რაოდენობით და კონვოლუციური ბირთვების განზომილებით. ვინაიდან ეს სტატია აგებულია ღრმა სწავლების გამოყენების მაგალითებზე კომპიუტერული მხედველობის ამოცანათა გადაწყვეტისას, დავუშვათ, რომ ქსელის შესასვ-

ლელზე არის $w \times h$ გარჩევითობის ერთარხიანი გამოსახულება. ამ დროს ქსელი შეიცავს N კონვოლუციურ შრეს (კონვოლუციით, აქტივაციის ფუნქციის გამოთვლით და სივრცითი გაერთიანებით შედგენილ სამეულს). თითოეულ შრეზე ხორციელდება ნიშანთა რუკის კონვოლუცია ფილტრით, რომლის ბირთვის ზომა $w_c \times h_c$ სიდიდეს შეადგენს, სადაც $1 \leq i \leq N - 1$ შრის ნომერია. გამოსახულების შემოვლას ახორციელებს ფილტრი გარკვეული sc_i ნაბიჯით. მაშინ ქსელის დასასწავლ პარამეტრთა რაოდენობა $\sum_{i=1}^N w_c \cdot h_c$ სიდიდეს შეადგენს. ზოგად შემთხვევაში ყოველ შრეზე შეიძლება გამოითვლებოდეს კონვოლუცია არა ერთი ბირთვით, არამედ ერთნაირი ზომის რამდენიმე ბირთვით. იმ დაშვებით, რომ i ნომრით სრულდება k_i კონვოლუცია, პარამეტრების ჯამური რაოდენობა $\sum_{i=1}^N k_i \cdot w_c \cdot h_c$ სიდიდეს შეადგენს.

შევაფასოთ მეხსიერების მოცულობა, რომელიც აუცილებელია ქსელის პირველი კონვოლუციური შრის შესანახად. ქსელის შემავალი შრე შეიცავს $w \times h$ პიქსელს. k_1 კონვოლუციის გამოყენება შემავალი შრის მიმართ $k_1 \times \left(\left\lceil \frac{w - w_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1 \right) \times \left(\left\lceil \frac{h - h_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1 \right)$ განზომილების ნიშანთა რუკის ფორმირებას განაპირობებს, აქტივაციის ფუნქციის გამოყენება მიღებული რუკის თითოეული ელემენტის მიმართ იძლევა ნიშნების რუკას იდენტური $k_1 \times \left(\left\lceil \frac{w - w_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1 \right) \times \left(\left\lceil \frac{h - h_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1 \right)$ განზომილებით. შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$w_1 = \left\lceil \frac{w - w_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1, \quad h_1 = \left\lceil \frac{h - h_{c_1}}{sc_1} \right\rceil + 1.$$

დავუშვათ, რომ სივრცითი გაერთიანების ოპერაცია გამოიყენება აქტივაციის ფუნქციის გამოსახულებაზე მიღებული ნიშანთა რუკის ყოველი არხის მიმართ, განიხილება $w_{p_1} \times h_{p_1}$ ზომის მიდამო და გავლა ხორციელდება sp_1 ნაბიჯით. მაშინ ნიშანთა რუკის განზომილება აიგება რუკის იმ განზომილების ანალოგიურად, რომელიც მიღებული იყო კონვოლუციის ოპერაციის გამოყენების შემდეგ:

$$k_1 \times \left(\left\lceil \frac{w_1 - w_{p_1}}{sp_1} \right\rceil + 1 \right) \times \left(\left\lceil \frac{h_1 - h_{p_1}}{sp_1} \right\rceil + 1 \right),$$

როგორც შედეგი, მეხსიერების ის მოცულობა, რომელიც აუცილებელია პირველი კონვოლუციური შრის შესანახად, განისაზღვრება ფორმულით:

$$\left(2k_1 w_1 h_1 + k_1 \left(\left\lceil \frac{w_1 - w_{p_1}}{sp_1} \right\rceil + 1 \right) \left(\left\lceil \frac{h_1 - h_{p_1}}{sp_1} \right\rceil + 1 \right) \right) \cdot \text{sizeof}(\text{type}),$$

სადაც $\text{sizeof}(\text{type})$ – ბაიტების რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა ერთი ნეირონის გამოძახილის შენახვისათვის. თუ გვაქვს ანალოგიურად მოწყობილი N კონვოლუციური შრე, მაშინ მთელი ქსელის შესანახად საჭიროა მეხსიერების შემდეგი მოცულობა:

$$\left(w \cdot h + \sum_{i=1}^N \left(2k_i w_i h_i + k_i \left(\left\lceil \frac{w_i - w_{p_i}}{sp_i} \right\rceil + 1 \right) \left(\left\lceil \frac{h_i - h_{p_i}}{sp_i} \right\rceil + 1 \right) \right) \right) \cdot \text{sizeof}(\text{type}),$$

$$w_i = \left\lceil \frac{w_{i-1} - w_{c_i}}{sc_i} \right\rceil + 1,$$

$$h_i = \left\lceil \frac{h_{i-1} - h_{c_i}}{sc_i} \right\rceil + 1, \quad w_0 = w, \quad h_0 = h.$$

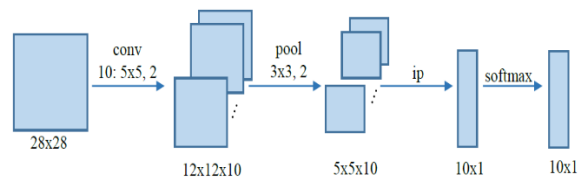
უნდა აღინიშნოს, რომ განხილული მაგალითი არის კონვოლუციური ქსელის კერძო შემთხვევა და გვიჩვენებს ასეთი ქსელის შესანახად აუცილებელი მეხსიერების მოცულობის შეფასების მხოლოდ ზო-

გად პროცედურას. ასე, მაგალითად, ქსელის შესასვლელზე შეიძლება იყოს სიგნალი, რომელიც სტრუქტურის მიხედვით განსხვავდება განხილულისგან (ვთქვათ, სამარხიანი გამოსახულება). როგორც ამის შედეგი, იცვლება კონვოლუციური ბირთვების განზომილებები. კონვოლუციის ოპერაციის შესრულებისას ნიშნების შემავალ რუკას შეიძლება ემატებოდეს მინდვრები რუკის განზომილების შესანარჩუნებლად გამოსასვლელზე. კონვოლუციური ქსელი კონვოლუციურ შრეებთან ერთად შეიძლება შეიცავდეს სრულადბმულ შრეებს. გარდა ამისა, სწავლების პროცესში ქსელის შესასვლელზე შეიძლება მიეწოდებოდეს გამოსახულება ფიქსირებული ზომის მთელი კრებულის, შეკვრის – პაკეტის (batch) სახით გამოთვლათა ეფექტურობისა და ქსელის დასწავლის სიჩქარის გაზრდის მიზნით. აუცილებელი მეხსიერების წინასწარი შეფასება განსაზღვრავს სწავლების პროცედურის შესრულების შესაძლებლობას არსებულ გამოთვლით რესურსებზე და გამოსახულებათა დასამუშავებელი პაკეტის მისაღები ზომის შერჩევის საშუალებას იძლევა. ამ პროცედურის აუცილებლობა, უმთავრესად, განპირობებულია იმით, რომ სწავლების პროცესში გამოიყენება გრაფიკული პროცესორები მეხსიერების შეზღუდული მოცულობით.

7. ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის ამოცანაში კონვოლუციური ნეირონული ქსელების გამოყენების მაგალითი

კონვოლუციური ქსელების გამოყენების მაგალითად განვიხილოთ ერთშიანი კონვოლუციური ნეირონული ქსელი ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის ამოცანაში (სურ. 7).

1. კონვოლუციური შრე. შეიცავს 10 ფილტრს: ზომა - 5×5 ელემენტი, შემოვლის ბიჯი - 2.
2. სივრცითი გაერთიანების (მაქსიმუმის ოპერაციით) შრე. შეიცავს 10 ფილტრს: ზომა - 3×3 ელემენტი, შემოვლის ბიჯი - 2.
3. სრულადბმული შრე. შეიცავს 10 გამომავალ ელემენტს (კლასების რიცხვის შესაბამისად მოცემულ ამოცანაში).
4. აქტივაციის softmax ფუნქცია.



სურ. 7. ერთშიანი კონვოლუციური ქსელის სტრუქტურა

ქვემოთ მოტანილია ნეირონული ქსელის მოცემული არქიტექტურის აღწერა (ლისტინგი 1) და სწავლების მეთოდის პარამეტრები (ლისტინგი 2) prototxt ფორმატში, რომელსაც იყენებს ბიბლიოთეკა Caffe [14].

<pre> name: "SimpleCNN" layer { name: "mnist" type: "ImageData" top: "data" top: "label" include { phase: TRAIN } transform_param { scale: 0.00390625 } image_data_param { source: "mnist_dataset/train.lst" new_width: 28 new_height: 28 batch_size: 100 root_folder: "mnist_dataset/train/" } } layer { name: "mnist" type: "ImageData" top: "data" top: "label" include { </pre>	<pre> phase: TEST } transform_param { scale: 0.00390625 } image_data_param { source: "mnist_dataset/t10k.lst" new_width: 28 new_height: 28 batch_size: 100 root_folder: "mnist_dataset/t10k/" } } layer { name: "conv" type: "Convolution" bottom: "data" top: "conv" convolution_param { num_output: 10 kernel_size: 5 stride: 2 weight_filler { type: "gaussian" std: 0.01 } } </pre>
<pre> } } layer { name: "pool" type: "Pooling" </pre>	<pre> } } layer { name: "loss" </pre>

<pre> bottom: "conv" top: "pool" pooling_param { pool: MAX kernel_size: 3 stride: 2 } } layer { name: "ip" type: "InnerProduct" bottom: "pool" top: "ip" inner_product_param { num_output: 10 </pre>	<pre> type: "SoftmaxWithLoss" bottom: "ip" bottom: "label" top: "loss" } layer { name: "accuracy" type: "Accuracy" bottom: "ip" bottom: "label" top: "accuracy" include { phase: TEST } } </pre>
--	--

ლისტინგი 1. კონვოლუციური ქსელის არქიტექტურის აღწერა Caffe ბიბლიოთეკის გამოყენებით

<pre> net:"mnist_cnn.prototxt" test_iter: 100 test_interval: 500 base_lr: 0.01 momentum: 0.9 weight_decay:0.0005 lr_policy: "inv" gamma: 0.0001 power: 0.75 display: 100 max_iter: 10000 snapshot: 5000 snapshot_prefix: "mnist_cnn/mnist_cnn" solver_mode: CPU </pre>
--

ლისტინგი 2. კონვოლუციური ქსელის სწავლების პარამეტრები

მე-3 ცხრილში მოცემულია ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის სიზუსტის მნიშვნელობები მონაცემთა MNIST კრებულზე. ისინი მიღებულია ისეთი ქსელის გამოყენებით, რომელიც შეესაბამება ლოგისტიკურ რეგრესიას და ერთშრიან კონვოლუციურ ქსელს.

ცხრილი 3

მონაცემთა MNIST კრებულზე ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის შედეგები

მეთოდი	სიზუსტე, %
ლოგიკური რეგრესია	90.6
ერთშრიანი კონვოლუციური ქსელი	97.6

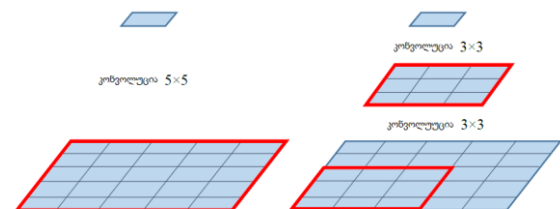
8. კონვოლუციური ქსელების აგების პრინციპები

განვიხილოთ კონვოლუციური ქსელების აგების ზოგიერთი პრინციპი (რეკომენდაცია).

- შემავალი მონაცემების წინასწარი დამუშავების განხორციელება.** საწვრთნელი მონაცემების წინასწარი დამუშავება კონვოლუციური ქსელის ეფექტურობისა და სწავლების პროცედურის დაჩქარების საშუალებას იძლევა. წინასწარი დამუშავების ტიპური მაგალითია საწვრთნელი სიმრავლის ყველა გამოსახულებით მიღებული საშუალო გამოსახულების გამოკლება.
- ქსელის წარმოდგენაში «ვიწრო ყელის» გაჩენის არიდება, განსაკუთრებით საწყის ფენებში.** ქსელის არქიტექტურის აგებისას აზრი აქვს თავიდან ავიცილოთ ინფორმაციის ექსტრემალური შეკუმშვა. ზოგად შემთხვევაში წარმოდგენის განზომილება უნდა მცირდებოდეს თანდათანობით შემავალი მონაცემებიდან ქსელის გამოსასვლელამდე, ესე იგი ისეთი წარმოდგენის მიღებამდე, რომელიც გამოიყენება ამოცანის ამო-

სახსნელად. წარმოდგენის განზომილება იძლევა ინფორმაციული კონტენტის მიახლოებით შეფასებას [8].

- დიდი განზომილების კონვოლუციური ფენების ჩანაცვლების განხორციელება უფრო მცირე განზომილების კონვოლუციითა სტეკით [8,9].** დიდი (5×5 , 7×7 და უფრო მეტი) განზომილების ფილტრების გამოყენება უფრო მეტ მეზობელ სიგნალს შორის დამოკიდებულებაზე ხელის დავლების საშუალებას იძლევა, მაგრამ გამოთვლითი სისტემის თვალსაზრისით ძვირადღირებული ოპერაცია შეიძლება იყოს. ამის მიუხედავად მაღალი განზომილების ფილტრის გამოყენება შეიძლება დავიყვანოთ უფრო დაბალი განზომილების ფილტრების მიმდევრობით გამოყენებამდე. ასე, მაგალითად, კონვოლუცია 5×5 ფილტრით შეიძლება შეიცვალოს ორი მიმდევრობითი კონვოლუციით 3×3 ზომის ფილტრებით (სურ. 8).



სურ. 8. კონვოლუციის ფილტრით 5×5 ჩანაცვლება ორი მიმდევრობითი კონვოლუციით 3×3 ზომის ფილტრებით

ამ დროს ხდება ქსელის ფორმირება პარამეტრების ნაკლები რიცხვით, მაგრამ იმავე ზომის შესასვლელით და გამოსასვლელის სიღრმით.

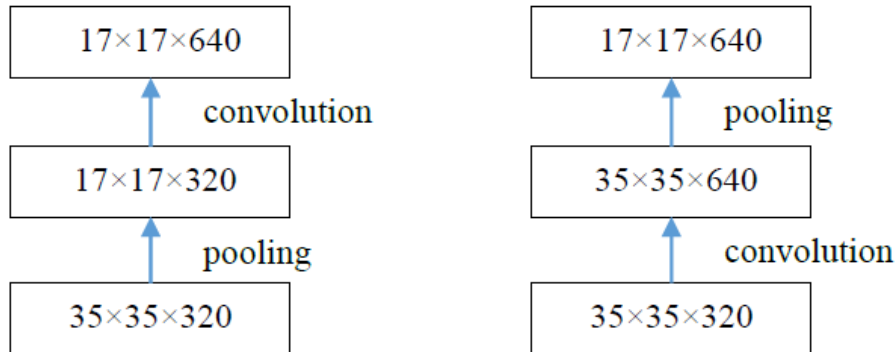
მოტანილი მაგალითიდან შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ კონვოლუციები 3×3 ზომაზე ნაკლები

ბირთვებით უსარგებლოა. სინამდვილეში კი ეს ასე არ არის.

კონვოლუცია 3×3 ბირთვით შეიძლება გაიშალოს 2×2 ან 3×1 და 1×3 ზომების ორი კონვოლუციის მიმდევრობად, მაგრამ ასეთი ოპერაციის ჩატარებისას მოგება პარამეტრთა და ჩასატარებელ გამოთვლათა რიცხვის მიხედვით არ არის ისეთი მნიშვნელოვანი, როგორც წინა მაგალითში.

ცხადია, რომ კონვოლუცია $m \times m$ ბირთვით შეიძლება დავიყვანოთ კონვოლუციათა $m \times 1$ და $1 \times m$ წყვილის გამოყენებამდე, მაგრამ პრაქტიკა აჩვენებს, რომ დიდი განზომილების ქსელის ადრეულ შრეებზე ასეთი გარდასახვის გამოყენება არაეფექტურია. ამ დროს საშუალო (12-დან 20-მდე) განზომილების ნიშანთა რუკაზე ადგილი აქვს საწინააღმდეგო ეფექტს [8].

4. სივრცითი აგრეგაცია უნდა ტარდებოდეს უფრო დაბალი განზომილების ნიშანთა რუკებით გამოთვლითი სირთულის შესამცირებლად. კონვოლუციის განხორციელების წინ შეიძლება შემცირდეს შემავალი წარმოდგენის ზომა ყოველგვარი გვერდითი ეფექტის გარეშე [8]. რეალიზება ხდება სივრცითი გაერთიანების (pooling) ან inception-მოდულების შემოტანით (სურ. 9). გაერთიანების ოპერაციის გამოყენება შემავალი შრის მიმართ (სურ. 9, მარცხენა დიაგრამა) იწვევს ინფორმაციის დაკარგვას საწყისი წარმოდგენის შესახებ, რაც მეტყველებს «ვიწრო ყელის» არსებობაზე ქსელში. კონვოლუციის განხორციელება სრული გარჩევითობის პირობებში (სურ. 9, მარჯვენა დიაგრამა) წარმოქმნის გამოთვლით სირთულეს.

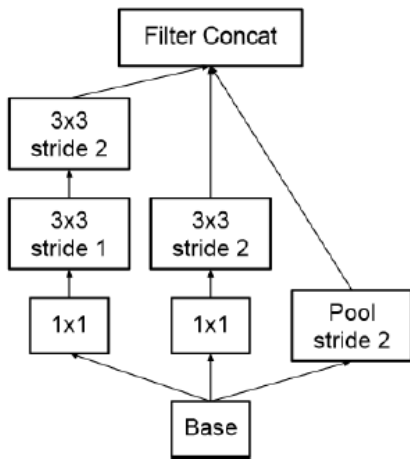


სურ. 9. ნიშანთა რუკის განზომილების შემცირების ორი ალტერნატიული გზა (შემავალი რუკის ზომა $35 \times 35 \times 320$, გამომავალი რუკის ზომა $17 \times 17 \times 640$) [8]

inception-მოდულის შემოტანით (სურ. 10) ორივე ამოცანის გადაჭრა ხორციელდება. მოდულის გამოსასვლელზე ხდება იმ ნიშნების კონკატენაცია, რომლებიც მიღებულია ნიშანთა საწყისი რუკის სრული გარჩევითობის პირობებ-

ში (ე.ი. მიღებულია კონვოლუციების გამოთვლისას) და რუკის ნაკლები გარჩევითობის დროს აგებული ნიშნები (რომლებიც მიღებულია სივრცითი გაერთიანების შედეგად).

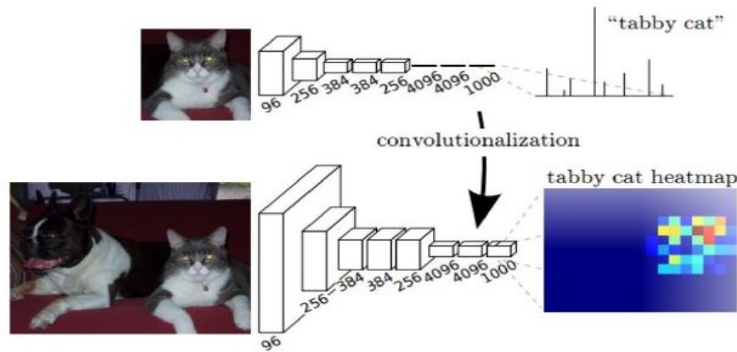
5. ქსელის სიღრმისა და სიგანის დაბალანსება. ქსელის ოპტიმალური მწარმოებლურობა შეიძლება იყოს მიღწეული ყოველ კონვოლუციურ შრეზე ფილტრების რაოდენობის და ქსელის სიღრმის დაბალანსების გზით. ქსელის სიგანისა და სიღრმის გაუმჯობესებამ შეიძლება ხელი შეუწყოს უფრო მაღალი ხარისხის ქსელების შექმნას. მაგრამ ოპტიმალური გაუმჯობესება მაშინ შეიძლება იყოს მიღწეული, როცა ორივე პარამეტრი პარალელურად იზრდება [8].



სურ. 10. inception-მოდულის ზოგადი სტრუქტურა [8]

6. ტარდება ქსელის უკანასკნელ სრულადბმულ შრეთა ჩანაცვლება კონვოლუციური შრეებით ნებისმიერი ზომის გამოსახულებებთან მუშაობის შესაძლებლობის უზრუნველსაყოფად [11]. სრულადბმული შრის შესაცვლელად კონვოლუციურით ნიშანთა შემავალი $c_1 \times w \times h$ ზომის რუკის მიმართ შემოთავაზებულია მოცემული რუკის $c_1 \times w \times h$ ზომის მქონე c_2 ფილტრის გამოყენება. შედეგად მიიღება ნიშანთა $c_2 \times 1 \times 1$ განზომილების ვექტორი. პარამეტრთა რაოდენობის შემცირების გარდა სრულადბმულ შრეთა

შეცვლისას, ასეთი გარდაქმნა ქსელის შესასვლელზე სხვადასხვა ზომის შემავალ მონაცემებთან მუშაობის საშუალებას იძლევა, რაც ფართოდ გამოიყენება მრავალი პრობლემის (კერძოდ, ობიექტების დეტექტირებისა და სემანტიკური სეგმენტაციის ამოცანის) გადაჭრისას. განვიხილოთ მაგალითი (სურ. 11). დავუშვათ, რომ წყდება გამოსახულებათა კლასიფიკაციის ამოცანა, ქსელის შესასვლელზე მიეწოდება ფიქსირებული ზომის სურათი, გამოსასვლელზე ხდება იმის უტყუარობათა ვექტორის ფორმირება, რომ შემავალი გამოსახულება მიეკუთვნება კლასებიდან თითოეულს [11]. ტესტირების ეტაპზე შევცვალოთ მოცემულ ქსელში სრულადბმული შრეები კონვოლუციური ფენებით, ხოლო შესასვლელზე მივაწოდოთ უფრო დიდი გარჩევითობის გამოსახულება. მაშინ ქსელის ყოველი შრის განზომილება დამოკიდებული არ არის შემავალი მონაცემების ზომაზე, ხოლო გამოსასვლელზე უტყუარობათა ერთი ვექტორის ნაცვლად ხდება ვექტორთა მთელი კრებულის ფორმირება. გამომავალ ვექტორთა რაოდენობა დამოკიდებულია კონვოლუციური ფილტრების შესაძლო განლაგებათა რიცხვზე ქსელის პირველი შრისათვის. ამრიგად, არაცხადი სახით, ხდება «მორბენალი ფანჯრის» (sliding window) მეთოდის რეალიზება. ამ ფანჯრის ზომა შეესაბამება ქსელის შესასვლელის ზომას. სემანტიკური სეგმენტაციის ამოცანის გადაჭრისას მდგომარეობა უფრო რთულია, ვინაიდან აუცილებელია გამოსასვლელის მასშტაბირება საწყისი გამოსახულების ზომამდე.



სურ. 11. კლასიფიკაციის ამოცანიდან დეტექტირების ამოცანაზე გადასვლა სრულადბმულ შრეთა ჩანაცვლებით კონვოლუციური შრეებით [11]

9. მოდელის დეგრადაციის პრობლემა. ღრმა ნარჩენი ქსელები

ღრმა ნეირონული ქსელების სწავლების პროცესში შეიძლება ფართოდ ცნობილი **დეგრადაციის პრობლემა** ვიხილოთ. იგი შემდეგნაირად ვლინდება:

ქსელის სიღრმის გაზრდისას ხდება სიზუსტის გაჯერება და შემდეგ იგი სწრაფად მცირდება (დეგრადირებს). მოცემული პრობლემა არ არის მოდელის ზედმეტად სწავლების შედეგი და დამატებითი შრეების შეტანას მივყავართ წვრთნის შეცდომის კიდევ უფრო დიდ მნიშვნელობამდე. სწავლების სიზუსტის დეგრადაცია მიუთითებს იმაზე, რომ ყველა ღრმა მოდელი ერთნაირად ადვილად არ ემორჩილება ოპტიმიზაციას იმის გამო, რომ ჩნდება გრადიენტების სწრაფი მილევა (vanishing gradient problem) ქსელის შერბულებული მიმართულებით გავლისა და წონების კორექციის პროცესში.

ღრმა ნარჩენი ქსელები (Deep residual Networks) გამიზნულია დეგრადაციის პრობლემის გადასაჭრელად. ნაცვლად იმ დაშვებისა, რომ ქსელის ფენათა გარკვეული თანამიმდევრობა პირდაპირ ახდენს საბაზო ასახვის აპროქსიმაციას, თვლიან, რომ ეს ფენები ახდენს ნარჩენი ასახვის აპროქსიმაციას.

თუ ფორმალურად საბაზო ასახვა აღინიშნება როგორც $H(x)$, მაშინ ფენების მოცემული კრებული-სათვის მიიღება, რომ ფენების აპროქსიმაცია ხდება $F(x) = H(x) - x$ ასახვით, ხოლო საბაზო ასახვა შეიძლება წარმოვადგინოთ $F(x) + x$ ფორმით, რაც ნიშნავს ნიშანთა რუკების შეკრებას ყოველი ელემენტის მიხედვით. თვლიან, რომ ნარჩენი ასახვის ოპტიმიზაცია საბაზო ასახვის ოპტიმიზაციაზე უფრო ადვილია, ვინაიდან დიფერენცირებისას ასეთი ფუნქციის გრადიენტი არ უდრის ნულს. უკიდურეს შემთხვევაში, თუ იგივეური $H(x) = x$ გარდაქმნა არის ოპტიმალური, მაშინ ნარჩენის დაყვანა ნულამდე გაცილებით იოლია, ვიდრე იგივეური ასახვის აპროქსიმაცია არაწრფივი შრეების თანამიმდევრობით. $F(x) + x$ ასახვა შეიძლება წარმოვადგინოთ სწრაფი ბმების (shortcut connection) მქონე პირდაპირი გავრცელების ქსელით [12] (სურ. 12).

ქვემოთ ნაჩვენებია ორშრიანი ბლოკისათვის (სურ. 12) გარდაქმნას შემდეგი სახე აქვს:

$$y = F(x, W_i) + x = W_2 \phi(W_1 x) + x,$$

$\phi(\cdot)$ – აქტივაციის ReLU (Rectified Linear Unit)

ფუნქციაა (ნახევრადწრფივი ელემენტი):

$$\varphi(z) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } z < 0 \\ z, & \text{თუ } z \geq 0 \end{cases}$$

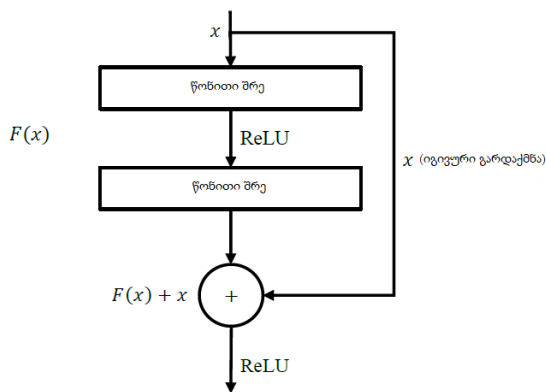
ზოგად შემთხვევაში $F(x, W_i)$ და x სიდიდეებს აქვს სხვადასხვა განზომილება. ამ ვითარების გამოსასწორებლად საკმარისია შესრულდეს ნიშნების შემავალი ვექტორის პროექცია. შედეგად, გარდასახვა შეიძლება შემდეგნაირად ჩაიწეროს:

$$y = F(x, W_i) + W_s x,$$

სადაც W_s – პროექციების მატრიცაა.

ნარჩენი $F(\cdot)$ ფუნქციის სახე საკმაოდ მოქნილია, იგი შეიძლება შეესაბამებოდეს ორი ან მეტი შრით შედგენილ ბლოკს.

თუ მოცემულ ფუნქციას შეესაბამება მხოლოდ ერთი ფენა, მაშინ გარდაქმნა $y = Wx + x$ წრფივი ფენის ეკვივალენტურია, რომლისთვისაც, [12]-ში ჩატარებული ექსპერიმენტების თანახმად, მოგება არ გამოვლინდა.



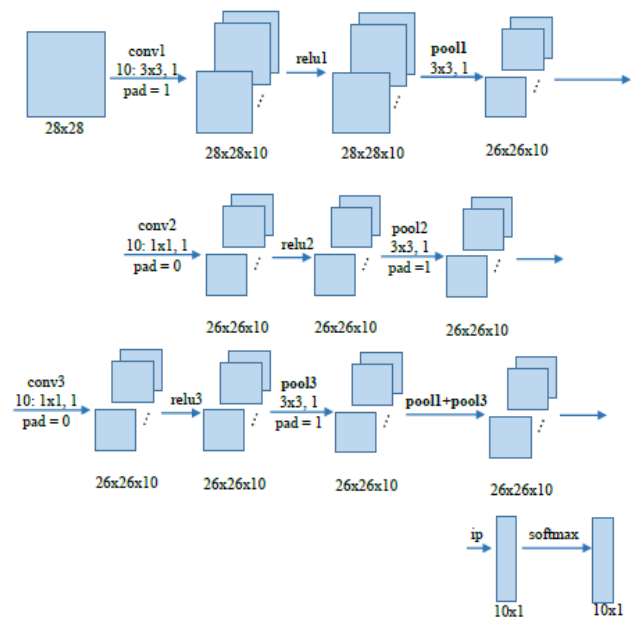
სურ. 12 ღრმა ნარჩენი ქსელების სტრუქტურული ბლოკი [12]

10. ღრმა ნარჩენი ქსელების გამოყენების მაგალითი ხელნაწერ ციფრთა კლასიფიკაციის ამოცანაში

შევჩერდეთ ისეთი ღრმა ნარჩენი ქსელის უმარტივეს ამოცანაზე, რომელიც შეიცავს ერთ ტიპურ სტრუქტურულ ბლოკს.

ქვემოთ (ნახ. 13) მოტანილია ასეთი ქსელის არქიტექტურა ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის ამოცანისათვის.

ადვილი შესამჩნევია, რომ ქსელის აგებისას (ე.ი. შრეთა პარამეტრებისათვის მნიშვნელობების მინიჭებისას) უნდა ხდებოდეს ნიშნთა რუკების ზომათა თანხვედრის აუცილებლობის გათვალისწინება ოპერაციის კორექტული შესრულებისათვის ელემენტიდან ელემენტზე გადასვლისას.



სურ. 13 უმარტივესი ნარჩენი ქსელის სტრუქტურა

ექსპერიმენტების შედეგები (ცხრილი 4) მონაცემთა MNIST კრებულზე ასახავს კლასიფიკაციის დაახლოებით იმავე სიზუსტეს, რომელთანაც საქმე გვექონდა ადრე ერთშრიანი კონვოლუციური ნეირონული ქსელისათვის. ეს ფაქტი აიხსნება ამოცანის მცირე განზომილებით. ნარჩენი ბლოკის გამოყენება კლასიფიკაციის სიზუსტის მნიშვნელოვანი შემცირების საშუალებას არ იძლევა.

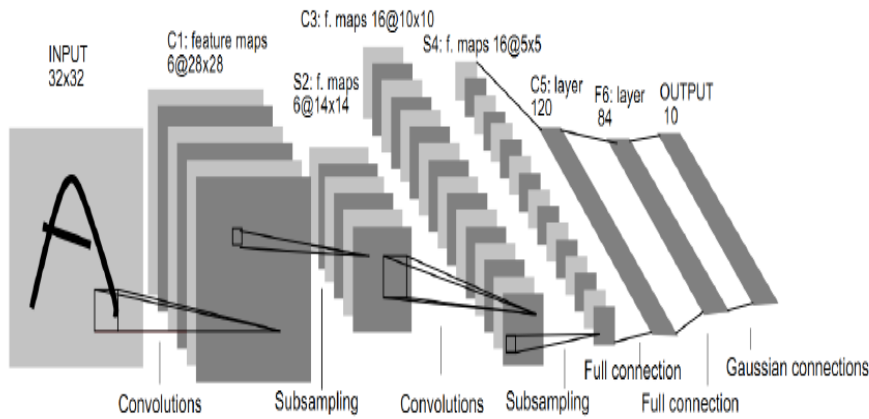
ცხრილი 4

11. კონვოლუციური ნეირონული ქსელების არქიტექტურათა განვითარება

მონაცემთა MNIST კრებულზე ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაციის შედეგები

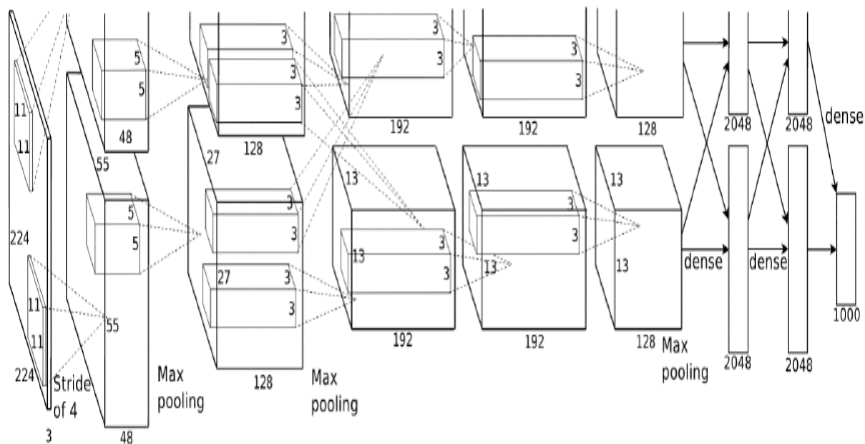
მეთოდი	სიზუსტე, %
ლოგიკური რეგრესია	90.6
ერთშრიანი კონვოლუციური ქსელი	97.6
ნარჩენი ქსელი ერთი ტიპური ბლოკით	97.7

კონვოლუციური ნეირონული ქსელების ერთ-ერთი ყველაზე პირველად შემოთავაზებულ - არქიტექტურა არის LeNet-5. მისი დანიშნულებაა ხელნაწერ სიმბოლოთა გამოცნობის ამოცანის გადაჭრა. იგი შედგენილია ორი კონვოლუციური და ორი სრულადბმული შრით (სურ. 14).



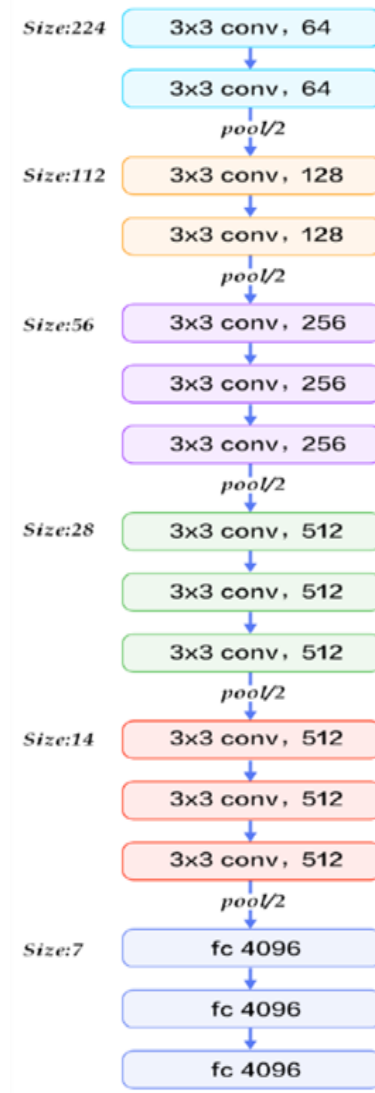
სურ. 14. LeNet-5 ქსელის არქიტექტურა ხელნაწერ სიმბოლოთა გამოსაცნობად [15]

AlexNet არქიტექტურა შეიცავს 5 კონვოლუციურ და 3 სრულადბმულ შრეს (სურ. 15).



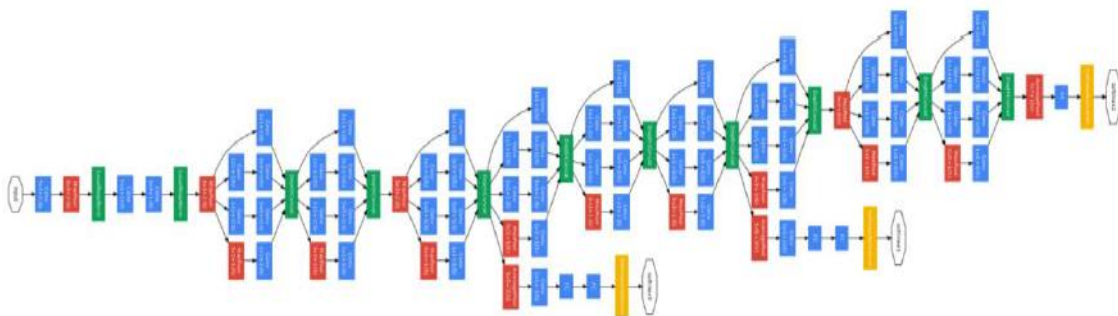
სურ. 15. AlexNet ქსელის არქიტექტურა [16]

მე-16 სურ-ზე ნაჩვენებია VGG-16 ქსელის არქიტექტურა



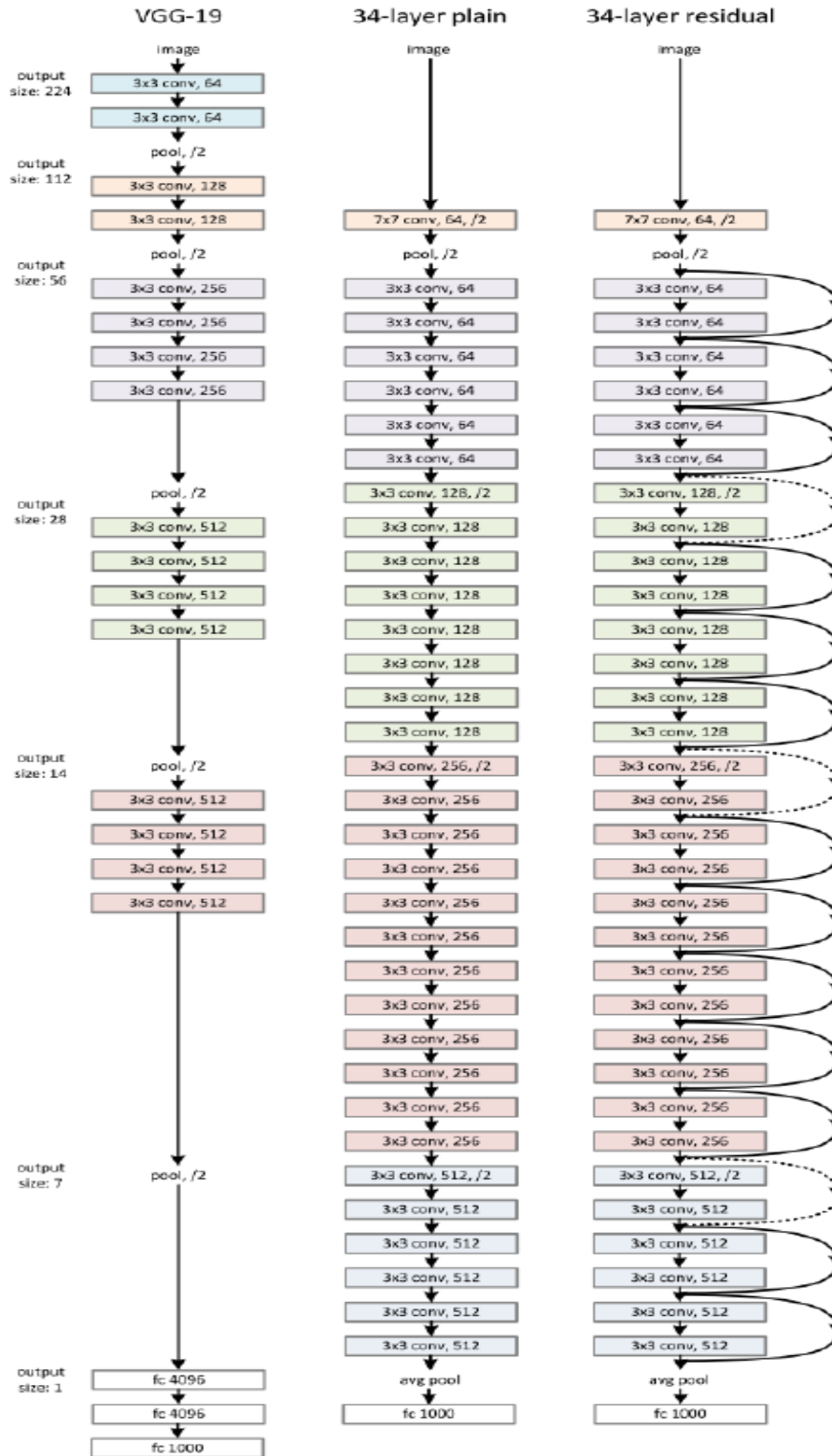
სურ. 16. VGG-16 ქსელის არქიტექტურა [17]

მე-17 სურ-ზე ნაჩვენებია GoogLeNet ქსელის არქიტექტურა



სურ. 17. GoogLeNet ქსელის არქიტექტურა [18]

მე-18 სურ-ზე ნაჩვენებია ResNet-34 ქსელის არქიტექტურა



სურ. 18. ResNet-34 ქსელის არქიტექტურა [19]

დასკვნა

კონვოლუციური (ხვეული) ნეირონული ქსელის გამოყენება ამოცანათა მრავალი ტიპის ამოსახსნელად შეიძლება: გამოსახულებათა საკლასიფიკაციოდ, მეტყველების გამოსაცნობად, ტექსტების დასამუშავებლად და ა.შ. ხვეული ნეირონული ქსელის გამოყენებისას შეიძლება დასასწავლ პარამეტრთა რაოდენობის არსებითად შემცირება და კლასიფიკაციის მაღალი ხარისხის მიღებაც.

კონვოლუციური ქსელების კიდევ ერთ უპირატესობას წარმოადგენს მათი უნივერსალობა გამოცნობის ამოცანებში: ნეირონული ქსელების ამ ნაირსახეობის გამოყენება შეიძლება პირთა ამოსაცნობადაც და კომპიუტერული ხედვის სისტემათა დასაპროექტებლადაც. ცნობილია ისიც, რომ კონვო-

ლუციური ქსელების გამოყენება სპეციალურ კლასიფიკატორთან ერთად ცალკეულ ხელნაწერ სიტყვათა ადვილად გარჩევის საშუალებასაც იძლევა.

დაბოლოს, ღირს იმის ხსენებაც, რომ კონვოლუციური ქსელი არის დამახინჯებათა შემცველი სიმბოლოების ამოცნობის ყველაზე საუკეთესო ალგორითმი. ასეთი გამოსახულებების დამუშავება წარმოადგენს ძალიან სერიოზულ ამოცანას, რომლის ეფექტური ამოხსნა სხვა ტიპის ნეირონული ქსელებით პრინციპულად შეუძლებელია. ამ ამოცანის გადასაჭრელად აუცილებელია გამოცნობის მრავალმოდულიანი სისტემის აგება, რომელიც იყენებს კონვოლუციურ ქსელებს, სპეციალურ კლასიფიკატორსა და გარდამსახველ ქსელს ცალკეულ სიმბოლოთა ამოსაცნობად გამოსახულებაზე.

ლიტერატურა

1. Haykin S. Neural networks: A full course. M.: "Williams". 2006. (in Russian).
2. Osovsky S. Neural networks for information processing. M.: "Finance and statistics". 2002. (in Russian).
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. MIT Press. 2016.
URL: <http://www.deeplearningbook.org>
4. Tarkov M. Electronic course "Neurocomputer systems".
URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/61/61/info> (in Russian).
5. Nielsen M. Neural networks and deep learning.
URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>
6. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. Advances in neural information processing systems. 2012.
URL: <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>
7. Backpropagation in convolutional neural network. URL: <https://www.slideshare.net/kuwajima/cnnbp>
8. Szegedy C., Vanhoucke V., Ioffe S., Shlens J. Rethinking the inception architecture for computer vision.
URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.00567v3.pdf>
9. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition.
URL: <https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>
10. Lin M., Chen Q., Yan S. Network in network. URL: <https://arxiv.org/pdf/1312.4400v3.pdf>
11. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. URL: <https://arxiv.org/pdf/1411.4038.pdf>
12. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition.

- URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.03385v1.pdf>
13. URL: <https://habr.com/en/company/mailru/blog/311706/> (in Russian).
 14. Caffe. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/>
 15. LeNet-5 – A classic CNN architecture. URL: <https://engmrk.com/lenet-5-a-classic-cnn-architecture/>
 16. Finetuning AlexNet with TensorFlow. URL: <https://kratzert.github.io/2017/02/24/finetuning-alexnet-with-tensorflow.html>
 17. Image classification. URL: https://github.com/PaddlePaddle/book/tree/develop/03.image_classification;
URL:
https://www.paddlepaddle.org.cn/documentation/docs/en/beginners_guide/basics/image_classification/index_en.html
 18. GoogLeNet in Keras. URL: <https://gist.github.com/joelouismarino/a2ede9ab3928f999575423b9887abd14>
 19. An overview of ResNet and its variants. URL: <https://towardsdatascience.com/an-overview-of-resnet-and-its-variants-5281e2f56035>

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

Convolutional Neural Networks

- Archil Prangishvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: a_prangi@gtu.ge
- Oleg Namicheishvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge
- Mikhael Ramazashvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge

Reviewers:

Z. Gasitashvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: zur_gas@gtu.ge

N. Mchedlisvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: galoba47@mail.ru

Abstract. In the aspect of deep learning, the article considers the so-called convolutional neural networks. In particular, the following questions are systematically stated in the work: the “convolution” operation, the general structure of the convolutional layer, the input and output data of the convolutional network, the method of back propagation of error for convolutional neural networks, the determination of the number of trained parameters, the estimation of the amount of memory needed to store the network, an example of the use of convolutional neural networks in the problem of classifying handwritten numbers, the principles of constructing convolutional networks, the degradation of the model, deep residual networks and an example of applying nets in the classification of handwritten numbers. Special attention is focused on the development of convolutional neural network architectures.

Key words: Convolution operation; deep residual network; error back propagation method; handwritten digit classification; learning parameters; model degradation..

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

Сверточные нейронные сети

- Арчил Пранგიшვილი** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: a_prangi@gtu.ge
- Олег Намичейшвили** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge
- Михаил Рамазашвили** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge

Рецензенты:

З. Гаситашвили, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: zur_gas@gtu.ge

Н. Мchedlishvili, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: galoba47@mail.ru

Аннотация. В аспекте глубокого обучения статья рассматривает так называемые свёрточные нейронные сети. В частности в работе систематически изложены следующие вопросы: операция «свертки», общая структура свёрточного слоя, входные и выходные данные свёрточной сети, метод обратного распространения ошибки для свёрточных нейронных сетей, определение количества обучаемых параметров, оценка объема памяти, необходимого для хранения сети, пример применения свёрточных нейронных сетей в задаче классификации рукописных цифр, принципы построения свёрточных сетей, проблема **деградации** модели, глубокие остаточные сети и пример применения глубоких остаточных сетей в задаче классификации рукописных цифр. Специально фокусируется внимание на развитии архитектур свёрточных нейронных сетей.

Ключевые слова: операция свёртки; метод обратного распространения ошибки; обучаемые параметры; классификация рукописных цифр; деградация модели; глубокая остаточная сеть.

განხილვის თარიღი 27.01.2020

შემოსვლის თარიღი 21.04.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 65.012.45

SCOPUS CODE 1706

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-57-63>

სატელეფონო საუბრის ანალიტიკა

რუსუდან ქუთათელაძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kutateladze@gtu.ge	ტექნიკური
ანა კობიაშვილი	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: anakobia@hotmail.com	ტექნიკური
ნოდარ დარჩიაშვილი	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: nodo619@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

კ. კამკამიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

მ. კიკნაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. სტატიაში ნაჩვენებია საუბრის ამოცნობის ცნობილი სისტემების შესაძლებლობების კვლევის შედეგები, განხილულია საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგიის მნიშვნელობა სხვადასხვა სატელეფონო სისტემაში ხმის ჩანაწერების ან მიმდინარე სატელეფონო ზარების ანალიზის პროცესისათვის. ეს ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ზარის შინაარსიდან სასარგებლო ინფორმაციის მოძიებას და სატელეფონო ცენტრის კლიენტების მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესებას. რეალური დროის საუბრის ანალიტიკის გამოყენება საშუალებას აძლევს სატელეფონო ცენტრის ოპერატორს წარსულში შემოსული ზარების ანალიზის საფუძველ-

ზე გააკეთოს გარკვეული დასკვნები და მათზე დაყრდნობით განსაზღვროს სავარაუდო პასუხები. სტატიაში ასევე განალიზებულია ის გამოწვევები, რომლებიც არსებობს რეალური დროის საუბრის ანალიტიკის სფეროში.

სტატიაში აღწერილია გადაუდებელი რეაგირების სატელეფონო ცენტრში შექმნილი მრავალფუნქციური აპლიკაცია, რომლითაც ამოიცნობა ქართული საუბარი და ცენტრში შემოსულ მონაცემები იქნება ანალიზისათვის მოსახერხებელი ვიზუალური ფორმა; აღწერილია ის პროგრამული ტექნოლოგიები, რომელთა საშუალებითაც იქნება აგებული მოცემული აპლიკაცია.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრონული სისტემა; მონაცემთა ბაზა; მონაცემთა დამუშავება; საუბრის ანალიტიკა; საუბრის ანალიზის სისტემა; სატელეფონო ცენტრი.

შესავალი

საუბრის ანალიტიკა არის ხმის ჩანაწერების ან მიმდინარე სატელეფონო ზარების ანალიზის პროცესი საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგიის გამოყენებით [1]. მისი მიზანია ზარის შინაარსიდან სასარგებლო ინფორმაციის მოძიება და ზარების მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესების უზრუნველყოფა. საუბრის ანალიტიკა მომხმარებლის საუბარში ამოიცნობს სიტყვებს და აუდიოშაბლონებს.

რეალური დროის საუბრის ანალიტიკის გამოყენებით შესაძლებელია სატელეფონო ცენტრის ოპერატორისათვის სავარაუდო პასუხის მიწოდება სხვა ანალოგიური ზარების ანალიზისა და გამოცდილების გათვალისწინებით [2]. ასევე, იმ შემთხვევაში, თუ მომხმარებლის საუბარში დაფიქსირდება გარკვეული ნიშნები, სისტემას შეუძლია ამის შესახებ ზედამხედველს აცნობოს.

ზარების ჩანაწერების საუბრის ანალიტიკა გულისხმობს წარსულში განხორციელებული ზარების გარდაქმნას საძიებო მონაცემებად. ასეთი მონაცემები შეიძლება იყოს: საუბრიდან ამოცნობილი ტექსტი, სიჩუმის ხანგრძლივობები, მოსაუბრეების ემოციები, ხმის სიმაღლე და სხვ.

ჩვენ, როგორც ადამიანები, ერთმანეთს ვესაუბრებით ერთმანეთისთვის გასაგები ენით და წესებით. არსებობს ბევრი მცდელობა ისეთი ტექნო-

ლოგიის შესაქმნელად, რომლის საშუალებითაც ადამიანურ-მანქანური კომუნიკაცია შესაძლებელი იქნება განსაკუთრებული უნარების გარეშე. დღეისათვის არსებობს საუბრის ამომცნობი ტექნოლოგიები. ამ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ სისტემას მიეწოდება ხმოვანი მონაცემები და ის შედეგად გვიბრუნებს ტექსტურ მონაცემებს [3].

ძირითადი ნაწილი

საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგია საზოგადოებრივ ცნობიერებაში არც ისე დიდი ხნის წინ შემოვიდა, რაშიც დიდი როლი ითამაშა ტექნოლოგიური გიგანტების მიერ მათ გამოყენებამ [4].

ანთროპოლოგიური თვალსაზრისით, სასაუბრო სიტყვები შეიქმნა გაცილებით უფრო ადრე, ვიდრე მათი შესაბამისი წერილობითი ფორმები. ამასთან, ადამიანს შეუძლია ერთ წუთში საშუალოდ 150 სიტყვა წარმოთქვას; რაც შეეხება წერას, აქ ეს რიცხვი 40 სიტყვამდე მცირდება.

ხმის საშუალებით ტექნოლოგიურ მოწყობილობებთან კომუნიკაცია ისეთი პოპულარული და ბუნებრივი გახდა, რომ გასაკვირია, მსოფლიოს უმდიდრესმა კომპანიებმა უფრო ადრე რატომ არ დაიწყეს ამ სერვისებზე მუშაობა.

საუბრის ამოცნობის პირველი სისტემა – ოდრი (Audrey) შეიქმნა სამეცნიერო-კვლევით კომპანია Bell Labs-ში [5]. ოდრის შექმნა 0-დან 9-ის ჩათვლით ციფრების ამოცნობა 90-პროცენტის სიზუსტით. საინტერესოა, რომ სიზუსტის ეს მაჩვენებელი ფიქსირდებოდა მხოლოდ მაშინ, როცა სისტემას მისი გამომგონებელი ესაუბრებოდა, სხვა ადამიანებისთვის კი ეს რიცხვი 70-დან 80 პროცენტამდე მერყეობდა.

ეს ფაქტი საუბრის ამოცნობის ზოგიერთ მუდმივ გამოწვევაზე მიგვანიშნებს. თითოეულ ადამიანს აქვს სხვადასხვა ხმა და სალაპარაკო ენა საკმაოდ ცვალებადია. ტექსტისგან განსხვავებით, რომელიც გაცილებით უფრო სტანდარტიზებულია, სალაპარაკო სიტყვები მნიშვნელოვნად განსხვავდება რეგიონული დიალექტების, ლაპარაკის სიჩქარის და აქცენტების მიხედვით. აქედან გამომდინარე, საუბრის ამოცნობის უნივერსალური სისტემის შექმნა ყოველთვის მნიშვნელოვანი გამოწვევების წინაშე იდგა.

1990-იან წლებამდე ყველაზე წარმატებული სისტემებიც კი ეფუძნებოდა შაბლონურ შედარებებს, რომლებშიც ხმოვანი ტალღები ითარგმნებოდა ციფრებად და ასეთი სახით ინახებოდა. სისტემა რეაგირებდა მხოლოდ მაშინ, როცა იდენტურ ხმოვან სიგნალს აფიქსირებდა. ეს, რა თქმა უნდა, ნიშნავდა, რომ მომხმარებელს უნდა ესაუბრა გარკვევით, ნელა და ისეთ გარემოში, სადაც ფონური ხმაური არ იქნებოდა. მხოლოდ ამ შემთხვევაში არსებობდა შანსი, რომ სისტემა ამოიცნობდა წარმოთქმულ სიტყვას.

1980 წელს, კომპანია IBM-მა შექმნა სისტემა „ტანგორა“ (Tangora), რომელსაც შეეძლო მოსაუბრის ხმაზე მორგება. ის მაინც მოითხოვდა ნელ და გარკვევით საუბარს, ფონური ხმაურის გარეშე, თუმცა მის მიერ გამოყენებული ფარული მარკოვის მოდელები [6] მას გაზრდილ მოქნილობას ანიჭებდა მონაცემთა კლასტერიზაციისა და ფონემების პროგნოზირების გამოყენებით, ბოლოს დაფიქსირებული შაბლონების მიხედვით.

მიუხედავად იმისა, რომ სისტემა მოითხოვდა 20 წუთიან „ვარჯიშს“ (ჩაწერილი საუბრის მოსმენის სახით) თითოეული მოსაუბრისაგან, ტანგორას შეეძლო 20 ათასამდე ინგლისური სიტყვისა და რამდენიმე სრული წინადადების ამოცნობა.

1997 წელს შეიქმნა მსოფლიოს პირველი „უწყვეტი საუბრის ამოცნობი“ პროგრამა, სახელად: Dragon’s NaturallySpeaking. სისტემას შეუძლია 1 წუთში 100 სიტყვის ამოცნობა და ის დღესაც გამოიყენება, თუმცა განახლებული ფორმით.

მანქანურმა სწავლებამ 21-ე საუკუნეში დიდი როლი ითამაშა საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგიის განვითარებაში. Google-მა თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და ღრუბლოვანი გამოთვლების ერთობლივი გამოყენებით შეძლო მანქანური სწავლების ალგორითმების სიზუსტის გაუმჯობესება. ამ ყველაფრის კულმინაცია გახდა 2008 წელს Google Voice Search აპლიკაციის შექმნა iPhone-სთვის.

სასწავლო მონაცემების უზარმაზარი მოცულობის მეშვეობით Voice Search აპლიკაციამ საუბრის ამოცნობის წინა ტექნოლოგიებთან შედარებით თვალსაჩინო გაუმჯობესება მიიღო. Google-მა სისტემაში წარმოადგინა პერსონალიზაციის ელემენტები და შექმნა Hummingbird ალგორითმი, რომელიც სალაპარაკო ენის ნიუანსების უკეთესი აღქმის საშუალებას იძლევა. ტექნოლოგიის ამგვარი განვითარება გახდა Google Assistant სერვისის შექმნის საფუძველი. ეს სერვისი დღეისათვის სმარტფონების თითქმის 50%-ზე მუშაობს.

პირველი სერვისი, რომელმაც ამ მიმართულებით საზოგადოებას ყურადღება მიიპყრო, იყო Apple-ის Siri. ათწლეულების კვლევის შედეგად, ამ ხელოვნურ ინტელექტზე მომუშავე ასისტენტმა, კაცობრიობას საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგია გააცნო.

Siri-ს შემდეგ Microsoft-მა გამოუშვა Cortana, Amazon-მა გამოუშვა Alexa და ასე დაიწყო ტექნოლოგიური გიგანტების ბრძოლა საუბრის ამოცნობის საუკეთესო ალგორითმისათვის.

ადამიანი ასობით წლების განმავლობაში ცდილობდა მანქანებისათვის ესწავლებინა ის, რისთვისაც მას საშუალოდ რამდენიმე წელიწადი სჭირდება. დაწყებული ფონემებით, შემდეგ სიტყვებით, ფრაზებით და დამთავრებული წინადადებებით, მანქანებს დღეისათვის შეუძლიათ საუბრის ამოცნობა თითქმის 100%-იანი სიზუსტით.

საუბრისას ჩვენი ხმები წარმოქმნის პატარა ხმოვან პაკეტებს – ბგერებს (Phone). სიტყვების ხმოვანი ფორმის შემადგენელ ნაწილებს ფონემები (Phoneme) ეწოდება [7]. განსხვავება ბგერებსა და ფონემებს შორის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად: ბგერა არის ის, რაც გვესმის, ხოლო ფონემა არის სიტყვის სრული ფორმა, რომელსაც გონებაში ვინახავთ. ქართულ ენაში ბგერასა და ფონემას შორის განსხვავება არ არის, რადგან ყველა ქართულ ასოს ყოველთვის ერთი და იგივე ბგერა შეესაბამება. ზოგიერთ სხვა ენაში, მაგალითად, ინგლისურში, ერთი და იგივე ასო სხვადასხვა სიტყვაში სხვადასხვანაირად წარმოითქმის, ამიტომ ინგლისური ენის მაგალითზე ბგერასა და ფონემას შორის განსხვავება უფრო თვალსაჩინოა.

კომპიუტერები და კომპიუტერული მოდელები, მართალია, მონაცემთა დამუშავებისას ფონემებსაც იყენებენ, მაგრამ საუბრის ანალიზისათვის ბგერებთან მუშაობას თავიდან ვერ ავიცილებთ. როცა საუბარს ვუსმენთ, ჩვენი ყურები იჭერს ბგერებს და ტვინი მათ სიტყვებში, წინადადებებსა და იდეებში გარდაქმნის. ეს იმდენად სწრაფად ხდება, რომ ზოგჯერ წინასწარ ვხვდებით, მოსაუბრე რა სიტყვის თქმას აპირებს მანამ, სანამ მას ბოლომდე წარმოთქვამს. რადგან ჩვენთვის საუბრის მოსმენა და აღქმა ასეთი ადვილია, ვთვლით, რომ კომპიუტერსაც მარტივად უნდა შეეძლოს სიტყვების გაგება და ამოც-

ნობა, თუმცა რეალურად ეს ასეთი მარტივი არ არის.

მოსმენა ბევრად უფრო რთულია, ვიდრე ის გამოიყურება; მოსმენისას ერთდროულად უამრავი სახის პრობლემას ვხვდებით.

- როდესაც ვიღაცას ვესაუბრებით ქუჩაში, არსებობს მათი საუბრის ფონური ხმაურისგან გამორჩევის სირთულე – განსაკუთრებით მაშინ, როცა ეს ფონური ხმაური გამოწვეულია სხვა ადამიანების საუბრებით.
- როდესაც ადამიანები საუბრობენ სწრაფად და ყველა სიტყვას გადაბმულად, ერთ ნაკადში წარმოთქვამენ, როგორ უნდა გავიგოთ, ზუსტად სად მთავრდება ერთი სიტყვა და იწყება მომდევნო?
- ყველა ადამიანის ხმა ერთმანეთისგან განსხვავებულია; გარდა ამისა ერთი და იგივე ადამიანი სხვადასხვა დროს შეიძლება სხვადასხვა ხმით საუბრობდეს.
- ზოგიერთ ენაში, მაგალითად, ინგლისურში არსებობს სხვადასხვა სიტყვები, რომლებიც ერთნაირად გამოითქმის, მაგალითად: Read – „წაკითხვის“ წარსული ფორმა და Red – „წითელი“. ეს სიტყვები ჟღერადობით ერთნაირია. როგორ იგებს ჩვენი ტვინი, რომელ მნიშვნელობას გულისხმობს მოსაუბრე?

ყველა ამ თემასთან ერთად გასათვალისწინებელია სინტაქსი და სემანტიკა და ის, თუ როგორ ეხმარება ისინი ჩვენს ტვინს მოსმენილი საუბრის აღქმაში. ამ ყველაფრის ერთობლიობა თვალსაჩინოს ხდის იმ სირთულეს, რომელიც საუბრის რეალურ დროში გაგებას ახასიათებს.

ადგილს, სადაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საუბრის ანალიზი, წარმოადგენს საგანგებო შემთხვევათა მართვის სატელეფონო სისტემა, რომელშიც ყოველდღიურად შემოსული ათასობით

ზარის ანალიზის საფუძველზე საჭიროა მოხდეს მათი კლასიფიკაცია და შეიქმნას საქმეები სხვადასხვა პარამეტრების მიხედვით.

გადაუდებელი რეაგირების სატელეფონო ცენტრისთვის შეიქმნა აპლიკაცია ცენტრის სამუშაო პროცესში საუბრის ანალიტიკის გამოყენებით. აპლიკაცია იყენებს Google-ის API-ს, რომელიც საშუალებას იძლევა ჩვენ მიერ შექმნილ აპლიკაციაში გამოვიყენოთ Cloud Speech სერვისი. ბიზნესლოგიკა განხორციელებულია დაპროგრამების ენა C#-ზე, ხოლო მონაცემების შენახვისათვის გამოყენებულია Oracle მონაცემთა ბაზა, რომელშიც სატელეფონო ცენტრის სისტემის მიერ წარმოებს მონაცემების მუდმივი განახლება და დამატება. მონაცემთა ბაზასთან კავშირი ხდება Entity Framework-ის გამოყენებით, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია მუშაობა რელაციურ მონაცემებთან, როგორც პროგრამულ ობიექტებთან.

მონაცემთა დამუშავებისთვის აპლიკაცია იყენებს სხვადასხვა ალგორითმს. აპლიკაცია იყენებს ფრეიმვორკ Angular 2-ს ინფორმაციის ვიზუალური (ცხრილის, სვეტოვანი და წრიული დიაგრამის, ხაზოვანი გრაფიკის) სახით წარმოდგენისთვის [8]. ფრეიმვორკი მუშაობს დაპროგრამების ენა JavaScript-ზე, ხოლო მონაცემების წარმოდგენა ხდება HTTP მოთხოვნების საშუალებით. მონაცემთა ვიზუალიზაციის პროცესს უზრუნველყოფს Dev-Express-ის DevExtreme ბიბლიოთეკა.

მონაცემების სხვადასხვა ფორმითა და დახარისხებით წარმოდგენის გარდა, სისტემაში არის

მონაცემების გარკვეული ანალიტიკური ფორმულებით დამუშავების საშუალებები. ასეთი მონაცემები ძალიან სასარგებლოა ცენტრის მუშაობის შეფასებისთვის, რადგან ისინი შედგენილია რამდენიმე სხვადასხვა მაჩვენებლის გამოყენებით.

დასკვნა

საუბრის ანალიტიკის ტექნოლოგიები ხშირად გამოიყენება სატელეფონო ცენტრის მომხმარებელთან ურთიერთქმედების დროს, რათა დადგინდეს ზარის წამოწყების მიზეზი, ნახსენები პროდუქტები ან მომხმარებლის ემოცია. საუბრის ანალიტიკის ინსტრუმენტების ეფექტურად გამოყენების შემთხვევაში, პროგრამამ შეიძლება გააანალიზოს მომხმარებლების ფრაზები და ამოიცნოს მათი მოთხოვნები, ასევე მიუთითოს საკითხებზე, რომლებიც მოითხოვს სატელეფონო ცენტრის ოპერატორების ცოდნის გაუმჯობესებას.

კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ სატელეფონო ცენტრის პროდუქტიულობის გაუმჯობესებისთვის აუცილებელია კრიტიკულ მაჩვენებლებზე დაკვირვება; ამ პროცესის შესრულებისათვის კი ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტია ელექტრონული სისტემის შექმნა.

მოცემულ ელექტრონულ სისტემას შეუძლია ინფორმაციის რეალურ დროში ჩვენება გასული დღეების მონაცემებთან კომბინაციაში, რაც სატელეფონო ცენტრის მენეჯერებს საშუალებას აძლევს მოახდინონ ცენტრის მუშაობის გრძელვადიანი პროგნოზირება.

ლიტერატურა

1. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Call_centre
2. Kobiashvili A., Darchiashvili N. The system for monitoring of a call centre. Preceedings of GTU and UniFg 1st joint R&D international conference “Dynamics and recent Trends of vary industries in EU and Georgia: ICTs adoption in supply chain management”. Tbilisi. 2018, 50 p. (in Georgian).

3. URL: <https://www.qubole.com/blog/call-center-analytics/>
 4. URL: https://js.devexpress.com/Documentation/16_2/
 5. URL: https://www.tutorialspoint.com/wcf/wcf_overview.htm
 6. URL: <http://www.javaworld.com/article/2077354/learn-java/app-server-web-server-what-s-the-difference.html>
 7. URL: <http://fpv.science.tsu.ge/javascript.pdf> (in Georgian).
 8. Ari L., Felipe C., Nate M., Carlos T. Ng-book 2: The complete book on Angular 2. Fullstack.io. 2016, 626 pp.
-

UDC 65.012.45

SCOPUS CODE 1706

Phone Conversation Analytics

Rusudan Kutateladze	Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
Ana Kobiashvili	Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: anakobia@hotmail.com
Nodar Darchiashvili	Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: nodo619@gmail.com

Reviewers:

K. Kamkamidze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

M. Kiknadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. The paper reviews the results of research of possibilities of well-known speech recognition systems, considers the importance of speech recognition technology in various telephone systems for the analysis process of voice records or current phone calls. This technology provides searching of useful information from the content of a call and improving the customer service quality of call centre. The use of analytics of speech in real-time makes it possible to the call centre operator to make certain conclusions based on the analysis of past calls and thus to determine the proposed answers. The paper also analyses those challenges that are in the field of real-time speech analytics.

The article deals with a multifunctional application developed in the call centre of emergency response, which recognizes Georgian speech and presents received data in a form convenient for further analysis. It describes the software technologies used for this application as well.

Keywords: Call centre; conversation analysis system; conversation analytics; database; data processing; electronic system.

UDC 65.012.45
SCOPUS CODE 1706

Аналитика телефонного разговора

Русудан Кутателадзе Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

Ана Кобиашвили Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: anakobia@hotmail.com

Нодар Дарчиашвили Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: nodo619@gmail.com

Рецензенты:

К. Камкамидзе, профессор, факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

М. Кикнадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. В статье показаны результаты использования возможностей известных систем распознавания речи, рассмотрена значимость технологии распознавания речи в различных телефонных системах для процесса анализа записей голоса или текущих телефонных звонков. Данная технология обеспечивает поиск полезной информации из содержания звонка и улучшение качества обслуживания клиентов кол-центра. Использование аналитики речи в реальном времени дает возможность оператору кол-центра на основе анализа вошедших в прошлом звонков, сделать определенные выводы и на их основе определить предполагаемые ответы. В статье также анализируются те вызовы, которые существуют в сфере аналитики речи в реальном времени.

В статье описывается созданная в телефонном центре неотложного реагирования многофункциональная аппликация, которая распознает Грузинскую речь и входящие в центр данные представляет в удобную для анализа форму; описываются программные технологии, с помощью которых была построена данная аппликация.

Ключевые слова: аналитика разговора; база данных; кол-центр; обработка данных; система анализа разговора; электронная система.

განხილვის თარიღი 23.01.2020

შემოსვლის თარიღი 05.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 65.012.45

SCOPUS CODE 1706

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-64-71>

სასამართლო საქმეების განაწილების ავტომატიზაცია

რუსუდან ქუთათელაძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kutateladze@gtu.ge	ტექნიკური
ანა კობიაშვილი	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: anakobia@hotmail.com	ტექნიკური
ზურაბ მაისურაძე	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: zuramaisuradze77@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

კ. კამკამიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

მ. კიკნაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. სასამართლო სტრუქტურისთვის უაღრესად აქტუალურია სწორი გადაწყვეტილებების მიღება. ამასთან, საჭიროა ამ გადაწყვეტილებების ისტორიის შენახვა შესაბამის დამატებით ინფორმაციასთან ერთად. აგრეთვე ძალიან მნიშვნელოვანია მოსამართლეების დატვირთულობის მიხედვით სასამართლო საქმეების ავტომატურად გამჭვირვალედ განაწილება.

ავტომატური განაწილების სისტემის გამოყენებით ყველა მოქმედი თუ დახურული საქმის ელექტრონულად წარმოება ხდება მინიმალურ დროში და, აქედან გამომდინარე, მოსამართლეებსა და მათ ასისტენტებს უადვილდებათ საქმეების განაწილება, გა-

დაწერა და სხვა დამატებითი საქმიანობის შესრულება. გარდა ამისა, საქმეთა განაწილებაში შესაძლებელი გახდა მოსამართლეთა არათანაბარი დატვირთვის გამორიცხვა.

სტატიაში აღწერილია აპლიკაცია, რომელიც განკუთვნილია მოსამართლეებს შორის საქმეების ავტომატური განაწილებისათვის, მოცემულია აღნიშნული ელექტრონული სისტემის უპირატესობები, განალიზებულია ევროპული ქვეყნების გამოცდილება ანალოგიური მიმართულებით, განხილულია ის პროგრამული ტექნოლოგიები, რომლებიც გამოიყენეს სისტემის ასაგებად, ნაჩვენებია სისტემის მუშაობის მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატური განაწილების სისტემა; ინფორმაციული ტექნოლოგიები; მონაცემთა ბაზა; მონაცემთა დამუშავება; ფრეიმვორკი.

შესავალი

ავტომატური განაწილების სისტემის დანიშნულებაა სასამართლო საქმეების ადეკვატურად, თანაბრად განაწილების უზრუნველყოფა მოსამართლის დატვირთულობისა და მასზე შეგროვებული სტატისტიკის მიხედვით. მოსამართლეთა მიუკერძოებლობის, მათი თანაბარი დატვირთვის გარანტირებისა და საქმეთა განაწილების პროცესში თავმჯდომარის როლის შესამცირებლად საქართველოს სასამართლოებში მოსამართლეთა შორის საქმეები ნაწილდება ავტომატურად, ელექტრონული სისტემის მეშვეობით, შემთხვევითი განაწილების პრინციპის დაცვით.

სისტემის შექმნის აუცილებლობა განაპირობა სასამართლოებში დამყარებულმა მანკიერმა პრაქტიკამ კონკრეტულ საქმეზე დაენიშნათ სასურველი მოსამართლე, რომელსაც ლოიალური წინასწარგანწყობა ექნებოდა ამ საქმის მიმართ და ხელს შეუწყობდა გარკვეული გადაწყვეტილების გამოტანას [1].

ძირითადი ნაწილი

მართლმსაჯულებაში ინფორმაციული სისტემების იმპლემენტაცია მნიშვნელოვან საკითხად იქცა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. ინფორმაციული ტექნოლოგიები უფრო და უფრო მეტად განიხილება, როგორც მართლმსაჯულების ხელმისაწვდომობისა და ამ სექტორის ეფექტურობის გაუმჯობესების პოტენციური ხელშემწყობი.

მაგალითად, იტალიაში უკვე მრავალი წელია ფუნქციონირებს საინფორმაციო სისტემა TOL მონაცემთა ელექტრონული გადაცემისთვის, რომელიც გამოიყენება საპროცესო დოკუმენტებზე და შეტყობინებებზე წვდომისა და სამოქალაქო საქმეებში მოსაკრებლების გადახდისათვის. თავდაპირველად პროექტის მთავარი მიზანი იყო შეექმნა ე. წ. უფურცლო ოფისი [2] ანუ ელექტრონული სისტემა, რომელიც შესაძლებლობას მისცემდა სასამართლო სისტემას სრულად ელექტრონულად ეწარმოებინა ყველა პროცესი, დაწყებული საჩივრის მიღებიდან, დამთავრებული საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებამდე. მოგვიანებით კი იმისათვის, რომ სისტემას დაეკმაყოფილებინა იუსტიციის სამინისტროს მოთხოვნები, სისტემა შეიქმნა ფართო ფუნქციონალითა და შესაძლებლობებით:

- მოხდა საქმეების სრულად ელექტრონულ წარმოებაში შეტანა;
- დაემატა ინფორმაციის გაცვლის შესაძლებლობა (მაგალითად, გარე მომხმარებელს მიეცა შესაძლებლობა ჰქონოდა წვდომა კონკრეტულ საქმეზე);
- სასამართლო პერსონალს მიეცა საშუალება ელექტრონულად ემართა პროცესში შემავალი დოკუმენტები;
- დაემატა რეალურ დროში შეტყობინებების მიღების საშუალება.

ანალოგიური ონლაინ სერვისი ინგლისსა და უელსში განხორციელდა MCOL სისტემის სახით, რომელიც ფულადი დავების ელექტრონულად მართვის საშუალებას იძლევა. ის მოქალაქეებსა და იურისტებს შესაძლებლობას აძლევს ოცდაოთხი საათის განმავლობაში კვირაში შვიდ დღეს შეიტანონ

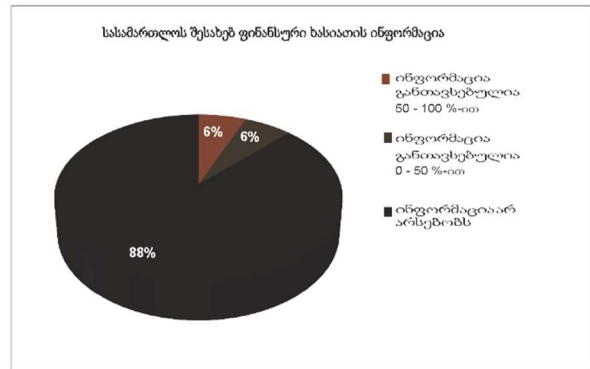
საჩივარი ვებგვერდის გამოყენებით. ვებგვერდზე შესაძლებელია დოკუმენტების მიბმა, საჩივრის სტატუსის მონიშვნა და სასამართლო სარჩელის ან აღსრულების დოკუმენტის შევსება.

MCOL არის ონლაინ სერვისი ინგლისსა და უელსში, რომელიც ფულადი დავების ელექტრონულად მართვის საშუალებას იძლევა. ის მოქალაქეებსა და იურისტებს შესაძლებლობას აძლევს ოცდაოთხი საათის განმავლობაში კვირაში შვიდ დღეს შეიტანონ საჩივარი ვებგვერდის გამოყენებით. სერვისის მეშვეობით ხდება დოკუმენტების მიბმა, საჩივრის სტატუსის მონიშვნა და სასამართლო სარჩელის ან აღსრულების დოკუმენტის შევსება.

e-CODEX არის ფართომასშტაბიანი საპილოტე პროექტი, რომელიც თანადაფინანსებულია ევროკავშირის კომისიის მიერ და კოორდინირებულია გერმანიის იუსტიციის სამინისტროს მიერ. მისი მართვის არქიტექტურა ხასიათდება სამუშაოს დაყოფითა და მრავალი წარმომადგენლის მონაწილეობით სხვადასხვა ფენიდან (ICT სპეციალისტები, იურიდიული ექსპერტები, დაინტერესებული მხარეები), რაც ეფუძნება პოტენციურად მნიშვნელოვანი დიზაინის მენეჯმენტის პრინციპს. ამგვარი დაყოფა შეიძლება უპირატესობად გამოიკვეთოს ელექტრონული სასამართლოს სისტემის დიზაინში, რომელიც ხასიათდება იურიდიული, ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული კომპონენტების ურთიერთმიმართებით. მეორე მხრივ, სამუშაოების გაყოფა, რომელიც აუცილებელია ამ ტიპის მასშტაბური პროექტებისთვის, ქმნის გუნდებს შორის მაღალ პროფესიულ ურთიერთდამოკიდებულებას.

ბოლო წლებში კვლევის შედეგად დადასტურდა, რომ სასამართლო ხელისუფლების ორგანოთა ვებ-

გვერდების ერთობლიობის ინფორმაციული შიგთავსის სიუხვისა და ტექნიკური გამართულობის ინდექსით, საქართველოს რეალობა დაბალი განვითარების საფეხურზე იდგა ელექტრონული გამჭვირვალობის ხარისხობრივ კიბეზე. ჩატარებული კვლევების შედეგების თანახმად, საქართველოს სასამართლო ხელისუფლების სისტემის ინტერნეტ სივრცის გამჭვირვალობა არ ეხმიანებოდა საზოგადოების ძირითად მოთხოვნებსა და ინტერესებს. ასევე არ იყო გასაჯაროებული ფინანსური ინფორმაცია სასამართლოს შესახებ (სურ. 1).

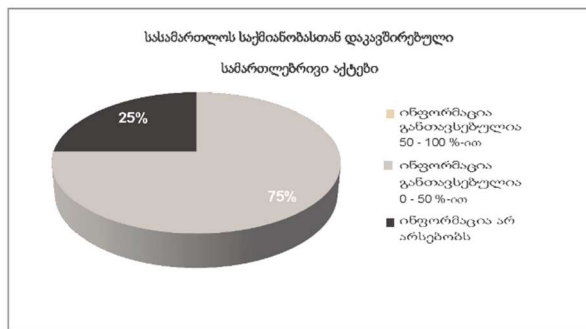


სურ. 1. სასამართლოს შესახებ ფინანსური ინფორმაცია

შექმნილმა მდგომარეობამ დღის წესრიგში დააყენა სასამართლო საქმეების ავტომატური განაწილების სისტემის შექმნის აუცილებლობა [3]. სისტემის სამუშაო გარემო შექმნილია დაპროგრამების ენაზე Microsoft Windows Forms, C#. გამოყენებულია .Net Framework 4.5, რომელიც არის Microsoft-ში შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის ფრეიმვორკი. მას აქვს პროგრამული კლასების დიდი ბიბლიოთეკა და იძლევა საშუალებას მოხდეს დაპროგრამების სხვადასხვა ენაზე დაწერილი კოდების გამოყენება. სისტემა აგრეთვე იყენებს დამხმარე

ბიბლიოთეკას DevExpress WinForms v.17. საქმის ელექტრონული განაწილების მოდული ჩაშენებულია საქმის წარმოების პროგრამაში, რომელსაც გააჩნია ავტორიზაციის ფუნქცია. ვებსერვისი შექმნილია Microsoft WCF (Windows Communication Foundation) დაპროგრამების ენაზე. საქმეების ალბათური განაწილებისათვის სისტემაში გამოყენებულია Microsoft-ის ჩაშენებულ „Random“ ბიბლიოთეკა. სერვისიდან მონაცემთა ბაზასთან კავშირი ხორციელდება Object-relational mapping Entity Framework v.5-ის საშუალებით. სისტემა იყენებს რელაციურ მონაცემთა ბაზას IBM db2. მონაცემთა ბაზასთან წვდომა შესაძლებელია წინასწარ განსაზღვრული IP მისამართებიდან შესაბამისი მომხმარებლის უფლებებით. ცხრილებში მონაცემთა შეყვანა/ცვლილება/წაშლა ხდება ბაზის შესაბამისი პროცედურების მეშვეობით და ყველა ქმედება ლოგირდება.

სისტემის დანერგვის შედეგად გაიზარდა ინფორმაციის ღიაობა (სურ.2).

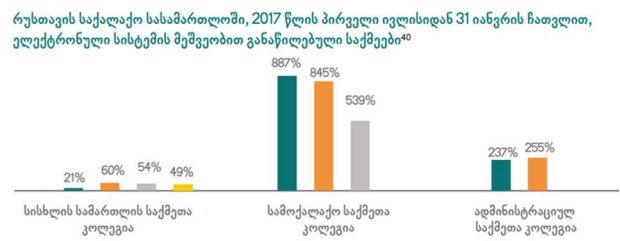


სურ. 2. ინფორმაცია სამართლებრივი აქტების შესახებ

საერთო სასამართლოებში საქმეთა განაწილების ახალი სისტემის შემუშავება ბოლო წლების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს რეფორმას წარმოადგენს, რომელმაც უპასუხა არა ერთ გამოწვევას სასამართლოს მიუკერძოებლობისა და დამოუკიდებლობის

მიმართულებით. მოსამართლეებს შორის საქმეთა განაწილების წესი, პირველ რიგში, უზრუნველყოფს საქმეთა მიუკერძოებლად განხილვას, პროცესის გარეშე ჩარევებისაგან დაცვას, ასევე, მართლმსაჯულების დროულად და ეფექტიანად განხორციელებას და მოსამართლეებს შორის შრომის სამართლიან განაწილებას. საქმეთა ელექტრონული განაწილების ახალი სისტემა ეფუძნება სასამართლოში შესული საქმეების შემთხვევითი განაწილების პრინციპს მოსამართლეებს შორის. ეს წესი მოქმედ კანონმდებლობაში არსებული ხარვეზების გამოსწორების მიზნით, მართლმსაჯულების რეფორმის „მესამე ტალღის“ ფარგლებში შემუშავდა [4, 5].

საქმის განაწილების ახალი წესი თავდაპირველად დაინერგა რუსთავის საქალაქო სასამართლოში (სურ. 3) და საქართველოს მასშტაბით, ახალი წესით საქმეთა განაწილების წესი ამოქმედდა მხოლოდ 2017 წლის 31 დეკემბრიდან. საქმეთა განაწილების ახალი წესი მნიშვნელოვანი წინ გადადგმული ნაბიჯია.

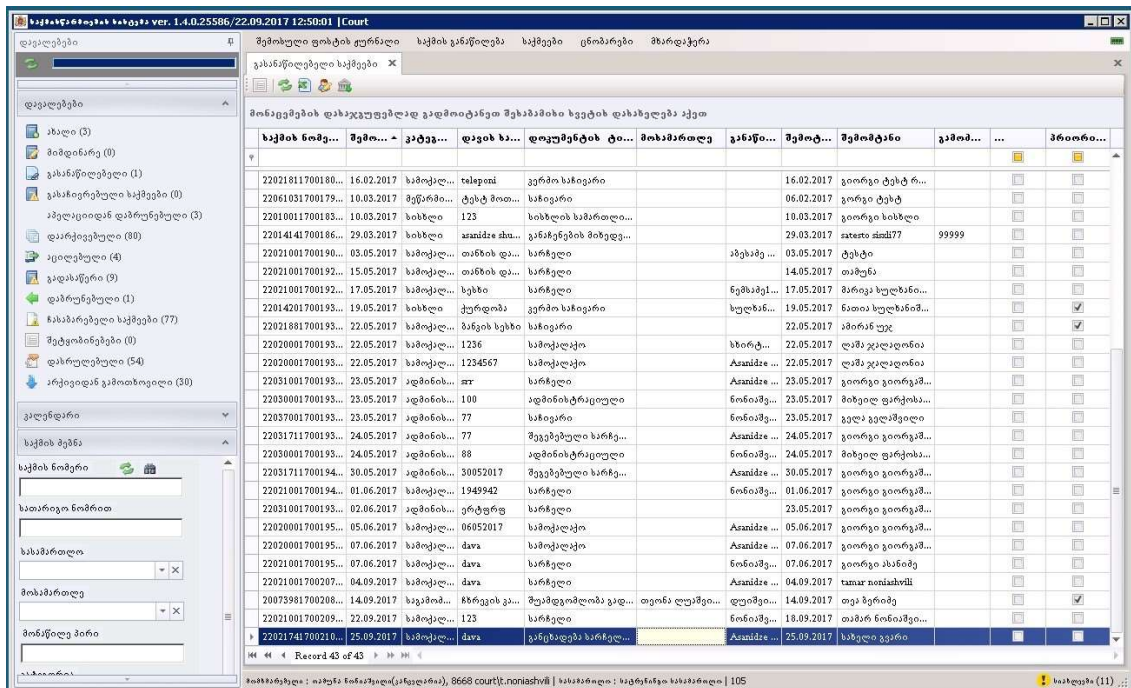


სურ. 3. რუსთავში ელექტრონული სისტემის საშუალებით განაწილებული საქმეები

მე-4 სურ-ზე ნაჩვენებია სასამართლო საქმეების განაწილების ცხრილი, ხოლო მე-5 სურ-ზე წარმოდგენილია საქმის წარმოების სისტემის ვებგვერდის ფორმა.

ცხრილი 2	საქმეების რ-ბა	დღეების რ-ბა, როდესაც მოსამართლე ახორციელებდა უფლებამოსილებას	დატვირთულობის კოეფიციენტი (%)	უფლებამოსილების განხორციელების „ეფექტური დღეების“ რ-ბა
მოსამართლე 1	48	26	200%	52
მოსამართლე 2	24	26	100%	26
მოსამართლე 3	25	26	100%	26
მოსამართლე 4	25	26	100%	26
მოსამართლე 5	28	20	100%	20
მოსამართლე 6	7	20	50%	10
	157	144		160

სურ. 4. სასამართლო საქმეების განაწილების ცხრილი



სურ.5. საქმის წარმოების სისტემის ვებგვერდის ფორმა

დასკვნა

სასამართლო სტრუქტურისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია სწორი გადაწყვეტილებების მიღება და, ამასთან, შესაბამისი დამატებით ინფორმაციასთან ერთად ამ გადაწყვეტილებების ისტორიის გამო, რომ პროგრამა ავტომატურად ანაწი-

რიის შენახვა. აგრეთვე უაღრესად მნიშვნელოვანია მოსამართლეების დატვირთულობის მიხედვით ავტომატურად განაწილება სათანადო გამჭვირვალობის უზრუნველყოფით.

იმის გამო, რომ პროგრამა ავტომატურად ანაწი-

ლებს საქმეებს, განაწილებაზე დახარჯული დრო და მოსამართლეების წარსული საქმეების ხელით დადის მინიმუმამდე. თუმცა, თუ აქამდე სასამართლო თანამშრომელს სჭირდებოდა რიგი ოპერაციების გატარება სხვადასხვა პრინციპების დაცვით ფურცელზე დატანილი ინფორმაციის მიხედვით და მოსამართლეების წარსული საქმეების ხელით გადამოწმება, ამ საქმის გაკეთება რამდენიმე წუთში არის შესაძლებელი. შესაძლებელია პროგრამის ოპტიმიზება იმ დონეზე, რომ საქმეების განაწილება მოხდეს სრულად ავტომატურად.

ლიტერატურა

1. URL: <http://www.iijusticia.org/docs/Barry.pdf>
2. URL: <https://www.rik.ee/en/international/court-information-system>
3. Kobiashvili A., Maisuradze Z. Automated distribution system of the court cases. Proceedings of III international scientific conference "Globalization and modern business challenges". GTU. Tbilisi. 2019, 283–287 pp. (in Georgian).
4. URL: <https://emc.org.ge/ka/products/sakmis-ganatsilebis-akhali-sistema-sasamartloshi> (in Georgian).
5. URL: https://eeas.europa.eu/delegations/russia/11232/development-e-governance-tools-justice_bg

UDC 65.012.45
SCOPUS CODE 1706

Automation of Distribution of Court Cases

- Rusudan Kutateladze** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- Ana Kobiashvili** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: anakobia@hotmail.com
- Zurab Maisuradze** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: zuramaisuradze77@gmail.com

Reviewers:

- K. Kamkamidze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com
- M. Kiknadze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. It is extremely topical to make right decisions for the court structure. Herewith it is necessary to keep the history of these decisions with the additional information. It is also highly important to automatically, transparently distribute court cases according to judges' loads.

By means of automatic distribution system all the current and closed cases are proceeded in the minimal period of time, and, hence, judges and their assistants are able to distribute, redistribute cases and do other additional work easier. In addition, it became possible to exclude inequality in loads of judges.

The article describes the application that is aimed to automatically distribute the cases among judges. Herewith the advantages of aforesaid electronic system are given, the experience of European countries in this regard is analyzed, the software technologies, which have been used to build the system are discussed and the examples of functioning the system are shown as well.

Key words: Automated distribution system; database; data processing; framework; information technology.

UDC 65.012.45
SCOPUS CODE 1706

Автоматизация распределения судебных дел

- Русудан Кутателадзе** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- Ана Кобиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: anakobia@hotmail.com
- Зураб Маисурадзе** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: zuramaisuradze77@gmail.com

Рецензенты:

- К. Камкамидзе**, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com
- М. Кикнадзе**, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. Для судебной структуры крайне актуально принимать правильные решения. Кроме того, необходимо сохранять историю этих решений вместе с дополнительной информацией. Также очень важно автоматическое, прозрачное распределение судебных дел в соответствии с нагрузкой судей.

С помощью применения системы автоматического распределения электронное производство всех действующих и закрытых дел происходит в минимальное время и, соответственно, облегчает судьям и их ассистентам распределять, переписывать дела и исполнять другие дополнительные обязанности. Кроме того, при распределении дел стало возможным исключить неравенство при нагрузке судей.

В статье описывается приложение, предназначенное для автоматического распределения дел среди судей, даются преимущества вышеуказанной электронной системы, анализируется опыт европейских стран в аналогичном направлении, рассматриваются программные технологии, используемые для построения системы, иллюстрируются примеры работы системы.

Ключевые слова: база данных; информационные технологии; обработка данных; система автоматического распределения; фреймворк.

განხილვის თარიღი 23.01.2020

შემოსვლის თარიღი 05.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 6281

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-72-80>

ჰიდროგეოლოგიური პირობების პროგნოზირება წყალმომარაგების მიზნით

თამარ რაზმაძე-
ბროკიშვილი ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: trazmadze1972@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. მარდაშოვა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ნ. ჯიქია, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: niazjikia@gtu.ge

ანოტაცია. სასმელი წყალმომარაგება თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთი მწვავე პრობლემაა. პლანეტის მოსახლეობის დიდი ნაწილი წყლის დეფიციტს, ნაწილი ჯანმრთელობის თვალსაზრისით სასმელად არაკონდიციურ წყლებს მოიხმარს. ბოლო წლებში, ჩვენს ქვეყანაში წყლის გადასახადის მკვეთრი ზრდის გამო, ბევრი კერძო პირი, საწარმო თუ კომპანია ამჯობინებს იქონიოს წყლით მომარაგების ავტონომიური კვება. რის გამოც როგორც ქალაქად, ისე სოფლად ფართო მასშტაბით მიმდინარეობს წყლის ჭაბურღილების ბურღვითი სამუშაოები.

სტატიაში განხილულია ერთ-ერთი ობიექტის სასმელი წყალმომარაგების საკითხი, საჭირო გახდა ჰიდროგეოლოგიური კვლევების ჩატარების აუცილებლობა, რომლის საფუძველზეც დასაბუთებულ იქნა საექსპლუატაციო ჭაბურღილის ჰიდროდინა-

მიკური და ჰიდროქიმიური პარამეტრების პროგნოზირება წყალმომარაგების ამოცანის წარმატებით გადაჭრის მიზნით. აღსანიშნავია, რომ წყალშემცველი ჰორიზონტის საზღვრების გამოსავლენად აგრეთვე გამოიყენება ძიების გეოფიზიკური მეთოდი, კერძოდ ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ). საკვლევი ობიექტის პირობებში, თითოეული დაკვირვების წერტილში $(AB/2)_{max}$ უნდა იყოს 250 მ, შესაბამისად ელექტრული დენის ჩაწვდომის სიღრმე იქნება დაახლოებით 170 მ. მიღებული გეოელექტრული ჭრილის მიხედვით დადგინდება წყალშემცველი ფენის საგები და სახურავი. ასევე წყალშემცველი ჰორიზონტის სიმძლავრის დაზუსტების მიზნით მიზანშეწონილია ჭაბურღილში ჩატარდეს კაროტაჟული კვლევები, რომელიც მოიცავს: ბუნებრივ გამა (NG) კაროტაჟს, თვითპოტენციალის კაროტაჟს (SP), ღრმა (LN), და პატარა (SN) შეღწევადობის

ელექტროწინალობის კაროტაჟს, წერტილოვანი ელექტროწინალობის (SPR) კაროტაჟს, კავერნომეტრია (Ca), თერმოკაროტაჟი (FTEMP).

საკვანძო სიტყვები: მტკნარი წყალი; სასმელი წყალმომარაგება; წყლის ხარისხი; ჭაბურღილი; ჰიდროგეოლოგია.

შესავალი

წყალმომარაგების მოგვარება ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის და ცხოვრების ნორმალური პირობების შესაქმნელად ძალზე მნიშვნელოვანი საკითხია. რაც დრო გადის, მტკნარი სასმელი წყლის პრობლემა სულ უფრო და უფრო მწვავე ხდება. უკვე დღეისთვის პლანეტის 1 მილიარდი მოსახლე, სასმელი წყლის დეფიციტის პირობებში ცხოვრობს. სამომავლო პროგნოზი სანუგეშო არ არის. დედამიწაზე მოსახლეობის რიცხვი და მასთან ერთად წყალზე მოთხოვნილება განუზრვლად იზრდება. საქართველო მტკნარი მიწისქვეშა წყლებით მდიდარი ქვეყანაა. სასმელად ვარგისი მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსი საქართველოს წიაღში 570 მ³/წმ შეადგენს [1]. ეს კოლოსალური რაოდენობაა, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ჩვენი ქალაქების და სოფლების ნაწილი სასმელი წყლის დეფიციტის პირობებში ცხოვრობს. მსგავსი სიტუაცია უკვე დიდი ხნის განმავლობაში ქ. მცხეთაშიც აღინიშნება. მეორე მხრივ, ეს რეგიონი ჰიდროგეოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე, რაციონალური წყალმომარაგების შემთხვევაში დეფიციტს არ უნდა განიცდიდეს. წარმოების განვითარებამ და სოფლის

მეურნეობის დარგების გაფართოებამ არსებითად შეზღუდა ზედაპირული წყლების ბაზაზე სასმელი წყალმომარაგების შესაძლებლობა, ვინაიდან უმეტეს შემთხვევაში ზედაპირული წყლები ეკოლოგიურად დაბინძურებულია იმ დონეზე, რომ გაწმენდას ძნელად ექვემდებარება. ამგვარ პირობებში, საკითხის რაციონალური გადაწყვეტა მიწისქვეშა წყლების გამოყენებაში უნდა ვეძიოთ.

ჰიდროგეოლოგიური ჭაბურღილი რთული საინჟინრო კონსტრუქციაა, რომლის სწორად შერჩევაზე ბევრად არის დამოკიდებული ჭაბურღილის მუშაობის ეფექტი. კერძოდ, დიდი მნიშვნელობა აქვს საკაპტაჟო კოლონის დიამეტრის და განლაგების ინტერვალის სწორად შერჩევას [2]. ხშირ შემთხვევაში, თუ ჭაბურღილი დადებით შედეგს ვერ გვაძლევს, ეს ბუნებრივი პირობების ბრალი კი არ არის, არამედ ბურღვის და ჭაბურღილის აღჭურვის ნაკლიდან გამომდინარეობს. ზოგადად კი წყალმომარაგების ამოცანის გადაჭრა ჭაბურღილების საშუალებით ბევრად უფრო მიზანშეწონილია ზედაპირული წყლების ბაზაზე წყალმომარაგებასთან შედარებით. უპირველესი ამ შემთხვევაში არის ის, რომ მიწისქვეშა წყლები საიმედოდ არის დაცული გაჭუჭყიანებისაგან და სტრატეგიული ნედლეულია როგორც მშვიდობიანობის, ასევე ომის პერიოდში.

ობიექტის წყალმომარაგებისთვის აუცილებელია საძიებო ჭაბურღილების გაყვანა, რომელშიც უნდა ჩატარდეს საცდელ-ფილტრაციული სამუშაოები, აგრეთვე, დეტალურად იქნეს შესწავლილი ლითოლოგიური ჭრილი, წყალშემცველი და წყალგაუმტარი ქანების სივრცობრივი განაწილება [3]. განგარიშებულ იქნას ძირითად წყალშემცველი ჰო-

რიზონტების ჰიდროდინამიკური საანგარიშო პარამეტრები, როგორცაა ფილტრაციის, დონეგამტარობის და პიეზოგამტარობის კოეფიციენტები, წყალგამტარობა, რომელთა საფუძველზე ანგარიშობენ საბადოს საექსპლუატაციო მარაგებს, შეარჩევენ ჰიდროდინამიკურ სქემას და დაადგენენ ექსპლუატაციის ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს. საძიებო ჭაბურღილის გაყვანა საკმაოდ დიდ თანხებთან არის დაკავშირებული, ამიტომ მიმართავენ საძიებო-საექსპლუატაციო ჭაბურღილის გაყვანას იმ ვარაუდით, რომ საბადოს ძიების დამთავრების შემდეგ შესაძლებელი გახდეს საძიებო ჭაბურღილის გამოყენება ექსპლუატაციის მიზნით [4]. რა თქმა უნდა, ამ დროს საძიებო ჭაბურღილში გათვალისწინებულია საექსპლუატაციო ჭაბურღილის კონსტრუქციული თავისებურებები.

პროგნოზის დონეზე ხდება წყალმომარაგების საკითხის გადაწყვეტა, წყალშემცველი ჰორიზონტების სიმძლავრის და ბუნებრივი რესურსის დადგენა.

თქვენს წინაშე, სამეცნიერო სტატიის სახით წარმოდგენილია ჰიდროგეოლოგიური მონაცემები, რომლის საფუძველზეც მცხეთის მუნიციპალიტეტის სოფ. ახალსოფლის ტერიტორიაზე, წყალმომარაგების მიზნით გაყვანილ უნდა იქნეს საძიებო-საექსპლუატაციო ჭაბურღილი.

კარგად მოგეხსენებათ, თუ რაოდენ საპასუხისმგებლო და შრომატევადია საპროგნოზო ჰიდროგეოლოგიური დასკვნის შედგენა, მით უმეტეს, როდესაც საქმე ეხება, სასმელ წყალს, რომელსაც მოუთმენლად ელოდება ადგილობრივი მოსახლეობა. გარდა იმისა, რომ ხდება ველზე დეტალური სარეკონოსირებო სამუშაოების შესრულება თანამედროვე ფოტო და გამზომი აპარატურის გამოყენებით,

არანაკლებ შრომატევადია მოძიებული ფაქტობრივი მასალის ანალიზი (მათ შორის, წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზი) და მისი შეჯერება არსებულ ლიტერატურულ და საფონდო მასალებთან.

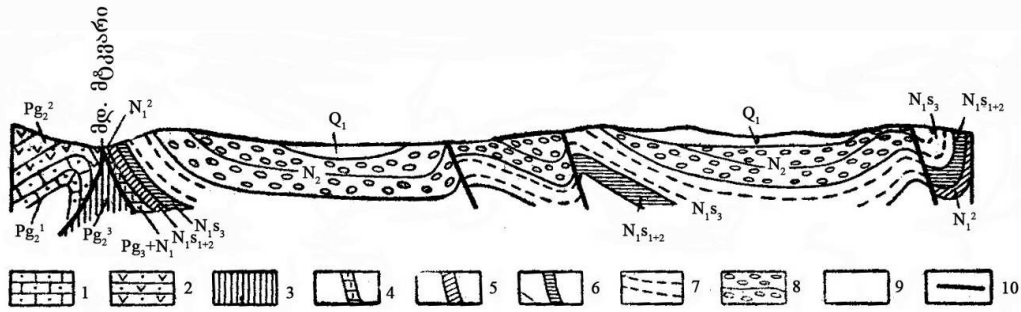
ძირითადი ნაწილი

განსახილველი ტერიტორია საგურამოს ქედის კალთების ძირას, მდ. არაგვის მარცხენა ნაპირზე მდებარეობს. სოფ. ახალსოფელი ადმინისტრაციულად მცხეთის მუნიციპალიტეტის შემადგენლობაში შედის. მცხეთის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში იჭრება საშუალო სიმაღლის განედური საგურამოს ქედი, რომელიც მუხრანის დაბლობის აღმოსავლეთით გაგრძელდება. რელიეფის მორფოგენეტიკური ფორმებიდან გაბატონებული მდგომარეობა საგურამოს ქედს უჭირავს, რომლის კალთები მუხისა და რცხილის ფოთლოვანი მცენარეულობით არის დაფარული. ქედის თხემზე უმაღლესი ადგილია მთა საგურამო (1385 მ), თუმცა, სიმაღლე სწრაფად კლებულობს და სოფ. ახალსოფელთან 650-690 მ ფარგლებში მერყეობს. ქედის კალთები მკვეთრად არის დახრილი საკვლევი ტერიტორიისკენ და დასერილია ვიწრო, ღრმა მშრალი ხევებით. ტყის საფარი კალთებზე შედარებით ღარიბია და უმთავრესად დაბალი, ხშირი ბუჩქნარით არის წარმოდგენილი. საგურამოს ქედის ფოთლოვანი ტყით დაფარული ფერდობები განსახილველ რაიონში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლების კვების არედ განიხილება. თვით სოფელი საავტომობილო გზის ქვედა მხარეს, მდ. თეძამის ჭალის ზედა ტრასისკენ მცირედ დახრილ ფერდობზე არის გაშენებული.

საქართველოს ტერიტორიის სქემატური გეო-
 მორფოლოგიური რუკის მიხედვით, საკვლევი ტე-
 რიტორია მოქცეულია მუხრან-საგურამოს დეპრე-
 სიის აკუმულაციური ტერასული ვაკის ფარგლებში,
 რომელიც მთათაშორისი სინკლინური ამგებ მო-
 პლიოცენის მძლავრ მოლასურ წყებაზე ალუვიურ-
 პროლუვიური ნალექებით დაფარული აკუმულა-
 ციური რელიეფი განვითარდა.

ტექტონიკურად განსახილველი ტერიტორია
 აღმოსავლეთი (მოლასური) დაძირვის ზონის (III₃¹-
 2) მუხრან-ტირიფონის ქვეზონას (III₃¹) მიეკუთვნე-

ნება, რომლის ნეოგენური ასაკის ტერიგენული
 ფორმაციის სუბსტრატზე მძლავრი (>250 მ) მეოთ-
 ხეული ალუვიურ-პროლუვიური საფარი ჩამოყა-
 ლიბდა. ქვეზონა მთათა შორის ფართო და დამრე-
 ცი სინკლინია, რომლის ფრთები სხვადასხვაგვარი
 სტრუქტურით ხასიათდება. სამხრეთი ფრთა საკ-
 მად მარტივი მონოკლინია, ხოლო ჩრდილოეთი
 ფრთისათვის დამახასიათებელია დანაოჭება და
 გარდა ამისა, იგი გართულებულია ტექტონიკური
 რღვევებით.

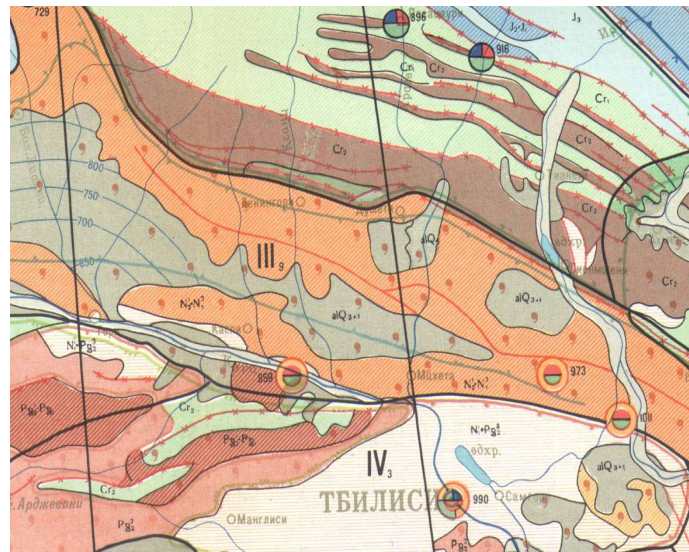


მუხრან-ტირიფონის ქვეზონის გეოლოგიური ჭრილი მცხეთის მერიდიანზე
 (დ. ბულიშვილის მიხედვით)

1-ქვედაოცენი; 2-შუაოცენი; 3-ზედაოცენი; 4-ოლიგოცენ-ქვედამიოცენი; 5-შუამიოცენი; 6-ქვედა და შუასარმატი; 7-ზედასარმატი;
 8-პლიოცენი; 9-ქვედამეოთხეულინალექები; 10-შეცოცებებისა და შესხლეტვების ხაზები

საქართველოს ტერიტორიის ჰიდოგეოლოგიური
 დარაიონების სქემის მიხედვით [5] განსახილველი
 ტერიტორია ფოროვანი, ნაპრალოვანი და ნაპრალო-
 ვან-კარსტული წყლების ქართლის არტეზიული აუ-
 ზის შემადგენელი ნაწილია (III₃) და გეოლოგიურ
 ლიტერატურაში მოხსენიებულია როგორც მუხრა-
 ნის არტეზიული აუზი. აქ გავრცელებული მიწის-
 ქვეშა წყლები ორ დიდ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს:
 – მეოთხეულამდელი ძირითადი ქანების წყებას-

თან დაკავშირებული ნაპრალური და ფოროვანი
 ღრმა ცირკულაციის მიწისქვეშა წყლები;
 – ადრემეოთხეული საფარის ფოროვანი ცირკუ-
 ლიაციის მიწისქვეშა წყლები. ეს უკანასკნელი,
 როგორც წესი, დაწნევით წყალშემცველ ჰორი-
 ზონტებს მოიცავს, რომელთა ერთობლიობა
 გეოლოგიურ ლიტერატურაში მუხრანის მესამე
 რიგის არტეზიული აუზის სახელწოდებით
 არის ცნობილი.



საკვლევი ტერიტორიის სქემატური ჰიდოგეოლოგიური დარაიონების რუკა

ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით საკვლევ ტერიტორიაზე გამოიყოფა ორი წყალშემცველი ჰორიზონტი [6]:

- ადრემეოთხეული ასაკის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი (aQ_{3-1});
- მიოპლიოცენის სპორადულად წყალშემცველი ლაგუნურ-კონტინენტური ნალექები ($N_2^1+N_1^3$);

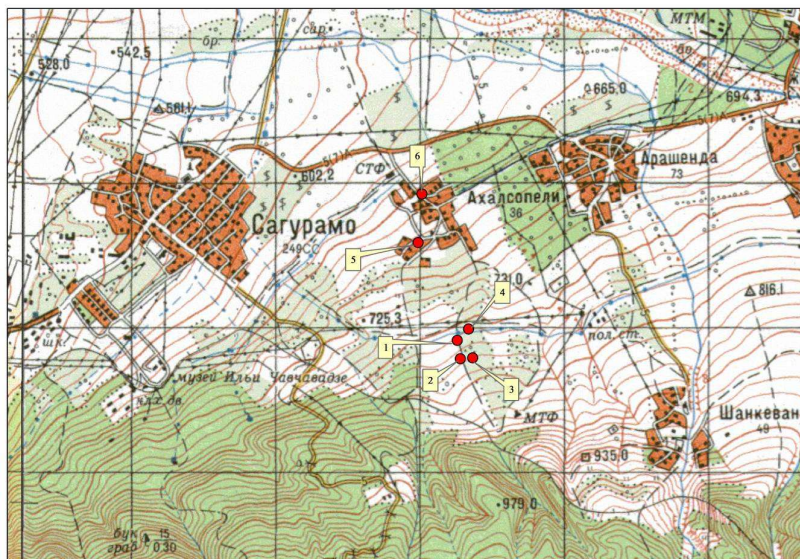
ადრემეოთხეული ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი ფართოდ არის გავრცელებული საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში და მათ შორის, მუხრანის დეპრესიის ფარგლებშიც. ფაქტობრვად, ჰორიზონტი ცალკეული წყალშემცველი ფენების ერთობლიობაა, რომლებიც ერთმანეთისგან შედარებით წყალგაუმტარი შრეებით არის განხილვებული. წყალშემცველ ფენებში ბუნებრივი ჰიდროსტატიკური დაწნევა ხშირად იმდენად მაღალია, რომ მუხრანის დეპრესიის ცენტრალურ ნაწილში გაყვანილ ჭაბურღილებში თვითდენი არცთუ იშვიათი მოვლენაა.

ადრემეოთხეული წყალშემცველი ჰორიზონტი ქვედა ნაწილში სუსტად შეცემენტებული კონგლომერატებით არის წარმოდგენილი, ზედა ნაწილში კი, გაბატონებული მდგომარეობა კაჭარ-კენჭნარს უჭირავს, რომელთანაც ჭრილში თიხნარ-ქვიშნარის შრეები მონაცვლეობს. საძიებო ბურღვის მონაცემების მიხედვით, მეოთხეულის მაქსიმალური სიმძლავრე მუხრანის დეპრესიის ფარგლებში 200 მეტრს აღემატება. ამ ჰორიზონტთან დაკავშირებული წყლები მტკნარია, საერთო მინერალიზაციით არა უმეტეს 1.0 გ/ლ, ჰიდროკარბონატულ-სულფატური კალციუმიანი ან ნატრიუმიანი ქიმიური შედგენილობით. მეოთხეულის სიმძლავრის შემცირების და გამოსოფლის კვალობაზე, მიწისქვეშა წყლების შედგენილობაზე პირდაპირ ზემოქმედებს მესამეული ასაკის თაბაშირიანი ქანების მიწისქვეშა წნევიანი წყლები. ამ ზემოქმედების გამოხატულებაა საერთო მინერალიზაციის მატება 2.0 გ/ლ-მდე და ანიონურ კომპონენტში სულფატ-იონის დომინირება.

მიოპლიოცენის სპორადულად წყალშემცველი ლაგუნურ-კონტინენტური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი ფართოდაა გავრცელებული ქართლის დაბლობზე და მიმდებარე ტერიტორიებზე. 3000 მეტრამდე სიმძლავრის ეს წყება აგებულია თიხნარ-კარბონატული ცემენტით შევსებული კონგლომერატებით, იშვიათად ქვიშაქვებითა და თიხებით. არცთუ იშვიათია ქვიშნარის შემავსებლიანი კონგლომერატის შუაშრები, რომლებიც, როგორც წესი, ამა თუ იმ ხარისხით წყალშემცველია. მიო-პლიოცენის საგები სარმატის წყალგაუმტარი თიხოვანი ქანებით არის წარმოდგენილი, რაც ზედა წყებაში მიწისქვეშა წყლების ფორმირების და ცირკულიაციის ხელსაყრელ პირობებს ქმნის. ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით ეს არის კომპაქტური ფორმაცია, რომლებიც შეიცავს მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონ-

ტებს და ძირითადად დაკავშირებულია თიხებს შორის არსებული ქვიშაქვებისა და კონგლომერატების არელებთან. აღნიშნული ჯგუფის წყაროების დებიტები მერყეობენ 0.1 ლ/წმ-დან 0.5 ლ/წმ-მდე, ზოგჯერ 0.7-0.8 ლ/წმ-ში. საერთო მინერალიზაცია 0.4 დან 1.6 მგ/ლ-მდეა. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით წყლები ჰიდროკარბონატულ-კალციუმ-ნატრიუმ მაგნიუმიანი ტიპისაა.

საველე რეკონოზიცირების პროცესში (2018 წლის 19 სექტემბერი) განსახილველ ტერიტორიაზე დამახასიათებელი წერტილი არის აღწერილი და GPS კოორდინატებით დაფიქსირებული. ამ წერტილების ადგილმდებარეობა ტოპოგრაფიულ რუკაზე და მათი კოორდინატები ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე არის ასახული.



დაკვირვების წერტილების განაწილება

დაკვირვების N1-4 წერტილები სასოფლო-საკარმიდამო საკვლევე ტერიტორია არის, ფართობით 2 ჰა. სოფლის ტერიტორიაზე ერთ-ერთი მცხოვრებლის ეზოში გაყვანილია ჭაბურღილი, სიღრმით

120 მ, ჭაბურღილი სუბარტეზიულია, სტატიკური დონით – 35-45 მ ფარგლებში.

განსახილველი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების თავისებურებებიდან გამომდინარე

ნარე, წყალმომარაგების დეფიციტის შევსების რაციონალურ ვარიანტად მივიჩნევთ საექსპლუატაციო ჭაბურღილის გაყვანას.

რელიეფის აბსოლუტური ნიშნული დაახლოებით 767 მეტრის ტოლია, რაც თითქმის 85 მეტრით აღემატება სოფლის ტერიტორიაზე არსებული ჭაბურღილის ნიშნულს. GPS-ით გაზომილი მანძილი ამ ობიექტს შორის წრფეზე შეადგენს 730 მეტრს.

რაც შეეხება საექსპლუატაციო ჭაბურღილის საპროგნოზო პარამეტრებს:

- გამომდინარე უბნის ჰიდროგეოლოგიური კრილის თავისებურებებიდან, ჭაბურღილის საპროექტო სიღრმე უნდა განისაზღვროს 150–160 მეტრით;
- ჭაბურღილში წყლის მოსალოდნელმა სტატიკურმა (დამყარებულმა) დონემ უნდა შეადგინოს არა უმეტეს 40–45 მეტრი მიწის პირიდან;
- წყალში ჩასადირი ელექტრული ტუმბო ჭაბურღილის ლულაში უნდა დამონტაჟდეს დაახლოებით 80–90 მეტრის სიღრმეზე;
- საექსპლუატაციო ამოტუმბვის პროცესში ჭაბურღილში წყლის დონის დაწვევის სიდიდემ არ უნდა გადაჭარბოს 25 მეტრს ანუ დინამიკურმა დონემ უნდა შეადგინოს დაახლოებით 65 მეტრი;
- ამ პირობებში ჭაბურღილის სავარაუდო მწარმოებლურობა (ამოტუმბვის დებიტი) ტოლი

იქნება 0.5 – 0.8 ლ/წმ ანუ დაახლოებით (40 – 70 მ³/დღ.დ);

- თავისთავად ცხადია, რომ ჭაბურღილის პირი დაიფაროს ფარდულით, დამონტაჟდეს მართვის ელექტრული დაფა და ჭაბურღილის ირგვლივ, 15–20 მ რადიუსის ფართობზე მოეწყოს მკაცრი სანიტარული დაცვის პირველი ზონა;
- მიუხედავად იმისა, რომ სიღრმული ცირკულაციის დაწვევითი მიწისქვეშა წყლების ბაქტერიული გაჭუჭყიანების საფრთხე მინიმალურია, აუცილებელია შესრულდეს წყლის სინჯის სრული და ბაქტერიოლოგიური ანალიზები.

დასკვნა

შესრულებული კვლევების შესაბამისად შერჩეულ წერტილზე გაყვანილია საექსპლუატაციო ჭაბურღილი, სიღრმით 150 მ, რომლის მწარმოებლურობა ამოტუმბვის რეჟიმში შეადგენს 85 მ³/დღ.დ. ჩატარებული კვლევებით შესაძლებელი გახდა საძიებო ჭაბურღილების გაყვანის გარეშე პირდაპირ საძიებო-საექსპლუატაციო ჭაბურღილით წყალმომარაგების გადაწყვეტა, რაც აიოლებს წყალმომარაგებისთვის საჭირო სამუშაოების მოცულობის ღირებულებას. წყლის რესურსებით მდიდარ ისეთ ქვეყანაში, როგორც საქართველოა, არც ერთი ქალაქი, დაბა ან სოფელი სასმელი წყლის დეფიციტს არ უნდა განიცდიდეს.

ლიტერატურა

1. Kharatishvili L. Hydrogeological report about formation underground water resources, complex study, rational use, assessment ecological condition and protection of the Mukhrani Valley and its infiltration areas. 2 books. Tbilisi. 2004. (in Georgian).
2. Bindemana N.N. Groundwater exploration for large-scale water supply. M.: “Nedra”. 1969. (in Russian).
3. Zviadze U. Methods of hydrogeological research. Publishing house “Technical University”. Tbilisi. 2013, 127 p. (in Georgian);

4. Khabibulaev I. Kh. Modern methods of research and data processing in hydrogeology. Research Institute of Geology and Mineral Materials (SANGIMS). Tashkent. 1983. (in Russian).
 5. Buachidze I. M. Hydrogeology of the USSR. Georgian SSR. Vol. 10. M.: “Nedra”. 1970. (in Russian).
 6. Todua L. Information report about underground water research results from the Mukhrani Valley (1990-1993), geological stocks. Tbilisi. 1994. (in Georgian).
-

UDC 6281

SCOPUS CODE 1909

Forecasting hydrogeological conditions for water supply

**Tamar Razmadze-
Brokolishvili**

Department of Oil and Gas Technology, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: trazmadze1972@gmail.com

Reviewers:

M. mardashova, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: niazjikia@gtu.ge

N. Jikia, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Abstract. Water supply remains as one of the actual problems in modern world. Most of the people in the world suffer from the lack of drinking water while others use non-recommended water in terms of health. In recent years, due to the sharp increased taxes on water, many many manufacturers, companies and individuals prefer to have an autonomous source of water supply. That's why large amount of water boring wells are being drilled in towns and countryside.

Water supply issues for one specific unit are presented in the article. Hydrogeological survey has been important part to determine the hydro-dynamical and hydro-chemical characteristics of the exploitation boring well to solve the water supply problem accurately. It should be noted that a geophysical method, more specifically vertical-electrical sounding (VES), was used to elaborate and interpret borders of the aquifer. In terms of the study object, in each observing point (AB/2)_{max} should be 250 meters, accordingly, the depth of penetration of the electrical current will be approximately 170 meters. By analyzing received geo-electrical cutting section upper and lower borders of the aquifer is determined. Moreover, to understand the thickness of the aquifer more precisely, logging methods are suggested to be done in boring wells, including natural gamma (NG), self-potential (SP), long (LN), small penetrability electrical resistance (SN), point electrical resistance (SPR), cavernometry (Ca) and thermo-logging (FTEMP).

Key words: Boring well; fresh water; hydrogeology; water quality; water supply.

UDC 6281

SCOPUS CODE 1909

Прогнозирование гидрогеологических условий для водоснабжения

**Тамар Размадзе-
Брокишвили**

Департамент технологии нефти и газа, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: trazmadze1972@gmail.com

Рецензенты:

Н. Джикиа, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: niazjikia@gtu.ge

М. Мардашова, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Аннотация. Снабжение питьевой водой является одной из острейших проблем современного мира. Большая часть населения Земли испытывает дефицит питьевой воды, часть использует некондиционную для питья воду. В связи с резким ростом в нашей стране коммунальных платежей на воду многие производства, компании и частные лица предпочитают иметь автономный источник водоснабжения. Исходя из этого, в городах и селах идут широкомасштабные работы по бурению водных скважин.

В статье рассмотрен вопрос водоснабжения одного из объектов. Обязательным стал вопрос проведения гидрогеологических работ. С целью успешного решения задачи водоснабжения, по данным проведенных работ, будут обоснованы прогнозные гидродинамические и гидрохимические параметры эксплуатационных скважин. Надо отметить, что для определения границ водоносного горизонта также используются методы геофизической разведки – вертикальное электрическое зондирование. В условиях изучаемого объекта в каждой точке наблюдения $(AB/2)_{\max}$ должно быть 250 м, соответственно, глубина проникновения электрического тока будет приблизительно 170 м. По полученному геоэлектрическому профилю будет установлена подошва и кровля водоносного слоя. Для уточнения мощности горизонта целесообразно провести каротажные исследования в скважинах: которые включают в себя: природный гамма (NA) каротаж, каротаж собственного потенциала (SP), каротаж элетросопротивления глубокого (LN) и малого проникновения SN), каротаж точечного элетросопротивления (SPR), кавернометрия (Ca), термокаротаж (FTEMP).

Ключевые слова: гидрогеология; качество воды; пресная вода; снабжение питьевой водой; скважина.

განხილვის თარიღი 27.01.2020

შემოსვლის თარიღი 01.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 621.1

SCOPUS CODE 2102

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-81-87>

განახლებადი ენერჯიების ათვისების ხელშეწყობა „მხარდაჭერის მექანიზმის გათვალისწინებით“

- ნათია არაბიძე** თბოენერგეტიკის და ენერგოეფექტურობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: arabidze.natia@yahoo.com
- გია არაბიძე** თბოენერგეტიკის და ენერგოეფექტურობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: power@gtu.ge

რეცენზენტები:

ე. მაჭავარიანი, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: xutagtu@rambler.ru

ნ. მირიანაშვილი, არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტენ. მეც. დოქტორი
E-mail: mirianashvili96@mail.ru

ანოტაცია. ნაშრომში დასაბუთებულია, რომ განახლებადი ენერჯიების ათვისება და გამოყენება ქვეყნის ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის მნიშვნელოვანი წინაპირობაა. ამ პროცესის შეუქცევადობისათვის აუცილებელია შემუშავდეს ისეთი მხარდაჭერის მექანიზმები, რომლებიც განახლებადი ენერჯიების განვითარებას კიდევ უფრო შეუწყობს ხელს. ასეთი ერთ-ერთი მექანიზმია კანონი „განახლებადი წყაროებიდან ენერჯიის წარმოებისა და გამოყენების წახალისების შესახებ“. ევროპულ ქვეყნებში, წახალისების ფორმებად, გამოყენებულია მწვანე ტარიფი, მწვანე სერტიფიკატი, პრემიუმ ტა-

რიფი, ფასთაშორის სხვაობის მექანიზმი და სხვა. ყველა ეს მექანიზმი ერთ მნიშვნელოვან დავალებას ემსახურება, ქვეყნებმა ხელი უნდა შეუწყონ ისეთი განახლებადი ენერჯიების ათვისებას, რომელიც არ არის კონკურენტული ფასით გამორჩეული სხვა ენერჯიებთან შედარებით და მას სახელმწიფოს მხრიდან ესაჭიროება განსაკუთრებული ხელშეწყობა. ნაშრომში ხელშეწყობის ერთ-ერთ ფორმად განხილულია ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მექანიზმი, რომელიც შეეხება ჰიდროს, ქარის და მზის ენერჯიებს. დასაბუთებულია ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მექანიზმების როლი, ისეთი განახლებადი ენერჯიების ათვისებაში, რომელიც არ არის კონ-

კურენტული ფასით გამორჩეული; საქართველოს პირობებისათვის, განმარტებულია ფასთა სხვაობის კონტრაქტის ძირითადი საკითხები; დადგენილია ფასთა სხვაობის კონტრაქტთან დაკავშირებული ძირითადი გამოწვევები, კერძოდ, ელექტრული ენერჯიის საწყისი ფასის სწორად განსაზღვრის და ლიკვიდური ბაზრის როლი; განსაზღვრულია მოქნილი გენერაციის მუშაობის რეჟიმები დეფიციტის პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: განახლებადი ენერჯია; ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტი; ლიკვიდური ბაზარი; მხარდაჭერის მექანიზმები; ფასთა მინიმალური ზღვრული მოდელი; ფასთა სხვაობის კონტრაქტი.

შესავალი

განახლებადი ენერჯიების ათვისება და გამოყენება ქვეყნის ენერჯეტიკული დამოუკიდებლობის წინაპირობაა. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია შემუშავდეს ისეთი მხარდაჭერის მექანიზმები, რომელიც განახლებადი ენერჯიების განვითარებას კიდევ უფრო შეუწყობს ხელს. დღეს ქვეყანაში შემუშავებული და დამტკიცებულია კანონი „განახლებადი წყაროებიდან ენერჯიის წარმოებისა და გამოყენების წახალისების შესახებ“, რომელიც ევროკავშირის განახლებადი ენერჯიების დირექტივის საფუძველზე მომზადდა. აღნიშნული კანონი უფრო დეტალარაციული ტიპისაა, რომელიც დარგში ძირითად მიმართულებებს განსაზღვრავს. რაც შეეხება კონკრეტულ ღონისძიებებს იგი კანონქვემდებარე აქტებით უნდა იქნეს დარეგულირებული, რომელიც

ეტაპობრივად შემუშავდება და დამტკიცდება. სწორედ კანონქვემდებარე აქტია „მხარდაჭერის მექანიზმები“, რომელიც ქვეყანას შესამუშავებელი აქვს ახლო მომავალში. მსოფლიოში „მხარდაჭერის მექანიზმების“ რამდენიმე მიმართულებაა შემუშავებული, მათ დამკვიდრებას ენერჯეტიკული სექტორის თავისებურებები და პრიორიტეტები განსაზღვრავს. ევროპულ ქვეყნებში გავრცელებულია მწვანე ტარიფი, მწვანე სერტიფიკატი, პრემიუმ ტარიფი, ფასთა შორის სხვაობის მექანიზმი და სხვა. ყველა ეს მექანიზმი ერთ მნიშვნელოვან დავალებას ემსახურება: ქვეყნებმა ხელი უნდა შეუწყონ ისეთი განახლებადი ენერჯიების ათვისებას, რომელიც არ არის კონკურენტული ფასით გამორჩეული სხვა ენერჯიებთან შედარებით და მას სახელმწიფოს მხრიდან ესაჭიროება განსაკუთრებული ხელშეწყობა.

ძირითადი ნაწილი

რას წარმოადგენს ფასთა სხვაობის მექანიზმი?

წარმოდგენილი ფასთა სხვაობის კონტრაქტის (Contract for Difference-CFD) მექანიზმი შეეხება ჰიდროს, ქარის და მზის ენერჯიებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ფასთა სხვაობის კონტრაქტის რეგულაცია არ შეეხება იმ პროექტებს, რომლებსაც გაფორმებული აქვთ ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტი (PPA).

ფასთა სხვაობის კონტრაქტი არ უნდა განიხილებოდეს ცალკეული სქემების მხარდამჭერ მექანიზმად, არამედ იგი არის, როგორც ქვე-ტიპი ან დანართი სხვა სქემებისათვის. ძირითადად, ფასთა სხვაობის კონტრაქტის სქემა ხორციელდება მთავრობის მიერ. მთავრობა აწესებს საწყის ფასს. რომელიც დადგენილია გრძელვადიანი კონტრაქტით მთავ-

რობასა და განახლებადი ენერჯიის მწარმოებლებს შორის, ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტით.

განმარტების თანახმად, ფასთა სხვაობის კონტრაქტი გულისხმობს მექანიზმს, რომლის მიხედვითაც ელექტროენერჯიის მწარმოებელმა უნდა გადაუხადოს მთავრობას, როდესაც საბაზრო ფასის მაღალი წინასწარ შეთანხმებულ ფასზე.

ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მიზანი ასევე მოიცავს იმასაც, თუ რა მოხდება მაშინ, როცა ელექტროენერჯიის საბაზრო ფასი არის განსხვავებული PPA-ით გათვალისწინებულ ფიქსირებული ტარიფისაგან, ან feed-in tariff ან feed-in premium scheme-საგან, და რა ხდება როდესაც საბაზრო ფასი არის მეტი ვიდრე საწყისი ფასი. როდესაც საწყისი ფასი არის მეტი ვიდრე საბაზრო ფასი, მთავრობა გადაუხდის გენერაციის წყაროს განსხვავებას საბაზრო და საწყის ფასს შორის. ამის საპირისპიროდ, თუ საბაზრო ფასი არის საწყის ფასზე მაღალი, გენერაციის წყარომ უნდა გადაუხადოს მთავრობას განსხვავება საბაზრო და საწყის ფასს შორის. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს სცენარი არ იქნება განხილული შემოთავაზებულ „ფასთა მინიმალურ ზღვრულ მოდელში“ (a price floor model), რადგან ეს მოდელი მკაფიოდ განმარტავს, რომ თუ საბაზრო ფასი გადააჭარბებს ელექტროენერჯიის გარანტირებულ ფასს, მოგება დარჩება მხოლოდ მწარმოებელს.

ტრადიციული, ფასთა სხვაობის კონტრაქტი განაპირობებს, მწარმოებლების მიერ გამომუშავებული ელექტრული ენერჯიის პროგნოზირებადობას და სტაბილურ მოგებას. ეს უკანასკნელი, თავის მხრივ უზრუნველყოფს ინვესტირების უფრო მეტ უსაფრთხოებას განახლებადი ენერჯიის სექტორში

ვიდრე თავისუფალი ბაზრის პირობებში. ამავდროს, ტრადიციული ფასთა სხვაობის კონტრაქტი იქნება მომგებიანი მომხმარებლებისათვის, რადგან მწარმოებლები დაუბრუნებენ თანხას მომხმარებლებს თუ საბაზრო ფასი გადააჭარბებს ფიქსირებულ ფასს.

ფასთა სხვაობის კონტრაქტის (Contract for Difference) ძირითადი საკითხები

ფასთა სხვაობის კონტრაქტის სქემის მთავარი უპირატესობა ისაა, რომ ინვესტორს გარანტირებული აქვს ელექტროენერჯიის გასაყიდი ფასი, ხოლო მთავრობას შესაძლებლობა ეძლევა ისარგებლოს ბაზრის რყევებით. ინვესტორის თვალთახედვით, ფასთა სხვაობის კონტრაქტი ნიშნავს იმას, რომ იგი მიიღებს შეთანხმებულ ფასს კვტს-ზე და საბაზრო ფასს მისთვის მნიშვნელობა არ აქვს. ინვესტორისათვის, უპირატესობაა ისიცა, რომ დაცულია საფასურის გადარიცხვის უსაფრთხოება. ევროპული ქვეყნების გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ფასთა სხვაობის კონტრაქტი, რომელიც ეფუძნება ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტს ინვესტორისათვის გამოიწვევს მხოლოდ მცირედ სხვაობას, სტანდარტულ ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტთან შედარებით. ფასთა სხვაობის კონტრაქტი ინვესტორისათვის ბაზარზე ელექტრული ენერჯიის ფასის დაცემის რისკებს აბათილებს.

სახელმწიფოსათვის, ფასთა სხვაობის კონტრაქტის უპირატესობა არის ის, რომ იგი უზრუნველყოფს თითოეული კვტს-ის საფუძვლიან მოხმარებას, რაც მნიშვნელოვანია ელექტრული ენერჯიის წარმოების უზრუნველსაყოფად. იმის გათვალისწინებით, რომ საწყისი ფასი შეიძლება განისაზღვრება სწორად,

ფასთა სხვაობის კონტრაქტი მთავრობისთვის წარმოადგენს ეფექტურ მექანიზმს განახლებადი ენერჯიის გამოყენების მხარდასაჭერად. გარდა ამისა, სტანდარტული ფასთა სხვაობის კონტრაქტი ითვალისწინებს იმას, თუ ელექტრული ენერჯიის საბაზრო ფასი არსებითად გაიზრდება, მომხმარებლების ანაზღაურებიდან მთავრობა მიიღებს ამ გაზრდილი ფასიდან მის წილს. ეს ანაზღაურება შესაძლოა გავრცელდეს ინვესტორებზე შედარებით დაბალი ელექტრული ენერჯიის ფასის სახით.

გამოწვევები

მთავრობისათვის, ფასთა სხვაობის კონტრაქტთან დაკავშირებულ ძირითად გამოწვევას წარმოადგენს, საწყისი ფასის სწორად განსაზღვრა. თუ დადგინდება ძალიან მაღალი ფასი, მთავრობა ინვესტორს გადაუხდის ზედმეტ კომპენსაციას, ასეთივე რისკი არსებობს ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტის გაფორმებისას. ეს უკანასკნელი აისახება მომხმარებელზე მაღალი გადასახადის ფორმით. ამ მიზეზით, იმ ქვეყნებში, რომლებიც მუშაობენ ფასთა სხვაობის კონტრაქტით, საწყისი ფასის განსაზღვრა დაფუძნებულია ბაზრის სხვადასხვა მექანიზმზე. ძირითადად საწყის ფასს განსაზღვრავენ აუქციონის მეშვეობით.

მეორე მნიშვნელოვანი საკითხი. ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მექანიზმი საჭიროებს ლიკვიდურ ბაზარს (Liquid market). თუ არ არსებობს ლიკვიდური ბაზარი, შეუძლებელია განისაზღვროს სხვაობა ბაზრის ფასსა და ელექტროენერჯიის გარანტირებული შესყიდვის კონტრაქტის ფასს შორის, რომელიც არის ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მექანიზმის ბირთვი. თუ არსებობს ბაზარი, მაგრამ ეს ბაზარი არ არის საკმარისად ლიკვიდური (liquid), მთავრობა

შესაძლოა დადგეს იმაზე მაღალი პრემიუმის (premium) გადახდის რისკის წინაშე ვიდრე საჭიროა.

მესამე საკითხი. ფასთა სხვაობის კონტრაქტის მექანიზმი ასუსტებს ბაზრის იმპულსს სისტემაში. მოქნილი გენერაციის წყაროების მფლობელებმა, როგორებიცაა კაშხლიანი/რეზერვუარიანი ჰიდროელექტროსადგურები და წიაღისეულ სათბობზე მომუშავე თბოელექტროსადგურები, უნდა უზრუნველყონ, მაქსიმალურ ელექტრული ენერჯიის გამომუშავება დეფიციტის დროს. ელექტროენერჯეტიკული ბაზარი ბუნებრივად წარმოშობს ასეთ იმპულსებს და ქმნის სიტუაციას, როცა ელექტროენერჯიის ფასი არის მაქსიმალური, მაქსიმალური მოთხოვნის დროს. თუ, ამის მაგივრად მწარმოებელი მიიღებს იგივე ფასს ბაზრიდან დამოუკიდებლად, ეს იმპულსი შემცირდება ან გაქრება.

დასასრულ ფასთა სხვაობის მექანიზმის დანერგვა მნიშვნელოვნად შეუწყობს განახლებადი ენერჯიების ათვისებასა და გამოყენებას. აქედან გამომდინარე პირველ ეტაპზე ამ სქემის დანერგვა გამართლებულად შეიძლება ჩაითვალოს, თუმცა მომავალში შესაძლებელია დაემატოს ან შეიცვალოს და სხვა ტიპის მხარდაჭერის სქემა შემუშავდეს.

დასკვნა

1. დასაბუთებულია ფასთა სხვაობის კონტრაქტის (Contract for Difference-CFD) მექანიზმების როლი, ისეთი განახლებადი ენერჯიების ათვისებაში, რომელიც არ არის კონკურენტული ფასით გამორჩეული;
2. საქართველოს პირობებისათვის, განმარტებულია ფასთა სხვაობის კონტრაქტის ძირითადი საკითხები;

-
3. დადგენილია ფასთა სხვაობის კონტრაქტთან დაკავშირებული ძირითადი გამოწვევები, კერძოდ, ელექტრული ენერჯიის საწყისი ფასის სწორად განსაზღვრის და ლიკვიდურ ბაზრის როლი;
4. განსაზღვრულია მოქნილი გენერაციის წყაროების, როგორებიცაა კაშხლიანი/ რეზერვუარიანი ჰიდროელექტროსადგურების და წიაღისეულ სათბობზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმები დეფიციტის პირობებში.
5. ყოველივე ზემოაღნიშნული მიდგომა ხელს შეუწყობს ადგილობრივი განახლებადი ენერჯიების ათვისებასა და გამოყენებას, რაც თვის მხრივ ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის წინაპირობაა. ასევე, ხელს უწყობს „პარიზის ხელშეკრულებით“ ნაკისრი ვალდებულებების შესრულებას.
-

ლიტერატურა

1. URL: <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4737753?publication=0> (in Georgian).
2. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>
3. URL: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/norway/tools-list/c/norway/s/res-e/t/promotion/sum/378/lpid/379/>
4. URL: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/turkey/tools-list/c/turkey/s/res-e/t/promotion/sum/208/lpid/207/>
5. URL: www.moesd.gov.ge (in Georgian).
6. URL: <https://mail.economy.ge/owa/?ItemID=AAMkADJmYWZlMGUzLWQyNGEtNDgwMCIiOTExLWM3OTk0YTY1ZTAwZABGAAAAAAiR5q51PudQoqeAla8uK%2b3BwDGmyLeneIST6r%2fsAIOAS2%2bAAAAkspWAAAcyF%2bw0mUDQo4lKnbpAlYEAAD%2fy72OAAA%3d#viewmodel=ReadMessageItem&ispopout=1>

UDC 621.1

SCOPUS CODE 2102

Promotion of the renewable energy exploitation considering the support mechanisms

Natia Arabidze Department of Thermal Energy and Energy Efficiency, Georgian Technical University,
75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: arabidze.natia@yahoo.com

Gia Arabidze Department of Thermal Energy and Energy Efficiency, Georgian Technical University,
75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: power@gtu.ge

Reviewers:

E. Machavariani, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU

E-mail: xutagtu@rambler.ru

N. Mirianashvili, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Officer, Archil Eliashvili Institute of Control Systems, GTU

E-mail: mirianashvili96@mail.ru

Abstract. The paper justifies that the development and use of renewable energy is an important precondition for the country's energy independence. For this process to become irreversible, it is necessary to develop support mechanisms that will further promote the development of renewable energy. One of such mechanisms is the **law on promotion of production and utilization of energy from renewable sources**. In Europe, green tariffs, green certificates, premium tariffs, contract for difference (CfD) mechanisms, etc. are used as incentives. All of these mechanisms serve to one important task: countries need to promote the use of renewable energy that is not price competitive compared to other sources of energy, and which needs special support from the state. The paper discusses one of the support mechanisms, namely, contract for difference (CfD), which applies to hydro, wind and solar energy. Justified the role of CfD mechanism in the exploitation of renewable energy that is not price competitive compared to conventional energy; The main issues of the contract for difference are explained for Georgian conditions; The main challenges related to the CfD mechanism have been identified, namely, the role of correctly determined initial price of electricity and the liquid market; The operating modes of flexible generation are defined under conditions of deficiency.

Key words: Contract for difference (CfD); liquid market; minimum marginal price model; power purchase agreement (PPA); renewable energy; support mechanisms.

UDC 621.1

SCOPUS CODE 2102

Содействие освоению возобновляемых источников энергии “с учетом механизма поддержки”

ნათია არაბიძე Департамент теплоэнергетики и энергоэффективности, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: arabidze.natia@yahoo.com

გია არაბიძე Address.Департамент теплоэнергетики и энергоэффективности, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: power@gtu.ge

Рецензенты:

Е. Мачавариани, профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ

E-mail: xutagtu@rambler.ru

Н. Мирианашвили, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института Систем Еправления им. Арчила Элиашвили

E-mail: mirianashvili96@mail.ru

Аннотация. В работе обосновывается, что освоение и использование возобновляемых источников энергии является важной предпосылкой энергетической независимости страны. Чтобы этот процесс стал необратимым, необходимо разработать такие механизмы поддержки, которые ещё больше будут способствовать развитию возобновляемой энергетики. Одним из таких механизмов является закон “о поощрении производства и использования энергии из возобновляемых источников”. В европейских странах в качестве стимулирования используются зеленый тариф, зеленый сертификат, премиальный тариф, контракт на разницу цен и т. д. Все эти механизмы служат одной важной задаче: странам необходимо поощрять использование таких возобновляемых источников энергии, которые не имеют конкурентоспособных цен по сравнению с другими видами энергии, и для этого нужна особая поддержка со стороны государства. В данной статье, в качестве одной из форм поощрения, рассматривается механизм контракта на разницу цен, который распространяется на гидро, ветряную и солнечную энергии. Также обоснована роль механизма контракта на разницу цен в освоении таких источников возобновляемой энергии, которые не являются конкурентоспособными по сравнению с традиционными источниками энергии. Более того, объяснены основные вопросы контракта на разницу цен в контексте Грузии. Помимо этого, определены главные проблемы, связанные с контрактом на разницу цен, а именно: роль правильного определения начальной цены на электроэнергию и ликвидного рынка. В заключение определены режимы работы маневренной генерации в условиях дефицита.

Ключевые слова: возобновляемая энергия; гарантированный договор купли-продажи электроэнергии; контракт на разницу цен; ликвидный рынок; механизмы поддержки; модель минимальной предельной цены

განხილვის თარიღი 07.05.2020

შემოსვლის თარიღი 11.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-88-94>

ახალი საყოფაცხოვრებო კონდიციონერი ჰაერის დატენიანების ფუნქციით

თამაზ მეგრელიძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68° E-mail: tmegrelidze@yahoo.com	ტექნიკური
თამაზ ისაკაძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68° E-mail: tamazisakadze@gmail.com	ტექნიკური
გივი გუგულაშვილი	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68° E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი.

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარ-აგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. განხილულია კონდიციონერის მუშაობა და ნაჩვენებია, რომ მისი ძირითადი ფუნქციებია ატმოსფერული ჰაერის გაფილტვრა, გაცივება, გათბობა, გაშრობა და დატენიანება. არაავტონომიურ კონდიციონერებში ყველა აღნიშნული ფუნქციის განხორციელება მარტივადაა შესაძლებელი, ავტონომიურ, განსაკუთრებით ოთახის საყოფაცხოვრებო კონდიციონერებში კი ზოგიერთი ფუნქციის განხორციელება ძალზე ძნელია. ასეთ ფუნქციებს შორის აღსანიშნავია კონდიცირებად სათავსში მისაწოდებელი ჰაერის დატენიანება, რადგან ეს მოითხოვს კონ-

დიციონერისათვის სარწყავი წყლის მიმყვანი მილგაყვანილობის მოწყობას. ეს კი დაკავშირებულია კონდიციონერის კონსტრუქციის, მომსახურების პირობებისა და ესთეტიკური მხარის გაუარესებასთან.

ნაჩვენებია, რომ ჰაერის დატენიანების გარეშე მომუშავე კონდიციონერი იწვევს კონდიცირებად სათავსში არსებული ჰაერის გაშრობას დასაშვებ საზღვრებზე მეტად, რაც უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის არა მარტო კომფორტულ გარემოზე, არამედ მის ჯანმრთელობაზეც.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, წარმოდგენილია ოთახის საყოფაცხოვრებო კონდიციონერის ახალი

კონსტრუქცია, რომელშიც მაცივარი მანქანის საორთქლებლის ქვეშ განლაგებულია საორთქლებელზე წარმოქმნილი კონდენსატის შემგროვი აბაზანა. აღნიშნული აბაზანა შიგნიდან ამოგებულია ფოროვანი ფითილით, რომლის ბოლო ამოყვანილია საორთქლებლის მთელი ზედაპირის გასწვრივ იმგვარად, რომ საორთქლებლის გავლით მოძრავი გაცივებული ჰაერი ფითილის გავლით გამოდის კონდიციონერბად სათავსში. შესაბამისად, საორთქლებელთან კონტაქტის შედეგად კონდიციონერბადი სათავსის ჰაერიდან კონდენსირებული წყალი ჩაიღვრება შემგროვ აბაზანაში, აქედან გაიწოვება კაპილარული ძალების ზემოქმედებით და შემდეგ საორთქლებლის გავლით გამავალი გაცივებული ჰაერით წარიტაცება კვლავ კონდიციონერბად სათავსში და ატენიანებს იქ არსებულ ჰაერს.

საკვანძო სიტყვები: გაცივება; გაშრობა; დატენიანება; კონდიციონერი; ფოროვანი ფითილი.

შესავალი

კონდიციონერის ძირითად ფუნქციებს მიეკუთვნება ატმოსფერული ჰაერის გაფილტვრა, გაცივება, გათბობა, გაშრობა და დატენიანება, რომელთაგან უმთავრესია ჰაერის გაცივება. ყველა აღნიშნულ ფუნქციას, როგორც წესი, თავისუფლად ახორციელებს არაავტონომიური კონდიციონერები, რისთვისაც ისინი აღჭურვილია შესაბამისი მოწყობილობით, როგორცაა წყლით, ორთქლით ან ელექტროენერჯით გამახურებლები, სარწყავი კამერები, საორთქლებლითა და კონდენსატორით აღჭურვილი მაცივარი მანქანები და ვენტილატორები. სხვა-

დასხვა კონსტრუქციული შეთანწყობის პირობებში აღნიშნული მოწყობილობით აღჭურვილი კონდიციონერები კონდიციონერბად სათავსში აწოდებენ ზუსტად საჭირო ტენიანობისა და ტემპერატურის მქონე ჰაერს.

მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ავტონომიურ (მათ შორის ოთახის საყოფაცხოვრებო) კონდიციონერებში ძნელდება ჰაერის კონდიციონერბადისა და მახასიათებელი ყველა ფუნქციის განხორციელება და კონსტრუქტორები იძულებული არიან უარი თქვან ზოგიერთ მათგანზე. ასეთ ფუნქციებს მიეკუთვნება კონდიციონერბად სათავსში მისაწოდებელი ჰაერის დატენიანება.

ძირითადი ნაწილი

ჰაერის დატენიანების გზა არის სარწყავი კამერის ან სარწყავი თბოგადამცემის გამოყენება, რომელშიც მიიღწევა ჰაერის კონტაქტი დამტენიანებელი წყლის უწვრილეს წვეთებთან, რაც უზრუნველყოფს ჰაერის სასურველ ტენიანობას. მაგრამ ჰაერის დატენიანების ასეთი გზით განხორციელება მოითხოვს კონდიციონერში წყლის მიყვანას, რაც აუარესებს მთლიანად კონდიციონერის ესთეტიკურ მხარეს, ართულებს მის კონსტრუქციას და მომსახურებას. თავის მხრივ, ჰაერის დატენიანების ფუნქციაზე უარის თქმა გამოიწვევს კონდიციონერულ სათავსში ჰაერის ტენიანობის შემცირებას.

როგორც აღვნიშნეთ, კონდიციონერის აუცილებელი ელემენტია მაცივარი მანქანა, რომელიც აღჭურვილია კონდენსატორითა და საორთქლებლით. სწორედ საორთქლებლის ცივ ზედაპირთან კონტაქტის შედეგად მიიღწევა კონდიციონერბად სათავსში

მისაწოდებელი ჰაერის გაცივება. შესაბამისად, თბილი ჰაერის ცივ საორთქლებელთან კონტაქტია აუცილებელი ჰაერის გაცივებისათვის (კონდიციონერის უმთავრესი ფუნქციის შესრულებისათვის). რადგან ატმოსფერული ჰაერი ყოველთვის შეიცავს ტენის გარკვეულ რაოდენობას, ამიტომ საორთქლებლის ცივ ზედაპირთან კონტაქტის შედეგად ადგილი აქვს ჰაერში არსებული ტენის კონდენსაციას საორთქლებლის ზედაპირზე. თუ საორთქლებლის ტემპერატურა ნაკლებია ნამის წერტილის ტემპერატურაზე, მაშინ აღნიშნული ტენი გამოიყოფა თრთვილის სახით და საორთქლებლის ზედაპირზე ქმნის თოვლის ქურქს, ხოლო თუ საორთქლებლის ტემპერატურა ნამის წერტილის ტემპერატურაზე მაღალია, მაშინ ჰაერიდან ტენი სითხის სახით გამოიყოფა და საორთქლებლის ქვეშ ჩამოიღვრება.

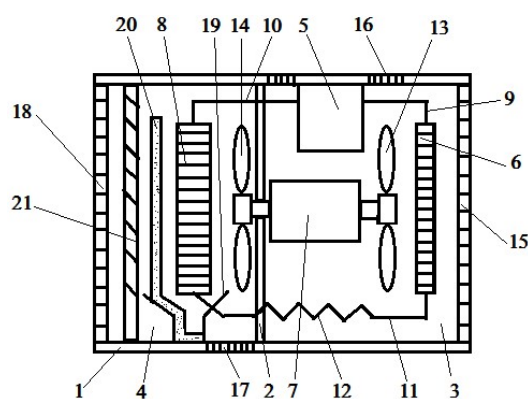
ჰაერიდან ტენის გამოყოფა განაპირობებს მის შემშრებას. აღნიშნული გამშრალი ჰაერი კი მიეწოდება კონდიციონერს სათავსში. ამიტომ კონდიციონერის მუშაობის პროცესში კონდიციონერს სათავსში მიწოდებული ჰაერის ტენიანობა თანდათან მცირდება და სცილდება დასაშვებ საზღვრებს.

მეურნეობის მრავალი დარგი და მანქანა-მოწყობილობა არსებობს, სადაც გამშრალი ჰაერის გამოყენება სასურველი და მიზანშეწონილია, მაგრამ ოთახის საყოფაცხოვრებო კონდიციონერების მიერ ჰაერის გაშრობა არასასურველია, რადგან მათი დანიშნულებაა ადამიანისათვის სასიამოვნო, კომფორტული გარემოს შექმნა. ადამიანისათვის კი საკმიათხის სახის, გარემოს ტემპერატურის, წლის სეზონისა და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით საჭიროა ზუსტად განსაზღვრული ტენიანობის მქონე ჰაერი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ოთახის საყოფაც-

ხოვრებო კონდიციონერებისათვის დამუშავებული ჰაერის დატენიანების ფუნქციის დამატება აქტუალური საკითხია.

საყოფაცხოვრებო კონდიციონერისათვის ჰაერის დატენიანების ფუნქციის მინიჭების გზით კონდიციონერულ სათავსში ტენიანობის შემცირების აღმოფხვრის მიზნით დამუშავებულია კონდიციონერის ინოვაციური კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე.



კონდიციონერის პრინციპული სქემა

კონდიციონერი შეიცავს კორპუსს 1, რომელიც ტიხრის 2 დახმარებით გაყოფილია ორ სექციად 3, 4. კონდიციონერის ერთ სექციაში 3 განლაგებულია მაცივარი მანქანის კომპრესორი 5, მისი კონდენსატორი 6 და ელექტროძრავა 7. კონდიციონერის მეორე სექციაში 4 განლაგებულია მაცივარი მანქანის საორთქლებელი 8. კომპრესორი 5 მილებით 9, 10 დაკავშირებულია კონდენსატორთან 6 და საორთქლებელთან 8, ხოლო მილით 11 კაპილარული მილის 12 გავლით ერთმანეთთან დაკავშირებულია კონდენსატორი 6 და საორთქლებელი 8. ელექტროძრავა 7 აღჭურვილია ვენტილატორის ორი ბორბლით 13, 14. ბორბალი 13 განლაგებულია კონდენსა-

ტორის 6 გასწვრივ, ხოლო მეორე ბორბალი 14 – საორთქლებლის 8 გასწვრივ. კონდიციონერის კორპუსის 1 სექციას 3 კონდენსატორის 6 გასწვრივ ტორსული მხრიდან გაკეთებული აქვს ჰაერის გამოსასვლელი ფანჯრები 15, ხოლო გვერდით კედლებზე – ჰაერის შესასვლელი ჟალუზები 16. მეორე სექციას 4 გვერდით კედლებზე ასევე გაკეთებული აქვს ჰაერის შესასვლელი ჟალუზები 17, ხოლო ტორსული მხრიდან საორთქლებლის 8 გასწვრივ განლაგებულია კონდიციონერად სათავსში ჰაერის მიმწოდი ფანჯრები 18. კონდიციონერში ჰაერის შესასვლელი ჟალუზები 16, 17 აღჭურვილია ჰაერის გამწმენდი ფილტრებით. საორთქლებლის 8 ქვეშ მისი მთელი სიგრძის გასწვრივ განლაგებულია კონდენსატის შემგროვი აბაზანა 19, რომელიც შიგნიდან ამოგებულია ფოროვანი ფითილით 20. აბაზანიდან 19 ფითილის 20 ბოლო ამოყვანილია საორთქლებლის მთელი ზედაპირის გასწვრივ საორთქლებელსა და გამოსასვლელ ფანჯრებს 18 შორის. ფითილი შეიძლება დამზადებული იყოს წვრილნახვრეტებიანი ლითონის ბადეების ერთი ან რამდენიმე ფენისაგან, ასევე გრანულირებული ან ბოჭკოვანი ლითონკერამიკული მასალისაგან. ფითილსა 20 და ჰაერის გამოსასვლელ ფანჯრებს 18 შორის განლაგებულია სეპარატორი.

კონდიციონერი დაყენდება ფანჯარაზე ისე, რომ საორთქლებლის სექცია 4 განლაგებულია კონდიციონერად სათავსში, ხოლო კონდენსატორის სექცია 3 მიმართულია შენობის გარეთ.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს.

ელექტროენერგიის მიწოდების შემთხვევაში მუშაობას იწყებს ელექტროძრავა 7 და კომპრესორი

5. კომპრესორის მუშაობის შედეგად საორთქლებელი 8 ცივდება, ხოლო კონდენსატორი 6 ცხელდება. ელექტროძრავას 7 ბრუნვით მოძრაობაში მოჰყავს ვენტილატორის ბორბლები 13, 14. ბორბლის 13 ბრუნვის შედეგად გარემომცველი ატმოსფერული ჰაერი ჟალუზების 16 გავლით იფილტრება, შეიწოვება სექციაში 3, შემდეგ დაიჭირხნება კონდენსატორზე 6 და ახდენს მის გაგრილებას. გამთბარი ჰაერი გამოდის ფანჯრების 15 გავლით კონდიციონერის კორპუსიდან. მეორე ბორბლის 14 ბრუნვის შედეგად ატმოსფერული ჰაერი ჟალუზების 17 გავლით შედის კონდიციონერის კორპუსის მეორე სექციაში 4, რა დროსაც იფილტრება აქ არსებული ფილტრების დახმარებით. შემოსულ გასუფთავებულ ჰაერს ვენტილატორის ბორბალი 14 დაჭირხნის საორთქლებელზე 8, რაც უზრუნველყოფს ამ ჰაერის გაცივებას. გაცივების პროცესში ადგილი აქვს ჰაერიდან მასში არსებული ტენის კონდენსაციას. აღნიშნული კონდენსატი საორთქლებლის ზედაპირიდან ჩამოიღვრება ქვევით არსებულ აბაზანაში 19. რადგან აბაზანა 19 შიგნიდან ამოგებულია ფოროვანი ფითილით 20, ამიტომ ადგილი აქვს ფითილის მიერ აბაზანაში 19 ჩადვრილი წყლის შეწოვას. კაპილარული ძალების ზემოქმედებით წყალი თანაბრად გადანაწილდება ფითილის მთელ ზედაპირზე და მიაღწევს აბაზანიდან ზევით ამოყვანილ ნაწილამდე. ამ ნაწილზე კი ვენტილატორის ბორბლის 14 მიერ ხდება საორთქლებელთან 8 კონტაქტის შედეგად გაცივებული ჰაერის შებერვა. აღნიშნულის გამო ცივი ჰაერი იძულებულია გაიაროს ფითილის 20 გამჭოლად, რა დროსაც იგი ახდენს ფითილის ფორებში არსებული

წყლის უწვრილესი წვეთების წატაცებას. წყლის წვეთების წატაცების შედეგად ფოროვან ფითილში იქმნება წყლის ნაკლებობა, რის გამოც კაპილარული ძალების ზემოქმედებით ხდება წყლის შეწოვა აბაზანიდან და მიწოდება იმ ნაწილებში, საიდანაც ჰაერმა წარიტაცა ნაწილაკები. ეს წვეთები ახდენს იმ ჰაერის დატენიანებას, რომელიც კონდიციონერის მიერ მიეწოდება კონდიციონერად სათავსში. თუ რაიმე მიზეზის გამო შემთხვევით მოხდა ფოროვანი ფითილიდან წყლის შედარებით მსხვილი ნაწილაკების წატაცება, სეპარატორი ასეთ წვეთებს არ გაატარებს და დააბრუნებს აბაზანაში 19.

შესაბამისად, კონდიციონერად სათავსში მიეწოდება არა მარტო გაცივებული, არამედ აგრეთვე დატენიანებული ჰაერი. ამასთან, ჰაერის ტენიანობის ასამალლებლად საჭირო წყალი გარედან კი არ მიეწოდება, არამედ გამოიყენება ისევ ის წყალი, რომელიც კონდენსირდა ჰაერის გაცივებისას.

დასკვნა

კონდიციონერის წარმოდგენილი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს კონდიციონერად სათავსში გაცივებული და დატენიანებული ჰაერის მიწოდებას, რაც ქმნის კომფორტულ გარემოს იქ მყოფი ადამიანებისათვის. მოწყობილობა არ საჭიროებს წყლის მომარაგების სისტემის გამოყენებას. სათავსში ჰაერის დატენიანება ხდება იმ ტენის გამოყენებით, რომელიც მაცივრის საორთქლებელზე გამოიყო იმავე სათავსში არსებული ჰაერიდან. ფოროვანი ფითილის გამოყენების გამო ახალი კონსტრუქცია არ მოითხოვს დამატებითი რაიმე სახის მატერიალური და ენერგოდანახარჯების გაწევას. ფოროვანი ფითილის დამზადება ძალზე ადვილი და იაფია. რაც შეეხება ფოროვანი ფითილისა და სეპარატორის გავლით ჰაერის შებერვისათვის ენერგიის დამატებით ხარჯებს, ის ძალზე უმნიშვნელოა იმ დადებით ეფექტთან შედარებით, რაც მიიღწევა კონდიციონერის წარმოდგენილი კონსტრუქციით.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Goletiani G., Beruashvili G., Gugulashvili G., Isakadze T., Lazarashvili Z.. Major issues of air conditioning. Tb.: "Teqnikuri universiteti". 2016, 228 p. (in Georgian).
2. Megrelidze T., Isakadze T., Goletiani G., Gugulashvili G., Beruashvili G. Theoretical foundations of refrigerators. Tb.: "Teqnikuri universiteti". 2018, 124 p. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Isakadze T., Goletiani G., Gugulashvili G. Methodical guidelines for conducting practical exercises in the course of "Air conditioning". Tb.: "Teqnikuri universiteti". 2018, 47 p.
4. Megrelidze T., Ghvachliani V., Kordzakhia T., Gugulashvili L., Ghvachliani T., Megrelidze G., Gugulashvili G. Air conditioning system for car cabin. Georgian Patent # GE P 5328 B. 10.11.2011. cl. B 60 H 1/00.
5. Gugulashvili L., Khositashvili I., Gugulashvili G. Prospects for improving the efficiency of cooling systems of hydrogenerators. Scientific reviewed magazine "Science and technologies". # 1 (727), Tbilisi. 2018, 50-55 pp. (in Georgian).
6. Megrelidze T., Isakadze T., Gugulashvili G. Universal cabin-air conditioner. GTU Works. # 1 (503). Tbilisi. 2017, 133-137 pp. (in Georgian).
7. Megrelidze T., Isakadze T., Gugulashvili G.. Universal split air conditioner operating in a wide range of ambient temperatures. GTU Works. # 1 (503), Tbilisi. 2017, 87-93 pp. (in Georgian).

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

New design of air conditioner with air humidification function

- Tamaz Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

Z. Japaridze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. In externally supplied air conditioner all specified functions are easily feasible. However, in self-contained air-conditioner, especially in room air conditioners performing some functions becomes the difficult task. Among such functions may be noted humidification of the air given to the conditioned room. This is due to the need to supply the water supply line for irrigation to the conditioner that complicates a design, degrades service and an esthetic look as well.

It is shown that in case of air conditioner operation in the mode without air humidification, there is a decrease of air humidity below permissible value in the conditioned room that has an adverse effect not only on comfort of people, but also on their health.

Taking these facts into account here is presented the new design of the room air conditioner in which under the refrigerator evaporator is located the bathtub for collecting the condensate which is flowing down from an evaporator. The specified bathtub is covered by a porous wick which end is lifted up and completely blocks the surface of the evaporator in such a way that the cooled air passing through the evaporator gets to the conditioned room passing through the specified end of a wick. Respectively, a part of the air which is coming out from the conditioned room is condensed upon the contact with an evaporator, flows down in a combined bathtub, from there by capillary forces climbs a porous wick, further is carried away by the cooled air into the conditioned room again and that way provides air humidification.

Key words: Air conditioner; cooling; drainage; humidification; porous wick.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Новая конструкция бытового кондиционера с функцией увлажнения воздуха

- Тамаз Мегрелидзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Тамаз Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Гиви Гугулашвили** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, директор Центра Сбора и Рециклирования Холодильников Грузии, доктор технических наук

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Рассмотрена работа кондиционера и показано, что основными его функциями являются фильтрация, охлаждение, отопление, увлажнение и осушение воздуха. В неавтономных кондиционерах все вышеуказанные функции легко осуществимы. Однако, в автономных, особенно бытовых, комнатных кондиционерах осуществление некоторых функций становится сложной задачей. Среди таких функций можно отметить увлажнение воздуха, подаваемого в кондиционируемое помещение. Это связано с необходимостью подвода к кондиционеру трубопровода для подачи воды для орошения, что ухудшает конструкцию, его обслуживание и эстетический вид.

Показано, что в случае работы кондиционера в режиме без увлажнения воздуха, происходит уменьшение влажности воздуха в кондиционируемом помещении ниже допустимого значения, что отрицательно сказывается не только на комфорте людей, но и на их здоровье.

Исходя из вышеизложенного, представлена новая конструкция комнатного бытового кондиционера, в которой под испарителем холодильной машины расположена ванна для сбора стекающего с испарителя конденсата. Указанная ванна выстелена пористым фитилем, конец которого поднят вверх и полностью покрывает поверхность испарителя таким образом, что проходящий через испаритель охлажденный воздух в кондиционируемое помещение попадает проходя сквозь указанный фитиль. Соответственно, часть выходящего из кондиционируемого помещения воздуха при контакте с испарителем конденсируется, стекает в сборную ванну, оттуда за счет капиллярных сил поднимается по пористому фитилю, далее увлекается охлажденным воздухом вновь в кондиционируемое помещение и тем самым обеспечивает увлажнение воздуха.

Ключевые слова: кондиционер; охлаждение; осушение; пористый фитиль; увлажнение.

განხილვის თარიღი 01.06.2020

შემოსვლის თარიღი 25.03.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-95-103>

Технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния

Леон Махарадзе

Департамент горной технологии, Грузинский технический университет, Грузия,
0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Рецензенты:

Н. Молодини, профессор горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: nor_mol@mail.ru

Г. Табатадзе, профессор эмеритус горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: Gordatab@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния. Для достижения поставленной цели она имеет механизм для приема гидросмеси, который установлен внутри барабана и состоит из шнека с полым валом и закрепленных на валу между лопастями патрубков, сообщенных с его полостью, а сопло расположено внутри камеры для приема твердого компонента. Камера выполнена с установленным внутри шнеком. Каждая ступень (каждая станция) снабжена размещенными под перфорированным барабаном емкостями для приема жидкого и твердого компонентов. Эти емкости соответственно связаны с входным патрубком насоса и камерой для приема твердого компонента. Такая технологическая схема трубопроводной гидротранс-

портной системы позволяет смесям твердой фазы полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов транспортироваться в жидкой несущей среде (как правило, в воде) на любом расстоянии оптимальной концентрации. Кроме того, применение на насосных станциях высоконапорных водяных насосов позволит значительно уменьшить количество последовательно включенных в трубопроводной магистрали насосов, т.е. в значительной степени увеличить технико-экономические показатели аналогичных систем и обеспечить их устойчивую эксплуатацию.

Ключевые слова: гидросмесь; гидротранспортирование; жидкая несущая среда; лопасти патрубков; перфорированный барабан; патрубок насоса; сопло; твердый сыпучий материал; технологическая схема; шнек.

Введение

Как известно, напорные гидротранспортные системы получили широкое применение во многих отраслях промышленности из-за многих положительных сторон по сравнению с традиционными видами транспорта, из которых в первую очередь следует отметить, что при их использовании не загрязняется окружающая среда, а также они имеют высокие технико-экономические показатели, значения которых увеличиваются с увеличением дальности транспортирования гидросмеси и концентрации твердых сыпучих материалов.

Исходя из вышеизложенного, решению актуальных проблем, связанных с данным видом транспорта, посвящены труды известных ученых многих стран, в том числе и Грузии [1-7].

В Горном Институте им. Г.А. Цулукидзе выполнены фундаментальные исследования по всем вопросам связанными с проблемой развития напорных гидротранспортных систем. Проведены широкомасштабные теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых внедрены на крупных промышленных объектах Советского Союза, в том числе Грузии [3-6].

Нами разработаны технологические схемы головной насосной установки для подготовки и транспортирования гидросмесей по напорной трубопроводной магистрали [8-10].

Эти схемы позволяют регулировать концентрацию твердых сыпучих материалов лишь во всасывающей части головной насосной установки (станции), т.е. центробежного грунтового насоса. В настоящее время на практике в напорных гидротранспортных системах используются, как правило, такие грунтовые насосы, которые по сравнению с центробежными насосами, используемыми для подачи однофазных жидкостей, являются низконапорными, поэтому для увеличения дальности подачи гидросмеси необходимо в трубопроводной магистрали последовательно включить их большое количество. Это не очень целесообразно, так как усложняет работу сис-

темы и удороживает стоимость транспортирования твердых сыпучих материалов, т.е. ухудшают технико-экономические показатели.

Основная часть

На основе анализа вышеизложенного, а также уже известных выполненных исследований и технических решений, нами разработана технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния, которая рассматривается в данной работе [10]. Эта схема позволяет комплексно осуществить регулирование как параметров, транспортируемых по трубопроводной магистрали твердых сыпучих материалов, так и давление, необходимое для их транспортирования на более дальние расстояния. Наиболее близким аналогом является известная многоступенчатая гидротранспортная установка, содержащая соединенный с питателем транспортный трубопровод и установленный по его длине в местах потери напора перекачивающие установки (станции), каждая из которых включает в себя устройство для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты, состоящее из соединенного с транспортным трубопроводом и установленного с возможностью вращения механизма для приема гидросмеси и неподвижного перфорированного барабана, насос для подачи жидкого компонента, входной патрубок, который сообщен с вышеуказанным устройством, а выходной патрубок снабжен соплом, расположенным соосно с соплом камеры для приема твердого компонента и смеси-тельную камеру [9].

Недостатком известной установки является то, что на промежуточных перекачивающих установках (станциях) не происходит полное осветление потока гидросмеси, которое происходит в смесительной камере и выделенный от общего потока поток гидросмеси попадает в трубопроводную магистраль через сопло. Это обуславливает износ сопла, уменьшение

скорости истечения из него, так как происходит разделение потока на две части, что уменьшает возможность увеличения давления в магистральном трубопроводе. Кроме того, нарушение режима одной из ступеней установки обуславливает нарушение режима всей системы, так как в магистраль транспортирующие агрегаты включены последовательно без раз-

рыва потока на промежуточных перекачивающих установках (станциях).

Эти недостатки отсутствуют в разработанной нами технологической схеме многоступенчатой гидротранспортной установки, представленной на рисунках 1-4 [10].

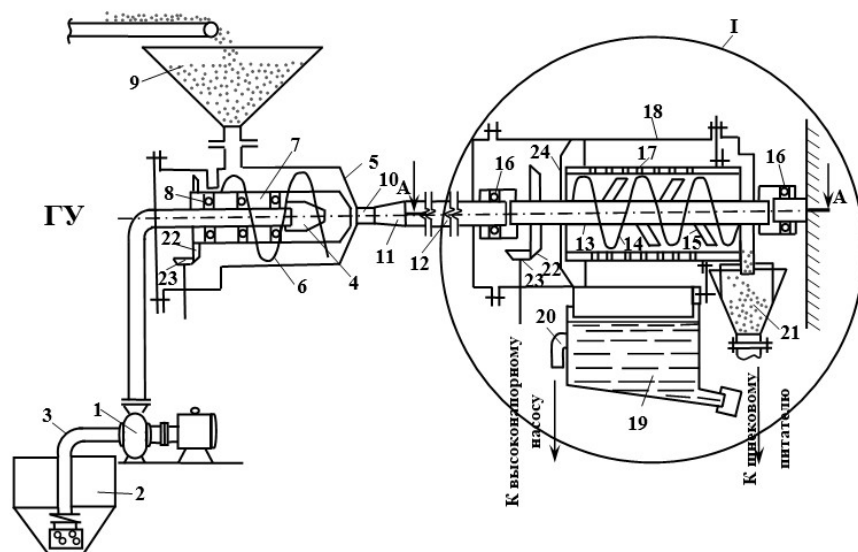


Рис. 1. Технологическая схема головной (первой ступени) насосной станции (установки) многоступенчатой гидротранспортной установки, разработанной в Горном институте им. Г.А. Пулукидзе: 1 – насос для подачи жидкого несущего компонента (как правило, чистой воды); 2 – приемный зумпф; 3 – всасывающая труба насоса; 4 – сопло; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 6 – шнек; 7 – цилиндр; 8 – подшипники; 9 – бункер для подачи твердого сыпучего материала (компонента); 10 – смесительная камера для смешения твердого сыпучего материала (компонента) и чистой воды; 11 – диффузор; 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на промежуточной перекачивающей станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на второй промежуточной станции (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передачами; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

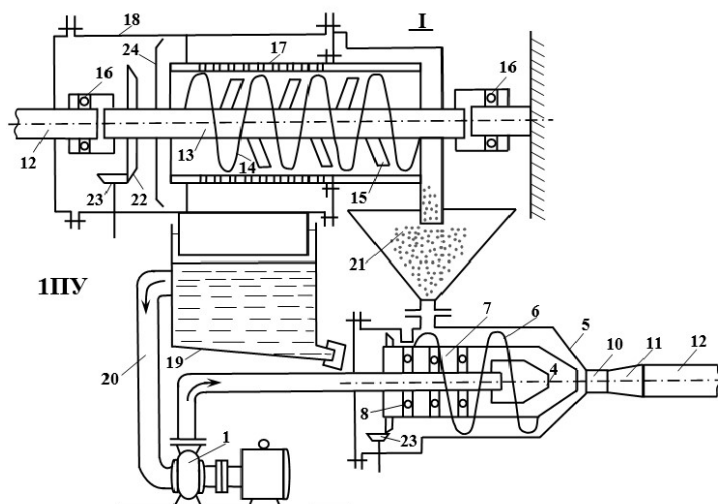


Рис. 2. Узел I на рис. 1 технологической схемы первой перекачивающей насосной станции (установки) 1ПУ: 1 – насос для подачи жидкого компонента (как правило, чистой воды); 4 – сопло; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 6 – шнек; 7 – цилиндр; 8 – подшипники; 10 – камера для смешивания твердого сыпучего материала (компонента) и чистой воды; 11 – диффузор; 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на следующей промежуточной перекачивающей насосной станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на следующие промежуточные станции (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передатчиками; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

На рис. 1 дается общий вид технологической схемы головной насосной станции (первой ступени) многоступенчатой гидротранспортной установки; на рис. 2 – узел I на рис. 1; на рис. 3 – разрез А-А на рис. 1; на рис. 4 – общая схема многоступенчатой гидро-

транспортной установки всех ступеней (а); эпюра распределения напоров, развиваемых насосами каждой ступени (станции) многоступенчатой гидротранспортной установки (б).

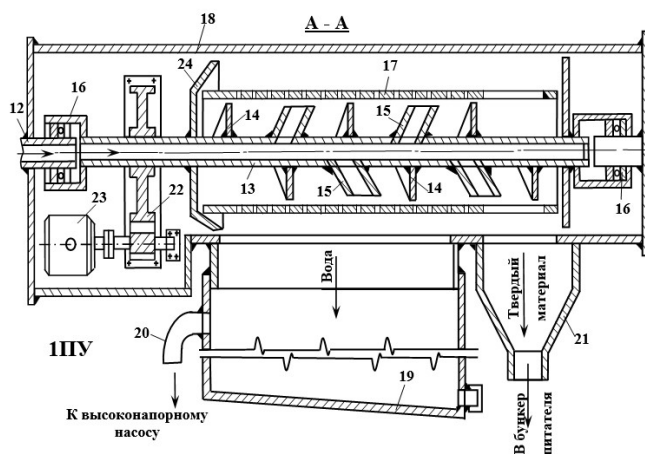


Рис. 3. Разрез А-А на рис.1 технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки: 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на промежуточной насосной станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на следующую промежуточную станцию (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передатчиками; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

Многоступенчатая гидротранспортная установка содержит насос [1] для подачи жидкого компонента (несущей среды), который из приемного зумпфа [2] через всасывающую трубу [3] засасывает чистую воду и посредством сопла [4] подает в камеру [5] для приема твердого компонента, в которой размещен шнек [6], закрепленный на цилиндре [7], имеющий возможность вращения посредством подшипников [8]. В камеру [5] подается твердый сыпучий материал из питателя [9]. Твердый сыпучий материал и поток воды смешиваются в смесительной камере [10] и через диффузор [11] подаются в транспортный трубопровод [12] и в трубу [13] устройства разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты на промежуточной перекачивающей станции.

Последняя включает в себя механизм для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты. Этот механизм состоит из шнека [14] с полым валом и закрепленных на валу между лопастями патрубков [15], сообщенных с его полостью. Шнек [14] установлен на подшипниках [16] внутри перфорированного барабана [17], жестко сообщенного с корпусом [18].

В нижней части последнего образованы камеры для поступления мутной воды в емкость [19] для приема жидкости и твердого компонентов, верхняя часть которой связана с входным патрубком насоса [1] патрубком [20] и для приема твердого компонента, который поступает на бункер [21]. Для вращения шнеков на головной установке (ГУ) и перекачивающих установках (ПУ) предусмотрены редукторы с зубчатыми передачами [22] и электроприводами [23], а для их изолирования на перекачивающих установках от гидросмеси – защитными перегородками [24].

Образование гидросмеси происходит на головной установке (ГУ), от которой первую перекачивающую установку (1ПУ), на которой происходит разделение гидросмеси на твердый и жидкий компоненты, размещают на расстоянии l_1 – в месте полной потери напора, развиваемого им. Вторую 2ПУ от 1ПУ размещают на расстоянии l_2 – в месте полной потери напора, развиваемого от 1ПУ и т.д. (см. рис. 4, б).

Так как число ступеней установки для перекачивания гидросмеси практически неограниченно, то создается возможность транспортирования гидросмеси на дальние расстояния.

Многоступенчатая гидротранспортная установка работает следующим образом.

Высоконапорный водяной насос [1] из приемного зумпфа [2] через всасывающую трубу [3] засасывает чистую воду и нагнетает в трубопровод, на конце которого насажено сопло [4] для подачи высоконапорной струи в камеру [5]. Туда же шнек [6], размещенный на цилиндре [7], который вращается вокруг напорной трубы на подшипниках [8], подает из питателя [9] твердый сыпучий материал.

Образование гидросмеси происходит в смесительной камере [10], из которой она поступает в диффузор [11], в котором произойдет восстановление статического напора. Из последнего гидросмесь поступает в трубопровод [12] и в трубу [13], где полностью происходит потеря энергии, развиваемой головной установкой. На этой трубе закреплен шнек [14], который между полостями имеет патрубки [15] для выпуска гидросмеси и вращается на подшипниках [16]. Гидросмесь поступает в перфорированный барабан [17], жестко соединенного с корпусом [18]. В последнем происходит отделение жидкого от твердого.

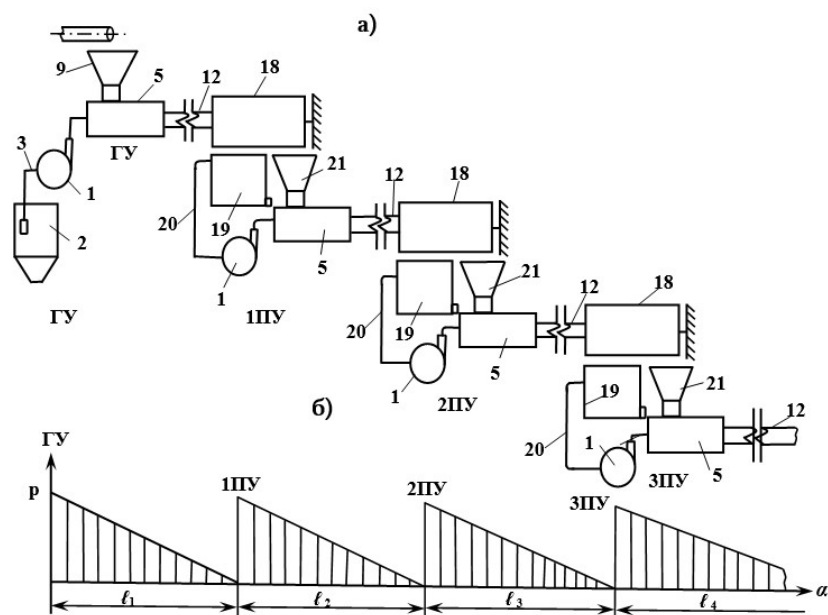


Рис. 4. Общая схема технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки (всех ступеней, а) и эпюра распределения напоров (давлений), развиваемых насосами каждой ступени (установки) многоступенчатой установки, б): 1 – насос для подачи жидкого несущего компонента (как правило, чистой воды); 2 – приемный зумпф; 3 – всасывающая труба насоса; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 9 – бункер для подачи твердого сыпучего материала (компонента); 12 – транспортный трубопровод; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на перекачивающих станциях (установках); 21 – бункер для подачи твердого компонента на промежуточных станциях (установках); ГУ – головная установка; 1ПУ – первая перекачивающая установка; 2ПУ – вторая перекачивающая установка; 3ПУ – третья перекачивающая установка; l_1, l_2, l_3, l_4 – расстояния между промежуточными насосными станциями (установками) всех ступеней

Вода из корпуса поступает в емкость [19], а из ее верхней части посредством патрубка [20] – к высоконапорному водяному насосу, расположенному на перекачивающей установке (см. рис. 2). Твердый материал в мокром виде для дальнейшего транспортирования подается в приемный бункер [21], расположенный на первой перекачивающей установке 1ПУ. Вращение трубы [13] на ПУ, а также шнека на ГУ происходит зубчатыми передачами [22] и редуктором, приводимых в движение электропроводом [23]. Пространство, в котором размещены зубчатая передача, редуктор и электропривод, от случайного попадания воды или гидросмеси защищает перегородка [24].

Таким образом, на перекачивающей ПУ (см. рис. 2), в устройстве для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты (см. рис. 3) происходит отделение твердого сыпучего материала от жидкой

среды – воды, а потом вновь образование гидросмеси с той же консистенцией, которую она имела до перекачивающей установки в трубопроводе [12].

Этому способствует то обстоятельство, что для дальнейшей транспортировки вода, осветленная в емкости [19], подается высоконапорному насосу перекачивающей насосной станции (см. рис. 2). Загрузочным для этой станции является бункер [21], куда шнеком [14] из камеры корпуса [18] подается твердый сыпучий материал в мокром виде.

Заклучение

Рассмотренная установка позволяет транспортировать гидросмеси на дальние расстояния с одинаковой – оптимальной консистенцией по всей магистрали.

Кроме того, возможность полного израсходования энергий, развиваемых ГУ и ПУ, а также использование

в качестве источников энергии высоконапорных водяных насосов до минимума уменьшает число ступеней магистральных гидротранспортных систем.

Ориентировочный предварительный подсчет технико-экономического эффекта, достигнутый осуществлением рассмотренной технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки для

транспортирования по трубопроводной магистрали полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния, показал, что по сравнению с существующими в настоящее время установками, функционирующими для решения той же цели можно достигнуть значительного экономического эффекта.

Литература

1. Smoldyrev A.E., Safonov Yu.K. Pipeline transport of concentrated slurries. "Mechanical Engineering", Moscow, 1973. 207 p.
2. Gracheva L.I., Chizhov A.G., Sabitov V.V., Kharlamov E.T. Pipeline transport in agriculture. Publishing House of the Voronezh University, Voronezh, 1974. 140 p.
3. Dmitriev G.P., Makharadze L.I., Gochitashvili T.Sh. Pressure hydrotransport systems. Reference manual. "Nedra", Moscow, 1991. 304 p.
4. Makharadze L.I. Overview, Series "Transport" - Systems and means for transporting hydraulic mixtures through pressure pipelines. Georgian Research Institute of Scientific and Technical Information and Technical and Economic Research, State Committee for Science and Technology of the Georgian SSR, Tbilisi, 1987. 53 p.
5. Makharadze L.I., Gochitashvili T.Sh., Krill S.I., Smoylovskaya L.A. Pipeline hydraulic transport of solid bulk materials. Metzniereba, Tbilisi, 2006. 50 p.
6. Borokhovich A., Makharadze L., Kutsia V., Gochitashvili T. Reliability of pressure hydrotransport system. University of Krasnoyarsk, 1992. 224 p. (in Russian).
7. Makharadze L., Kirmelashvili G. Water hammer in pipelines at transportation of multi-phase hydromixtures. "Metsniereba". Tbilisi. 232 p. (in Russian).
8. L. Makharadze, S. Streiakova, S.H. Naskidashvili. Technological scheme of head pumping station for hydromixture preparing and transportation by pressure pipeline. Mining Journal №1(42), Tbilisi, 2019. p. 74-78.
9. Makharadze L.I., Makharadze G.L., Steryakova S.I. A stand for the experimental determination of the coefficient of hydraulic resistance of pipelines and local resistance of hydrotransport systems. Patent of the Russian Federation №. 2023937. Bull. No. 22, 1994.
10. Makharadze L.I. and other. Multistage hydrotransport installation. USSR copyright certificate No. 931609. Bull. No. 20, 1982.

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა წიაღისეულისა და სხვა მყარი ფხვიერი მასალების მილსადენებით შორ მანძილებზე ტრანსპორტირებისათვის

ლეონ მახარაძე სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. მოლოდინი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: nor_mol@mail.ru

გ. ტაბატაძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი, ემერიტუსი
E-mail: Gordatab@mail.ru

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ახლად დამუშავებული მრავალსაფეხურიანი მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ტექნოლოგიური სქემა მყარი ფხვიერი წიაღისეულისა და სხვა ფხვიერი მასალების მზიდ სითხესთან ჰიდრონარევის ტრანსპორტირებისათვის შორ მანძილებზე მილსადენებით, რომელშიც ცენტრიდანული გრუნტის ტუმბოების ნაცვლად გამოყენებულია მაღალი წნევის ცენტრიდანული წყლის ტუმბოები. მას დანიშნულების შესასრულებლად გააჩნია მექანიზმი ჰიდრონარევის მიღებისათვის, რომელიც დაყენებულია დოლის შიგნით და შედგება შნეკისა და ღრუ ლილვებისაგან, რომლებიც დამაგრებულია მილყელების ფრთებს შორის ღერძზე. მყარი ფხვიერი კომპონენტის მიმღები კამერის შიგნით განთავსებულია საქმენი, რომელიც შესრულებულია მის შიგნით შნეკით. ამასთან ყოველი სადგური აღჭურვილია პერფორირებული დოლის ქვეშ განთავსებული მოცულობებით თხევადი და მყარი კომპონენტების ნარევის მისაღებად, რომლებიც შესაბამისად დაკავშირებულია ტუმბოს მიმღებ მილყელთან და მყარი კომპონენტის მიმღებ კამერასთან.

მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ამგვარი ტექნოლოგიური სქემა საშუალებას იძლევა მყარი ფხვიერი წიაღისეულის მზიდ სითხეში (როგორც წესი წყალში) ნარევი (ჰიდრონარევი) ნებისმიერ მანძილზე ტრანსპორტირებულ იქნეს ოპტიმალური კონცენტრაციით.

გარდა ამისა, სათავო და შუალედურ სატუმბ სადგურებზე მაღალი წნევის წყლის ტუმბოების გამოყენება ენერჯის წყაროდ საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე შემცირდეს მილსადენ მაგისტრალში მიმდევრობით ჩართული საფეხურების რაოდენობა ანუ მნიშვნელოვნად გაიზარდოს სისტემის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები და უზრუნველყოფილ იქნეს მდგრადი ექსპლუატაცია.

საკვანძო სიტყვები: მზიდი სითხე; მილყელების ფრთები; მყარი ფხვიერი მასალა; პერფორირებული დოლი; საქმენი; ტექნოლოგიური სქემა; ტუმბოს მილყელი; ღრუ ღერძი; შნეკი; ჰიდრონარევი; ჰიდროსატრანსპორტირება.

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

Technological scheme of a multistage hydrotransport facility for transportation of fossils and other solid loose materials by pipelines at far distances

Leon Makharadze

Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str.,
0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Reviewers:

N. Molodini, Professor, Faculty of Mining and Geological, GTU

E-mail: nor_mol@mail.ru

G. Tabatadze, Professor, Emeritus, Faculty of Mining and, Geological, GTU

E-mail: Gordatab@mail.ru

Abstract. The paper reviews the technological scheme of the multi-step pipeline hydro-transport system processed by us for transportation of the hydraulic fluid of solid loose fossils with the carrier liquid at long distances by pipelines, where high pressure centrifugal water pumps are used instead of centrifugal soil pumps. To perform its function, it has a mechanism for obtaining a hydraulic fluid which is installed within a drum and consists of an auger and quill shafts, which are attached to the axle between the inlet pipe wings. A nozzle is placed within a chamber receiving a solid loose component, which is performed within it by an auger. At the same time, each station is equipped with volumes located under the perforated drum for obtaining a mixture of liquid and solid components, which are respectively connected to the pump inlet pipe and the suction chamber of the solid component.

Such technological scheme of the pipeline hydrotransport system allows the mixture (hydraulic liquid) to be transported in the carrier liquid of solid loose fossils (as a rule, water) at any distance with an optimal concentration.

In addition, use of high-pressure water pumps on the head pump and line pump stations as a source of energy allows for minimizing the number of steps sequentially connected to the main pipeline, i.e. significantly increase technical-economic indicators of the system and ensure sustainable operation.

Key words: auger; carrier liquid; inlet pipe wings; nozzle; technological scheme; perforated drum; pump inlet pipe; solid loose material; hydraulic fluid; quill shaft; hydrotransportation.

Дата рассмотрения 27.01.2020

Дата поступления 04.06.2020

Подписано к печати 29.09.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-104-111>

სამეცნიერო-კვლევითი პროექტების საექსპერტო შეფასების საკითხისადმი

მანანა თავხელიძე არქიტექტურის საფუძვლების და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

რეცენზენტები:

თ. მახარაშვილი, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: t.makharashvili@gtu.ge

გ. სალუქვაძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: g.saluqvadze@gtu.ge

ანოტაცია. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია საუნივერსიტეტო, შიგა პროექტების დაფინანსების საკითხები, კერძოდ მოცემულია სხვადასხვა პროექტის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასების და ექსპერტიზის მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობები, რაც საინჟინრო სახის პროექტების მართვის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია. შემოთავაზებულ ნაშრომში მოცემულია გამოყენებითი სახის პროექტების შეფასებისა და ექსპერტიზის ისეთი მეთოდები, რომელთა გამოყენების საფუძველზე შესაძლებელია წარმატებით განხორციელდეს ნახსენები პროექტების არა მარტო შეფასება, არამედ მათი შემდგომი კორექტირება.

საკვანძო სიტყვები: ექსპერტიზა; პროექტების შეფასება; საინჟინრო პროექტები.

შესავალი

თანამედროვე ეტაპზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, როგორც ქვეყნის საინჟინრო-საგანმანათლებლო ცენტრი ჩართულია სხვადასხვა ფუნდამენტური თუ გამოყენებითი სახის პროექტის განხორციელებაში და როგორც ეს მიღებულია ჩვენი ქვეყნის სხვა სამეცნიერო ერთეულების შემთხვევაში, სტუ-ის სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები ფინანსდება, როგორც სახელმწიფო ბიუჯეტიდან – „სამეცნიერო კვლევების ხელშეწყობის“ პროგრამით, ასევე საგრანტო დაფინანსებით სამეცნიერო ფონდების საშუალებით. აქ ნახსენები ფონდები პირობითად შესაძლებელია დაიყოს ორ ნაწილად. ესენია – უნივერსიტეტის გარე და შიგა სამეცნიერო ფონდები, სადაც ორივეს მოპოვება წარმოებს გამოცხადებული კონკურსების საფუძველზე, მაგრამ თუ გარე საგრანტო კონკურსში მონაწილეობის მიღე-

ბისტვის კონკურსანტმა უნდა დააკმაყოფილოს წინასწარ შემუშავებული დებულების პირობები. როგორც წესი საუნივერსიტეტო, შიგა საგრანტო კონკურსში მონაწილეობის მიღება და წარმატების მიღწევა, უმეტეს შემთხვევაში, მიუხედავად უნივერსიტეტის შეზღუდული ადამიანური რესურსებისა, წარმოებს არასაკმარისად დასაბუთებელი კრიტერიუმების საფუძველზე. ასევე უნდა ითქვას, რომ როგორც წესი საკონკურსო კომისიებში მოწვეული ექსპერტები არიან სხვადასხვა სპეციალობის წარმომადგენლები, რომლებიც არ იცნობენ დაზუსტებულ ექსპერტიზის მეთოდებს რომელთა გამოყენება უმრავლეს შემთხვევაში არ არის გამართლებელი. აქვე უნდა ითქვას, რომ რადგან პროექტების შეფასება უმთავრესად დაკავშირებულია ექსპერტის, როგორც პროფესიულ უნარ-ჩვევებთან და ასევე მის ემოციურ-ფსიქოლოგიურ დამოკიდებულებასთან განსახილველ პროექტთან, ასეა თუ ისე, კონკურსის შედეგად მიღებული პროექტის შეფასებები მაინც მიახლოებულია და სათანადო. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ რთული სტატისტიკური მეთოდების გამოყენება პროექტების ექსპერტიზისათვის არ იქნება გამართლებული. ნათქვამის საფუძველზე, წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია პროექტების ექსპერტიზის რამდენიმე მარტივი მეთოდის აღწერილობა, რომელთა გამოყენება საგრძნობლად გააიოლებს ამა თუ იმ სამეცნიერო პროექტის დაფინანსების შესახებ გადაწყვეტილების მიღებას.

ძირითადი ნაწილი

საექსპერტო შეფასების პროცედურა ეკუთვნის გადაწყვეტილების მიღების თეორიის ფართო სფეროს, რომლის შედეგადაც შესაძლებელია შეფასების

მიღება სპეციალისტების (ექსპერტთა) მოსაზრებაზე დაყრდნობით, შემდგომი გადაწყვეტილების მიღების (შერჩევის) მიზნით. აქ დასმული პრობლემის უკიდურესი სირთულის, არასაკმარისი ინფორმაციულობის და გადაწყვეტის პროცესის მათემატიკური ფორმალიზაციის შეუძლებლობის მიზეზით, საჭიროა მივმართოთ კომპეტენტური სპეციალისტების რეკომენდაციებს, რომლებიც კარგად იცნობენ დასმულ პრობლემას და შესაბამისად მათ მიერ პროექტების არგუმენტირებული თვისობრივი და რაოდენობრივი შეფასებების ფორმირება და ფორმალური მეთოდებით დამუშავება გააიოლებს საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებას წარმოდგენილი ამა თუ იმ სამეცნიერო პროექტის კონკურენტუნარიანობის შესახებ.

პროექტების ექსპერტიზასთან დაკავშირებით ზოგადად არსებობს ორი სახის საექსპერტო შეფასების წესი, როგორებიცაა:

1. ინდივიდუალური შეფასებები, რომელიც ემყარება ცალკეული ექსპერტების მოსაზრებების გამოყენებას, ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად.

2. კოლექტიური შეფასებები, რომელსაც საფუძველად უდევს ექსპერტთა კოლექტიური მოსაზრება.

საკონკურსო პროექტების, როგორც ექსპერტიზის ობიექტების გაზომვის საშუალებიდან შესაძლებელია გამოვიყოს ქვემოთ მოყვანილი სამი ძირითადი მარტივი მეთოდი:

1. *რანჟირების მეთოდი* ობიექტების ისეთი განაწილების წესია, როდესაც მათი დალაგება წარმოებს მათი თანდაყოლილი თვისებების აღმავალი ან დაღმავალი მახასიათებლების საფუძველზე. რანჟირება იძლევა საშუალებას ობიექტთა ერთობლიობიდან აირჩეს ყველაზე მნიშვნელოვანი.

2. წყვილთა შედარების მეთოდი არის ობიექტების უპირატესობის დადგენა ყველა შესაძლო წყვილის შედარებისას. როგორც რანჟირებისას, აქ არ არის აუცილებელი, ყველა მოცემული ობიექტის ერთობლიობაში განხილვა, არამედ აუცილებელია თითოეულ წყვილში უფრო მნიშვნელოვანი ობიექტის იდენტიფიცირება ან მათი თანასწორობის დადგენა.

3. პირდაპირი შეფასების მეთოდი ხშირად სასურველია შეფასების ობიექტების არა მხოლოდ რანჟირება, არამედ იმის დადგენაც, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ერთი ფაქტორი სხვებთან შედარებით. ამ შემთხვევაში, ობიექტის მახასიათებლებში ცვლილებების სპექტრი იყოფა ცალკეულ ინტერვალებად, რომელთაგან თითოეულს ენიჭება გარკვეული ნიშანი (ქულა), მაგალითად, 0-დან 10-მდე. აღნიშნულის გამო, პირდაპირი შეფასების მეთოდს ზოგჯერ უწოდებენ ქულების მეთოდს.

ცხრილი 1.

	1	2	...	j	...	m
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1m}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2m}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{im}
...
n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nj}	...	a_{nm}

განვიხილოთ აქ მოყვანილი მეთოდების თავისებურებები. რანჟირების მეთოდის შესაბამისად თითოეული მოწვეული ექსპერტის მოვალეობაა ექსპერტიზისთვის წარმოდგენილი პროექტების, როგორც განსახილველი ობიექტების დაწყობა უპირატესობათა მიხედვით, როგორც ეს ნაჩვენებია ქვემოთ მოყვანილი ცხრილში (ცხრილი 1). მატრიცაში

(ცხრილი 1) a_{ij} არის ობიექტის მახასიათებელი ნიშანი, n – მახასიათებელი ნიშნების რაოდენობა, ხოლო m – ექსპერტთა რაოდენობა, მათი ნომრის აღნიშვნით. მატრიცის შედგენის შემდეგ, საჭიროა გამოითვალოს მოცემული მახასიათებლების საშუალო მნიშვნელობა S_i , რისთვისაც საჭიროა ყველა მახასიათებელ ნიშანს (a_{ij}) მიენიჭოს წონითი კოეფიციენტი, რაც მოგვცემს საშუალო მნიშვნელობის მარტივად გამოთვლის საშუალებას, რისთვისაც – ყველა მახასიათებელ ნიშანს უნდა მიენიჭოს წონის კოეფიციენტი ისე, რომ ამ კოეფიციენტების ჯამი ტოლი იყოს გარკვეული ფიქსირებული რიცხვის (მაგალითად, ერთის, ათის ან ასის), ე.ი. ყველა მახასიათებელი ნიშნიდან ყველაზე მნიშვნელოვანს ენიჭება წონის კოეფიციენტი, რომელიც უდრის გარკვეულ ფიქსირებულ რაოდენობას, ხოლო ყველა დანარჩენ – კოეფიციენტს, ენიჭება ამ კოეფიციენტის წილობრივი მნიშვნელობა. აღნიშნულის შემდეგ უნდა მოხდეს მონაცემთა თანამიმდევრული შედარება, რისთვისაც ექსპერტი მახასიათებელ ნიშნებს ალაგებს მათი მნიშვნელობების კლებადობის მიხედვით - $A_1 > A_2 > \dots > A_n$, რის შემდეგ პირველ მახასიათებელ ნიშანს ექსპერტი ანიჭებს მნიშვნელობას $A_1=1$, ხოლო დანარჩენს კლებადობის მიხედვით $A_1=1$ -ის წილობრივ მნიშვნელობებს და აწარმოებს მახასიათებელი ნიშნის მნიშვნელობის დანარჩენი მნიშვნელობების ჯამთან შედარებას.

რაც შეეხება წყვილთა შედარების მეთოდს, იგი უმეტესწილად გამოიყენება დიდი ობიექტების იდენტიფიცირებისას, როდესაც ობიექტებს შორის განსხვავება იმდენად უმნიშვნელოა, რომ მათი რეიტინგი პრაქტიკულად შეუძლებელია. მეთოდის გამოყენებისას წარმოებს $n \times n$ ზომის მატრიცის შედ-

გენა (იხ. ცხრილი 2), სადაც n არის შედარებული ობიექტების რაოდენობა.

ცხრილი 2

	1	2	...	j	...	n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
...
n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nj}	...	a_{nn}

ობიექტების შედარებისას, მატრიცა ივსება a_{ij} ელემენტებით შემდეგში წესით:

- 2-ით აღინიშნება ობიექტი, როდესაც i -ს ენიჭება უპირატესობა j ობიექტის მიმართ, ($i > j$).
- 1, თუ დადგენილია ობიექტების თანასწორობა ($i = j$),
- 0, თუ ენიჭება უპირატესობა j ობიექტს ($i < j$).

ნახსენების შემდეგ, გამოთვლები წარმოებს ზემოთ მოყვანილი წესის მიხედვით.

პირდაპირი შეფასების მეთოდის გამოყენება სასურველია არა მხოლოდ ობიექტების რანჟირებისას, არამედ იმის დადგენაც, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ერთი ფაქტორი სხვებთან შედარებით. ამ შემთხვევაში, ობიექტის მახასიათებლებში ცვლილებების სპექტრი იყოფა ცალკეულ ინტერვალებად, რომელთაგან თითოეულს ენიჭება გარკვეული ნიშანი (ქულა), მაგალითად, 0-დან 10-მდე. ამიტომაც, პირდაპირი შეფასების მეთოდს ზოგჯერ უწოდებენ ქულების მეთოდსაც. აქ გამოიყენება ისეთივე მატრიცა, როგორც ეს გვექნება წინა შემთხვევაში (იხ. ცხრილი 2).

ექსპერტიზის შედეგების გასაანალიზებლად გამოიყენება მათემატიკური სტატისტიკის სხვადასხვა მეთოდი (იხ. [1], [4], [5]), რომლებიც შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან დავალების ტიპისა და მისაღები სასურველი შედეგის მიხედვით. ვთქვათ საჭიროა, რომ ექსპერტთა m ჯგუფმა უნდა შეაფასოს ობიექტის ფასეულობა, სადაც ყოველი j -ე ექსპერტის შეფასება არის x_j , მაშინ ექსპერტთა ჯგუფის ზოგადი შეფასების შესაქმნელად, საჭიროა საშუალო მნიშვნელობების მიღება, რისთვისაც ყველაზე ხშირად გამოიყენება ე.წ. მედიანას მეთოდი, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ექსპერტების მიერ განსახილველად შემოსული პროექტების სიმრავლიდან შეფასებებისას უნდა დადგინდეს მათი “საშუალო” შეფასება ანუ გამოვლინდეს ის პროექტი, რომელიც მიღებული შეფასებების შედეგად ყველაზე “ახლო” იქნება კოლექტიურ გადაწყვეტილებასთან.

პროექტის შეფასებისას თითოეული კრიტერიუმის მიხედვით გამოითვლება შეფასების საშუალო მნიშვნელობა, რომელიც მრავლდება კრიტერიუმის წონით კოეფიციენტზე. რის შემდეგ, ცალკეულ კრიტერიუმებში მიღებული ქულები ჯამდება და მიიღება პროექტის საერთო შეფასება. მაშასადამე, ცალკეული პროექტების საერთო შეფასების გათვლა წარმოებს შემდეგი გამოსახულების საფუძველზე:

$$Q_n = \sum (S_{kn} \cdot \mu_{kn})$$

აქ: $S_{kn} = \sum \frac{C_{kin}}{m}$; $n=1...N$, სადაც N არის პროექტების რაოდენობა; S_{kn} – n პროექტში k კრიტერიუმის მნიშვნელობის შეფასების საშუალო სიდიდე; C_{kin} – n პროექტში i ექსპერტის მიერ k კრი-

ტერიუმის შეფასება 10 ბალიანი შკალით; $i = 1..m$, სადაც m – ექსპერტების რაოდენობა. წარდგენილ პროექტებს შორის საუკეთესოდ ჩაითვლება ის, რომელიც დააგროვებს საერთო შეფასებაში მაქსიმალურ ქულას და შესაბამისად გვექნება:

$$\max \{ Q_n \} \Rightarrow \text{გამარჯვებული პროექტი}$$

თუ კვლევაში მონაწილეობს რამდენიმე ექსპერტი, მათ შეფასებებში გარდაუვალია შეუსაბამობები, რომელთა სიდიდე ძალზედ მნიშვნელოვანია ექსპერტიზის საბოლოო მნიშვნელობის მისაღებად. ჯგუფური შეფასება შეიძლება ჩაითვალოს საკმარისად საიმედოდ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ცალკეული სპეციალისტების პასუხები კარგად არის კოორდინირებული. ამ შეფასებების განაწილების და მათი თანამიმდევრობის გასაანალიზებლად გამოიყენება ისეთი სტატისტიკური მეთოდები, როგორებიცაა – მახასიათებლების გაფანტულობის შეფასების ან სტატისტიკური ვარიაციის მეთოდების გამოყენება. გაფანტულობის შეფასება იანგარიშება სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით, ასე მაგალითად აქ გამოიყენება, როგორც ვარიაციის ზომის განმსაზღვრელი გამოსახულება -

$$R = x_{\max} - x_{\min};$$

ასევე წრფივი გადახრის მეთოდი შემდეგი გამოსახულების გამოყენებით:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|,$$

გარდა ნახსენებისა გამოიყენება ასევე, საშუალო კვადრატული გადახრა;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

დისპერსიის გაანგარიშებისას გამოიყენება შემდეგი გამოსახულება:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

ხოლო, სპირმენის კორელაციის კოეფიციენტი იანგარიშება, როგორც:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

ამ ტოლობებში ρ მნიშვნელობა შეიძლება იცვლებოდეს -1 -დან $+1$ -მდე დიაპაზონში. თუ შეფასებები ერთხვევა ერთმანეთს, მაშინ კოეფიციენტი ρ იქნება ერთის ტოლი. ექსპერტების მოსაზრებების ყველაზე დიდი შეუსაბამობას მივიღებთ იმ შემთხვევაში, როდესაც ρ კოეფიციენტის მნიშვნელობა იქნება მინუს 1-ის ტოლი. რაც შეეხება x_{ij} -ს, იგი არის j ექსპერტის მიერ, i - ობიექტისთვის მინიჭებული რანგი, ხოლო $x_{ik} - k$ ექსპერტის მიერ i - ობიექტისთვის მინიჭებული რანგი. რაც შეეხება d_i -ს, იგი არის i ობიექტისთვის მინიჭებულ რანგებს შორის.

თუ განვიხილავთ ექსპერტების მოსაზრებების თანხვედნილობას, უნდა აღინიშნოს, რომ რანჟირება არ გულისხმობს (ან ყოველთვის არ გულისხმობს) შეფასებების ერთმანეთთან დაშორებას. ანუ, თუ ერთი ექსპერტი A, B და C ობიექტებს, როგორც კონკურსზე წარმოდგენილ პროექტებს, როგორც $A > B > C$, რაც ნიშნავს, რომ $A \gg B > C$, ხოლო მეორე ექსპერტისთვის $A > B \gg C$, როდესაც ყველანაირი კორელაცია და საშუალო შეფასების გამოთვლა არ დაგვეხმარება. მაშინ, როგორც ერთ-ერთი ვარიანტი, ზემოთ მოყვანილი გამოსახულების მიხედვით, ექსპერტთა შეთანხმების კოეფიციენტის გამოთვლა მოგვცემს ექსპერტთა მოსაზრებების ფორმალისების საშუალებას.

იმის გამო, რომ შეფასებები, როგორც წესი, ეყრდნობა გარკვეულ სავარაუდო მოდელს, ამიტომ საჭი-

როა ყურადღებით გაითვალისწინოთ წარმოდგენილი პროექტების შესაძლო გამოყენების არეალი.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული საკონკურსოდ წარდგენილი პროექტების შეფასებისა და ექსპერტიზის მეთოდი ძალზედ მნიშვნელოვანია სწორი გადაწყვეტილების მიღებისათვის. ნაშრომში მოცემული პროექტების შეფასებისათვის მიღებული კრიტერიუმები ატარებენ პირობით ხასიათს, მაგრამ მათი რაოდე-

ნობის გაზრდით, რომელიც არ არის შეზღუდული, გაიზრდება შეფასების ადეკვატურობა. ამ მეთოდის საფუძველზე შესაძლებელია მოხდეს პროექტების მკაცრად განსაზღვრული კრიტერიუმების წონითი კოეფიციენტების ფიქსირებული მნიშვნელობების გაანგარიშება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მოცემული მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია საექსპერტო ჯგუფის მიერ გაანგარიშებული კრიტერიუმების წონითი კოეფიციენტების მნიშვნელობების საფუძველზე მოხდეს პროექტების საბოლოო რანჟირება.

ლიტერატურა

1. Tavkheldze M. Basics of organization of investment-urban construction projects taking into account environmental factors. PhD thesis. Georgian Technical University. 2012. (in Georgian).
2. Cherniak V.Z. Management of investment projects in construction. Monograph. Moscow. 1998, 316 p. (in Russian).
3. Shengelia T. Innovation processes: politics, regulations, efficiency. Tbilisi. 1997. (in Georgian).
4. Salukvadze G., Tatarishvili T., Tavkheldze M. Analysis and examination of ecologically oriented investment urban development projects. Business engineering journal. N1 (483). Georgian Technical University. 2012. (in Georgian).
5. Tavkheldze M., Tatarishvili T. Use of Median methods for analysis and expertise of investment urban development projects. Business engineering journal. 1 (2). Georgian Technical University. 2012. (in Georgian).
6. Orlov A.I. Expert assessments. Text-book. Moscow. 2002. (in Russian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Expert evaluation issues of research projects

Manana Tavkheldize Department of Fundamentals of Architecture and Theory, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

Reviewers:

T. Makharashvili, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design
E-mail: t.makharashvili@gtu.ge

G. Salukvadze, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design
E-mail: g.saluqvadze@gtu.ge

Abstract. The paper refers to the issues of university internal projects funding by research funds of Georgian technical university. In particular, here is described the possibilities of using qualitative and quantitative assessment and expertise methods of different projects, which is one of the main issues in the management of engineering projects. The proposed paper provides methods for evaluating and examining projects of applied fields mainly, based on the use of which it is possible to successfully conduct not only the evaluation of the mentioned projects, but also their farther correction as needed.

Key words: Engineering projects; expert evaluation; project evaluation.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Вопросы оценки экспертной оценки научно-исследовательских проектов

Манана Тавхелидзе Департамент архитектурных основ и теорий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

Рецензенты:

Т. Махарашвили, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ
E-mail: t.makharashvili@gtu.ge

Г. Салуквадзе, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ
E-mail: g.saluqvadze@gtu.ge

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются вопросы финансирования внутренних проектов вуза, в частности, возможности использования качественных и количественных методов оценки и экспертизы различных проектов, что является одним из основных вопросов управления инженерными проектами. В предлагаемом документе представлены методы оценки и экспертизы проектов прикладного типа, на основе которых можно успешно проводить не только оценку упомянутых проектов, но и их дальнейшую коррекцию.

Ключевые слова: инженерные проекты; оценка проекта; экспертиза.

განხილვის თარიღი 27.01.2020

შემოსვლის თარიღი 09.06.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-112-134>

მემკვიდრეობის განსხვავებული აღქმა: თბილისი, რუსთაველის გამზირი №7

ნიკოლოზ შავიშვილი დიზაინის საერთაშორისო სკოლა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75

E-mail: n.shavishvili@gtu.ge

თამარ ჩუბინიძე არქიტექტურული გეგმარებისა და ურბანისტიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა

E-mail: Chubinidzetam13@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. მიქიაშვილი, დიზაინის საერთაშორისო სკოლის პროფესორი

E-mail: gochamikia@yahoo.com

მ. მაისურაძე, არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: m.maisuradze@gtu.ge

ანოტაცია. თბილისის მთავარ გამზირზე – რუსთაველის N 7-ში ახლად აგებული ქართული სახვითი ხელოვნების მუზეუმი ქალაქის ისტორიული ცენტრის მემკვიდრეობის სადავო აღქმის მაგალითია. შენობის გამოკვეთილი სტილობრივი პრიორიტეტებისა და ფსევდოსტილების აღრევის გამო იგი, სტატიის ავტორთა აზრით, ჯანსაღ კრიტიკულ შეფასებას იმსახურებს.

1868 წ. არქ. ო. სიმონსონის პროექტით აქ აიგო სამართლო პალატა, 1874 წ. არქ. ა. ზალცმანის მიერ იგი გადაკეთდა სასტუმრო „ორიანტად“, რომელიც შემდგომ სასტუმრო „ინტურისტად“ გადაიქცა. 1977 წ. შენობაში „მხატვრის სახლმა“ დაიდო ბინა. 1991 წ. თბილისის ომის შედეგად შენობა განადგურდა.

არქ. არჩილ ქვრდიანის (უმცრ.) პროექტით აქ აშენდა ქართული თანამედროვე სახვითი ხელოვნების მუზეუმი. შენობა უხვად დეკორირებულია, ჩანს ისტორიულ-კულტურული გავლენები, რომელთა შორის ყველაზე თვალშისაცემია ვენეციის დოჟების სასახლის არქიტექტურა. ორნამენტირებული ფასადი აქცენტირებულია ცენტრალური შემოსასვლელის თავზე აღმართული არწივის დიდი ქანდაკებით. რადიკალურად განსხვავებულია გუდიაშვილის ქუჩისკენ გახსნილი ფასადი, მასში გამოყენებულია თანამედროვე მასალა – მინა და ლითონი, გეომეტრიზირებული მინიმალისტური ფორმები, იმ დროს როცა დანარჩენი ორი ფასადი მოდერნის, ბაროკოსა და სხვა სტილთა ნაზავია.

თავის დროზე ქალაქის ხელისუფლების გადაწყვეტილებას მშენებლობის ნებართვის გაცემაზე,

კრიტიკულად გამოეხმაურა საზოგადოებისა და კრიტიკოსთა დიდი ნაწილი. ამავე დროს არსებობდა განსხვავებული, დადებითი შეფასებები და მოსაზრებები, თუმცა ისინი უმცირესობაში იყვნენ.

ახალი მუზეუმის შენობამ დისონანსი შეიტანა გამზირის განაშენიანებაში. სტატიის ავტორთათვის უფრო მისასალმებელი იქნებოდა სრულიად თანამედროვე, გაბედული ახალი შენობა, რომელიც საკუთარ სიტყვას იტყოდა გამზირის სტილისტურ მრავალფეროვნებაში და არ დაუპირისპირდებოდა კონტექსტს, ისტორიასა და საზოგადოებას. როდესაც საქმე ურბანულ წარსულთან გვაქვს, მის მიმართ პატივისცემა არქიტექტორის ვალია.

სტატიის ავტორთა და სხვა კრიტიკოსთა აზრით, მემკვიდრეობის ამგვარი სადავო ინტერპრეტაციების შესაძლებლობა მნიშვნელოვან ურბანულ გადაკვეთებზე საჯარო განხილვისა და საერთაშორისო

არქიტექტურული კონკურსის ჩატარების გარეშე მიღებულმა გადაწყვეტილებებმა შექმნა.

საკვანძო სიტყვები: თბილისი; კიტჩი; კრიტიკა; მუზეუმი; რუსთაველის გამზირი; სტილი; ურბანული მემკვიდრეობა; ჰეტეროგენული.

შესავალი

ეს მოკლე კვლევა ეხება საქართველოს დედაქალაქის ცენტრში, მის მთავარ ქუჩაზე განხორციელებულ ახალშენებლობას. ჩვენი აზრით, იგი ნებისმიერი ქალაქის ისტორიული ცენტრის მემკვიდრეობის სადავო აღქმის მაგალითია და, როგორც ასეთი, იმსახურებს კრიტიკული შეფასების ჯანსაღ დოზას. (სურ.1)



სურ. 1

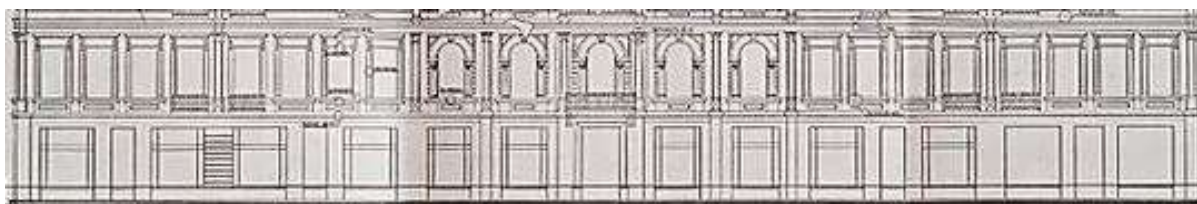
ძირითადი ნაწილი

1865-1867 წწ. ოტო იაკობ სიმონსონმა თბილისში ("ტიფლისში", როგორც მას გერმანელებმა უწოდეს იმ პერიოდში, როცა ისინი ძლიერად იყვნენ წარმოდგენილნი რუსეთის იმპერიის სამხრეთში) მოღვაწე გერმანელმა არქიტექტორმა დაგეგმა და ააგო გოლოვინსკის (დღევანდელი რუსთაველის) გამ-

ზირზე, ქალაქის მთავარ მაგისტრალზე, საოლქო სასამართლოს და თბილისის სასამართლო პალატების ორსართულიანი კორპუსი (სურ 2). შენობა ექსპლუატაციაში შევიდა 1868 წ., თუმცა მეოთხედი საუკუნის შემდეგ, 1894 წ., რუსთაველისა და ჯორჯაძის ქუჩების გადაკვეთაზე მდებარე ეს შენობა (რომლის მოპირდაპირე მხარეს ჯორჯაძის ქუჩაზე

ათი წლის შემდეგ სხვა გერმანელი – ლეოპოლდ ბილფელდი აპროექტებს შუასაუკუნოვანი ქართული ჯვარგუმბათოვანი ტაძრების სტილში ქაშვეთის ეკლესიას, რომელიც 1029 წ. სამთავისის საკათედრო ტაძრის ფაქტობრივი ასლია) მიეყიდა ვინმე მირიმანოვს, სომეხ მეწარმეს. მან მალევე დაიქირავა მესამე გერმანელი ხუროთმოძღვარი, ამჯერად მათ შორის ალბათ ყველაზე ცნობილი – ალბერტ ზალცმანი, რომელმაც დაამატა მესამე დონე და ოფისის შენობა სასტუმროდ გადააკეთა (სურ 3). სხვა წყაროები აღნიშნავენ, რომ ზალცმანის რეკონსტრუქცია სინამდვილეში მოხდა 20 წლით ადრე, 1874 წ. (ბერიძე, 1963:168). რაც არ უნდა იყოს სიმართლე, ადგილობრივი გაზეთები აღნიშნავენ, რომ დედაქალაქის "უდიდესი და საუკეთესო სასტუმრო" გაიხსნა 1895 წ. აპრილში, „ორიანტის“ სახელით (ფრანგულად *Hotel d'Orient*) . სასტუმროს ქვედა სართულის ნაწილი მაშინვე გაქირავებულა თბილისში იმ დროის, ალბათ, ყველაზე ძვირფას მდგმურზე – საკერავი მანქანების ცნობილ ამერიკულ ფირმაზე Singer, რომლის ვიტრინები გოლო-

ვინსკზე გადიოდა, და გრამოფონების და წიგნების მაღაზიებზე. მალე „ორიანტის“ რესტორანი, თავისი დახვეწილი ფრანგული და როგორც რეკლამა გვამცნობს, "ეროვნული" ქართული სამზარეულოთი, გახდა ელიტარული ადგილობრივი საზოგადოების და საქართველოს დედაქალაქის სტუმრების საყვარელი ადგილსამყოფელი. 1898 წ. ამერიკელმა ჟურნალისტმა ჯულიან რალფმა, რომელიც *New York Journal*-სა და ლონდონის *Daily Mail*-ისთვის წერდა, ასეთ კომენტარს აკეთებს: "ერთადერთი მართლაც შესანიშნავი სასტუმრო, რომელიც ჩემი მოგზაურობის დროს ვნახე, იყო სასტუმრო „ორიანტი“ თბილისში. მას ინახავდა ერთი შვეიცარიელი კაცი და მისი ცოლი, რომლებმაც იცოდნენ, რომ მსახურების შერჩევასა უნდა მორიდებოდნენ რუსებსა და სომხებს – ყველა მათგანი ქართველია" (<https://hotels.ltd.ge/blog>). სასტუმრო „ორიანტის“ რეპუტაცია კიდევ უფრო გამყარდა სხვა ცნობილი სტუმრების შემდგომი ვიზიტებით, რომელთა შორის იყვნენ ისეთი მწერლები, როგორებიცაა ანდრე ჟიდი, თეოდორ დრაიზერი და ბორის პასტერნაკი.



სურ. 2

1918 წ. ეს „თბილისური ბაროკოს“ სტილის ნაგებობა (როგორც გერმანელთა მიერ XIX ს. ჩვენი დედაქალაქის არქიტექტურაში დანერგილ ამ ტრადიციას დღეს ვუწოდებთ), რუსთაველის გამზირის N 7-ში თავისი 80 ოთახიდან რამდენიმეს ხელოვანთა კლუბს „არტისტერიუმს“ და ჟურნალ ARS-ს უთმობს. აქ იფინებოდა იმ დროის ავანგარდის მხატვრები,

როგორებიცაა ლადო გუდიაშვილი და ძმები ზდანევიჩები. 1928 წ. პარიზიდან დაბრუნებულმა დავით კაკაბაძემ თავისი პირველი პერსონალური გამოფენა სწორედ აქ გამართა. შემდეგ წელს ლადო გუდიაშვილმა ვესტიბიული მოხატა, მაგრამ, სამწუხაროდ, კედლები მოგვიანებით ბათქაშით დაფარეს და

გადაღებეს, ხოლო მისი ნამუშევრის არც ერთი ფოტოგრაფიული მტკიცებულება არ დარჩა.



სურ. 3

საბჭოთა პერიოდში სასტუმროს პოპულარობა და რეპუტაცია კიდევ უფრო იზრდება, 1940-იანებში „ორიანტი“ უცხოელთა მომსახურების სახელმწიფო მონოპოლიის საკუთრებაში გადადის: 1947 წ., როცა აქ სტუმრობს ნობელის პრემიის კიდევ ერთი ლაურეატი, მწერალი ჯონ სტეინბეკი ფოტოგრაფ რობერტ კაპასთან ერთად, შენობას უკვე სასტუმრო „ინტურისტი“ ქვია.

საბჭოთა პერიოდის განმავლობაში სასტუმროს შენობა, თავისი ცენტრალური მდებარეობით რუსთაველის გამზირზე, მთავარი საბჭოთა ხუროთმოძღვრული ძეგლის – ე.წ. „მთავრობის სახლის“ მოპირდაპირედ – არა მხოლოდ მოწმე, არამედ ფაქტობრივი მონაწილე ხდება მთელი რიგი ტრაგი-

კული მოვლენებისა, მათ შორის 1956 წ. 9 მარტის „შავი პარასკევის“, 1989 წ. 9 აპრილის ღამეს კრემლის წინააღმდეგ გამოსულმა ათობით დემონსტრანტმა თავშესაფარი იპოვა შენობაში, სადაც დამალა რუსი ჯარისკაცების სანგრის ნიჩბებს, რომლებმაც 21 ახალგაზრდა ქართველი ქალ-ვაჟის სიცოცხლე შეიწირა.

იმ დროისთვის ეს უკვე აღარ იყო სასტუმრო: 1977 წ. შენობაში შეწყდა „ინტურისტის“ ფუნქციონირება, ხოლო 1979 წ. იგი საკუთრებაში გადაეცა საქართველოს მხატვართა კავშირს, რომელსაც მომდევნო ათწლეულში იქ გააჩნდა საგამოფენო სივრცეები, აუდიტორიები, მხატვრების სახელოსნოები და კავშირის თანამშრომელთა ოთახები. შენობას

„მხატვრის სახლი“ დაერქვა. მასში მომხდარმა ცვლილებებმა მოითხოვა შენობის გეგმარების სერიოზული გადამუშავება, თუმცა მოხერხდა მთავარი მარმარილოს კიბის შენარჩუნება.

ეს ყველაფერი მოულოდნელად დასრულდა 1991 წ. ბოლო კვირაში: შენობა აღმოჩნდა 1991-1992

წწ. დეკემბერ-იანვრის ორკვირიანი ომის ეპიცენტრში, რომელმაც თბილისის შუაგულში ათეულობით დამწვარი შენობა და დედაქალაქის ინფრასტრუქტურის მოშლა გამოიწვია; შესაბამისად, „მხატვრის სახლს“ გადარჩენის შანსი არ ჰქონდა (სურ 4).



სურ. 4

ომის დასრულებისთანავე საქართველოს მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნულმა სამსახურმა დაამუშავა თბილისის გადამწვარი და დანგრეული ისტორიული ცენტრის აღდგენის სამუშაო გეგმა (5). ჩაფიქრებული იყო ისტორიული ნაგებობების აგება, ისინი თავდაპირველი იერსახით ზუსტად უნდა აღედგინათ და გაემეორებინათ მათი სტრუქტურები და ფუნქციები. ამრიგად, მრავალი წლის შემდეგ "მხატვრის სახლი" ისევ სასტუმროდ გადაიქცეოდა. ჩატარდა არაერთი ეროვნული კონკურსი, მ. შ. „ორიანტის“ და მისი მიმდებარე ტერიტორიისთვის.

1992 წ. წარმოდგენილი იყო რამდენიმე ძალიან საინტერესო წინადადება; გამოვეყოთ წამყვანი ქართველი არქიტექტორების ორი ნამუშევარი: პირველი ვლადიმერ ქურთიშვილისა, რომელშიც ახალი ნაწილი დიაგონალურადაა შეჭრილი აღდგენილი კორპუსის უკანა ნაწილში (6), მეორე შოთა ყავლაშვილისა და ვიქტორ ჯორბენაძის, სადაც მრავალსართულიანი მასის განვითარება ასევე აღდგენილი შენობის უკანა ფასადიდან ხდება. ცხადია, რომ ორთავე ეს ოსტატური შემოთავაზება საგულდაგულოდ არიდებს აღდგენილ შენობას ყველა დამატე-

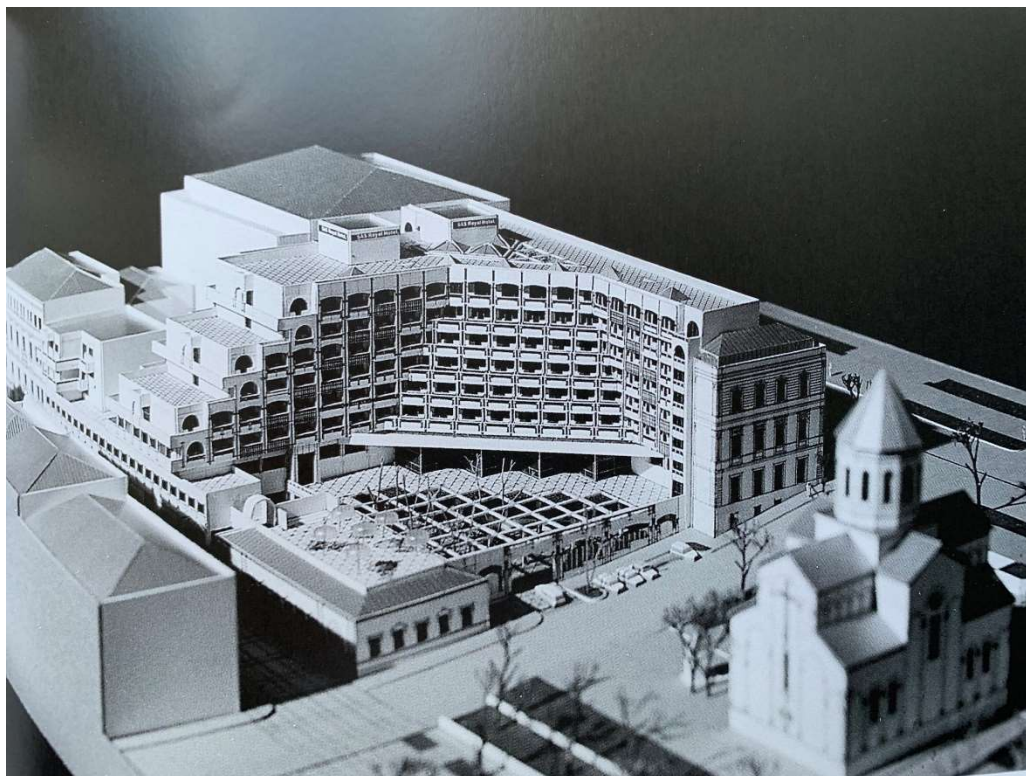
ბით დიდ მასას, წინა მხარეს ტოვებს მხოლოდ სამ- რუსთაველის გამზირის გასწვრივ, ხოლო ახალ სართულიანი სასტუმროს ზალცმანისეულ ფასადს ნაწილს მთავარი ფასადის უკან ითვალისინებს (7).



სურ. 5



სურ. 6



სურ. 7

სამწუხაროდ, ეს სადი და დელიკატური გეგმები, თუნდაც ქურთიშვილის გამარჯვებული პროექტი, არ განხორციელებულა: 1992-1993 წწ. აფხაზეთის ომმა და საქართველოს ეკონომიკურმა პრობლემებმა პროგრესი შეაჩერეს. მომდევნო 20 წლის განმავლობაში სასტუმროს ტერიტორია მიტოვებული იყო და მისი მიმდებარე სახლები დაინგრა; რეგისტრირებული ძეგლების სტატუსმაც კი ვერ შეაჩერა მათი საბოლოო ჩამოშლა. მათ გამოთავისუფლებულ მიწას დაემატა ისტორიული სასტუმროს ასევე უკვე დანგრეული შენობის მიწა, რამაც უზარმაზარი ნახევარჰექტარიანი ნაპრალი გააჩინა თბილისის შუაგულში, რუსთაველის გამზირზე N 7-ში: ალბათ, მთელს ქვეყანაში თავისუფალი მიწის ნაკვეთი რომ მოგეძია, ეს ყველაზე ცნობილი მისამართი აღმოჩნდებოდა.

შემდეგ განხორციელდა ის, რაც ამ კვლევის

მთავარი საგანია: ისტორიული ქალაქის ცენტრში მემკვიდრეობის მეტად სადავო ინტერპრეტაცია (8). 2012 წ. ცარიელი მიწის ნაკვეთი (მასთან დაკავშირებული შეთქმულების თეორიის მიხედვით, მიწა თანდათანობით და შეგნებულად გაცარიელდა სასტუმროსა და სხვა ძეგლებისაგან, ანუ რეგისტრირებული სტატუსის მქონე მიტოვებულ და მოუვლელ ნაგებობებს განგებ მისცეს საშუალება თავად ჩამოშლილიყვნენ – ამ თეორიას ერთგვარად ამაგრებს ნაკვეთზე შემდგომში განვითარებული მოვლენები, თუმცა წინამდებარე კვლევის ავტორებს შეგნებული უმოქმედობის არანაირი სახის მტკიცებულება არ გააჩნიათ) მიყიდეს საქართველოს უმსხვილეს მობილურ ოპერატორ კომპანია „მაგთის“. მისი თანამფლობელები არიან ხელოვნების მოყვარული და მფარველი, რომლებიც 2013-2018 წწ. თავზე და-

ადგენ პროექტირებისა და მშენებლობის პროცესს და დაასრულეს ის, რასაც ამჟამად „ქართული სახვითი ხელოვნების მუზეუმი“ ეწოდება (9). მუზეუმის ვებსაიტზე ნათქვამია, რომ „მუზეუმში წარმოდგენილია მისი დამფუძნებლების... კერძო კო-

ლექცია. დამფუძნებლების მიზანი იყო საბჭოთა და პოსტსაბჭოთა ქართული ხელოვნების ერთ სივრცეში თავმოყრა, რადგან ექსპონატების უმეტესობა ფართო საზოგადოებისთვის ხელმისაწვდომი არასდროს ყოფილა” (<http://www.finearts.ge>).



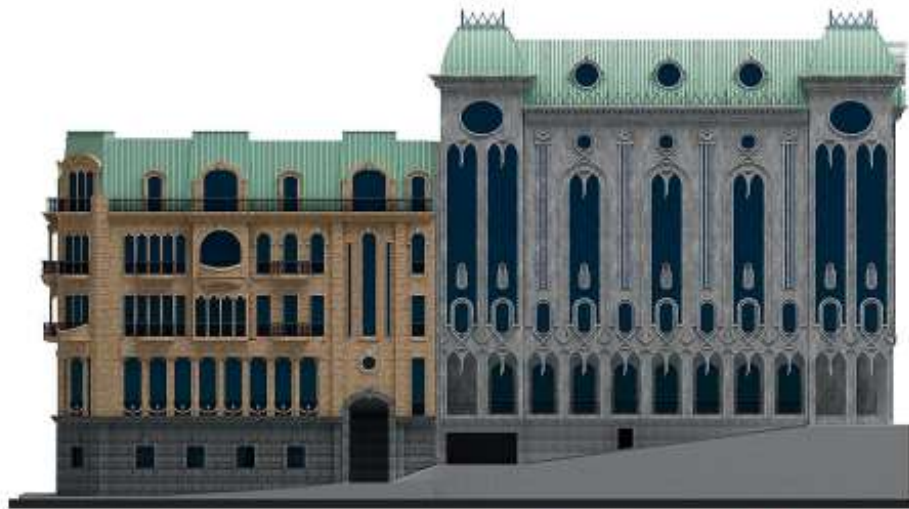
სურ. 8



სურ. 9

ეს შესაშური ამოცანა შესრულდა ჩვენი კვლევის საგანში – ახალ ნაგებობაში, სადაც მუზეუმს გარდა განთავსდა სასტუმრო (10), ფიტნეს ცენტრი აუზით, მაღაზიები, რესტორნები, ოფისები გასაქირევებლად, პერსონალის სათავსები და მრავალდონიანი მიწის-

ქვეშა ავტოსადგომი. კომპლექსი იკავებს ნაკვეთის მთელ პერიმეტრს და გადაჰყურებს არა მხოლოდ რუსთაველის გამზირს, არამედ ჯორჯაძის და გუდიაშვილის ქუჩების ისტორიულ განაშენიანებას (11).



ხედი ქაშვეთის ეკლესიიდან. View from Kashveti Church

სურ. 10



სურ. 11

არქიტექტორები არიან თანამედროვე საქართველოში, ალბათ, ყველაზე ცნობილი არქიტექტურული დინასტიის – ქურდიანების ოჯახის მოქმედი თაობა. დინასტიის ლეგენდარული სულისჩამდგმელი, არჩილ ქურდიანი, იყო XX ს. ერთ-ერთი ყველაზე ნიჭიერი და გამოჩენილი ქართველი არქიტექტორი, 1929 წ. ხუროთმოძღვრების პირველი

ქართული ეროვნული სკოლის პირველი კურსდამთავრებული და სტალინური „ამპირის“ გამორჩეული მონუმენტური ქმნილებების ავტორი – მ. შ. ეპოქის ბრწყინვალე მეგლის – მოსკოვში საბჭოთა კავშირის ხალხთა გამოფენაზე ელევანტური და ჰაეროვანი ქართული ეროვნული პავილიონისა, რომელიც 1939 წელს აშენდა (12).

სწორედ მონუმენტურობის შეგრძნება უმაღლესი და-
უფლები თბილისში, რუსთაველის N 7-ში აგებუ-
ლი ახალი მუზეუმის მნახველსაც: ცნობილმა წინა-
პარმა ჭემპარიტად დაანათლა ერთგვარი წონის,
სიმძიმის, სოლიდურობის ნიშანი მისი დინასტიის
შთამომავლების ამ ქმნილებას და გრანდიოზული
მიზნის დაძლევის შთაბეჭდილება მნახველში, სა-
ვარაუდოდ, სამუდამოდ დარჩება.

მაგრამ იმისდა მიუხედავად, რომ ახალი შენობა
უფრო მაღალი და მძიმეა, ვიდრე მისი წინამორბე-
დი სასტუმრო „ორიენტი“ იყო და, ჩვენი აზრით,
ქუჩის მასშტაბსაც გაცდენილია, რუსთაველის გამ-
ზირთან შესაბამისობის, გარემოს და კონტექსტის
საკითხი მის პრობლემათა შორის მაინც ყველაზე
უმნიშვნელოა.

უფრო მეტიც, არსებობს მოსაზრება, რომელსაც
მხარს უჭერს რიგი მეტად გამორჩეული პროფესიო-
ნალი არქიტექტორებისა, რომ ახალი შენობის მასა
თავად სულაც არ გასცდება რუსთაველის გამზირის
ისტორიულ მასშტაბს და, როგორც ზოგიერთი მათ-
განი აღნიშნავს, ქუჩის კონტურსაც კი არ არღვევს.
ჩვენ, როგორც უკვე განვაცხადეთ, განსხვავებული
აზრი გვაქვს, მაგრამ შენობის მასშტაბი ნამდვილად
არ წარმოადგენს ჩვენი შეფასების უმთავრეს საგანს.

ახალი შენობის უმთავრესი პრობლემა, ჩვენი
აზრით, არ ვრცელდება მის უშუალო გარემოზე;
მისი მთავარი პრობლემა ის არის, რომ მას არ ესმის
ქალაქი თბილისი. მისი არქიტექტურული გადა-
წყვეტა არამარტო უგულებელყოფს ურბანულ
მემკვიდრეობას და უარყოფს მის წარსულს, არამედ

უცხო ფენომენი შემოაქვს არსებულ თბილისის
ურბანულ მორფოლოგიაში.

თბილისის მორფოლოგია საკმაოდ სტაბილუ-
რია: მას შემდეგ, რაც ქალაქი გაანადგურა და არსე-
ბითად მიწასთან გაასწორა ადამაჰმად ხანის 1795 წ.
შემოსევამ და ირანელმა ყაჯარებმა აღმოსავლეთი
საქართველო სპარსეთის იმპერიას შეუერთეს, რასაც
მაღევე მოჰყვა ქვეყანაში რუსეთის არმიის შემოჭრა,
რომელმაც 1799 წ. დაიპყრო თბილისი, ქალაქის
განახლება რუსეთის პროტექტორატის პირობებში,
ვირტუალურ უდაბნოზე ხორციელდებოდა. ამან
მისცა მას საშუალება ესარგებლა თავისუფალ მი-
წებზე მსხვილი ქალაქის აღორძინების იშვიათი ფუ-
ფუნებით, რამაც გამოიწვია შეუფერხებელი განაშე-
ნინება ევროპული სტილის საქალაქო გეგმის გამო-
ყენებით და ურბანული ტერიტორიების შევსება
ახალი, დასავლეთევროპული სტილის შენობებით
(13). დაგეგმარებული ახალი მუზეუმის არქიტექტო-
რებმა, ჩვენი აზრით, ურბანული მორფოლოგია სა-
თანადოდ არ გაითვალისწინეს. მათი შენობა უპი-
რისპირდება ქალაქის ხუროთმოძღვრულ ისტო-
რიას (14). ამის ნაცვლად მას შემოაქვს ექსტრაორდი-
ნარული, დაუკავშირებელი სტილი (უფრო სწორად
კი – და ჩვენ შევეცდებით ეს დაკვირვება მოგვიანე-
ბით განვამტკიცოთ – მას შემოაქვს რაიმე ცნობილი
სტილის არარსებობა). რასაც ახალი მუზეუმის არ-
ქიტექტურა ნერგავს, ჩვენი აზრით, არაორგანულია
ნაცნობი შენობების გამოსახულებებისა და თბილი-
სის ცენტრის ტექსტურის ფონზე (15).



სურ. 12



სურ. 13



სურ. 14



სურ. 15

ამით, რუსთაველის გამზირის N 7-ში მდებარე ახალი შენობა წარმატებით წყვეტს თბილისის მთავარ ისტორიულ არტერიაზე ჩამოყალიბებულ კავშირს მნიშვნელოვან ურბანულ წარსულთან და, აღჭურვილი რა ზომით და მასით, რომელიც მის სამეზობლოს აჭარბებს, და უცხო არქიტექტურული შესტებით, ცდილობს წაშალოს ძვირფასი – ზოგჯერ ტრაგიკული, მაგრამ მაინც ფასეული – მეხსიერება, აქაური *genius loci*, რომელიც საგულდაგულოდ იყო

ჩაფიქრებული, აგებული და განაყოფიერებული საუკუნეზე მეტი ხნის განმავლობაში და ჩამოყალიბდა თანამიმდევრული ურბანული სურათის სახით აწ უკვე განადგურებული სასტუმროს შენობის ენიგმატური არსებობით.

ჩვენ შორს ვართ იმისგან, რომ პირველებმა წამოვიწყეთ ამ ობიექტის კრიტიკა, რომელსაც, ჩვენი აზრით, არასწორად ესმის ურბანული მემკვიდრეობა და არასათანადო ინტერპრეტირებას აძლევს მას ამ

მნიშვნელოვან ადგილზე. ჯერ კიდევ მშენებლობის დაწყებამდე, როგორც კი პროექტის ნახაზები საჯაროდ ხელმისაწვდომი გახდა, ქალაქის ხელისუფლების გადაწყვეტილება მშენებლობის ნებართვის გაცემაზე კრიტიკის საგანი გახდა. გასაგები იყო, რომ მერიას აღარ სურდა თბილისის შუაგულში ნაპრალი დარჩენილიყო, მაგრამ დამტკიცდა პროექტი, რომელსაც ამ უმნიშვნელოვანესი მისამართის შესატყვისი სრულყოფილი საჯარო პროფესიული და საზოგადოებრივი მსჯელობა არ ედირსა. ბევრის აზრით, პროექტს არ გააჩნდა არქიტექტურული ფასეულობა და ურბანული მგრძობელობა – მათთვის ეს სხვადასხვა ციტატის ეკლექტიკური ნაზავი და სხვა კულტურებიდან გადმოტანილი ლექსიკონი, უცხო წარმოშობის არასწორად გააზრებული ისტორიული არქიტექტურის დამახინჯებული ელემენტების *pastiche* იყო, ანუ ეს იყო ის, რასაც არც საზოგადოება და არც ექსპერტები არ ეგუებოდნენ.

2013 წ. კულტურის სამინისტროში გამართული მრგვალი მაგიდის მასალებში აღნიშნულია, რომ „რუსთაველის პროსპექტის მიმართ გრძივად განვითარებული ხუთსართულიანი სივრცითი სტრუქტურა მაღალი მანსარდით მასშტაბით და ზომიწონით არ შეესაბამება პროსპექტზე მდებარე, XIX ს. მეორე ნახევარსა თუ XX ს. დასაწყისის სხვადასხვა მონაკვეთში აგებულ, მხატვრულ-არქიტექტურული ღირებულებით გამორჩეულ შენობებს. მიუღებელია აგრეთვე დაპროექტებული ფასადის არქიტექტურული მორთულობა. გასათვალისწინებელია, რომ შოთა რუსთაველის პროსპექტის განაშენიანებას ქრონოლოგიურად და სტილისტურად განსხვავებული ნაგებობები ქმნის და მათი აბსოლუტური უმრავლესობა ძეგლის სტატუსის მქონეა. იგივე შეიძლება

ითქვას, პროექტის იმ ნაწილზე, რომელიც გუდიაშვილისა და ჯორჯაძის ქუჩებზე მიემართება.“ (<http://mcs.gov.ge/News>).

ამავე წლის სხვა კრიტიკული შეფასება ხაზს უსვამს, რომ “მნიშვნელოვანია თითოეული მშენებლობა აქ მკაცრად კონტროლდებოდეს და არ აზიანდეს მის მხატვრულ სახეს, მის კონტექსტს“. პუბლიკაციის ავტორი, ეთანხმება რა იმ აზრს, რომ „ამ ადგილას დაანგრეული მხატვრის სახლის თავდაპირველი სახით აღდგენა არ იქნებოდა მიზანშეწონილი,.... რუსთაველის გამზირზე თანამედროვე სახის პროექტის განხორციელება უმჯობესი იქნებოდა“, ამავე დროს აღნიშნავს, რომ არსებითად ქურდიანების პროექტის სახით საქმე არა ერთ, არამედ სამ სხვადასხვა, ერთმანეთთან დაუკავშირებელ შენობასთან გვაქვს: „მხოლოდ... გუდიაშვილის ქუჩისკენ გახსნილი შენობაა „თანამედროვე ნაგებობა“, რაც თანამედროვე მასალას – მინას, ლითონს, თანამედროვე გეომეტრიზებულ, მინიმალისტურ ფორმებს, ფაქტურას გულისხმობს. დანარჩენი ორი კი, მოდერნის, ბაროკოსა და სხვა სტილთა ნაზავია. რუსთაველის გამზირისკენ გახსნილი თაღებით, თაღების ცენტრში უცნაური შვერილებით, ბაროკალურ-არნუვოსა და მოდერნის ნაზავს გავს სახურავებიც და ზოგადად ფორმები. რუსთაველისკენ გახსნილი შენობა – მომწვანო ნაცრისფერია, ხოლო ქაშვეთის ტაძრისკენ მდებარე – ყვითელი ქვიშის ფერი... ეს ორი ფერი აქ ერთმანეთს ნაკლებად ეხამება, არც კონტრასტი იქმნება და არც იდეალური შერწყმა.

გარდა ამისა, სამივე შენობა ერთმანეთთან მჭიდროდ არის მიერთებული და დაკავშირებულია შიგა გასასვლელებით, რთულია მათი ცალ-ცალკე აღქმა, თუმცა ვერაფრით აკავშირებ მათ ერთმანეთთან და

მთლიანობაში იქმნება არადადებითი კონოტაციით ეკლექტიზმი.” (<https://chprotection.wordpress.com>).

2014 წ. თბილისში გაიმართა გამოფენა, რომელზეც რუსთაველის N 7-ში მიმდინარე მოვლენების გაშუქება ისტორიული სურათებით იწყებოდა, 1992 წ. კონკურსის მასალებით გრძელდებოდა და საპროტესტო აქციებითა და მრავალი თანამედროვე მხატვრის ნამუშევრებით გვირგვინდებოდა. გამოფენაზე მოსულებს კედელზე ვალტერ ბენიამინის ციტატა ხვდებოდა: „არ არსებობს ცივილიზაციის დოკუმენტი, რომელიც ამავე დროს ბარბარიზმის დოკუმენტს არ წარმოადგენდეს“. გამოფენის კატალოგში ვკითხულობთ: “ მთელს მსოფლიოში ისტორიულ ქალაქებს აქვთ უბანი, მოედანი ან ქუჩა, რომლებიც მათი არქიტექტურული ფასეულობებისთვის გარკვეულ მნიშვნელობას იძენენ, ანიჭებენ მათ იდენტობას, მიუთითებენ მათი მაცხოვრებლების საერთო კულტურის დონეზე და ამით დაუვიწყარ შთაბეჭდილებას ტოვებენ ყველა მოქალაქეზე. თბილისში ასეთ ადგილად მიიჩნევა რუსთაველის სახელობის მთავარი გამზირი. მისი სამეზობლო თავისი სტილისტური არქიტექტურული მრავალფეროვნებით და ადამიანიური მასშტაბით გამზირზე ჩამოყალიბებულ ჰარმონიას უწყობს ხელს”. ეს პასაჟი გრძელდებოდა განცხადებით: “სასტუმრო ორიანტი განახლდება ისე, რომ უგულვებელყოფს ადგილის ყოფილ კულტურულ მნიშვნელობას. სანამ ეს მეხსიერება გაქრება, ჩვენ ვდგამთ სცენოგრაფიულ გამოფენას, რომელიც შეძლებს თბილისის მოქალაქეებს შეახსენოს ალბერტ ზალცმანის ყველაზე ცნობილი შენობის მნიშვნელობა და თუ როგორ იყენებდენ მას დაახლოებით 125 წლის განმავლობაში” (<https://www.irinakurtishvili.com>). გამოფენაზე ხდებოდა იმ შენობის ვირტუალური რე-

რეკონსტრუქცია, რომელიც იმ დროისთვის უკვე საზღვრამდენად გაქრა თბილისის კონტურიდან.

2016 წ. კულტურის მკვლევარი ცირა ელისაშვილი მიუთითებდა: “ჩვენ თუ გვინდოდა ძველის აღდგენა, მაშინ აქ იდგა „მხატვრის სახლი“. რამდენად სწორი იქნებოდა მისი აღდგენა, ეს ცალკე საკითხია... თუ ვაშენებთ ახალს, ის არ უნდა იყოს ძველის იმიტაცია და განსაკუთრებულად ცუდის იმიტაცია, იმიტომ რომ არანაირ არქიტექტურულ სტილში არ ეწერება. ეს არც ცალკე ბაროკოა, არც ცალკე მოდერნია... ეკლექტიკაა, მაგრამ ეკლექტიკის ცუდი გაგებით, რადგანაც თბილისში ეკლექტიკის ძალიან კარგი ნიმუშები გვაქვს. თუ ვიტყვი, რომ ეს ეკლექტიკაც არ არის, გამოდის რომ ეს კიტჩია!” (<https://www.radiotavisupleba.ge>).

იმავე წყაროში გამოქვეყნდა განსხვავებული მოსაზრება, მაგალითად, არქიტექტორი გიგა ბათიაშვილი ყურადღებას შენობის ზომებზე ამახვილებს: „რუსთაველის გამზირის მასშტაბს განსაზღვრავს ეროვნული მუზეუმი, კინოთეატრი „რუსთაველი“ და შემდეგ სასტუმრო „თბილისის მარიოტი“. საბედნიეროდ, პროექტით გათვალისწინებული შენობა ზუსტად ამ მასშტაბში ზის და არ არღვევს მას. შეიძლება შეხედო შენობას და თქვა, ფუნქციურად სწორად არ არის და იქნებ გადააპროექტოთ“ (<https://www.radiotavisupleba.ge>).

პროექტის საწყის სტადიაშივე კმაყოფილებას გამოთქვამდნენ ქართველი მხატვრები. 2013 წ. თემო გოცაძე აღნიშნავდა: „ეს ადგილი პატარა მოედანია, სადაც თავს იყრის ეკლესია, ცოტა ზევით – სასტუმრო და თეატრი, გვერდზე – კინოთეატრი, გაივლი და – ისტორიის მუზეუმი; ჩახვალ ქვევით და გუდიაშვილის ქუჩაზე – ლადოს სახლ-მუზეუმი... ეს შენობაც მაქსი-

მალურადაა მოცემულობაში ჩასმული – დაცულია მასშტაბი, გრაფიკა, რიტმიკა და ფუნქცია“. რადიშ თორდია, საქართველოს სახალხო მხატვარი, მიუთითებდა: „პროექტი ძალიან კარგია, მომწონს, სამხატვრო აკადემიაში პროფესორ-მასწავლებლებს ვაჩვენე, რომლებიც ადფრთოვანდნენ“ (<http://geworld.ge>). 2018 წ. მუზეუმის გახსნისას მისი ქება საზოგადოების წარმომადგენლების მხრიდანაც გაისმა; მაგალითად, ერთ-ერთ ბლოგში წერია: „მადლობა ღმერთს, რომ ამ ადგილზე ასეთი მშვენიერი შენობა აშენდა. სახვითი ხელოვნების მუზეუმი აუცილებელია ქვეყანაში, თან ულამაზესი არქიტექტურა, რომელიც თბილისს ასე უხდება“ (<https://1tv.ge/news>).

თუმცა უნდა ითქვას, რომ დადებითი დამოკიდებულება უმცირესობაში იყო. ასე მაგალითად, სხვა კრიტიკოსებმაც აღნიშნეს, რომ შენობის აღქმა როგორც ერთი მთლიანობისა შეუძლებელია და რომ იგი არსებითად სამ შენობას წარმოადგენს. კრიტიკა შეეხო რუსთაველის გამზირზე მთავარი შესასვლელის თავზე განთავსებულ გიგანტურ ბრინჯაოს არწივსაც (16): ბრინჯაოს ეპოქის ქართული მეტალურგიის განვითარების სიმბოლო სინამდვილეში წარმოადგენს ვანის გათხრების დროს აღმოჩენილი ორი სხვადასხვა არტეფაქტის გაყალბებულ ნაზავს, ასე რომ ისტორიის ეს დეტალიც კი რეალობას დამახინჯებულად გამოხატავს.



სურ . 16

ამ სტატიის ერთ-ერთი ავტორის 2018 წ. სადოქტორო დისერტაციაში მოხდა განსხვავებულ აზრთა გამომწვევება და ერთგვარი შეჯერება; შედეგად, აღინიშნა რომ „შენობა უხვად დეკორირებულია, ისტორიულ-კულტურულის მითითებები მის აღწერაში მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებდა. მათ შორის ყველაზე ცხადად იკითხება ვენეციის დოჟების სასახლის არქიტექტურა (17), რომელიც თავისთავად ერთი რომელიმე წამყვანი სტილის კარგ მაგალითად არასოდეს ითვლებოდა. დოჟების სასახლის ზედა გალერეის გამოკვეთილი ზეგავლენა განსაკუთრებით საგრძნობია ...ქურდიანის შენობის ქვედა დონის გადაწყვეტაზე, სადაც იგი მიმართავს ლოჯიათა თაღების გადაკვეთას ცრუ თაღებთან (18). უნდა ითქვას, რომ ქართველი არქიტექტორი პირველი როდია, ვინც ამ ხერხს იყენებს: იმავე ვენეციაში, 1424–1437 წწ. გოთურ პალაცოს კა დ'ორო Ca d'Oro („ოქროს სახლი“), რომელიც ქვისთმთელი ჯოვანი ბონის უზადო ნახელავია და როგორც ლიტერატურაში კარგადაა ცნობილი, დოჟების სასახლეზე საგრძნობლად უფრო დახვეწილია, ამ უკანასკნელისგან ნასესხები აქვს ერთმანეთზე გადადებულ ლოჯიათა კვალი, რომელიც დოჟების სასახლის ზედა გალერეის წარმოდგენითი ვარიაციაა. მაგრამ თუ ბონის შემთხვევაში ეს ილეთი გამართლებული იყო, რადგან ორთავე ვენეციურ ნაგებობათა მოციმციმე ქრომატიციზმი არხების წყლის ზედაპირიდან ფერთა არეკვლის ნაწილობრივი შედეგია..., ქურდიანის შემთხვევაში მისი გამოყენება ვერანაირად ვერ ჩაითვლება გამართლებულად: როგორც ცნობილია, თბილისში არ არსებობს არხები, რომელთა წყლის ზედაპირიდან არეკვლა მრავალფეროვნების დასაბუთებად

შეიძლება გამოდგეს და გარდა ამისა, დღეს კარზე XXI და არა XV საუკუნეა“. (თ. ჩუბინიძე, 2018:93.).

სავსებით შესაძლებელია, რომ ამგვარ პოზიციას დაუპირისპირდეს ის მოსაზრება, რომ რუსთაველის გამზირის წარმოშობა ჰეტეროგენულია და იგი თავად არ წარმოადგენს ერთ მთლიანობას, რადგან ჩამოყალიბდა როგორც განსხვავებული არქიტექტურული სტილის სავსებით თავისუფალი, ზოგჯერ ფრივოლური შენარევი: აქ ქართული ეკლესიის სტილი მეზობლობს ბაროკოსთან, რომელსაც ცვლის ნეო-პალადიანური და კლასიკური, ისინი კი მავრიტანულის და სტალინისტურის გვერდით მოქცეულა და მათ მოულოდნელად Art Nouveau-ს (ჩვენში რუსეთიდან შემოტანილი „მოდერნის“ ტერმინით რომ მოიხსენიებენ) და რუსული კონსტრუქტივიზმის ადგილობრივი ვერსიები ცვლის, და რომ განა სწორედ რომ ეს აღრევა არაა ის მთავარი მიზეზი, რის გამოც რუსთაველის გამზირი ასე დასამახსოვრებელი და მომხიბლავია? ამგვარი არგუმენტაციის ქმედითობის დასადასტურებლად, როგორც წესი, მოიშველიებენ ხოლმე ახალი მუზეუმიდან სულ რაღაც ნახევარ კილომეტრში განთავსებულ თბილისის ოპერისა და ბალეტის თეატრის შენობას (19), რომლის ავტორი კიდევ ერთი გერმანელი – ვიქტორ იოჰან გოტლიბ შრიოტერია, ამჯერად არა ადგილობრივი, არამედ სანქტ-პეტერბურგელი, რომელმაც თავის დროზე კონკურსში გაიმარჯვა და 1896 წ. ეს შენობა ე.წ. ნეომავრიტანულ სტილში ააგო. თუმცა ჩვენი კრიტიკული პოზიციის დასაცავად მოვიყვანდით სულ ცოტა ორ, ჩვენი აზრით, დამაჯერებელ კონტრარგუმენტს.



სურ. 17



სურ. 18



სურ. 19

პირველ რიგში ჩვენ ვთვლით, რომ რამდენადაც განსხვავებული არ უნდა ყოფილიყო ოპერის შენობა გოლოვინსკის იმდროინდელი განაშენიანებისაგან, იგი ზედმიწევნით ზუსტად მიჰყვებოდა ეპოქის ერთ-ერთ გაბატონებულ ტენდენციას, რომელიც ყოველგვარი აღმოსავლურის მიმართ გაღვიძებულ ინტერესში, ორიენტალურისკენ მკაფიო მიდრეკილებაში გამოიხატებოდა, რაც აირეკლა კიდევ XIX ს. ურიცხვ ევროპულ ქმნილებებზე, დაწყებული ჯონ ნემის გენიათი გაცისკროვნებული სამეფო პავილიონით ბრაიტონში, დასრულებული ე.წ. „მავრიტანული ციხესიმაგრით“, ანუ კ.მ. ტეგნერის მიერ 1869 წ. აგებული თეატრის შენობით დანიის ფრედერიკსბერგში, „ფრედერიკსბერგის ალჰამბრა“ რომ უწოდეს და რომელსაც სავსებით შეეძლო შთაეგონა შრიოტერი, რომელიც ასევე ბალტი იყო (20). შორეულ ბრიტანეთში და დანიაში გამგზავრება საჭირო არ არის: ორიენტალიზმის ტენდენციას ჩვენ აქვე, გოლოვინსკზე, სასტუმროს შორიახლოს 1865-1869 წწ. იმავე სიმონსონის

მიერ კლასიკურ სტილში, რენესანსული ელემენტების დამშვენებული მეფისნაცვალის სასახლის ე.წ. „სარკებიან დარბაზში“ ამოვიკითხავთ – იგი მდიდრულად დეკორირებულია სპარსული და არაბული მოტივებით. მეორე და კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი კონტრარგუმენტი ის ფაქტია, რომ შრიოტერის ნაგებობა ხელს უწყობს დედაქალაქის მთავარი ქუჩის ფორმირებას, რომელსაც დასრულებამდე ჯერ კიდევ ბევრი აკლია და რომელშიც ოპერამ კიდევ ერთი ნიუანსი შეიტანა, ერთგვარი დამატებითი ტონალობა შესძინა გამზირის სტილისა და მიმდინარეობების ისედაც მდიდარ პალიტრას. ჩვენ ვფიქრობთ, ამ ფაქტს, განსხვავებით მუზეუმის ახალი შენობისგან, არ შეუტანია დისონანსი გამზირის განაშენიანებაში და არ შესულა წინააღმდეგობაში მის წარსულთან – რადგან მაშინ მას წარსული უბრალოდ ჯერ კიდევ არც გააჩნდა. ხოლო როცა საქმე უკვე ჩამოყალიბებულ ურბანულ წარსულთან გვაქვს, მის მიმართ პატივისცემა არქიტექტორის ვალია.



სურ. 20

ამგვარი პატივისცემა გარემოს და წარსულის მიმართ, ჩვენი აზრით, ქართული სახვითი ხელოვნების მუზეუმმა სათანადოდ ვერ გამოიჩინა. განსხვავებული ეპოქიდან (უფრო სწორად, ეპოქებიდან) და უცხო კულტურებიდან ნასესხებმა, თან ნასესხებმა ნაჩქარევად და დაუფიქრებლად, მემკვიდრეობის განსხვავებული აღქმა, მისი უაღრესად სადავო ინტერპრეტირება გამოიწვია. ჩვენ ამ ადგილას უფრო მივესალმებოდით სრულიად თანამედროვე, გაბედულ ახალ შენობას, რომელიც საკუთარ წვლილს შეიტანდა გამზირის სტილისტურ მრავალფეროვნებაში და არ დაუპირისპირდებოდა კონტექსტს, ისტორიასა და საზოგადოებას. ჩვენ ვთვლით, რომ გამოცდილმა და ღირსეულმა პროფესიონალებმა – ახალი მუზეუმის ავტორებმა, დაუშვეს მძიმე შეცდომა, რომლის შედეგებს ჩვენ არა ერთხელ მომავალშიც ვიწვინევთ.

დასკვნა

სრულიად ვიზიარებთ ამ შენობის კრიტიკული განხილვისას ნინო ჩაჩხიანის გამოთქმულ აზრს:

„რუსთაველზე, ნებისმიერი შენობის ასაშენებლად, მიუხედავად იმისა, კერძო თუ სახელმწიფო საკუთრებას წარმოადგენს ის, დაუშვებელია პროექტის დამტკიცება წინასწარი საჯარო განხილვის ან არქიტექტურული, მაღალ პროფესიონალურ დონეზე ჩატარებული საერთაშორისო კონკურსის გარეშე. ჩვენთვის მისაბამ დემოკრატიულ ქვეყნებში ეს მიღებული და აღიარებული პრაქტიკაა“ (ჩაჩხიანი, 2013:26). სწორედ ამგვარი პრაქტიკისგან თავის არიდებამ, ცალმხვრივმა, ნაჩქარევმა და დაუფიქრებელმა გადაწყვეტილებებმა მიიყვანეს თბილისი იმ მდგომარეობამდე, რომელშიც იგი ამჟამად იმყოფება: რუსთაველის გამზირისთვის სავალალო, ახალი მუზეუმის შენობა არ არის უცხო სხეული შეჭრის ერთადერთი თანამედროვე მაგალითი. კლასიკური გიმნაზიის თავზე აღმართული მრავალსართულიანი საცხოვრებელი სახლი (სურ. 21) და „იმელის“ უკან სასტუმრო „ბილტმორის“ მინის ცათამბჯენი ამის ნათელი დადასტურებაა, თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ არც ერთი მათგანი, განსხვავებით მუზეუმისგან, რუსთაველის წინა სტრატეგიულ ხაზს არ

იკავებს. თუმცა არც ეს ხაზია თავდასხმებისგან დაცული: თბილისური ბაროკოს ნიმუში – ყოფ. იუსტიციის სამინისტროს შენობა შჩუსევის „იმელ“-ის მოპირდაპირედ საეკვოდ ხანგრძლივი რეკონსტრუქციის საგანი გახდა (22), ხოლო სტალინისტური არქიტექტურის და პოსტსტალინისტური გადაკეთების მაგალითის – კავშირგაბმულობის სახლის ბედი „მარიოტის“ პირდაპირ საერთოდ უცნობია (23).

ციის საგანი გახდა (22), ხოლო სტალინისტური არქიტექტურის და პოსტსტალინისტური გადაკეთების მაგალითის – კავშირგაბმულობის სახლის ბედი „მარიოტის“ პირდაპირ საერთოდ უცნობია (23).



სურ. 21



სურ. 22



სურ. 23

ლიტერატურა

1. Beridze V. The architecture of Tbilisi, 1801-1917. Vol. II. Tbilisi: “Sakhelmtsipo gamomtsemloba”. 1963. (in Georgian).
2. URL: <https://hotels.ltd.ge/blog/არქიტექტურის-დეგრადაცია/> (in Georgian).
3. URL: <http://www.finearts.ge/ka/about-museum/timeline> (in Georgian).
4. URL: <http://mcs.gov.ge/News/%E1%83%9B%E1%83%A0%E1%83%92%E1%83%95%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%92%E1%83%98%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%A7%E1%83%9D%E1%83%A4%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%9B%E1%83%AE%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%95%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%AE%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%90%E1%83%93%E1%83%92%E1%83%98%E1%83%9A%E1%83%90%E1%83%A1-%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A1%E1%83%94.aspx> (in Georgian). ეს ობსნება
5. URL: <https://chprotection.wordpress.com/page/1/> (in Georgian).
6. URL: <https://www.irinakurtishvili.com/hotel-orient->
7. URL: <https://www.radiotavisupleba.ge/a/axali-mkhatvris-sakhlis-mshenebloba/25057479.html> (in Georgian).
8. URL: <http://geworld.ge/ge/5432/> (in Georgian).
9. URL: <https://1tv.ge/news/tbilisshi-qartuli-sakhviti-khelovnebis-muzeumi-gaikhsna-fotoambavi/> (in Georgian).
10. Chubinidze T. Transformed decor return to architecture and Georgian matches. PhD Thesis. Tbilisi. 2018. (in Georgian).
11. Chachkhiani N. Rustaveli 7. Liberal. 2013, 25-29 pp. (in Georgian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Controversial Perception of Heritage: Rustaveli Avenue № 7

Nikoloz Shavishvili International Design School, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: n.shavishvili@gtu.ge

Tamara Chubinidze Department of Architectural Planning and Urbanization, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: Chubinidzetam13@gmail.com

Reviewers:

G. Mikiashvili, Professor, International Design School, GTU

E-mail: gochamikia@yahoo.com

M. Maisuradze, Associate Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: m.maisuradze@gtu.ge

Abstract. According to the authors of the article, pseudo-styles mix and dubious stylistic priorities of the new building of the Museum of Fine Arts on the central thoroughfare of Tbilisi at 7 Rustaveli Ave., deserve a healthy dose of sound criticism.

In 1868, arch. O. Simonson built court chambers on this site, which was rebuilt for the hotel "Orient" by arch. A. Zaltsman in 1874. Later the building turned into an hotel "Intourist". In 1977 the House of Artists settled in the building, but in 1991, as a result of the Tbilisi War, the former hotel was completely destroyed.

Recently the Museum of Fine Arts was completed on this site according to the project by arch. Archil Kurdiani (Jr.). The new building is decorated with an abundance of decor, traces of various historical and cultural precedents are visible, among them the most prominent is the Venetian architecture of the Palazzo Ducale. A huge statue of a bronze eagle rises above the central entrance of the richly ornamented main facade along Rustaveli Ave. The facade that faces Gudiashvili Street is radically different. It uses modern materials - glass, metal, the shapes are geometric and minimalistically solved, while the other two facades are a mixture of Art Nouveau, Baroque and others, in some cases - of unknown styles.

In its time, the building permit issued by the city authorities for the construction of this building provoked a critical reaction of the majority of experts and the public. In their opinion, the construction of a new building introduced a discord into the development of the avenue. Positive ratings were in the minority.

For the authors of the article, a completely modern and bold solution would be more appropriate for this site, a new word in the stylistic diversity of the Avenue, which would not oppose the context, history and public opinion, for the architect's duty is to respect the urban past, when he deals with it in the process of a new building design.

According to the authors of the article and other critics, such controversial interpretations at culturally significant urban interchanges should not be carried out without international architectural competitions.

Key words: Criticism; heterogeneous; kitsch; museum; Rustaveli Avenue; style; Tbilisi; Urban Heritage.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Спорное восприятие наследия: Тбилиси, Проспект Руставели № 7

Николоз Шавишвили Международная школа дизайна, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: n.shavishvili@gtu.ge

Тамара Чубинидзе Департамент архитектурного планирования и урбанистики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68
E-mail: Chubinidzetam13@gmail.com

Рецензенты:

Г. Микиашвили, Профессор школы международного дизайна
E-mail: gochamikia@yahoo.com

М. Маисурадзе, Асоциированный профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна
E-mail: m.maisuradze@gtu.ge

Аннотация. По мнению авторов статьи, смешивание псевдостилей и сомнительные стилистические приоритеты новостройки Музея Изыщных Искусств на центральном проспекте Тбилиси, по адресу пр. Руставели № 7, заслуживают здравую дозу критики.

В 1868 г. арх. О. Симонсоном на этом месте была построена судебная палата, которая в 1874 г. арх. А. Зальцманом была перестроена под гостиницу «Ориант», которое позже превратилось в гостиницу «Интурист». В 1977 г. в нем обосновался «Дом художника». Однако в 1991 г. вследствие Тбилисской войны здание была полностью уничтожено.

По проекту арх. Арчила Курдиани (мл.) на этом месте недавно был завершен Музей Изыщных Искусств. Новое здание украшает изобилие декора, видны следы разнообразных историко-культурных прецедентов, среди которых наиболее ярко выраженный - венецианская архитектура «Дворца Дожей». Над центральным входом богато орнаментированного главного фасада по пр. Руставели возвышается огромная статуя бронзового орла. Радикально отличается фасад, выходящий на улицу Гудиашвили. В нем используются современные материалы - стекло, металл, геометрически-минималистичные формы, в то время как два других фасада - смесь модерна, барокко и других стилей.

В свое время разрешение, выданное властями города на постройку этого здания, вызвало критическую реакцию большей части экспертов и общественности. В то же время существовали положительные оценки и различные мнения, однако, они были в меньшинстве.

Здание нового музея внесло диссонанс в развитие проспекта. Для авторов статьи было бы более приемлемым совершенно современное, смелое здание, которое сказало бы своё слово в стилистическом разнообразии проспекта и не противилось бы контексту, истории и мнению общественности, ибо долг архитектора - уважение урбанистического прошлого.

По мнению авторов статьи и других критиков, такого рода спорные интерпретации наследия на культурно значимых центральных городских развязках не должны осуществляться без общественного обсуждения и проведения международных архитектурных конкурсов.

Ключевые слова: городское наследие; гетерогенность; критика; китч; музей; проспект Руставели; стиль; Тбилиси.

განხილვის თარიღი 28.01.2020

შემოსვლის თარიღი 25.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-135-154>

ერთი ფუნდამენტური ამოცანის შესახებ ბიდიოფანტურ გეომეტრიულ ფიგურებზე

ზურაბ აღდგომელაშვილი მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: diophant_zura@rambler.ru

რეცენზენტები:

ალ. კირთაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

მ. მანია, თსუ-ის ა. რაზმაძის მათემატიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: mania@rmi.ge

ანოტაცია. ნაშრომში დასმულია და შესწავლილია ბიდიოფანტური n -კუთხედების (სტატიის ავტორი ბიდიოფანტურს უწოდებს ისეთ მთელრიცხვან მრავალკუთხედს, რომლის ყოველი წვეროს კოორდინატები მთელი რიცხვებია) შემსწავლელი ამოცანებიდან ერთ-ერთი ფუნდამენტური ამოცანა.

ამოცანა $(n;k)$: არსებობს თუ არა ყოველი ფიქსირებული k ნატურალური რიცხვისათვის ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე k -ს ტოლია, და თუ არსებობს, მაშინ ვიპოვოთ ყველა ასეთი n .

საკვანძო სიტყვები: ბიდიოფანტური; დიოფანტური; ფუნდამენტური კვლევა.

შესავალი

დიოფანტური ვუწოდოთ მრავალკუთხედს, რომლის ყოველ ორ წვეროს შორის მანძილი ნატურალური რიცხვით გამოისახება.

ბიდიოფანტური ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ მრავალკუთხედს, რომლის ყოველი წვეროს კოორდინატები მთელი რიცხვებია.

ამ ნაშრომში განვიხილავთ ჩვენ მიერ დასმულ ერთ ამოცანას, რომელიც უდავოდ არის ერთ-ერთი ფუნდამენტური ამოცანა ბიდიოფანტური მრავალკუთხედების თვისებების შემსწავლელი ამოცანებიდან.

ძირითადი ნაწილი

ამოცანა $(n;k)$** არსებობს თუ არა ყოველი ფიქსირებული k ნატურალური რიცხვისათვის, ბიდიო-

ფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია k -სი, და თუ არსებობს, მაშინ ვიპოვოთ ყველა ასეთი n .

ჯერ განვიხილოთ ამოცანა* ($n; k$).

დიოფანტური გეომეტრიული ფიგურების შემსწავლელი ამოცანებიდან ცხადია, ერთ-ერთი უმთავრესი ადგილი უჭირავს შემდეგს:

ამოცანა* ($n; k$) არსებობს თუ არა ყოველი ფიქსირებული k ნატურალური რიცხვისათვის, დიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია k -სი, და თუ არსებობს, მაშინ ვიპოვოთ ყველა ასეთი n .

ჩვენ მიერ ნაჩვენებია, რომ არ არსებობს ისეთი დიოფანტური n -კუთხედი, როგორც ამოზნექილი, ისე ჩაზნექილი, რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია 1-ის. ე.ი. $k=1$ -სათვის ზემოთ ხსენებული საკითხი გადაჭრილია.

ამის დასამტკიცებლად განვიხილოთ რამდენიმე ამოცანა.

ლემა 1. თუ დიოფანტური სამკუთხედის ერთ-ერთი გვერდი ტოლია 1-ის, მაშინ მისი დანარჩენი გვერდები წარმოადგენს ამ სამკუთხედის ტოლფერდებს.

მოც: $\triangle ABC$;

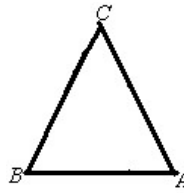
$$\begin{cases} |BC|, |AC| \in N; \\ |AB|=1. \end{cases}$$

სურ. 1

u.d: $|BC|=|AC|$.

ზოგადობის შეუზღუდავად ვთქვათ $|BC| \leq |AC|$. სამკუთხედის უტოლობის ძალით $|AB| + |BC| > |AC|$ ანუ $1 + |BC| > |AC|$.

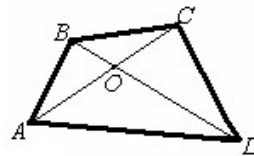
ე.ი.



$$\begin{cases} |BC|, |AC| \in N; \\ |BC| \leq |AC| < |BC| + 1. \end{cases} \Rightarrow (|BC|=|AC|). \text{ რ.დ.გ.}$$

ეს შესანიშნავი თვისება არის ერთ-ერთი ქვაკუთხედი დიოფანტური და ბიდიოფანტური გეომეტრიული ფიგურების კვლევის აპარატისა.

ლემა 2. ამოზნექილი დიოფანტური ოთხკუთხედის ყოველი გვერდისა და ყოველი დიაგონალის სიგრძე 1-ზე მეტია.



სურ. 2

დავუშვათ საწინააღმდეგო.

ე.ი. ვთქვათ ოთხკუთხედ

$ABCD$ -ში თითოეული გვერ-

დისა და დიაგონალის სიგრ-

ძე გამოისახება ნატურალური რიცხვით და ამასთან ერთ-ერთი გვერდის სიგრძე, ზოგადობის შეუზღუდავად ვთქვათ $|AB|=1$.

ლემა 1-ის თანახმად $|BC|=|AC|$ და $|BD|=|AD|$.

ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან მაშინ C და D წერტილები უნდა მდებარეობდეს $[AB]$ -ს შუამართობზე. ე.ი. ჩვენი დაშვება მცდარია. მაშასადამე ამ პირობით $\triangle ABCD$ -ს თითოეული გვერდის სიგრძე 1-ზე მეტია.

ახლა ვთქვათ $\triangle ABCD$ -ს დიაგონალის სიგრძე ტოლია 1-ის, ზოგადობის შეუზღუდავად ვთქვათ $|AC|=1$.

ლემა 1-ის თანახმად $|AB|=|BC|$ და $|CD|=|AD|$. ამასთან $\triangle BOC$ და $\triangle AOD$ -დან სამკუთხედის უტოლობის გამოყენებით ადვილი საჩვენებელია, რომ

$$|BD| + |AC| > |BC| + |AD| \quad \text{ანუ} \quad |AB| + |AD| < |BD| + 1.$$

ΔABD -დან გვაქვს $|AB| + |AD| > |BD|$. ე.ი.

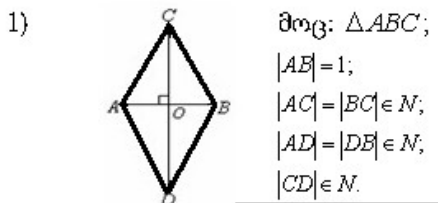
$$\begin{cases} |AB|, |BD|, |AD| \in N; \\ |BD| < |AB| + |AD| < |BD| + 1. \end{cases} \quad \text{ეს შეუძლებელია. ამრი-}$$

გად დაშვება მცდარია ანუ $|AC| > 1$.

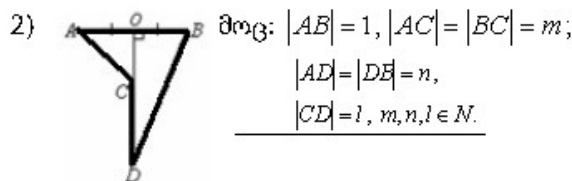
ე.ი. საბოლოოდ გვაქვს, რომ ყოველი ამოხსნილი დიოფანტური ოთხკუთხედის თითოეული გვერდისა და დიაგონალის სიგრძე 1-ზე მეტია. რ.დ.გ.

ლემა 3. თუ სიბრტყეზე მდებარე ოთხი წერტილიდან არც ერთი სამი არ მდებარეობს ერთ წრფეზე და ამასთან მანძილი ყოველ ორ მათგანს შორის გამოისახება ნატურალური რიცხვით, მაშინ ამ მანძილებიდან თითოეული მათგანი 1-ზე მეტია.

დავუშვათ საწინააღმდეგო. ე.ი. ვთქვათ სიბრტყეზე მოიძებნება ისეთი ოთხი წერტილი, რომელთაგან არც ერთი სამი არ მდებარეობს ერთ წრფეზე, მანძილი ყოველ ორ მათგანს შორის გამოისახება ნატურალური რიცხვით და ამასთან რომელიღაც ამ მანძილებიდან 1-ის ტოლია. მაშინ **ლემა 1**-ის თანახმად დანარჩენი ორივე წერტილი უნდა მდებარეობდეს 1-ის ტოლი სიგრძის მონაკვეთის შუამართობზე. აქ გვექნებოდა ორი შემთხვევა



სურ. 3



სურ. 4

1) ეს შემთხვევა განხილულია **ლემა 2**-ში.

2) ΔAOC და ΔDOB -დან გვაქვს:

$$\begin{cases} |AC|^2 = |AO|^2 + |OC|^2; \\ |BD|^2 = |OB|^2 + |OD|^2; \\ |OD| = |OC| + |CD|, \quad |AO| = |OB| = 0,5; \\ |AC| = |CB| = m, \quad |AD| = |DB| = n, \quad |CD| = l, \quad m, n, l \in N. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + |OC|^2; \\ n^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + (l + |OC|)^2; \\ m, n, l \in N. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} |OC| = \frac{n^2 - m^2 - l^2}{2l}; \\ 4m^2 - 1 = (2|OC|)^2; \\ m, n, l \in N. \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} |OC| = \frac{n^2 - m^2 - l^2}{l} = q \in \mathbb{Q}_+; \\ 4m^2 - 1 = q^2; \\ m, n, l \in N. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m, q \in N; \\ 4m^2 - q^2 = 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m, q \in N; \\ (2m - q)(2m + q) = 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m, q \in N; \\ 2m - q = 1; \\ 2m + q = 1. \end{cases}$$

ეს კი შეუძლებელია. მაშასადამე მანძილი ნებისმიერ ორ წერტილს შორის ამ მოცემული წერტილებიდან, 1-ზე მეტია. რ.დ.გ.

თეორემა 1. ამოხსნილი დიოფანტური n -კუთხედის ($n > 3$), ყოველი გვერდისა და ყოველი დიაგონალის სიგრძე 1-ზე მეტია.

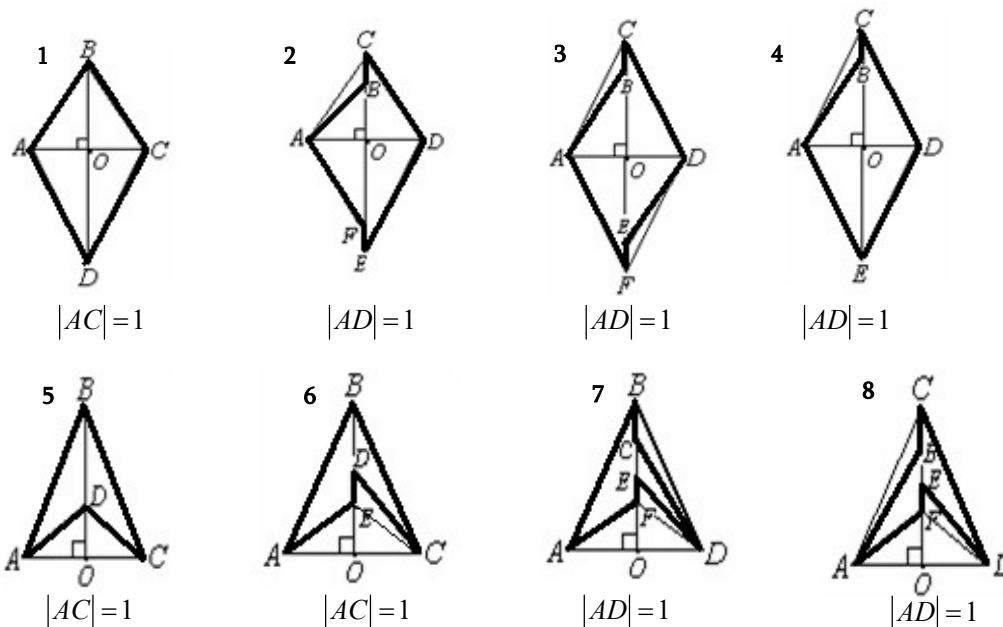
დავუშვათ საწინააღმდეგო. ე.ი. დავუშვათ ამოხსნილი დიოფანტური n -კუთხედის ($n > 3$), რომელიმე ორ წვეროს შორის მანძილი ტოლია 1-ის. **ლემა**

1-ის ძალით დანარჩენი წვეროები უნდა მდებარეობდეს ამ ორი წვეროს შემაერთებელი მონაკვეთის შუამართობზე. ვინაიდან ეს n -კუთხედი უნდა იყოს ამოხსნილი, ამიტომ ცხადია $n=4$, მაგრამ ლემა 2-ის თანახმად ასეთი ოთხკუთხედი არ არსებობს. ე.ი. ჩვენი დაშვება მცდარია ანუ ყოველი ამოხსნილი დიოფანტური n -კუთხედის ($n > 3$), ყოველი გვერდისა და ყოველი დიაგონალის სიგრძე 1-ზე მეტია. რ.დ.გ.

თეორემა 2. თუ სიბრტყეზე მდებარე n -წერტილიდან ($n > 3$), არც ერთი სამი არ მდებარეობს ერთ

წრფეზე და ამასთან მანძილი ყოველ ორ მათგანს შორის გამოისახება ნატურალური რიცხვით, მაშინ ამ მანძილებიდან ყოველი მათგანი 1-ზე მეტია.

ისევე, როგორც წინა თეორემაში, თუ მანძილი დიოფანტური მრავალკუთხედის რომელიმე ორ წვეროს შორის ტოლია 1-ის, მაშინ მისი დანარჩენი წვეროები უნდა მდებარეობდეს ამ ორი წვეროს შემაერთებელი მონაკვეთის შუამართობზე. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ამ წვეროებიდან არც ერთი სამი არ მდებარეობს ერთ წრფეზე, მაშინ გვექნება მხოლოდ შემდეგი შემთხვევები (იხ. სურ. 5).



სურ. 5

პირველ ოთხს არ გააჩნია ამონახსნი **თეორემა 1**-ის თანახმად (ოთხივე შევსებით ღებულობს 1)-ის სახეს და ვინაიდან არ არსებობს ასეთი დიოფანტური ოთხკუთხედი, ამიტომ არ იარსებებს არც 2), 3) და 4) სახის დიოფანტური ოთხკუთხედები, ხოლო ბოლო ოთხს არ გააჩნა ამონახსნი **თეორემა 2**-ის ძალით. (აქაც შევსებით 6), 7) და 8) დადის 5)-ის სახეზე. ე.ი.

ჩვენი დაშვება მცდარია ანუ ამოცანის პირობით მოცემული მანძილებიდან ყოველი მათგანი 1-ზე მეტია. ამით მთლიანად დამტკიცებულია.

ე. ი. ჩვენ დავამტკიცეთ შემდეგი თეორემა.

ბიდიოფანტური გეომეტრიული ფიგურების შემსწავლელი ამოცანებიდან ცხადია, ერთ-ერთი უმთავრესი ადგილი უჭირავს შემდეგს.

ამოცანა (n; k)** არსებობს თუ არა ყოველი ფიქსირებული k ნატურალური რიცხვისათვის, ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია k -სი, და თუ არსებობს, მაშინ ვიპოვოთ ყველა ასეთი n .

ჩვენ მიერ **ამოცანა* (n;1)**-ის ამოხსნისას, ნაჩვენებია იყო, რომ არ არსებობს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n > 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 1-ის ტოლია. აქედან გამომდინარე ვერ იარსებებს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედიც ($n > 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 1-ის ტოლია. რაც შეეხება ბიდიოფანტურ სამკუთხედს, რომლის ერთ-ერთი გვერდი 1-ის ტოლია, ის ლემა 1-ის თანახმად უნდა იყოს ტოლფერდა, მაგრამ მაშინ, ამ ბიდიოფანტური სამკუთხედის წვეროს (ფერდების საერთო წერტილი) ვერ იქნება ბიდიოფანტური. ე.ი. არ არსებობს ასეთი ბიდიოფანტური სამკუთხედი. ამით მთლიანად გაეცა პასუხი ამოცანა** (n;1)-ს, $k=1$ -სათვის ანუ

თეორემა (n;1)** არ არსებობს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), როგორც ამოზნექილი, ასევე ჩაზნექილი, რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 1-ის ტოლია.

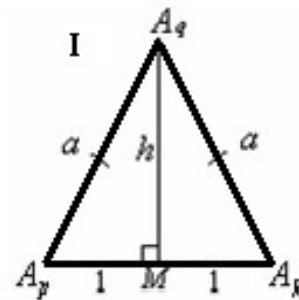
ახლა ვაჩვენოთ, რომ **ამოცანა** (n;k)**-ს $k=2$ -სათვისაც არ მოიძებნება ბიდიოფანტური n -კუთხედი.

თეორემა (n;2)** არ მოიძებნება ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე ორ წვეროს შორის მანძილი ტოლია 2-ის.

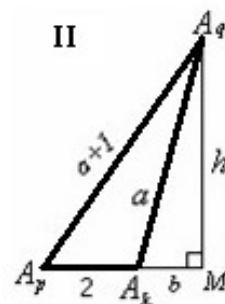
დავუშვათ საწინააღმდეგო. ე.ი. დავუშვათ, რომ $A_1 A_2 A_3 \dots A_n$ n -კუთხედის ყოველი გვერდის და ყოველი დიაგონალის სიგრძე გამოსახება ნატურალური რიცხვით და ამასთან ერთ-ერთი მათგანის სიგრძე 2-ის ტოლია. მაშინ ყველა იმ სამკუთხედებისათვის,

რომელთა ფუძე არის 2 სიგრძის ტოლი მონაკვეთი, ხოლო მესამე წვეროს კი ამ n -კუთხედის რომელიმე წვერო, ფერდების სიგრძეთა სხვაობის მოდული 0-ის ან 1-ის ტოლია (ეს ადვილი საჩვენებელია სამკუთხედის უტოლობის გამოყენებით).

ვინაიდან არ არსებობს კოორდინატა ღერძის არაპარალელური, 2-ის ტოლი სიგრძის ბიდიოფანტური მონაკვეთი (ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ არ არსებობს პითაგორასეული სამკუთხედი, რომლის ჰიპოტენუზა 2-ის ტოლია). ამიტომ ყოველი ზემოთ ხსენებული სამკუთხედისათვის გვაქვს მხოლოდ ერთ-ერთი ქვემოთ ჩამოთვლილი შემთხვევიდან (იხ. სურ. 6 და სურ. 7)



სურ. 6



სურ. 7

I. ამ შემთხვევაში, ვინაიდან $[A_p A_k]$ და $\Delta A_p A_q A_k$ -ბიდიოფანტურებია, ამიტომ $\Delta A_p M A_q$ -ც, ასევე უნდა იყოს ბიდიოფანტური, მაგრამ ეს შეუძ-

ლებელია, ვინაიდან არ არსებობს ისეთი დიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის რომელიმე კატეტის სიგრძე 1-ის ტოლია, მაშასადამე თუ არსებობს ასეთი ბიდიოფანტური სამკუთხედი, მაშინ ის არ უნდა იყოს ტოლფერდა.

II. ამ შემთხვევაში ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და $\Delta A_k M A_q$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს:

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ (a+1)^2 = (b+2)^2 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ a^2 + 2a + 1 = b^2 + 4b + 4 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ 2a + 1 = 4b + 4; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

ეს კი შეუძლებელია.

მაშასადამე ჩვენი დაშვება მცდარია ანუ არ არსებობს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n > 3$), როგორც ამოზნექილი ასევე, ჩაზნექილი, რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია 2-ის. რ.დ.გ.

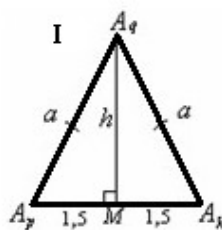
ახლა განვიხილოთ ამოცანა**($n;k$) $k = 3$ -სათვის.

ამოცანა**($n;3$) არსებობს თუ არა ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n > 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 3-ის ტოლია.

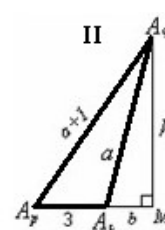
დავუშვათ, რომ არსებობს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n > 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 3-ის ტოლია. მაშინ ყველა იმ სამკუთხედებისათვის, რომელთა ფუძეც არის 3-ის ტოლი სიგრძის მონაკვეთი, ხოლო მესამე წვეროს კი – ამ n -კუთხედის რომელიმე წვერო, ფერდების სიგრძეთა სხვაობის მოდული 0 ტოლია; 1 ან 2-ის. (ეს ადვილი საჩვენებელია სამკუთხედის უტოლობის გამოყენებით).

ვინაიდან არ არსებობს კოორდინატა ღერძის არაპარალელური ბიდიოფანტური

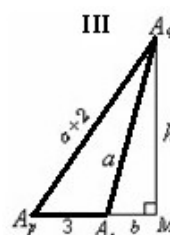
მონაკვეთი სიგრძით 3-ის ტოლი, ამიტომ ყველა ასეთი სამკუთხედებისათვის გვაქვს ერთ-ერთი ქვემოთ ჩამოთვლილი შემთხვევებიდან (იხ. სურ. 8, სურ. 9, სურ. 10).



სურ. 8



სურ. 9



სურ. 10

I. ამ შემთხვევაში ვინაიდან $[A_p A_k]$ და $\Delta A_p A_q A_k$ ბიდიოფანტურებია, ამიტომ $\Delta A_p M A_q$ უნდა იყოს ბიდიოფანტური. მაგრამ ეს შეუძლებელია, ვინაიდან $[A_p M]$ არ არის ბიდიოფანტური.

II. ამ შემთხვევაში ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და $\Delta A_k M A_q$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს:

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ (a+1)^2 = (b+3)^2 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ 2a + 1 = 6b + 9; \\ a, b, h \in N. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} h^2 = 2(b+1)(b+2); \\ a = 3b + 4; \\ b, h \in N. \end{cases} \quad (1)$$

III. ამ შემთხვევაში ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და

$$2(b+1)(b+2) = 4(2p+1)(p+1) = t^2. \quad (3)$$

$\Delta A_k M A_q$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს:

და $b = 2p$ -სათვის

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ (a+2)^2 = (b+3)^2 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ a^2 + 4a + 4 = b^2 + 6b + 9 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ 2(2a - 3b - 4) = 1; \\ a, b, h \in N. \end{cases} \quad (2)$$

$$2(b+1)(b+2) = 4p(2p+1) = t^2 \quad (4)$$

(3)-სა და (4)-ს გააჩნიათ უსასრულოდ ბევრი ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში. მართლაც, ვინაიდან $(p+1; 2p+1) = 1$, ამიტომ (3)-დან გამომდინარეობს ის, რომ უნდა მოიძებნებოდეს ისეთი $m, n \in N$, რომელთათვისაც

$$\begin{cases} p+1 = m^2; \\ 2p+1 = n^2. \end{cases} \Rightarrow n^2 - 2m^2 = -1. \quad (5)$$

მაგრამ ეს შეუძლებელია.

მაშასადამე ყველა ასეთი სამკუთხედებისათვის

$$\begin{cases} (a_1^2 - 2b_1^2)(c_1^2 - 2d_1^2) = (a_1c_1 + 2b_1d_1)^2 - 2(a_1d_1 + b_1c_1)^2 \\ (a_1^2 - 2b_1^2)(c_1^2 - 2d_1^2) = (a_1c_1 - 2b_1d_1)^2 - 2(a_1d_1 - b_1c_1)^2 \end{cases} \quad (6)$$

$$\quad (7)$$

$[A_p A_k]$ კოორდინატა ღერძის პარალელურია და

$$|A_p A_k| = 3; \quad |A_p A_q| = 3b + 5; \quad |A_q A_k| = 3b + 4;$$

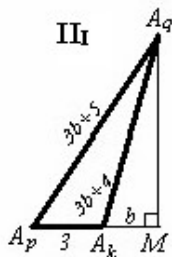
$$|A_k M| = b; \quad |A_p M| = h = 2\sqrt{2(b+1)(b+2)},$$

(6)-ისა და (7)-ის მეშვეობით, განტოლებების $(c_1^2 - 2d_1^2 = 1$ და $a_1^2 - 2b_1^2 = -1$) ამონახსნების კომბინირებით შეგვიძლია მივიღოთ ყველა ახალი ამონახსნი (5)-ისა. ქვემოთ მოგვყავს გამოთვლების რამდენიმე შედეგი:

სადაც $b \in N$ და $2(b+1)(b+2)$ არის ნატურალური რიცხვის კვადრატი.

$b = 2p$ -სათვის

n	m	$n^2 - 2m^2$	b	$2\sqrt{2(b+1)(b+2)}$
7	5	-1	48	140
41	29	-1	1680	4756
239	169	-1	57120	80782
1393	985	-1	1 940 448	2 744 210
8119	5741	-1	65 918 160	93 222 358



სურ. 11

გაცილებით ადვილად მიიღება (4)-ის ამონახსნები. მართლაც, ვინაიდან $(p; 2p+1) = 1$, ამიტომ (4)-ის ამონახსნები შეგვიძლია მივიღოთ მარტივად. გამომ-

დინარეობს, რომ უნდა არსებობდეს ისეთი m_1 ,
 $n_1 \in N$, რომელთათვისაც

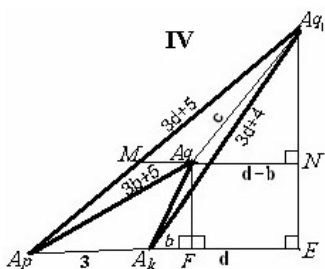
$$\begin{cases} p = m_1^2; \\ 2p + 1 = n_1^2. \end{cases} \Rightarrow n_1^2 - 2m_1^2 = 1. \quad (8)$$

მაშასადამე (4)-ის ამონახსები შეგვიძლია მივი-
 ლოთ პელის (8) განტოლების ამონხნით. ამასთან
 $b = 2m_1^2 - 1$.

III. ტიპის ბიდიოფანტურ სამკუთხედთა სიმრავ-
 ლე, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, არ არის ცარიე-
 ლი სიმრავლე.

$$\cos \angle A_p \widehat{A}_K A_q = -\cos \angle A_q \widehat{A}_K M = -\frac{b}{3b+4}.$$

$$\cos \angle A_q \widehat{A}_p A_k = \frac{b+3}{3b+5}.$$



სურ. 12

მაშასადამე b -ს გადიდებით მცირდება
 $\cos \angle A_p \widehat{A}_k A_q$ და $\cos \angle A_q \widehat{A}_p A_k$. ე.ი. იზრდება $\angle A_p \widehat{A}_k A_q$
 და $\angle A_q \widehat{A}_p A_k$.

აქედან გამომდინარე, თუ $b, d \in N$ ($d > b$), მაშინ

III ტიპის სამკუთხედებისათვის შეიძლება გვექონდეს
 IV ან V შემთხვევა.

განვიხილოთ IV შემთხვევა.

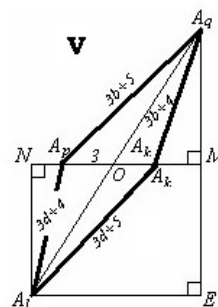
$$\Delta A_p A_q A_{q_1} \text{ -დან } c > (3d+5) - (3b+5) = 3(d-b)$$

$$A_q \in [MN] \parallel [A_p A_k] \Rightarrow \Delta MNA_q$$

$$\begin{aligned} \Delta \angle EA_{q_1} &\Rightarrow \frac{|MA_{q_1}|}{|A_p A_{q_1}|} = \frac{|NA_{q_1}|}{|EA_{q_1}|} \Rightarrow |MA_{q_1}| = \\ &= (3d+5) \left(\frac{|2\sqrt{2(d+1)(d+2)} - 2\sqrt{2(b+1)(b+2)}|}{2\sqrt{2(d+1)(d+2)}} \right) = \\ &= (3d+5) \left(1 - \sqrt{\frac{b+1}{d+1} \cdot \frac{b+2}{d+2}} \right) < (3d+5) \left(1 - \frac{b+1}{d+1} \right) = \\ &= \frac{(3d+5)(d-b)}{d+1} = 3(d-b) + \frac{2(d-b)}{d+1} < 3(d-b) + 2. \\ &\begin{cases} 3(d-b) < c < 3(d-b) + 2; \\ b, d \in N. \end{cases} \Rightarrow c = 3(d-b) + 1. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta A_q NA_{q_1} \text{ -დან } |A_q A_{q_1}|^2 &= |A_q N|^2 + |NA_{q_1}|^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow (3(d-b) + 1)^2 = (d-b)^2 + \\ &+ 8(\sqrt{(d+1)(d+2)} - \sqrt{(b+1)(b+2)})^2 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 8(d-b)^2 + 6(d-b) + 1 = \\ &= 8(\sqrt{(d+1)(d+2)} - \sqrt{(b+1)(b+2)})^2, \end{aligned}$$

რაც შეუძლებელია, ვინაიდან ბოლო ტოლობის
 მარცხენა მხარე კენტია, ხოლო მარჯვენა კი, თუ ის
 ნატურალური იქნება, – ლუწი.



სურ. 13

ახლა განვიხილოთ V შემთხვევა. ცხადია, რომ
 $|A_q O| \in (3b+4; 3b+5)$ და $|A_q O| \in (3d+4; 3d+5)$, ამი-

ტომ $|A_q A_l| \in (3b+3d+8; 3b+3d+10)$ და თუ საიდანაც ვღებულობთ $9(b+d+3)^2 = (b+d+3)^2 + |A_q A_l|^2 \in N$, მაშინ $|A_q A_l| = 3b+3d+9 = 3(b+d+3)$.

($A_l N M E$ მართკუთხედიდან)

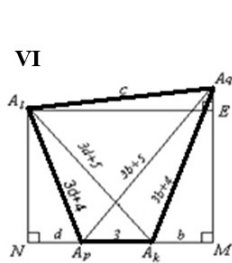
$$\begin{cases} |A_l E| = |NM| = b+d+3; \\ |ME| = |A_l N|. \end{cases}$$

$$(|A_q M|, |A_l N| \in N) \Rightarrow |A_q E| \in N,$$

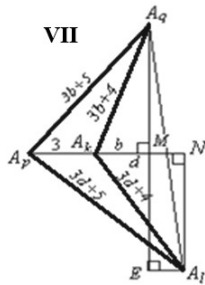
ვინაიდან $|A_q E| = |A_q M| + |A_l N|$.

მართკუთხა $\Delta A_l E A_q$ -დან $|A_l A_q|^2 = |A_l E|^2 + |A_q E|^2$,

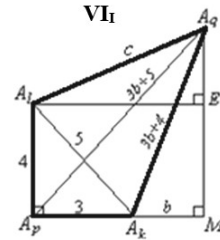
$|A_q E|^2 \Leftrightarrow 8(b+d+3)^2 = |A_q E|^2$. ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან $b, d, |A_q E| \in N$. ე.ი. არ არსებობს IV და V ტიპის ბიდიოფანტური ოთხკუთხედი, ამიტომ ყველა ბიდიოფანტური n -კუთხედი, რომლის გვერდის სიგრძე 3-ის ტოლია, უნდა იყოს მხოლოდ VI ტიპის (3-ის ტოლი სიგრძის გვერდის შემცველი წრფის ერთ მხარეს მოქცეული) ხოლო რომლის დიაგონალის სიგრძე 3-ის ტოლია, უნდა იყოს მხოლოდ VII ტიპის.



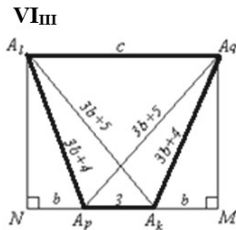
სურ. 14



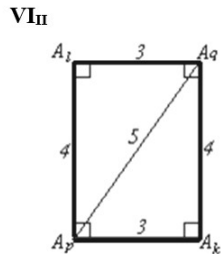
სურ. 15



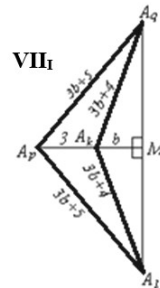
სურ. 16



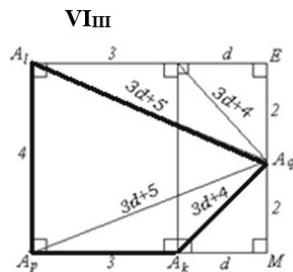
სურ. 17



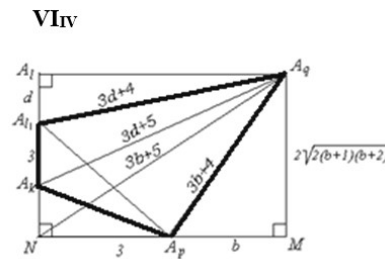
სურ. 18



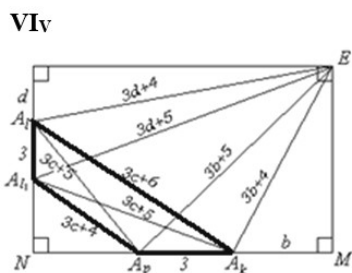
სურ. 19



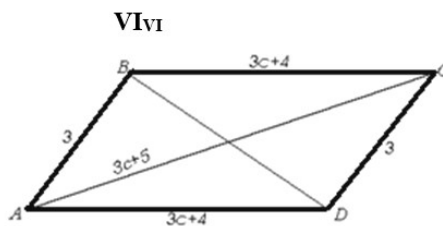
სურ. 20



სურ. 21



სურ. 22



სურ. 23

შემთხვევა VI-სათვის, $\Delta A_l E A_q$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს: $|A_l A_q|^2 = |A_l E|^2 + |A_q E|^2$. საიდანაც ვღებულობთ

$$c^2 = (b+d+3)^2 + 4\left(\sqrt{2(b+1)(b+2)} - \sqrt{2(d+1)(d+2)}\right)^2. \quad (9)$$

განვიხილოთ (9) $d=0$ -სათვის (ეს არის შემთხვევა VIi). ამ შემთხვევისათვის გვაქვს: $|A_p A_l| = 4$, $|A_p A_k| = 3$, $|A_l A_k| = 5$,

$$|A_p A_q| = 3b+5, \quad |A_k A_q| = 3b+4, \quad |A_k M| = b,$$

$$|A_q M| = 2\sqrt{2(b+1)(b+2)}, \quad |A_q E| = 2\sqrt{2(b+1)(b+2)} - 4.$$

ამიტომ (9) მიიღებს სახეს:

$$c^2 = (b+3)^2 + 4\left(\sqrt{2(b+1)(b+2)} - 2\right)^2. \quad (10)$$

ბლაგვკუთხა $\Delta A_p A_l A_q$ -დან სამკუთხედის

უტოლობით გვაქვს:

$$\begin{cases} c+4 > 3b+5; \\ c < 3b+5. \end{cases} \Rightarrow c \in (3b+1; 3b+5).$$

ვინაიდან $c \in \mathbb{N}$, ამიტომ

$$c \in \{3b+2; 3b+3; 3b+4\}. \quad (11)$$

(10)-ის გარდაქმნით მივიღებთ:

$$16\sqrt{2b^2+6b+4} = 9b^2+30b+41-c^2. \quad (12)$$

(11)-ისა და (12)-ის გათვალისწინებით გვაქვს:

$$\begin{cases} 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 9b^2+30b+41-(3b+2)^2; \\ 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 9b^2+30b+41-(3b+3)^2; \\ 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 9b^2+30b+41-(3b+4)^2. \end{cases} b \in \mathbb{Z}_0.$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 18b+37; \\ 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 12b+32; \\ 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 6b+25. \end{cases} \quad (13)$$

(13) სისტემის პირველ და მესამე განტოლებას არ გააჩნია ამონახსნი მთელ დადებით რიცხვებში, ვინაიდან ამ განტოლებების მარცხენა მხარე, თუ ის ნატურალურია – ლუწია, მარჯვენა კი – კენტი. მასადავს (13)-დან ვღებულობთ:

$$\begin{cases} 16\sqrt{2b^2+6b+4} = 12b+32; \\ b \in \mathbb{Z}_0. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 4\sqrt{2b^2+6b+4} = 3b+8; \\ b \in \mathbb{Z}_0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 16(2b^2+6b+4) = 9b^2+48b+64; \\ b \in \mathbb{Z}_0. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 23b^2+48b=0; \\ b \in \mathbb{Z}_0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} b = -\frac{48}{23}; \\ b = 0. \end{cases} \Leftrightarrow (b=0).$$

ამ შემთხვევაში ჩვენ მივიღეთ VI_{III} ტიპის მართკუთხედი.

ახლა განვიხილოთ (9) $d = b \neq 0$ -სათვის. ამ შემთხვევაში გვაქვს VI_{III}. ასეთი ბიდიოფანტური ოთხკუთხედები არსებობს იმ $b \in N$ -სათვის, რომელთათვისაც $\sqrt{2(b+1)(b+2)}$ – ნატურალური რიცხვია. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ასეთი რიცხვები უამრავია.

რაც შეეხება (9)-ს, მისი ამონახსნი იმ შემთხვევაში, როცა $b, d \in N$ და $b \neq d$, ჩვენ მიერ პროგრამა **Basic**-ზე შემოწმებული იყო b და d 1 000 000-მდე, მაგრამ ასეთი ნატურალური c , b და d არ მოიძებნა.

ჩვენი აზრით ასეთი c , b და d არ არსებობს. აღსანიშნავია, რომ ეს შემთხვევა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ამოცანა ბიდიოფანტურ ელიფსზე, რომლის ფოკუსები მოთავსებულია A_l და A_q წერტილებში და რომლის დიდი დიამეტრის სიგრძე $3b + 3d + 9$ -ს ტოლია. მაშასადამე არსებობა ასეთი $A_p A_l A_q A_k$ ბიდიოფანტური ოთხკუთხედისა ტოლფასია არსებობისა ბიდიოფანტურ ელიფსზე ისეთი ბიდიოფანტური ქორდისა, რომელიც არ არის პარალელური კოორდინატა ღერძის.

(9)-ის ანალოგიურად შემთხვევა VII-სათვის მართკუთხა $\Delta A_q E A_l$ -დან მივიღებთ:

$$c^2 = (d - b)^2 + 4\left(\sqrt{2(b+1)(b+2)} + \sqrt{2(d+1)(d+2)}\right)^2. \quad (14)$$

$b = d$ -სათვის მივიღებთ შემთხვევა VII_I და (14) მიიღებს სახეს

$$\begin{cases} c^2 = 4\left(\sqrt{2(b+1)(b+2)}\right)^2; \\ c, b \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} c = 2\sqrt{2(b+1)(b+2)}; \\ c, b \in N. \end{cases} \quad (15)$$

როგორც უკვე ზემოთ იყო ნაჩვენები (15)-ს გააჩნია უამრავი ამონახსნი, ხოლო რაც შეეხება (14)-ს, (9)-ის მსგავსად პროგრამა **Basic**-ზე შემოწმებული b და d 1 000 000-მდე, მაგრამ ასეთი ნატურალურები c , b და d ვერ მოიძებნა. (ჩვენი აზრით ასეთი ოთხკუთხედი არ არსებობს).

VI_{III}-ს არ გააჩნია ამონახსნი, ვინაიდან $[EA_q]$ -ს სიდიდე უნდა იყოს ნატურალური.

VI_{IV}-ს არ გააჩნია ამონახსნი, ვინაიდან $\Delta A_l N A_p$ და $\Delta A_k N A_p$ ერთდროულად უნდა იყოს დიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედები, რაც შეუძლებელია ვინაიდან დიოფანტურ განტოლება $x^2 + 3z^2 = y^2$ -ს გააჩნია ერთადერთი ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში $x=4$ და $y=5$.

VI_V – შეუძლებელია, ვინაიდან $|A_l A_k| + |A_l A_p| = |A_l A_p| + |A_l A_k|$, ეს კი ეწინააღმდეგება ცნობილ ამოცანას, რომლის მიხედვითაც ამოზნექილი ოთხკუთხედის დიაგონალების სიგრძეთა ჯამი მეტი უნდა იყოს მოპირდაპირე გვერდების სიგრძეთა ჯამზე.

VI_{VI} შეუძლებელია, ვინაიდან მაშინ გვექნებოდა, რომ $|BD| = 3c + 3$ ან $|BD| = 3c + 5$.

პირველი შემთხვევა ($|BD| = 3c + 3$) შეუძლებელია, ვინაიდან გვექნებოდა, რომ $|BD| + |AC| = |BC| + |AD|$, რაც ეწინააღმდეგება VI_{IV}-ში ხსენებულ დებულებას.

მეორე შემთხვევაში ვღებულობთ, რომ ΔBAD მართკუთხაა და $c=0$ (ეს კი განხილული იყო VI_{III}-ში).

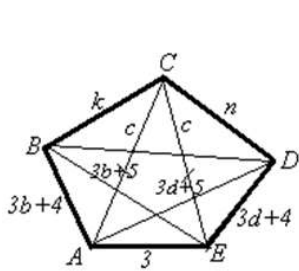
დავუბრუნდეთ – V-ს.

$$\begin{cases} \cos A_q \widehat{A}_p A_k = \frac{b+3}{3b+5} = \frac{1}{3} + \frac{4}{3(3b+5)}; \\ \cos A_l \widehat{A}_p A_k = -\frac{d}{3d+4} = -\frac{1}{3} + \frac{4}{3(3d+4)}; \\ d, b \in N. \end{cases}$$

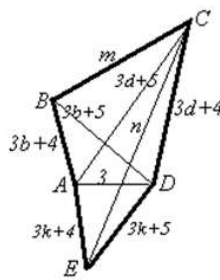
$$\Rightarrow \begin{cases} A_q \widehat{A}_p A_k \in (0; \arccos \frac{1}{3}); \\ A_l \widehat{A}_p A_k \in (0; \pi - \arccos \frac{1}{3}) \end{cases} \Rightarrow A_l \widehat{A}_p A_q \in (0; \pi).$$

ანალოგიურად $A_l \widehat{A}_k A_q \in (0; \pi)$.

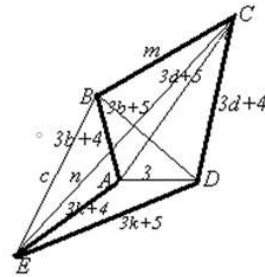
მივიღეთ, რომ $k=3$ -სათვის ბიდიოფანტური n -კუთხედი შეძლება იყოს მხოლოდ ან სამკუთხედი, ან ოთხკუთხედი, ვინაიდან მას არ შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი ფორმები (იხ. სურ. 24, სურ. 25, სურ. 26).



სურ. 24



სურ. 25



სურ. 26

საბოლოოდ გვაქვს

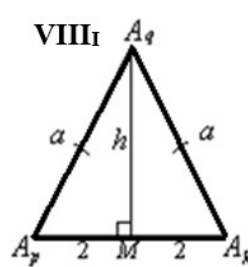
თეორემა (n;3)** თუ ბიდიოფანტური n -კუთხედისათვის $k=3$, მაშინ $n \in \{3; 4\}$.

ახლა განვიხილოთ **ამოცანა** (n; k)** $k=4$ -სათვის.

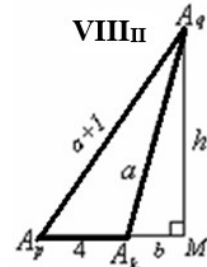
ამოცანა (n;4)** არსებობს თუ არა ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე 4-ის ტოლია, და თუ არსებობს ვიპოვოთ ყველა ასეთი n .

დავუშვათ, რომ არსებობს ისეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი ($n \geq 3$), რომლის რომელიმე გვერდის ან დიაგონალის სიგრძე ტოლია 4-ის. მაშინ ყველა იმ სამკუთხედებისათვის, რომელთა ფუძეც არის 4-ის ტოლი სიგრძის მონაკვეთი, ხოლო მესამე წვეროს კი – ამ n -კუთხედის რომელიმე წვერო, ვერდების სიგრძეთა სხვაობის მოდული ტოლია 0; 1; 2 ან 3-ის. (ეს ადვილი საჩვენებელია სამკუთხედის უტოლობის გამოყენებით).

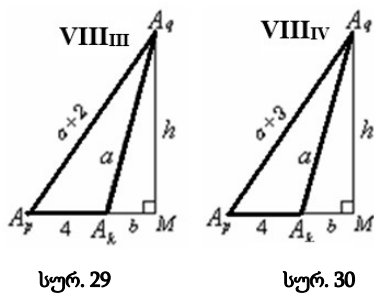
ვინაიდან არ არსებობს კოორდინატა ღერძის არაპარალელური ბიდიოფანტური მონაკვეთი, რომლის სიგრძე 4-ის ტოლია, (ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ არ არსებობს პითაგორასეული სამკუთხედი, რომლის ჰიპოტენუზის სიგრძე 4-ის ტოლია) ამიტომ ყველა ასეთი სამკუთხედებისათვის გვაქვს ერთ-ერთი შემდეგი ოთხი შემთხვევიდან (იხ. სურ. 27, სურ.28, სურ. 29, სურ. 30).



სურ. 27



სურ. 28



სურ. 29

სურ. 30

VIII_{II} – შემთხვევაში, ვინაიდან $[A_p A_k]$ და $\Delta A_p A_q A_k$ - ბიდიოფანტურებია, ამიტომ $\Delta A_p M A_q$ -ც უნდა იყოს ბიდიოფანტური ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან არ არსებობს ბიდიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის კათეტის სიგრძეა 2.

VIII_{III}-შემთხვევაში, ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და $\Delta A_k M A_q$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს:

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ (a+1)^2 = (b+4)^2 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ a^2 + 2a + 1 = (b^2 + h^2) + 8b + 16; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ 2a + 1 = 8b + 16; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

ეს კი შეუძლებელია.

VIII_{IV} – შემთხვევაში, ანალოგიურად VIII_{III}-ისა, მართკუთხა ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და $\Delta A_k M A_q$ -

დან გვაქვს:
$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ 6a + 9 = 8b + 16; \end{cases}$$
 ეს კი შეუძლებელია.

$$a, b, h \in N.$$

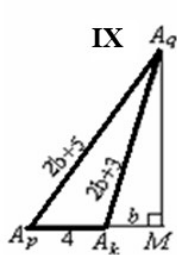
VIII_{III} – შემთხვევაში ბიდიოფანტურ $\Delta A_p M A_q$ და $\Delta A_k M A_q$ პითაგორას თეორემით გვაქვს:

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ (a+2)^2 = (b+4)^2 + h^2; \\ a, b, h \in N. \end{cases}$$

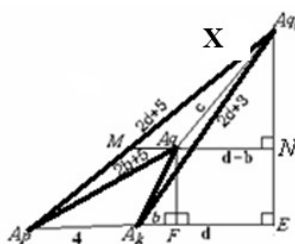
$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = b^2 + h^2; \\ a = 2b + 3; \\ a, b, h \in N. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} h^2 = 3(b+1)(b+3); \\ a = 2b + 3; \\ b, h \in N. \end{cases}$$

მაშასადამე ყველა ასეთი სამკუთხედებისათვის $[A_p A_k]$ პარალელურია კოორდინატა ღერძის. ამასთან: $|A_p A_k| = 4$; $|A_p A_q| = 2b + 5$; $|A_p A_k| = 4$; $|A_p A_q| = 2b + 5$; სადაც $b \in N$ და $3(b+1)(b+3)$ წარმოადგენს ნატურალური რიცხვის სრულ კვადრატს. ჩვენ მიერ შემოწმებული იყო 25 000-მდე და ასეთი b აღმოჩნდა სულ 54 ცალი.

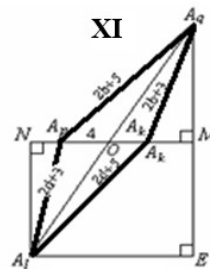
b	$\sqrt{3(b+1)(b+3)}$	b	$\sqrt{3(b+1)(b+3)}$
5	12	5820	10084
24	45	7171	12424
95	168	7951	13775
360	627	8731	15126
1349	2340	9511	16477
5040	8733	10082	17466
5820	10084	10862	18817
7171	12424	11433	19806
7951	13775	11642	20168



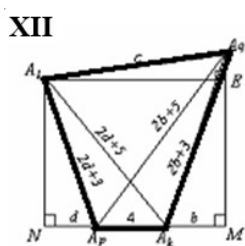
სურ. 31



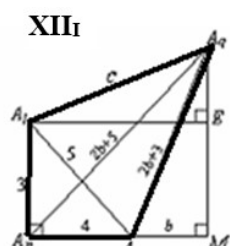
სურ. 32



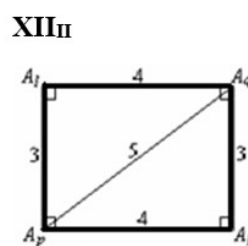
სურ. 33



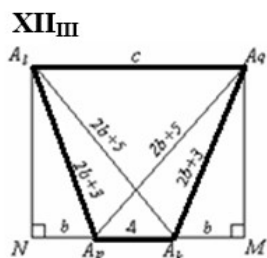
სურ. 34



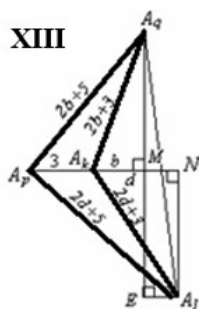
სურ. 35



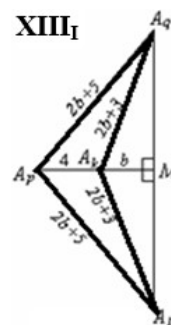
სურ. 36



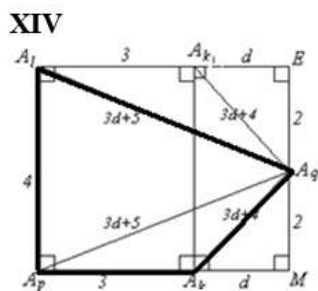
სურ. 37



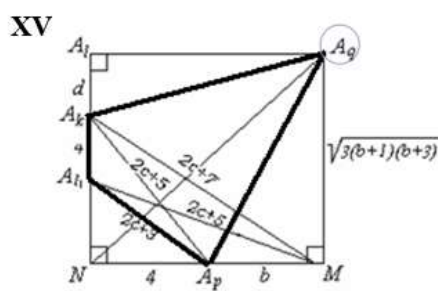
სურ. 38



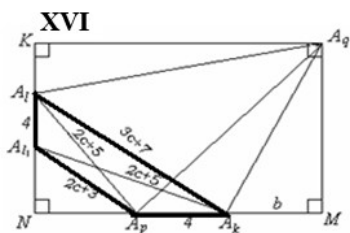
სურ. 39



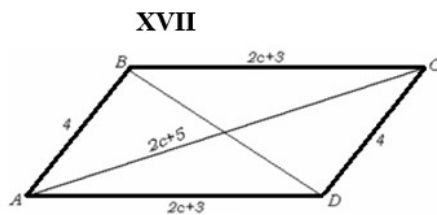
სურ. 40



სურ. 41



სურ. 42



სურ. 43

IX – ტიპის ბიდიოფანტურ სამკუთხედთა სიმრავლე, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, არ არის ცარიელი სიმრავლე.

$$\begin{cases} \cos \widehat{A_q A_p A_k} = \frac{b+4}{2b+5}; \\ \cos \widehat{A_p A_k A_q} = -\cos \widehat{A_q A_k M} = -\frac{b}{2b+3} \end{cases}$$

მაშასადამე, b -ს გადიდებით მცირდება

$$\cos \widehat{A_p A_k A_q} = -\cos \widehat{A_q A_k M} = -\frac{b}{2b+3}.$$

აქაც, წინა პარაგრაფის ანალოგიურად, b -ს გაზრდით მცირდება $\cos \widehat{A_p A_k A_q}$ და $\cos \widehat{A_q A_p A_k}$. ე.ი. იზრდება $\widehat{A_p A_k A_q}$ და $\widehat{A_q A_p A_k}$. ამიტომ $b, d \in N (d > b)$ -სათვის IX ტიპის სამკუთხედებისათვის შეიძლება გვეპოვდეს მხოლოდ X და XI შემთხვევა.

განვიხილოთ X შემთხვევა

$$\Delta A_p A_q A_{q_1} \text{-იდან } c > (2d+5) - (2b+5) = 2(d-b).$$

$$[MN] \parallel [A_p A_k] \Rightarrow \Delta MNA_{q_1}$$

$$\begin{aligned} \text{თ } \Delta A_p EA_{q_1} &\Rightarrow \frac{|MA_{q_1}|}{2d+5} = \frac{|NA_{q_1}|}{|EA_{q_1}|} \Rightarrow |MA_{q_1}| = \\ &= (2d+5) \left(\frac{\sqrt{3(d+1)(d+3)} - \sqrt{3(b+1)(b+3)}}{\sqrt{3(d+1)(d+2)}} \right) = \\ &= (2d+5) \left(1 - \sqrt{\frac{b+1}{d+1} \cdot \frac{b+3}{d+3}} \right) < \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < (2d+5) \left(1 - \frac{b+1.5}{d+1.5} \right) &= \frac{(2d+5)(d-b)}{d+1.5} = \\ &= 2(d-b) + \frac{d-b}{d+1.5} < 2(d-b) + 2; \\ \begin{cases} 2(d-b) < c < 2(d-b) + 2; \\ b, d, c \in N. \end{cases} &\Rightarrow c = 2(d-b) + 1. \end{aligned}$$

მართკუთხა $\Delta A_q NA_{q_1}$ -დან

$$|A_q A_{q_1}|^2 = |A_q N|^2 + |NA_{q_1}|^2$$

ე.ი.

$$\begin{aligned} (2(d-b)+1)^2 &= (d-b)^2 + \\ + 3(\sqrt{(d+1)(d+3)} - \sqrt{(b+1)(b+3)})^2 &\Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 2(3db+4d+8b+8)+1 &= \\ = 6\sqrt{(b+1)(b+3)(d+1)(d+3)}. & \quad (16) \end{aligned}$$

ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან მისი მარცხენა მხარე კენტია, ხოლო მარჯვენა კი, თუ ნატურალური იქნა – ლუწი.

XI – შემთხვევაში ცხადია, რომ

$$\begin{cases} |A_q O| \in (2b+3; 2b+5); \\ |A_l O| \in (2d+3; 2d+5). \end{cases} \Rightarrow$$

$$|A_l A_q| \in (2b+2d+6; 2b+2d+10).$$

ამასთან თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ

$$\Delta A_l A_q A_k \text{-დან } |A_l A_q| < |A_l A_k| + |A_q A_k| =$$

$= 2d + 5 + 2b + 3 = 2b + 2d + 8$, და $|A_q A_l| \in N$, მაშინ მივიღებთ $|A_q A_l| = 3b + 3d + 9 = 3(b + d + 3)$.

მართკუთხა $A_l N M E$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს $|A_l A_q|^2 = |A_l E|^2 + |A_q E|^2$, საიდანაც ვღებულობთ

$$(2b + 2d + 7)^2 = (b + d + 4)^2 + 3\left(\sqrt{(b+1)(b+3)} + \sqrt{(d+1)(d+3)}\right)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 6bd + 8(b + d) + 15 = 6\sqrt{(b+1)(b+3)(d+1)(d+3)}. \quad (16i).$$

(16i)-ს არ გააჩნია ნატურალურ რიცხვებში ამონახსნი, ვინაიდან მარცხენა მხარე კენტია, მარჯვენა კი ლუწი.

XII – შემთხვევაში მართკუთხა $A_l N M E$ -დან პითაგორას თეორემით გვაქვს $|A_l A_q|^2 = |A_l E|^2 + |A_q E|^2$, საიდანაც ვღებულობთ

$$c^2 = (b + d + 4)^2 + 3\left(\sqrt{(b+1)(b+3)} + \sqrt{(d+1)(d+3)}\right)^2. \quad (17)$$

(17)-ში $d \neq 0$ -სათვის (XII-შემთხვევა) გვექნება:

$$|A_p A_l| = 3; |A_p A_k| = 4; |A_l A_k| = 5;$$

$$|A_p A_q| = 2b + 5; |A_k A_q| = 2b + 3;$$

$$|A_k M| = b; |A_q M| = \sqrt{3(b+1)(b+3)};$$

$$|A_q E| = \sqrt{3(b+1)(b+3)} - 3.$$

და ამ შემთხვევაში (17) მიიღებს სახეს:

$$c^2 = (b + 4)^2 + \left(\sqrt{3(b+1)(b+3)} - 3\right)^2. \quad (18)$$

ბლაგვეუთხა $\Delta A_p A_l A_q$ -დან სამკუთხედის უტოლობით გვაქვს:

$$\begin{cases} c + 3 > 2b + 5; \\ c < 2b + 5. \end{cases} \Rightarrow c \in (2b + 2; 2b + 5), \text{ მაგრამ ვინაი-}$$

დან $c \in N$, ამიტომ

$$c \in \{2b + 3; 2b + 4\}. \quad (19)$$

$$(18)\text{-ის გარდაქმნით მივიღებთ } 6\sqrt{3b^2 + 12b + 9} = 4b^2 + 20b + 34 - c^2. \quad (20)$$

(18)-ის მარცხენა მხარე უნდა იყოს აუცილებლად ნატურალური რიცხვი და მაშინ ის ლუწი იქნება, ამიტომ, იმისათვის, რომ მარჯვენა მხარეც იყოს ლუწი, (19)-იდან გამოდგება მხოლოდ $c = 2b + 4$ (21) ე.ი (20)-ში (21)-ის ჩასმით მივიღებთ:

$$\begin{cases} 6\sqrt{3b^2 + 12b + 9} = 4b^2 + 20b + 34 - (2b + 4)^2; \\ b \in Z_0. \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3b^2 + 144b = 0; \\ b \in Z_0. \end{cases} \Leftrightarrow b = 0.$$

ამ შემთხვევაში ჩვენ მივიღეთ XII მართკუთხედი.

ახლა განვიხილოთ (17) $d = b \neq 0$ -სათვის.

ამ შემთხვევაში გვაქვს XIIiii. ასეთი ბიდიოფანტური ოთხკუთხედები არსებობს მხოლოდ ისეთი $b \in N$, რომელთათვისაც $\sqrt{3(b+1)(b+3)}$ -ნატურალური რიცხვია. როგორც უკვე ვაჩვენეთ, ასეთი რიცხვები უამრავია.

რაც შეეხება (17)-ის ამოხსნებს, იმ შემთხვევაში, როცა $b, d \in N$ და $b \neq d$, ჩვენ მიერ Basic-ზე შემოწმებული იყო b და d 1 000 000-მდე, მაგრამ ასეთი ნატურალური c , b და d არ მოიძებნა. ჩვენი აზრით ასეთი b და d არ არსებობს. **აღსანიშნავია, რომ ეს შემთხვევა შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ამოცანა ბიდიოფანტურ ელიფსზე, რომლის ფოკუსები მოთავსებულია A_l და A_q წერტილებში და რომლის დიდი**

დიამეტრის სიგრძე ტოლია $2b+2d+8$. მაშასადამე არსებობა ასეთ $A_p A_l A_q A_k$ ბიდიოფანტური ოთხკუთხედისა ტოლფასია არსებობისა ელიფსზე ისეთი ბიდიოფანტური ქორდისა, რომელიც არ არის პარალელური კოორდინატა ღერძის.

ანალოგიურად (17)-ისა XIII შემთხვევაში მართკუთხა $\Delta A_q E A_l$ -დან მივიღებთ

$$c^2 = (d-b)^2 + 3\left(\sqrt{(b+1)(b+3)} + \sqrt{(d+1)(d+3)}\right)^2. \quad (21)$$

$b = d$ -სათვის ვღებულობთ XIII -ს და (21) მიიღებს სახეს

$$\begin{cases} c^2 = 4\left(\sqrt{3(b+1)(b+3)}\right)^2; \\ c, b \in N. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} c = 2\sqrt{3(b+1)(b+3)}; \\ c, b \in N. \end{cases} \quad (22)$$

როგორც უკვე ზემოთ იყო ნაჩვენები, (22)-ს გააჩნია არაერთი ამონახსნი, ხოლო რაც შეეხება (21)-ს $b \neq d$ -სათვის ჩვენ მიერ პროგრამა Basic-ზე შემოწმებული იყო b და d 1 000 000-მდე, მაგრამ ასეთი ნატურალური c , b და d არ მოიძებნა.

XIV-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში, ვინაიდან, მაშინ $\Delta A_k M A_l$ უნდა იყოს ბიდიოფანტური, მაგრამ არ არსებობს პითაგორასეული სამკუთხედი, რომლის ერთ-ერთი კათეტი 2-ის ტოლია.

XV-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში ვინაიდან, წინააღმდეგ შემთხვევაში $\square M A_p A_l A_k$ -სათვის დაირღვეოდა უტოლობა

$$|A_k A_p| + |A_l M| > |A_l A_p| + |A_k M|.$$

XVI შემთხვევა შეუძლებელია იმავე მიზეზით, რა მიზეზითაც XV.

XVII-ს ვარიანტში გვაქვს, რომ $|BD| = 2c+1$ ან $|BD| = 2c+5$. პირველი შემთხვევისათვის ირღვევა ჭეშმარიტი უტოლობა $|BD| + |AC| > |BC| + |AD|$, რაც შეუძლებელია, ხოლო მეორე შემთხვევაში ვღებულობთ, რომ ΔBAD მართკუთხაა და $c=0$ (ეს კი განხილული იყო XIII-ში).

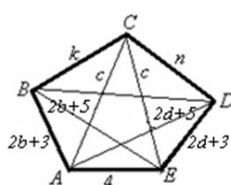
დავუბრუნდეთ XI-ს:

$$\begin{cases} \cos A_q \widehat{A}_p A_k = \frac{b+4}{2b+5} = \frac{1}{2} + \frac{1.5}{2b+5}; \\ \cos A_l \widehat{A}_p A_k = -\frac{d}{2d+3} = -\frac{1}{2} + \frac{1.5}{2d+3}. \end{cases}$$

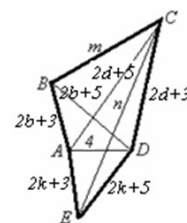
$$\Rightarrow \begin{cases} A_q \widehat{A}_p A_k \in \left(0; \frac{\pi}{3}\right); \\ A_l \widehat{A}_p A_k \in \left(0; \frac{2\pi}{3}\right). \end{cases} \Rightarrow A_l \widehat{A}_p A_q \in (0; \pi)$$

ანალოგიურად $A_l \widehat{A}_k A_q \in (0; \pi)$.

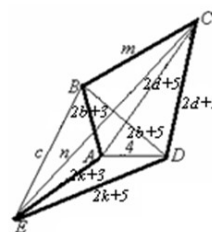
მივიღეთ, რომ $k=4$ -სათვის ბიდიოფანტური n -კუთხედი შეიძლება იყოს მხოლოდ ან სამკუთხედი, ან ოთხკუთხედი ვინაიდან მას არ შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი ფორმები:



სურ. 44



სურ. 45

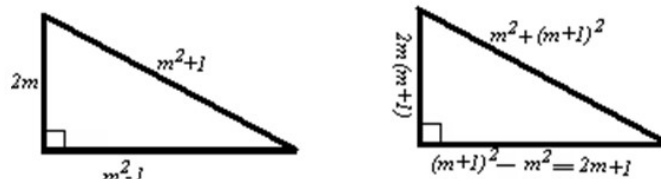


სურ.46

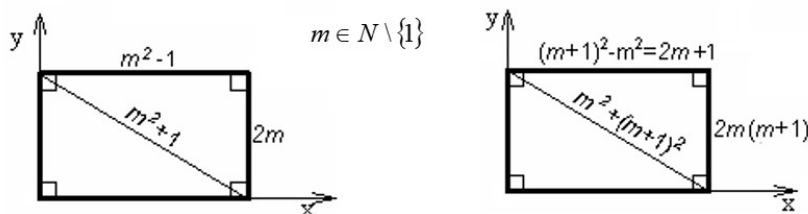
საბოლოოდ გვაქვს:

თეორემა (n;4)** თუ ბიდიოფანტური n -კუთხე-
დისათვის $k = 4$, მაშინ $n \in \{3; 4\}$.

ჩვენ მიერ გამოკვლეულია ამოცანა** (n;k), ასევე $k = 5$, $k = 6$, $k = 7$ -სათვის. ზოგიერთი შემთხვევა გადასამოწმებელი გვაქვს. მკითხველი მას იხილავს შემდეგ ნაშრომში.



სურ. 47



სურ. 48

კითხვაზე, ყოველი $k \in N$ ($k \geq 3$)-სათვის არსებობს თუ არა ბიდიოფანტური ოთხკუთხედი, რომლის რომელიმე გვერდის სიგრძე k -ს ტოლია, პასუხი ასევე დადებითია (იხ. სურ. 48).

$$m \in N \setminus \{1\}$$

დასკვნა

ფუნდამენტური კვლევის შედეგად სრულად არის პასუხი გაცემული ზემოთ დასმულ კითხვაზე:

$k = 1$, $k = 2$, $k = 3$ და $k = 4$ -სათვის.

კითხვაზე, ყოველი $k \in N$ ($k \geq 3$)-სათვის არსებობს თუ არა ბიდიოფანტური სამკუთხედი, რომლის რომელიმე გვერდის სიგრძე ტოლია k -სი, პასუხი დადებითია (იხ. სურ. 47).

ნაჩვენებია, რომ $k = 1$ და $k = 2$ -სათვის ასეთი ბიდიოფანტური n -კუთხედი არ არსებობს, ხოლო $k = 3$ და $k = 4$ -სათვის აუცილებლად $n \in \{3; 4\}$. ასევე ნაჩვენებია $k > 2$ -სათვის ყოველთვის არსებობს ბიდიოფანტური ოთხკუთხედი, რომლის რომელიმე გვერდის სიგრძე k -ტოლია.

ლიტერატურა

1. Hadamard J. Elementary geometry. Moscow. 1937. (in Russian).
2. Steinhaus H. Problems and reflections. Moscow. 1974. (in Russian).
3. Sierpinski W. Pythagorean triangles. Dover Publications. 2011. (in Russian).
4. Sierpinski W. Elementary theory of numbers. Warsaw. 1959. (in Polish).
5. Vasilyev N.B. et al. Moscow mathematical olympiads. M.: "Nauka". 1986. (in Russian).
6. Dickson L.E. Introduction to the theory of numbers. Tbilisi. 1941. (in Russian).
7. Ozgigova E.P. What is number theory. Moscow. 1970. (in Russian).
8. Mikhelovich Sh.Kh. Theory of numbers. Moscow. 1962. (in Russian).
9. Shklarsky D.O. et al. Selected problems and theorems of elementary mathematics. Moscow. 1954. (in Russian).
10. Agdgomelashvili Z. Diophantine geometric figures. Problems and solutions from the mathematical tournament of gifted children "Pythagorean Cup 2001-2004". Publishing house "Tsis-Nami". Tbilisi. 2004. (in Georgian).
11. Agdgomelashvili Z. Collection of mathematical problems with solutions. Tb.: "Ganatleba". 1991. (in Georgian).
12. Agdgomelashvili Z. Mathematics (individual and group work). Publishing house "Tsis-Nami". Tbilisi. 2001. (in Georgian).

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

About one Fundamental Task on Bidiophantine Geometric Figures

Zurab Agdgomelashvili Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: diophant_zura@rambler.ru

Reviewers:

Al. Kirtadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

M. Mania, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Chief Scientific Officer, Andrea Razmadze Mathematical Institute of I. Javakhishvili Tbilisi State University
E-mail: mania@rmi.ge

Abstract. The goal of the work is to study one of the fundamental tasks of the study of Bidiophantine n -gons (the author of the paper considers an integral n -gon is Bidiophantine if the coordinates of its each angle are integral numbers).

Task $** (n; k)$: is there a Bidiophantine n -gon ($n \geq 3$) with any side or diagonal equal to k for each fixed natural number k ? In case it exists then let us find each such n .

Key words: Bidiophantine; Diophantine; fundamental research.

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

Об одной фундаментальной задаче бидиофантовым геометрическим фигурам

**Зураб
Агдгомелашвили** Департамент математики, Грузинский Технический Университет, Грузия, 0160,
Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: diophant_zura@rambler.ru

Рецензенты:

Ал. Киртадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: kirtadze2@yahoo.com

М. Мания, главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук Института математики имени А. Размадзе ТГУ

E-mail: mania@rmi.ge

Аннотация. В работе поставлена и изучена бидиофантовая n -угольная задача (автор статьи бидиофантным называет такой целочисленный многоугольник, у которого все вершины являются целыми числами), которая является одной из фундаментальных задач из всех изученных.

Задача $(n; k)$: Существует ли для каждого фиксированного натурального числа такой бидиофантовый n -угольник ($n \geq 3$), длина одной из сторон или диагонали которого равно k , и если существует, то найти все такие n .

Ключевые слова: бидиофантовый; диофантовый; фундаментальное исследование.

განხილვის თარიღი 27.01.2020

შემოსვლის თარიღი 11.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

UDC 347.21.3

SCOPUS CODE 3308

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-155-173>

მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის ფარგლები სააღსრულებლო სამართალში

მირანდა გურგენიძე გრიგოლ რობაქიძის უნივერსიტეტის სამართლის სკოლა, საქართველო, თბილისი, ი. ენუქიძის 3

E-mail: mirgurenidze@gmail.com

თამაზ ურთმელიძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75

E-mail: t.urmelidze@gmail.com

რეცენზენტები:

ი. გაბისონია, სტუ-ის სამართლისა და საერთაშორისო ურთიერთობების ფაკულტეტის სამართლის დოქტორი

E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

ა. მოსულიშვილი, გრიგოლ რობაქიძის სახელობის უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, სამართლის დოქტორი

E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

ანოტაცია. წარმოდგენილი სამეცნიერო სტატია: „მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის ფარგლები სააღსრულებლო სამართალში“ ეხება სააღსრულებლო წარმოებაში, მოვალე პირის მიმართ გატარებული იძულებითი ღონისძიებების სამართლებრივ რეგულაციებს.

სტატია შედგება შესავლის, სამი თავის და დასკვნისგან. შესავალში განხილულია მოვალის და კრედიტორის სამართლებრივი სტატუსი ზოგადად, სააღსრულებლო წარმოებაში, შემდეგ თავებში მოცემულია იმ სამართლებრივი შეზღუდვების შესახებ, რომელიც კანონით გათვალისწინებულია მოვალის მი-

მართ, კერძოდ, მოვალის რეგისტრაცია მოვალეთა რეესტრში, ყადაღის დადების სამართლებრივი საფუძვლები, ინკასოს დადება მოვალის საბანკო ანგარიშებზე, იძულებითი აუქციონი, ქონების იძულებით მართვა და სხვა.

სააღსრულებლო წარმოება არის რამდენიმე ეტაპისგან შემდგარი სამართლებრივ-სააღსრულებლო პროცედურათა ერთობლიობა, სადაც ძირითადი მხარე კრედიტორი და მოვალეა. მოვალე, სააღსრულებლო წარმოებაში, ის ძირითადი ფიგურანტია, რომლის ქონების რეალიზაციის ხარჯზე, უნდა მოხდეს კრედიტორის მოთხოვნის დაკმაყოფილება, შესაბამისად, მოვალე პირის მიმართ, განხორციე-

ლებულ თითოეულ იძულებით ღონისძიებას, გააჩნია თავისი დანიშნულება და სამართლებრივი დატვირთვა,

სამეცნიერო სტატიაში, მოცემული და გაანალიზებულია ყველა ის კანონით გაწერილი იძულებითი ღონისძიება, რომელთა ეფექტურად გამოყენების შემთხვევაში, მოვალე პირი ფაქტიურად „იძულებული“ ხდება აღსრულოს სასამართლოს კანონიერ ძალაში შესული გადაწყვეტილება, ამასთან, მნიშვნელოვანია მოვალის მიმართ ამ იძულებითი ღონისძიებების შედეგად, არ დაირღვეს მისი უფლებები. ნაშრომში, სწორედ ამ კუთხითაა განხილული ერთის მხრივ, სააღსრულებლო კანონის ფუნდამენტური მიზნის – სასამართლოს კანონიერ ძალაში შესული გადაწყვეტილების აღსრულების უზრუნველყოფის ღონისძიებები და მეორე მხრივ, წარმოდგენილია ავტორთა მოსაზრება, იმასთან დაკავშირებით, რომ არამიზნობრივმა და ცალკეულ შემთხვევებში „ზედმეტმა იძულებამ“ შესაძლოა დაარღვიოს მოვალის კანონისმიერი უფლებები და თავისუფლებები.

საკვანძო სიტყვები: იძულებითი აუქციონი; იძულებითი აღსრულება; კრედიტორი; მოვალე; მოვალეთა რეესტრი; ყადაღა.

შესავალი

წარმოდგენილ სტატიაში მოცემული და გაანალიზებულია ის ღონისძიებები, რომლებსაც იყენებენ სააღსრულებლო ორგანოები იმისთვის, რომ მოვალე „აიძულონ“ შეასრულოს კრედიტორის მიმართ წარმოშობილი ვალდებულება, დადასტურებული სასამართლოს კანონიერ ძალაში შესული გადაწყვეტი-

ლებით და გამოწერილი სააღსრულებლო ფურცლით, თუ ის ნებაყოფლობით გადახდისგან თავს იკავებს. სტატიაში მოცემულია ავტორთა მოსაზრება ქონებაზე ყადაღის დადებასთან დაკავშირებით, გამოიხსნება სააღსრულებლო პროცესში დადებული ყადაღა, სარჩელის უზრუნველყოფის ყადაღისგან, გაანალიზებულია მოვალეთა რეესტრში რეგისტრაციის საფუძვლები, როგორც მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის ერთ-ერთი ფორმა, ნაშრომში აგრეთვე განხილულია იძულებითი აუქციონის, იძულებითი იპოთეკის და ქონების იძულებით მართვის ანუ სეკვესტრის სააღსრულებლო სამართლებრივი ასპექტები.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს კანონით „სააღსრულებლო წარმოებათა შესახებ“ მოწესრიგებულია, ისეთი სპეციფიკური სამართლებრივი ურთიერთობები, რომელიც წარმოიშობა აღსრულების ქვემდებარე აქტების აღსრულების პროცესში, სააღსრულებლო პროცესის მხარეებს შორის, კანონით განსაზღვრულია, რომ **კრედიტორს** წარმოადგენს ფიზიკური და იურიდიული პირი, სხვა ორგანიზაციული წარმონაქმნი, პირთა გაერთიანება იურიდიული პირის შეუქმნელად, სახელმწიფო და ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოები, რომელთა სასარგებლოდ ან/და ინტერესებისათვის მიღებულია აღსასრულებელი გადაწყვეტილება. ხოლო **მოვალე** გახლავთ ფიზიკური პირი, იურიდიული პირი, სხვა ორგანიზაციული წარმონაქმნი, პირთა გაერთიანება იურიდიული პირის შეუქმნელად, სახელმწიფო ორგანო და ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანო, რომლებსაც გათვალისწინებული აღსასრულებელი

გადაწყვეტილება ავალდებულებს, შეასრულონ განსაზღვრული მოქმედებები ან თავი შეიკავონ განსაზღვრული მოქმედებების შესრულებისაგან. შესაბამისად, აღსრულების მიზანს წარმოადგენს მოვალის კანონისმიერი საშუალებებით იმდაგვარად შეზღუდვა, რომ იძულებითი ღონისძიებათა გამოყენების შედეგად, შესაძლებელი გახდეს კრედიტორის მოთხოვნის დაკმაყოფილება. სწორედ ეს გახლავთ, ის სამართლებრივი მიჯნა, რომელიც არსებობს ორ მოცემულობას შორის, ერთი მხრივ უნდა აღსრულდეს სასამართლო გადაწყვეტილება მოვალის ქონების რეალიზაციის ხარჯზე და მეორე მხრივ, მოვალე არ უნდა შეიზღუდოს სამართლებრივად იმაზე მეტად, ვიდრე ეს საჭიროა სააღსრულებლო ფურცლის აღსასრულებლად და კრედიტორის ინტერესების დასაკმაყოფილებლად.

1. მოვალის რეგისტრაცია მოვალეთა რეესტრში

სააღსრულებლო კანონმდებლობა არის იმ ნორმების ერთობლიობა, რომლებიც გარკვეულწილად, მოვალის უფლებების „ხელყოფას“ გულისხმობს. ერთ-ერთი პირველი ღონისძიება, რომელიც **აღსრულების დასაწყისშივე** გამოიყენება მოვალის მიმართ, გახლავთ მისი რეგისტრაცია მოვალეთა რეესტრში.

მოვალეთა რეესტრი, უწინარეს ყოვლისა, აერთიანებს ნებაყოფლობითი შესრულებისათვის მზადარმყოფი მოვალეების ქონებრივი მდგომარეობის ამსახველ მონაცემებს, რომლებიც დიდი დახმარება არის, როგორც აღსრულების დაწყებამდე, ისე სამომავლოდ განსახორციელებელი სააღსრულებლო მოქმედებების თვალსაზრისით (11,48).

მოვალეთა რეესტრი ითვალისწინებს მოვალისთვის **სამართლებრივად ისეთი შემზღუდავი გარემოს** შექმნას, რომ მან ვერ შეძლოს ქონების განკარგ-

ვა/გასხვისება, სააღსრულებლო წარმოებათა საქართველოს კანონში განსაზღვრულია, რომ: „მოვალეთა რეესტრი არის ფულადი მოთხოვნის აღსრულების უზრუნველყოფამდე წარმოებული საშუალება – სისტემატიზებული ელექტრონული ერთობლიობა მონაცემებისა იმ ფიზიკურ და იურიდიულ პირთა და სხვა ორგანიზაციულ წარმონაქმნთა შესახებ, რომელთა მიმართაც აღსრულება დაიწყო 2010 წლის 1 იანვრიდან, გარდა სახელმწიფო და ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოებისა და უზრუნველყოფილი მოთხოვნის მოვალისა. პირი მოვალეთა რეესტრში შეიტანება დაუყოვნებლივ, მას შემდეგ, რაც მის წინააღმდეგ დაიწყება სააღსრულებლო წარმოება” ამ მუხლიდან იკვეთება, რომ მოვალეთა რეესტრში არ შეიყვანება სახელმწიფო და ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოები და **უზრუნველყოფილი მოთხოვნის მოვალე**, რაც გულისხმობს, რომ კრედიტორის მოთხოვნა მოვალის მიმართ უზრუნველყოფილია იპოთეკით ან გირავნობით. თუ ჩვენ მოვალეებს დავაჯგუფებთ უზრუნველყოფილ და არაუზრუნველყოფილ მოთხოვნის მოვალეებად, მივიღებთ იმ მოცემულობას, რომ უზრუნველყოფის შემთხვევაში, სააღსრულებლო პროცესში ყადაღას დავადებთ სანივთო უფლებით დატვირთულ ქონებას, მაგრამ ვერ შევიყვანთ მოვალეს მოვალეთა რეესტრში, რადგან მოთხოვნა უზრუნველყოფილია კონკრეტული ქონებით და ამ ქონების რეალიზაცია იწვევს სააღსრულებლო პროცესის დასრულებას, ხოლო არაუზრუნველყოფის შემთხვევაში მოვალე დაუყოვნებლივ შეიყვანება მოვალეთა რეესტრში და აღსრულების მსვლელობისას, მოძიებულ ქონებას დაედება ყადაღა.

პირს მოვალეთა რეესტრში რეგისტრაციისთანავე

იწვევდა შესაბამის რეესტრში რეგისტრაციას და ქვემდებარებული უძრავი და მოძრავი ქონების და სხვა არამატერიალური ქონებრივი სიკეთის განკარგვის (უფლებრივად დატვირთვის) უფლება, (სააღსრულებლო კანონის 193-ე მუხლი), ამ უფლებების შეზღუდვა ემსახურება მოვალის იძულებას, მოახდინოს ფულადი ვალდებულების შესრულება, წინააღმდეგ შემთხვევაში ხდება მისი ქონების აუქციონის წესით რეალიზაცია. მოვალეთა რეესტრი ამ მხრივ მოვალეთა გაფრთხილების ფუნქციას ატარებს. მარეგისტრირებელ ორგანოებს კი ევალებათ აღსრულების ეროვნული ბიუროს დაუყოვნებლივი ინფორმირება მოვალის მიერ ამა თუ იმ ქონების გაფორმებისას (1,188).

მიუხედავად იმისა, რომ მოვალეთა რეესტრი დღემდე რჩება ყველაზე ეფექტურ საშუალებად მოვალის ქონებრივი უფლებების შეზღუდვისა, პერსონალური მონაცემების დაცვის თვალსაზრისით კუთხით კითხვის ნიშნებს აჩენს ორი გარემოება:

1. მოვალეთა რეესტრში რეგისტრაციის ხანდაზმულობა. 2. მოვალეთა რეესტრში დაცული ინფორმაციის გაცნობის უფლება. აღსანიშნავია, რომ მოვალეთა რეესტრში რეგისტრაციის ხანდაზმულობას სააღსრულებლო კანონი არ ითვალისწინებს, თუმცა ამავე კანონის 34-ე მუხლით დადგენილია სააღსრულებო წარმოების ვადები სხვადასხვა კატეგორიის საქმეებზე. მოვალეთა რეესტრში რეგისტრაციის და წარმოების მიმდინარეობის ვადა ამ შემთხვევაში ემთხვევა ერთმანეთს. (1,187) ვფიქრობთ, უფრო უპრიანი იქნებოდა ერთი კონკრეტული საერთო ვადის არსებობა, როგორც ეს გერმანიის კანონმდებლობითაა გათვალისწინებული. კერძოდ, კი რეესტრაციიდან 3 წლის შემდეგ კანონმდებლის აზრით, იმ

შემთხვევაში, როდესაც მოვალე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ნეგატიურად არ წარმოჩენილა საზოგადოების წინაშე საზოგადოების საჭიროება მოვალის არასანდობის შესახებ ქარწყლდება (1,187)

საქართველოს კანონის 19⁴ მუხლის პირველი პუნქტის თანახმად, რეესტრში რეგისტრირებულ პირზე შეზღუდვები მთლიანად იხსნება რეესტრიდან მისი ამორიცხვისთანავე. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ იუსტიციის მინისტრის ბრძანების თანახმად და დადგენილი პრაქტიკის შესაბამისად, მოვალის შესახებ მონაცემები ექვემდებარება ელექტრონულად მუდმივ შენეხვას, რაც ბუნებრივია არალეგიტიმურია იმ პირთა მიმართ, რომლებიც ადრე იყვნენ რეგისტრირებული მოვალეთა რეესტრში. რაც შეეხება მოვალეთა რეესტრში დაცული ინფორმაციის გაცნობის უფლებას, იუსტიციის მინისტრის 2009 წლის #234 ბრძანების შესაბამისად მოვალეთა რეესტრში რეგისტრირებული პირის თაობაზე ინფორმაცია შეიძლება მიიღოს ნებისმიერმა პირმა, თუმცა კანონით დადგენილია საჯაროდ მიჩნეული ინფორმაციის ზღვარი, კერძოდ, საჯაროა მოვალეთა რეესტრში რეგისტრირებული პირის სახელი, პირადი ნომერი, რეგისტრაციის თარიღი. იმ შემთხვევაში, თუ მოვალეთა რეესტრში დაცული ინფორმაცია ხელმისაწვდომი გახდება ნებისმიერი ადამიანისათვის მხოლოდ და მხოლოდ საფასურის გადახდის შემდეგ, როგორც ამას ითვალისწინებს მე-19¹ მუხლის მე-4 და მე-5 ნაწილები, მოვალეთა მონაცემები სრულიად უსამართლოდ იქცევა საჯაროდ. ის ინფორმაცია, რომელიც ინახება მოვალეთა რეესტრში აშკარად სცილდება დასაშვებ და აღსრულებისათვის აუცილებელ ფარგლებს. მსგავსი დებულება არის მოვალის ფინანსური მდგომარეობის

დისკრიმინაციასა და სამომავლოდ აფერხებს მისი ფინანსური გაჯანსაღების პროცესი. (11,48).

2. ყადაღა, როგორც სამართლებრივი შეზღუდვის სახე

(სამოქალაქო საპროცესო ყადაღისა და სააღსრულებლო ყადაღის გამიჯვნა)

იურიდიული ლექსიკონების უმრავლესობაში, ყადაღა განმარტებულია, როგორც „უზრუნველყოფის ღონისძიება, რომელიც უკრძალავს მოპასუხეს გაასხვისოს ყადაღადადებული ქონება.“ აღნიშნული განმარტება მეტად ფართო და ყოვლისმომცველია, თუმცა **თუ მოვახდენთ ყადაღის კლასიფიცირებას იმის მიხედვით, სამართალწარმოების რა ეტაპზე ხდება ყადაღის დადება მოვალის ქონებაზე**, მივიღებთ იმ მოცემულობას, რომ ერთი მხრივ სახეზე იქნება, სარჩელის უზრუნველყოფის ღონისძიება, რომლის გამოყენებას მიმართავს კრედიტორი სამოქალაქო საპროცესო კანონმდებლობით დადგენილი წესით და მეორე მხრივ, გვექნება ყადაღა, დადებული სააღსრულებლო პროცესში, რომელიც სააღსრულებლო კანონით გათვალისწინებული ეტაპია და გამოიყენება, როგორც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სამართლებრივი ინსტრუმენტი, მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის თვალსაზრისით. შესაბამისად განსხვავდება **ყადაღის დამდები სუბიექტებიც**, პირველ შემთხვევაში ყადაღას, როგორც სარჩელის უზრუნველყოფის ღონისძიებას ახორციელებს სასამართლო, მოსარჩელე მხარის მოთხოვნის საფუძველზე, მეორე შემთხვევაში კი სახელმწიფო ან კერძო აღმასრულებელი. მნიშვნელოვანია გაიმიჯნოს აგრეთვე, **თავად ყადაღის დადების მიზანი**, სარჩელის უზრუნველყოფის დროს მოსარჩელისთვის უპირატესია, ყადაღა დაედოს მოპასუხის ქონებას, სარჩელის

წარდგენამდე (ან ერთდროულად) რათა პროცესის მსვლელობისას თავიდან იქნეს აცილებული მოპასუხის მხრიდან ქონების გასხვისება და გამწვანდეს გადაწყვეტილების აღსრულება.

სამოქალაქო საპროცესო კოდექსის 191–199¹ მუხლებით გათვალისწინებულია ყადაღის გამოყენების სამართლებრივი საფუძვლები, კერძოდ: საქართველოს სამოქალაქო საპროცესო კოდექსის 198-ე მუხლის მე-2 ნაწილის „ა“ ქვეპუნქტით, სარჩელის უზრუნველყოფის ღონისძიებები შეიძლება იყოს ყადაღის დადება ქონებაზე, ფასიან ქალაქებსა თუ ფულად სახსრებზე, რომლებიც მოპასუხეს ეკუთვნის და არის მასთან ან სხვა პირთან.

სარჩელის უზრუნველყოფის წინაპირობას წარმოადგენს საფუძვლიანი ეჭვი იმის თაობაზე, რომ გადაწყვეტილება აღუსრულებელი დარჩება ან მნიშვნელოვანწილად გამწვანდება აღსრულება უზრუნველყოფის ღონისძიების გამოყენების გარეშე.

სარჩელის უზრუნველყოფის მსგავსი სამართლებრივი ინსტიტუტია გათვალისწინებული სააღსრულებლო კანონის 91¹⁰-ე მუხლით, მოთხოვნის უზრუნველყოფის ღონისძიება, რომელიც გულისხმობს, ყადაღის დადებას სააღსრულებლო ბიუროს მხრიდან გამარტივებული წარმოებისას, აღნიშნული წარმოება მიეკუთვნება არასააღსრულებლო ურთიერთობათა სპეციფიკურ ჯგუფს, და გამოიყენება ვადამოსულ ფულად ვალდებულებებთან დაკავშირებულ საქმეებზე, დოკუმენტურად დადასტურებული მოთხოვნის არსებობის შემთხვევაში, იმ დროს, როცა რესპონდენტი ვალის არსებობას არ უარყოფს, გადაწყვეტილების გამოტანას სასამართლოს გვერდის ავლით, არსებითი განხილვის გარეშე, ალტერნატიული ორგანოს მეშვეობით გულისხმობს. გამარტი-

ვებული წარმოება შეიძლება დაიწყოს ფულად ვალდებულებებთან დაკავშირებულ ვადამოსულ მოთხოვნებზე და, როგორც წესი, ეს ვალდებულება კერძოსამართლებრივია, უმეტესად კი სამოქალაქო. ამ დროს ყადაღა, გამოიყენება აპლიკანტის (ანუ კრედიტორის/მოსარჩელის) მოთხოვნის უზრუნველყოფის მიზნით და აღსრულების ეროვნული ბიურო მარეგისტრირებელ ორგანოში რესპონდენტის (ანუ მოვალის/მოპასუხის) დარეგისტრირებულ ქონებას დაადებს ყადაღას ქვემოთ ჩამოთვლილი გარემოებების ერთდროულად არსებობის შემთხვევაში, კერძოდ:

- აპლიკანტი ითხოვს მოთხოვნის უზრუნველყოფის ღონისძიების სახით რესპონდენტის ქონებაზე ყადაღის დადებას;
- აპლიკანტი ითხოვს დავალიანების გადახდევინების შესახებ ბრძანების აღსრულებას და საგარანტიო თანხის სახით შეტანილი თანხა აკმაყოფილებს აღსრულების წინასწარი საფასურისათვის გათვალისწინებულ ოდენობას;
- აპლიკანტი თავად მიუთითებს, თუ რესპონდენტის რომელ ქონებაზე უნდა იქნეს გამოყენებული მოთხოვნის უზრუნველყოფის საშუალება;
- აპლიკანტს გადახდილი აქვს ყადაღის დადებისათვის გათვალისწინებული საფასური.

აღნიშნული ტიპის ყადაღა, თავისი შინაარსით განსხვავდება **სააღსრულებლო ყადაღისგან**, (როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ეს უკანასკნელი იძულებითი სააღსრულებლო წარმოების ერთ-ერთი ეტაპია) თუმცა მეტ მსგავსებას პოულობს სამოქალაქო საპროცესო კოდექსით გათვალისწინებულ, სარჩელის უზრუნველყოფის ყადაღასთან, (თუნდაც მიზნობრიობიდან გამომდინარე, რადგან კრედიტო-

რისთვის ამოსავალი წერტილია, რომ მოვალემ ვერ შეძლოს ქონების გასხვისება, რაც საბოლოო ჯამში შეაფერხებს ან საერთოდ შეუძლებელს გახდის იძულებით აღსრულებას) ეს ლოგიკურია ასახსნელია, რადგან, სამოქალაქო საპროცესო კოდექსში 2012 წლის 8 მაისის ცვლილებებამდე გამარტივებულ წარმოებას ვადამოსულ ფულად ვალდებულებებთან დაკავშირებით საქართველოს საერთო სასამართლოები ახორციელებდნენ და გათვალისწინებული იყო საქართველოს სამოქალაქო საპროცესო კოდექსის 302-ე-209-ე მუხლებით.

რაც შეეხება **სააღსრულებლო პროცესში დადებულ ყადაღას**, ის არის იძულებით ღონისძიების ერთ-ერთი საკვანძო ეტაპია, მას შემდეგ, რაც დღის წესრგში დადგება კანონიერ ძალაში შესული გადაწყვეტილების აღსრულება და მოვალე პირისთვის გარკვეული სამართლებრივი შეზღუდვების დაწესება. სააღსრულებლო ყადაღის დადება აღმასრულებლისთვის სავალდებულოდ განსახორციელებელი ღონისძიებაა, გამომდინარე იქიდან, რომ თუ არა „**იძულება, გამოხატული ქონების დაყადაღებით**“ მოვალემ ქონება შესაძლოა დაუყოვნებლივ გაასხვისოს, გაიგებს თუ არა, რომ მის მიმართ დაწყებულია აღსრულება და შესაბამისად კრედიტორი ვეღარ შეძლებს თავისი ქონებრივი ინტერესის დაკმაყოფილებას. იმის გამო, რომ მოვალეს აღარ გააჩნია ქონება. ამ შემთხვევაში არ გამოვრიცხავთ დადგეს იმ გარიგებათა ბათილობის საკითხი, რომელიც მოვალემ დადო იმ მიზნით, რომ თავიდან აეცილებინა ვალდებულების შესრულება, მას შემდეგ, რაც მისთვის ცნობილი გახდა აღსრულების დაწყება. (სამოქალაქო კოდექსის მოჩვენებითი გარიგების მუხლები).

სარჩელის უზრუნველყოფის განცხადების დაკ-
მაყოფილების საკითხს რასაკვირველია, განიხილავს
სასამართლო, თუმცა მხოლოდ მოსარჩელის მი-
მართვის შემდეგ, შესაბამისად, მოსარჩელე მხარე
აფასებს ღირს თუ არა იმ ბერკეტის გამოყენებაზე
შუამდგომლობა, რასაც ყადაღა ეწოდება. ამასთან,
ყურადღებამისაქცევია ის გარემოება, რომ სარჩელის
უზრუნველყოფის შემთხვევაში, სასამართლო პრო-
ცესი, არათუ დასრულებული, შესაძლოა დაწყებუ-
ლიც არაა და ჯერ კიდევ არაა გადაწყვეტილება
გამოტანილი, ხოლო სარჩელის დაუკმაყოფილებ-
ლობის შემთხვევაში, შესაძლოა სასამართლოს მიერ
დადებული ყადაღა გაუქმდეს, ამ კუთხით, აღნიშ-
ნული ყადაღა შეიძლება მოვიწოდოთ, როგორც უფ-
რო „დამზოგველი“ და „ნაკლებად ზიანის მომტანი“,
მოვალისთვის, ვიდრე სააღსრულებლო ყადაღა,
რადგან ამ უკანასკნელის დადების შემდეგ, ქონება
ფასდება და ხდება მისი იძულებითი რეალიზაცია,
იძულებით აუქციონზე. ქონების ცნების სამართლებ-
რივი დეფინიცია მოცემულია სამოქალაქო კოდექს-
ში, სადაც განმარტებულია: „ქონება, ამ კოდექსის
მიხედვით, არის ყველა ნივთი და არამატერიალური
ქონებრივი სიკეთე, რომელთა ფლობაც, სარგებლობა
და განკარგვა შეუძლიათ ფიზიკურ და იურიდიულ
პირებს და რომელთა შექმნაც შეიძლება შეუზღუ-
დავად, თუკი ეს აკრძალული არ არის კანონით ან არ
ეწინააღმდეგება ზნეობრივ ნორმებს.“ თუ, ქონების
ცნებას შევხედავთ აღსრულების ჭრილში ანუ იმ
კუთხით, რომ მოვალის სახელზე არსებული ქონება,
გადაწყვეტილების ნებაყოფლობით შეუსრულებ-
ლობის შემთხვევაში, შესაძლოა გახდეს იძულებითი
აღსრულების ობიექტი, მაშინ მივიღებთ იმ მოცემუ-
ლობას, რომელიც განსაზღვრულია სააღსრულებლო

წარმოებათა კანონის 44-ე მუხლში: „ყადაღას ექვემ-
დებარება მოვალის ყველა ნივთი, გარდა ამ კანონის
45-ე მუხლში ჩამოთვლილი ქონებისა (იგულისხ-
მება, რომ ნივთები, რომლებსაც პოულობენ მოვა-
ლესთან, მას ეკუთვნის).“ შესაბამისად, გამომდი-
ნარეობს, რომ ყადაღა შესაძლოა დაედოს მოვალის,
როგორც უძრავ და მოძრავ ქონებას, არამატერია-
ლურ ქონებრივ სიკეთეს, (სამოქალაქო კოდექსის
152-ე მუხლი: „არამატერიალური ქონებრივი სიკეთე
არის ის მოთხოვნები და უფლებები, რომლებიც შე-
იძლება გადაეცეს სხვა პირებს, ან გამიზნულია
საიმისოდ, რომ მათ მფლობელს შეექმნას მატერია-
ლური სარგებელი, ანდა მიენიჭოს უფლება მოსთ-
ხოვოს სხვა პირებს რაიმე.“) და ფულად სახსრებს,
ამასთან, ყურადღების მიღმა არ უნდა დაგვრჩეს ის
გარემოება, რომ აღმასრულებელი მას შემდეგ ადებს
მოვალის ქონებას ყადაღას, როდესაც ის დაასრუ-
ლებს მარეგისტრირებელი ორგანოებიდან/ ბანკები-
დან მოვალის სახელზე რიცხული ქონების მოძიებას,
ან მოძრავი ნივთების აღწერის/დაყადაღების ოქმის
საუბველზე, შეექმნება წარმოდგენა მოვალის ქონება-
ზე. ეს ქონება კანონის დანაწესიდან გამომდინარე
შესაძლოა იყოს: მიწის ნაკვეთი, სახლი, აგარაკი
(მოიძიება საჯარო რეესტრში) ავტოსატრანსპორტო
საშუალება, ცეცხლსასროლი იარაღი, (მოიძიება შსს
მომსახურეობის სააგენტოში) მოვალის საკუთრე-
ბაში არსებული წილი, (მოიძიება საჯარო რეესტრში)
ფასიანი ქაღალდები, ობლიგაციები, (მოიძიება „მე-
წარმეთა შესახებ“ საქართველოს კანონით განსაზღვ-
რული წესით დამოუკიდებელ რეგისტრატორთან.)
მოვალის საცხოვრებელ მისამართზე არსებული
საოჯახო ნივთები და სხვა.

მიუხედავად იმისა, რომ ყადაღის წესები საერთოა, ქონების ცნებიდან გამომდინარე, ოდნავ განსხვავებულად რეგულირდება ყადაღის დადების პროცედურები მოძრავ და უძრავ ქონებაზე, არამატერიალურ ქონებრივ სიკეთეზე და ფულად სახსრებზე, რაც გულისხმობს შემდეგს: სააღსრულებლო კანონის 40-ე მუხლში განსაზღვრულია: „მოძრავ ქონებაზე ყადაღის დადება ნიშნავს მოვალის ქონების აღწერას, მესაკუთრისათვის ქონების განკარგვის – ნებისმიერი ფორმით გასხვისების, დაგირავების, მასზე ქირავნობისა და იჯარის ხელშეკრულებების დადების – აკრძალვის გამოცხადებას ან/და ქონების შესანახავად გადაცემას. აღმასრულებელი ყადაღადადებულ ნივთებს აღწუსხავს ქონების აღწერისა და დაყადაღების აქტში.“ ამასთან, ბათილია ყადაღადადებულ მოძრავ ქონებაზე ყადაღის დადების შემდეგ ზემოაღნიშნული გარიგების დადება. როდესაც ვსაუბრობთ მოძრავი ნივთების დაყადაღების სპეციფიკაზე, მეტად მნიშვნელოვანია ის გარემოება, თუ რა მოიაზრება 44-ე მუხლის ბოლო წინადადებაში: „ნივთები, რომლებსაც პოულობენ მოვალესთან, მას ეკუთვნის“ აღნიშნულ ჩანაწერში იგულისხმება, რომ მოვალის საცხოვრებელ მისამართზე არსებული ნივთები მოვალის საკუთრებაა, მიუხედავად იმისა, თუ ვის სახელზეა რეგისტრირებული ის უძრავი ქონება, რომელშიც განთავსებულია ყადაღის ობიექტი. პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევები, როდესაც მოვალე არის უძრავი ქონების დამქირავებელი და ბინაში განთავსებული ნივთები დამქირავებლის საკუთრებაა, თუმცა კანონში ჩანაწერი – „იგულისხმება, რომ მოვალის საკუთრებაა“ – აღმასრულებელს აძლევს სრულ უფლებას, დაქირავებულ ბინაში არსებული ნივთები მიიჩნიოს ყადაღის ობიექტად

და განახორციელოს მოძრავი ქონების დაყადაღება. მეორე სამართლებრივ მოცემულობას გვაძლევს სააღსრულებლო კანონის 40-ე მუხლის მე-6 პუნქტი: „თუ მოვალის ქონებაზე ყადაღის დადებისას მესამე პირი განაცხადებს ამ ქონებაზე თავის უფლებას, იგი მაინც შეიტანება ქონების აღწერისა და დაყადაღების აქტში და კეთდება აღნიშვნა. აღმასრულებელი პირს იმავდროულად განუმარტავს მის უფლებას – მიმართოს სასამართლოს სარჩელით ქონების ყადაღისაგან გათავისუფლების მოთხოვნით. თუ მესამე პირი წარმოადგენს ქონებაზე თავისი საკუთრების უფლების დამადასტურებელ დოკუმენტს, აღმასრულებელი, კრედიტორის თანხმობის შემთხვევაში, უფლებამოსილია ეს ქონება ამორიცხოს ქონების აღწერისა და დაყადაღების აქტიდან.“ ამ მუხლის დანაწესიდან იკვეთება შემდეგი: ა. მოვალის ქონებაზე შესაძლოა პრეტენზია განაცხადოს მესამე პირმა ბ. მესამე პირის საკუთრების უფლების დაცვა სასამართლო წესით (სასარჩელო წარმოება ყადაღისგან გათავისუფლების მოთხოვნით) გ. აღმასრულებლის უფლებამოსილება, მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, ქონება მაინც შეიტანება აღწერა – დაყადაღების აქტში, რადგან პრეტენზიის გაცხადება, ჯერ კიდევ არ ნიშნავს მესამე პირის მოთხოვნის დაკმაყოფილებას. კანონით გათვალისწინებული „საკუთრების უფლების დამადასტურებელ დოკუმენტი“ შესაძლოა იყოს ნივთის განვადების საბუთი, თუნდაც ბუღალტრული ანგარიშგების დოკუმენტი, სადაც მოვალის მოძრავი ნივთის მესაკუთრედ ყოფნას ვივარაუდებთ. აღნიშნული მსჯელობა ეხება მოძრავ ნივთებს და მათთან დაკავშირებულ აღწერა დაყადაღების აქტს. რაც შეეხება უძრავ ქონებას, მასზე ყადაღის დადება ხდება მოძრავ ქონებაზე ყადაღის

დადებისათვის დადგენილი წესით, (სააღსრულებლო კანონის 63-ე მუხლი) თუმცა იმ თავისებურების გათვალისწინებით, რომ უძრავ ქონებაზე ყადაღა აუცილებლად უნდა დარეგისტრირდეს მარეგისტრირებელ ორგანოში, ამას ის სამართლებრივი დატვირთვა გააჩნია, რომ შეფასების შემდეგ, იძულებით აუქციონზე, ქონების რეალიზაციას მოახდენს ის აღმასრულებელი, რომლის ყადაღა პირველად დარეგისტრირდა მარეგისტრირებელ ორგანოში, აღსრულების რიგითობა განისაზღვრება ქონებაზე ყადაღის რეგისტრაციის დროის მიხედვით (საათობრივად და წუთობრივად) ეს მოცემულობა იმ შემთხვევაში დადგება, თუ სახეზე გვაქვს, ე.წ. „**მრავალჯერადი ყადაღა**“ სააღსრულებლო კანონის 54-ე მუხლის მიხედვით, ქონებას ერთდროულად შეიძლება ყადაღა დაედოს მრავალი კრედიტორის სასარგებლოდ. ყადაღადადებულ ქონებას შეიძლება შემდეგ კიდევ დაედოს ყადაღა სხვა (შემდეგი) კრედიტორის სასარგებლოდ.

ცალკე აღსანიშნავია, ყადაღის დადება მოვალის კუთვნილ ფულად სახსრებზე ბანკში, აღმასრულებელი, პირველ რიგში მიმართავს საქართველოში მოქმედ ყველა საბანკო დაწესებულებას იქ არსებული მოვალის საბანკო ანგარიშების მოძიებასა და მათი დაყადაღების შესახებ. ყადაღის დადება შესაძლებელია ნებისმიერ ანგარიშზე, მათ შორის სახელფასო, საპენსიო, საკრედიტო, საანაზრე თუ სხვა ნებისმიერი სახის ანგარიში.

ფულად სახსრებზე ყადაღის მსგავსია საინკასო დავალება, რომელიც აგრეთვე მოვალის საბანკო ანგარიშებზე ხორციელდება და თავისი შინაარსით არის გარკვეული ტიპის სადებეტო საგადახდო დავალებას, რომლის გაცემა გადამხდელის ბანკის-

ვის ხდება საქართველოს კანონმდებლობით შესაბამისი უფლებებით აღჭურვილი პირის მიერ. საინკასო დავალების გამცემი პირი არ მოქმედებს, როგორც გადამხდელი და რიგ შემთხვევაში არც თანხის მიმღებია. საინკასო დავალების შესრულებისათვის გადამხდელის ბანკს არ სჭირდება გადამხდელის თანხმობა. საინკასო დავალების გაცემა დასაშვებია საქართველოს კანონმდებლობით გათვალისწინებულ მკაცრად შეზღუდულ შემთხვევებში, როგორცაა სასამართლოს გადაწყვეტილების საფუძველზე ან იმ შემთხვევაში, თუ გადამხდელს ერიცხება საგადასახადო დავალიანება და სხვა. რიგ შემთხვევებში საინკასო დავალება, შეიძლება მოვიაზროთ, როგორც იძულებით სააღსრულებლო ღონისძიება, რადგან აღმასრულებელი უფლებამოსილია, ფულადი მოთხოვნის იძულებითი გადახდევინება მოახდინოს საინკასო დავალების საფუძველზე მოვალის საბანკო ანგარიშებიდან, როდესაც გადაწყვეტილების ნებაყოფლობით შესრულებისთვის კანონით დადგენილი ვადა უშედეგოდ გადის, აღმასრულებელი შესაბამის საბანკო დაწესებულებას უგზავნის საინკასო დავალებას (განკარგულებას), აღმასრულებელი მოთხოვნის ფარგლებში მოვალის საბანკო ანგარიშიდან მითითებული თანხის ჩამოჭრისა და სააღსრულებლო ბიუროს სადებეტო ანგარიშზე დარიცხვის თაობაზე.

იმ შემთხვევაში, როცა მოვალეები სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოები ან/და სხვა საბიუჯეტო დაწესებულებებია, საინკასო დავალება შესასრულებლად ეგზავნება საქართველოს ეროვნულ ბანკს.

საინკასო დავალების (განკარგულების) შესრულება სავალდებულოა და მისი შეუსრულებლობა იწვევს კანონით დადგენილ პასუხისმგებლობას. ფუ-

ლად სახსრებზე ყადაღასა და საინკასო დავალებას, შორის ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავებაა, ყადაღის დროს მოვალის ყველა ანგარიში ყადაღდება, თუმცა ყადაღა არ გულისხმობს თანხის ავტომატურ ჩამოჭრას მოვალის ანგარიშიდან, საინკასო დავალების დროს მოვალის ანგარიშზე არსებული ნაშთი იჭრება და მიექცევა სააღსრულებლო ბიუროს სადეპოზიტო ანგარიშზე, საიდანაც ხდება შემდგომში კრედიტორის დაკმაყოფილება.

საინკასო დავალებას ერთჯერადი ხასიათი გააჩნია და აღმასრულებელმა ყოველ ჯერზე უნდა მიმართოს საბანკო დაწესებულებას, ინკასოს მოთხოვნით, თუ მოვალის ანგარიშზე თანხის შემოდინება დაფიქსირდება. იმისთვის, რომ გამართულად განხორციელდეს ეს პროცედურა, მიგვაჩნია, რომ ყადაღადადებულ ანგარიშს ჯერ უნდა მოეხსნას ყადაღა და მაშინვე ჩანაცვლდეს ის საინკასო დავალებით.

სააღსრულებლო წარმოებათა კანონი, ითვალისწინებს აგრეთვე ყადაღის დადების პროცედურას **მოთხოვნების** აღსრულებისას, რაც გულისხმობს, რომ თუ მოთხოვნას ყადაღა უნდა დაედოს, აღსრულების ეროვნული ბიურო კრედიტორის განცხადების საფუძველზე გამოსცემს განკარგულებას მასზე ყადაღის დადების შესახებ. განკარგულებაში აღნიშნული უნდა იყოს კრედიტორის პრეტენზიის საფუძველი, მის მიერ შესასრულებელი მოთხოვნები და ის, თუ ვის წინააღმდეგ არის მიმართული მოვალის მოთხოვნა (დავალებული პირი). ყადაღის დადებასთან ერთად გამოცემული უნდა იქნეს განკარგულება კრედიტორისათვის გადახდის თაობაზე.

ყადაღის დადების განკარგულება უნდა გადაეცეს დავალბულ პირს (პირი, რომელსაც იძულების წესით აღეწერება მასთან შენახული მოპასუხის ქონე-

ბა). განკარგულება უნდა გაეგზავნოს კრედიტორსა და მოვალეს. დავალბული პირისათვის განკარგულების გადაცემით ყადაღა ქმედითი ხდება **კრედიტორის პრეტენზიის ფარგლებში**. მოვალეს აღარ აქვს უფლება, განკარგოს მოთხოვნები, დავალბულ პირს კი აღარ აქვს უფლება, შეასრულოს მოქმედება, რომელიც შეადგენს ვალდებულების შინაარსს. მან ყადაღადადებული თანხა უნდა გადაუხადოს კრედიტორს. 57-ე მუხლით, გათვალისწინებულია ყადაღის დადების შედეგები: „ყადაღის დადების შესახებ განკარგულება უფლებას ანიჭებს კრედიტორს მოსთხოვოს მესამე პირს ისეთი მოქმედების მის სასარგებლოდ შესრულება, რომელიც მას უნდა შეესრულებინა თავისი მოვალის მიმართ.“ ამ სამართლებრივი დანაწესით სახეზე გვაქვს შემდეგი მოცემულობა, კრედიტორი, მოვალის „მოვალეს“ ანუ 57-ე მუხლით გათვალისწინებულ „მესამე პირს“ სთხოვს, ვალდებულების შესრულებას, მის მიმართ და არა მოვალის მიმართ, რომელიც 57-ე მუხლით გათვალისწინებულ „მესამე პირისთვის“ კრედიტორს წარმოადგენს. **ყადაღის ობიექტი**, ამ შემთხვევაში გვაქვს მოთხოვნა, რომელიც წარმოშობილია კრედიტორის მოვალესა და 57-ე მუხლით გათვალისწინებულ „მესამე პირს“ შორის.

მიუხედავად, იმისა რომ კანონით გათვალისწინებულია საკმაოდ ფართო ჩამონათვალი, ყადაღას დაქვემდებარებული ქონებებისა, მხედველობიდან არ უნდა გამოგვრჩეს იმ ნივთების ნუსხა, რომელთა დაყადაღებაც და შესაბამისად იძულებითი რეალიზაციაც დაუშვებელია. ასეთი ნივთებია: მოვალის პირადი მოხმარების ან საოჯახო ნივთები, რომლებიც აუცილებელია პროფესიული საქმიანობის, ცხოვრებისა და საოჯახო მეურნეობისთვის. ასეთი

ნივთი, მაგალითისთვის, შესაძლოა იყოს პიანინო, თუ მოვალე პროფესიით მუსიკოსია და პედაგოგიურ საქმიანობას ეწევა. ასეთ შემთხვევაში მტკიცების ტვირთი ეკისრება მოვალეს. მან აღმასრულებელს უნდა წარმოუდგინოს შესაბამისი მტკიცებულება, რომ ნივთებს პროფესიული საქმიანობისთვის იყენებს. „სააღსრულებო წარმოებათა შესახებ“ საქართველოს კანონში, აგრეთვე, ჩამოთვლილია: საკვები, სანათი, საწვავი და წვრილფეხა საქონლის რაოდენობა, რაც ყადაღას არ ექვემდებარება. ასევე, არ შეიძლება დაყადაღდეს ნივთები, რომლითაც მოვალე ფიზიკური და გონებრივი შრომით ან სხვა საქმიანობით შემოსავალს იღებს.

3. უძრავ ქონებაზე აღსრულების სახეები მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის კრილში

3.1. სეკვესტრი (ქონების იძულებით მართვა)

მოვალის წინააღმდეგ წარმოებულ სააღსრულებლო პროცედურებში ვხვდებით ისეთ სამართლებრივ მექანიზმს, როგორცაა სეკვესტრი ანუ ქონების იძულებითი მართვა, რომელიც აღსრულების ერთ-ერთი სახეა. კრედიტორს უფლება აქვს წარადგინოს განცხადება და მოითხოვოს, რომ აღსრულების საგანი სამართავად გადაეცეს სასამართლოს მიერ დანიშნულ მმართველს, შესაბამისად, სასამართლო ადგენს ნივთის იძულებით მართვას (სეკვესტრს) იძულებითი აღსრულებისთვის უფლებამოსილი კრედიტორის განცხადების საფუძველზე. გადაწყვეტილების მიღებამდე სასამართლომ უნდა მოუსმინოს იმ პირებს, რომელთა უფლებებიც შეიძლება შეილახოს იძულებითი მართვით. პირველ რიგში ეს არის მოვალე პირი, რადგან სწორედ მისი ქონების იძულებითი მართვა საუბარია.

როგორც აღვნიშნეთ, სეკვესტრი ხორციელდება სასამართლოს მიერ დანიშნული მმართველის მიერ, რომელიც შეიძლება იყოს თავად იპოთეკარი, ხოლო თუ სეკვესტრი ხორციელდება აღსრულების ეროვნული ბიუროს წარმოებაში არსებული იძულებით აღსრულების ფარგლებში, ასევე – აღსრულების ეროვნული ბიუროს მიერ დანიშნული მმართველი ან იპოთეკის საგნის მესაკუთრე. მმართველი არ შეიძლება იყოს გადაწყვეტილების გამომტანი სასამართლოს წევრი ან ამ გადაწყვეტილების მიმღების ახლო ნათესავი. აღსრულების ეროვნული ბიუროს მიერ იძულებითი მართვის გამოყენების შესახებ გადაწყვეტილების მიღებისას მმართველად ინიშნება აღსრულების ეროვნული ბიუროს თანამშრომელი. მმართველად კრედიტორის დანიშნისთვის საჭიროა მისი თანხმობა. იძულებითი მართვის შედეგად მმართველი იღებს ნივთისაგან ნაყოფს და განაწილების გეგმის საფუძველზე, რომელსაც ადგენს თვითონ და ამტკიცებს სასამართლო, ანაწილებს მას წლის ბოლოს ყველა დანახარჯის გამოკლებით, რომელთაც მიეკუთვნება მართვის ხარჯებიც. იძულებითი მართვის შედეგად ამოღებული თანხები (მიმდინარე ხარჯების გამოკლებით) შეტანილ უნდა იქნეს აღსრულების ეროვნული ბიუროს სადეპოზიტო ანგარიშზე, რის შესახებაც მმართველი აცნობებს აღმასრულებელს. მმართველი პასუხს აგებს ყველა ვალდებულებისათვის, რომლებიც მას აქვს ყველა მონაწილე მხარის მიმართ. ის ვალდებულია, ნახევარწელიწადში ერთხელ და მმართველობის დასასრულს წარადგინოს ანგარიში. მმართველის ანგარიშში წარედგინება აღსრულების ეროვნულ ბიუროს, რომელიც, თავის მხრივ, მას წარუდგენს კრედიტორსა და მოვალეს. მმართველი და აღმასრულებე-

ლი ვალდებული არიან, აცნობონ სასამართლოს, ხოლო თუ იძულებითი მართვის გამოყენების შესახებ გადაწყვეტილება მიღებულია აღსრულების ეროვნული ბიუროს მიერ – აღსრულების ეროვნულ ბიუროს, კრედიტორთა მოთხოვნების დაკმაყოფილების თაობაზე. ასეთ შემთხვევაში სასამართლო/აღსრულების ეროვნული ბიურო იღებს გადაწყვეტილებას იძულებითი მართვის შეწყვეტის შესახებ. იძულებითი მართვა უნდა ასევე გაუქმდეს, როდესაც კრედიტორი დაკმაყოფილებულია ან აშკარაა, რომ მართვის გზით კრედიტორის დაკმაყოფილება ვერ მოხერხდება. იძულებითი მართვის გამოყენება დაუშვებელია, თუ მოვალე ამის წინააღმდეგია, ან, თუ ის არ უზრუნველყოფს იმ პირობების შექმნას, რომლებიც აუცილებელია იძულებითი მართვის ნორმალურ პირობებში განსახორციელებლად. იძულებითი მართვა წყდება და აღსრულება ზოგადი წესის შესაბამისად გრძელდება, თუ: იძულებითი მართვის შედეგად არ დაიფარა ვალდებულება და, იმავდროულად, არ არსებობს იძულებითი მართვის ვადის გაგრძელების შესახებ გადაწყვეტილების მიღების საფუძველი; - დაირღვა იძულებითი მართვის პირობები (გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც შესაძლებელია დარღვევის მცირე დროში, იძულებითი მართვის შეწყვეტის საკითხის გადაწყვეტამდე, აღმოფხვრა); - იძულებითი მართვის პერიოდში გამოვლინდა სხვა გარემოება, რომელიც სამართლებრივი ან ფაქტობრივი თვალსაზრისით გამორიცხავს იძულებითი მართვის გამოყენებას. (14,595-596)

აღსანიშნავია, რომ სეკვესტრი არ გამოიყენება იმ ქონების მიმართ, რომელიც „სააღსრულებო წარმოებათა შესახებ“ კანონის თანახმად არ ექვემდებარება ყადაღას.

3.2 იძულებითი იპოთეკა

უძრავ ქონებაზე აღსრულება, აგრეთვე ხდება იძულებითი იპოთეკის რეგისტრაციით, რომელიც ხდება მხოლოდ კრედიტორის განცხადების საფუძველზე შესაბამისად, სახეზეა „მოვალის იძულება“ იმ თვალსაზრისით, რომ კანონმდებელი ამოდის აღსრულების მიზნებიდან და დასაშვებად მიიჩნევს იძულებით იპოთეკის რეგისტრაციას. ამასთან, იგი არ იგივდება სამოქალაქო კოდექსით გათვალისწინებულ იპოთეკასთან, ვინაიდან ეს უკანასკნელი წარმოიშობა მხარეთა ორმხრივი ნების თანხვედრის შემდეგ საჯარო რეესტრში რეგისტრაციის გზით. ხოლო სააღსრულებლო წარმოებაში გათვალისწინებული იპოთეკის დროს მხარეთა ორმხრივი ნება სახეზე არ გვაქვს. იძულებითი იპოთეკა იწყება რეგისტრაციით. უძრავი ქონება ასევე არის იძულებითი იპოთეკის რეგისტრაციის ხარჯების გარანტია, რომელიც ეკისრება მოვალეს. იძულებითი იპოთეკით შეიძლება დაიტვირთოს მოვალის რამდენიმე უძრავი ქონება. ვფიქრობთ, ერთმანეთისგან გასამიჯნია სახელშეკრულებო იპოთეკა გათვალისწინებული სამოქალაქო კოდექსით და იძულებითი იპოთეკა გათვალისწინებული სააღსრულებლო კანონის მიხედვით, პირველ რიგში ყურადღებაამისაქცევია ის გარემოება, რომ პირველ შემთხვევაში სახეზეა მხარეთა გაცხადებული ნება გააფორმონ იპოთეკის ხელშეკრულება და მას „იძულებასთან“ საერთო არაფერი აქვს, რაც შეეხება იძულებით იპოთეკას, იგი დაკავშირებულია მხოლოდ არაუზრუნველყოფილ მოთხოვნასთან, რომელიც მხარეთა მიერ სახელშეკრულებო ურთიერთობის დასაწყისში არ ყოფილა უზრუნველყოფილი იპოთეკით. იძულებითი იპოთეკის წარმოშობა უკავშირდება საჯარო რეესტრში

იპოთეკის უფლების რეგისტრაციას, მსგავსად სახელმეკრულებო იპოთეკისა. კერძოდ, იძულებითი იპოთეკა წარმოიშობა საჯარო რეესტრში რეგისტრაციის მომენტიდან. მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ იძულებითი იპოთეკის საფუძველზე მოთხოვნის დაკმაყოფილების პროცესს, მთლიანად კრედიტორი წარმართავს. მის შეხედულებაზე დამოკიდებული თუ მოვალის საკუთრებაში არსებული რომელ უძრავ ქონებაზე მიაქცევს მოთხოვნას. შესაძლებელია მოთხოვნის ოდენობიდან გამომდინარე იძულებითი იპოთეკით დაიტვირთოს მოვალის რამდენიმე უძრავი ქონება, მაშინ მოთხოვნის თანხა უნდა განაწილდეს შესაბამის უძრავ ქონებაზე. განაწილების მოცულობას განსაზღვრავს კრედიტორი. აღსანიშნავია, რომ იძულებითი იპოთეკის წარმოშობამდე კრედიტორმა უნდა წარადგინოს ძირითადი ვალდებულების შეუსრულებლობის დამადასტურებელი მტკიცებულება – სასამართლო გადაწყვეტილება, რომელიც არის საჯარო რეესტრში იპოთეკის უფლების წარმოშობის საფუძველი. ამ შემთხვევაში საჯარო რეესტრში არ მიეთითება, რომ განხორციელდა იძულებითი იპოთეკის რეგისტრაცია. თუ აღსასრულებელი გადაწყვეტილების მეშვეობით სააღსრულებო საბუთი უქმდება ან აღსრულება დაუშვებლად ცხადდება, მაშინ იძულებითი იპოთეკა გადადის მიწის ნაკვეთის მესაკუთრეზე. აღნიშნული ვრცელდება იმ შემთხვევებზეც, როცა მოვალე აკმაყოფილებს კრედიტორს.

ცალსახად უნდა აღინიშნოს, რომ იძულებითი იპოთეკა ეს არის ერთმნიშვნელოვნად იძულებითი აღსრულების ინსტიტუტი, რაც გულისხმობს იმას, რომ მისი გამოყენება ხორციელდება იძულებითი აღსრულების პროცესში, და არ არის, სარჩელის უზ-

რუნველყოფის ღონისძიების ერთ-ერთ სახე. უზენაესი სასამართლოს 2013 წლის 4 თებერვლის (საქმე №ას-1707-1601-2012) გადაწყვეტილებაში ვკითხულობთ: „**იძულებითი იპოთეკა** ის საპროცესო სასამართლებრივი ბერკეტია, რომელსაც „სააღსრულებო წარმოებათა შესახებ“ საქართველოს კანონი ითვალისწინებს და რომელიც აღსრულების პროცესში აღმასრულებლის მიერ გამოიყენება და იგი რეგულირდება „სააღსრულებო წარმოებათა შესახებ“ საქართველოს კანონის 63-ე და 64-ე მუხლის პირველი პუნქტებით. ამდენად, სასამართლოს შეფასებით, უზრუნველყოფის აღნიშნული სახე სამართალწარმოების ეტაპზე ისევე ვერ გამოიყენება, როგორც აღსრულების სხვა სახეები, კერძოდ, **იძულებითი** აუქციონი და სეკვესტრი. აღნიშნული ღონისძიებანი მხოლოდ კანონიერ ძალაში შესული, აღსასრულებელი გადაწყვეტილებების აღსრულების მიზნებისათვის გამოიყენება „სააღსრულებო წარმოებათა შესახებ“ საქართველოს კანონის 63-ე და 64-ე მუხლების კონტექსტში.

3.3 იძულებითი აუქციონი

სააღსრულებლო წარმოების მიზანია კრედიტორის ინტრესების დაკმაყოფილება მოვალის ქონების რეალიზაციის ხარჯზე, ამასთან, ჩარევა მოვალის ძირითად უფლებაში არ შეიძლება გასცდეს იმას, რაც აუცილებელია სააღსრულებო წარმოების სახელმწიფოს მიერ აღიარებული მიზნებისათვის. მეორე მხრივ სააღსრულებო სამართალი კი, კრედიტორის მოთხოვნას სახელმწიფოს დახმარებით განახორციელოს სასამართლო ხელისუფლების მიერ (გადაწყვეტილებით) ტიტულირებული, დადასტურებული მოთხოვნა აქვს ძირითადი უფლების რანგი: სახელმწიფომ, რომლის ხელშიც კონცენტრირებულია იძუ-

ლებითი ღონისძიებების განხორციელების და მათ შორის იძულებითი აღსრულების განხორციელების მონაპოლია, კრედიტორის სასარგებლოდ, რომელსაც ხელთ აქვს სააღსრულებო დოკუმენტი (მაგალითად, სასამართლო გადაწყვეტილება) სააღსრულებო სამართლით გათვალისწინებული წინაპირობების არსებობისას, რაც ასევე მოიცავს მოვალის მიერ კრედიტორის მოთხოვნის დაკმაყოფილების შესაძლებლობას, უნდა უზრუნველყოს ამ დოკუმენტირებული მოთხოვნის განხორციელება (აღსრულება) (11, 37–38)

იძულებითი აუქციონი, სააღსრულებლო წარმოების თითქმის საბოლოო ეტაპია, რომელსაც პროცედურულად წინ უსწრებს შემდეგი სააღსრულებო ღონისძიებების გატარება მოვალის მიმართ:

1. წინადადება გადაწყვეტილების შესრულების შესახებ;
2. მოვალეთა რეესტრში მოვალის აღრიცხვა (აუცილებლობისას);
3. მოვალის ქონების მოძიება;
4. მოვალის ქონების დაყადაღება;
5. მოვალის ქონების შეფასება;
6. მოვალის ქონების აუქციონზე იძულებით გატანა;
7. ამონაგები თანხის განაწილება და კრედიტორისთვის გადაცემა;

იძულებითი აუქციონის ჩატარების პროცედურები გაწერილია საქართველოს კანონში „სააღსრულებლო წარმოებათა შესახებ“ და საქართველოს იუსტიციის მინისტრის 2011 წლის 31 იანვარის №21-ე ბრძანებაში „იძულებითი აუქციონის ჩატარების ფორმების, წესისა და პროცედურების დამტკიცების შესახებ“.

დაყადაღებული ქონების შეფასებიდან არა უმეტეს ერთი თვისა ინიშნება პირველი იძულებითი საჯარო აუქციონი. თუ სააღსრულებო ფურცელში აღსრულების საშუალება და წესი განსაზღვრულია იძულებითი აუქციონის (ქონების რეალიზაციის) სახით, აუქციონის დასანიშნად კრედიტორის განცხადება საჭირო არ არის.

საგადასახადო ორგანოს მოთხოვნის აღსრულების მიზნით, მოვალის (გადასახადის გადამხდელის) საგადასახადო გირავნობით/იპოთეკით დატვირთულ, ყადაღადადებულ ქონებაზე აუქციონს ატარებს ამ გადაწყვეტილების აღმასრულებელი, მიუხედავად მის მიერ დარეგისტრირებული ყადაღის რიგითობისა.

მომხმარებელს ვებგვერდზე www.eauction.ge შესაძლებლობა აქვს ინტერნეტ აუქციონის გზით შეიძინოს ვებგვერდზე განთავსებული მისთვის საინტერესო ქონება, ლოტის შესაბამისად. საგარანტიო თანხის გადახდა სავალდებულოა. ქონების შეძენის შემთხვევაში, მომხმარებელს მის მიერ გადახდილი საგარანტიო თანხა ჩაეთვლება საბოლოო ანგარიშსწორებისას. ავტორიზებული მომხმარებელი ირჩევს კონკრეტულ ლოტს და გადააქვს „კალათაში“, საიდანაც შესაძლებლობა აქვს გახსნას აღნიშნულ ლოტზე აუქციონის გვერდი და მიიღოს ინტერნეტ აუქციონში მონაწილეობა. ინტერნეტაუქციონის მსვლელობის პროცესში მონაწილეთა რაოდენობა არ არის შეზღუდული. მონაწილისთვის დაფარულია დანარჩენ მონაწილეთა ვინაობა.

კონკრეტული ლოტის გვერდზე მომხმარებელს შესაძლებლობა აქვს გაეცნოს ინფორმაციას ინტერნეტაუქციონის მიმდინარეობის შესახებ და

განახორციელოს საკუთარი ფასის დადება შესაბამისი ბიჯის გათვალისწინებით.

მომხმარებლის მიერ ფასის დადება განიხილება, როგორც მისი თანხმობა აღნიშნული ლოტის მოცემულ ფასად შექენის თაობაზე. ფასის დადება შესაძლებელია შესაბამისი ბიჯის სასურველი ჯერადობით მომატების გზით. ყოველი შემდგომი „ფასის დადება“ ზრდის ლოტის ფასს.

ინტერნეტ აუქციონში იმარჯვებს ის მომხმარებელი, რომელიც აუქციონის დასრულებამდე განახორციელებს ლოტზე ყველაზე მაღალი „ფასის დადებას“.

ინტერნეტ აუქციონი ცხადდება დასრულებულად აუქციონის ვადის ამოწურვისთანავე. თუ ნებისმიერი მონაწილის მიერ **ფასის დადება** მოხდა აუქციონის ვადის ამოწურვამდე დარჩენილი ორი წუთის განმავლობაში, აუქციონის ვადა ხანგრძლივდება ორი წუთით.

იძულებითი აუქციონი ლოგიკური დასასრულია იმ სააღსრულებლო პროცედურებისა, რომელსაც კანონმდებელი ეფექტურად იყენებს არაკეთილსინდისიერი მოვალის მიმართ, რომელიც ნებაყოფლობით არ აღასრულებს კანონიერ ძალაში შესულ სასამართლოს გადაწყვეტილებას. შესაბამისად, იძულებითი აუქციონი ის ქმედითი ინსტრუმენტია, სახელმწიფოს ხელში, რომელიც მართლმსაჯულების აღსრულებას უწყობს ხელს. თვალი რომ გადავაგლოთ სააღსრულებლო პროცესს მთლიანობაში, დაგვრჩება განცდა, რომ მოვალე შესაძლოა იმაზე მეტად იზღუდებოდეს სამართლებრივად, ვიდრე ეს საჭიროა სააღსრულებლო კანონის მიზნებისთვის და კრედიტორის ინტერესების დასაკმაყოფილებლად, მაგრამ მეორეს მხრივ, კანონით გაწერილი ყველა

სააღსრულებლო ღონისძიება ლოგიკურ კავშირშია მომდევნო სააღსრულებლო ეტაპთან, ამასთან სააღსრულებლო სამართლის საპროცესო ნორმებმა უნდა უზრუნველყოს სახელმწიფოს მიერ იძულებითი აღსრულების განხორციელება სამართლებრივი სახელმწიფოსათვის დამახასიათებელ ფარგლებში. კრედიტორმა უნდა მოახერხოს საჭიროებისას ყველა სააღსრულებლო წინაპირობის არსებობის შემთხვევაში მისი აღსასრულებელი მოთხოვნის აღსრულება. მოვალემ, თავის მხრივ, უნდა შეძლოს თავის დაცვა, თუ სააღსრულებლო მოქმედებებმა დაარღვია მისი უფლებები. (11,56) ეს ის ოქროს შუალედია, რომელიც მინიმუმამდე დაიყვანს მოვალის უსაფუძვლო შეზღუდვას და კრედიტორიც შეძლებს მოთხოვნის დაკმაყოფილებას. თუ საკითხს უფრო ფართოდ შევხედავთ, მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ 1997 წელს ევროპის ადამიანის უფლებათა სასამართლომ პრეცედენტის განმსაზღვრელ საქმესთან მიმართებაში „ჰორნსბი საბერძნეთის წინააღმდეგ“ დაადგინა, რომ ადამიანის უფლებათა ევროპული კონვენციის მე-6 მუხლი **სამართლიანი სასამართლოს უფლების** შესახებ, ასევე ეხება აღსრულებას. სასამართლო პროცესის დროს ყურადღება უნდა გამახვილდეს არა მხოლოდ სასამართლო გადაწყვეტილების გამოტანაზე, არამედ ასევე ეფექტური სააღსრულებლო სისტემის განვითარებაზე; სასამართლო პროცესი არ დასრულდება სასამართლოს მიერ საბოლოო გადაწყვეტილების გამოტანით, მაშინაც კი, როდესაც ეს გადაწყვეტილება შეიძლება ჩაითვალოს სამართლიანად. ეს ასევე ნიშნავს, რომ ასეთი გადაწყვეტილება აღსრულებულია. (1.9)

დასკვნა

„ვალდებულება სამართლებრივი ბორკილებია, რომლებიც ჩვენ გვაიძულებენ შევასრულოთ რაიმე ჩვენი სახელმწიფოს კანონების მიხედვით“

წარმოდგენილ სტატიაში ჩვენ მიერ განხილულია მოვალის სამართლებრივი შეზღუდვის ღონისძიებები, რომელსაც ყველაზე ხშირად ვხვდებით პრაქტიკაში და რომელთა გამოყენების გარეშე, სააღსრულებლო სამართლის დარგის არსებობა წარმოდგენილია, თუმცა აქვე ყურადღებამისაქცევია ის გარემოება, რომ მიუხედავად ზემოთქმულისა მოვალე გარკვეულწილად მაინც დაუცველი რჩება სახელმწიფოს მიერ განხორციელებული „იძულების“ აღსრულების პროცესში. თუმცა ცალსახაა, იძულება (ძალის გამოყენება) არ გულისხმობს მხოლოდ ფიზიკურ ზემოქმედებას ან პირის მიმართ მექანიკური საშუალებების გამოყენებას, არამედ გულისხმობს ასევე უფლებებში ჩარევას, მათ ხელყოფას, მაგალითად, როგორცაა საკუთრება, საცხოვრებელი, თავისუფლება, პიროვნული უფლებები (შეზღუდვის მაგალითი-მოვალეთა რექსტრი). ამგვარად, იძულებითი აღსრულება (მოვალის მიერ ვალდებულების ნებაყოფლობით შესრულებისაგან განსხვავებით) თითქმის წარმოდგენილია იძულების (ძალის გამოყენების) გარეშე, ამ ცნების ფართო გაგებით. ასეთი მექანიზმების გამოყენება კი საჭიროებს დეტალურ მოწესრიგებას კანონის დონეზე (11,39) იმ კუთხით, რომ შეძლებისდაგვარად ავიცილოთ მოვალის უფლებების დარღვევა და მისი უსაფუძვლო შეზღუდვა.

ბუნებრივია, როდესაც საუბარია სააღსრულებლო „იძულებაზე“ ყოველთვის აქტიურია საკითხი, იმასთან დაკავშირებით, რომ გატარებული იძულებითი ღონისძიებების შედეგად, უსაფუძვლოდ არ

შეილახოს მოვალის საკუთრების უფლება, რადგან კრედიტორის მოთხოვნის დაკმაყოფილების ერთ-ერთი გზა, სწორედ მოვალის ქონების რეალიზაციაა, ამის საპირწონედ შეიძლება ითქვას, რომ კრედიტორისთვის მნიშვნელოვანია, იმ ფუნდამენტური უფლების გამოყენება, რასაც სასამართლიანი სასამართლოს უფლება ეწოდება, რაც თავის თავში მოიცავს აგრეთვე სააღსრულებლო წარმოების პროცედურებსაც, თუ თეორიულად დავუშვებთ კიდეც, რომ მოვალის ქონების იძულებით სააღსრულებლო რეალიზაცია, უდრის მოვალის ქონების მიმართ არასამართლიან მოპყრობას, მაშინ უგუვებელყოფილი გვექნება კონსტიტუციის უმნიშვნელოვანესი და ფუძემდებლური პრინციპი: „ყველა ადამიანს აქვს უფლება, თავის უფლებათა დასაცავად მიმართოს სასამართლოს.“ უფრო ვიწროდ, რომ შევხედოთ საკითხს, გვექნება ის მოცემულობა, რომ მოვალეს, რომელიც თავისუფალი სახელმწიფოებო ურთიერთობის ფარგლებში მეორე მხარესთან დებს სესხის ხელშეკრულებას, რასაკვირველია, გათავისებული უნდა ჰქონდეს კიდეც ის გარემოება, რომ ვალდებულების შეუსრულებლობის შემთხვევაში, შესაძლოა საფრთხე შეექმნას მის ქონებას, იმ შემთხვევაში თუ კრედიტორი მიმართავს კანონით გაწერილ სააღსრულებლო პროცედურებს. ამდენად, ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრინციპი სააღსრულებლო პროცედურებში, რომელიც კრედიტორის მოთხოვნის დაკმაყოფილებასაც შეუწყობს ხელს და მოვალის უფლებებსაც არ შეზღუდავს უსაფუძვლოდ ეს აღსრულების პროცესში დაცული ბალანსია, რომელიც კრედიტორის საჭიროებებსა და მოვალის უფლებების მიჯნაზე გადის.

ვფიქრობთ, ქართული სააღსრულებლო სამართ-
ლი, მეტნაკლებად პასუხობს საერთაშორისო სტან-
დარტებს, გამოხატულს სხვადასხვა რეკომენდაციის
სახით. ამასთან, მიგვაჩნია, რომ არსებული საკანონმ-
დებლო ხარვეზები, რაზედაც სტატიაში გვქონდა
საუბარი, შესაძლოა შეეცდოს სამოსამართლო პრაქ-
ტიკით, ვიმედოვნებთ, ქართული მართლმსაჯულე-
ბა შემოგვთავაზებს არაერთ საინტერესო გადაწყვე-
ტილებას, იძულებით სააღსრულებლო პროცედუ-
რებთან დაკავშირებით, რაც მთლიანობაში, ხელს
შეუწყობს, როგორც ერთგვაროვანი სასამართლო
პრაქტიკის ჩამოყალიბებას, ასევე სააღსრულებლო
სამართლის განვითარებას და მის დაახლოებას ევ-
როპულ სტანდარტებთან.

ლიტერატურა

1. Overview of the Georgian enforcement system. Georgian enforcement system in national and international context. TWINNING project “Better enforcement system through Twinning - BESTT”. Tbilisi, 2013
2. Law of Georgia on enforcement proceedings. (in Georgian).
3. The civil code of Georgia. (in Georgian).
4. Civil procedure code of Georgia. (in Georgian).
5. Judgment of the Supreme Court of Georgia. Dated December 3, 2012. №AS-1461-1379-2012. (in Georgian).
6. The Supreme Court of Georgia. February 4, 2013. Case No. 1707-1601-2012. A.Natadze; T. Surguladze; N. goggadze; N. Tsorikishvili; I. Whiteheadhag. 2020 Enforcement Law Trainers Guide Tbilisi, <http://lawlibrary.info/.../2020giz-ge-agrulebis-samartali> (in Georgian).
7. Order №21 of the Minister of Justice of Georgia. Dated January 31, 2011. (in Georgian).
8. Kavtaradze S. The role of forced auction in the legal system and the conditions for its implementation (Comparative legal analysis of Georgian and German laws). Davit Batonishvili Institute of Law. Zurab Akhvlediani 80 jubilee edition. 2013. (in Georgian).
9. Shotadze T. Commodity law handbook for law schools. Tbilisi: “Meridiani”. 2014. (in Georgian).
10. Shushke V. Enforcement law, short outlines. German society for international cooperation (GIZ). Tbilisi; “Siesta”. 2011.
11. Chanturia L. Credit security law. Tbilisi. 2012. (in Georgian).
12. Chechelashvili Z. Commodity law. Tbilisi: „Bona Causa“. 2014. (in Georgian).
13. Chechelashvili Z. Commentary on the civil code. Book II. Chanturia (Ed.). Tbilisi 2018. (in Georgian).

UDC 347.21.3

SCOPUS CODE 3308

Scope of the debtor's legal limitation in enforcement law

Miranda Gurgenidze Grigol Robakidze University School of Law, 3 I. Enukidze str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: mirgurgenidze@gmail.com

Tamaz Urtmelidze Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.urtmelidze@gmail.com

Reviewers:

I. Gabisonia, Doctor of Law, Faculty of Law and International Relations, GTU

E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

A. Mosulishvili, Doctor of Law, Associate Professor, Grigol Robakidze University

E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

Abstract. Submitted scientific article: "Scope of the debtor's legal limitation in enforcement law" refers to the legal regulations of compulsory measures against the debtor in enforcement proceedings.

The article consists of an introduction, three chapters and a conclusion. The introduction discusses the legal status of the debtor and creditor in enforcement proceedings; the following chapters provide for the legal restrictions imposed by law on the debtor, in particular, registration of the debtor in the register of debtors, legal grounds for seizure of property, imposition of collection on the debtor's bank accounts, forced auction, compulsory management of property, etc.

Enforcement proceedings are a combination of legal-enforcement proceedings consisting of several stages, where the main parties are the creditor and the debtor. The debtor is the main participant in the enforcement proceedings, at the expense of the sale of whose property the creditor's request must be satisfied, accordingly, each compulsory measure taken against the debtor has its purpose and legal burden.

The scientific article lists and analyzes all the compulsory measures prescribed by law, in case of effective use of which the debtor is actually "forced" to enforce the final decision of the court. However, it is important that as a result of these compulsory measures against the debtor, his rights are not violated. The thesis discusses, on the one hand, the measures to ensure the enforcement of a court decision that has entered into force and on the other hand, the authors' opinion is presented that unjustified and in some cases "excessive coercion" may violate the legal rights and liberties of the debtor.

Key words: Compulsory auction; compulsory enforcement; compulsory mortgage; compulsory property management; creditor; debtor; debtors registry; seizure of property.

UDC 347.21.3

SCOPUS CODE 3308

Пределы правовых ограничений должника в исполнительном законодательстве

- Миранда Гургенидзе** Школа права Университета имени Григола Робакидзе, Грузия, Тбилиси, И. Энукидзе 3
E-mail: mirgurgeniдзе@gmail.com
- Тамаз Уртмелидзе** Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: t.urtmelidze@gmail.com

Рецензенты:

И. Габисония, доктор права факультета международных отношений и права ГТУ

E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

А. Мосулишвили, доктор права, ассоциированный профессор Университета имени Григола Робакидзе.

E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

Аннотация. Представленная научная статья: «Пределы правового ограничения должника в исполнительном законодательстве» относится к правовым регуляциям принудительных мер, проводимых в отношении должника в исполнительном производстве.

Статья состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении рассмотрен правовой статус должника и кредитора в исполнительном производстве, в следующих главах приведены правовые ограничения, предусмотренные законом в отношении должника, в частности: регистрация должника в реестре должников, правовые основания для ареста имущества, наложение инкассо на банковские счета должника, принудительный аукцион, принудительное управление имуществом и др.

Исполнительное производство представляет собой состоящую из нескольких этапов совокупность исполнительно-правовых процедур, где основными сторонами являются кредитор и должник. Должник в исполнительном производстве является тем основным фигурантом, за счет реализации имущества которого должно быть удовлетворено требование кредитора, соответственно, каждая принудительная мера, осуществляемая в отношении должника, имеет свое назначение и правовую нагрузку.

В научной статье представлены и проанализированы все те предписанные законом принудительные меры, в случае эффективного использования которых должник фактически «вынужден» исполнить вступившее в законную силу решения суда, однако важно, чтобы в результате проведения этих принудительных мер в отношении должника не были нарушены его права. В статье именно под этим углом рассмотрены, с одной стороны, меры по обеспечению исполнения фундаментальной цели исполнительного закона - вступившего в законную силу решения суда, а с другой стороны, представлено мнение авторов о том, что нецелое, а в некоторых случаях "чрезмерное принуждение" может нарушать законные права и свободы должника.

Ключевые слова: арест имущества; должник; кредитор; принудительный аукцион; принудительное исполнение; принудительная ипотека; принудительное управление имуществом; реестр должников.

განხილვის თარიღი 03.07.2020

შემოსვლის თარიღი 05.08.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

არაბიძე გ. 81	მეგრელიძე თ. 88
არაბიძე ნ. 81	რაზმაძე-ბროკიშვილი თ. 72
აღდგომელაშვილი ზ. 135	რამაზაშვილი მ. 33
ახობაძე მ. 21	უგრეხელიძე ვ. 11
გუგულაშვილი გ. 88	ურთმელიძე თ. 155
გურგენიძე მ. 155	ფრანგიშვილი ა. 33
დარჩიაშვილი ნ. 57	ქვარცხავა გ. 11
დოლიძე მ. 21	ქუთათელაძე რ. 57
თაყხელიძე მ. 104	ქუთათელაძე რ. 64
ისაკაძე თ. 88	შავიშვილ ნ. 112
კობიაშვილი ა. 57	ჩუბინიძე თ. 112
კობიაშვილი ა. 64	ძირკველიშვილი ნ. 11
მაისურაძე ზ. 64	Махарაძე Л. 95

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

ბერეჟიანი მ. 11	მარდაშოვა მ. 72
ბრელიძე მ. 21	მაჭავარიანი ე. 81
გაბისონია ი. 155	მახარაშვილ თ. 104
გასიტაშვილი ზ. 33	მირიანაშვილი ნ. 81
გუგუჩია მ. 11	მიქიაშვილი გ. 112
კამკამიძე კ. 57	მოსულიშვილი ა. 155
კამკამიძე კ. 64	მჭედლიშვილი ნ. 33
კიკნაძე მ. 57	სალუქვაძე გ. 104
კიკნაძე მ. 64	სულაძე ს. 88
კირთაძე ალ. 135	ჯაფარიძე ზ. 88
კურცხალია ე. 21	ჯიქია ნ. 72
მაისურაძე მ. 112	Табатадзе Г. 95
მანია მ. 135	Молодини Н. 95

ავტორთა საყურადღებოდ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარტალური რეგულირებადი მულტიდისციპლინური პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში – Index Copernicus International.

- სტატია (მიიღება ქართულ, ინგლისურ, რუსულ ენებზე) ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე.
- სტატიის ავტორთა რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს სამს.
- ავტორს შეუძლია საგამომცემლო სახელში პუბლიკაციისათვის მოგვარდოს ან ელექტრონული ფოსტით sagamomcemlosakhli@yahoo.com მისამართზე გამოგვიგზავნოს ერთი ან რამდენიმე სტატია, აგრეთვე თანდართული დოკუმენტაციის დასკანერებული ფაილები, მაგრამ კრებულის ერთ ნომერში გამოქვეყნდება მხოლოდ ორი ნამუშევარი.

ელ. ფოსტით სტატიის გამოგზავნის შემთხვევაში გთხოვთ გაითვალისწინოთ შემდეგი მოთხოვნები:

- Subject ველში (თემა) მიუთითეთ კრებულის დასახელება და ავტორის (ავტორების) გვარი.
- გამოიყენეთ ფაილის მიმაგრება (Attach).
- დიდი მოცულობის ფაილის შემთხვევაში გამოიყენეთ არქივატორი (ZIP, RAR).

• სტატია შედგენილი უნდა იყოს მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტები პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

• ვინაიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების კრებული არის არაკომერციული გამოცემა, ჩვენი მეცნიერი თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

• საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს № 200 დადგენილებით (22.01.2010წ.), ფიზიკურმა პირმა, რომელიც არ არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელი, შრომების კრებულში სტატიის გამოქვეყნებისთვის წინასწარ უნდა შეიტანოს ან გადმორიცხოს საჭირო თანხა (1 გვერდი – 10 ლარი) და სტატიის დოკუმენტაციას (ორი რეცენზია და ორგანიზაციის სამეცნიერო საბჭოს მიმართვა სტატიის სტუ-ის შრომების კრებულში გამოქვეყნების შესახებ) დაურთოს გადახდის ქვითარი. გრაფაში „გადახდის დანიშნულება“ უნდა ჩაიწეროს „სტატიის გამოქვეყნების ღირებულება“.

სტუ-ის საბანკო რეკვიზიტებია: სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192; მიმღების ბანკი: სახელმწიფო ხაზინა; მიმღების დასახელება: ხაზინის ერთიანი ანგარიში; ბანკის კოდი: TRESGE22; მიმღების ანგარიში: სახაზინო კოდი 708977259.

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს ნაბეჭდი სახით A4 ფორმატის ფურცელზე, არანაკლებ 5 გვერდისა (არეები – 2 სმ, ინტერვალი – 1,5).

- სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc ან docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი – ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;
-
- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი Sylfaen, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტებისთვის – შრიფტი Times New Roman, ზომა 12;

სტატიას უნდა ერთვოდეს შემდეგი ინფორმაცია:

- უაკ (უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაცია) კოდი.
- ცნობები ავტორის (ავტორების) და რეცენზენტების შესახებ ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე:
 - ყველა ავტორის სახელი და გვარი სრულად, E-mail-ი, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონი;
 - დეპარტამენტის დასახელება. ორგანიზაციის სრული სახელწოდება – ყოველი ავტორის მუშაობის ადგილი, ქვეყანა, ქალაქი.
 - რეცენზენტთა გვარები და სახელები სრულად, ელექტრონული ფოსტის მისამართი, სამეცნიერო წოდება, დეპარტამენტის ან სამუშაო ადგილის დასახელება.

სტატია უნდა შეიცავდეს:

- ანოტაციას ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (100–150 სიტყვა). *უცხოელი მკითხველისათვის ანოტაცია არის სტატიის შინაარსისა და მასში გადმოცემული კვლევის შედეგების შესახებ ინფორმაციის ერთადერთი წყარო. სწორედ იგი განსაზღვრავს ინტერესს მეცნიერის ნაშრომის მიმართ და, მაშასადამე, სურვილს, დაიწყოს დისკუსია ავტორთან, გამოითხოვოს სტატიის სრული ტექსტი და ა.შ.*

ანოტაცია უნდა იყოს:

- ინფორმაციული (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს);
- ტექსტი ინგლისურ და რუსულ ენებზე უნდა იყოს ორიგინალური;
- უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს;
- სტრუქტურირებული (მიჰყვებოდეს სტატიაში შედეგების აღწერის ლოგიკას).

უნდა შეიცავდეს:

- სტატიის საგანს, თემას, მიზანს (რომლებსაც უთითებთ იმ შემთხვევაში, თუ ეს არ არის ცხადი სტატიის სათაურიდან);
- კვლევის ჩატარების მეთოდს ან მეთოდოლოგიას (სამუშაოს ჩატარების მეთოდის ან მეთოდოლოგიის აღწერა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, თუ იგი გამოირჩევა სიახლით, საინტერესოა მოცემული ნაშრომის თვალსაზრისით);
- კვლევის შედეგებს;
- შედეგების გამოყენების არეალს;
- დასკვნას;

- საკვანძო სიტყვებს, დალაგებულს ანბანის მიხედვით (ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე);
- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილ შესავალს, ძირითად ნაწილს და დასკვნას;
- სურათების ან ფოტოების კომპიუტერულ ვარიანტს, შესრულებულს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით, გარჩევადობა – არანაკლებ 150 dpi-სა.
- ლიტერატურა
 - საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით, გამოყენებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს არანაკლებ ათისა.

წარმოდგენთ გამოსაქვეყნებელ სტატიაში გამოყენებული ლიტერატურის გაფორმების წესს:

ყველა ავტორის გვარი და ინიციალები მოცემული უნდა იყოს ლათინური ანბანის ასოებით, ე.ი. ტრანსლიტერაციით, სტატიის სახელწოდება – თარგმნილი ინგლისურად, წყაროს (ჟურნალის, შრომების კრებულის, კონფერენციის მასალების) სახელწოდება – ტრანსლიტერაციით; გამოსასვლელი მონაცემები – ინგლისურ ენაზე (სტატიის ენა მიეთითება ფრჩხილებში).

ლიტერატურა (ნიმუში)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის:

- ორი რეცენზია (იხ. ნიმუში)

http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx

- ფაკულტეტის საგამომცემლო საქმის დარგობრივი კომისიის ოქმის ამონაწერი

(იხ. ნიმუში) http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx

დოკუმენტები დამოწმებული უნდა იყოს ფაკულტეტის ბეჭდით.

ავტორს შეუძლია ნიმუშად გამოიყენოს კრებულის ერთ-ერთი ბოლო ნომერი.

აქტის ნიმუში

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის _____ ფაკულტეტის

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის _____ დარგობრივი კომისიის

აქტი № _____

„_____”

სხდომას ესწრებოდნენ:

დარგობრივი კომისიის წევრები:

(მიუთითეთ კომისიის შემადგენლობა) _____

განსახილველი სტატიის ავტორი/ავტორები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

3. _____

რეცენზენტები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

დარგის მოწვეული სპეციალისტები:

1. ნაშრომის განხილვა

2. (მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიის მიერ გამოყოფილია რეცენზენტები:

1. _____

2.

2. ნაშრომის საჯარო განხილვა

1. მოისმინეს: ავტორის/ავტორების *(მიუთითეთ)* ინფორმაცია განსახილველად წარმოდგენილი სტატიის შესახებ.

ნაშრომის ანოტაცია

3. მოისმინეს: რეცენზენტის/რეცენზენტების *(მიუთითეთ)* არგუმენტირებული შეფასება სტატიის აქტუალურობის, სიახლის და გამოცემის მიზანშეწონილობის შესახებ.

4. მოისმინეს: ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის დასკვნა-რეკომენდაცია *(მიუთითეთ მომხსენებლის ვინაობა)* სტატიის გამოცემის შესახებ.

აზრი გამოთქვას:

დაადგინეს:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტის

(მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივ კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

რეკომენდაციას უწევს სტატიის გამოქვეყნებას სტუ-ის შრომათა კრებულში.

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარე

კომისიის მდივანი

კომისიის წევრები:

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარის
ხელმოწერის სინამდვილეს ვადასტურებ
ფაკულტეტის დეკანი *(ხელმოწერა)*

რეცენზიის ნიმუში

1. ნაშრომის დასახელება სრულად

2. ავტორის/ავტორების სამეცნიერო წოდება, სამუშაო ადგილი, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა

3. ნაშრომში დასმული ამოცანის მოკლე მიმოხილვა

4. გამოსაქვეყნებლად მომზადებული ნაშრომის აქტუალობა

5. ძირითადი ასპექტები, რომლებიც განხილულია ავტორის მიერ

6. რეკომენდაცია ნაშრომის გამოქვეყნებისათვის (იმ შემთხვევაში თუ სარეცენზიო ნაშრომი სამეცნიერო სტატიაა, აუცილებელია სამეცნიერო ჟურნალის დასახელების მითითება)

7. რეცენზენტის გვარი და სახელი სრულად, სამუშაო ადგილი, სამეცნიერო წოდება, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა (სტატიის რეცენზირების შემთხვევაში რეცენზენტის მონაცემები გამოქვეყნებული იქნება სტატიასთან ერთად)

Guidelines for Authors

Collection of Academic Works of Georgian Technical University is a multidisciplinary quarterly refereed periodical included in Index Copernicus International.

- An article (accepted in Georgian, English or Russian) is published in the original language;
- The number of authors of an article should not exceed three;
- Authors should submit original copies of one or more articles for publication to the publishing house or send scan versions to sagamomcemlosakhli@yahoo.com along with supporting documentation, but only two articles from the same author(s) will be published in one edition;

To submit scan versions via email please follow the instructions:

- *In the Subject line indicate the collection of works and the name(s) of author(s).*
- *Attach the file(s) properly;*
- *Use ZIP or RAR file compressors in case of large files to attach.*

- The article should be literal, well-structured and apply proper terminology to convey the author's constructive arguments relevant to the subject. The authors and reviewers are responsible for the content and quality of an article;
- The collection of works of GTU is a non-commercial publication and running the articles of our researchers and for PhD students is free of charge;
- According to the Resolution No.200 of GTU Academic Council (22.01.2010), authors who are not the employees at the University, should make the preliminary payment by cash or transfer to have their paper published (10 GEL per page). Copy of the payment receipt should be enclosed with the supporting documentation (two reviews and a reference by the organization's academic board on publishing the article in GTU collection of scientific papers). "Cost of article publication" shall appear as subject in the "purpose of payment" field.

GTU bank details: LEPL Georgian Technical University; organization's identification number 211349192; beneficiary bank: State Treasury; beneficiary: joint treasury account; bank code: TRESGE22; Account number: treasury code 708977259.

How to form an academic article:

- The text should be presented in print-out form (A4), no less than 5 pages (margins - 2 cm, line spacing - 1,5);
- Only MS Word versions of texts are accepted (doc or docx) presented electronically on any magnetic carrier;
- For Georgian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt;
- For English and Russian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt.

The accompanying information to the article should include:

- Universal Decimal Classification (UDC)
- Information about the author(s) and reviewers in Georgian, English and Russian:
 - Full name, academic title, email and phone number of each author;
 - Department, full name of organization – place of employment of each author, area/town, country;
 - Full name, email, academic title, department or place of employment of each reviewer.

The article should include:

- An abstract in Georgian, English and Russian (100-150 words long). *For foreign readers an abstract is the only source of information about the content of an article and results of the research conveyed by it. An abstract therefore defines the reader's interest towards the article and possibility of further outreach to the author for the full text, etc.*

An abstract should be:

- *Informative (free of generalized terms and statements);*
- *Original (with quality translations in English and Russian with the proper application of terminology);*
- *Specific (conveying the core content of an article);*
- *Properly structured (consistent with the research results given in the article).*

An abstract should contain:

- *The subject, topic and objective of an article (indicated in case if these are not clear from the title);*
- *Method or methodology of research performed (expected to be described when and if this method or methodology are new and interesting with reference to the article);*
- *Research results;*
- *Area of application of research results;*
- *Conclusion.*

- Key words sorted by alphabet (Georgian, English and Russian);
- Sections should be outlined Introduction, Main Part and Conclusion;
- Digital version of drawings or images in any graphic format, resolution 150 dpi;
- Reference
 - By the recommendations of Databases of International Scientific Journals the number of references should be no less than ten.

How to form the reference section in the article:

Name and surname of each author should be given in Latin letter initials, title of the articles – translated in English, name of the source (journal, collection of works, conference materials) – with transliteration (original language of the article should be indicated in brackets).

References (sample)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian).
5. Svanidze G.G., Gagua V.P., Sukhishvili E.V. “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Requirements for the submission of articles by the employees and for PhD students of Georgian Technical University:

- Two reviews (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- Minutes of the sectoral committee of the faculty publishing (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
Documents should be verified with the faculty stamp.

Notice to Authors

Authors may consider one of the previous editions of GTU Collection of Academic Works as an example

К сведению авторов

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным мультидисциплинарным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в международной базе электронных данных _ Index Copernicus International.

- Статьи (принимаются на грузинском, английском, русском языках) публикуются на языке оригинала.
- Количество авторов статьи не должно превышать 3.
- Автор может предоставлять для публикации в Издательском доме или по электронной почте (на следующий адрес: sagamomcemlosakhli@yahoo.com) одну или несколько статей, а также в сканированных файлах сопутствующую документацию, но в одном номере могут быть опубликованы только две работы.

- ***В случае статей, присылаемых по эл. почте, просьба предусмотреть следующие требования:***

- *указать в эл. Subject-е название сборника (тема) и фамилию автора (авторов);*

- *использовать Attach (приложить файл);*

- *в случае большого объема файла применить архиватор (ZIP, RAR).*

- Статья должна быть составлена грамотно, с соблюдением терминологии. Автор (авторы) и рецензенты несут ответственность за содержание и качество статьи.

- Поскольку сборник трудов Грузинского технического университета является некоммерческим изданием, для сотрудников статьи публикуются бесплатно.

- Согласно постановлению академического совета №200 (22.01.2010 г.), физическое лицо, не являющееся сотрудником университета, для публикации статьи в сборнике трудов должно заранее внести или перечислить необходимую сумму (1 страница стоит 10 лари) за статью и соответствующую документацию (две рецензии и направление научного совета организации о публикации статьи в сборнике трудов ГТУ), приложив справку об оплате. В графе «Назначение оплаты» следует записать «стоимость публикации статьи».

Банковские реквизиты ГТУ: Юридическое лицо публичного права (ЮЛПП); Грузинский технический университет; идентификационный код 211349192; банк приема; государственная казна; название получателя: единый счет казны; код банка: TRESGE22; счет получателя: код казны 708977259.

Предлагаем порядок оформления научной статьи:

- статья должна быть представлена в напечатанном виде на странице формата А4, содержать не меньше 5 страниц (поля – 2 см, интервал – 1,5);

- статья должна быть выполнена в виде файла doc или docx (MS Word) и записана на любом магнитном носителе;
- для грузинского текста применять шрифт Sylfaen, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Sylfaen, размер 12;

Статья должна сопровождаться следующей информацией:

- код УДК (Универсальная десятичная классификация).

Сведения об авторе (авторах) на грузинском, английском и русском языках:

- полностью имя и фамилия автора (авторов), E-mail, научная степень и контактный телефон;
- название департамента, полное название организации – место работы каждого автора – страна, город;
- полностью фамилии и имена рецензентов, адрес электронной почты, научное звание, название департамента или места работы.

К статье должны прилагаться:

- Аннотация на грузинском, английском и русском языках (100-150 слов). *Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о результатах исследований, приведенных в содержании статьи. Именно это определяет интерес ученого к работе и, соответственно, желание начать дискуссию с автором, познакомиться с полным текстом статьи и т.д.*

Аннотация должна быть:

- *информационной (не должна содержать общих слов и фраз);*
- *оригинальной (перевод на английском и грузинском языках должен быть качественный, при переводе следует использовать специальную терминологию);*
- *содержательной (должна отражать основное содержание статьи и результаты исследования);*
- *структурированной (следовать в статье логике описания результатов).*

Должна содержать:

- *предмет статьи, тему, цель (которые указывают в том случае, если это не ясно из заглавия статьи);*
- *метод или методологию проведенного исследования (описание метода или методологии проведенной работы целесообразно в том случае, если они выделяются новизной, интересны с точки зрения данной работы);*
- *результаты исследования;*
- *ареал использования результатов;*
- *выводы;*

- ключевые слова, расположенные по алфавиту (на грузинском, английском и русском языках);
- в статье должны быть выделены подзаголовки: введение, основная часть и заключение (выводы);
- компьютерные варианты чертежей или фотографий должны быть выполнены в любом графическом

- формате, разрешением – не менее 150 dpi.
- Литература

По рекомендации базы данных международных научных журналов, число использованной литературы желательно должно быть не меньше 10.

Представляем порядок оформления в публикуемой статье использованной литературы:

Фамилия и инициалы всех авторов должны быть выполнены буквами латинского алфавита, т.е. транслитерацией; название статьи с переводом на английский язык; название источников (журнала, сборника трудов, материалов конференции) – транслитерацией (язык статьи указан в скобках).

Литература (Образец)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqniki Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Для представления статьи должен быть приложен перечень необходимых документов для сотрудников и докторантов Грузинского технического университета:

- две рецензии (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- выписка из протокола отраслевой комиссии по издательскому делу факультета (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
документы должны быть удостоверены печатью факультета.

Автор может использовать в качестве образца один из последних номеров издания.

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3>

რედაქტორები: ნ. დოლიძე, ნ. ჟიჟილაშვილი, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 01.07.2020. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2020. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 11.5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent