

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

მომავალკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

ISSN 1512-0996

Certificate
ICI Journals master List



ურომები
WORKS
ТРУДЫ
N2(512)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2019

დაარსებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული ანის ყოველკვარცაღური მუდგოდისციპლინური რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში - Index Copernicus International.

ყველა უფლება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სტატიის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება ანც ერთი ფონდითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

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

სტატიის ავტორის (ავტორების) პოზიციის შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ გულწრფელი მადლიერებით მიიღებს ყველა კონსტრუქციულ შენიშვნას, წინადადებას და გამოიყენებს საქმიანობის შემდგომი სრულყოფისათვის.

მოგვწერეთ:

sagamomcemlosakhli@yahoo.com

შთაშვნი რეაქტორი

ა. ფრანგიშვიდი

შთაშვნი რეაქტორის მოხელეები:

დ. კლიმიაშვიდი

ბ. გასიცაშვიდი

სარეაქტორო კოლეგია:

ა. აბრადავა, გ. აბრამიშვიდი, ა. აბშიდავა,
თ. ამბროლაძე, ე. ბარათაშვიდი, თ. ბაციკაძე,
ჯ. ბერიძე, ს. ბიელეცკი (პოდლონეთი),
პ. ბიელივი (სლოვაკეთი), თ. გაბადაძე,
ჯ. გახოკიძე, თ. გელაშვიდი, ა. გიგინეიშვიდი,
გ. გომში (გერმანია), ად. გრიგორიშვიდი,
ედ. ელიზბარაშვიდი, ს. ესაძე, ვდ. ვარდოსანიძე,
უ. ბვიცაძე, თ. ბუმბურიძე, პ. ბუნკელი (ავსტრია),
დ. თავხელიძე, პ. თოდუა (რუსეთი), ი. კვესელავა,
ფ. კვიციანი, ა. კვეციანი (ესტონეთი), ბ. კვიციანი,
თ. ღომინაძე, ი. ღომიძე, ა. მამადისი (საბერძნეთი),
მ. მაცაბერიძე, თ. მეგრელიძე, მ. მესხი,
ა. მონონელიძე, დ. მძინარიშვიდი, დ. ნაწროშვიდი,
ნ. ნაცვლიშვიდი, შ. ნემსაძე, დ. ნობაძე,
გ. საღუჭავაძე, ქ. ქოქრაშვიდი, ე. ქუთელია,
ა. შარვაშიძე, ს. შმიდტი (გერმანია),
პ. შეროერი (გერმანია), მ. ჩხვიძე,
ბ. წვერიაძე, თ. ჯაგოდნიშვიდი, თ. ჯიშკარიანი,

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2019

ISSN 1512-0996



9 771512 099004

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
A. Prangishvili

Deputy Editors in Chief
L. Klimiashvili
Z. Gasitashvili

Editorial Board:

A. Abzalava, G. Abramishvili, A. Abshilava,
T. Ambroladze, E. Baratashvili, T. Batsikadze, J. Beridze,
S. Bielecki (Poland), P. Bielik (Slovakia), M. Chkheidze,
E. Elizbarashvili, S. Esadze, T. Gabadadze,
J. Gakhokidze, O. Gelashvili, A. Gigineishvili,
G. Gobsch (Germany), Al. Grigolishvili, T. Jagodnishvili,
T. Jishkariani, A. Keevalik (Estonia), Z. Kiknadze,
K. Kokrashvili, E. Kutelia, I. Kveselava, T. Kvitsiani,
T. Lominadze, I. Lomidze, A.G. Mamalis (Greece),
M. Matsaberidze, L. Mdzinarishvili, T. Megrelidze,
M. Meskhi, A. Motzonelidze, D. Natroshvili,
N. Natsvlishvili, Sh. Nemsadze, D. Nozadze,
G. Salukvadze, H. Stroher (Germany), H. Sunkel
(Austria), S.M. Schmidt (Germany), A. Sharvashidze,
D. Tavkhelidze, P. Todua (Russia), Z. Tsveraidze,
Vl. Vardosanidze, O. Zumburidze, U. Zviadadze.

© Publishing House "Technical University", 2019



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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

А.И. Прангишвили

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ:

Л.Д. Климиашвили

З.А. Гаситашвили

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

А.Г. Абралава, Г.С. Абрамишвили, А.В. Абшилава,
Т.А. Амброладзе, Е.Ш. Бараташвили, Т.В. Бацикадзе,
С. Биелецки (Польша), П. Биелик (Словакия),
Дж.Л. Беридзе, Вл.Г. Вардосанидзе, Т.Г. Габададзе,
Дж.В. Гахокидзе, О.Г. Гелашвили,
А.В. Гигинеишвили, Г. Гобш (Германия),
Ал.Р. Григолишвили, Т.А. Джагоднишвили,
Т.С. Джишқариани, У.И. Звиададзе, О.Г. Зумбуридзе,
Г. Зункел (Австрия), И.С. Квеселава, Т.А. Квициани,
А. Кеевалик (Эстония), З.Г. Кикнадзе,
К.А. Кокрашвили, Е.Р. Кутелия, И.Б. Ломидзе,
Т.Н. Ломинадзе, А. Мамалис (Греция),
М.И. Мацаберидзе, Л.Д. Мдзинаришвили,
Т.Я. Мегрелидзе, М.А. Месхи, А.Н. Моцонелидзе,
Д.Г. Натрошвили, Н.В. Нацвлишвили,
Ш.А. Немсадзе, Д.А. Нозадзе, Г.Г. Салуквадзе,
Д.Д. Тавхелидзе, П. Тодуа (Россия), З.Н. Цвераидзе,
М.М. Чхеидзе, А.М. Шарвашидзе,
С. Шмидт (Германия), Г. Штроер (Германия),
Э.Н. Элизбарашвили, С.Ю. Эсадзе

© Издательский дом «Технический университет», 2019

ISSN 1512-0996



შინაარსი

კომპიუტერული მეცნიერება

მ. ჩხაიძე, მ. ტაბატაძე. გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება მედიცინაში.....	11
ნ. ფოფორაძე, ვ. აბზიანიძე, დ. აბზიანიძე. ინტერპოლაციის ხარისხის შეფასება პროგრამულ პაკეტ Surfer-ში.....	20
რ. ქუთათელაძე, ა. კობიაშვილი, ნ. დარჩიაშვილი. სატელეფონო ცენტრის მონიტორინგის სისტემა.....	30

მეცნიერება გადაწყვეტილების მიღების შესახებ

გ. ღვინევაძე. ინტერდისციპლინური მიდგომის დახმარებით ზოგიერთი რთული ლინგვისტიკური ამოცანის გადაწყვეტა (ტერმინ Georgia-ს ეტიმოლოგიისათვის).....	40
მ. ახოზაძე, ელ. კურცხალია. სისტემაში შემფოთების გავრცელებისა და შეფასების მეთოდი და ალგორითმი.....	55

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

მ. შარიქაძე. ძირულის მასივის გვიანზარემულ-ადრეაპტური ახალი ამონიტები.....	64
---	----

საინჟინრო საქმე

ი. ინაშვილი, ი. დენისოვა, კ. ბზიავა. ლამინარულ რეჟიმში სფეროსებრი ნაწილაკის დალექვის კანონზომიერებები.....	81
თ. მეგრელიძე, თ. ისაკაძე, გ. გუგულაშვილი. გაყინული თევზის გასაღობი და საშრობი გვირაბული ტიპის ინოვაციური დანადგარი.....	89

თ. მეგრელიძე, თ. ისაკაძე, გ. გუგულაშვილი. ინოვაციური კონსტრუქციის ორსაფეხურიანი
როტაციული კომპრესორი..... 96

ი. ქვარაია, ლ. გიორგობიანი. ტაძრის შესასვლელი კარის მხატვრული გაფორმების ახლებური
გადაწყვეტა 103

ი. ქვარაია, ლ. გიორგობიანი. საქართველოში ჩამოსხმული ყველაზე დიდი საეკლესიო ზარი..... 109

მათემატიკა

ზ. აღდგომელაშვილი. ბიდიოფანტური ბრტყელი გეომეტრიული ფიგურები..... 116

ავტორთა სამიებელი 149

რეცენზენტთა სამიებელი 150

ავტორთა საყურადღებოდ 151

CONTENTS

Computer science

- M. Chkhaidze, M. Tabatadze.** Using Genetic Algorithms in Medicine..... 11
- N. Poporadze, V. Abzianidze, D. Abzianidze.** Interpolation quality evaluation in the software package „Surfer” 20
- R. Kutateladze, A. Kobiashvili, N. Darchiashvili.** Call Centre Monitoring System 30

Decision sciences

- G. Gvinepadze.** Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach (for etymology of the term “Georgia”) 40
- M. Akhobadze, E. Kurtskhalia.** Method and algorithm to evaluate the distribution of disturbances in the system 55

Earth and planetary sciences

- M. Sharikadze.** New late barremian-early aptian ammonites of dzirula massif (Georgia) 64

Engineering

- I. Inashvili, I. Denisova, K. Bziava.** Regularities of sedimentation of spherical particles in a laminar flow 81
- T. Megrelidze, T. Isakadze, G. Gugulashvili.** Innovative tunnel-type equipment for thawing and drying of frozen fish 89
- T. Megrelidze, T. Isakadze, G. Gugulashvili.** Two-stage rotating compressor of innovative design 96

I. Kvaraia, L. Giorgobiani. A New Decoration Solution for the Front Door of the Temple	103
I. Kvaraia, L. Giorgobiani. The Biggest Church Bell Cast in Georgia.....	109

Mathematics

Z. Agdgomelashvili. Flat Bidiophantine Geometric Figures.....	116
---	-----

Author's index	149
Reviewer's index	150
Guide for authors	157

СОДЕРЖАНИЕ

Компьютерные науки

- М.Н. Чхаидзе, М.Т. Табатадзе.** Использование генетических алгоритмов в медицине 11
- Н.Г. Попорадзе, В.В. Абзианидзе, Д.В. Абзианидзе.** Оценка качества интерполяции в программном пакете „Surfer“ 20
- Р.Г. Кутателадзе, А.А. Кобиашвили, Н.Е. Дарчиашвили.** Система мониторинга колл-центра..... 30

Наука о принятии решений

- Г.Ш. Гвинепадзе.** Решение некоторых сложных лингвистических задач с помощью интердисциплинарного подхода (к этимологии термина Georgia) 40
- М.Н. Ахобадзе, Э.Г. Курцхалия.** Метод и алгоритм оценки и распространения возмущений в системе 55

Науки изучающие Землю и планетология

- М.З. Шарикадзе.** Новые позднебарремско-раннеаптские аммониты Дзирульского массива (Грузия)..... 64

Инженерное дело

- И.Д. Инашвили, И.А. Денисова, К.Г. Бзиава.** Закономерности седиментации сферических частиц в ламинарном режиме 81
- Т.Я. Мегрелидзе, Т.А. Исакадзе, Г.Л. Гугулашвили.** Инновационное оборудование тоннельного типа для размораживания и сушения мороженой рыбы 89
- Т.Я. Мегрелидзе, Т.А. Исакадзе, Г.Л. Гугулашвили.** Двухступенчатый ротационный компрессор инновационной конструкции 96

И.Б. Кварая, Л.Н. Гиоргобиани. Новое решение художественного оформления входной двери храма ...	103
И.Б. Кварая, Л.Н. Гиоргобиани. Самый большой церковный колокол отлитый в Грузии.....	109

Математика

З.Г. Агдгомелашвили. Бидиофантовые плоские геометрические фигуры	116
--	-----

Перечень авторов	149
------------------------	-----

Указатель рецензентов	150
-----------------------------	-----

К сведению авторов	160
--------------------------	-----

UDC 547.972.1

SCOPUS CODE 1702

გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება მედიცინაში

- მ. ჩხაიძე** ხელოვნური ინტელექტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: m.chkhaidze@gtu.ge
- მ. ტაბატაძე** ხელოვნური ინტელექტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: m.tabatadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ო. თავდიშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: otartavdi@yahoo.com

ი. კუცია, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: irma71@mail.ru

ანოტაცია. გენეტიკური ალგორითმი არის ოპტიმიზაციის შეზღუდული და შეუზღუდავი ამოცანების გადაწყვეტის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ბუნებრივ შერჩევაზე – პროცესზე, რომელსაც მიყვავართ ბიოლოგიურ ევოლუციამდე, ე.ი. გენეტიკური ალგორითმი აგებულია ბუნებაში მოქმედი ევოლუციური პროცესების ანალოგიურად. ის გამოიყენება დისკრეტული მნიშვნელობების მქონე გენებით შედგენილ პოპულაციაში საუკეთესო არსების მოსაძებნად, როდესაც პოპულაციის არსების ცვლილებები გამოწვეულია რეკომბინაციის პროცესით. ბოლო დროს აქტუალური გახდა გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება სხვადასხვა ამოცანის გადაწყვეტისათვის. განხი-

ლულია ასევე გენეტიკური ალგორითმების თეორიის გამოყენების მაგალითები, კერძოდ მათი გამოყენება მედიცინაში, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მედიცინის დარგების ეფექტური მუშაობისა და მოდერნიზაციისათვის. ჩამოთვლილია გენეტიკური ალგორითმების თეორიის უპირატესობები და ნაკლოვანებები. აღწერილია გენეტიკური ალგორითმების მეთოდების გამოყენება გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების დიაგნოსტიკის პროცესში, რომელიც სრულდება ელექტროკარდიოგრამის მონაცემების დამუშავებისას (ასევე კორონარულ-არტერიული შევიწროების დიაგნოსტიკა). მოცემულია სამედიცინო ცნობარში კონტექსტისაგან თავისუფალი გრამატიკის გენერირების მაგალითი.

საკვანძო სიტყვები: ევოლუციური ალგორითმები; კონტექსტისგან თავისუფალი გრამატიკები; კორონალური; მუტაცია.

შესავალი

ბოლო წლებში სამეცნიერო წრეებში იზრდება გადაწყვეტილებათა მიღების ავტომატიზაციასთან დაკავშირებული კვლევების რაოდენობა. ამ პროცესებში შეინიშნება გენეტიკური ალგორითმების მეთოდების გამოყენებაც.

გენეტიკური ალგორითმების თეორია მოიცავს ადამიანის მოღვაწეობის დიდ ნაწილს, მათ შორის მედიცინასაც. გენეტიკური ალგორითმების თეორიის უპირატესობისა და ნაკლოვანების, ასევე მისი გამოყენების მეთოდების შესწავლა სასარგებლო იქნება მედიცინის დარგების მოდერნიზაციისათვის.

გენეტიკური ალგორითმები მიეკუთვნება ოპტიმალური და საძიებო ალგორითმების ჯგუფს. პირველი შრომები გამოქვეყნდა 1975 წელს. ამ დროიდან შეიძლება ვისაუბროთ გენეტიკურ ალგორითმებზე, როგორც მრავალი სამეცნიერო და ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტის პერსპექტიულ და პროგრესულ მეთოდებზე. ქვემოთ მოყვანილია გენეტიკური ალგორითმების ძირითადი უპირატესობები:

1. გენეტიკურ ალგორითმებში შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა ტიპის მონაცემი, რომელთა გამოყენება დამოუკიდებელ ხასიათს ატარებს. თუ რაიმე ამოცანის ოპტიმიზაცია ძალიან დიდ შრომას და დროს მოითხოვს, გენეტიკურმა

ალგორითმებმა შესაძლებელია ბევრად უფრო გაამარტივოს დასმული ამოცანა;

2. გენეტიკური ალგორითმებით შესაძლებელია მოიძებნოს უნივერსალური გადაწყვეტილება. ეს განსაკუთრებით სასარგებლო და მიზანშეწონილია ისეთ შემთხვევებში, როდესაც არ არსებობს რაიმე პრობლემის გადაწყვეტის კონკრეტული მეთოდი;

3. გენეტიკური ალგორითმები, ცოცხალი ბუნებისა თუ საზოგადოებრივი სისტემების მსგავსად, თვითგანვითარებადია. იმ დროს, როდესაც თანამედროვე ანალიტიკური მეთოდები იყენებს ზუსტ რიცხვებს, ადამიანი იღებს გადაწყვეტილებას, რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იყოს არამკაფიო სიმრავლეებით. ადამიანი გადაწყვეტილების მიღებისას ხელმძღვანელობს საკუთარი გამოცდილებით, ინტუიციით, მიღებული ცოდნით. არამკაფიო სიმრავლეები ქმნის ლინგვისტური ცვლადის კონცეფციის საფუძველს, რომელთა მნიშვნელობას შეადგენს სიტყვა და არა რიცხვი. ასეთ ცვლადებს გამოიყენებს გენეტიკური ალგორითმები;

4. გენეტიკური ალგორითმების უპირატესობაა ისიც, რომ ის ეძებს არაერთ კონკრეტულ და ზუსტ გადაწყვეტილებას, არამედ სავარაუდო დასაშვები გადაწყვეტილებების ჯგუფს, რომლიდანაც საუკეთესო აირჩევა. შემაჯავლი მონაცემები იყოფა მსგავსი მონაცემების კლასტერებად. ასე, რომ გენეტიკური ალგორითმები გამოიყენება ისეთ ამოცანებში, რომელთა პარამეტრების რაოდენობა დიდია.

გარდა დადებითისა, გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებას აქვს თავისი უარყოფითიც,

შეზღუდული აქვს უნარი მიიღოს სწორი გადაწყვეტილება. ადამიანისაგან განსხვავებით, გენეტიკურ ალგორითმებს არ შეუძლია გააანალიზოს და განსაზღვროს გადაწყვეტილების ძიების ლოგიკა. გენეტიკური ალგორითმებით მიღებული შედეგები შემოიფარგლება იმით, თუ როგორი აგებულება გამოიყენება გენეტიკური ოპერატორებისათვის – შეჯვარება, მუტაცია თუ გამრავლება. არსებობს საშიშროება, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში არჩეული სტრატეგია ვერ მუშაობს. მიუხედავად ამისა, ადამიანის მოღვაწეობის მრავალ სფეროში გენეტიკურ ალგორითმებს დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ერთ-ერთი საუკეთესო მაგალითია გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება სამედიცინო სფეროში.

ძირითადი ნაწილი

უმეტეს სამედიცინო დასკვნებში შესაძლებელია ფორმირებული იყოს დასმული ამოცანის პოტენციურ გადაწყვეტილებათა სივრცეში ძიება. მაგალითად, რადიოლოგი, რომელიც გეგმავს პაციენტისათვის განსაზღვრულ თერაპიას, ეძებს მკურნალობის მეთოდს ყველა შესაძლო ვარიანტიდან. მედიცინაში საძიებო არე ყოველთვის დიდი და რთულია. ძირითადად გადაწყვეტილების მიღება ეყრდნობა კლინიკურ ტესტებს, რომელშიც თავმოყრილია დიდი რაოდენობის მონაცემი. მათზე დაყრდნობით, აუცილებელია მიღებულ იქნეს მხოლოდ ერთი გადაწყვეტილება (მაგ., დაადგინო, ახალადმოჩენილი უჯრედები ავთვისებიანია თუ კეთილთვისებიანი). ასე, რომ საჭიროა ყველა შესაძლო უჯრედის მახასიათებლებიდან მოიძებნოს

შესაბამისი თვისება, რომელიც მოგვცემს სწორი დიაგნოზის დასმის საშუალებას.

ევოლუციური ალგორითმები მედიცინაში გამოიყენება ისეთი დავალების შესასრულებლად, რომლებიც შეიძლება სამ ჯგუფად დაიყოს:

1. მონაცემების შესწავლა პროგნოზირებისა და დიაგნოსტიკის მიზნით;
2. სიგნალების გენერირება და გარდაქმნა;
3. მკურნალობის გრაფიკის დაგეგმვა და შექმნა.

მონაცემების ინტელექტუალური ანალიზი არის კანონზომიერებისა და ტენდენციურობის ძიების პროცესი, დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზის გზით. სამედიცინო მონაცემთა ანალიზში, როგორც წესი, ევოლუციური ალგორითმები გამოიყენება პარამეტრების მნიშვნელობების მოსაძებნად. მრავალი სამედიცინო მონაცემი გამოიხატება სახის ან სხვა სიგნალების დახმარებით. ევოლუციური ალგორითმები აქ იმიტომ გამოიყენება, რომ შეძლოს შეასწოროს სიგნალების დამუშავების ალგორითმი ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევის გზით, ასევე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს, წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე, სასარგებლო ინფორმაციის მიღებისათვის.

ევოლუციური ალგორითმები განსაკუთრებით ეფექტურად გამოიყენება გრაფიკების დაგეგმვისა და შედგენის პრობლემების გადაწყვეტისათვის. მაგალითად, დროის ოპტიმალური გამოყენების მიზნით, როდესაც პაციენტს სჭირდება რამდენიმე ექიმის კონსულტაცია და სამედიცინო პროცედურის გავლა.

გენეტიკური ალგორითმები გამოიყენება ისეთი ამოცანის გადაწყვეტისათვის, როგორცაა სამედიცინო ცნობარში კონტექსტისაგან თავისუფალი

გრამატიკის ავტომატური გენერირება, რომელიც აღწერს, როგორ უნდა განისაზღვროს კორონალურ-არტერიული შევიწროების თანამედროვე დიაგნოსტიკა.

ქვემოთ მოყვანილი შედეგები ეხება კონტექსტისაგან თავისუფალი გრამატიკის გენერირებას, რომელიც აღწერს სამედიცინო ცნობარში კორონალურ-არტერიული სისხლძარღვების შევიწროებას. ევოლუციური პროცესების წარმართველი მონაცემები მოცემულია ცხრილში. განიხილეს 50 დადებითი და 41 უარყოფითი ენის ნიმუში.

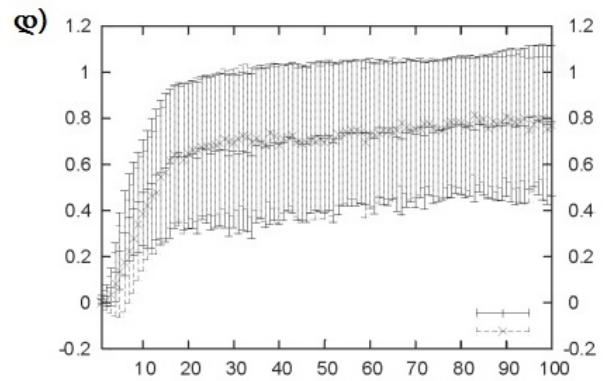
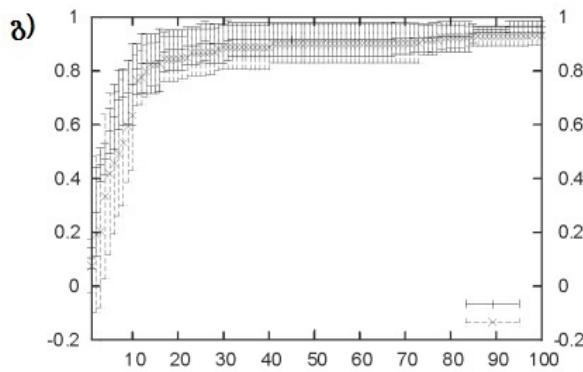
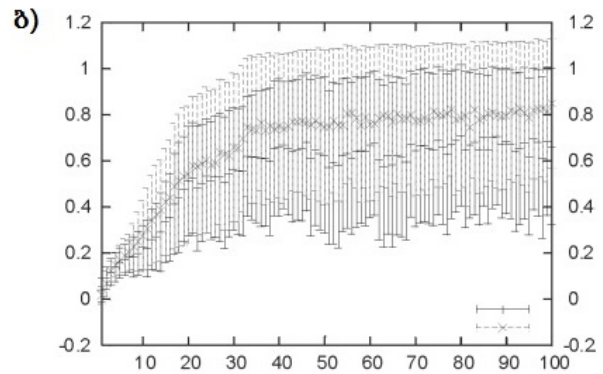
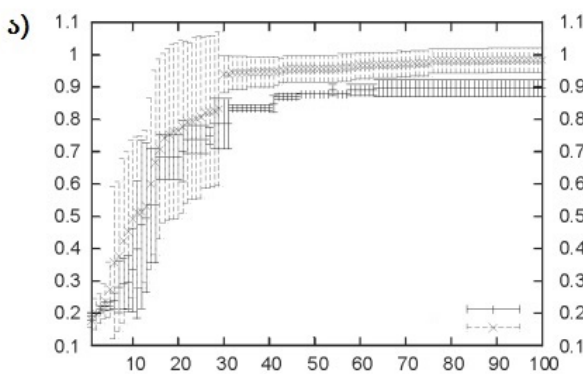
პარამეტრების დასახელება	პარამეტრების მნიშვნელობა
ტერმინალი	
არატერმინალი	
თაობათა საერთო რიცხვი	100
პოპულაციის რაოდენობა	100
არატერმინალის მაქსიმალური რიცხვი	4
ტერმინალის მაქსიმალური რიცხვი	4
ალბათობა იმისა, რომ არატერმინალური სიმბოლოსათვის სწორ დასკვნაში გენერირდება ქვეზე, რომლის ფესვსაც ის წარმოადგენს	0.8
წარმოსახვითი ხის საწყისი მაქსიმალური სიღრმე	4
წარმოსახვითი ხის მაქსიმალური სიღრმე	6
ალბათობა იმისა, რომ პირველი პირისათვის შეჯვარების წერტილად აირჩევა ხის განშტოება, რომელიც განსაზღვრავს გრამატიკის დასკვნებს	0.1
მუტაციის მცდელობის გამოყენების რიცხვი	2
მუტაციის ოპერატორის გამოყენების ალბათობა 1 მცდელობაზე	0.05

გამოთვლითი ექსპერიმენტის ჩატარებისას შესრულდა ალგორითმის 5 გაშვება, Bison და CYKP ანალიზატორების გამოყენებით. მიღებული შედეგები ნაჩვენებია სურათზე. ა და გ გრაფიკები საუკეთესო პირის შემგუებლობის მნიშვნელობაა, შესაბამისად, Bison და CYKP ანალიზატორებისათვის. გრაფიკზე ნაჩვენებია ევოლუციის 5 შემთხვევის საშუალო მნიშვნელობები და ასევე სტანდარტული გადახრა ამ მნიშვნელობებიდან. ბ და დ გრაფიკები მთელი პოპულაციის საშუალო მნიშვნელობაა, ალგორითმის 5-ჯერ გაშვებისას, ამ მნიშვნელობების მითითებულ სტანდარტულ გადახრასთან ერთად. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, ბიზონანალიზატორის გამოყენებისას როგორც საუკეთესო პირის შემგუებლობის მნიშვნელობა, ისე შემგუებლობის საშუალო მნიშვნელობა პოპულაციაში ევოლუციის პროცესში მიიღება ნაკლები გრამატიკების პირველი თაობის გენერირებისას ენის მაგალითების ბაზაზე, ვიდრე ამ პირების შემთხვევითი გენერირებისას. ერთი მხრივ, ეს განპირობებულია იმით, რომ გრამატიკების გენერაციის შემთხვევაში ენის მაგალითების ბაზაზე პირველი თაობის პოპულაციის განსხვავება ნაკლებია, ვიდრე half and helf მეთოდით გენერირებისას. სხვა მხრივ, გენერირებული გრამატიკების ნაწილი არ განეკუთვნება LALRI კლასს, რასაც მივყავართ იმისკენ, რომ სწორი ანალიზატორების ბაზაზე მათი შექმნა შეუძლებელია ბიზონანალიზატორების საშუალებით, შედეგად ვიღებთ, რომ შემგუებლობა ნულის ტოლია.

ამავე დროს CYKR ანალიზატორის გამოყენებისას საუკეთესო პირის შემგუებლობის მნიშვნელობა საწყის თაობებში, როგორც პოპულაციაში,

ყველა პირის შემგუებლობის საშუალო მნიშვნელობაზე მეტია, ენის მაგალითების საფუძველზე, პირველი თაობის გენერირების ვარიანტისათვის. ეს ძირითადად იქიდან გამომდინარეობს, რომ, CYKR ანალიზატორის შემთხვევაში, მაგალითების ბაზაზე გენერირებული ყველა გრამატიკა უკიდურეს შემთხვევაში სწორად ამოიცნობს ენის მაგალითის ერთ დადებით ნიმუშს მაინც, რაც არამართე-

ბულია „ramped half and half“ მეთოდით გენერირებული გრამატიკებისათვის. ოღონდ შედარებით ჩქარა (მოცემული შედეგებით დაახლოებით მე-20 თაობა) მყარდება როგორც საუკეთესო პირის შემგუებლობის მნიშვნელობის, ისე მოცემულ თაობაში ყველა პირის შემგუებლობის საშუალო პირის გათანაბრება.



იმის მიუხედავად, რომ შემთხვევითი გზით გენერირებული ხეების მაქსიმალური სიმაღლე არის 4 (შესაბამისი ალგორითმის პარამეტრის თანახმად), ხოლო ენის მაგალითებზე გენერირებული ხეების მაქსიმალური სიმაღლე – 6, შემთხვევითი მეთოდით გენერირებულ ხეებს აქვს გაცილებით უფრო რთული სტრუქტურა. ეს ერთ-ერთი მი-

ზეზია იმისა, რომ ბიზონანალიზატორის ევოლუციის პროცესში პირველი თაობისათვის მიღწეული შედეგები, რომლებიც გენერირებული იყო შემთხვევითი მეთოდით, უკეთესი იყო, ვიდრე ენის მაგალითების საფუძველზე მიღებული.

გენეტიკური ალგორითმები ასევე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს გულ-სისხლძარღვთა და-

ავადებების დიაგნოსტიკისას. განვიხილოთ ელექტროკარდიოგრამის მონაცემების დამუშავება. როგორც უკვე ვიცით, არსებობს სამედიცინო მრუდეების ანალიზის რამდენიმე მეთოდი. პირველ მეთოდამდე მკვლევრები მივიდნენ სამედიცინო ნიშნების (რომელიც გამომუშავდა მრავალწლიანი გამოცდილების და საექიმო ინტუიციის საფუძველზე) გამოყენების გზით. ამასთანავე, არსებულ მრუდეებზე გამოიყოფა ესა თუ ის დამახასიათებელი თავისებურებები (კბილანები, ჩავარდნები და გადახვევები) და ხდება მათი გაზომვა. რიცხვითი მნიშვნელობები და ზოგიერთი დამოკიდებულება მათ შორის, როგორც ზოგიერთი მათი თვისების აღწერილობა, განიხილება როგორც შესაბამისი სამედიცინო მრუდის ნიშნები. როგორც კარდიოგრამის სურათზეა ნაჩვენები, გამოყოფენ P, Q, R, S და T წვეროებს. შემდგომ აღიწერება მათი სახეობის თავისებურება, გაიზომება ზოგიერთი მახასიათებელი ზომები და ა.შ.

მეორე მიმართულება ემთხვევა იდეას – არსებული საწყისი მონაცემების გაშლას ამ თუ იმ საბაზისო ფუნქციის სისტემაში. საუბარია უწყვეტი პროცესის დაახლოებით წარმოდგენაზე $f(t)$ რამდენიმე წრფივი კომბინაციის სახით:

$$f(t) = \sum_{i=1}^m c_i \varphi_i(t). \quad (1)$$

$\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots$, საბაზისო ფუნქციებია, c_1, c_2, \dots, c_m – კოეფიციენტები. უწყვეტი მრუდის კოდი $f(t)$ საშუალებას იძლევა მიახლოებით აღდგეს კოდირებული დროითი დამოკიდებულება, შეიძლება აიგოს სიბრტყე, რომელიც შემოსაზღვრულია განსაზღვრული დაავადებების კარდიოგრამების სხვადასხვა სიმრავლით.

ელექტროკარდიოგრამის მრუდეები შეიძლება გავანალიზოთ მსგავსების პრინციპის მიხედვით. დავუშვათ, რომ არსებობს გამოყოფილი კომპლექსი PQRS, რომელსაც ფორმას უცვლის სხვადასხვა დაავადება. აუცილებელია სხვადასხვა დაავადების ასეთი კომპლექსებისთვის დიდი ბაზის შექმნა. ასეთი ბაზის გამოყენებით და თავდაპირველი კარდიოგრამით შეიძლება ისეთი ეგზემპლარის PQRS ბაზაში აღმოჩენა, რომელიც ყველაზე მეტად ორიგინალის მსგავსი იქნება. ამისათვის კი საჭიროა $k_x k_y$ მსგავსების კოეფიციენტის პოვნა $d_x d_y$ კოორდინატებით.

გენეტიკური ალგორითმები შეიძლება გამოყენებული იყოს ამ კოეფიციენტების სწრაფი მოძიებისათვის. ამდენად, საქმე გვაქვს ოპტიმიზაციის ამოცანასთან, რთულად გადაწყვეტად გრადიენტულ მეთოდებთან (შეჯვარებული კოორდინატები არ ატარებს არანაირ გრადიენტულ ინფორმაციას, როდესაც საგრძნობლად შეიმჩნევა მიზნის ფუნქციის ზრდა k_y კოეფიციენტების შემცირებისას). მიზნის ფუნქცია გამოითვლება შემავალი სახის წერტილებისა და ეტალონური აღწერის წერტილების სხვაობის კვადრატების ჯამით:

$$g(k_x, k_y, d_x d_y) = \sum_{x=o}^{len} (F(x) - k_{yf}(k_x x + d_x) - d_y)^2. \quad (2)$$

გენეტიკური ალგორითმების მუშაობის შედეგია 4 პარამეტრი – $k_x k_y d_x d_y$, სადაც ეტალონური აღწერა საუკეთესოდ მიესადაგება შემავალ სახეს. რადგან მივიღეთ მსგავსების მიხედვით საუკეთესო ეტალონი და მსგავსების მინიმალური კოეფიციენტი, იმისათვის, რომ ამოიყაროს ბაზაში არარსებული

ლი დაავადების ვარიანტები, შესაძლებელია დაის-
ვას წინასწარი დიაგნოზი.

დასკვნა

პრაქტიკაში გულ-სისხლძარღვთა დაავადებე-
ბის დიაგნოსტიკა არ არის მარტივი ამოცანა,
ამისთვის გამოიყენება კარდიოლოგიური მრუ-
დეების ოჯახი ანუ კუთვნილება. ზოგიერთი და-
ავადება შეიძლება აისახოს მხოლოდ რამდენიმე-
ში და შეიძლება განიცადოს უმნიშვნელო ცვლი-
ლება ელექტროკარდიოგრამაზე, ამიტომ საჭიროა
მოიძებნოს მსგავსი ჩანაწერები არა ერთ მრუდ-
ში, არამედ, პარალელურად, რამდენიმეში. ხში-
რად დამატებით გამოიყენება სხვა ფიზიოლო-
გიური ინფორმაციები, მაგრამ ეს მონაცემებიც

ვერ იძლევა რიტმის ცვლილების დიაგნოსტიკე-
ბის საშუალებას.

გენეტიკური ალგორითმები გადაწყვეტილების
მიღების სფეროში დღევანდელი თანამედროვე
სისტემების მომსახურების ძირითადი საფუძვე-
ლია. მათი დახმარებით შესაძლებელი ხდება
სწრაფად გადაიჭრას ესა თუ ის პრობლემა. მე-
დიცინა ის სფეროა, სადაც გენეტიკური ალგო-
რითმები გამოიყენება, როგორც დიაგნოსტიკის
კომერციული სისტემების ნაწილი. მედიცინის
სხვადასხვა სფეროში გენეტიკური ალგორითმების
გამოყენებას დიდი წვლილი შეაქვს როგორც ჯან-
დაცვის ინდუსტრიის მოდერნიზაციის თვალსაზ-
რისით, ისე მთლიანად თეორიის განვითარებაში.

ლიტერატურა

1. Ruskovskaia D. Pilinskii M. Rutkovski L. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems. Publishing House "Hot Line-Telecom". 2007. (in Russian).
2. Panchenko T.V. Genetic algorithms. Publishing House "Astrakhanski universitet". 2007.
3. Vershagin N.V. Heterogeneity of stroke: View of clinician. N9. 2003. (in Russian).
4. Vilenski B.S. Modern tactics to combat stroke. SPb.: Foliant. 2005. (in Russian).
5. Drivontinov B.V. Apanel E.N. Novoselova N.A. Using model of fuzzy neural network for the differential diagnostics of subtype of transient ischemic attack. Medicinski jurnal. N2. 2007. (in Russian).
6. Novoselova N.A. Algorithms of building hybrid fuzzy classification to analyze medicine data. PhD thesis. Minsk. 2008. (in Russian).
7. Cidorenko G.I. The ways of using cybernetics to solve the problems of diagnostics and therapy. Scientific conference. Minsk. 1968. (in Russian).
8. Cidorenko G.I. Creation and medicine: Searching of unobvious decisions. Minsk 2002. (in Russian).
9. Fogel L., Oyens A. Yolsh M. Artificial intelligence and evolutionary modelling. Mir. 1969. (in Russian).
10. Deb K. Multi-Objective optimization using evolutionary algorithms. K. Deb // John Wiley & Sons. 2001.
11. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press. 2nd edn. 1992.
12. Optiz D.W. Feature selection for ensembles. Proceedings of 16th international conference on artificial intelligence. 1999. 379-384 pp.

13. Rechenberg I. Evolutionsstrategie - Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. - Stuttgart-Bad Cannstatt: Frommann14 Halzboog. 1973. (in German).
 14. Zadeh, L.A. Fuzzy logic, neural network and soft computing. Communications of the ACM. Vol. 37. № 3. 1994, 77-84 pp.
-

UDC 547.972.1

SCOPUS CODE 1702

Using Genetic Algorithms in Medicine

M. Chkhaidze Department of Artificial Intelligence, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: m.chkhaidze@gtu.ge

M. Tabatadze Department of Artificial Intelligence, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: m.tabatadze@gtu.ge

Reviewers:

O. Tavdishvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: otartavdi@yahoo.com

I. Kutsia, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: irma71@mail.ru

Abstract. The genetic algorithm is a method for solving both constrained and unconstrained optimization problems that is based on natural selection, the process that drives biological evolution. Thus the genetic algorithm is similar to the evolutionary processes in nature. It is used in a population composed of genes with discrete values to find the best of the substance when the substance changes are caused by the reciprocity process. Recently the use of genetic algorithms to solve different tasks has become relevant.

The paper discusses examples of the use of the theory of genetic algorithms. Namely, their use in medicine, which is very important for the effectiveness and modernization of the fields of medicine.

The article reveals the advantages and disadvantages of the theory of genetic algorithms.

The use of genetic algorithms in the diagnosis of cardiovascular diseases (as well as in the diagnosis of coronary arterial narrowing) and the processing of electrocardiogram data are described. An example of creating context-free grammar in a medical reference book is also considered.

Key words: Context-free grammars; coronal; evolutionary algorithms; mutation.

UDC 547.972.1
SCOPUS CODE 1702

Использование генетических алгоритмов в медицине

М.Н. Чхаидзе Департамент искусственного интеллекта, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: m.chkhaidze@gtu.ge

М.Т. Табатадзе Департамент искусственного интеллекта, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: m.tabatadze@gtu.ge

Рецензенты:

О. Тавдишвили, ассоциированный профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: otartavdi@yahoo.com

И. Куция, ассоциированный профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: irma71@mail.ru

Аннотация. Генетический алгоритм - это метод решения как ограниченных, так и неограниченных задач оптимизации, основанный на естественном отборе, процессе, который ведет биологическую эволюцию, т.е., генетический алгоритм похож на эволюционные процессы в природе. Он используется в популяции, состоящей из генов с дискретными значениями, чтобы найти лучшее вещество, когда изменения вещества вызваны процессом взаимности. В последнее время использование генетических алгоритмов для решения различных задач стало актуальным.

В работе рассматриваются примеры использования теории генетических алгоритмов. А именно их использование в медицине, что очень важно для эффективности и модернизации областей медицины.

Приведены преимущества и недостатки теории генетических алгоритмов.

Описано использование генетических алгоритмов при диагностике сердечно-сосудистых заболеваний (а также при диагностике коронарного артериального сужения), при обработке данных электрокардиограммы. Также рассматривается пример создания контекстно-свободной грамматики в медицинском справочнике.

Ключевые слова: коронарные; контекстно-свободные грамматики; мутация; эволюционные алгоритмы.

განხილვის თარიღი 16.02.2019

შემოსვლის თარიღი 25.02.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 004.942

SCOPUS CODE 1703

ინტერპოლაციის ხარისხის შეფასება პროგრამულ პაკეტ Surfer-ში

- ნ. ფოფორაძე** გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: n.poporadze@gtu.ge
- ვ. აბზიანიძე** ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0159, სოფ. დილომი, მოციქულთა სწორი წმინდა ნინოს ქუჩა 1
E-mail: veriko_abz@mail.ru
- დ. აბზიანიძე** ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0159, სოფ. დილომი, მოციქულთა სწორი წმინდა ნინოს ქუჩა 1
E-mail: dimitri.abz@mail.ru

რეცენზენტები:

- ნ. ჯაფარიძე**, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასისტენტ-პროფესორი, გეოლოგიის აკადემიური დოქტორი
E-mail: ninojap@gmail.com
- თ. ბარაბაძე**, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: t.barabadze@gtu.ge

ანოტაცია. ეკოლოგიური და გეოლოგიური კვლევების ჩასატარებლად საჭიროა რომელიმე ობიექტის პარამეტრების ცოდნა მთელ საკვლევ ტერიტორიაზე, მაგრამ სხვადასხვა მიზეზის გამო შეუძლებელია ზოგიერთ ადგილიდან ნიმუშების აღება და, აქედან გამომდინარე, ვერ ვსაზღვრავთ რომელიმე ცვლადის პარამეტრებს ამ ადგილებში. დასკვნის გასაკეთებლად კი საჭიროა მონაცემების მთელი სპექტრი. ასეთ შემთხვევაში იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ რომელიმე ცვლადის მნიშვნელობა იმ წერტილში,

სადაც იგი პრაქტიკულად არ იყო გაანგარიშებული, ვიყენებთ სივრცულ ინტერპოლაციას.

არსებობს ინტერპოლაციის სხვადასხვა მეთოდი. გეოსაინფორმაციო სისტემის პროგრამებს აქვს სპეციალური მეთოდები და ინსტრუმენტები სივრცული ანალიზის ჩასატარებლად, ყველა მეთოდს კი თავისი შემავალი პარამეტრების ნაკრები, რაც საშუალებას გვაძლევს შევარჩიოთ მეთოდი კონკრეტული შემთხვევისა და მონაცემისთვის. პროგრამულ პაკეტ Surfer-ში წარმოდგენილია სივრცული ინტერპოლაციის 12 მეთოდი. იდეალთან მიახლოე-

ბული ინტერპოლირებული მოდელის აგებისათვის საჭიროა ინტერპოლაციის მეთოდებისა და მასში შემავალი ყველა პარამეტრის სწორად შერჩევა. თუ რამდენად ადეკვატურია შექმნილი მოდელი რეალურ მოდელთან, ამაზე პასუხს მივიღებთ მისი ანალიზის შემდეგ და ე.წ აცდენების გაანგარიშებით. სტატიაში მოყვანილია აცდენების ცხრილი და რუკა, სადაც ნათლად ჩანს აგებული მოდელის ხარისხობრივი მაჩვენებლები.

საკვანძო სიტყვები: გეოლოგია; ეკოლოგია; ინტერპოლაცია; პროგრამული პაკეტი.

შესავალი

გეოლოგიასა და ეკოლოგიაში სხვადასხვა მიზეზის გამო რომელიმე ცვლადის მნიშვნელობა (ეს შეიძლება იყოს ტემპერატურა, წნევა, რომელიმე ნივთიერების კონცენტრაცია და ა.შ.) შეიძლება გვეჩვენოს მხოლოდ ზოგიერთ წერტილში. ამ ცვლადის მნიშვნელობის გაანგარიშებისთვის საკვლევი ტერიტორიის სხვა წერტილებში შეიძლება გამოვიყენოთ სივრცული ინტერპოლაცია. ინტერპოლირებული მოდელის შესაქმნელად აუცილებელია განსაზღვრული რაოდენობის (არანაკლებ 30) წერტილების ნაკრები, მათი სივრცული განლაგება და მახასიათებლების რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

გეოსაინფორმაციო სისტემების პროგრამები გვთავაზობს ინტერპოლაციის მეთოდების საკმაოდ დიდ დიაპაზონს. მიუხედავად იმისა, თუ რა მეთოდებს ვიყენებთ, ინტერპოლაციით მიღებულ მოდელში ყოველთვის არის შეცდომები. მათი არსებობა განპირობებულია სხვადასხვა ფაქტორით,

მაგალითად, შეყვანილი მახასიათებლების უზუსტობა, მათი ფიზიკური თვისებების შეცვლა და სხვა. ყველა ამ ფაქტორს თავისი წვლილი შეაქვს შეცდომებში.

ძირითადი ნაწილი

რეალობასთან მიახლოებული მათემატიკური მოდელის მისაღებად პროგრამა Surfer-ში წარმოგენილია სივრცული ინტერპოლაციის 12 მეთოდი. ლიტერატურაში [1] დაწვრილებით არის აღწერილი სხვადასხვა მეთოდი, მათი მახასიათებლები და მოყვანილია მაგალითები.

რა უნდა გავითვალისწინოთ მოდელის შექმნისას, რომ მივიღოთ იდენტური და რეალობის ადეკვატური მოდელი?

ბევრი რამ არის დამოკიდებული მონაცემების სწორ შეფასებასა და შერჩეულ პარამეტრებზე. პირველყოვლისა უნდა დავრწმუნდეთ მონაცემების სიზუსტეში და თუ არ ვართ დარწმუნებული, მაშინ ვირჩევთ ე. წ. გაგლუვებულ ინტერპოლატორს, სხვა შემთხვევაში – წერტილოვან ინტერპოლატორს.

ამის შემდეგ ყველაზე რთული და პასუხსაგები მომენტია ინტერპოლაციის საწყისი ეტაპის სწორად წარმართვა. საწყის ეტაპში იგულისხმება ე.წ. ბადის შექმნა, რისთვის საჭიროა სწორი მათემატიკური მეთოდის განსაზღვრა და მათემატიკური მოდელის პარამეტრების შერჩევა.

თეორიულად წერტილებს შორის სტატისტიკური ურთიერთკავშირი მცირდება მათ შორის მანძილის ზრდასთან ერთად. ამ ურთიერთკავშირს მათემატიკურად გამოსახავს ვარიოგრამა. Surfer-ის პროგრამული საშუალებით არსებული რეალური მონაცემების მნიშვნელობების საფუძველზე აიგება

ემპირიული ვარიოგრამა. ვარიოგრამის შექმნის ძირითადი მიზანია მონაცემების სივრცული შესწავლა და მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა. ინტერპოლაციის მეთოდები დაფუძნებულია პრინციპზე, რომ ახლომდებარე ელემენტები მეტად ემსგავსება ერთმანეთს, ვიდრე ერთმანეთისგან შორს განლაგებული. ვარიოგრამის საშუალებით გამოიკვლევა ეს ურთიერთობა და მათი შედარებით ავირჩევთ ისეთს, რომელიც უზრუნველყოფს წერტილებს შორის ხაზის გავლის საუკეთესო ვარიანტს ანუ ისეთ ხაზს, რომლის შეწონილი კვადრატული განსხვავება თითოეულ წერტილსა და ხაზს შორის უმცირესია (ამას უწოდებენ შეწონილი მინიმალური კვადრატების მეთოდს).

შემდეგ, როგორც ნებისმიერი სხვა ემპირიული ურთიერთკავშირის შემთხვევაში, შეგვიძლია შევასრულოთ მიღებული ვარიოგრამის აპროქსიმაცია მასთან მიახლოებულ განტოლებასთან და ამ განტოლების პარამეტრები მივუთითოთ ბადის აგებისას შესაბამის ოპციაში. ვარიოგრამების შედარებით განისაზღვრება რა მოდელი უნდა გამოვიყენოთ და შევარჩევთ იმას, რომელიც ყველაზე ზუსტად ემთხვევა ექსპერიმენტულ მოდელს. ჩვენ მიერ გაანგარიშებული მონაცემების მიხედვით აგებული ვარიოგრამა (სურ. 1) ნათლად აჩვენებს წრფივ დამოკიდებულებას, რაც ნიშნავს, რომ არსებობს ზომიერი კორელირება.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე შერჩეული წერტილების კოორდინატების დამთხვევა ასაგები ბადის კვანძებთან. იმ შემთხვევაში, თუ შერჩეული წერტილების კოორდინატები არ დაემთხვა ბადის კვანძებს, მოდელი არ იქნება იდეალური. ამ შეუსაბამობის აცილებისათვის უნდა გავზარდოთ ბადის

კვანძების რაოდენობა, სანამ არ მივიღებთ ბადის კვანძებისა და შერჩეული წერტილების მდებარეობის დამთხვევას.

სივრცული ცვლადის მნიშვნელობების შეფასებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ სივრცული უწყვეტობის რღვევები (ტექტონიკური რღვევები, ანტროპოლოგიური ნაგებობები და სხვა), რაც გათვალისწინებულია ბადის აგების პარამეტრებში. ინტერპოლაციის თითქმის ყველა მეთოდი ითვალისწინებს აგრეთვე ანიზოტროპიას.

კლასტერების (შერჩეული წერტილების დაგროვება ერთ არეში) არსებობის შემთხვევაში შესაძლებელია მოდელირებისას შეცდომების მიღება. ამ შემთხვევაში საკვლევ არეს ვყოფთ სექტორებად, ასეთი მიდგომა საშუალებს გვაძლევს მოვახდინოთ მონაცემების დეკლასტერიზაცია.

ინტერპოლაცია შეიძლება იყოს გლობალური და ლოკალური. გლობალური ინტერპოლატორი იყენებს მონაცემთა მთელ ნაკრებს, ხოლო ლოკალური – მხოლოდ მონაცემს ლოკალური არიდან, რომელიც არის შერჩეული ნაწილი მთელი შესასწავლი არიდან. Surfer-ში თავდაპირველად ჩადებულია გლობალური ინტერპოლაციის მეთოდი, მაგრამ შესაძლებელია ოპციების შეცვლა და ლოკალური ინტერპოლაციის ოპციის გააქტიურება იმ შემთხვევაში თუ, ჩვენი თვალსაზრისით, ამით შევამცირებთ შეცდომებს. ასეთ შემთხვევაში თავდაპირველად უნდა შევარჩიოთ საძიებო არის ელიფსის პარამეტრები. ელიფსის ორიენტაცია და ზომა ზღუდავს იმ წერტილების ადგილმდებარეობას და დაშორებას, რომელთა მონაცემები გამოიყენება ახალი წერტილის შეფასებისას. არეალის შეზღუდვა საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ უზუსტესი მონაცემები.

შერჩეული მოდელის ხარისხის შესამოწმებლად იყენებენ სხვადასხვა მეთოდს. ყველაზე მარტივია შორის ჯვარედინი გადამოწმება (Cross-validation). ჯვარედინი გადამოწმება ხორციელდება შემდეგნაირად: მონაცემებიდან გამოირიცხება ერთი წერტილი და მისთვის, როგორც უცნობისთვის, გამოითვლება მნიშვნელობა, შემდეგ ეს მნიშვნელობა შედარდება ცნობილს. მიღებული სხვაობა

$$\Delta z(x) = z(x) - z^*(x)$$

გამოითვლება ჯვარედინი ვალიდაციის შედეგების მიხედვით, შესაძლებელია აცდენების რუკების აგე-

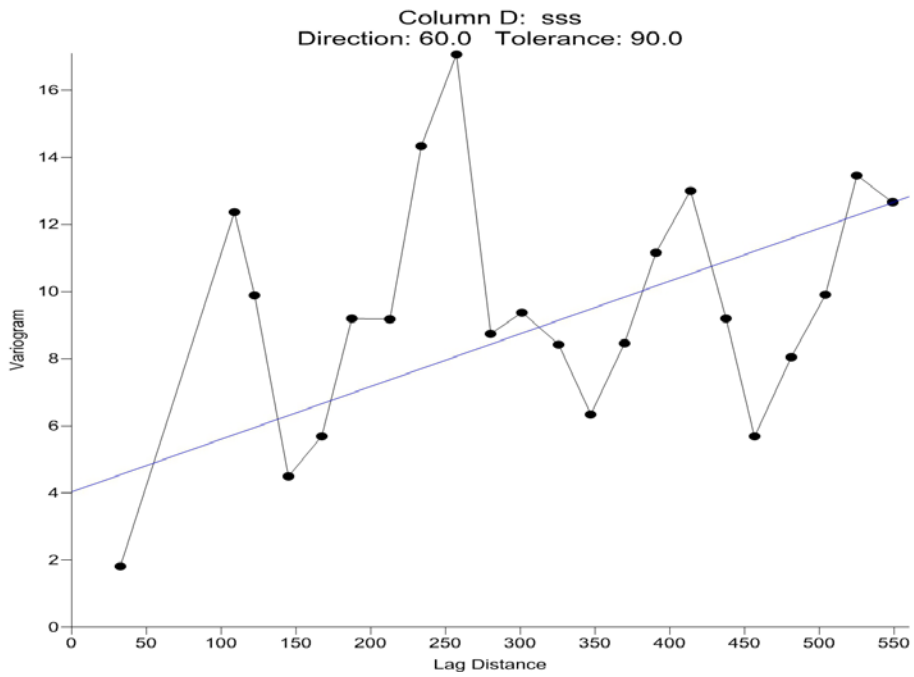
ბა და რუკების აგების მეთოდებისა და ინტერპოლაციის ხარისხის შეფასება. ამისთვის უნდა შევასრულოთ აცდენების ანალიზი. ცხრილის მონაცემების მიხედვით სხვადასხვა მეთოდით ავაგეთ რუკები. აგებული რუკები შევამოწმეთ ჯვარედინი ვალიდაციით და შევარჩიეთ საუკეთესო მეთოდი – Kriging-ის მეთოდი (სურ. 2). ცხრილში მოყვანილია აცდენების მნიშვნელობები წერტილების მიხედვით და თვალსაჩინოებისთვის აგებულია აცდენების რუკები (სურ. 3,4).

ცხრილი 1

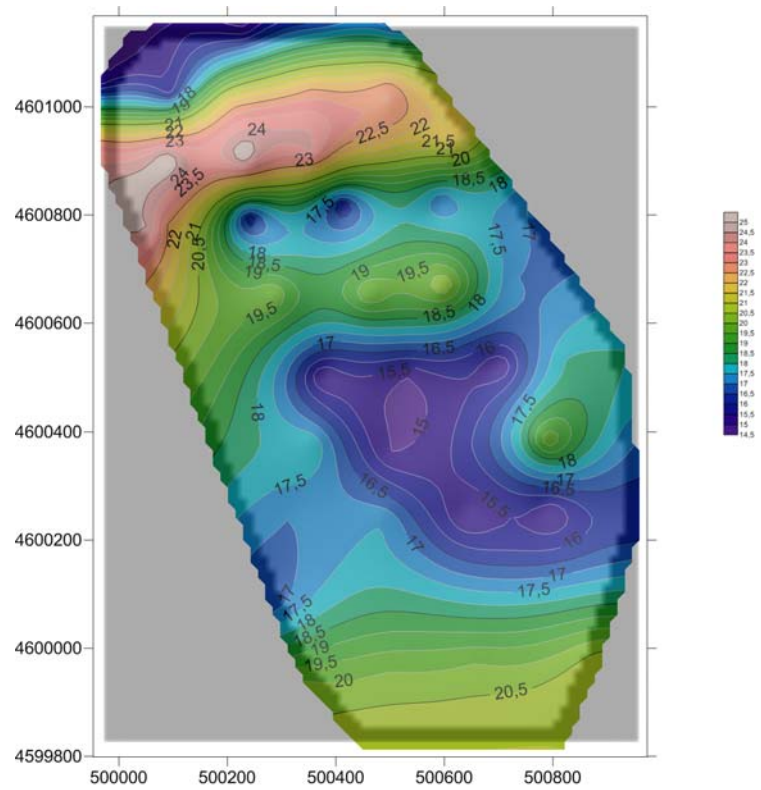
Column1	x	y	koncentracia	acdenebi
1	500016,0741	4601152,445	15	0,057433568
2	499960,6697	4601049,551	15	-0,264005287
3	500126,883	4601136,615	15,5	0,053666216
4	500095,2233	4601025,806	15,8	-0,375389294
5	500229,7769	4601144,530	15	-0,121660098
6	500372,2454	4601168,275	16	-0,059090781
7	500522,6288	4601152,445	16,5	-0,133549863
8	500206,0321	4601009,977	22	0,13830884
9	500356,4156	4601033,721	22,5	0,073043907
10	500498,8841	4601033,721	23	0,206298208
11	499952,7548	4600922,913	23,5	0,136128811
12	500055,6487	4600772,529	24,5	0,29327203
13	500087,3084	4600907,083	25	0,208579671
14	500229,7769	4600907,083	25	0,151125294
15	500356,4156	4600914,998	24	0,25816011
16	500475,1393	4600930,827	22	0,033772661
17	500625,5227	4600946,657	22	0,129446863
18	500087,3084	4600780,444	22,5	-0,119036286
19	500237,6918	4600796,274	16	-0,423357034

20	500411,8200	4600820,019	16	-0,329452594
21	500593,8631	4600827,934	17	-0,258077039
22	500752,1614	4600827,934	17	-0,054937091
23	500285,1813	4600653,805	20	0,129747039
24	500459,3095	4600653,805	20	0,169967214
25	500601,778	4600669,635	20,5	0,061434758
26	500736,3316	4600685,465	17	-0,033002998
27	500847,1404	4600693,380	17	-0,002859262
28	500372,2454	4600503,422	15	-0,165091532
29	500530,5437	4600503,422	15	-0,040682397
30	500704,6719	4600519,252	15	-0,175310044
31	500823,3957	4600535,082	18	0,036733122
32	500942,1194	4600550,911	18	0,058898081
33	500356,4156	4600376,783	18	0,196133828
34	500498,8841	4600360,953	15	0,059441245
35	500649,2675	4600376,783	16	0,177150987
36	500791,736	4600384,698	20	0,389078756
37	500957,9492	4600392,613	17	0,016905811
38	500308,9261	4600242,230	17	-0,15720041
39	500490,9691	4600234,315	17,5	-0,945096815
40	500641,3526	4600242,230	15	-0,46738178
41	500799,6509	4600250,145	15	-1,30171942
42	500973,7791	4600242,230	16	-0,001215754
43	500269,3515	4600083,931	16,5	-0,409288892
47	500926,2896	4600107,676	18	-0,817554822
48	500332,6708	4599941,463	20	-0,168711836
49	500498,8841	4599957,293	20	-1,166147422
50	500657,1824	4599973,122	20	-1,216471339
51	500894,6299	4599973,122	21	-0,320985548
52	500451,3946	4599798,994	21	0,081019335
53	500641,3526	4599806,909	21	0,142857365
54	500823,3957	4599806,909	21	0,078836651

აცდენების საშუალო მნიშვნელობაა 0, 1211, რაც კარგ მაჩვენებლად მიიჩნევა (≈0).



სურ. 1. ვარიოგრამა



სურ. 2. Kring-ის მეთოდით
შექმნილი ზედაპირი

დასკვნა

სტატიაში მოცემულია, თუ როგორ შეიძლება გეოსაინფორმაციო სისტემების პროგრამით, უხეში შეცდომების გარეშე, განვსაზღვროთ რომელიმე

ცვლადის მნიშვნელობა იმ წერტილში, სადაც იგი პრაქტიკულად არ იყო გაანგარიშებული. მოცემულია ინტერპოლაციის საშუალებით აგებული მოდელის ვარგისობის შემოწმება.

ლიტერატურა

1. Poporadze N., Abzianidze V. Application of computer technologies for solving geological and ecological problems. International scientific journal "Intellectual". #34. 2017. (in Georgian).
2. Polovko A., Butusov P. Interpolation. Methods and computer technology implementation. St. Petersburg. 2010. (in Russian).
3. Ivanova I., Chekantsev V. The solution of geological problems with the use of the Surfer software package drive tutorial. Tomsk. 2008. (in Russian).
4. Davis Ph. J. Interpolation and approximation. Blaisdell Pub. Co. New York. 2014.
5. Surfer® 13 - Full user's guide. Golden Software, LLC. Colorado. 2015.
6. Mitchell A. The ESRI guide to GIS analysis - volume 1: Geographic patterns & relationships. Esri Press. 2018.
7. Silkin K. Geographic information system golden software Surfer. Voronezh. 2008. (in Russian).
8. Maltsev K.A., Muharamova S.S. Construction of spatial variables models (with the Surfer package application). Kazan: Kazan University. 2014. (in Russian).
9. Porotov G. Mathematical methods of modeling in geology. St. Petersburg. 2006. (in Russian).
10. Auzin A., Glaznev V. Computer geologic-mathematical simulation: Problems and opportunities. Voronezh State University. 2001. (in Russian).

UDC 004.942

SCOPUS CODE 1703

Interpolation quality evaluation in the software package „Surfer”

- N. Poporadze** Department of Applied Geology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: n.poporadze@gtu.ge
- V. Abzianidze** Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, 1 Tsminda Nino str, Digomi Village, 0126 Tbilisi, Georgia
E-mail: veriko_abz@mail.ru
- D. Abzianidze** Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, 1 Tsminda Nino str, Digomi Village, 0126 Tbilisi, Georgia
E-mail: dimitri.abz@mail.ru

Reviewers:

N. Japaridze, Assistant Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: ninojap@gmail.com

T. Barabadze, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: t.barabadze@gtu.ge

Abstract. In order to conduct geological or environmental research, it is often necessary to know the value of a variable over the entire study area, but for some reason it is impossible to take samples at some points and therefore, we cannot determine any variable parameters in these areas. To draw conclusions we need a full range of data. In this case, to determine the value of any variables at the point where it is not calculated, we use spatial interpolation. There are various interpolation methods.

For conducting spatial analysis, geographic information system programs have special methods and tools. Each method has its own set of input parameters, with which you can choose a method for a specific case and for specific data. In the Surfer software package, 12 interpolation methods are presented. To create an interpolated model that is close to the idea, it is necessary to choose the right model as well as its parameters. The answer to the question whether the created model is adequate to the real model can only be obtained after analyzing and calculating the so-called residuals. The article contains a table and a map of discrepancies, where clearly visible the quality characteristics of the created model.

Key words: Ecology; geology; interpolation; software package.

UDC 004.942

SCOPUS CODE 1703

Оценка качества интерполяции в программном пакете „Surfer“

- Н.Г. Попорадзе** Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: n.poporadze@gtu.ge
- В.В. Абзианидзе** Институт гидрогеологии и инженерной геологии, Грузия, Тбилиси, 0159, село Дигоми, ул. Св. Нины 1
E-mail: veriko_abz@mail.ru
- Д.В. Абзианидзе** Институт гидрогеологии и инженерной геологии, Грузия, Тбилиси, 0159, село Дигоми, ул. Св. Нины 1
E-mail: dimitri.abz@mail.ru

Рецензенты:

Н. Джапаридзе, академич. доктор геологии, ассистент-профессор геологических наук горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: ninojap@gmail.com

Т. Барабадзе, кандидат наук, ассоц. профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: t.barabadze@gtu.ge

Аннотация. Часто для проведения геологических или экологических исследований нужно знать значения параметров объекта на всей исследуемой территории, но по какими-то вескими причинами невозможно взять образцы в некоторых точках, вследствие этого мы не можем определить значение исследуемой переменной в этих местах. Но для результирующих выводов исследований нужен весь спектр данных. В таких случаях, когда необходимо определить значение переменной в тех точках, где они не были определены практически, используем пространственную интерполяцию.

Существуют разные методы интерполяции. Для проведения пространственного анализа у программ геоинформационной системы есть специальные методы и инструменты. У каждого метода есть свой набор входящих параметров, при помощи которых можно выбрать метод для конкретного случая и для конкретных данных. В программном пакете Surfer представлены 12 методов интерполяции. Для создания приближенной к идеалу интерполированной модели необходимо правильно подобрать как саму модель, так и входящие в неё параметры. Ответ на вопрос, насколько созданная модель адекватна реальной модели, мы можем получить только после её анализа и вычисления т.н. неувязок. В статье приведены таблица и карта неувязок, где наглядно видны качественные характеристики созданной модели.

Ключевые слова: геология; интерполяция; программный пакет; экология.

კანხილვის თარიღი 25.03.2019

შემოსვლის თარიღი 01.04.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 351.818

SCOPUS CODE 1706

სატელეფონო ცენტრის მონიტორინგის სისტემა

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

რეცენზენტები:

რ. სამხარაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

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

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. მრავალფუნქციური აპლიკაცია განკუთვნილია სატელეფონო ცენტრში შემოსული ზარების შესახებ მონაცემების შეგროვებისა და სასურველი სახით წარმოდგენისათვის. ესაა ელექტრონული სისტემა, რომელიც მენეჯერებს საშუალებას აძლევს მომენტალურად მიიღონ წვდომა ცენტრის მუშაობის კრიტიკულ მაჩვენებლებზე. მონაცემების ასეთ მოკლე დროში მიღება ორგანიზაციას საშუალებას აძლევს გადადგას შესაბამისი ნაბიჯები ცენტრის პროდუქტიულობის გაუმჯობესებისათვის.

აღნიშნულ მრავალფუნქციურ აპლიკაციას შე-

უძლია როგორც მიმდინარე, ისე მითითებული დროის მონაცემების წარმოდგენა სასურველი ფორმით. სისტემა მონაცემებს წარმოადგენს ვიზუალური დიაგრამების საშუალებით. იმის მიხედვით, თუ რა სახის მონაცემების წარმოდგენა საჭირო, დიაგრამა სხვადასხვა ტიპისაა: წრიული, სვეტოვანი, ხაზოვანი და ა. შ.

აპლიკაციის ვიზუალურ ნაწილში ელემენტების განლაგება ავტომატურად ხდება იმის მიხედვით, თუ რა ზომის ეკრანზე გავხსნით მათ.

აღწერილია ელექტრონული სისტემის უპირატესობები და ის პროგრამული ტექნოლოგიები, რომლებიც გამოიყენეს აპლიკაციის ასაგებად, გა-

კეთებულია შემოსული ზარების სტატისტიკური ანალიზი, ილუსტრირებულია სისტემის ვიზუალური ნაწილის მუშაობის შედეგები, ნაჩვენებია სისტემის გაუმჯობესების გზები.

საკვანძო სიტყვები: ალგორითმი; ელექტრონული სისტემა; მონაცემთა ბაზა; მონაცემთა დამუშავება; სატელეფონო ცენტრი.

შესავალი

კომპანიის სატელეფონო ცენტრი არის მომსახურების თანამედროვე ქსელი, რომლის საშუალებითაც ოპერატორები მომსახურებას უწევენ მომხმარებლებს. შემომავალი ზარების სატელეფონო ცენტრის დანიშნულებაა მომხმარებლის მიერ წამოწყებული ზარების მიღება. მაგალითად, სატელეფონო ოპერატორები მომხმარებლებს სთავაზობენ ტელეფონის საშუალებით სასტუმროს ნომრის დაჯავშნას, საჰაერო რეისების ბილეთებს, ბანკების მომსახურებას და ა. შ.

ორგანიზაცია, რომლის მუშაობაც ყველაზე მეტადაა დამოკიდებული სატელეფონო ცენტრზე, არის გადაუდებელი დახმარების ოპერატიული მართვის ცენტრი [1]. ასეთი ორგანიზაციისათვის სატელეფონო ცენტრის გამართული მუშაობა მთავარი პრიორიტეტია. ცენტრის ოპერატიული პირველი იღებს ინფორმაციას ზარის წამოწყებისათვის დახმარების გაწევის აუცილებლობის შესახებ და მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება რეაგირება სხვადასხვა სამსახურის მიერ. ამიტომ, უადრესად მნიშვნელოვანია სატელეფონო ცენტრის ხარისხიანი მონიტორინგი.

ძირითადი ნაწილი

საგანგებო შემთხვევათა მართვის სისტემაში ყოველდღიურად ათასობით ზარი რეგისტრირდება, რის საფუძველზეც იქმნება საქმეები სხვადასხვა მახასიათებლით. ცენტრის მუშაობის გაუმჯობესებისთვის აუცილებელია სხვადასხვა მონაცემზე თვალყურის დევნება და სტატისტიკურ მონაცემებზე მარტივი წვდომა სხვადასხვა ფორმით.

წარსულში სატელეფონო ცენტრების მენეჯერები ეყრდნობოდნენ ყოველდღიურ ანგარიშებს, რომ გაეგოთ თუ როგორ მუშაობდა ცენტრი, მაგრამ ასეთი ტიპის ანალიზი ყოველთვის ვერ აწვდიდა მენეჯერს მდგომარეობის ზუსტ სურათს ოპერატორების, ჯგუფებისა და სტრატეგიების მუშაობის შესახებ. დღეისათვის ბევრი სატელეფონო ცენტრის ანალიტიკური პროგრამა გთავაზობს ონლაინანგარიშებს და მონაცემთა დაფას კრიტიკული მაჩვენებლების სანახავად. მაჩვენებლები შეიძლება იყოს როგორც მიმდინარე დროის, ისე ისტორიული. დროულად მიღებული ინფორმაციით ორგანიზაციას შეუძლია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს სატელეფონო ცენტრის მუშაობა.

სატელეფონო ცენტრის მენეჯმენტის სისტემები გამუდმებით აგროვებენ ოპერატიულ მონაცემებს ზარების შესახებ.

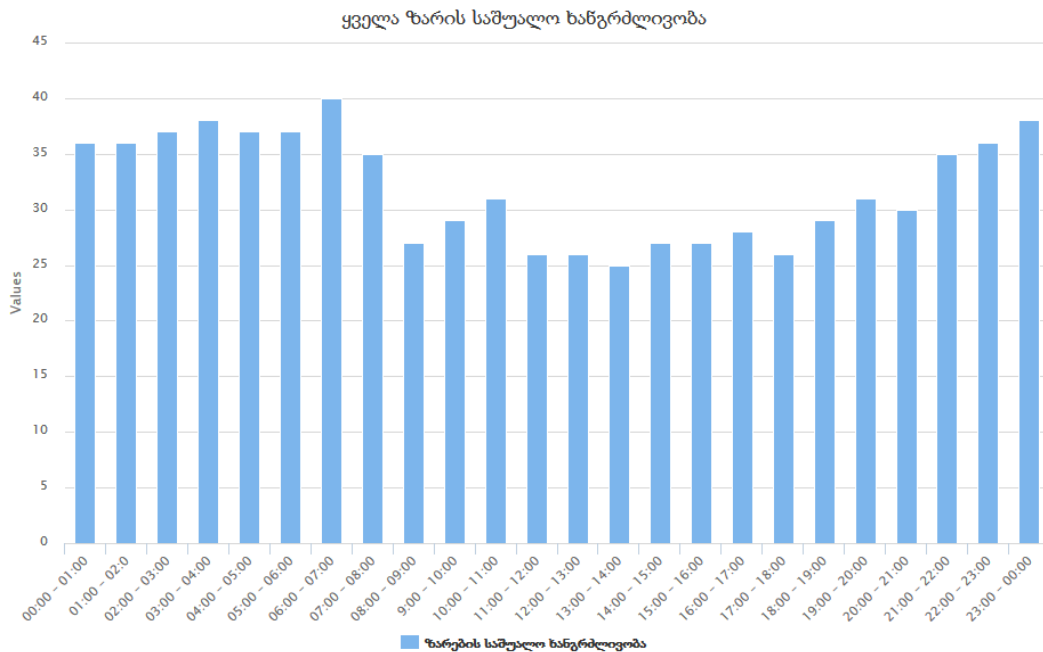
შენახული მონაცემების სასურველი ფორმით წარმოდგენისათვის და სტატისტიკური ანალიზის გამარტივებისა და სრულყოფისთვის შეიქმნა სისტემა, რომელიც ამ მონაცემებს წარმოადგენს სხვადასხვა ფორმით. ამ სისტემის საშუალებით შესაძლებელია ცენტრის როგორც რეალურ დროში მონიტორინგი, ისე წარსულში შენახული მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი.

სატელეფონო ცენტრში შემოსული ზარები ინახება მონაცემთა ბაზაში. მონაცემების ორგანიზებისათვის აუცილებელია ზარის დამახასიათებელი გარკვეული ველების შევსება, კერძოდ ზარის შემოსვლის თარიღი და დრო, ზარზე პასუხის გაცემის თარიღი და დრო, ზარის ხანგრძლივობა, ლოდინის ხანგრძლივობა, ზარზე პასუხის არსებობა/არარსებობა, ზარის შემწყვეტი მხარე, ზარის ინიციატორის ტელეფონის ნომერი, ზარის ინიციატორის მისამართი, ინციდენტის ტიპი (ავარია, ხანძარი, ავადმყოფობა და ა. შ.).

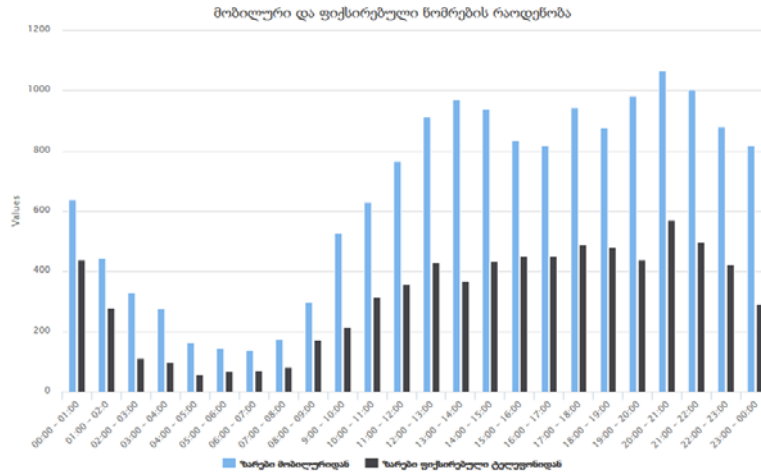
ქვემოთ მოცემულია სტატისტიკური ფორმები, რომლებიც გვიჩვენებს მითითებული დღის განმავლობაში საათების მიხედვით დახარისხებულ მონაცემებს.

ზოგადი სტატისტიკური ფორმები:

1. ზარების საშუალო ხანგრძლივობა (სურ. 1);
2. დრო ზარის შემოსვლიდან საქმის შექმნამდე;
3. შექმნილი საქმეების რაოდენობა;
4. საქმეზე მუშაობის საშუალო ხანგრძლივობა;
5. მობილური და ფიქსირებული ტელეფონიდან შემოსული ზარების რაოდენობა (სურ. 2);
6. პასუხგაცემული ზარების პროცენტული რაოდენობა;
7. პასუხგაცემული ზარების რაოდენობა;
8. გამოტოვებული ზარების რაოდენობა;
9. ზარების სრული რაოდენობა;
10. ლოდინის საშუალო დრო.



სურ. 1. ზარების საშუალო ხანგრძლივობა



სურ. 2. მობილური და ფიქსირებული ტელეფონებიდან შემოსული ზარების დიაგრამა

ცენტრის მუშაობის კონტროლისთვის აუცილებელია მიმდინარე დროის მონაცემებზე თვალყურის დევნება. მონიტორინგის სისტემა დაკავშირებულია სატელეფონო სისტემასთან და შესაძლებელია მონაცემების წარმოდგენა რეალურ დროში. ამ ფუნქციის საშუალებით მარტივი ხდება სატელეფონო ცენტრის მდგომარეობის დადგენა დროის მოცემულ მომენტში.

მონაცემების ფორმებს აქვს სხვადასხვა სახე, კერძოდ მე-3 სურ-ზე მოცემული ფორმა გვიჩვენებს როგორც ოპერატორების საერთო, ისე თითოეულ სტატუსში მყოფი ოპერატორების რაოდენობას. ფორმის განახლება ხდება დინამიკურად, 1 წამის შუალედით.

ოპერატორის სტატუსი შეიძლება იყოს ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი:

- **თავისუფალი** – ამ სტატუსში ოპერატორი მზად არის ზარის მისაღებად. ზარის შემოსვლისას სისტემა ამოწმებს ყველა ოპერატორის სტატუსს და ზარს გადაამისამართებს თავი-

სუფალ სტატუსში მყოფ რომელიმე ოპერატორთან;

- **საუბრობს** – ოპერატორი ესაუბრება ზარის ინიციატორს. ამ სტატუსში ყოფნისას ის ახალ ზარებს არ იღებს;
- **შესვენებაზე** – ოპერატორთან ზარი არ შედის. ამ სტატუსში ყოფნისას ის სამუშაო ადგილზე არ არის;
- **არააქტიური** – ოპერატორი მუშაობს საქმეზე. ამ სტატუსში გადადის მაშინ, როცა მიღებულ ზარზე აუცილებელია რეაგირება.



სურ. 3. ოპერატორების სტატუსის დიაგრამა

იმ შემთხვევაში, თუ ცენტრში შემოსული ზარების რაოდენობა იმდენად დიდია, რომ ოპერატორების რაოდენობა არ არის საკმარისი ყველა ზარზე საპასუხოდ, ხდება მათი რიგში ჩაყენება. განსაკუთრებული შემთხვევების, მაგალითად, სტიქიური უბედურებების დროს შეიძლება ეს მდგომარეობა დიდხანს გაგრძელდეს და რიგში საკმაოდ ბევრი ზარი დაგროვდეს.

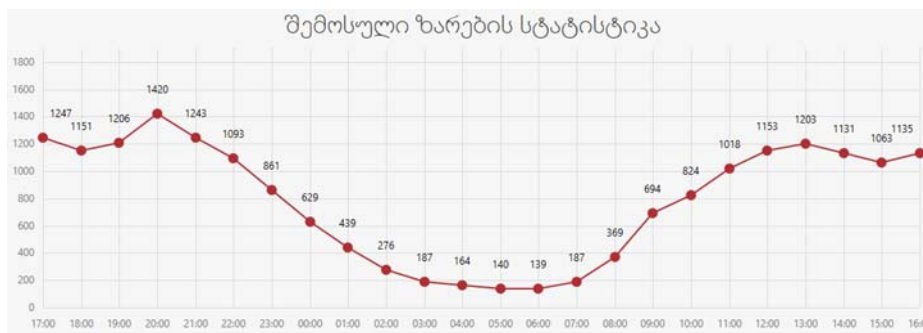
სისტემაში შეგვიძლია ვნახოთ მოლოდინში მყოფი ზარების რაოდენობა (სურ. 4) და ასევე დამატებითი მონაცემები:

- ინიციატორის ტელეფონის ნომერი;
- მოლოდინში ყოფნის ხანგრძლივობა.

ზარები მოლოდინში	
1	
ინიციატორის ნომერი	მოლოდინის ხანგრძლივობა
123123123	00:10

სურ. 4. მოლოდინში მყოფი ზარების მაჩვენებელი

შემდეგი სამი კომპონენტია (სურ. 5) მიმდინარე დღის 00:00 საათიდან შემოსული ზარების რაოდენობა.



სურ. 6. შემოსული ზარების დიაგრამა

ზარების სრული რაოდენობა	პასუხადმული ზარები	გამოტოვებული ზარები
10527	8843	1684

სურ. 5. შემოსული ზარების რაოდენობის მაჩვენებელი

მე-6 სურ-ზე მოცემული გრაფიკი გვიჩვენებს ბოლო 24 საათში შემოსული ზარების რაოდენობას, დახარისხებულს საათების მიხედვით. გრაფიკი არის დინამიკური და განახლდება ყოველ საათში. განახლებისას კოორდინატთა სიბრტყეზე პირველი წერტილი ქრება და მის ნაცვლად გრაფიკს ემატება გასული საათის აღმნიშვნელი წერტილი ბოლოდან. მაგალითად, თუ გრაფიკზე გვაქვს მონაცემები გუშინდელი 17 საათიდან დღევანდელ 16 საათამდე, 1 საათში მასზე გამოჩნდება მონაცემები გუშინდელი 18 საათიდან დღევანდელ 17 საათამდე.

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 სხვადასხვა მაჩვენებლის გამოყენებით.

ელექტრონულ სისტემაში დანერგილია მონაცემთა ანალიზის რამდენიმე საშუალება:

- 1) მომსახურების დონე არის იმ მომსახურების გაზომვის მაჩვენებელი, რომელსაც სატელეფონო ცენტრი სთავაზობს ზარის ინიციატორს. ის არის პროცენტული მაჩვენებელი და მისი გამოთვლისათვის სხვადასხვა სატელეფონო ცენტრი იყენებს სხვადასხვა ფორმულას.

ამ მაჩვენებლის დასათვლელად ყველაზე მარტივი ფორმულაა პასუხგაცემული ზარების რაოდენობის შეფარდება ზარების სრულ რაოდენობასთან. მაგალითად, თუ ცენტრი 10 ზარიდან პასუხობს 8-ს, მაშინ მისი მომსახურების დონე 80%-ს შეადგენს.

გადაუდებელი დახმარების ცენტრისათვის მარტივი ფორმულით დათვლილი მაჩვენებელი ზუსტად ვერ ასახავს მუშაობის დონეს, ამიტომ ჩვენს ელექტრონულ სისტემაში ვიყენებთ შედარებით რთულ ფორმულას: ზარების რაოდენობა, რომელთა რიგში დგომის დრო 5 წამზე ნაკლები იყო, შეფარდებული ყველა შემოსული ზარის რაოდენობასთან. ამ ფორმულით არა მარტო პასუხგაცემული ზარების რაოდენობა განსაზღვრავს სამუშაოს შესრულების ხარისხს, არამედ ზარების რიგში ყოფნის დროც;

- 2) ზოგიერთ შემთხვევაში, ზარის დასრულების შემდეგ, ოპერატორს სჭირდება გარკვეული დრო ზარის ინიციატორის მიერ მოწოდებული ინფორმაციის დამუშავებისათვის, ამიტომ მხოლოდ საუბრის ხანგრძლივობის დადგენა არ არის საკმარისი ზარზე მუშაობის ხანგრძლივობის გასაგებად. ზარის დამუშავების საშუალო დრო აღნიშნავს საუბრის ხანგრძლივობას, დამატებული ის დრო, რაც ოპერატორს დასჭირდა საუბრის დასრუ-

ლების შემდეგ. სისტემაში ამ მაჩვენებელს ვითვლით შემდეგნაირად: მითითებულ პერიოდში ყველა შემოსული ზარის ხანგრძლივობების ჯამს დამატებული ზარის გათიშვის შემდეგ საქმეზე მუშაობის ხანგრძლივობების ჯამი და ეს ყველაფერი შეფარდებული შემოსული ზარების რაოდენობასთან.

შემოთავაზებული ელექტრონული სისტემის უპირატესობებია [2]:

- მარტივი და გასაგები ინტერფეისი;
- ყველა კრიტიკული მაჩვენებელი წარმოდგენილია ერთ გვერდზე;
- WEB აპლიკაცია არ საჭიროებს პროგრამული უზრუნველყოფის გამართვას, საჭიროა მხოლოდ ბრაუზერი;
- სწრაფად რეაგირებადი დიზაინი, რომელიც ადაპტირდება ყველა ზომის ეკრანისათვის.

საუბარი ზარის ინიციატორსა და ოპერატორს შორის სავსეა ინფორმაციით, რომელიც ორგანიზაციას შეუძლია გამოიყენოს მუშაობის პროდუქტიულობის გაუმჯობესებისათვის. შესაბამისად, კვლევების შედეგად დადგინდა ის ძირითადი რეკომენდაციები, რომელთა განხორციელებაც უფრო სრულყოფილსა და ეფექტურს გახდის საგანგებო შემთხვევათა მართვის სისტემის მუშაობას:

- ოპერატორის საუბრისას, საუბრის ანალიზის ალგორითმების საშუალებით, შესაძლებელია გამოვლინდეს ცოდნის ხარვეზები იმ სფეროებში, რომლებშიც ოპერატორს შეიძლება მეტი ტრენინგი სჭირდებოდეს. ზარის მონაცემების ანალიზით ასევე შესაძლებელია დადგინდეს, რომელი ოპერატორია უფრო პასიური მოსაუბრე და რომელი ყველაზე

წარუმატებელი მომხმარებლის მოთხოვნების დაკმაყოფილებაში. ამის შემდეგ ორგანიზაციას შეუძლია გადადგას შესაბამისი ნაბიჯი თანამშრომლის უნარისა და განათლების გაუმჯობესებისათვის;

- ასევე შესაძლებელია საუბრის ანალიზის სისტემის გამოყენება საკვანძო ფრაზების დასაფიქსირებლად და ოპერატორისათვის პასუხის ალტერნატიული ფორმების მისაწოდებლად რეალურ დროში;
- სისტემის გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს, რომელი ზარების დამუშავებაა ოპერატორისათვის ყველაზე რთული. ამის შემდეგ შესაძლებელი იქნება ასეთი ზარების დახარისხება, რათა მოხდეს მათი განხილვა და მომავალში მსგავსი ზარები დამუშავდეს უფრო ეფექტურად;
- მომხმარებლის საუბრისას რეალური დროის საუბრის ანალიზის სისტემას შეუძლია ტონის გაანალიზებით დაადგინოს მისი ემოცია და კმაყოფილების ხარისხი. ალგორითმების საშუალებით შეიძლება დადგინდეს დუმლის სიხშირე, რომელიც ხმის ტონთან ერთად დამუშავების შემდეგ გამოავლენს როდისაა მომხმარებელი იმედგაცრუებული და გაბრაზების ზღვარზე;
- ხმის ანალიზი ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ ზარის ინიციატორის ასაკის დასადგენად.

აპლიკაციის მონაცემების შენახვისთვის გამოყენებულია Oracle მონაცემთა ბაზა. ამ ბაზაში მონაცემების განახლებასა და დამატებას მუდმივად ახდენს სატელეფონო ცენტრის სისტემა.

სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია Backend, რომელიც მისი მთავარი კომპონენტია. ამ ნაწილში ხდება მონაცემთა დამუშავება სხვადასხვა ალგორითმის გამოყენებით. მოცემული აპლიკაცია Windows Communication Foundation სერვისია. ბიზნესლოგიკა სრულდება დაპროგრამების ენა C#-ზე. აპლიკაცია დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზასა და სატელეფონო ცენტრის სისტემასთან.

მონაცემთა ბაზასთან კავშირი ხდება Entity Framework-ის გამოყენებით. Entity Framework არის ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს რელაციურ მონაცემებთან ვიმუშაოთ, როგორც პროგრამულ ობიექტებთან.

მიმდინარე დროის მონაცემების მისაღებად აპლიკაცია სისტემასთან პერიოდულად აგზავნის მოთხოვნას ცენტრში მიმდინარე მდგომარეობის ამსახველი მონაცემების შესახებ. პასუხის მიღების შემდეგ აპლიკაცია ახდენს მიღებული მონაცემების დამუშავებას და ქეშირებას. როდესაც სერვისი Front end აპლიკაციიდან მიიღებს მოთხოვნას ამ ინფორმაციაზე, პასუხად უბრუნებს ქეშირებულ მონაცემებს. ამ შემთხვევაში ქეშირება აუცილებელია, რადგან თუ ერთი წამის განმავლობაში სერვისი მიიღებს დიდი რაოდენობით მოთხოვნას, მას ყოველ მოთხოვნაზე არ უნდა დასჭირდეს სერვისისადმი მიმართვა და მონაცემების თავიდან დამუშავება.

სისტემაში შესაძლებელია სტატისტიკური ინფორმაციის მოთხოვნა კონკრეტული დღის მითითებით. მოთხოვნის მიღებისთანავე აპლიკაცია უკავშირდება მონაცემთა ბაზას და იღებს შესაბამის მონაცემს. ამის შემდეგ ეს მონაცემი დამუშავდება შესაბამისი ალგორითმით და ლეზულობს მომხმარებელსათვის სასურველ სახეს.

აპლიკაციის ვიზუალური ნაწილის შესაქმნელად გამოიყენება დაპროგრამების ენა JavaScript და მასზე დაფუძნებული ფრეიმვორკი Angular 2.

აპლიკაციაში ყოველი სტატისტიკური გრაფიკოსათვის შექმნილია Angular 2-ის კომპონენტი. მონაცემების მისაღებად გამოიყენება HTTP ენის მოთხოვნები, რომლებიც სერვისისაგან იღებს მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილ ინფორმაციას.

გრაფიკების შესაქმნელად გამოიყენება მონაცემთა ვიზუალიზაციის ფრეიმვორკი JavaScript და DevExpress-ის DevExtreme ბიბლიოთეკა.

ელექტრონულ სისტემას უნდა შეეძლოს ინფორმაციის რეალურ დროში ჩვენება. ამასთან, პროდუქტიულობას კიდევ უფრო გააუმჯობესებს გასული დღეების მონაცემების წარმოდგენა, რადგან მათი გაანალიზებით ორგანიზაციის მენეჯერებს შეეძლებათ დაინახონ ცენტრის მუშაობის გრძელვადიანი შედეგები.

ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ სისტემა ტექნიკურად მაქსიმალურად გამართული იყოს. დაუმ-

ვებელია მიმდინარე დროის ინფორმაციის დაგვიანებით ჩვენება, ამიტომ მონაცემთა ჩატვირთვის დრო მინიმუმამდე უნდა იყოს დაყვანილი. აპლიკაციის ინტერფეისი უნდა იყოს მარტივი აღსაქმელი და დიაგრამის ყველა პარამეტრს უნდა ჰქონდეს დეტალური აღწერა.

დასკვნა

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

ელექტრონულ სისტემას უნდა შეეძლოს ინფორმაციის რეალურ დროში ჩვენება გასული დღეების მონაცემებთან კომბინაციაში, რაც სატელეფონო ცენტრის მენეჯერებს საშუალებას მისცემს 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 center. Proceedings 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>
8. Murray N., Coury F., Lerner A., Taborda C. ng-book 2: The complete book on angular 2. Fullstack.io. 2016, 626 p.

UDC 351.818

SCOPUS CODE 1706

Call Centre Monitoring System

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

Reviewers:

- R. Samkharadze**, 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 article describes an application that is intended to collect and present data on the incoming calls in the call centre. This is an electronic system that allows managers to get instant access to the critical performance indicators of centre's work. These figures can be current data and of last days as well. Obtaining the data in such a short time allows the organization to take appropriate steps to improve the productivity of the centre.

The application is multifunctional. It can present both the current and the specified time data in the desired format. System presents data through visual charts. Depending on what kind of data is required, the chart may be of different types: pie chart, column, linear, etc.

The application has a responsive design. Elements are positioned automatically, depending on the size of the screen it is displayed on.

The article considers electronic system advantages. Herewith the software technologies used to create the application are described, statistical analysis of incoming calls is made, the results of the work of the visual part of the system are illustrated, and the ways of future improvement of the system are shown.

Key words: Algorithm; call center; database; data processing; electronic system.

UDC 351.818
SCOPUS CODE 1706

Система мониторинга колл-центра

- Р.Г. Кутателадзе** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- А.А. Кобиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: anakobia@hotmail.com
- Н.Е. Дарчиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: nodo619@gmail.com

Рецензенты:

- Р. Самхарадзе**, профессор, доктор технических наук 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. Описывается приложение, предназначенное для сбора и представления данных о входящих вызовах в колл-центр. Это электронная система, которая позволяет менеджерам получить мгновенный доступ к критическим индикаторам эффективности работы центра. Эти цифры могут быть как текущими, так и от прошедших дней. Получение данных в столь короткие сроки позволяет организации предпринять соответствующие шаги для повышения производительности центра.

Приложение многофункциональное. Оно может представлять данные текущего и указанного времени в нужном формате. Система представляет данные в виде визуальных диаграмм. В зависимости от того, какой тип данных требуется представить, диаграмма может быть разных типов: круговая, столбчатая, линейная и т. д.

В визуальной части приложения элементы сортируются автоматически, в зависимости от размера экрана.

В статье описываются преимущества вышеуказанной электронной системы, описываются программные технологии, используемые для создания приложения, сделан статистический анализ входящих вызовов, иллюстрируются результаты работы визуальной части системы, а также показаны пути дальнейшего совершенствования системы.

Ключевые слова: алгоритм; база данных; колл-центр; обработка данных; электронная система.

განხილვის თარიღი 04.04.2019

შემოსვლის თარიღი 10.04.2019

ხელმოწერილია დასაბაკდად 25.06.2019

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

ინტერდისციპლინური მიდგომის დახმარებით ზოგიერთი რთული ლინგვისტიკური ამოცანის გადაწყვეტა (ტერმინ Georgia-ს ეტიმოლოგიისათვის)

გ. ღვინევაძე მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. სურგულაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: gsurg@gmx.net

კ. ფხაკაძე, სტუ-ის ქართული ენის ტექნოლოგიზების სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: gllc.ge@gmail.com

ანოტაცია. Georgia სახელის წარმოშობის რამდენიმე ურთიერთგამომრიცხავი ვერსია განიხილება ვიკიპედიისა და მისი განშტოების – ვიკილექსიკონის როგორც ქართულ, ისე ინგლისურ და რუსულ ვერსიებში. აქედან გამომდინარე, საჭიროდ ვთვლით (და არა მარტო ჩვენ) ამ მიმართულებით კვლევა-ძიების განგრძობას. საერთოდ, ბევრი მეცნიერი თვლის, რომ ჩვენი ქვეყნის Georgia-დ სახელდებაში განსაკუთრებული როლი უნდა შეესრულებინა უძველესი ქართველების ცხოვრების წესს, კერძოდ მათ დაკავებულობას მიწათმოქმედებით [4-6]. მაგრამ, რადგან ამ პერიოდის დასაწყისს მეცნიერები ათასობით წლის წინ მოიაზრებენ, ვთვლით, რომ თემის განხილვა შორიდან უნდა დავიწყოთ. შესაბამისად, ტოპონიმებისა და თეონი-

მების სახელდებისათვის შესაძლებელი სხვადასხვა გზიდან ნაშრომში ტერმინ Georgia-სთვის უპირატესობა ენიჭება ისეთ უძველეს და, ამასთან, უმარტივეს კონსტრუქციას, როგორც წარმოადგენდა მზის საათი – „ცისა და მიწის შემაერთებელი“ სვეტი (როკი), ჩასმული მის გარშემო შემოვლებული ნიშნულებიანი წრის ცენტრში. ამასთან, ვთვლით, რომ სწორედ ამ ფენომენმა მისცა დასაბამი საქართველოში ადრე გავრცელებულ და დღემდე ჩვენი მთიელების მეხსიერებაში თითქმის პირვანდელი სახით შემორჩენილ სახელებს: გივარგის და გივერგილს.

საკვანძო სიტყვები: ეტიმოლოგიური კვლევები; ინტერდისციპლინური მიდგომა; ლინგვისტიკა; მზის საათი; ტერმინი Georgia.

შესავალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომათა კრებულში ჩვენ მიერ ადრე გამოქვეყნებულ სტატიაში [1], რიგ მოსაზრებებზე დაყრდნობით, ვწერდით:

„... ხომ არ დადგა დრო, მოხდეს ისეთი ტერმინების ეტიმოლოგიის გადააზრება (ასე ვთქვათ, ლინგვისტიკური „კერპების“ მსხვერვა), როგორცაა, მაგალითად:

Georgia, გიორგი, კვირია, ჯგურავ (სვ. წმ. გიორგი), თარგამ, მტკვარი და სხვა?!...

აღნიშნულ თემებთან კავშირში ჩვენს მოსაზრებებს მკითხველს სხვა დროს წარმოვუდგენთ, ხოლო დაინტერესებულ პირებს, პირველ რიგში სპეციალისტებს, ვთავაზობთ იფიქრონ ამ საკითხებზე. კარგი იქნება, თუ ჩვენი მოსაზრებები ერთმანეთს დაემთხვევა“.

ზემომოყვანილ სიაში ნახსენები კვირია ღვთაების, როგორც ქართული ფენომენის, შესახებ ჩვენი მოსაზრების გასაცნობად იხ. წყარო [2], ხოლო საქართველოს დედამდინარე მტკვრის ეტიმოლოგიური წარმოშობის ახალი ვერსიის შესახებ კი – სტატია [3].

ამჯერად გვსურს, მკითხველს გავაცნოთ ზოგიერთი მოსაზრება საზღვარგარეთ ჩვენი ქვეყნისათვის ფართოდ გავრცელებული Georgia-სა და ზოგიერთი სხვა სახელის (გურჯისტანი, გრუზია, ვრასტანი) ეტიმოლოგიური წარმოშობის შესახებ.

ეტიმოლოგიური ძიებანი ლინგვისტიკის სფეროს ერთ-ერთი ყველაზე რთული მიმართულებაა. მართლაც, ნამდვილად არ არის ადვილი ათასწლეულების განმავლობაში ტერმინების წარმოქმნამოდიფიცირების პროცესისათვის თვალის დევნე-

ბა. ამავე დროს ამ კვლევათა შედეგები არა მარტო ლინგვისტიკის, არამედ მთელი კაცობრიობის დიდ ინტერესს იწვევს, რაზეც ნათლად მეტყველებს თუნდაც მხოლოდ ის ფაქტი, რომ ბოლო წლებში ინტერნეტსივრცეში არნახული პოპულარობა მოიპოვა ამ თემატიკისადმი მიძღვნილმა, ვიკილექსიკონის სახელით ცნობილმა საიტების მთელმა წყებამ. მათი წყარო – სათავო საიტი, რომელიც მრავალი ენისათვის შაბლონად მოგვევლინა, უკვე 6 მილიონამდე ტერმინს მოიცავს. იგი თითქმის 4 ათასი ენიდან მოიხმობს და ერთმანეთთან აჯერებს მასალებს. აღსანიშნავია, რომ ვიკილექსიკონში ამა თუ იმ ტერმინისათვის ხშირად მოიყვანება მისი ეტიმოლოგიური წარმოშობის რამდენიმე, ზოგჯერ ერთმანეთის მიმართ დიამეტრულად საპირისპირო ვერსიებიც. აქედან გამომდინარე, ვერ ვიტყვით, რომ საქმე ზუსტ მეცნიერებასთან გვაქვს, მაგრამ ასეთი ვითარება ოდნავადაც ვერ ანელებს ადამიანების ინტერესს მშობლიური ენის ფესვების მოძიებისადმი.

თემას ვიწყებთ შემდეგი ფაქტის აღნიშვნით: ითვლება, რომ ადამიანმა შრომის შესამსუბუქებლად პრიმიტიული იარაღების დამზადებას დაახლოებით მილიონი წლის წინ, პალეოლითის ხანაში მიჰყო ხელი. ამ პერიოდის ინსტრუმენტები, როგორც წესი, წარმოადგენდა დაუმუშავებელ, ნაფლეთ კაჟის ქვას. ნეოლითის პერიოდში კი (რომლის დასაწყისი თარიღდება ახალ წელთაღრიცხვამდე 10 ათასწლეულით) ჩვენი წინაპარი სრულყოფს სამუშაო იარაღებს, ხვეწს იმავე კაჟის ქვას და ტარის მისამაგრებლად უკეთებს ნახვრეტს; ქმნის სხვა სახის ინსტრუმენტებსაც: შუბს, მშვილდისარს და ნაჯახს. უკანასკნელის მეშვეობით იშე-

ნებს საცხოვრებელს, აგებს ტივებს, ნავებს... და, რაც განსაკუთრებით აღსანიშნავია, ცეცხლის გასაჩენი მარტივი მოწყობილობისა და ბორბლის გამოგონებით ადამიანი ანუ კაცობრიობა ადის ცივილიზაციის ახალ საფეხურზე.

მივაქციოთ ყურადღება, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი სხვადასხვა დანიშნულების იარაღი მეტწილად ორი ელემენტისგან შედგება, რაც, ჩვენი ვარაუდით, უნდა ასახულიყო კიდევ ინსტრუმენტების დასახელებებში. აქ გვსურს გამოვყოთ ერთი მომენტი, კერძოდ ის, რომ ენის (ენების) წარმოშობა-განვითარების პროცესისთვის ჩვენ მიერ შემუშავებულ სამეტაპიან კონცეფციაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანის მიერ ცეცხლის მოპოვების ფენომენს.

ვთვლით, რომ ცეცხლის მიღების ყველაზე გავრცელებულმა ხერხმა (რომელიც დღესაც წარმატებით გამოიყენება ნაკლებად ცივილიზებულ ტომებში) – ხელისგულებში მოქცეული, მაგარი მერქნისგან დამზადებული წვირის ორივე მიმართულებით სწრაფმა ტრიალმა ფუტურო ხის ფოსოში – ჯერ კიდევ არცთუ ისე განტოტვილი ენების სამყაროში – სიტყვათა მარაგის მთელი პლასტი შექმნა [1].

მეტიც, მიგვაჩნია, რომ ამ მოვლენის საკრალიზება იქცა მიღმა სამყაროს შესახებ ჯერ პრიმიტიული და შემდეგ კი გაცილებით მაღალ დონეზე გააზრებული რელიგიის – მაზდეანობის საფუძვლად.

შემდეგ, ჩვენში ხალხური ტრადიცია კრძალავს (ვთვლით, სრულიად მართებულად!) ადამიანისათვის ღვთის მიერ ბოძებული ამ უდიდესი სიკეთის შეურაცხყოფას. განსაკუთრებული ხედვის ნიჭით დაჯილდოებული ზოგიერთი ადამიანი

ცეცხლს (პლაზმას) ცოცხალ არსებადაც კი აღიქვამდა! მართლაც, განა საოცარი არ არის ის ფაქტი, რომ ფაქტობრივად ნებისმიერი სარწმუნოების მიმდევარი პირი ლოცვისას, როგორც წესი, სანთელს ანთებს და მისი მეშვეობით(აც) ცდილობს უზენაეს ძალებთან კონტაქტის დამყარებას?!

ადამიანის მიერ ხელოვნური გზით ცეცხლის დანთების ფენომენის უდიდესი მნიშვნელობის მოვლენად აღქმაზე, რომელიც ღმერთის ნება-სურვილის საწინააღმდეგოდაც კი იქნა გააზრებული, ნათლად მეტყველებს მითოლოგიური თქმულებები ამირანსა და პრომეთეზე. სწორედ ცეცხლის „მოთვინიერებამ“ განაპირობა მეტალურგიის, მეთუნეობის, მრავალი სხვა დარგის განვითარება და, აქედან გამომდინარე, ენის (ენების) ლექსიკური მარაგის გამდიდრებაც... შესაბამისად, ლოგიკურია ვივარაუდოთ:

მითოლოგიური გმირების – ამირანისა და პრომეთეს სახელები ეტიმოლოგიურად სწორედ ცეცხლის ფენომენთან იყოს დაკავშირებული! კერძოდ კი მისი მიღების ზემოთ აღნიშნულ პრიმიტიულ ხერხსა თუ ხელსაწყოსთან. მაგრამ, რადგანაც იმ პერიოდს ათასწლეულები გვაშორებს, ბუნებრივია ამ სახელებს, თუნდაც გადააზრების შედეგად, მნიშვნელოვანი ცვლილებები განეცადა.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია:

ამირანისა და პრომეთეს თავდაპირველი სახელების რეკონსტრუირებას ვეცადოთ, მათი წარმოდგენით, ისეთ კომპოზიტებად, რომლებშიც გამოიკვეთება „0“ და „1“ ელემენტები ანუ ფაქტობრივად დავეყრდნობთ მეტად ფასეულ, ღრმა შინაარსის ჩინურ მოძღვრებას „ინ და იან“-ის შესახებ.

ქვემოთ მოყვანილ, ასე ვთქვათ, „ნედლ“ მოსაზრებებს არ მივიჩნევთ ურყევ ჭეშმარიტებად. ისინი სამუშაო ვერსიებია, რომლებიც შესაძლებელია დადასტურებულ ან უკუგდებულ იქნეს მათი ე. წ. პროექტორების მეთოდით განხილვისას (ამ მეთოდის შესახებ ქვემოთ გვექნება საუბარი).

აქვე შევნიშნავთ, რომ საქმე ეხება ათასწლეულების წინანდელ ეპოქას, რომელშიც დღევანდელი ენები ნაკლებად დიფერენცირებული გახლდათ, რის გამოც თავს უფლებას ვაძლევთ გამოვთქვათ შემდეგი (საკმაოდ თამამი) ვარაუდები:

პრომეთე

არ გამოვრიცხავთ, რომ პრომეთეს სახელდებას (შემდგომში მისი გადააზრებით) სათავე დაუდო ზემოთ აღწერილმა, ჯერ კიდევ უძველეს დროში ცეცხლის მისაღებად გამოყენებულმა, ხის ორი დეტალისგან შემდგარმა უმარტივესმა მოწყობილობამ:

პრომეთე ← პორ (ზორ) + მეთ → ბორმოტ → (ბოროტ).

ვვარაუდობთ, რომ ამ ხელსაწყოს ჩვენ მიერ კომპოზიტად აღქმულ სახელში **პორ (ზორ)** ელემენტი წარმოადგენდა მაგარი ხის ჯიშისგან დამზადებულ წკირს (ცეცხლთან მიმართებით, შესაძლებლად მიგვაჩნია მისი დაკავშირება ჯერ კიდევ უძველეს პერიოდში სხვადასხვა ენაზე წარმოშობილ ტერმინებთან: ბრიალი, ბრაწვა; пороть, *рѣтъ, *porti, порю «разрезать, потрошить»,...), ხოლო **მეთ** ელემენტი – ფუტურო ხის ნაჭერში გაკეთებული ღრმულის აღმნიშვნელ ტერმინს (მათ-ე, საბას მიხედვით, ნიშნავს მცირე ფოსოს, ამასთან სხვა ენებშიც საკმაო რაოდენობით გვხვდება მსგავსი ფორმისა და შინაარსის ტერმინები).

ამირანი

შესაძლებლად ვთვლით, რომ ეს სახელიც კომპოზიტი იყოს (როგორც შინაარსობრივად, ისე სტრუქტურულადაც), რომელიც წარმოიშვა ორი, სავარაუდოდ, მზის და მთვარის ღვთაებების სახელების შერწყმით.

ვეყრდნობით შემდეგ გარემოებას: შორეულ წარსულში (და ახლაც) უმწეო მდგომარეობაში აღმოჩენილ ადამიანებზე ზრუნვას თავის თავზე იღებდა თემი, მეტწილად საკულტო ფენის წარმომადგენლები ანუ მოარული გამოთქმით ისინი რჩებოდნენ ღვთის ანაზარა, არსებული სალოცავისთვის მრევლის მიერ სურსათ-სანოვავის და სხვათა შემოწირვათა **ამარა** (საბას მიხედვითაც, ტერმინი *ამარა* ნიშნავს ვინმეს იმედად ყოფნას).

შენიშვნა. *ამარა* სიტყვასთან მიმართებით ვფიქრობთ მოიძებნება პარალელებიც - არ გამოვრიცხავთ, რომ ტერმინი *ქვრივი* მომდინარეობდეს წარმართული ღვთაება კვირიადან (ამგვარი გაგებით, კვირიასადმი მიზარებული, მისი ანაზარი) და შემდგომ მოხდა ტერმინის გადააზრება (ქმრივიდან მომდინარედ). მსგავსი საფუძველი უნდა ჰქონოდა ტერმინების – *ობოლისა* და *ქვრივ-ობერის* წარმოშობასაც. ჩვენი ვარაუდით, სიტყვები *ობერი* და, საბას მიხედვით, დღესასწაულობის აღმნიშვნელი *ობა* შორეულ წარსულში, დღევანდელი სახისაგან განსხვავებით, გახლდათ ფრიად საპატიო ღვთაებებისა და/ან მათ საპატივცემულოდ აღსრულებული რიტუალების სახელები. საინტერესოა, რომ *ობა* ტერმინს აკაკი, ეკატერინე გაბაშვილი, ვასილ ბარნოვი და სხვა მოღვაწეები მოიხსენიებდნენ დღეობის, ხატობის, ჯვარობის დღესასწაულის მნიშვნელობით.

ამრიგად, დასაშვებად ვთვლით, რომ ამირანი წარმოვადგინოთ ასეთი კომპოზიციის სახით:

ამარ [მზე] + ან (ანუ) [მთვარე].

ამასთან, შესაძლებლად მიგვაჩნია, ეს მოსაზრება შემდეგი არგუმენტითაც გავამაგროთ:

უძველეს საქართველოში ჩვენი წინაპრებისათვის სწორედ მზე და მთვარე გახლდათ თავყვანისცემის ობიექტები 5 ვარსკვლავთან ერთად (იმ პერიოდში პლანეტებსაც ვარსკვლავებად აღიქვამდნენ).

შენიშვნა. ასევე არ გამოვირიცხავთ, რომ დღეს რატომღაც სომხურიდან მომდინარედ მიჩნეული ტერმინი **მარანი** (იხ. ვიკილექსიკონის ფუძემდებლური საიტი <https://en.wiktionary.org/wiki/მარანი>) ამ ღვთაებისა თუ ღვთაებებისთვის ყოფილიყო, მაგალითად, **აგუნა-ანგურასადმი** – პატივის მიგებისა და ერთმანეთის ღვინით დასალოცად განკუთვნილი თავშეყრის ადგილი, ხოლო კიდევ უფრო ადრინდელ ეპოქაში – უძველეს ცეცხლთაყვანისმცემელთა საკულტო ობიექტი, რომლისგანაც შემდგომ ეპოქებში მნათობების თაყვანისცემისთვის იქნა მიღებული „ესტაფეტა“.

საერთოდ, კომპოზიტ-ტერმინების წარმოშობა შესაძლებელია შევადაროთ მარტივი ნივთიერებებისგან, კერძოდ ატომებისაგან სრულიად ახალი თვისებრიობის მქონე მოლეკულების წარმოქმნის პროცესს.

ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ ასეთი (ნახევრად სახუმარო) მაგალითები: **კკუა+მხიარული, ბე(დ)+დოვლათი, ვაჟ+ბატონი, ჩიტი+რევიობა...** და ისიც, რომ, განსხვავებით მისი შემადგენელი ცალკეული ელემენტებისგან, სულ სხვა ფუნქციური დატვირთვა ენიჭება **ნამგლისა და უროს** გრაფიკულ გამოსახულებას. გარდა ამისა,

შესაძლოა ესა თუ ის სიტყვა თუ გრაფიკული სიმბოლო სულაც უცვლელი დარჩეს, მაგრამ, სხვადასხვა გარემოების გამო, დროის განმავლობაში ზოგჯერ დიამეტრული შინაარსიც კი შეიძინოს, როგორც, მაგალითად, ეს მოხდა **სვასტიკის (ბორჯღალო)**, ასევე ტერმინების: **წარმართობის (დღეს „უკულმართობად“ აღქმულის)**, **ბოდიასის, ტლიკინის, ლაქლაქის [2]** და რატომღაც **მედგარის** შემთხვევებში.

აქვე კიდევ ერთ მეტად მნიშვნელოვან მომენტზე გვსურს გავამახვილოთ მკითხველის ყურადღება: ცეცხლის დასანთებად განკუთვნილი პრიმიტიული მოწყობილობა კონსტრუქციულად მეტად ახლოს დგას **ბორბლის** (From reduplication of Proto-Georgian-Zan *bor-) ფენომენტთან, რომელმაც უდიდესი როლი შეასრულა კაცობრიობის ისტორიაში და ცივილიზაციის სრულიად ახალ საფეხურზე აიყვანა!

შენიშვნა. „მოლეკულური“ კონცეფციის თვალსაზრისით, ფრიად საინტერესო კომპოზიტებად აღვიქვამთ ასევე ტერმინებს: **არმატურა, ბეხრევი, ურემი, არმათიონი, ჭახრაკი, ჩაკრა, ღერმათი, ქერემეტი, ღრმა...** (მათ შესახებ მსჯელობა შემდგომი კვლევების საგნად მიგვაჩნია).

ძირითადი ნაწილი

სანამ გივარგის (და არა მარტო მისი) ეტიმოლოგიის საკითხს დავუბრუნდებოდეთ, აღვნიშნავთ, რომ ტოპონიმების და თეონიმების სახელდებისათვის ქვემოთ ჩამოთვლილი ყველაზე გავრცელებული გზებიდან Georgia-სათვის ჩვენ უპირატესობას ვანიჭებთ მესამე ვარიანტს (და სტატიის ძირი-

თად ნაწილში შევეცდებით სწორედ ამ არჩევანის დასაბუთებას):

1. ორი მდინარის შეერთების ადგილზე მყოფ პუნქტს სახელი ერქმეოდა ამ მდინარეების სახელთა შერწყმით, ხოლო მეტონიმით – იქ აგებულ საკულტო დანიშნულების ნაგებობასაც;
2. ჯერ კიდევ წინაისტორიულ პერიოდში ადამიანები საკულტო ნაგებობებისათვის შესაფერის ადგილს ირჩევდნენ, გამომდინარე მათთვის დაკვირვებული ასტრონომიული დაკვირვების დანიშნულებიდან. ვვარაუდობთ, რომ თეონიმის (მეტონიმის, ტოპონიმის) სახელების წყაროდ გვევლინებოდა ძველის (დაკვირვების პუნქტის) ახლომახლო მდებარე მთების (მათგან მომდინარე მდინარეების) ან ამ მთებზე განლაგებული (მზის და მთვარის) კერპების კომპოზიტად შერწყმული სახელები. ამასთანავე, უფრო მარტივ შემთხვევაში, დაკვირვების პუნქტის ხედვის არიდან საინტერესო მთებს შორის დაცილება ჩანს, უნდა ყოფილიყო მცირე და „ღრეწოში“ მზე მხოლოდ ბუნიობისას ამოდიოდა.
3. სახელდებას განაპირობებდა კიდევ უფრო მარტივი „კონსტრუქცია“. ეს იყო მზის საათი, ასე ვთქვათ, ცისა და მიწის შემაერთებელი სვეტი (როკი), ჩასმული მის გარშემო შემოვლებული ნიშნულებიანი წრის ცენტრში.

ჩვენი ვარაუდით, უძველეს დროში ქართველებისათვის **გივარგი** (დღეს რამდენადმე სახეცვლილი ტერმინის სახით მოღწეული) გახლდათ ღვთაება, ბარში **თეთრ გიორგად**, ხოლო მთაში **ჯგრაგად** წოდებული, რომელიც წარმართი წინაპრებისათვის

ასოცირდებოდა ელვა-ქუხილთან ანუ ამინდის შეცვლის, უმეტესწილად ნანატრი წვიმის მოსვლის თხოვნის ადრესატთან და ის მრევლს აღქმებში **თეთრ რაშზე** ამხედრებული ევლინებოდა!

ამასთან ერთად, ვფიქრობთ, რომ სახელი **ჯგრაგ** უნდა მომდინარეობდეს მომდევნო პერიოდებში დიდად შერისხულ-დისკრედიტირებულ ტერმინ **ჯაგლაგისაგან!**

შენიშვნა. ასეთი რამ ფრიად გავრცელებული მოვლენა გახლდათ - ახლად დამკვიდრებული სარწმუნოებანი ამ გზითაც ებრძოდნენ არსებულთ!

არ გამოვიცხავთ იმ შესაძლებლობასაც, რომ ტერმინი **ჯგრაგ** (**ჯაგლაგ**) იყოს ორი, ერთმანეთთან დაპირისპირებული, „0“ და „1“ ანუ **ინ** და **იან**-ის შინაარსობრივი დატვირთვის მქონე ელემენტისგან შემდგარი კომპოზიტი, რომელშიც **ჯაგ** მდგენელი (*შდრ. ტერმინებს: ჩაქ, ჩაქჩაქი, ჭაკი, ჯაგვა [საბა] - გამოხედნა, ჯაგჯაგი [საბა] - ცხენის ავად სიარული*) აღნიშნავდა **მდედრს**, ხოლო **ლაგ** (*რაგ, როკი, лошады*) – **მამრს**. როგორც ტერმინის აგებულების, ისე შემდგომში მისი დისკრედიტირების თვალსაზრისით, ანალოგიურ სიტუაციასთან უნდა გვქონდეს საქმე სიტყვაში **ბეხრეკი**.

კიდევ უფრო შორეული წიაღსვლით, ვვარაუდობთ, რომ **ჯგრაგ** (**ჯაგლაგ**) კომპოზიტ-ტერმინი უნდა მომდინარეობდეს ზემოთ აღწერილი ცეცხლის გაჩენის პრიმიტიული ხელსაწყო სახელწოდებიდან. ჩვენი ვარაუდით, სწორედ ამ კავშირზე მეტყველებს შემორჩენილი უძველესი არტეფაქტები:

სამსხვერპლოზე ფლოქვის დარტყმით რაში აჩენს ნაპერწკალს!

რა თქმა უნდა, ამინდის პრობლემატიკა და, კერძოდ, მისი პროგნოზირების საკითხი მარტო ქართველებს (თუ პროტოქართველებს) არ აინტერესებდათ, პირამიდებზეც რომ არაფერი ვთქვათ, ბოლო ხანებში, უახლესი აღმოჩენების საფუძველზე, არაერთხელ დადასტურდა ვარაუდი, რომ უძველესი ხალხი ამ საკითხთან მიმართებით საკმაოდ მნიშვნელოვან ცოდნას ფლობდა, ამასთან შესაბამისი ინფორმაციის მოსაპოვებლად ამზადებდა არა მხოლოდ მცირე ზომის, ასე ვთქვათ, მობილურ ხელსაწყოებს, არამედ აშენებდა მთელ კომპლექსებსაც კი! მაგალითად, ძალიან დიდი ინტერესი გამოიწვია ამ საუკუნის დასაწყისში ევროპის ტერიტორიაზე აღმოჩენილმა ნებრას დისკოს სახელით ცნობილმა არტეფაქტმა. სხვადასხვა პროფილის მეცნიერთა მჭიდრო თანამშრომლობის შედეგად დადგინდა:

ნაპოვნი დისკო უძველესი ასტრონომიული მოწყობილობაა, რომელიც ნებრასა და მის სიახლოვეს მცხოვრებ ადამიანებს ეხმარებოდა მზის ბუნობის დღეების დადგენაში – დისკოზე განთავსებული ოქროს რკალებით შემოსაზღვრული 82-გრადუსიანი კუთხე ზუსტად ემთხვევა ამ ტერიტორიაზე ბუნობის მომენტებისათვის მზის ჩასვლა-ამოსვლის პოზიციებს შორის ფიქსირებულ კუთხეს [7].

ამ მეტად საინტერესო და ინფორმაციულ ფაქტზე დაყრდნობით, გამოვთქვით მოსაზრება [1]:

საქართველოში (და, სავარაუდოდ, არა მარტო ჩვენში) არსებული წარმართული სალოცავები, რომელთა ადგილიც შემდგომ, პირდაპირი და გადატანითი მნიშვნელობით, ქრისტიანულმა ტაძრებმა დაიკავა, უძველესი ობსერვატორიებია!



სურ. 1. ნებრას დისკო

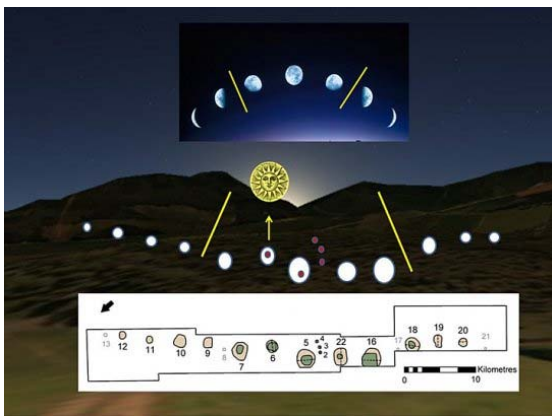
ამ მოსაზრებას ამაგრებს 2004 წელს შოტლანდიაში, აბერდინის ოლქში აეროფოტოგადაღებისას დაფიქსირებული მიწის ზედაპირიდან შეუმჩნეველი ჩაღრმავებები, რომლებიც როგორც შემდგომ (2013 წლისათვის) სპეციალისტებმა დაადგინეს, აღმოჩნდა უძველესი საკალენდრო კომპლექსის ნაშთები (სურ. 2).

მოგვყავს ციტატა წყაროდან [8]:

„მოედანზე ჩატარებული არქეოლოგიური გათხრებით ნაპოვნი იქნა 12 ორმო, ისინი იმეორებენ მთვარის ფაზებსა და მის მდებარეობას თვეების მიხედვით. ორმოების მწკრივი ემთხვევა ზამთრის შუა პერიოდში მზის ამოსვლასაც, რაც ბირმინჰემის უნივერსიტეტის მეცნიერთა ჯგუფის ვარაუდით მონადირე-შემგროვებელ საზოგადოებას საშუალებას აძლევდა დაედგინა სეზონთა ცვლის მომენტები. ფიქრობენ, რომ უძველესი მონუმენტი დაახლოებით 10 ათასი წლის წინ შეიქმნა, დაახლოებით ძვ. წ. მე-80 საუკუნეში. კვლევის შედეგები პირველად ჟურნალ "Internet Archeology"-ში გამოქვეყნდა“.

რა თქმა უნდა, ამინდის პროგნოზს არანაკლები, ვიტყვით, სასიცოცხლო მნიშვნელობა ჰქონდა მიწათმოქმედი ხალხისათვის და, საყოველ-

თაო აღიარებით, სწორედ ქართველთა წინაპრები მოიაზრება მათ წინა რიგებში. ამასთან, ფაქტია, რომ ბრიტანეთის ტერიტორიაზე დასახლებული ტომების წინაპრები იყვნენ ევროპული იბერი-იდან იქ გადასული კელტები (არსებობდა ასეთი „შუალედური“, კელტ-იბერიების ტომიც), რომელთა შთამომავალმა უელსელებმა, სხვა ევროპელებისაგან განსხვავებით, თითქმის უცვლელად შემოინახეს ღვინის ქართული სახელწოდება.



სურ. 2. შოტლანდიაში ნაპოვნი უძველესი საკალენდრო კომპლექსის ნაშთები

ვალისურ ენაზე ღვინოს ეწოდება **g v i n!** [9].

ამ სასმელის დამზადებაში პრიორიტეტი რომ სწორედ ქართველებს გვეკუთვნის და მისი ისტორია არანაკლებ 8 ათას წელს მოითვლის, ევროპელმა მეცნიერებმა დაადასტურეს ამ ცოტა ხნის წინ!

ასე, რომ შესაძლებლად მიგვაჩნია პროტო-ქართველებსა და კელტ-იბერიელების შთამომავალ ბრიტანელ - უელსელთა თუ შოტლანდიელთა შორის კავშირი ვეძიოთ ასტრონომიით მათი დაინტერესების კუთხითაც. კერძოდ, ვვარაუდობთ, რომ:

წარმართული ეპოქის ძეგლები ახლომახლო, მთებზე განლაგებულ მზისა და მთვარის („ქალის“ და „მამაკაცის“) კერპებთან „თანამშრომლობით“ თავისებურ სამკუთხედს ქმნიდა ასტრონომიული დაკვირვებებისთვის, რასაც ასახვა უნდა ეპოვებოდა თეონიმების და (მეტონიმის გზით) ტოპონიმების დასახელებებში!

ვფიქრობთ, სწორედ ასეთ კომპლექსთან უნდა გვეკონდეს (გვეკონოდა) საქმე მცხეთის მიდამოებში, მთებზე განთავსებული **გაცის** და **გაიმის**, ოქროსა (მზის) და ვერცხლის (მთვარის) კერპების და მათზე დაკვირვების პუნქტის ანუ საკულტო ნაგებობის სახით (გამოსაკვლევია, კერძოდ, რომლის).

ლოგიკურია, ქართველებს – მიწათმოქმედ ხალხს უძველესი დროიდან, რომელთაც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტერმინ გივარგის გადააზრებით, ძველმა ბერძნებმა **გეორგიანები** ანუ **მიწათმოქმედი ადამიანები** უწოდეს, წელიწადის დროების გასარკვევად მიემართათ მსგავსი საშუალებებისათვის! ასეცაა და ეს დასტურდება ჩვენს მთიანეთში დღემდე შემორჩენილი, **მეტად პრიმიტიული სახის** (რაც სწორედ მათ არქაულობაზე მეტყველებს!), ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ **მზის ბუდეებად** წოდებული კომპლექსების, თანამედროვე ობსერვატორიების უძველესი წინაპრების ნაშთებით.

აღნიშნული კომპლექსების შესახებ მეტად საინტერესო მასალებს გვაწვდის მკვლევარი გიორგი გიგაური [10]. მეცნიერი წერს, რომ **მზის ბუდეები** წარმოადგენდა **წრიულ ყორეებს**, ცენტრში ვერტიკალურად მდგარი ქვის სვეტით ე. წ. **მენჭირით** (საბას მიხედვით, ქვაკაცით, იგივე ჭორტით) და მზისა და მთვარის შუქრდილების დახმარებით დროის ყველაზე საჭირო მომენტების დამაფიქ-

სირებელი ნიშებით. ინფორმაციის ამოხსნა-გაანალიზებას სოფელში ემსახურებოდა **მემარგე**. ვფიქრობთ, ეს ტერმინი ეტიმოლოგიურად კავშირში უნდა იყოს ძველ დროში ქართველების უმთავრესი **მორიგე** ღმერთის სახელთან. ამინდის „სამინისტროს“ წარმომადგენელი მემარგე ბუნებრივია, რომ თავიდან ემსახურებოდა მხოლოდ მზის ღვთაებას. დროთა განმავლობაში კი ჩანს, რომ პრიმიტიულ ობსერვატორიასა და მემარგეს დამატებითი ფუნქციების შესრულებაც დაეკისრა, კერძოდ მთვარესა და პლანეტებზე დაკვირვების.

საინტერესოა, მზისა და მთვარის ღვთაებებს შორის კონფლიქტი და მათი შერიგება აისახა კიდევ ხალხურ გადმოცემებში, რაც, როგორც ჩანს, დამთავრდა ქართველების მიერ ამ ღვთაებებისა და 5 ვარსკვლავისადმი (იგულისხმება ხილული პლანეტები) კულტის გამარჯვებით.

დროთა განმავლობაში ადამიანმა (ამ შემთხვევაში ქართველი ადამიანი გვაინტერესებს) ასტრონომიული მოვლენების შესახებ თანდათანობით მეტი ცოდნა შეიძინა. იგი სრულყოფს თავყვანისცემის ობიექტებზე დაკვირვების ხერხებს და, როგორც ჩანს, იმდენადაც კი, რომ ძველი ცივილიზაციის ხალხი საქართველოს (კერძოდ, რაჭას, რომელთანაც მათ მჭიდრო კავშირი ჰქონდათ) ისეთ ქვეყანად მიიჩნევდა, სადაც **მზე ორჯერ ამოდის**. სწორედ ამ ფრიად საინტერესო შეხედულებაზე ამახვილებს ყურადღებას მეცნიერი ავთანდილ გიორგობიანი, რომელიც ამავე დროს აზუსტებს მკვლევარ ნათელა ფოფხაძის მიერ მზის ორჯერ ამოსვლის, ერთი შეხედვით, მეტად უცნაური ფენომენის ასახსნელად გამოთქმულ ლოგიკურ მოსაზრებას, შემდეგ ფაქტზე დაყრდნობით [11]:

„**მზე ამოსვლის შემდეგ კვლავ ეფარება შოდა-რუბომალის მასივის მწვერვალს – ლოლორას**“.

აღვნიშნავთ, რომ ასეთივე მოვლენა ფიქსირდება ხევსურეთის სოფელ **ანატორშიც**.

ზემოთ მოყვანილ ფაქტების შეჯერებით გამოვთქვამთ ვარაუდს:

უძველესი საკულტო ნაგებობებისათვის ადგილი შეირჩეოდა სწორედ ამ ფაქტორის გათვალისწინებით და ეს ხდებოდა როგორც დღევანდელი საქართველოს ტერიტორიაზე, ისე ანატოლიაშიც, რომელიც ადრე ქართველების მიწა-წყალი გახლდათ.

ადგილის არჩევანს კი განაპირობებდა მიწათმოქმედი ხალხისთვის შემდეგი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი მოთხოვნა:

დროულად მიეღოთ ინფორმაცია მზის ბუნობისა და მთვარის ფაზების მოსალოდნელი ცვლილებების შესახებ და ამის მიხედვით დაეგეგმათ სასოფლო-სამეურნეო თუ სხვა სახის სამუშაოები.

აქედან გამომდინარე, არ გამოვირიცხავთ, რომ ტერმინი **ანატორი** და, შესაბამისად, **ანატოლიაც** წარმოადგენდეს შემდეგი სახის კომპოზიტს:

ან (ანუ - მთვარის ღვთაება) + ტორი (მზის ღვთაება - ტაროსი, ტარი, დრო).

სწორედ ასეთი კომპლექსების აგების შედეგად გადავედით ქართველები ზემოთ აღწერილი, ასტრონომიული დანიშნულების ობიექტების განვითარების მომდევნო საფეხურზე (და, რა თქმა უნდა, არა მარტო ქართველები, დავაკვირდეთ მაჩუპიკჩუსაც).

აი, სწორედ ამითაა გამოწვეული საქართველოში წმინდა გიორგის სახელის მატარებელი ასეულობით ტაძრის არსებობა.

ამრიგად, გადააზრებას მოითხოვს, წმინდა გიორგის მიერ ქვეყნის მფარველობის გავლენით, საქართველოს „გეორგიად“ სახელდების საკითხი, რასაც ჯერ კიდევ ივანე ჯავახიშვილი აღნიშნავდა. მკვლევარი ვ. კოპალეიშვილი იყო პიონერი, რომელმაც შენიშნა, რომ უძველესი დროიდან არსებული კულტის სახელი დაკავშირებული უნდა ყოფილიყო შუმერში ნომბრის თვის აღმნიშვნელ **ქისლიმუ** ტერმინთან. ამ სიტყვაში „ქი“ შუმერულ ენაზე მიწას აღნიშნავდა.

აქვე შევნიშნავთ, რომ მკვლევარი ავთანდილ გიორგობიანი კავშირს ხედავს ძველევგვიპტურ **გებ** მიწის ღვთაებასა და ზოგიერთ ქართულ ტოპონიმს შორის, კერძოდ რაჭაში არსებულ **ღებ** სოფელთან და იქვე აღნიშნავს, რომ, საბას მიხედვით, სიტყვა **გება** ნიშნავს კერპათავის მსხვერპლის შეწირვას [11].

ბოლო წლებში აღნიშნულ თემასთან მიმართებით გამოქვეყნებული ნაშრომებიდან ჩვენი განსაკუთრებული ყურადღება მიიქცია მკვლევარ გიორგი კოკოშაშვილის სტატიამ „*რამდენიმე მოსაზრება საქართველოს სახელის – georgia-ს შესახებ*“ [6]. კერძოდ, მეტად საინტერესოდ ვთვლით ავტორის მოსაზრებას **გეორგიას** ქართულ ნიადაგზე წარმოშობის შესახებ ასეთი კომპოზიციის სახით:

გი + ვარგ

მოგვყავს ვრცელი ამონარიდი ამ სტატიიდან:

„*საქართველოს მთის რეგიონებში ზოგჯერ გიორგი გამოითქმის, როგორც გივარგი... სვანურ ყოფაში დღემდე საკუთარ სახელად გამოიყენება „გიორგის“ ჩვენთვის საინტერესო ფორმა – გივარგი ან გივარგილ... (ამ სიტყვის პირველი მარცვალი). „გი“ ან „გიმ“ სვანური დიალექტის ჩოლურულ კილოზე სიტყვა ნიშნავს მიწას, უფრო სწორად - დე-*

დამიწას, ადგილს, გიმ ლამ ზერ – მიწის სალოცავია... არა უშუალოდ მიწის, როგორც სუბსტრატის, არამედ ცისქვეშეთის ანუ მიწიერი ადგილის სალოცავი (შედარებისათვის გავიხსენოთ აღმოსავლეთ ქართული „ადგილის დედა“). სიტყვა „გი“, მიწის მნიშვნელობით, შედის სვანური შედგენილი სიტყვის „ანგის“ შედგენილობაში. „ან-გი“ არის ლიმურყვამალის ანუ თოვლის კომპოზის რელიგიური დღესასწაულის ატრიბუტი. (ეს) რიტუალური საგანი წარმოადგენს ხის წვერზე დამაგრებულ ჯვარს, რომელზედაც საცრის რგოლია ჩამოცმული. იგი ასახიერებს ქვეყანისა და ზეცის ერთიანობას, სადაც ზეციურის სიმბოლოს საცრის რგოლი ანუ წრე გამოხატავს, ხოლო მიწიერის სიმბოლოს – ჯვარი. ორი საწყისის, ზეციურისა და მიწიერის, ცისა და მიწის, სულიერისა და მატერიალურის დამაკავშირებელ ღერძად სიცოცხლის ხე გვევლინება“.

ჩვენი მოსაზრება Georgia ტერმინის წყაროდ გივარგის შესახებ ემთხვევა მკვლევრისას, მაგრამ განსხვავებული აზრი გვაქვს ამ კომპოზიტიში შემავალ მეორე მარცვალთან დაკავშირებით. კერძოდ, გ. კოკოშაშვილი მიიჩნევს, რომ ეს მარცვალი წარმოგვიდგება **ვარგ** ტერმინის სახით, რომელიც სვანური დიალექტის ჩოლურულ კილოზე ნიშნავს დიდებულს და კავშირშია **ვარგის** ზოგადქართულ სიტყვასთან.

ჩვენ კი ვთვლით, რომ, მიწათმოქმედი ერის მიერ საკულტო ნაგებობისათვის დაკისრებული ფუნქციებიდან გამომდინარე, **გივარგ კომპოზიტი** უნდა ფიგურირებდეს არა მხოლოდ მიწის, არამედ **ზეცის** ან ადამიანის ზეცასთან დამაკავშირებელი რაიმე „ელემენტის“ სახელიც.

შესაბამისად, ტერმინი **გივარგ** დამარცვლული სახით წარმოგვიდგება არა, როგორც **გი-ვარგ** (ან **გი-ვარგ-ილ**), არამედ **გივ-არგ**, რომელიც მიღებულია უფრო ადრინდელი სიტყვიდან ბგერების მეტათეზისით. წინარე სახის მქონე ტერმინი კი, ჩვენი ვარაუდით, უნდა ყოფილიყო:

გივ-რაგ

აქ პირველი მარცვალი **გივ**, რომელიც კავშირში უნდა იყოს **გებ-ლებ** ღვთაებასთან, აღნიშნავს ისევ **მიწას** (შდრ. გა-ღივ-ება), ხოლო მეორე მარცვალი **რაგ** – **ცას** და უძველეს საკულტო ნაგებობაში ეს კომპონენტი წარმოდგენილი უნდა ყოფილიყო მიწაში (ბუდეში) ჩარჭობილი **როკის** სახით.

რაგ (**როკ**) მდგენელის ცასთან კავშირზე მიუთითებს ის ფაქტიც, რომ ტერმინი **რეგ-ვა**, საბას მიხედვით, დასეტყვას ნიშნავს.

ამასთან, სავარაუდოა, რომ **რაგ** (**რეგ**) ტერმინი შორეულ წარსულში დამოუკიდებელი სახითაც აღნიშნავდა მრევლის მთვარესთან (ანუ ცასთან) დამაკავშირებელ წარმართულ კერპს და ამ ან მსგავსი სახელწოდებით სხვა ენებშიც გვხვდებოდა, რაზეც, ჩვენი აზრით, მეტყველებს ამ ენებზე არსებული ისეთი ტერმინები (დღეს ზოგჯერ უარყოფითი დატვირთვის მატარებელი), როგორიცაა:

რეგვანი (ეს სიტყვა ადრე მხნე, მედგარ კაცს აღნიშნავდა, ხოლო ტერმინი მედგარი, პირიქით, საბას განმარტებით, მცონარს, მოუძლოურებულს, შხაკვარს), რეკვა, როკვა, როკი (ინგ.), როკ, ругань, რუგ-პოგ.

მეტიც, უზენაეს ღვთაებას (წესრიგის მოყვარული ჩვენი წინაპრები) **მორიგ ეღმერთის** სახელით მოიხსენიებდნენ და ამ (და მსგავსი) საკულტო ნაგებობების გარშემო სადღესასწაულო დღეებში შეკრებილნი ადავლენდნენ ლოცვებს, ასრუ-

ლებდნენ (შემდგომ პერიოდებში შერისხულ) წარმართული ხასიათის სიმღერებს და **როკვად** წოდებულ ცეკვებს [2].

ზემოთ აღნიშნავდით, რომ განსახილველ საკითხთან მიმართებით პერსპექტიულ საქმედ გვესახება გადაკვეთების მოძიება ჩვენს მსჯელობებსა და უძველესი ჩინური **ინ** და **იან**-ის ფილოსოფიას შორის. სწორედ, ამ მოძღვრებისაგან რამდენადმე განსხვავებულ, მაგრამ ფრიად მსგავს ე. წ. „ობობითი“ მიდგომის ლოგიკაზე დაყრდნობით, ჩვენს ერთ-ერთ ნაშრომში ვხსნიდით უძველესი სახელეუბის – **თარგამოსის** (თარ-გამ-ოს-ის) და **ქავთარის** (ქავ+თარ-ის) სახელდების საკითხს [1]. ამჯერად კი დავამატებთ:

- არ გამოვრიცხავთ, რომ ამგვარივე აგებულების იყოს მთაში ადრე პოპულარული, უძველესი სახელი **თორღვა** (თორ+ღ*ვ-ა) და... დეტალების დამჭერი მოწყობილობა **გირაგი** (← გივრაგი(?) შდრ. ჭახ (ჩაკ)+რაკი).
- საინტერესოა ასევე, რომ ჩრდილო კავკასიაში დღემდეა შემორჩენილი ტოპონიმები: **თარგიმ** (ინგუშეთი) და **Тарки** ([kyu.m. Таргы](http://kyu.m.wikipedia.org/wiki/Тарки)) — ქალაქის ტიპის დასახლება დაღესტანში.

შემდეგ, როგორც წესი, უძველესი ადამიანები წარმართულ კერპებს აკავშირებდნენ მიწიერ და ზეციურ ჰიპოსტაზებთან. გივარგისთან მიმართებით კავკასიელებისათვის რაშთან ერთად ასეთ დამაკავშირებელ რგოლად გვევლინებოდა მათთვის საერთო ტოტემი **მ+გელი** (მეგრ. გერი). არსებობს საფუძვლიანი ვერსია, რომელიც საქართველოს მეზობლების მიერ ჩვენი ქვეყნის სახელდებისთვის ეტიმონად მიიჩნევს მგლის აღმნიშვნელ ტერმინს სპარსულსა და არაბულ ენებზე.

ვეთანხმებით ზემოაღნიშნულ მოსაზრებას, მაგრამ ერთი შესწორებით: ვთვლით, რომ შორეულ წარსულში (როდესაც ენები არცთუ ისე დიფერენცირებული იყო), **სწორედ ტერმინი გივრაგ მოგვევლინა** (ამა თუ იმ მოდიფიცირებული სახით) **წყაროდ როგორც მგლის, ისე საქართველოს აღმნიშვნელი სპარსული და არაბული გურჯი (გურჯან), რუსული გრუზია და სომხური ვირკ სიტყვებისათვის.**

აქვე შევნიშნავთ, რომ ქართულ ორიგინალთან კიდევ უფრო დაახლოებული ჩანს სომხური სახელი *გევორქ* (*გევორგ*), რომელიც ამ ენაზე *მიწათმოქმედს* აღნიშნავს (გასაგებია, რატომ!). ნათელი ხდება, რომ ეს ტერმინი შორეულ წარსულში პროტოსომხებისათვის ეთნონიმ ქართველის სინონიმი გახლდათ.

სტატიის დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ ჩვენ მიერ გამოთქმული მოსაზრება პრეტენზიას არ აცხადებს ბოლო ინსტანციის ჭეშმარიტებაზე. ამ მიმართულებით კიდევ არის სამუშაოები ჩასატარებელი, რაც სასურველია მოხდეს სხვადასხვა დარგის სპეციალისტის ერთობლივი ძალისხმევით ე. წ. პროექტორების მეთოდზე ორიენტირებით [12]). დღეს კი ვთვლით, რომ ყოველივე ზემოთ ნათქვამი შეიძლება **ასე** იყოს ან კონტამინაციის ფენომენის დაშვებით **ასე-ც** იყოს.

ამავე მოსაზრებაზე დაყრდნობით, აღვნიშნავთ, რომ ქართველ მკვლევართა დარად არც ჩვენ გამოვრიცხავთ შესაძლებლობას, მნათობებზე დაკვირვებისათვის საჭირო, იმ ეპოქისათვის საკრალური ცოდნა ადამიანებს დაეფიქსირებინათ ამ მიზნის რეალიზებისათვის ყველაზე უფრო გამოსადეგ ისეთ

„საცავში“, როგორცაა **ანბანი**, კერძოდ **ან**-ით დაწყებული და **ჰოე**-თი დაბოლოებული ჩვენი **ასომთავრული**. ამ საკითხთან დაკავშირებით დამატებით გამოვთქვამთ ასეთ მოსაზრებას:

ორად გაყოფილი ასომთავრულის პირველი ნაწილი, სავარაუდოდ, უნდა შეიცავდეს მთვარის ხილულ ფაზებთან დაკავშირებული 3 ხილული მსგეფსის შემადგენელი ელემენტების მაიდენტიფიცირებელ სიმბოლოებს.

დასკვნა

სტატიაში განვიხილეთ საქართველოს სახელდებისათვის ჩვენი ქვეყნის გარეთ ასე ხშირად გამოყენებული ტერმინ **Georgia**-ს ეტიმოლოგიური წარმოშობის ახალი ვერსია. ინტერდისციპლინურ მიდგომაზე დაყრდნობით, გამოგვაქვს დასკვნა, რომ ეს სიტყვა გახლავთ უძველესი ქართული ტერმინ **გივრაგის** გადააზრებისა და მოდიფიცირების შედეგი ბერძნულ ენაში. ეტიმონი გივრაგი კი მიწათმოქმედი ქართველებისათვის იმ პრიმიტიული ნაგებობის აღმნიშვნელი ტერმინია, რომელიც გამოიყენებოდა ასტრონომიული დაკვირვებისათვის. ამასთან ერთად, ვთვლით, რომ ამავე სიტყვის საფუძველზე შეიქმნა თავის დროზე ჩვენს მთაში გავრცელებული სახელები: გივარგი და გივერგილი. ასევე მიგვაჩნია, რომ ამა თუ იმ მოდიფიცირებული სახით ტერმინი გივრაგ ამოსავლად იქცა სპარსული და არაბული *გურჯი (გურჯან)*, რუსული *გრუზია* და სომხური *ვირკ* სახელწოდებებისათვის როგორც *ტოტემ-მგლის*, ისე საქართველოს სახელდებისათვის.

ლიტერატურა

1. Gvinepadze G. Issues of origins and development of languages through the ages and the Wiktionary. Saqartvelos teqniki universitetis shromebi. N3, (505). 2017. (in Georgian).
2. Gvinepadze G. Some opinions about the origins of Georgian pagan pantheon and script. Journal "Paraleli". #2. 2011, 188-194 pp. (in Georgian).
3. Gvinepadze G. On the origin of the river Mtkvari (Kura) and the concept of interactive system for etymological research. Saqartvelos teqniki universitetis shromebi. N1, (507). 2018, 18-31 pp. (in Georgian).
4. Javakhishvili Iv. History of the Georgian nation. Vol. 1. 1928, 46 p. (in Georgian).
5. Giorgobiani A. Cult of Saint George. Journal "Religion". № 3-4. 1993. (in Georgian).
6. URL: http://pshavi.ge/publication/view_publ.php?id=10 (in Georgian).
7. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nebra_sky_disk
8. URL: <http://intermedia.ge/სტატია/106311-მსოფლიოს-უმველესი-კალენდარი-შოტლანდიურია/89/> (in Georgian).
9. Gvinepadze G. To the issue of the term "wine". Journal "Paraleli". N11. ISSN 0235-8417. 2019, 233-235 pp. (in Georgian).
10. URL: <https://www.ambebi.ge/article/221660-vin-iqvnen-cis-mzomeli-kartvelebi-da-sad-aris-sakartveloshi-uzvelesi-mzis-saatebi/> (in Georgian).
11. Giorgobiani A. Fusts – Georgian church military knight's order. 2010. (in Georgian).
12. Gvinepadze G. The question of the origin of languages and method spotlights. Journal "Paraleli". N7. ISSN 0235-8417. 2015, 114-121 pp. (in Georgian).

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach (for etymology of the term “Georgia”)

G. Gvinepadze Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Reviewers:

G. Surguladze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: usurg@gmx.net

K. Pkhakadze, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Director of Educational Research Center for Technologization of the Georgian Language

E-mail: gllc.ge@gmail.com

Abstract. The establishment of the etymology of words is a complex linguistic task, especially when it comes to the ancient vocabulary of a language. We believe that the word GEORGIA belongs to this particular language layer. It should be noted that there is no consensus among linguists on the etymological origin of this term. This article describes the analysis conducted by its author and the result obtained on the basis of an interdisciplinary approach to solving the problem. The author proceeded from the assumption that the basis for the name of the country could be the lifestyle of their inhabitants, but he believes that the word Georgia has local roots and it originated from the name of the cult building for farmers - the primitive sundial called GIV + RAGGIVARG. This structure was a pillar (ROK) connecting the Earth (GIV) through the ROK, located in the center of the circle “dial” (or semicircle) - with Heaven. Later on, the name GIV + RAG was transferred to other languages in one or another modified form.

Key words: Etymological study; Georgia; interdisciplinary approach; linguistics; sundial.

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Решение некоторых сложных лингвистических задач с помощью интердисциплинарного подхода (к этимологии термина Georgia)

Г.Ш. Гвинепадзе Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Рецензенты:

Г. Сургуладзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: gsurg@gmx.net

К. Пхакадзе, доктор физ.-мат. наук, директор НИ центра по технологизации грузинского языка

E-mail: gllc.ge@gmail.com

Аннотация. Установление этимологии слов является сложной лингвистической задачей, особенно когда дело касается древней лексики того или иного языка. Считаем, что именно данному языковому пласту принадлежит и слово GEORGIA. Отметим, что среди языковедов по вопросу этимологического происхождения данного термина единого мнения не существует. В данной статье описывается проведенный ее автором анализ и полученный результат на основе интердисциплинарного подхода к решению задачи. И автор исходил из предположения, что основанием названия страны мог послужить образ жизни их жителей, однако он считает, что слово Georgia имеет местные корни и произошло оно из названия культового для земледельцев сооружения – примитивных солнечных часов под названием ГИВ+РАГ Ⴑ ГИВАРГ. Данное строение представляло собой столб (РОК), соединяющий Землю (ГИВ) через РОК, находящегося в центре круга-«циферблата» (или полукруга) - с Небом. В дальнейшем название ГИВ+РАГ перешло в другие языки в том или ином модифицированном виде.

Ключевые слова: интердисциплинарный подход; лингвистика; солнечные часы; термин Georgia; этимологические исследования.

განხილვის თარიღი 16.03.2019

შემოსვლის თარიღი 8.04.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 517

SCOPUS CODE 1803

სისტემაში შემფოთების გავრცელებისა და შეფასების მეთოდი და ალგორითმი

მ. ახოზაძე ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: meakhobadze@yahoo.com

ელ. კურცხალია ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: elguja.kurcxalia@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. კაიშაური, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

ბ. მესაბლიშვილი, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ა. რაზმაძის მათემატიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: bachimesabliashvili@gmail.com

ანოტაცია. სისტემის სტრუქტურის მდგრადობის შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია ამ სტრუქტურის განმსაზღვრელი ელემენტების ცვლილებით გამოწვეული „შემფოთების“ გავრცელების არეალისა და დინამიკის შესწავლა.

სისტემის სტრუქტურის ანალიზისათვის ხშირად გამოიყენებენ გრაფების თეორიას, რომელიც თვალსაჩინოდ ასახავს სისტემის სტრუქტურის ტოპოლოგიას. სისტემის ანალიზისათვის ასევე ცნობილი მეთოდებია კატასტროფების თეორია, კლასტერული ანალიზი და სხვა. ამთავითვე უნდა ითქვას,

რომ აღნიშნული მეთოდები არ მოიცავს სისტემის შემადგენელი ელემენტების თვისებებს.

სისტემის სტრუქტურისა და მისი ელემენტების შესწავლის ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდია Q ანალიზის მეთოდი, რომელსაც ფართო პრაქტიკული გამოყენების სპექტრი აქვს. გამოიყენება სოციალური, ეკონომიკური, ტექნიკური და სხვა სისტემების მათემატიკური მოდელირებისა და მართვისათვის. Q ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ სისტემის „ანომალიური“ ელემენტები და მიგვანიშნებს თუ როგორ უნდა გავაუმჯობესოთ სისტემის მახასიათებლები, პირველ რიგში მისი მდგრადობა

გარე ზემოქმედებების მიმართ. ასევე, წარმოდგენილია ალგორითმები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია „შეშფოთებათა“ ინტენსიურობის შეფასება. მოყვანილია მიღებული შედეგების საილუსტრაციო მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები: Q ანალიზი; მდგრადობა; სისტემა; სტრუქტურა.

შესავალი

სისტემის სტრუქტურის მდგრადობის შეფასებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს შევისწავლოთ სისტემის სტრუქტურის განმსაზღვრელი ელემენტების ცვლილებით გამოწვეული „შეშფოთების“ გავრცელების არეალი და დინამიკა. სისტემის სტრუქტურის ანალიზისათვის ყველაზე გავრცელებული მეთოდია Q ანალიზის მეთოდი. ნაშრომში წარმოდგენილია ალგორითმები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია „შეშფოთებათა“ ინტენსიურობის შეფასება, მოყვანილია მიღებული შედეგების საილუსტრაციო მაგალითები.

ძირითადი ნაწილი

Q ანალიზის მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს [1]: ვთქვათ, $K = \{k_0, k_1, \dots, k_n\}$ რაიმე სასრული სიმრავლეა. სიმპლიციური კომპლექსი K სიმრავლეზე ესაა წყვილი $\bar{K} = (K, S)$, სადაც S არის K სიმრავლის არაცარიელი ქვესიმრავლეების (რომელთაც მოცემული კომპლექსის სიმპლექსები ეწოდება) ისეთი ერთობლიობა, რომ:

1. ნებისმიერი $k_i \in K$ ელემენტისათვის $\{k_i\} \in S$;
2. თუ σ არის სიმპლექსი და $\tau \subseteq \sigma$ არაცარიელი

სიმრავლე, მაშინ $\tau \in S$ (τ -ს ეწოდება σ სიმპლექსის წახნაგი).

K სიმრავლის ელემენტებს \bar{K} კომპლექსის წევრობები ეწოდება.

ამბობენ, რომ $\sigma \in \bar{K}$ სიმპლექსის განზომილებაა m , თუ $|\sigma| = m + 1$, სადაც $|\sigma|$ აღნიშნავს σ სიმრავლის ელემენტების რაოდენობას. ის ფაქტი, რომ $\sigma \in \bar{K}$ სიმპლექსის განზომილებაა m , ჩაიწერება ასე: $\dim \sigma = m$.

\bar{K} კომპლექსში შემავალი სიმპლექსების განზომილებებიდან უდიდესს ეწოდება \bar{K} -ს განზომილება. მაშასადამე, $\dim \bar{K} = \max \{\dim \sigma | \sigma \in \bar{K}\}$.

ვთქვათ, მოცემულია რაიმე ორი სიმრავლე A და B . A სიმრავლიდან B სიმრავლეში მიმართება ეწოდება $A \times B$ დეკარტული ნამრავლის რაიმე ქვესიმრავლეს. ყოველ $\lambda \subseteq A \times B$ მიმართებას, სადაც A და B სასრული სიმრავლეებია, შეესაბამება სიმპლიციური კომპლექსი, რომელიც $K_B(A, \lambda)$ სიმბოლოთი აღინიშნება. $K_B(A, \lambda)$ კომპლექსის წევრობების სიმრავლეა A , რომლის a_0, a_1, \dots, a_m ელემენტები შეადგენს სიმპლექსს მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც არსებობს ისეთი ელემენტი $b_j \in B$, რომ $(a_i, b_j) \in \lambda$ ყველა $i = 0, 1, \dots, m$ ინდექსისათვის. ჩვეულებრივ, ამ სიმპლექსს აღნიშნავენ B_j სიმბოლოთი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, A სიმრავლის a_0, a_1, \dots, a_m ქვესიმრავლე სიმპლექსია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა არსებობს λ -ს შესაბამისი ინციდენტობის მატრიცის ისეთი სვეტი, რომ ამ სვეტისა და a_0, a_1, \dots, a_m ელემენტის შესაბამისი სტრიქონების თანაკვეთაზე ყველგან დგას 1-იანები.

ვთქვათ, $0 \leq q \leq \dim \bar{K}$. \bar{K} კომპლექსის ორ σ და τ სიმპლექსს ეწოდება q ბმული, თუ \bar{K} -ში არსებობს სიმპლექსების ისეთი $\sigma, \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n, \tau$ მიმდევრობა,

რომ მის ნებისმიერ ორ მომდევნო წევრს აქვს საერთო წახნაგი, რომლის განზომილებაც არაა ნაკლები q -ზე, ე.ი. მათ აქვს სულ მცირე $q + 1$ საერთო წევრო. ასეთ მიმდევრობას ეწოდება q ჯაჭვი \bar{K} -ში. განმარტებიდან ცხადია, რომ თუ ორი სიმპლექსი q ბმულია, მაშინ ისინი არის აგრეთვე $(q - 1)$ ბმული, $(q - 2)$ ბმული, ..., 0 ბმული. ორი სიმპლექსის q ბმულობის ცნება განსაზღვრავს \bar{K} მიმართებას იმ სიმპლექსების K_q სიმრავლეზე, რომელთა განზომილება არაა q -ზე ნაკლები. აღვნიშნოთ ეს მიმართება λ_q -თი. $(\sigma, \tau) \in \lambda_q$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც σ და τ სიმპლექსები q ბმულია. ადვილი სანახავია, რომ ეს მიმართება არის ეკვივალენტობის მიმართება K_q სიმრავლეზე, ამიტომ ის განსაზღვრავს K_q/λ_q ფაქტორ-სიმრავლეს, რომლის ელემენტებს ეწოდება \bar{K} კომპლექსის q ბმულობის კომპონენტები. K_q/λ_q სიმრავლის ელემენტების რაოდენობა აღინიშნება Q_q სიმბოლოთი. ცხადია, რომ Q_q არის \bar{K} კომპლექსის განსხვავებული q ბმულობის კომპონენტების რაოდენობა.

\bar{K} კომპლექსის q ბმულობის კომპონენტების (ე.ი. K_q/λ_q სიმრავლის) სრულ აღწერას q -ს ყველა $0, 1, 2, \dots, \dim \bar{K}$ მნიშვნელობისათვის, ამ კომპლექსის Q ანალიზი ეწოდება.

$Q = (Q_0, Q_1, \dots, Q_{\dim \bar{K}})$ ვექტორს ეწოდება \bar{K} კომპლექსის სტრუქტურული ვექტორი ან Q ვექტორი. მასში კოდირებულია ინფორმაცია, თუ რამდენი q განზომილების „ნაწილისაგან“ შედგება \bar{K} კომპლექსი. უფრო დაბალი განზომილების ($< q$) წახნაგები ქმნის „ნაპრალებს“ ამ ნაწილებს შორის, რომლებიც ხელს უშლის ინფორმაციის გავრცელებას ან გადაადგილებას \bar{K} კომპლექსის შიგნით. ამიტომ, Q ვექტორი, გარკვეული აზრით, ასახავს

კომპლექსის გლობალურ გეომეტრიას. მაგალითად, როდესაც Q ვექტორის ყველა კომპონენტი ერთის ტოლია, მაშინ q ბმულობის თითოეული K_q/λ_q კომპონენტი შეიცავს ერთადერთ ელემენტს, რაც ნიშნავს, რომ შესაბამისი კომპლექსი მჭიდროდაა ბმული იმ აზრით, რომ მისი ნებისმიერი ორი წახნაგი q ბმულია q -ს ყველა $0, 1, 2, \dots, \dim \bar{K}$ მნიშვნელობისათვის.

Q ვექტორის გამოთვლის ერთი მარტივი ხერხი შემდეგში მდგომარეობს: განვიხილოთ მატრიცა $\Lambda \Lambda^T$, სადაც Λ არის λ მიმართების შესაბამისი ინციდენტობის მატრიცა, ხოლო Λ^T – მისი ტრანსპონირებული. $\Lambda \Lambda^T$ მატრიცის a_{ij} ელემენტი გვიჩვენებს, თუ რამდენი საერთო წევრო აქვს B_i და B_j სიმპლექსებს. ცხადია, რომ $a_{ij} - 1$ არის $B_i \cap B_j$ წახნაგის განზომილება. ახლა თუ განვიხილავთ $\Lambda \Lambda^T - [I]$ მატრიცას, სადაც $[I]$ არის მატრიცა, რომლის ყველა ელემენტი არის 1, მაშინ მის მთავარ დიაგონალზე მდგომი რიცხვები გვიჩვენებს კომპლექსის შესაბამისი სიმპლექსის განზომილებას, b_{ij} ($i \neq j$) კი – $B_i \cap B_j$ წახნაგის განზომილებას. ამრიგად, $\Lambda \Lambda^T - [I]$ მატრიცის გამოყენებით, ადვილად დავადგენთ მოცემული კომპლექსის Q ვექტორს.

ვთქვათ, \mathcal{H} არის მთელი (\mathbb{Z}) ან ნამდვილ რიცხვთა (\mathbb{R}) სიმრავლე.

მოდელი $\bar{K} = (K, S)$ სიმპლიციურ კომპლექსზე ეწოდება $\pi: S \rightarrow \mathcal{H}$ ასახვას. თუ S_q , $q = 0, 1, 2, \dots, \dim \bar{K}$, \bar{K} კომპლექსის q -განზომილებიანი წახნაგების სიმრავლეა, მაშინ $S = \cup_{q=0}^{\dim \bar{K}} S_q$ და თუ π^q არის ასახვა $S \rightarrow \mathcal{H}$, რომელიც განსაზღვრულია შემდეგნაირად:

$$\pi^q(\sigma) = \begin{cases} \pi(\sigma), & \text{თუ } \sigma \in S_q \\ 0, & \text{თუ } \sigma \notin S_q \end{cases}$$

მაშინ $\pi = \pi^0 \oplus \pi^1 \oplus \dots \oplus \pi^{dim \bar{K}}$. მაშასადამე, π ასახვა გრადუირებულია.

ვთქვათ, $(t_1, t_2, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots)$ დროთა ზრდადი მიმდევრობაა (ე.ი. t_i დრო წინ უსწრებს t_j დროს, თუ $i < j$) და ვთქვათ, π_{t_i} (შესაბამისად, $\pi_{t_i}^p$) აღნიშნავს t_i დროისათვის \bar{K} კომპლექსზე მოცემულ მოდელს (შესაბამისად, მოდელის p კომპონენტს). მაშინ p -ს ნებისმიერი $0, 1, 2, \dots, dim \bar{K}$ მნიშვნელობისათვის $\delta \pi_{t_i}^p = \pi_{t_{i+1}}^p - \pi_{t_i}^p$ სხვაობას ეწოდება დროის (t_i, t_{i+1}) ინტერვალში p -განზომილებიანი ძალა (ან უბრალოდ p ძალა) \bar{K} კომპლექსზე. თუ $\sigma \in S$ ნებისმიერი p -განზომილებიანი წახნაგია, მაშინ p ძალის მნიშვნელობა ეწოდება $\delta \pi_{t_i}^p(\sigma)$ რიცხვს, ხოლო მის აბსოლუტურ მნიშვნელობას – p ძალის მაგნიტუდა. ძალას ეწოდება მიზიდულობის, თუ მისი მნიშვნელობა დადებითია (ე.ი. თუ $\delta \pi_{t_i}^p(\sigma) > 0$) და ეწოდება განზიდულობის, თუ მისი მნიშვნელობა უარყოფითია (ე.ი. თუ $\delta \pi_{t_i}^p(\sigma) < 0$).

მაგალითი 1. თუ ყოველი $(x, y) \in \lambda$ -თვის $f(x, y)$ -ით აღვნიშნავთ (x, y) კავშირისათვის საჭირო ხარჯებს ($f(x, y) = 0$ თუ $(x, y) \notin \lambda$), მაშინ π მოდელის მნიშვნელობა სიმპლექსზე $\sigma_p = \{x_0, x_1, \dots, x_p\}$ მოიცემა შემდეგი ტოლობით:

$$\pi(\sigma_p) = \sum_{i=0}^p \sum_{(x_i, y_j) \in \lambda} f(x_i, y_j).$$

ამ შემთხვევაში π მოდელს აქვს შემდეგი შინაარსი: $\pi(\sigma_p)$ გვიჩვენებს σ_p სიმპლექსთან კავშირის განხორციელებაზე გაწეული ხარჯების ჯამს.

მაგალითი 2. ვთქვათ, A არის გარკვეული ქალაქის (რეგიონის) სატრანსპორტო კვანძების, მაგისტრალების, ქუჩების სიმრავლე, ხოლო B – ამ ქალაქში (რეგიონში) საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტების სიმრავლე. თუ განვიხილავთ

კომპლექსს, რომელიც შეესაბამება მიმართებას ამ ორ სიმრავლეს შორის, მაშინ მოდელი ამ კომპლექსზე შეიძლება განვსაზღვროთ, როგორც გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობა ან მარშრუტის განხორციელებისათვის საჭირო დრო.

ნაშრომებში [2-5] მოყვანილია Q ანალიზის გამოყენების მაგალითების ფართო სპექტრი ურბანული, ეკონომიკური, საარჩევნო და სხვა სისტემების მათემატიკური მოდელირებისა და მართვისათვის. ქვემოთ წარმოდგენილია მეთოდი და ალგორითმი სისტემაში „შემფოთების“ გავრცელების არეალისა და დინამიკის შეფასებისათვის.

ვთქვათ, $A = \{a_1; a_2 \dots; a_M\}$ და $B = \{b_1; b_2; \dots; b_N\}$ მოცემული სიმრავლეებია და λ რაიმე მიმართება A და B სიმრავლის ელემენტებს შორის. პრაქტიკაში ხშირად A ან B სიმრავლეთა ელემენტები განიცდის ცვლილებას, შესაძლებელია შეიცვალოს თვითონ A ან B სიმრავლე – შეიძლება დაემატოს ახალი ელემენტი, ასევე შესაძლებელია რაიმე A ან B ელემენტის დროებითი ან საერთოდ გაქრობა. მაგალითად, შესაძლებელია ქალაქში (რეგიონში) გაფართოვდეს ან შეიზღუდოს არსებული მაგისტრალი, ან აშენდეს ახალი მაგისტრალი, ახალი ქუჩა, ან დროებით დაიხუროს რომელიმე მაგისტრალი, ქუჩა (ცვლილება შეეხოს A სიმრავლეს), ასევე შესაძლებელია შეიცვალოს მარშრუტის მიმართულება, გაიხსნას ახალი ან არსებული გაუქმდეს დროებით, ან სამუდამოდ (ცვლილება შეეხოს B სიმრავლეს). მაშასადამე, შესაძლებელია განხორციელებული ცვლილების შედეგად არა უბრალოდ „შემფოთდეს“ სისტემა, არამედ შესაძლებელია შეიცვალოს სისტემის სტრუქტურაც, ამიტომ მნიშვნელოვანია ყოველი ცვლილების განხორციელებამდე წინასწარ ვიცო-

დეთ არა მარტო „შეშფოთების“ გავრცელების არე-
ლი და დინამიკა, არამედ ისიც, თუ როგორ იმოქმე-
დებს სისტემაში განხორციელებული ესა თუ ის
ცვლილება სისტემის სტრუქტურაზე.

ვთქვათ, $t_{i1}^{(A)}; t_{i2}^{(A)}; \dots; t_{iki}^{(A)}$ და $t_{j1}^{(B)}; t_{j2}^{(B)}; \dots; t_{jkj}^{(B)}$
დროთა ზრდადი მიმდევრობებია, რომლებიც ყო-
ველი $i \in \overline{1, M}$ -თვის და ყოველი $j \in \overline{1, N}$ -თვის,
შესაბამისად, აღნიშნავს A-ს i -ური ან B-ს j -ური
ელემენტის რაიმე ცვლილების დაწყების ან დამ-
თავრების დროს. $\lambda = \lambda(t)$ მიმართების შესაბამისი
ინციდენტობის მატრიცა აღნიშნოთ $\Lambda(t)$ -თი,
ხოლო შესაბამისი სტრუქტურის ვექტორი $Q(t)$ -თი.
ცხადია, რომ ნებისმიერი ცვლილება როგორც A,
ისე B სიმრავლეში იწვევს მოდელის, ინციდენ-
ტობის მატრიცისა და, შესაბამისად, სტრუქტურის
ვექტორის ცვლილებას. როგორ ვიპოვოთ ინციდენ-
ტობის მატრიცის $\lambda_{ij}(t_2)$ ელემენტები დროის t_2
მომენტში, თუ ცნობილია ინციდენტობის მატრი-
ცის ელემენტები t_1 მომენტში ($t_2 > t_1$)? თუ არსე-
ბობს $i \in \overline{1, M}$ ან $j \in \overline{1, N}$ ისეთი, რომ რომელიმე
k-თვის $t_2 \in [t_{ik}^{(A)}; t_{ik}^{(A)}]$, ან რომელიმე s-თვის
 $t_2 \in [t_{js}^{(B)}; t_{js}^{(B)}]$, მაშინ შესაბამისი სტრიქონის ან სვე-
ტის ელემენტები, იმის მიხედვით თუ რა სახის
ცვლილება მოხდა A ან B სიმრავლეში, შეიცვლება,
ხოლო დანარჩენი ელემენტები უცვლელი დარჩება:

$$\lambda_{ij}(t_2) = \lambda_{ij}(t_1), \text{ თუ } t_2 \notin [t_{ik}^{(A;1)}; t_{ik}^{(A;2)}] \cup [t_{js}^{(B;1)}; t_{js}^{(B;2)}].$$

ხშირად, რაიმე ორ A და C სიმრავლეს შორის
პირდაპირი კავშირი არსებობს და ისინი ერთმა-
ნეთს უკავშირდება რაიმე სიმრავლის ან სიმრავლე-
ების (შუალედური რგოლების) საშუალებით. ეს
ნიშნავს, რომ A სიმრავლეში განხორციელებული

რაიმე ცვლილება გარკვეული დროის შემდეგ
აღწევს C-ს, ამიტომ მნიშვნელოვანია შევისწავლოთ
მიმართებათა კომპოზიცია, კერძოდ პასუხი გავცეთ
კითხვას: მოცემული მიმართებების შესაბამისი ინ-
ციდენტობის მატრიცების საშუალებით როგორ
ავაგოთ ამ მიმართებათა კომპოზიციის შესაბამისი
ინციდენტობის მატრიცა?

ვთქვათ, $A \xrightarrow{\lambda} B, B \xrightarrow{\mu} C$. λ და μ მიმართებების
საშუალებით განვმარტოთ A და C სიმრავლეებს
შორის ν მიმართება (λ და μ მიმართებათა კომპო-
ზიცია) შემდეგი წესით: ვიტყვი, რომ $a_i \in A$
ელემენტი ν მიმართებაშია $C_k \in C$ ელემენტთან, თუ
არსებობს ერთი მაინც ისეთი ელემენტი $b_j \in B$, რომ
 $a_i \xrightarrow{\lambda} b_j$ და $b_j \xrightarrow{\mu} C_k$ ანუ $\nu_{ik} = 1$, თუ $\exists j \in \overline{1, N}$ ისეთი,
რომ $\lambda_{ij} \cdot \mu_{jk} = 1$, სხვა შემთხვევაში $\nu_{ik} = 0$.

ვთქვათ, $\Lambda^{(1;2)}$ და $\Lambda^{(2;3)}$ არის λ და μ მიმართების
შესაბამისი ინციდენტობის მატრიცები და $P =$
 $\Lambda^{(1;2)} \times \Lambda^{(2;3)}$. ადვილი დასაანახია, რომ P მატრიცის
ელემენტი $P_{ik} > 0$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ
არსებობს ისეთი $j \in \overline{1, M}$, რომ $\lambda_{ij} = 1$ და $\mu_{jk} = 1$.
უფრო მეტიც, P_{ij} გვიჩვენებს თუ რამდენი ისეთი
 $j \in \overline{1, M}$ არსებობს, რომლისთვისაც $\lambda_{ij} \mu_{jk} =$
1 ანუ P_{ij} გვიჩვენებს რამდენი განსხვავებული „მარ-
შრუტით“ უკავშირდება $a_i \in A$ ელემენტი $C_k \in C$
ელემენტს, რამდენი განსხვავებული არხით მიაღ-
წევს (შეაშფოთებს) a_i ელემენტზე განხორციე-
ლებული ცვლილება C_k ელემენტს.

თუ $\Lambda^{(1;3)}$ -ით აღნიშნავთ ν მიმართების შესა-
ბამის ინციდენტობის მატრიცას, მაშინ

$$\nu_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } P_{ik} \geq 1 \\ 0, & \text{თუ } P_{ik} = 0 \end{cases}$$

იმისათვის, რომ შევაფასოთ, გავზომოთ თუ რა
გავლენას ახდენს a_i ელემენტზე განხორციელებუ-

ლი ცვლილება C_k ელემენტზე, მოვიქცეთ შემდეგნაირად: B სიმრავლის ყოველი b_j ელემენტი განვიხილოთ, როგორც სიმპლექსი B_j , რომლის წევროებია A სიმრავლის ის a_i ელემენტები, რომლებიც λ მიმართებაშია b_j -სთან. ამ სიმპლექსის ყოველ ელემენტს მივანიჭოთ წონა $m_{ij}^{(1,2)}$ იმის მიხედვით, თუ როგორია ამ a_i წევროს „ხვედრითი წილი“, წონა b_j სიმპლექსში ($\sum_{a_i \in B_j} m_{ij}^{(1,2)} = 1$). ცხადია, რომ თუ $\lambda_{ij} = 0$, მაშინ $m_{ij}^{(1,2)} = 0$. თუ ანალოგიურად მოვიქცევით μ მიმართების შემთხვევაშიც და $M^{(1;2)}$ -ით და $M^{(2;3)}$ -ით აღვნიშნავთ მატრიცებს, რომელთა ელემენტებია, შესაბამისად, $m_{ij}^{(1,2)}$ და $m_{ij}^{(2;3)}$ რიცხვები, მაშინ $M^{(1;3)} = M^{(1;2)} \times M^{(2;3)}$ მატრიცის ყოველი ელემენტი $m_{ik}^{(1,3)}$ გვიჩვენებს, თუ რადოზით შეაშფოთებს a_i ელემენტზე განხორციელებული ცვლილება C_k ელემენტს. თუ $M^{(1;3)}$ მატრიცას წავკვეთავთ წინასწარ შეთანხმებული ნიშნით, მაშინ შევძლებთ შევაფასოთ სისტემის მდგრადობა განხორციელებული ცვლილების მიმართ.

ყოველივე ზემოთქმულის საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ მარტივი მაგალითი: ვთქვათ, λ და μ მიმართებების ინციდენტურობის მატრიცებია:

$$\Lambda^{(1;2)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$\Lambda^{(2;3)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$P = \Lambda^{(1;2)} \times \Lambda^{(2;3)} = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 4 & 2 \\ 3 & 4 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 5 & 4 \\ 2 & 4 & 4 & 6 \\ 3 & 3 & 5 & 4 \end{pmatrix}.$$

მაგალითად, $P_{24} = 4$, რაც ნიშნავს, რომ a_2 ელემენტით განხორციელებული ცვლილება C_4 ელემენტს მიაღწევს (შეაშფოთებს) 4 სხვადასხვა არხით. ვთქვათ, $M^{(1;2)}$ და $M^{(2;3)}$ მატრიცებს აქვს სახე:

$$M^{(1;2)} = \begin{pmatrix} 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0,35 & 0,2 & 0,25 & 0 \\ 0,25 & 0,6 & 0 & 0 & 0,15 & 0,65 & 0 & 0,2 \\ 0,35 & 0 & 0,45 & 0,3 & 0,3 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0,4 & 0,25 & 0,55 & 0,2 & 0 & 0,1 & 0,55 \\ 0,2 & 0 & 0,3 & 0,15 & 0 & 0,15 & 0,45 & 0,25 \end{pmatrix};$$

$$M^{(2;3)} = \begin{pmatrix} 0,35 & 0,4 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0 & 0,2 \\ 0 & 0,2 & 0,1 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0,2 \\ 0,25 & 0,2 & 0,15 & 0,15 \\ 0,2 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0 & 0,1 \end{pmatrix}.$$

მათი გადამრავლებით მიიღება მატრიცა:

$$M_0^{(1;3)} = M^{(1;2)} \times M^{(2;3)} = \begin{pmatrix} 0,2475 & 0,15 & 0,1675 & 0,1025 \\ 0,255 & 0,21 & 0,215 & 0,1625 \\ 0,2375 & 0,29 & 0,2575 & 0,2125 \\ 0,07 & 0,185 & 0,175 & 0,355 \\ 0,19 & 0,165 & 0,185 & 0,19 \end{pmatrix}.$$

დავუშვათ, რომ $a_2 \in A$ ელემენტმა განიცადა ცვლილება – მისი სიმძლავრე შემცირდა 20%-ით, მაშინ შესაბამისად გვექნება:

$$M_1^{(1;2)} = \begin{pmatrix} 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0,35 & 0,2 & 0,25 & 0 \\ 0,2 & 0,48 & 0 & 0 & 0,12 & 0,52 & 0 & 0,16 \\ 0,35 & 0 & 0,45 & 0,3 & 0,3 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0,4 & 0,25 & 0,55 & 0,2 & 0 & 0,1 & 0,55 \\ 0,2 & 0 & 0,3 & 0,15 & 0 & 0,15 & 0,45 & 0,25 \end{pmatrix};$$

$$M_1^{(1;3)} = M_1^{(1;2)} \times M^{(2;3)} =$$

$$= \begin{pmatrix} 0,2475 & 0,15 & 0,1675 & 0,1025 \\ 0,224 & 0,168 & 0,172 & 0,013 \\ 0,2375 & 0,29 & 0,2575 & 0,2125 \\ 0,07 & 0,185 & 0,175 & 0,355 \\ 0,19 & 0,165 & 0,185 & 0,19 \end{pmatrix}.$$

მიღებული $M_1^{(1;3)}$ მატრიცის ელემენტების შედარება საწყისი $M_0^{(1;3)}$ მატრიცის ელემენტებთან საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ თუ რა დოზით იმოქმედებს $a_2 \in A$ ელემენტის ცვლილება C სიმრავლის სხვადასხვა ელემენტზე.

ზოგადად, თუ გვაქვს A_1, A_2, \dots, A_s სიმრავლეთა მიმდევრობა და $\lambda^{(1,2)}$ არის მიმართება A_1 და A_2 სიმრავლეებს შორის, $\lambda^{(2,3)}$ არის მიმართება A_2 და A_3 სიმრავლეებს შორის და ასე შემდეგ $\lambda^{(s-1,s)}$ არის მიმართება A_{s-1} და A_s სიმრავლეებს შორის, ხოლო $\Lambda^{(1,2)}; \Lambda^{(2,3)}; \dots; \Lambda^{(s-1,s)}$ – შესაბამისი ინციდენტობის მატრიცები, მაშინ $P = \Lambda^{(1,2)} \times \Lambda^{(2,3)} \times \dots \times \Lambda^{(s-1,s)}$ ნამრავლის ყოველი P_{ik} ელემენტი გვიჩვენებს

იმ გზების რაოდენობას, რომლებითაც $a_i^{(1)} \in A_1$ ელემენტი უკავშირდება $a_k^{(s)} \in A_s$ ელემენტს, ხოლო შესაბამისი $M^{(1,2)}; M^{(2,3)}; \dots; M^{(s-1,s)}$ მატრიცების გადამრავლებით მიღებული $M^{(1;s)} = M^{(1,2)} \times M^{(2,3)} \times \dots \times M^{(s-1,s)}$ მატრიცის ყოველი $m_{ik}^{(1;s)}$ ელემენტი გვიჩვენებს $a_i^{(1)} \in A_1$ ელემენტზე განხორციელებული ცვლილების გავლენის სიდიდეს $a_k^{(s)} \in A_s$ ელემენტზე.

დასკვნა

აღებრული ტოპოლოგიის Q ანალიზის მეთოდის გამოყენებით შეიქმნა ალგორითმი, რომლის მეშვეობით შევისწავლეთ და დავადგინეთ სისტემის განმსაზღვრელი ყოველი ელემენტის ცვლილებით გამოწვეული „შეშფოთების“ გავრცელების არეალი და დინამიკა.

ლიტერატურა

1. Akhobadze M. Issues of mathematical modeling and control of macrosystems. Monography. Tbilisi. 2017. (in Georgian).
2. Akhobadze M., Mesabliashvili B., Kurtskhalia E. Structural analysis of complex macrosystems. GTU, Tbilisi. 2018. (In Georgian).
3. Akhobadze M., Kurtskhalia E. Structural analysis of spatial economic processes to prevent investment risks. International scientific conference devoted to the 85th anniversary of Academician Iv. Prangishvili “ICTs, modeling, control”. 2015. (In Georgian).
4. Akhobadze M., Mesabliashvili B., Kurtskhalia E. Phenomenology of spatial evolutionary economic processes and investment policy. GTU. Georgian engineering academy. Quarterly peer review “Business-engineering”. journal. #1. 2015. (In Georgian).

UDC 517

SCOPUS CODE 1803

Method and algorithm to evaluate the distribution of disturbances in the system

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

E. Kurtskhalia Department of Interdisciplinary Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: elguja.kurcxalia@gmail.com

Reviewers:

T. Kaishauri, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

B. Mesablishvili, Chief Research Worker, Andrea Razmadze Mathematical Institute of I. Javakhishvili Tbilisi State University
E-mail: bachimesablishvili@gmail.com

Abstract. Study of an area and dynamics of distribution of the “disturbance” caused by the variation of the elements determining the structure is of great importance for the assessment of stability of systems structure.

One of the best methods to analyze the system structure is the graph theory, which shows the typology of a system structure. Other famous methods of system analysis are the catastrophe theory, cluster analysis, etc. It should be noted that the mentioned methods do not cover the properties of the system-constituent elements.

One of the best methods to study the structure and elements of the system is Q-analysis, which has a wide spectrum of application. It is used for the mathematical modeling and controlling social, economic, technical and other systems. Q-analysis allows studying “anomalous” elements of a system and is an indication of the need to improve system properties, the system resistance to the external impacts in the first instance.

The work gives the algorithms, which can be used to evaluate the intensity of “disturbances” and examples illustrating the gained results as well.

Key words: Analysis; stability; structure; system.

UDC 517

SCOPUS CODE 1803

Метод и алгоритм оценки и распространения возмущений в системе

М.Н. Ахобадзе Департамент интердисциплинарной информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: meakhobadze@yahoo.com

Э.Г. Курцхалия Департамент интердисциплинарной информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: elguja.kurcxalia@gmail.com

Рецензенты:

Т. Каишаури, профессор, доктор технических наук факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

Б. Месаблишвили, главный ученый сотрудник Института математики им. А. Размадзе Тбилисского государственного университета Ив. Джавахишвили
E-mail: bachimesablshvili@gmail.com

Аннотация. Большое значение для оценки устойчивости структуры систем имеет изучение ареала и динамики распространения „возмущения“, вызванного изменением определяющих структуру элементов.

Для анализа структуры систем часто используют теорию графов, которая наглядно отображает топологию структуры системы. Также известными методами для анализа систем являются теория катастроф, кластерный анализ и др. Сразу же надо сказать, что указанные методы не включают свойств составных элементов системы.

Одним из наилучших методов изучения структуры системы и ее элементов является метод Q анализа, который имеет широкий спектр практического применения. Он используется для математического моделирования и управления социальными, экономическими, техническими и другими системами. Q анализ предоставляет возможность исследовать „аномальные“ элементы системы и указывает, как надо улучшить характеристики системы, в первую очередь, ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям.

В работе представлены алгоритмы, посредством которых возможна оценка интенсивности „возмущений“. Приведены примеры, иллюстрирующие полученные результаты.

Ключевые слова: анализ; система; структура; устойчивость.

განხილვის თარიღი 01.02.2019

შემოსვლის თარიღი 04.04.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 594.53

SCOPUS CODE 1911

Новые позднебарремско-раннеаптские аммониты Дзирульского массива (Грузия)

М.З. Шарикадзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия,
0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: mevshar@mail.ru

Рецензенты:

М.Какабадзе, зав. отделом стратиграфии и палеонтологии Геологического института им. А.Джanelидзе
Тбилисского гос. университета Ив.Джавахишвили, член-корр. НАН Грузии

E-mail: mishakakab@gmail.com

Т.Ломинадзе, почетный профессор Департамента прикладной геологии Грузинского технического
университета

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

Аннотация. Работа посвящена изучению новых представителей вымерших головоногих моллюсков – аммонитов. Среди них четыре вида (*Colchidites delicatus* sp. nov., *C. subangulatus* sp. nov., *Paraimerites nelliae* sp. nov., *P. aff.katsharavai* Rouch.) принадлежат к барремскому семейству *Heteroceratidae* Spath, а остальные – к раннеаптским *Deshayesitidae* Stoyanow (*Deshayesites tamarae* sp. nov.) и апт-альбским *Douvilleiceratidae* Parona et Bonarelli (*Pseudocheloniceras accommodatum* sp. nov. и *Cheloniceras quadrarium modicum* subsp. nov.) семействам. Следует считать подтвержденным фактом распространения представителей терминальной группы колхидитов – *C. securiformis* Djan. в позднебарремский эпиконтинентальный морской бассейн Дзирульского массива. На основании изучения нового палеонтологического

материала более убедительным становится соображение о родственных связях *Douvilleiceratidae* Parona et Bonarelli (*Cheloniceras*) и *Acanthohoplitidae* Stoyanow (*Gargasiceratidae*, *Colombiceratidae*). Изучение представителей вышеупомянутых родов и семейств имеет большое значение для определения относительного возраста вмещающих пород, детального расчленения и корреляции отложений и реконструкции физико-географических условий прошедших геологических эпох.

Ключевые слова: аммонит; апт; баррем; вид; зона; лопастная линия; оборот; разрез; раковина; скульптура.

Введение

Нижнемеловые отложения (барремский, аптский и альбский ярусы) принимают участие в строении мезо-кайнозойского осадочного чехла Дзирульского кристаллического массива (Западная Грузия). Они представлены маломощными карбонатными, терригенными и вулканогенно-осадочными платформенными образованиями и хорошо охарактеризованы фоссилиями разных групп организмов. Головоногими моллюсками особенно богаты верхнебарремско-нижнеаптские разнослоистые глинисто-песчанистые известняки и мергели. В основу настоящей статьи легла часть каменного материала, собранного нами в течение многолетних полевых работ на южной периферийной части Дзирульского массива, в пределах Гореша-Харагоульской и Молитской синклиналей. Описанные новые виды принадлежат к широко распространенным семействам анцилоцерасов – Heteroceratidae Spath, Deshayesitidae Stoyanov и Douvilleiceratidae Parona et Bonarelli, которые имеют важное биостратиграфическое значение.

Используемая терминология при описании морморфных аммонитов заимствована из работ В.В. Друщица, Г.Я. Крымгольца, А.Е. Глазуновой, Л.С. Либровича, а при изучении гетероморфных колхидитов пользовались терминологией и буквенными обозначениями, применяемыми М.В. Какабадзе [1,2]. Измерения образцов в тексте сведены в общую таблицу и даются в миллиметрах, а соотношения В:Д, Ш:Д, Дп:Д – в процентах.

Описанные экземпляры хранятся в музее им. Г.Д. Харатишвили департамента прикладной геологии Грузинского технического университета под коллекционными номерами 8 и 4.

Основная часть

Подотряд *Ancyloceratina* Wiedmann, 1966

(emend. Besnosow and Michailova, 1983)

Надсемейство *Ancyloceratoidea* Gill, 1871

Семейство *Heteroceratidae* Spath, 1922

Род *Colchidites* Djanelidzé, 1926

Colchidites delicatus Scharikadze, sp. nov.

Табл. I, фиг. 1а-д.

НАЗВАНИЕ ВИДА от *delicatus* лат. – красивый, прелестный.

ГОЛОТИП – экз. №8-2/98-40, окрестности сел. Гореша, Западная Грузия; верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

МАТЕРИАЛ. Один экземпляр хорошей сохранности.

ФОРМА. Раковина крупных размеров, состоит из геликоидальной, плоскоспиральной и развернутой частей. Геликс левозавернутый, состоит, повидимому, из 4-5 оборотов. Планоспиральная (дискоидальная) часть представлена из одного несоприкасающего и быстровозрастающего оборота. Стебель короткий, слабо изогнутый. Крючок довольно широкий. Поперечное сечение последнего оборота геликса округлое с превышением ширины над высотой, на дискоидальной части и на стебле – эллипсоидальное, а на крючке – овальное, приближающееся к прямоугольному. Боковые стороны в начале планоспирального оборота выпуклые, затем постепенно уплощаются и на крючке становятся субпараллельными. Широкая вентральная сторона в начале планоспиральной части постепенно суживается, а на крючке снова расширяется. Дорсальная сторона остается неизменной – почти плоская и шире вентральной.

№ экз.	в	в ₁	ш	д	Д	В	Ш	Дп	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш	Дл	В ₁	Ш ₁	В ₂	Ш ₂
8-2/98-40	-	9,0	10,7	22,0	41,8	16,1	14,4	15,0	39	34	1,12	36	34,0	24,8	20,5	25,2	22,3

СКУЛЬПТУРА. Последние обороты геликса в середине боковых сторон украшены частыми приподнятыми ребрами, изогнутыми вперед и делящимися на две равные волнообразные ветви. На планоспиральной части ребра довольно сильные, простые, редко двуветвистые, прямые, постепенно утолщаются в верхней части боковых сторон и пересекают вентральную сторону со слабым изгибом вперед. Редко присутствуют короткие промежуточные ребра. Часто наблюдается кулисообразное замещение ребер. На боковых сторонах стебля ребра несколько сглаживаются. На крючке скульптура представлена ширококорсавленными и сильными одиночными ребрами, которые на вентральной стороне несколько усиливаются и заметно выгибаются вперед. На дорсальной стороне дискоидальной части и стебля главные ребра делятся на две тонкие, изогнутые вперед ветви.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ. Вентральная лопасть довольно узкая, разделена вторичным седлом на две части. Латеральная лопасть несколько длиннее вентральной, трехветвистая и слабо асимметричная. Интернилатеральная лопасть асимметричная и почти в два раза короче латеральной. Дорсальная лопасть по длине равна вентральной, с очень узкой заостренной ветвью. Все три седла сходны по очертанию – имеют расширенное основание, одинаковую высоту и на вершине разделены на две неравные ветви вторичными лопастями.

СРАВНЕНИЕ. По общей форме и скульптуре описываемый вид довольно четко отличается от всех видов, входящих в группу *Colchidites colchicus* Djanelidzé. Среди них наибольшее сходство он проявляет с *C. apolaris* Royo у Gomez (3, p.468, pl.

LXXIV, fig. 1), от которого отличается несоприкасающимся оборотом дискоидальной части, слабо изогнутым и коротким стеблем, немногочисленными и более сильными ребрами. От *C. multicosatus* Kakab. (1, стр. 67, табл. XII, фиг. 3) наш вид отличается более развернутым и низким плоскоспиральным оборотом, имеющим субпрямоугольное поперечное сечение, более сильными и относительно малочисленными ребрами. В отличие от *C. rouchadzei* Erist. (4, p.239, pl. XIV, fig. 6) характеризуется одним, более толстым планоспиральным оборотом, сравнительно коротким, слабоизогнутым стеблем и кулисообразным замещением ребер.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Западная Грузия, окрестности с.Гореша, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

***Colchidites subangulatus* Scharikadze, sp. nov.**

Табл. I, фиг. 2а-г.

НАЗВАНИЕ ВИДА от sub – под и angulatus лат. – угловатый; по субквадратно-прямоугольному сечению планоспиральных оборотов.

ГОЛОТИП – экз. №8-4/282-1, окрестности сел. Лаше, Западная Грузия; верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

МАТЕРИАЛ. Одно внутреннее ядро удовлетворительной сохранности.

ФОРМА. Геликс не сохранился. Планоспиральная часть состоит из более двух медленно возрастающих оборотов, поперечное сечение которых с ростом меняется от субквадратного до субпрямоугольного с высотой, превышающей ширину. Обо-

роты слабо объемлющие, наибольшая ширина которых приходится в нижней части. Боковые стороны слегка выпуклые, почти плоские, субпараллельные,

довольно резко переходят в слабовыпуклую и широкую вентральную сторону.

№ экз.	В	В1	Ш	д	Д	В	Ш	Дп	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш
8-2/98-40	-	-	-	-	64,0	24,3	19,5	25,0	38	30	40	1,25

СКУЛЬПТУРА. Боковые стороны начального планоспирального оборота покрыты прямыми, кулисообразно замещающими и слегка изогнутыми вперед на вентральной стороне ребрами. Очень редко наблюдаются промежуточные и ветвящиеся ребра. На боковых сторонах последнего оборота ребра S-образно изогнуты, в нижней и верхней трети которых несколько сглажены, а в середине приподняты и утолщены; на наружной стороне они выгибаются вперед и усиливаются. В конце последнего полуоборота, на вентральной стороне насчитывается 31 ребро.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ не сохранилась.

СРАВНЕНИЕ. Среди видов, группирующихся вокруг *Colchidites shaogiensis* Djan., описываемый вид больше всего похож на *C. rionensis* Sim., Vac., Sor. (5, стр. 172, табл. VI, фиг.1); отличается от него сравнительно низкими и толстыми медленно возрастающими, слабообъемлющими оборотами, узким пупком, широкой, почти плоской вентральной стороной и многочисленными ребрами. В отличие от *C. shaogiensis* Djan. (6, табл. 1, фиг. 2) наш вид характеризуется, главным образом, более толстыми субпрямоугольными оборотами и сравнительно многочисленными ребрами. От *C. atsharensis* Rouchadze (4, p. 246, pl. XVIII, fig. 2) отличается широким пупком, субквадратно-прямоугольным сечением оборотов, относительно малочисленными и в большинстве случаев неветвящимися, кулисообразно замещающими друг друга ребрами.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Западная Грузия, окрестности сел. Лаше, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

Род *Paraimerites* Kakabadze, 1967

***Paraimerites nelliae* Scharikadze, sp. nov.**

Табл. II, фиг. 1а-д, 2а-в

НАЗВАНИЕ ВИДА в честь палеонтолога Нелли Доментьевны Кучулория.

ГОЛОТИП – экз. № 8-2/98-18, окрестности сел. Гореша, Западная Грузия; верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

МАТЕРИАЛ. Два экземпляра удовлетворительной сохранности, представленные последними 1-2 оборотами геликса и планоспиральной частью.

ФОРМА. Ядра средних размеров. Геликс левозавернутый, состоящий, по-видимому из 4-5 округленных оборотов. Планоспиральная часть представлена из одного несоприкасающего и быстро возрастающего оборота. Поперечное сечение овальное, с наибольшей шириной в нижней трети высоты. Боковые стороны слегка выпуклые, сближающиеся в верхней части, не очень резко переходящие в довольно узкую и уплощенную вентральную сторону. Дорсальная сторона плоская и более широкая, чем вентральная. Пупковые стенки низкие и пологие.

№ экз.	в	в1	ш	д	Д	В	Ш	Дп	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш
8-2/98-18 (голотип)	-	6,2	6,0	12,6	33,8	12,0	10,9	14,2	35	32	42	1,10
8-2/98-13	-	6,0	5,5	12,3	28,8	10,2	10,0	12,2	35	35	42	1,02

СКУЛЬПТУРА. обороты геликса покрыты довольно резкими, многочисленными волнистыми ребрами. На планоспиральной части ребра дифференцируются. Среди них главные сначала прямые, а в верхней части боковых сторон серповидно изгибаются и с резким перегибом переходят на вентральную сторону, образуя слабый выгиб вперед. Их поперечное сечение на боковых сторонах заостренное, на вентральной – слегка трапецевидное. На последнем обороте геликса у главных ребер по краям вентральной стороны появляются пара тонких и заостренных бугорков, постепенно усиливающиеся до середины планоспирального оборота. Между главными по одному чередуются относительно тонкие безбугорчатые промежуточные ребра, берущие начало в верхней части боковых сторон. В конце оборота скульптура ослабляется, бугорки исчезают, ребра, кулисообразно замещая друг-друга, с заметным изгибом вперед пересекают вентральную сторону. На наружной части второй половины планоспирального оборота насчитываются 38-40 ребер.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ. Вентральная лопасть узкая, усложнена вторичным низким седлом. Латеральная лопасть симметрично трехраздельная, несколько длиннее вентральной. Седло V/L слабосеченное, асимметрично двураздельное. Интернила-

теральная лопасть узкая, трехраздельная, почти в два раза короче латеральной.

СРАВНЕНИЕ. В отличие от *P. planus* Rouch. (4, p. 262, pl. XXI, fig. 8-9) новый вид характеризуется сравнительно низким и толстым планоспиральным оборотом, широким пупком, многочисленными ребрами и присутствием промежуточных ребер.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Окрестности с. Гореша, Западная Грузия, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

***Paraimerites aff. katsharavai* Rouchadzé**

Табл. II, фиг. 3а-г

МАТЕРИАЛ. Один экземпляр удовлетворительной сохранности.

ФОРМА. Ядро уплощенное, крупных размеров. Геликс не сохранился. Планоспиральная часть состоит из более двух умеренно возрастающих слегка объемляющих оборотов, форма поперечного сечения которых субтрапецевидная. Наибольшая ширина приходится в нижней трети боковых сторон. Вентральная сторона слегка выпуклая, довольно резко переходящая в почти плоские и высокие боковые стороны. Пупок довольно широкий, ступенчатый; стенки пупка низкие, отвесные.

№ экз.	в	в1	ш	д	Д	В	Ш	Дп	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш
8-19/52-1	-	-	-	-	91,0	29,2	25,8	36,7	32	28	40	1,13

СКУЛЬПТУРА представлена сильными одиночными ребрами. Они зарождаются около шовной линии и на первом обороте, имея гребневидную форму, направляются радиально. С начала второго оборота, постепенно усиливаясь, они в верхней трети боковых сторон слегка выгибаются вперед, с преломлением переходят на вентральную сторону и одновременно утолщаясь и слегка уплощаясь, образуют заметный изгиб в сторону устья. По краям вентральной стороны ребра снабжены довольно сильными конусообразными бугорками, постепенно сглаживающимися к концу предпоследнего оборота (D=48 мм). На последнем обороте ребра (в количестве 32) становятся более сильными и широко расставленными.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ не сохранилась.

СРАВНЕНИЕ. По форме и характеру скульптуры описываемый аммонит имеет много общего с *Paraimerites katsharavai* Rouch. (4, p. 262, pl. XXI, fig. 7); отличается, в основном, относительно низкими и широкими субтрапециевидными оборотами и наличием изогнутых ребер. В отличие от *P. gumbriensis* Rouch. (4, p. 265, pl. XXII, fig. 3) он характеризуется сравнительно низкими оборотами, отсутствием промежуточных и ветвящихся ребер; кроме того, общее количество ребер на обороте меньше, чем у сравниваемого.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Ущелье р. Корнеба (правый приток р. Чхеримела), Западная Грузия, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*.

Надсемейство *Deshayesitoidea* Stoyanow, 1949

Семейство *Deshayesitidae* Stoyanow, 1949

Род *Deshayesites* Kasansky, 1914

***Deshayesites tamarae* Scharikadze, sp. nov.**

Табл. III, фиг. 1a-г.

НАЗВАНИЕ ВИДА в честь палеонтолога Тамары Николаевны Богдановой.

ГОЛОТИП – экз. №8-5/234-1, окрестности сел. Лаше; Западная Грузия; нижний апт.

МАТЕРИАЛ. Один хорошо сохранившийся экземпляр и один обломок.

ФОРМА. Раковина крупных размеров, уплощенная, с умеренно возрастающими полуинволютными оборотами, перекрывающимися друг-друга на 2/3 высоты. Сечение последнего оборота эллипсоидальное, вытянутое в высоту. Вентральная сторона узкая, закругленная, на ранних оборотах слегка уплощенная. Боковые стороны слабовыпуклые, дугообразно переходят на вентральной стороне. Пупок довольно узкий, ступенчатый, неглубокий. Стенки пупка низкие, слабо наклоненные, четко отграниченные от боковых сторон. Жилая камера занимает 2/3 последнего оборота.

№ экз.	Д	В	Ш	Дп	в	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш	В:в
8-5/234-1	80,0	36,3	20,4	18,3	25,3	45	26	24	1,78	1,43

СКУЛЬПТУРА. Ребра главные и промежуточные, на ранних оборотах сравнительно слабые, а на жилой камере сильные и многочисленные. Главные ребра начинаются чуть выше шовной линии, на

пупковом перегибе утолщаются и несколько загибаются назад, на боковых сторонах сильно S-образно изгибаются и постепенно утолщаясь и уплощаясь, дугообразно пересекают вентральную сторону. В

большинстве случаев они одиночные, лишь в начале последнего оборота некоторые делятся на две неравные ветви. Промежуточные ребра в начале последнего оборота по два, а затем по одному чередуются между главными. На вентральной стороне все ребра неотличимы друг от друга и несколько приподняты; их передняя часть пологая, задняя – крутопадающая, поверхность уплощенная. Количество ребер на вентральной стороне последнего оборота 55, на пупковом перегибе – 24.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ сохранилась фрагментарно, типичная для рода. Неглубокая вентральная лопасть разделена вторичным широким седлом. Латеральная лопасть значительно длиннее вентральной, асимметричная с тремя неравными лепестками. Седло V/L широкое, асимметричное, разделено на две неравные части довольно глубокой вторичной лопастью.

СРАВНЕНИЕ. По общему облику описываемый вид сходен с *Deshayesites kudrjavzevi* I.Mich. (7, стр. 26, табл. I, фиг. 6); отличается от него сравнительно высокими оборотами, узким пупком, более изогнутыми и многочисленными ребрами. От *D. dechy* Parr (8, p. 171, pl. IX, fig. 3) новый вид отличается более высокими и узкими оборотами, сравнительно мощными ребрами. В отличие от *D. gracilis* Casey (9, p. 324, pl. XLVII, fig. 10) он имеет сравнительно слабые и малочисленные ребра и узкий пупок.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Западная Грузия, окрестности сел. Лаше, ущелье р. Лашигеле (левый приток р. Чхеримела), нижний апт, конденсированный пограничный слой зон *deshayesi* и *furcata*.

Надсемейство *Douvilleiceratoidea* Parona et Bonarelli, 1897

Семейство *Douvilleiceratidae* Parona et Bonarelli, 1897

Подсемейство *Cheloniceratinae* Spath, 1923

Род *Cheloniceras* Hyatt, 1903

Cheloniceras quadrarium modicum Scharikadze, subsp. nov.

Табл. III, фиг. 2а-г.

НАЗВАНИЕ ПОДВИДА от *modicum* лат. – умеренный, небольшой.

ГОЛОТИП – экз. №8-11/64-12, окрестности сел. Ципа, Западная Грузия; нижний апт.

МАТЕРИАЛ. Два экземпляра хорошей сохранности и три обломка.

ФОРМА. Раковина средних размеров, сильно вздутое. Обороты умеренно возрастающие, полуэволютные, ширина которых в полтора раза превышает высоту. Поперечное сечение ранних оборотов (до конца четвертого) трапециевидно-субкоронатное, более поздних – прямоугольное с шириной, заметно превосходящей высоту. Место наибольшей ширины приходится в верхней трети боковых сторон. Невысокие уплощенные боковые стороны плавно переходят в широкую и почти плоскую вентральную сторону. пупок умеренно широкий, ступенчатый. Пупковые стенки низкие, наклонные, постепенным переходом связываются с боковыми сторонами.

№ экз.	Д	В	Ш	Дп	в	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш	В:в
8-11/64-12 (голотип)	27,0	9,9	15,3	8,8	6,8	37	57	33	0,65	1,41
8-11/64-31	27,5	10,3	15,0	8,9	7,3	37	55	32	0,65	1,45

СКУЛЬПТУРА. Ребра тонкие, слегка наклоненные назад. На юных оборотах они заметны лишь на вентральной стороне, изогнуты вперед и сопровождаются неглубокими пережимами. Уже на втором обороте, по краям резкого вентрального перегиба образуются острые шиповидные бугорки. При $D=3,1$ мм появляются тонкие одиночные промежуточные ребра, которые редко (по одному) чередуются между главными. Несколько позже некоторые главные ребра в боковых бугорках раздваиваются. При $D=10$ мм у них на пупковом перегибе образуются вдольреберные утолщения, которые довольно быстро принимают форму обособленных острых бугорков и всегда уступают по силе краевым. По мере роста раковины, краевые бугорки смещаются ниже вентрального перегиба и становятся верхнебоковыми. На вентральной стороне последнего оборота у голотипа насчитывается 42 слабо изогнутых назад ребра, среди которых лишь 8 в верхнебоковых бугорках делятся на две почти равные ветви. Между ними (“главными”) нерегулярно чередуются по 1-3 “промежуточному” ребру, берущих начало на пупковом перегибе или с разных мест боковой стороны; среди них некоторые сопровождаются слабыми верхнебоковыми утолщениями. В конце последнего оборота ребра в большинстве случаев становятся одиночными, субрадиальными и равными по толщине на вентральной стороне; бугорки заметно ослабевают, а пережимы исчезают.

СРАВНЕНИЕ. В отличие от известных английских подвидов – *Cheloniceras quadrarium quadrarium* Casey (10, p. 227, pl. XXXVI, fig. 10) и *Ch. quadrarium dispansum* Casey (10, p. 229, pl. XXXV, fig. 6), описываемый подвид отличается наличием отклоненных назад ребрами, а также большим количеством, иногда снабженных верхнебоковыми бугорковид-

ными вздутиями, промежуточных ребер. Кроме того, наш подвид, в отличие от первого, характеризуется более широкими оборотами, а от второго – сравнительно узким пупком. От *Ch. seminodosum seminodosum* Sinz. (11, s. 165, taf. 1, fig. 3-6) описываемый подвид отличается коронатовидно – прямоугольным сечением оборотов, плоской и широкой вентральной стороной, сравнительно толстыми оборотами и слегка наклоненными назад ребрами. По общему облику он несколько напоминает также представителей рода *Procheloniceras* Spath., однако отличается от них, в основном, наличием ветвящихся главными ребрами, несущими более сильные верхнебоковые, чем припупковые бугорки.

Под *Pseudocheloniceras* Scharikadze, 2015

***Pseudocheloniceras accommodatum* Scharikadze,**

sp. nov. Табл. III, фиг. 3а-г.

2015 *Pseudocheloniceras accommodatum* Scharikadze: Шарикадзе, 2015, стр. 192 (pars), фиг. 123; стр. 128, рис. 77.

НАЗВАНИЕ ВИДА от *accommodatum* лат. – приспособленный, пригодный.

ГОЛОТИП – экз. №4(3057/5-49), окрестности сел Левашы, Дагестан; брекчия-конгломератовый („сгруженный“) горизонт на границе нижнего и среднего апта.

МАТЕРИАЛ. Четыре экземпляра удовлетворительной сохранности и несколько обломков.

ФОРМА раковины мелких и средних размеров, с вздутыми умеренно возрастающими полуинволютными оборотами. Поперечное сечение ранних оборотов широкоовальное, на взрослой стадии субпрямоугольное, на ребрах – пятигранное с шириной, заметно превышающей высоту. Место наибольшей

ширины приходится в нижней трети боковых сторон. Вентральная сторона юных оборотов выпуклая, закругленная, приблизительно с $D=15-17$ мм уплощается и расширяется. Боковые стороны невысокие, умеренно выпуклые, плавно переходят в вентраль-

ную сторону. Пупок от умеренно широкого до довольно широкого, ступенчатый, ограничен низкими и крутопадающими стенками. Пупковый перегиб закругленный.

№ экз.	Д	В	Ш	Дп	в	В:Д	Ш:Д	Дп:Д	В:Ш	В:в
8-3/235-3	41,7	6,0	22,2	15,0	11,5	38	53	36	0,72	1,31
4-3057/5-49 (голотип)	36,7	13,7	19,3	15,3	10,0	37	53	42	0,71	1,37
8/234-20	23,0	9,0	12,1	8,6	6,0	39	53	37	0,74	1,50
8-234-21	21,8	9,5	11,1	7,1	5,5	44	51	33	0,86	1,73

СКУЛЬПТУРА грубая, представлена радиальными, главными бугорчатыми и простыми промежуточными ребрами. Главные ребра, в количестве 5-6 на ранних и 7-8 на поздних оборотах, начинаются около шовной линии, на боковых сторонах направляются радиально, утолщаются и с резким перегибом прямолинейно переходят на вентральную сторону. На пупковом перегибе они сопровождаются вдольреберными острыми утолщениями, а в середине боковых сторон – мощными вздутыми бугорками (на ядре), где делятся на две, очень редко на три неравные ветви – передняя сильнее остальных. По краям вентральной стороны передняя ветвь, сравнительно редко и остальные, снабжены вдольреберными бугорковидными утолщениями, между которыми заметно понижаются и иногда более или менее уплощаются. У голотипа впереди главных ребер замечается пережимовидное углубление. Безбугорчатые промежуточные ребра на ранних оборотах по две, а на последнем чаще по одному чередуются между главными. На боковых сторонах они имеют гребневидную форму, а на вентральной – закругленную; иногда, наподобие главным ребрам, здесь они

понижаются. В конце последнего оборота главные ребра становятся одиночными. На вентральной стороне последнего поборота насчитывается 17-18 ребер.

ЛОПАСТНАЯ ЛИНИЯ сохранилась на большинстве экземплярах. Судя по ее онтогенетическому развитию, у голотипа [12, стр. 128, рис. 77], после редукции умбиликальной лопасти (U), новый элемент (I_2) возникает на внутреннем склоне интернилатеральной лопасти I, вблизи вершины седла L/I; что самое главное, латеральная лопасть L почти симметрично делится на три ветви. Узкая дорсальная лопасть остается одноконечной. Широкое и высокое седло V/L господствует над другими элементами. Таким образом, по типу и морфогенезу лопастная линия описываемого вида (и в целом рода *Pseudochelonicerias*) имеет черты, характерные как у представителей *Douvilleiceratidae*, так и *Acanthohoplitidae*.

СРАВНЕНИЕ И ЗАМЕЧАНИЕ. В недавней опубликованной нами работе [12] приводится лишь диагноз нового рода *Pseudochelonicerias* Scharik., а также фотоснимки и рисунок онтогенетического развития лопастной линии голотипа *P. accommodatum* Scharik.,

экземпляра, происходившего из т.н. “сгруженного” горизонта в разрезе аптских отложений окрестностей сел. Леваши (Дагестан). Описание данного вида здесь дается впервые, на основании изучения грузинского и дагестанского каменного материала. Следует заметить, что грузинские экземпляры, в отличие от голо-типа, характеризуются сравнительно узким пупком, меньшей уплощенностью ребер на вентральной стороне и отсутствием пережимовидных углублений. Описываемый вид по габитусу похож на форму, которая, по мнению Е. Кемпера (13, taf. 4, fig. 3), является переходной между *Chelonicerias cornuelianum* d’Orb. и *Ch. cornuelianum latispinosum* Niksch.; отличается от него сравнительно узким пупком, слабыми и малочисленными промежуточными ребрами. Кроме наличия асимметрично трехраздельной латеральной лопасти, от *Ch. cornuelianum* d’Orb. (14, p. 364, pl. 112, fig. 1,2) отличается сравнительно узкими и низкими оборотами, более грубой скульптурой, меньшим количеством промежуточных ребер, а от *Erichelonicerias aff. debile* Casey (10, p. 246, pl. XXXVII, fig. 4,7) более сильными бугорками, меньшим количеством безбугорчатых промежуточных ребер.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ. Окрестности с. Леваши, Дагестан, брекчия – конгломератовый (“сгруженный”) слой в основании среднего апта (зоны *subpodocostatum*); с.с. Лаше и Учамети, Западная Грузия, конденсированный брекчиевидный пограничный слой зон *deshayesi* и *furcata*.

Заклучение

Описанные виды относятся к группе аммонитов, объединенной в подотряде *Ancyloceratina* Wiedmann, 1966 (emend. Besnosow and Michailova, 1983), представители которого имеют решающее значение для обоснования возраста вмещающих пород, детального

расчленения разрезов нижнего мела и их корреляции.

Как известно, колхидитовые слои занимают верхнюю часть верхнебарремского разреза и характеризуются, в основном, представителями родов *Colchidites*, *Paraimerites* и *Imerites*. По морфофункциональному своеобразию среди *Colchidites* Djanelidzé выделяются следующие группы: *C. intermedius* Djan., *C. colchicus* Djan. и *C. shaoriensis* Djan. [1, 3]. Среди описанных новых видов *C. delicatus* относится к группе *C. colchicus*, а *C. subangulatus* – к группе *C. shaoriensis*. Следует отметить, что представители последней группы до настоящего времени достоверно не были известны в пределах Дзирульского массива. Два других вида принадлежат к т.н. “бугорчатым” колхидитам – роду *Paraimerites* Kakabadze. Раковины одного из них – *P. nelliae* по краям вентральной стороны снабжены слабыми бугорками, которые видны лишь до середины первого планоспирального оборота. Очевидно, наряду с близкими видами (*P. semituberculatus* Rouch., *P. planus* Rouch. и др.) он является связывающим звеном между родственными родами *Colchidites* и *Paraimerites*. Вторая форма – *P. aff. katsharavai* имеет сходные морфологические признаки с *P. katsharavai* Rouch. и *P. gumbriensis* Rouch. Скудность палеонтологического материала и степень отличительных признаков не дают возможность возвести его в ранг самостоятельного вида.

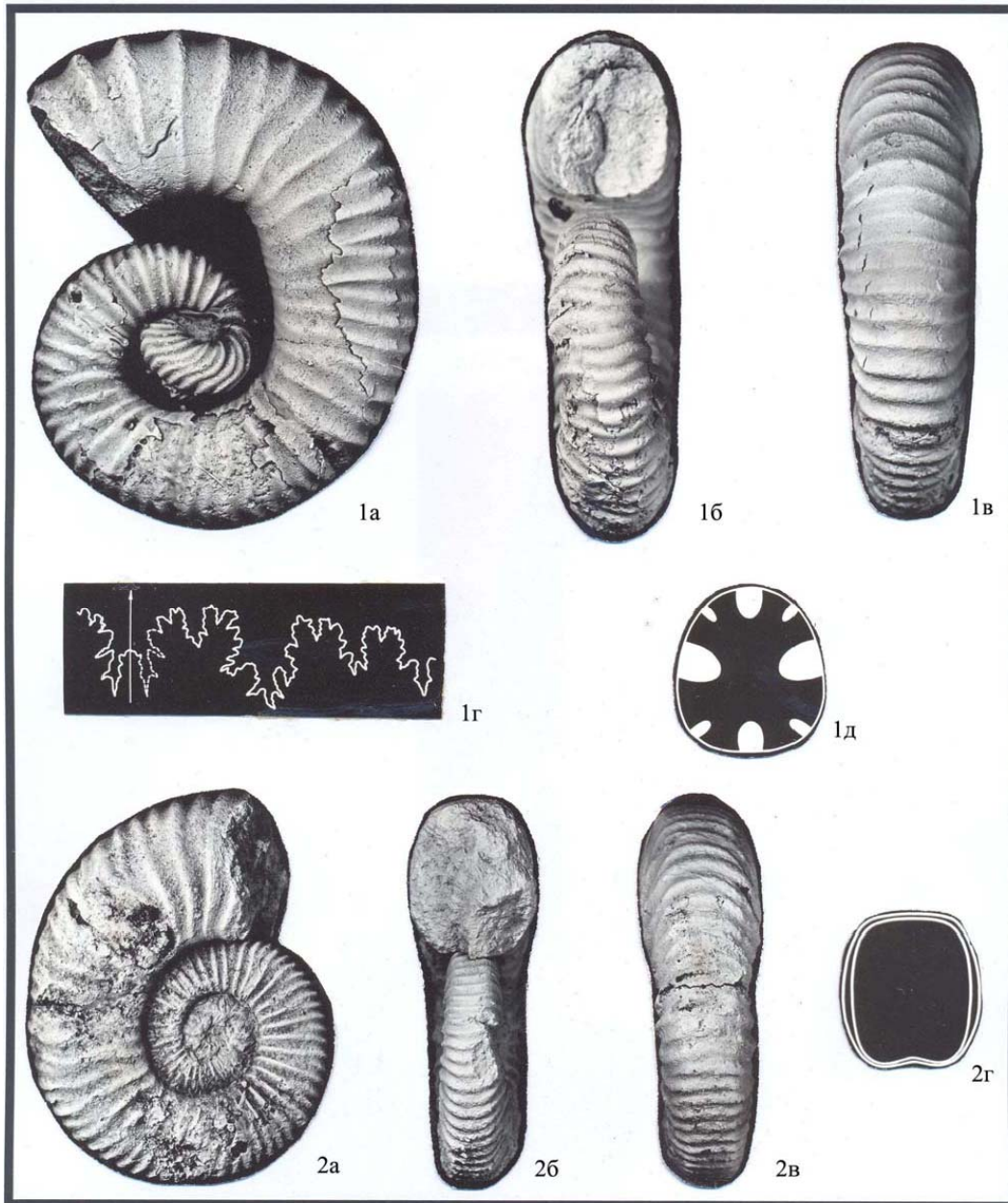
Deashayesites tamarae sp. nov. обнаружен в мощном брекчиевидном (скорее всего, конденсированном) слое, подстилающем зону *Dufrenoyia furcata* в разрезах ущелья р. Чхеримела (с.с. Лаше, Учамети). Вместе с ним были встречены: *Deshayesites* sp. ind., *Dufrenoyia formosa* Casey, *Chelonicerias crassum* Spath, *Ch. disparile* Casey, *Ch. cornuelianum* d’Orb., *Ch. seminodosum naltshikensis* Niksch., *Pseudochelonicerias*

accommodatum Scharik. sp. nov., *Procolombiceras aptum* Scharik., *P. antiquus* Scharik., *P. sp.* и др. По характеру морфологических признаков *D. tamarae* принадлежит к группе видов *deshayesi* – *dechy*.

В аммонитовом комплексе нижнего апта Дзирульского массива господствуют представители рода *Cheloniceras* Hyatt. Экземпляры нового подвида *Ch. quadrarium modicum* обнаружены в брекчия-конгломератовом слое в основании зоны *deshayesi* окрестностей села Ципа. Вместе с ними собраны аммониты, характерные как для низов нижнего апта, так и для верхней части верхнего баррема: *Imerites favrei* Rouch., *Barremites cf. strettostoma* Uhl., *Macroscaphites microcostatus* Sim., Vac., Sor., *Procheloniceras albrechtiaustriae* Hoh., *Deshayesites cf. deshayesi* Leym., *Cheloniceras seminodosum* Sinz., *Mesohibolites uhligi* Schw. и др. Другие известные подвиды – *Ch. quadrarium quadrarium* Casey и *Ch. quadrarium dispansum* Casey происходят из зон *deshayesi* и *bowerbanki* нижнего апта Южной Англии. Следует заметить, что наличием широкой и низкой вторичной латеральной лопасти L_2 , очень высокого седла V/L, слабо загнутыми назад ребрами и сравнительно меньшим количеством ветвящихся ребер грузинский подвид напоминает представителей рода *Procheloniceras* Spath.

Что же касается *Pseudocheloniceras accommodatum* sp. nov., являющегося типовым видом рода, его описание дается впервые на основании изучения грузинского и дагестанского материала. Экземпляры данного вида в Центральном Дагестане (с. Акуша) были собраны в “сгруженном” (фосфоритовом) горизонте со смешанной фауной трех зон – *deshayesi*, *furcata* (нижний апт) и *subnodosocostatum* (средний апт). На Дзирульском массиве, в разрезах с.с. Лаше и Учамети представители нового вида происходят из конденсированного слоя, основания зоны *furcata*, содержащую смешанную фауну зон *deshayesi* и *furcata* (см. выше). На основании стратиграфическо-палеонтологических исследований можно предположить, что стратиграфическое распространение данного вида (как и в целом рода *Pseudocheloniceras*) ограничивается зоной *furcata*. *P. accommodatum* имеет черты, характерные, с одной стороны, для представителей *Cheloniceras* Hyatt (общий габитус, наличие одноконечной дорсальной лопасти, господствующее положение седла V/L) и с другой – для *Gargasicerases* Casey и *Colombiceras* Spath (наличие уплощенных ребер на вентральной стороне и слабо асимметрично трехраздельной латеральной лопасти L).

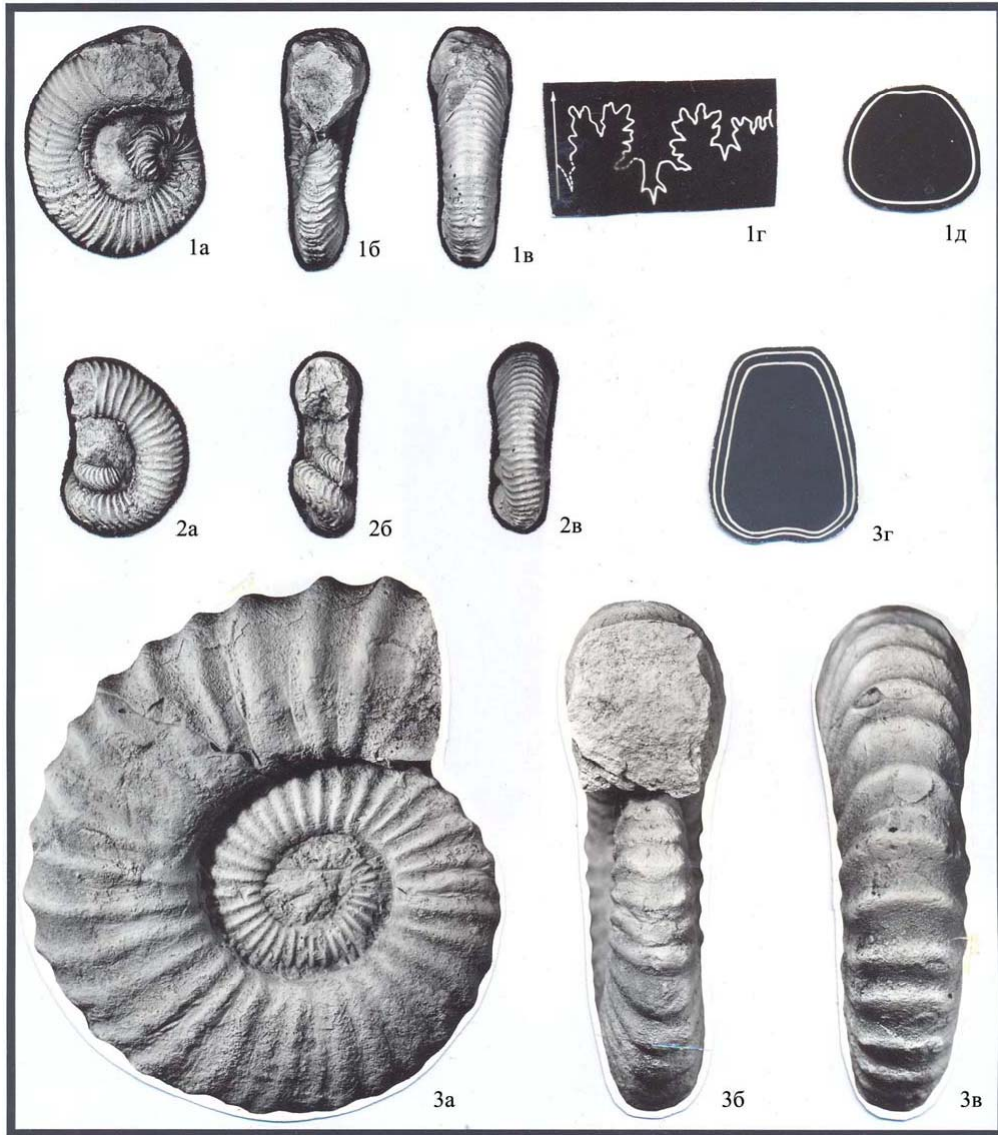
ТАБЛ. I



Фиг.1. *Colchidites delicatus* sp.nov.; экз. №8-2/98-40 (голотип); 1г-лопастная линия при $D=50$ мм (x1,7); 1д-поперечное сечение в конце планоспиральной части. $D=53$ мм (x1,3); Западная Грузия, окрестности сел. Гореша, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*;

Фиг. 2. *Colchidites subangulatus* sp. nov.; экз. №8-4/282-1 (голотип); 1г-поперечное сечение при $D=50$ мм (x1,2); Западная Грузия, окрестности сел. Лаше, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*

ТАБЛ. II

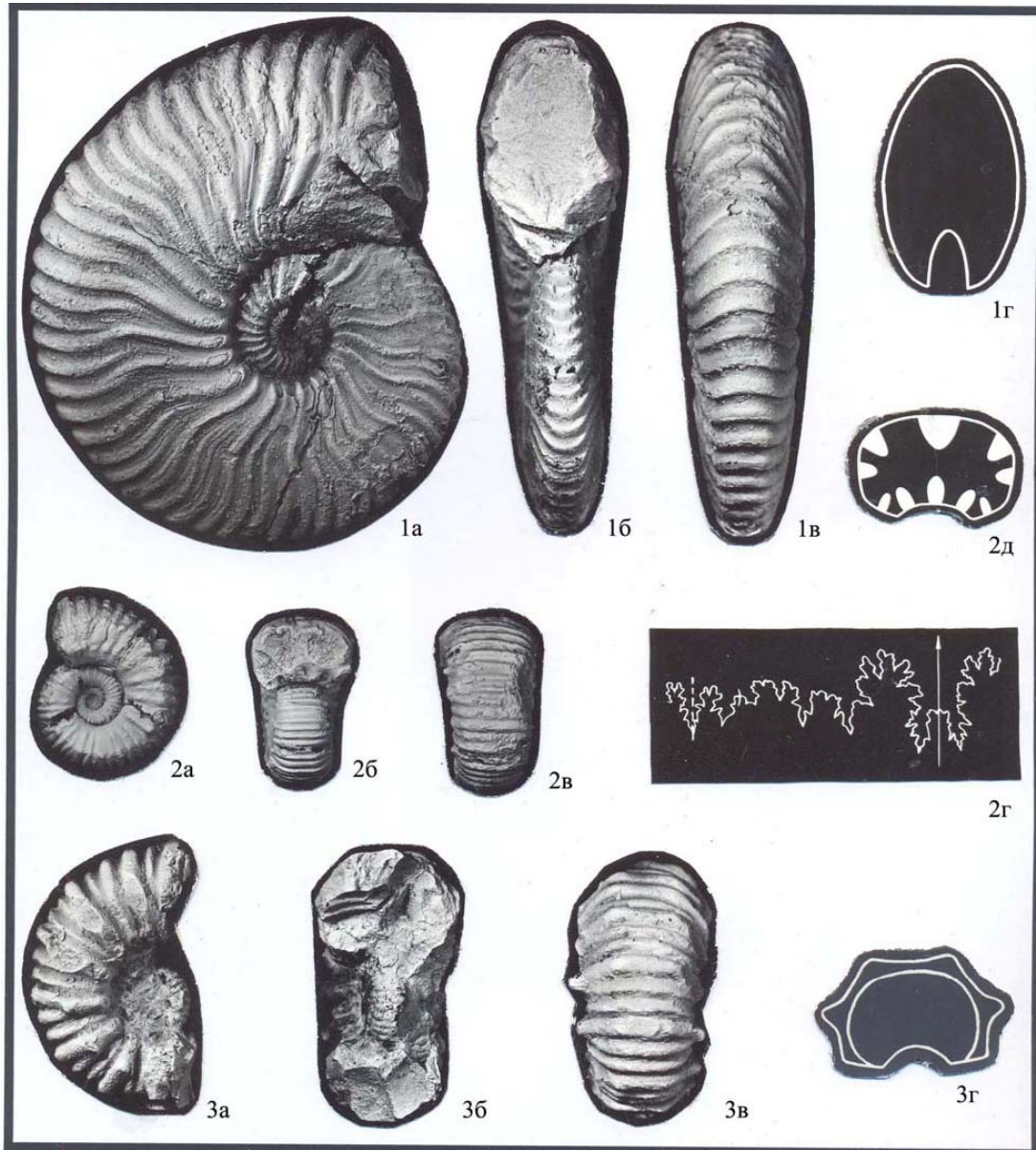


Фиг.1. *Paraimerites nelliae* sp. nov.; экз. №8-2/98-18 (голотип); 1г-лопастная линия при $D=28$ мм ($\times 2,5$); 1д-поперечное сечение при $D=34$ мм ($\times 1,8$); Западная Грузия, окрестности с. Гореша, верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*;

Фиг. 2. То же вид; экз. №8-2/98-13; Западная Грузия, окрестности с. Гореша, зона *Colchidites securiformis*;

Фиг. 3. *Paraimerites* aff. *katsharavai* Rouch.; экз. №8-19/521-1; 3г-поперечное сечение при $D=82$ мм ($\times 1$); Западная Грузия, ущелье р. Корнеба. верхний баррем, зона *Colchidites securiformis*

ТАБЛ. III



Фиг. 1. *Deshayesites tamarae* sp. nov.; экз. №8-5/234-1 (голотип); 1г - поперечное сечение при $D=79$ мм ($\times 1$); Западная Грузия, р. Лапсисгеле, нижний апт, в пограничном брекчиевидном слое зон *Deshayesites deshayesi* и *Dufrenoyia furcata*;

Фиг. 2. *Cheloniceras quadrarium modicum* subsp. nov.; экз. №8-11/64-12 (голотип); 2г-лопастная линия при $D=19,5$ мм ($\times 2,5$); 2д-поперечное сечение при $D=27,0$ мм; Западная Грузия, окрестности с. Ципа, брекчия-конгломератовый слой в основании нижнего апта (зоны *deshayesi*);

Фиг. 3. *Pseudocheloniceras accommodatum* sp. nov.; экз. №8-5/235-3; 3г-поперечное сечение при $D=40$ мм ($\times 1$); Западная Грузия, р. Лапсисгеле, нижний апт, в пограничном брекчиевидном слое зон *Deshayesites deshayesi* и *Dufrenoyia furcata*

Литература

1. Kakabadze M.V. The colchidites and their stratigraphical significance. Proceedings of the Institute of Geology of the Academy of Sciences of Georgian SSR. New. ser., publ. 26. 1971, 118 p. (in Russian).
2. Atlas of Early Cretaceous fauna of Georgia. Proceedings of the Georgian Academy of Sciences A.Janelidze Geological Institute. New. ser., Vol. 120. 2005, 280-281 pp. (in Russian).
3. Royo y Gomez J. Fosiles del Barremiense Colombiano. Compilation de los estudios geologicos oficiales de Colombia. Vol. VI. 1945, 457-494 pp. (in Spanish).
4. Rouchadzé I. Les ammonites aptiennes de la Géorgie occidentale. Bulletin de l'Institut Géologique de Géorgie, Vol. 1, Fasc. 3. 166-273 pp. (in French).
5. Simonovich S.E., Batsevich L.F., Sorokin A.I. Geological description of the Kutaisi region. Materialy dlia geologii Kavkasa. Ser. I, N5. 1875 (in Russian).
6. Djanelidze A.I. Mélanges géologiques et paléontologiques. Bulletin de l'Universite de Tiflis. Vol. VI. 1926, 232-266 pp. (in Georgian).
7. Mikhailova I.A. Deshayesitidae from the Lower Cretaceous of Daghestan and Central Peri – Caucasus. Material for fundemantals of paleontology. V. 2. 1958, 21-29 pp. (in Russian).
8. Papp K. Beschreiburg der währead der Forschungsreise M.V. Deshys im Kaukasus gesammelten Versteinerungen III. In: M. Deshy, Kaukasus Reisen und Forschungen im Kaukasischen Hochgebirge. 1907, 141-174 pp. (in German).
9. Casey R. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand. Part. 5. Palentographical society. 1964, 289-398 pp.
10. Casey R. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand. Part. 4. Palentographical society. 1962, 217-289 pp.
11. Sinzow I.T. Die Beschreiburg einiger Douvilleiceras – Arten aus dem Oberen Neocom Russlands. Zapiski Imperatorscogo S. – Peterburgscogo Mineralogichescogo Obschestva. Ser. 2. 1906, 157-197 pp. (in German).
12. Sharikadze M.Z. Aptian ammonites of the Caucasus. Publ. House “Universal”. Tbilisi. 2015, 321 p. (in Russian).
13. Kemper E. Einige Cephalopoden aus dem Apt des weslichen Norddeutschland. Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen. N7. In: Die Kreide Westfalens. 1964, 31-66 pp. (in German).
14. d'Orbigny A. Paléontologie française. Terrains crétacés. Vol. 1. Céphalopodes. 1841, 121-430 pp. (in French).

UDC 594.53

SCOPUS CODE 1911

ძირულის მასივის გვიანბარემულ-ადრეაპტური ახალი ამონიტები

მ. შარიქაძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: mevshar@mail.ru

რეცენზენტები:

მ. კაკაბაძე, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის სტრატეგრაფიისა და პალეონტოლოგიის განყოფილების ხელმძღვანელი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი

E-mail: mishakakab@gmail.com

თ. ლომინაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის საპატიო პროფესორი

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

ანოტაცია. გადაშენებული თავფეხიანი მოლუსკების – ამონიტების დღემდე უცნობი შვიდი წარმომადგენლიდან ოთხი (*Colchidites delicatus* sp. nov., *C. subangulatus* sp. nov., *Paraimerites nelliae* sp. nov. და *P. aff. katsharavai* Rouch.) ბარემულ (*Heteroceratidae* Spath) ოჯახს მიეკუთვნება, ხოლო დანარჩენი – ადრეაპტურ (*Deshayesitidae* Stoyanow) (*Deshayesites nelliae* sp. nov.) და აპტურ-ალბურ *Douvilleiceratidae* Parona et Bonarelli (*Pseudocheloniceras accommodatum* sp. nov., *Cheloniceras quadrarium modicum* subsp. nov.) ოჯახებს. დადასტურებულია კოლხიდიტების ტერმინალური ჯგუფის (*Colchidites securiformis* Djan.) წარმომადგენლების გავრცელების ფაქტი ძირულის მასივის გვიანბარემულ ეპიკონტინენტურ ზღვაში. გარდა ამისა, ახალი პალეონტოლოგიური მასალის მოძიებისა და შესწავლის საფუძველზე უფრო დამაჯერებელი ხდება მოსაზრება ნათესაური (ფილოგენეზური) კავშირის შესახებ *Douvilleiceratidae*-ს, (*Cheloniceras*) და *Acanthohoplitidae*-ს (*Gargasiceras*, *Colombiceras*) შორის. ზემოთ აღნიშნული გვარებისა და ოჯახების წარმომადგენლების კვლევას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შემცველი ქანების შეფარდებითი დათარიღების, ნალექების დეტალური დანაწილების, შორეული კორელაციისა და ადრეცარცული ეპოქის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების რეკონსტრუქციის საქმეში.

საკვანძო სიტყვები: ამონიტი; აპტი; ბარემი; ზონა; ნიჟარა; სახეობა; სკულპტურა; ტიხრის ხაზი; ჭრილი; ხვეული.

UDC 594.53

SCOPUS CODE 1911

New late barremian-early aptian ammonites of dzirula massif (Georgia)

M. Sharikadze Department of Applied Geology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160
Tbilisi, Georgia
E-mail: mevshar@mail.ru

Reviewers:

M. Kakabadze, Professor, Corresponding Member of the Georgian National Academy of Sciences, Head of the Department of Stratigraphy and Palaeontology, Aleksandre Janelidze Institute of Geology, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

E-mail: mishakakab@gmail.com

T. Lominadze, Professor Emeritus, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

Abstract. Seven new species of ammonites, representatives of the extinct Cephalopod mollusks, are described in the article. Four of them (*Colchidites delicatus* sp. nov., *C. subangulatus* sp. nov., *Paraimerites nelliae* sp. nov. and *P. aff. katsharavai* Rouch.) belong to the Barremian family Heteroceratidae Spath, but the rest – to the Early Aptian family Deshayesitidae Stoyanow (*Deshayesites tamarae* sp. nov.) and Aptian-Albian family Douvilleiceratidae Parona et Bonarelli (*Cheloniceras accommodatum* sp. nov., *Ch. quadrarium modicum* subsp. nov.). Distribution of the terminal group of Colchidites – *Colchidites securiformis* Djan. within the Late Barremian epicontinental sea of the Dzirula massif has been proved. In addition, based on study of the new palaeontological materials the assumption of the phylogenic connection between the Douvilleiceratidae Parona et Bonarelli (*Cheloniceras* Hyatt) and Acanthohoplitidae Stoyanow (*Gargasiceras* Casey, *Colombiceras* Hyatt) seems more convincing. The study of the above mentioned groups and families has great significance for the relative dating of the oil-bearing rocks, detailed subdivision and correlation of sediments, as well as for reconstruction of physical and geographical properties in Early Cretaceous.

Key words: Ammonite; Aptian; Barremian; sculpture; section; shell; species; suture line; winding; zone.

Дата рассмотрения 25.03.2019

Дата поступления 27.03.2019

Подписано к печати 25.06.2019

UDC 628.339

SCOPUS CODE 2205

Regularities of sedimentation of spherical particles in a laminar flow

- I. Inashvili** Department of Water Supply, Canalization, Heating and Air Conditioning System and Plumbing Installation, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: i.inashvili@gtu.ge
- I. Denisova** Department of Water Supply, Canalization, Heating and Air Conditioning System and Plumbing Installation, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: i.denisova@gtu.ge
- K. Bziava** Department of Water Supply, Canalization, Heating and Air Conditioning System and Plumbing Installation, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: k.bziava@gtu.ge

Reviewers:

G. Soselia, Professor Emeritus, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: g.soselia@gtu.ge

I. Kruashvili, Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: iraklikruashvili@yahoo.com

Abstract. The simplest and the most practical way to remove large dispersed medium impurities from wastewater is sedimentation. During computation of the grit chambers and settling tanks, it is necessary to obtain data on the fall velocity of weighted particles, which is not a simple task. If a trajectory and acceleration of a single particle are determined, it is possible to predict the dynamic variability of the entire dispersal system. This work deals with the sedimentation process of wastewater dispersing phase in laminar flow (Stokes's mode), according to the example of gravitational sedimentation of a small spherical particles. Movement of particle in laminar and turbulent flow around the particles and forces

acting on it where studied. We have received an equation for computing the fall velocity of particles, taking into account the laminar flow around the particles during accelerated motion.

Key words: Fall velocity; flow around the particles; Reynolds number; Stokes' Law.

Introduction

The simplest and the most practical way to remove large dispersed medium impurities from wastewater is - sedimentation. Insoluble impurities are removed in special structures such as grit chambers and settling tanks. During computation of these structures, it is

necessary to obtain data on the fall velocity of weighted particles, which is not a simple task since the wastewater is a poly-disperse, heterogeneous and aggregately unstable system.

In order to solve the practical problems, as a rule, instead of a single particle, an assembly of dispersed particles is considered, which contains thousands of separate particles. However, in small concentrations the motion of each individual particle is not depended on its neighboring particles. Therefore, if a trajectory and acceleration of a single particle are determined, it is possible to predict the behavior of the entire dispersal system. This approach can only be used in low value of volumetric concentrations.

When a small spherical particle settles at the bottom of still water, it experiences gravitational, buoyancy and drag forces. The gravity and buoyancy forces are permanent which are directed in opposite directions. The hydrodynamic resistance is the sum of friction and pressure resistances.

The values of friction and pressure resistances are both depended on Reynolds number (Re).

If Reynolds number is small, then the friction force has a great impact on the movement of the particle and pressure resistance can be ignored. Together with increasing Reynolds number, the role of pressure resistance increases as well. If Reynolds number is high, then the movement of the particle is mainly affected by the pressure resistance and friction resistance has practically no effect on its movement.

The force of friction is proportional to the dynamic viscosity coefficient, shape of particle and velocity of fluid. Resistance of the spherical particle is calculated by the Stokes' Law:

$$F_{fr} = 3\pi\mu du,$$

Where μ is a dynamic viscosity of fluid, (N×s)/m²;

d – diameter of particle, m;

u – velocity of particle, m/s.

If the particle moves at a high velocity, Reynolds number obtains high values. Flow around the particle occurs in turbulent mode. In this case, the pressure resistance is prevailed which is proportional to the square of particles motion velocity:

$$F_{pr} = c_d S \frac{\rho_l u^2}{2},$$

where ρ_l is the density of the liquid phase;

S - particle projection on the plane, which is perpendicular to the direction of movement, $S = \frac{\pi d^2}{4}$;

c_d - is the dimensionless resistance coefficient, which is usually determined experimentally and highly depends on the Reynolds number.

The coefficient of resistance keeps its constant value in the condition of the unchanged Reynolds number. When the Reynolds number changes, the resistance coefficient changes as well, therefore it is becoming the function of the Reynolds number. In Stokes' Law when the flow around the particle occurs in a laminar mode and Reynolds number $Re < 1$, the resistance coefficient is equal to:

$$c_d = \frac{24}{Re}.$$

At the beginning of sedimentation, the velocity of particle is very low. The movement is caused by the force of gravity and the movement is accelerated. As the velocity increases, the resistance force is also increased. When the force of resistance is equal to the resultant of the gravity force and the buoyancy force, the particle acquires a constant velocity [1-6].

Main part

Let's consider the gravitational sedimentation of the spherical, small size particles of dispersing phase within the Stokes' Law ($Re < 1$). Let's project the given forces on the axis, which is directed downwards (see Fig.1).

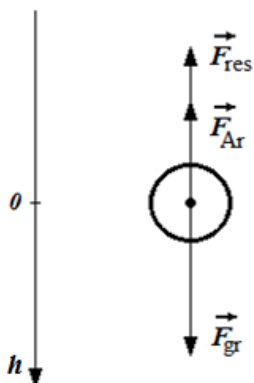


Fig. 1. Forces acting on a particle during sedimentation

The following forces act on the particle:

$F_{gr} = mg$ – the force of gravity ($m = \frac{\rho_p \pi d^3}{6}$ is particle's mass, g – free fall acceleration);

$F_{Ar} = -\rho_l \cdot V_p \cdot g = -m \frac{\rho_l}{\rho_p} g$ – Archimedes force (ρ_p is the density of the particle, V_p – particle's volume);

$F_{res} = -c_d S \frac{\rho_l u^2}{2} = -c_d \frac{\pi d^2}{4} \frac{\rho_l u^2}{2}$ – the opposing force.

Within the Stokes' Law flow around the particles is laminar ($c_d = \frac{24}{Re}$; $Re = \frac{\rho_l u d}{\mu}$) and according to the above mentioned forces, the equation of gravitational sedimentation of the spherical particle looks like:

$$\frac{du}{dt} = \frac{F_{gr} - F_{Ar} - F_{res}}{m},$$

$$\frac{du}{dt} = g \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_p} - \frac{18\mu}{\rho_p d^2} u. \quad (1)$$

In a static mode, when $\frac{du}{dt} = 0$, the fall velocity of particles is defined by the following equation:

$$u = \frac{(\rho_p - \rho_l) d^2}{18\mu} g. \quad (2)$$

Let's express the equation (1) in dimensionless form.

For the time scale we choose the value that has the dimension of time - t_* :

$$t_* = \frac{\rho_p d^2}{18\mu}. \quad (3)$$

For the velocity scale let's choose u_* :

$$u_* = \frac{(\rho_p - \rho_l) d^2}{18\mu} g. \quad (4)$$

Let us assume the designation:

$$y = \frac{u}{u_*}, \quad (5)$$

$$\tau = \frac{t}{t_*}. \quad (6)$$

By the end we get the following dimensionless equation:

$$\frac{dy}{d\tau} = 1 - y. \quad (7)$$

According to the initial conditions ($\tau = 0$; $y = 0$), the equation will be looked like:

$$y = 1 - \exp(-\tau) = 1 - e^{-\tau}. \quad (8)$$

Let's determine the numerical values of the dependence of particle velocity on time and build the following graph (see Fig. 2).

The above diagram illustrates that up to a certain point the particle moves at an accelerated velocity, after which its velocity becomes constant. The constant velocity is calculated using the equation (2).

To get an accelerated movement of sedimentation in the dimensional form we insert equations (5, 6) into equation (8):

$$\frac{u}{u_*} = 1 - \exp\left(-\frac{t}{t_*}\right),$$

$$u = u_* \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{t_*}\right)\right]$$

After inserting the values u_* and t_* , the equation of sedimentation velocity in accelerated motion will be looked like:

$$u(t) = \frac{d^2 g (\rho_p - \rho_l)}{18\mu} \left[1 - \exp\left(-\frac{18\mu}{\rho_p d^2} t\right)\right]. \quad (9)$$

τ	$y = 1 - e^{-\tau}$
0,00	0,00
0,50	0,39
1,00	0,63
1,50	0,78
2,00	0,86
3,00	0,95
4,00	0,98
4,66	0,99
5,30	1,00
6,00	1,00
7,00	1,00
8,00	1,00

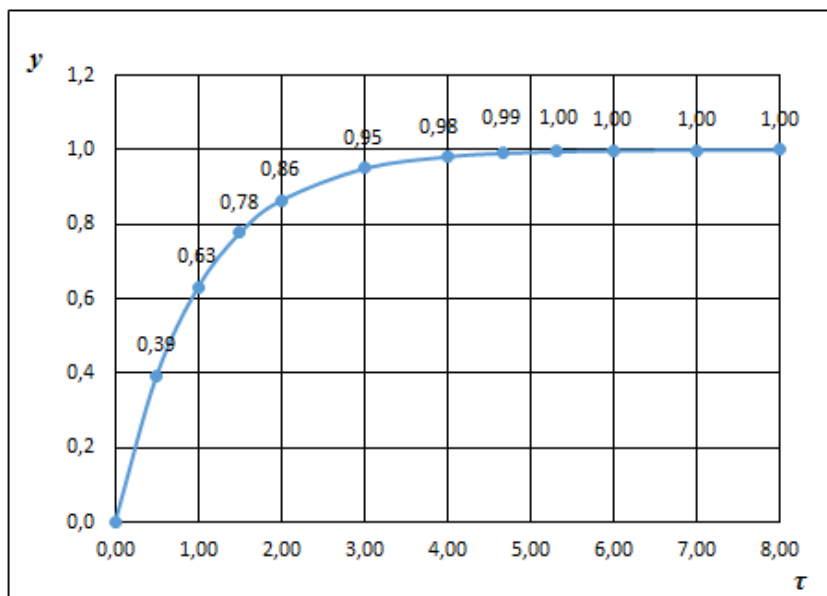


Fig. 2. Dependence of particles velocity on time.

When the expression $1 - \exp\left(-\frac{18\mu}{\rho_p d^2} t\right)$ approaches 1, the accelerated motion of the particle becomes stationary.

In the case of relative (dimensionless) values, the accelerated motion reaches the limit value, when the expression $1 - \exp(-\tau)$ approaches unity. The graph (see Fig. 2) shows that when $\tau \approx 4,66$, the value of $1 - \exp(-\tau)$ is approximately equal to 1, the deviation of the settling rate does not exceed 1% from the stationary velocity. Hence, the transition of the accelerated motion to the stationary mode occurs, when:

$$\tau = \frac{t}{t_*} = 4,66. \quad (10)$$

If we insert $t_* = \frac{\rho_p d^2}{18\mu}$ in equation (10), we will get the time which is necessary for a particle to reach a stationary mode:

$$t = 4,66 \frac{\rho_p d^2}{18\mu}. \quad (11)$$

From the equation (11) it follows that the duration

of motion of a particle in the transient mode depends on the particle's density, its diameter and dynamic viscosity of the dispersion medium. The obtained dependences (9) and (11) allow us to specify the fall velocity of a spherical particle in the Stokes' mode and determine after what time the particle starts to move in stationary mode with a constant velocity.

In order to determine the dependence of velocity of the particle and the distance passed by it (the settling depth), let us accept the distance scale:

$$h_* = u_* t_* = g \rho_b (\rho_b - \rho_b) \left(\frac{d^2}{18\mu}\right)^2. \quad (12)$$

Let us assume the following relative value:

$$\xi = \frac{h}{h_*}, \quad (13)$$

since:

$$dt = \frac{dh}{u},$$

accordingly:

$$dt = \frac{d\xi h_*}{u}. \quad (14)$$

Let's insert the value h_* from equation (12) into

equation (14):

$$\xi = -[y + \ln(1 - y)]. \quad (18)$$

$$dt = \frac{d\xi t_* u_*}{u}. \quad (15)$$

Insert (15) into equation (1), then:

$$\frac{dy}{d\xi} \times \frac{u_*}{t_*} \times \frac{u}{u_*} = g \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_p} - \frac{18\mu}{\rho_p d^2} u. \quad (16)$$

Into equation (16) we introduce $\frac{u}{u_*} = y$. Multiply both sides by $\frac{t_*}{u_*}$ and introduce the values of u_* and t_* . The equation will be looked like:

$$y \frac{dy}{d\xi} = 1 - y. \quad (17)$$

Based on the initial conditions ($\xi=0; y=0$) the solution of the differential equation (17) will be:

The dependence of the distance passed by a particle from its velocity expressed by means of relative values is given in the graph (see Fig. 3).

According to the graph, it can be determined that, when $\xi \approx 3.21$, the deviation of the settling rate from the stationary velocity does not exceed 1%. According to this, the transition of the accelerated motion into the steady mode occurs when:

$$\xi = \frac{h}{h_*} = 3,21. \quad (19)$$

ξ	y
0,00	0,00
0,01	0,10
0,06	0,30
0,19	0,50
0,50	0,70
1,00	0,84
1,40	0,90
2,05	0,95
2,54	0,97
3,21	0,99
4,30	1,00
5,22	1,00
5,91	1,00
6,42	1,00
6,82	1,00

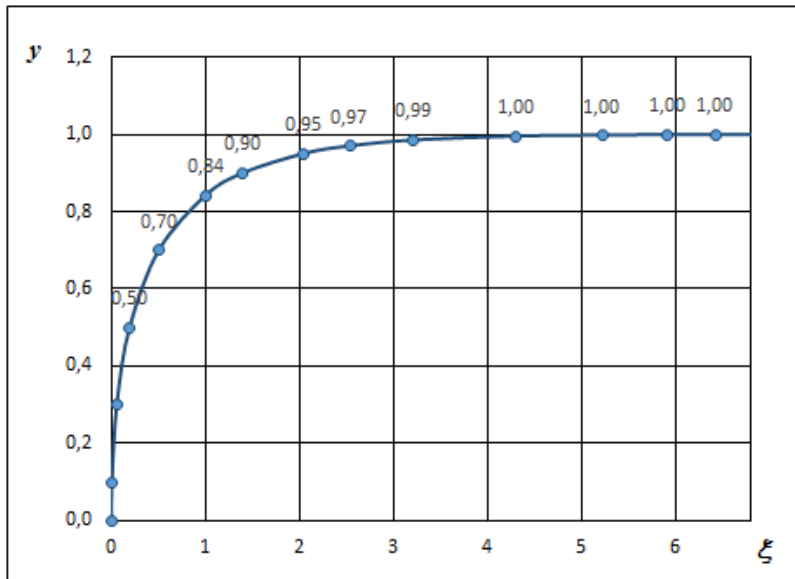


Fig. 3. Dependence of the distance passed by a particle on its velocity

Considering the equation (19) into (12), we get that the distance passed by a particle before transition into a steady mode is:

$$h = 3,21g\rho_p (\rho_p - \rho_l) \left(\frac{d^2}{18\mu}\right)^2. \quad (20)$$

For a more accurate definition of the laws of

unsteady motion of a particle, it is necessary to take into consideration additional forces acted on the particle force [8, 9]: which is related to the acceleration of the fluid displaced by the particle; Basset force (or history term), which occurs during unsteady processes in the formation of the boundary layer around the particle.

Conclusion

According to the conducted researches we obtained equations to determine with satisfactory accuracy in the Stokes' mode, under laminar flow around a spherical particle:

- fall velocity in both accelerated and stationary motions;

- period of time after which begins the movement of the particle in a stationary mode at a constant velocity;
- distance, passed by the particle before the transition to stationary mode.

References

1. Prandtl L. Hydroaeromechanics. Regular and chaotic dynamics. SRC. Izhevsk. 2000, 576 p. (In Russian).
2. Bezrukov L.V. Physics. Part 1. Mechanics. Molecular physics. Novochoerkassk State Reclamation Academy. Novochoerkassk. 2011, 232 p. (In Russian).
3. Schlichting G. The theory of the boundary layer. M.: Nauka. 1974, 714 p. (In Russian).
4. Ivanov S.A. Gas dynamics. Samara State Technical University. Samara. 2014, 61 p. (In Russian).
5. Dueck J. The sedimentation velocity of a particle in a wide range of Reynolds numbers in the application to the analysis of the separation curve. *Advanced powder technology*. 24 (1). Erlangen. 2013, 150–153 pp.
6. Kruashvili I., Inashvili I. Theoretical basis of transportation of suspended solid particles by a non-pressure water flow. *Proceedings of the Armenian Agricultural Academy*. No. 5. Yerevan. 2005, 88-93 pp. (In Russian).
7. Metzger B., Nicolas M., Guazzelli E. Falling clouds of particles in viscous fluids. *Journal of fluid mechanics*. № 580. Cambridge. 2007, 283–301 pp.
8. Nigmatulin R. I. Dynamics of multiphase media. Part I. M.: Nauka. 1987, 464 p. (In Russian).
9. Neopane H. P. Sediment erosion in hydro turbines. PhD thesis. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim. 2010, 105 p.

UDC 628.339

SCOPUS CODE 2205

ლამინარულ რეჟიმში სფეროსებრი ნაწილაკის დალექვის კანონზომიერებები

- ი. ინაშვილი** წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: i.inashvili@gtu.ge
- ი. დენისოვა** წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: i.denisova@gtu.ge
- კ. ბზიავა** წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: k.bziava@gtu.ge

რეცენზენტები:

- გ. სოსელია**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის ემერიტუსი, პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: g.soselia@gtu.ge
- ი. ყრუაშვილი**, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: iraklikruashvili@yahoo.com

ანოტაცია. ჩამდინარე წყლებიდან მსხვილდისპერსიული მინარეგების მოშორების ყველაზე მარტივი და გამოყენებადი მეთოდია სედიმენტაცია. ქვიშასაჭერებისა და სალექრების გათვლისას აუცილებელია შეწონილი ნაწილაკების ჰიდრავლიკური სისხოს შესახებ მონაცემების მიღება, რაც არ არის მარტივი ამოცანა. თუ მოხდა ცალკეული ნაწილაკების ტრაექტორიისა და სიჩქარის დადგენა, შესაძლებელი ხდება მთელი დისპერსიული სისტემის დინამიკური ცვალებადობის პროგნოზირება. ჩამდინარე წყლების დისპერსიული ფაზის სედიმენტაციის პროცესი განხილულია ლამინარულ რეჟიმში (სტოქსის რეჟიმში), მცირე ზომის სფეროსებრი ნაწილაკის გრავიტაციული დალექვის მაგალითზე. შესწავლილია ნაწილაკის მოძრაობა ლამინარულ და ტურბულენტურ გარსშემოდენის რეჟიმში და მასზე მოქმედი ძალები. მიღებულია ჰიდრავლიკური სისხოს საანგარიშო დამოკიდებულება, ნაწილაკის ლამინარულ გარსშემოდენის გათვალისწინებით, მისი აჩქარებულის მოძრაობის დროს.

საკვანძო სიტყვები: ნაწილაკის გარსშემოდენა; რეინოლდსის რიცხვი; სტოქსის კანონი; ჰიდრავლიკური სისხო.

UDC 628.339
SCOPUS CODE 2205

Закономерности седиментации сферических частиц в ламинарном режиме

- И.Д. Инашвили** Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и инженерного оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б
E-mail: i.inashvili@gtu.ge
- И.А. Денисова** Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и инженерного оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б
E-mail: i.denisova@gtu.ge
- К.Г. Бзиава** Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и инженерного оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б
E-mail: k.bziava@gtu.ge

Рецензенты:

- Г. Соселия**, эмеритус, профессор, доктор технических наук строительного факультета ГТУ
E-mail: g.soselia@gtu.ge
- И. Круашвили**, профессор, доктор технических наук факультета аграрных наук и инженеринговых биосистем ГТУ
E-mail: iraklikruashvili@yahoo.com

Аннотация. Самым простым и наиболее практичным способом удаления крупнодисперсных загрязняющих веществ из сточных вод является седиментация. Во время расчета песколовков и отстойников необходимо иметь данные о гидравлической крупности взвешенных частиц, что является непростой задачей. Если определены траектория и скорость отдельной частицы, можно предсказать поведение всей дисперсной системы. В данной работе рассматривается процесс осаждения дисперсной фазы сточных вод при ламинарном режиме (в режиме Стокса) на примере гравитационного осаждения мелких сферических частиц. Изучено движение частицы при ламинарном и турбулентном обтекании и действующие на частицу силы. Было получено уравнение для расчета скорости седиментации при ламинарном обтекании частицы во время ускоренного движения.

Ключевые слова: гидравлическая крупность; Закон Стокса; обтекание частиц; число Рейнольдса.

The date of review 28.03.2019

The date of submission 02.04.2019

Signed for publishing 25.06.2019

UDC 643.33

SCOPUS CODE 2209

გაყინული თევზის გასაღობი და საშრობი გვირაბული ტიპის ინოვაციური დანადგარი

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

რეცენზენტები:

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

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, შპს „საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვებისა და რეციკლირების ცენტრის“ დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. გაყინული თევზის გასაღობი გვირაბული ტიპის ინოვაციური დანადგარი უნივერსალური სისტემაა, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია როგორც გაყინული თევზის გაღობა, ისე გამოშრობა დამარილების დროს. დანადგარი გამოირჩევა მუშაობის მაღალეფექტურობით, კონსტრუქციის სიმარტივით, მცირე ენერგოდანახარჯით, კომპაქტურობით, მცირე გაბარიტით და მცირე ლითონტევადობით. ასეთი ტიპის ინოვაციური ტექნოლოგიური კონდიციონერი მზადდება ფანჯრის ტიპის კონდიციონერ BK-1500-ის ბაზაზე. მისი

სიცივის მწარმოებლობა $Q_0 = 1740$ ვატის ტოლია, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ მისი გამოყენება მიზანშეწონილი იქნება მცირე საწარმოებისთვის. ეს კი ხელს შეუწყობს მცირე ბიზნესის ამ კუთხით განვითარებას. ასეთი ტიპის ტექნოლოგიური კონდიციონერის მომსახურება გამოირჩევა ფულადი დანახარჯის დიდი ეკონომიით. ტექნოლოგიური კონდიციონერი მუშაობს ოზონუსაფრთხო ნივთიერება R290-ზე, რომელიც ბუნებრივი მაცივარაგენტია და აქვს ოზონის დაშლისა და გლობალური დათბობის ნულოვანი პოტენციალი. R290 მაცივარაგენტისთვის შეთავსებადია მინერალური ზეთები.

ეს ფაქტორი კი მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს და-
ნადგარის ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

საკვანძო სიტყვები: დროსელი; ვენტილატო-
რი; კომპრესორი; კონდენსატორი; საორთქლებელი.

შესავალი

ტექნოლოგიური კონდიციონებისას ჰაერი მუ-
შავდება – გათბობა დატენიანებით, გათბობა გაშრო-
ბით, გაცივება დატენიანებით ან გაცივება გაშრო-
ბით. თევზის, ხორცისა და რძის მრეწველობის სა-
წარმოებში ჰაერის ტექნოლოგიური კონდიცირება
წარმოებს შემდეგი ტექნოლოგიური პროცესების
ჩასატარებლად: გაყინული თევზის ან გაყინული
ხორცის გაღობისას, მოხარშული ან მოხარშულ-
შებოლილი ძეხვის გაცივებისას, ნახევრად შებოლი-
ლი ან უმად შებოლილი ძეხვის გაშრობისას და
ყველის დამწიფებისას. სტატიაში წარმოდგენილი
გაყინული პროდუქტების გაღობისა და შრობის
ტექნოლოგია ძალზე აქტუალურია აღნიშნული
პროდუქტების წარმოებისათვის.

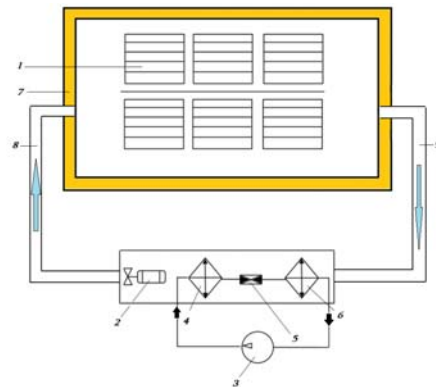
ძირითადი ნაწილი

გაყინული თევზის გაღობის დაუმყარებელი
პროცესი ორი სტადიით ხასიათდება: პირველ სტა-
დიაზე გაყინული თევზის ზედაპირის ტემპერა-
ტურა $t_{საფ} = -18^{\circ}\text{C}$ -იდან იზრდება შიგა ჰაერის
ნამის წერტილის ტემპერატურამდე, $t_{ფ} = 18^{\circ}\text{C}$ (სურ.
2, პოზ. E). მეორე სტადიაზე თევზის ზედაპირის
ტემპერატურა შიგა ჰაერის ნამის წერტილის ტემ-
პერატურიდან იზრდება კონდიცირებად საკანში

არსებულ ჰაერის ტემპერატურამდე, $t_{კამ} = 20^{\circ}\text{C}$.
თევზის გაღობის დაუმყარებელი პროცესის პირ-
ველ სტადიაზე, როდესაც მისი ზედაპირის ტემპე-
რატურა იზრდება $t_{საფ} = -18^{\circ}\text{C}$ -დან $t_{ფ} = 18^{\circ}\text{C}$ -მდე,
თევზი ღვება და წარმოიქმნება ტენის კონდენსა-
ცია. დიაგრამაზე ამ მდგომარეობას გამოსახავს E
წერტილი.

გაყინული თევზის გაღობის დაუმყარებელი
პროცესის მეორე სტადიაზე, როდესაც თევზის ზე-
დაპირის ტემპერატურა ნამის წერტილის ტემპერა-
ტურაზე მაღალია, მაგრამ ვერ აღწევს ზღვრულ
მნიშვნელობას, ამ დროს ჰაერის დამუშავების პრო-
ცესი წარმოებს მისი გათბობით. თევზის ზედა-
პირიდან კი ტენი აორთქლებას იწყებს.

როდესაც თევზის ზედაპირის ტემპერატურა
გაუტოლდება კონდიცირებად სათავსში ჰაერის
ტემპერატურას, სისტემა იწყებს მუშაობას დამყა-
რებულ რეჟიმში. ამ დროს ენერგიის დანახარჯი
უმნიშვნელოა – ენერგია იხარჯება მხოლოდ
საკანში ჰაერის პარამეტრების შენარჩუნებაზე.



სურ. 1. გაყინული თევზის გასაღობი გვირაბული ტიპის
ინოვაციური დანადგარის პრინციპული სქემა
1-გაყინული თევზი ტარაში, 2-ვენტილატორი,
3-კომპრესორი, 4-კონდენსატორი, 5-დროსელი,
6-საორთქლებელი, 7-კამერა, 8 და 9-ჰაერსატარები

ნებულზედაპირიან საორთქლებელთან, სადაც ჰაერი ცივდება და შრება. ამ დროს ჰაერიდან ტენი გამოიყოფა. გაცივებული და გამშრალი ჰაერი კი შეხებაში მოდის ისევ კონდენსატორთან და ამის შემდეგ ჰაერის დამუშავების ციკლი მეორდება.

ჰაერის დამუშავების პროცესის I-D დიაგრამა ნაჩვენებია მე-2 სურ-ზე. გვირაბული ტიპის კამერაში ვენტელატორის მიერ მიწოდებული ჰაერის პარამეტრები მოცემულია A წერტილში: ტემპერატურაა 36°C, ხოლო ტენიანობა – 35%. გვირაბულ კამერაში მიმდინარეობს ჰაერის იზოენტალპიური დატენიანება, რასაც გამოსახავს AO წირი. O წერტილი მდებარეობს φ=95% წირზე. AO წირი, ერთდროულად, A მდგომარეობის ჰაერისა და O მდგომარეობის ჰაერის შერევის პროცესია. ნარევის წერტილის პარამეტრები შეესაბამება B წერტილის პარამეტრებს. B წერტილი მომდენი ჰაერის მდგომარეობის მახასიათებელია, სადაც ჰაერის პარამეტრებია: ტემპერატურა – 25°C, ტენიანობა – 80%.

კონდიციონერადი სათავსიდან ჰაერის გაწიბოვნებულზედაპირიან საორთქლებელთან შეხება და მისი სიცივით დამუშავება დიაგრამაზე გამოსახულია BC წირით. C წერტილში ჰაერის პარამეტრებია: ტემპერატურა – 20°C, ფარდობითი ტენიანობა – 90%. ჰაერის გათბობის პროცესი გაწიბოვნებულზედაპირიან კონდენსატორთან შეხებისას დიაგრამაზე გამოსახულია CD წირით. ამ დროს ტენშემცველობა მუდმივი რჩება, ხოლო ტემპერატურა იმატებს 34°C-მდე. ჰაერის შეთბობას ვენტელატორში გამოსახავს DA წირი. როგორც კონდენსატორის ზედაპირზე, აქაც ჰაერის ტენშემცველობა მუდმივი რჩება, ხოლო ტემპერატურა მატულობს და საბოლოოდ 36°C-ს აღწევს.

თბოშენაკადების გაანგარიშება

1. მომსახურე პერსონალისაგან შემოსული თბოშენაკადები;
 2. მოწყობილობებისაგან შემოსული თბოშენაკადები;
 3. განათებისაგან შემოსული თბოშენაკადები;
 4. საშრობი მასალებისაგან შემოსული თბოშენაკადები;
 5. ინფილტრაციით შემოსული თბოშენაკადები;
 6. შემოფარგვლიდან შემოსული თბოშენაკადები.
- შემდეგ გამოვთვლით ჯამურ თბოშენაკადებს:
- $$\sum Q = Q_{ხალხი} + Q_{მოწყ} + Q_{გან} + Q_{მას} + Q_{ინფ} + Q_{შემ}$$

ტენშენაკადების გაანგარიშება

1. მომსახურე პერსონალისაგან შემოსული ტენშენაკადები;
 2. საშრობი მასალებიდან შემოსული ტენშენაკადები;
 3. ინფილტრაციით შემოსული ტენშენაკადები.
- გამოვთვლით ჯამურ ტენშენაკადებს:

$$\sum W = W_{ხალხი} + W_{მას} + W_{ინფ}$$

თბოტენიანობის კოეფიციენტი

$$\varepsilon = \frac{\sum Q}{\sum W}$$

გარე ჰაერის რაოდენობას ვირჩევთ სანიტარიული ნორმის მიხედვით.

მიწოდებული ჰაერის რაოდენობა

$$L = \frac{\sum Q}{\rho \times c_p \times \Delta t} \text{ მ}^3/\text{წმ};$$

დატვირთვა კონდენსატორზე

$$Q_{კალ} = \rho \times L \times \Delta i \text{ კვტ.}$$

დასკვნა

გაყინული თევზის გასალღობი გვირახული ტიპის ინოვაციური დანადგარის დამზადება და მისი ექსპლუატაცია არ მოითხოვს დიდ ფულად დანახარჯს და განსაკუთრებულ სიძნელეს. ჰაერის დამუშავების ყველა პროცესი წარმოებს „ფანჯრის“ ტიპის საყოფაცხოვრებო კონდიციონერის ბაზაზე

შექმნილი ტექნოლოგიური კონდიციონერის მიერ. როდესაც კვების პროდუქტების ხარისხისა და მოცულობის გაზრდა არის ქვეყნის ერთ-ერთი სტრატეგიული მიზანი, ასეთი კონსტრუქციის ტექნოლოგიური კონდიციონერების წარმოება მნიშვნელოვანია აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტისას.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Gugulashvili G., Sadagashvili E. Influence of body form on the length of freezing. Transactions of Technical University of Georgia. # 2 (472). GTU. Tbilisi. 2009, 100-103 pp. (in Georgian).
2. Megrelidze T., Sadagashvili E., Mgebrishvili S., Gugulashvili G. Theoretical analysis of freezing and defrosting processes of products. Proceedings of international scientific-technical conference “The new technologies in modern industry”. Tbilisi. 2010, 14-17 pp. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Maglakelidze N., Gugulashvili G. Device for freezing the tires. Journal “Transport and machinebuilding”. # 2 (36). GTU. Tbilisi. 2016, 85-94 pp. (in Georgian).
4. System trouble shooting measuring instruments. Danfoss A/S (RC-SM/MWA), 09-2002. (in Russian).
5. Honeywell refrigerants. Honeywell International Inc. 2006.

UDC 643.33

SCOPUS CODE 2209

Innovative tunnel-type equipment for thawing and drying of frozen fish

- T. Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- T. Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- G. Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 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. Innovative tunnel-type equipment for thawing and drying of frozen fish is a universal system through which you can defrost frozen fish and also dry it during salting. The equipment is characterized by its high efficiency, simplicity of design, low energy consumption, compact size and low metal consumption. This type of innovative process-oriented air conditioner is based on the BK-1500 type air conditioner. Its cooling capacity is exactly $Q_0 = 1740$ watts. This indicates that its use is appropriate for small businesses. This will contribute to the development of small businesses in this regard. Such type of maintenance of air conditioners is very cost effective. Process-oriented air conditioner works on ozone-safe substance R290, which is a natural fridge and has zero potential for ozone depletion and global warming. Mineral oils are compatible with R290 refrigerant, and this factor significantly improves the economic performance of the equipment.

Key words: Compressor; condenser; evaporator; throttle; ventilator.

UDC 643.33

SCOPUS CODE 2209

Инновационное оборудование тоннельного типа для размораживания и сушения мороженой рыбы

- Т.Я. Мегрелидзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Т.А. Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Г.Л. Гугулашвили** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, доктор технических наук, директор Центра сбора и рециклирования хладагентов Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Инновационное оборудование тоннельного типа для размораживания и сушения мороженой рыбы представляет универсальную систему, через которую можно разморозить замороженную рыбу, а также высушить во время ее засолки. Устройство отличается высокой эффективностью, простотой конструкции, небольшими затратами энергии, компактными размерами и малой металлоемкостью. Этот тип инновационного технологического кондиционера производится на основе кондиционера типа ВК-1500. Его холодопроизводительность равна $Q_0 = 1740$ ватт. Это указывает на то, что его применение целесообразно для малых предприятий. Это будет способствовать развитию малого бизнеса в этом отношении. Этот вид технического обслуживания кондиционеров отличается большой экономией денежных средств. Технологический кондиционер работает на озонобезопасном веществе R290, которое является природным холодильником и имеет нулевой потенциал озоноразрушения и глобального потепления. Минеральные масла совместимы с хладагентом R290, и этот фактор значительно улучшает экономические показатели оборудования.

Ключевые слова: дроссельный вентилятор; компрессор; конденсатор; испаритель.

განხილვის თარიღი 22.03.2019

შემოსვლის თარიღი 27.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 662.4

SCOPUS CODE 2209

ინოვაციური კონსტრუქციის ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორი

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

რეცენზენტები:

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

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, შპს „საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვებისა და რეციკლირების ცენტრის“ დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. ინოვაციური კონსტრუქციის ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორი გამოირჩევა აგებულების სიმარტივით, მცირე გაზარიტებით და ლითონტევადობით. ასეთი ტიპის კომპრესორი მუშაობს ერთი ელექტროძრავით, რომლის ამრავი ინვერტორული ტიპისაა. ამ კომპრესორს არ გააჩნია შემწოვი სარქველები, რაც დიდ როლს ასრულებს მისი კონსტრუქციის გამარტივებაში. ინოვაციური კონსტრუქციის ორსაფეხურიანი კომპრესორი გამოირჩევა მომსახურების სიიოლით და საიმედოობის მაღალი ხარისხით. კომპრესორი დამზადებულია BK-1500

მარკის კონდიციონერის როტაციული კომპრესორის მოდერნიზაციის ბაზაზე. კომპრესორში ჩატვირთულია 300 გრამი მინერალური ზეთი. ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორი აღჭურვილია შუალედური გაცივების სისტემით, სადაც მაცივარაგენტის შუალედური გაცივება ხდება ღერძულა ვენტილატორით, რომელიც დამონტაჟებულია კომპრესორის ძრავას ლილვზე. მამსადაძე, ერთი ელექტროძრავა ემსახურება როტაციული კომპრესორის ორივე საფეხურს და შუალედური გაცივების სისტემას, ყოველივე ეს კი მნიშვნელოვნად ამცირებს ელექტროენერჯის დანახარჯს. ელექტროენერჯის დანახარჯს

ასევე ამცირებს ინვერტორული ტიპის ამძრავი, რომელსაც შეუძლია სიცივის მწარმოებლობის მდოვრე რეგულირება.

საკვანძო სიტყვები: ვენტილატორი; თბომცვლელი; კომპრესორი; როტორი; ცილინდრი.

შესავალი

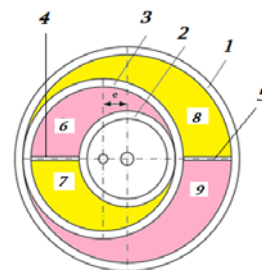
როტაციული კომპრესორების ფართო გამოყენების საკითხი დაკავშირებულია მანქანების მასისა და გაბარიტების შემცირების აუცილებლობასთან თანამედროვე პირობებში. ამ საკითხის გადაწყვეტის ყველაზე პერსპექტიული გზაა მანქანების მუშა ორგანოების სიჩქარეთა გაზრდა.

დღეშიან კომპრესორებში სიჩქარის გაზრდის შესაძლებლობა ძირითადად შეზღუდულია ინერციის ძალების ზრდით. ეს განაპირობებს ისეთი კომპრესორების შექმნის აუცილებლობას, რომლებშიც ინერციის თავისუფალი ძალები არ არსებობს ან მცირეა, ან შესაძლებელია მათი სრული გაწონასწორება. სწორედ ასეთ კომპრესორებს მიეკუთვნება როტაციული კომპრესორები. თუ დღეშიან კომპრესორებში დღეში ასრულებს წინსვლით-უკუქცევით გადატანით მოძრაობას, როტაციულ კომპრესორებში ძირითადი მუშა ორგანო – როტორი ენერგეტიკულად ზემოქმედებს მუშა სხეულზე, მხოლოდ ბრუნვითი ან პლანეტარული მოძრაობის შესრულების გზით. იმის გამო, რომ როტაციულ კომპრესორებში ინერციის თავისუფალი ძალები არ არსებობს ან ადვილად შეიძლება მათი სრული გაწონასწორება, დღეშიან კომპრესორებთან შედარებით

ისინი გაცილებით სწრაფსვლიანია და, შესაბამისად, უფრო კომპაქტური და მსუბუქი.

ძირითადი ნაწილი

ინოვაციური ტიპის ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორის კონსტრუქცია შემუშავებულია როტაციული კომპრესორის ბაზაზე, რომელიც მგორავროტორიანი სისტემაა. კომპრესორის პრინციპული სქემა გამოსახულია 1-ელ სურ-ზე. კომპრესორი შედგება: გარე უძრავი ცილინდრისაგან-1, შიგა მოძრავი ცილინდრ-როტორისა 3 და შიგა უძრავი როტორისაგან-2. შიგა მოძრავი ცილინდრ-როტორი ერთ შემთხვევაში ასრულებს ცილინდრის ფუნქციას, ხოლო მეორე შემთხვევაში – როტორის ფუნქციას. იგი, როგორც როტორი, ერთდროულად, გადაგორდება გარე უძრავი ცილინდრის შიგა ზედაპირზე (დაბალი წნევის საფეხურზე, სადაც ხდება პირველი საფეხურის კუმშვა) და, როგორც ცილინდრი, თავისი შიგა ზედაპირით გადაგორდება შიგა უძრავი როტორის გარე ზედაპირზე, ე. ი. შიგა მოძრავი ცილინდრ-როტორი ერთდროულად დაგორავს როგორც გარე ცილინდრზე, ისე შიგა როტორზე.



სურ.1. ორსაფეხურიანი კომპრესორის პრინციპული სქემა

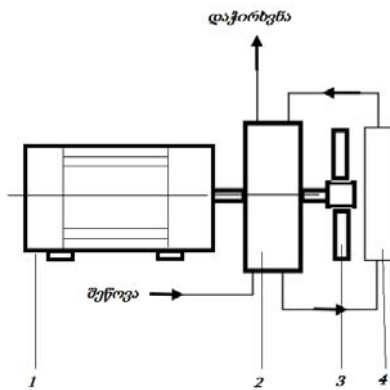
გარე უძრავი ცილინდრი-1, შიგა უძრავი როტორი-2, შიგა მოძრავი ცილინდრ-როტორი-3, დაბალი წნევის საფეხურის გამყოფი ფირფიტა-4, მაღალი წნევის საფეხურის გამყოფი ფირფიტა-5, დაჭირხნის სექტორი-6, შეწოვის სექტორი-7, შეწოვის სექტორი-8, დაჭირხნის სექტორი-9

კომპრესორი აღჭურვილია როგორც დაბალი წნევის საფეხურის, ისე მაღალი წნევის საფეხურის გამყოფი ფირფიტებით (პოზ. 4 და პოზ. 5), რომლებიც თითოეულ საფეხურს, შესაბამისად, ჰყოფს შეწოვისა და დაჭირხნის სექტორებად.

ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორული აგრეგატის პრინციპული სქემა გამოსახულია მე-2 სურ-ზე. როტაციული კომპრესორი აღჭურვილია ინვერტორული ამძრავით, რომელიც ცვლის კომპრესორის ბრუნთა რიცხვს, რაც აისახება სიცივის მწარმოებლობის ცვლილებაში.

მაცივარი მანქანის სიცივის მწარმოებლობის მდოვრე რეგულირება შეიძლება განხორციელდეს მკვებავი ძაბვის სიხშირის ცვლილებით. ეს მეთოდი ემყარება ინვერტორული ტიპის ამძრავების გამოყენებას. უკანასკნელ პერიოდში ძალზე გაიზარდა მოთხოვნა ინვერტორული კომპრესორების გამოყენებაზე.

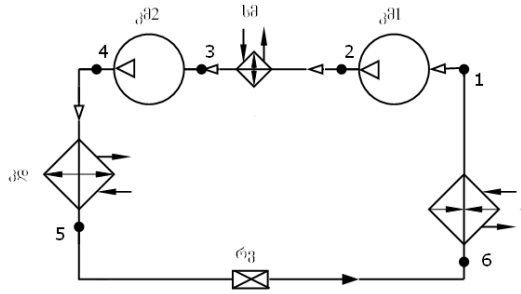
ინვერტორული inverto ლათინური სიტყვაა და შეცვლას ნიშნავს.



სურ. 2. ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორული აგრეგატის პრინციპული სქემა. ინვერტორული ტიპის ელექტროძრავა-1, ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორი-2, ვენტილატორი-3, შუალედური მაცივარი-4

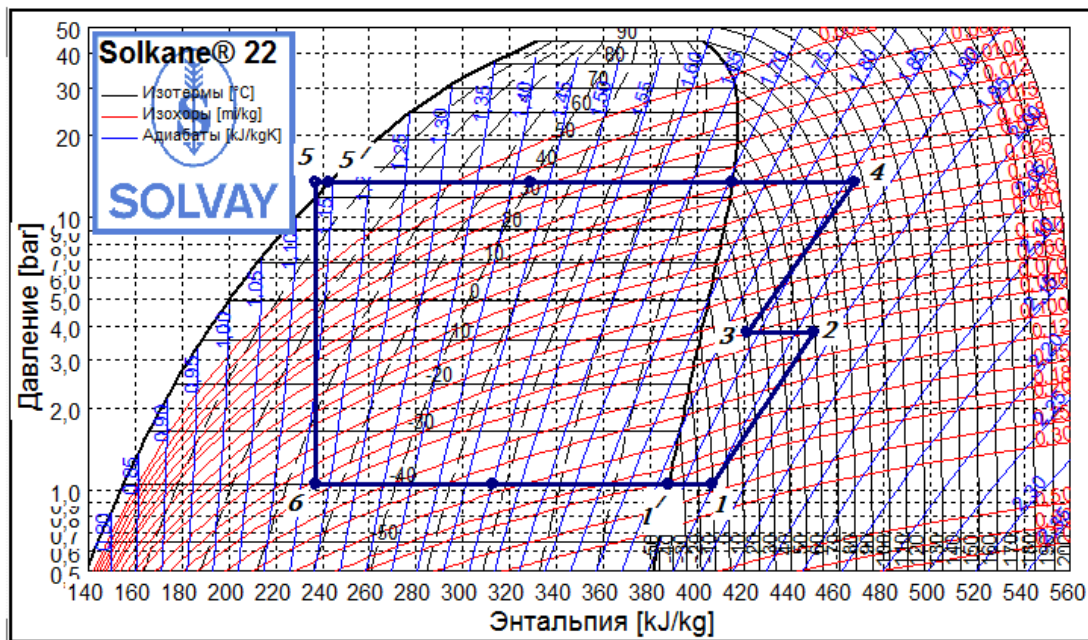
ინვერტორული ამძრავის ბლოკი მკვებავ ცვლად დენს გარდაქმნის მუდმივ დენად, ხოლო შემდეგ ისევ ცვლად დენად, ოღონდ განსხვავებული სიხშირით. ასეთი გარდაქმნით კომპრესორის ძრავას ბრუნვის სიხშირისა და, შესაბამისად, სიცივის მწარმოებლობის ფართო დიაპაზონში რეგულირება ხდება. ასეთი კონსტრუქციით აღჭურვილი მაცივარი მანქანა გამოირჩევა სათავსში ტემპერატურის ზუსტი შენარჩუნებით. სათავსში ტემპერატურის მომატების შემთხვევაში ინვერტორის კონტროლიორი ინფორმაციას გადასცემს კომპრესორის ძრავას ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელოვანი გაზრდის შესახებ. მაცივარი მანქანა ამ დროს მუშაობას იწყებს ფორსირებულ რეჟიმში, სანამ ტემპერატურა სათავსში არ მიაღწევს საჭირო მნიშვნელობას. ამის შემდგომ ძრავას ბრუნვის სიხშირე კლებულობს, ხოლო კომპრესორი მუშაობას აგრძელებს და ინარჩუნებს საჭირო ტემპერატურას უმნიშვნელო გადახრებით. ამრიგად, ინვერტორის გამოყენებით კომპრესორის მუდმივი ჩართვა-გამორთვა არ ხდება. შედეგად ხდება ხმაურის დონის შემცირება და საჭირო ტემპერატურის უფრო ზუსტ ნიშნულებში შენარჩუნება $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ზღვრებში. ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორული აგრეგატი აღჭურვილია შუალედური მაცივრით (სურ. 2, პოზ. 4). როტაციული კომპრესორის პირველი საფეხურის კუმშვისას მაცივარაგენტის ორთქლი შუალედურ წნევაზე გაგრილებას საჭიროებს, რასაც ასრულებს ღერძულა ვენტილატორი (პოზ. 3), ხოლო შუალედური წნევის მქონე მაცივარაგენტის ორთქლი გაედინება საშუალოდ მაცივრის გაწიბოვებულზედაპირებიან თბომცვლელში, სადაც ხდება მისი ტემპერატურის დაცემა, ხოლო წნევა უცვლელი რჩება. საშუალოდ

მაცივრიდან გამომავალი მაცივარაგენტის ორთქლი ინოვაციური ორსაფეხურიანი მაცივარი მანქანის შეიწოვება ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორების პრინციპული სქემა ნაჩვენებია მე-3 სურ-ზე. სორის მაღალი წნევის საფეხურზე, სადაც წარმოებს მეორე საფეხურის კუმშვა.



სურ. 3. ინოვაციური ორსაფეხურიანი მაცივარი მანქანა:
 კმ1–მაღალი წნევის საფეხურის კომპრესორი, კმ2–მაღალი წნევის საფეხურის კომპრესორი,
 სმ–საშუალოდ მაცივარი, კდ–კონდენსატორი, ს–საორთქლებელი, რე–სარეგულირებელი ვენტილი

სამაცივრო ციკლი კი გამოსახულია მე-4 სურ-ზე.



სურ. 4. სამაცივრო ციკლი I-LgP დიაგრამაზე

ინოვაციური ტიპის ორსაფეხურიანი როტაციული კომპრესორის გაანგარიშება

1. შუალედური წნევა, $P_{\theta} = \sqrt{P_0 \times P_3}$ ბარი;
2. კუთრი მასური სიცივის მწარმოებლობა, $q_0 = i_1' - i_6$ კჯ/კგ;
3. მუშა სხეულის რაოდენობა, $G_{\text{ნამდ}} = \frac{q_0}{q_0}$ კგ/წმ;
4. დ.წ.ს. კომპრესორში შემავალი ორთქლის მოცულობა, $V_{\text{ნამდ1}} = G_{\text{ნამდ}} \times v_1$ კგ/წმ;
5. მ.წ.ს. კომპრესორში შემავალი ორთქლის მოცულობა, $V_{\text{ნამდ2}} = G_{\text{ნამდ}} \times v_3$ კგ/წმ;
6. მიწოდების კოეფიციენტები: დ.წ.ს. $\frac{P_{\theta}}{P_0}$ და ვირჩევთ λ -ს, მ.წ.ს. $\frac{P_2}{P_{\theta}}$ და ვირჩევთ λ -ს;
7. როტორის მიერ აღწერილი მოცულობა: დ.წ.ს. $V_h = \frac{V_{\text{ნამდ1}}}{\lambda}$ მ³/წმ, მ.წ.ს. $V_h = \frac{V_{\text{ნამდ2}}}{\lambda}$ მ³/წმ;
8. დაბალი წნევის საფეხურის კომპრესორის მუშაობა, $l_1 = i_2 - i_1$ კჯ/კგ;
9. მაღალი წნევის საფეხურის კომპრესორის მუშაობა, $l_2 = i_4 - i_3$ კჯ/კგ;

10. კომპრესორის თეორიული სიმძლავრეები:

დ.წ.ს. $N_{\text{თ.დ.წ.ს.}} = G_{\text{ნამდ}} \times l_1$ კვტ;

მ.წ.ს. $N_{\text{თ.მ.წ.ს.}} = G_{\text{ნამდ}} \times l_2$ კვტ;

11. ციკლის მუშაობა $\sum l = l_1 + l_2$ კჯ/კგ;

12. სამაცივრო კოეფიციენტი $\varepsilon = \frac{q_0}{l_1+l_2}$.

დასკვნა

განხილული ინოვაციური ორსაფეხურიანი კომპრესორი გამოიყენება კვების პროდუქტების შესანახ, გასაყინ და შოკური დამუშავების საკნებში. ასეთი დანადგარების დასამზადებლად არ არის საჭირო ძვირად ღირებული კვანძების გამოყენება. საყოფაცხოვრებო ფანჯრის კონდიციონერების როტაციული კომპრესორების მცირე რეკონსტრუქცია სავსებით საკმარისია აღნიშნული დანადგარის გამოსაყენებლად. აღნიშნული კონსტრუქცია ფულადი სახსრების დიდ ეკონომიას იძლევა.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Japaridze Z., Suladze S., Gugulashvili G., Goletiani G., Tepnadze A., Kvirikashvili G., Omiadze Z. Refrigerator machines (Piston compressors). "Teqnikuri Universiteti". Tbilisi. 2009, 52-53 pp. (in Georgian).
2. Megrelidze T., Sadagashvili E., Beruashvili G., Gugulashvili G. Study of the optimal working regimes of refrigerator machines with difficult cycle. "Teqnikuri Universiteti". #2 (480). Tbilisi. 2011, 91-96 pp. (in Georgian).
3. Meyer. Training manual refrigeration-AC, ICCT. 2004.
4. System trouble shooting measuring instruments. Danfoss A/S (RC-SM/MWA), 09-2002. (in Russian).
5. Honeywell refrigerants. Honeywell International Inc. 2006.

UDC 662.4

SCOPUS CODE 2209

Two-stage rotating compressor of innovative design

- T. Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- T. Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- G. Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0175 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. The two-stage rotating compressor of innovative design is distinguished by the simplicity of its structures, with smaller dimensions and metalwork. This type of compressor works with one electric motor with inverter type drive. The compressor does not have any suction valves, which plays a major role in simplifying its design. The two-stage compressor of innovative design is distinguished by easy servicing and high quality of reliability. The compressor is made on the base of the rotator compressor of the BK-1500 air conditioner. 300 grams of mineral oil are loaded in the compressor. The two-stage rotating compressor is equipped with intermediate cooling system, where the cooling of the refrigerant is cooled with an axle ventilator mounted on the compressor engine shaft. Thus one electric drive serves two stages of the rotating compressor and the intermediate cooling system, which significantly reduces the electricity costs. Electricity expenses also reduce the inverter type of aircraft which can regulate the refrigeration capacity.

Key words: Compressor; cylinder; heat exchange apparatus; rotor; ventilator.

UDC 662.4

SCOPUS CODE 2209

Двухступенчатый ротационный компрессор инновационной конструкции

- Т.Я. Мегрелидзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Т.А. Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Г.Л. Гугулашвили** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, доктор технических наук, директор Центра сбора и рециклирования хладагентов Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Двухступенчатый ротационный компрессор инновационной конструкции отличается простотой его конструкции, малыми размерами и металлоконструкциями. Этот тип компрессора работает с одним электродвигателем чей привод инверторного типа. У компрессора нет всасывающих клапанов, которые играют важную роль в упрощении его конструкции. Двухступенчатый компрессор инновационной конструкции отличается простотой обслуживания и высоким качеством надежности. Компрессор выполнен на базе ротационного компрессора кондиционера ВК-1500. В компрессор загружается 300 г минерального масла. Двухступенчатый ротационный компрессор оборудован промежуточной системой охлаждения, где охлаждение хладагента производится осевым вентилятором, установленным на валу двигателя компрессора. Таким образом, один электрический привод обслуживает две ступени компрессора и промежуточную систему охлаждения, все из которых значительно уменьшают затраты на электроэнергию. Расходы на электроэнергию также уменьшает тип инвертора, который может плавно регулировать хладопроизводительность.

Ключевые слова: вентилятор; компрессор; ротор; теплообменник; цилиндр.

განხილვის თარიღი 22.03.2019

შემოსვლის თარიღი 27.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

ტაძრის შესასვლელი კარის მხატვრული გაფორმების ახლებური გადაწყვეტა

ი. ქვარაია სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: irakvara@yahoo.com

ლ. გიორგობიანი არქიტექტურის საფუძვლების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. სანიკიძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი, ხელოვნებათმცოდნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

ნ. მსხვილაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

ანოტაცია. შენობა-ნაგებობების არქიტექტურული გადაწყვეტის ერთ-ერთი ძირითადი დეტალია შესასვლელი კარი, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ადამიანთა განწყობას შიგა სივრცეში შესვლამდე. ამიტომ, დიდი მნიშვნელობა აქვს მის მხატვრულ გაფორმებას და ეს განსაკუთრებით გასათვალისწინებელია ეკლესია-მონასტრების კარისათვის. მსოფლიოში მრავალი ასეთი გამორჩეული მაგალითი არსებობს და ამიტომ ახალი ტაძრების აშენებისას შესასვლელი კარის მხატვრულ გაფორმებას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. საინტერესოდ და ახლებურად არის გაფორმებული ქ. თბილისში, მახათას მთაზე ივერიის

ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის შესასვლელი 5 კარი. ბარელიეფები და მხატვრულ-დეკორატიული გაფორმების ცალკეული დეტალები ჩამოსხმულია თითბრისაგან, მაგრამ განსაკუთრებით მიმზიდველია კარის სახელურები ღვთისმშობლის მლოცველი ხელის მტევნების სახით.

საკვანძო სიტყვები: ბარელიეფი; გაფორმება; დეტალი; თითბერი; კარი; სახელური; ტაძარი.

შესავალი

შესასვლელი კარი შენობის არქიტექტურული გადაწყვეტის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი დეტალი

ლია. მის მხატვრულ გაფორმებაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული, ადამიანისათვის შენობის შიგა სივრცეში მოხვედრამდე, სათანადო განწყობის შექმნა. ამ მხრივ განსაკუთრებით ფაქიზ და ყოველმხრივ გამოზომილ მიდგომას მოითხოვს ეკლესია-მონასტრებში შესასვლელი კარის გაფორმება. ისინი, როგორც წესი, ათეული საუკუნეები ემსახურება ხალხს და მრავალ საინტერესო ინფორმაციას შეიცავს. კარი კეთდებოდა და დღესაც კეთდება ქვისგან, რკინისგან, ბრინჯაოსა და სხვა მასალისგან, მაგრამ ყველაზე ხშირად გვხვდება მერქნის კარი, რაც მისი გამოყენების დიდ უპირატესობაზე მიუთითებს.

მსოფლიოში უძველესი მოქმედი შესასვლელი კარი დიდ ბრიტანეთში, ვესტმისტერის სააბატოში ანუ წმინდა პეტრეს ტაძარში 1050 წელს მუხისგან გაკეთდა, ხოლო მასზე არსებული ლითონის ჭედურობა ნაციონალური ხელოვნების შედეგად ითვლება. მსოფლიოში ყველაზე ცნობილია ფლორენციაში, იოანე ნათლისმცემლის სახელობის ბაპტიტერიის აღმოსავლეთის ბრინჯაოს კარი. მის შექმნას აღორძინების ხანის გამოჩენილმა იუველირმა და მოქანდაკემ ლორენცო გიბერტიმ 27 წელი მოანდომა. ამ ქმნილებას მიქელანჯელომ „სამოთხის კარი“ უწოდა. მხატვრული გაფორმებით გამორჩეული მრავალი ხისა და ლითონის კარი გვხვდება საქართველოს უძველეს ეკლესია-მონასტრებში, რაც ხეზე კვეთის და ლითონის დამუშავების დიდ ტრადიციებზე მიუთითებს. საინტერესოა, რომ ბუქარესტში „ყოველთა წმინდათა“ მონასტრის მუხის კარზე არსებული ქართული

ორნამენტები რუმინეთში მოღვაწე ქართველ წმინდანს, ანთიმოზ ივერიელს ეკუთვნის. აქედან გამომდინარე, ახალი ტაძრის მშენებლობისას ძალიან აქტუალური ხდება შესასვლელი კარის მოწყობისა და მხატვრულად გაფორმების საკითხი.

ძირითადი ნაწილი

თბილისში, მახათას მთაზე 2012–2019 წწ. მშენებარე ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის (არქიტექტორი ო. ნაფეტვარიძე) ხუთი შესასვლელი კარის მხატვრული გაფორმება განხორციელდა, საქართველოში ადრე გამოყენებულთან შედარებით, სრულიად განსხვავებული წესით. კერძოდ, ცნობილმა ქართველმა მოქანდაკემ გია ჯაფარიძემ შემოგვთავაზა თითოეულ ლითონის კარზე რელიგიურ თემებზე შესრულებული თითბრისგან ჩამოსხმული ბარელიეფების, ღვთისმშობლის ხელის ფორმის სახელოვნებისა და სხვა მხატვრულ-დეკორატიული ელემენტების დამონტაჟება. თითბრის სხმულების დამზადებამდე გია ჯაფარიძემ, თავის ქალიშვილთან, ასევე მოქანდაკე თინათინ ჯაფარიძესთან ერთად გამოძერწა ყველა ჩამოსასხმელი დეტალის ნატურალური მოდელი პლასტილინში (სურ.1). მოდელების სათანადო დამუშავებისა და სრულყოფის შემდეგ მათი ჩამოსხმის სამუშაოები შეასრულეს ოლეგ და პაატა გელაშვილებმა.

თითბრის სხმულების სიმძიმის გათვალისწინებით, ხუთივე კარის კარკასი და ჩარჩო დამზადდა ფოლადის მძლავრი მილკვადრატებისაგან (80X80X5 მმ და 90X90X5მმ), №18 შველერისა და 6–8 მმ სისქის ფოლადის ფურცლებისგან (სურ. 2).



სურ. 1. ჩამოსასხმელი დეტალების მოდელები პლასტილინში



სურ. 2. მთავარი შესასვლელი კარის ჩარჩო და კარკასი



სურ. 3. თითბრის ფურცლებისა და სხმულების დამონტაჟება



სურ. 4. თითბრისაგან ჩამოსხმული სახელურები



სურ. 5. დამუშავებული და გაპრიალებული სახელურები

თითბრის სხმულების დამონტაჟებამდე კარის კარკასი და ჩარჩო დაფარეს თითბრის 1მმ სისქის ფურცლებით, რომელთა სტანდარტული ზომაა 200X300 სმ. მათ გადასალუნად გამოიყენეს სპეციალური პრესი, ხოლო ჩასამაგრებლად – სპილენძის მოქლონები. სხმულები დაამაგრეს ჭანჭიკებითა და ქანჩებით (სურ. 3).

მთელი კომპოზიციის ერთგვაროვნების მისაღწევად კარის კარკასსა და ჩარჩოზე გადაკრული თითბრის დაჟანგვის პროცესი დააჩქარეს. განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს კარის სახელურები, რომლებიც ღვთისმშობლის ხელის მტევნების სახით თითბრისაგან ჩამოსხმა (სურ. 4). სათანადო დამუშავებისა და გაპრიალების შემდეგ მათ მიიღეს მე-5 სურ-ზე წარმოდგენილი სახე.

კარის, ფოლადის კარკასის რთული კონსტრუქციის გამო, სახელოების ვერტიკალურად დამაგრება ვერ მოხერხდა, როგორც ეს თავდაპირველად იყო გათვალისწინებული. ყველა შესაძლო განთავსების და ჩამაგრების მოსინჯვის შემდეგ, მათი საბოლოო დაფიქსირება მხოლოდ ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში გახდა შესაძლებელი. თითქოს საგანგებოდ, ტაძრის ხუთივე კარზე შიგნიდან და გარედან უფრო რეალურად გამოჩნდა ღვთისმშობლის მლოცველი ხელის მტევნები. განსაკუთრებით შთამბეჭდავია ეს სამხრეთისა და ჩრდილოეთის კარზე, სადაც ისინი არაჩვეულებრივად ლამაზ ორნამენტებს შორისაა განთავსებული, მითიური ფასკუნჯების ძველი ქართული გამოსახულების თავზე (სურ. 6).



სურ. 6. ტაძრის ჩრდილოეთისა და სამხრეთის კარის შემოსვა

სხმულების ჩამაგრების ადგილები ყველგან დაიფარა თითბრის ფურცლისგან დამზადებული ხუფებით. ისინი ლამაზი წერტილების სახით არის გა-

მოსახული თითოეულ კარზე და ზედმეტ ყურადღებას არ იქცევს. გარდა ამისა, მათი სრულყოფილი მხატვრული გაფორმებისათვის გამოიყენეს მრავალი მცირე ზომის თითბრისაგან ჩამოსხმული ორნამენტი და საინტერესო დეტალი. ერთ-ერთი ასეთია კარის შიგნიდან ჩასაკეტი მოწყობილობა, რომელიც შედგება ჩარჩოსა და ლომის თავის სხმულით დასრულებული ფოლადის ღეროსაგან (სურ. 7).



სურ. 7. კარის ჩასაკეტი მოწყობილობა

დასკვნა

თბილისში, მახათას მთაზე, ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის შესასვლელი 5 კარი მხატვრულად გაფორმდა სრულიად განსხვავებულად, საქართველოს ეკლესია-მონასტრების შესასვლელი კარის ტრადიციულ გაფორმებასთან შედარებით. იგი გამოიხატება ლითონის კარის თითბრის ფურცლებით, რელიგიურ თემებზე შესრულებული თითბრის სხმულებით და ამავე მასალისგან ჩამოსხმული ცალკეული დეტალებით შემოსვაში. ამასთან, განსაკუთრებით აღსანიშნავია კარის სახელოების მოწყობა ღვთისმშობლის მლოცველი ხელის მტევნების სახით, რომლებიც ასევე თითბრისაგანაა ჩამოსხმული და მაღალხარისხოვნად დამუშავებული.

ლიტერატურა

1. Kvaraia I. Planting of the temple's natural staircase. Technical University. Tbilisi. 2018. (in Georgian).
 2. Kvaraia I., Kutateladze K., Malania E. The monastery complex, built on Makhata mountain in Tbilisi as a tourist destination. III regional symposium "Cruise tourism world experience and its development perspectives in the Black Sea region". Collection of works. Tbilisi. 2016. (in Georgian).
 3. Kvaraia I. The role of building science in the development of religion. Third international conference "Science and religion". Collection of works. Tbilisi. 2014. (in Georgian).
 4. Sarishvili T. Wooden artistic processing. Tbilisi. 2015. (in Georgian).
 5. Inanishvili G. The origins of Georgian metallurgy. Tbilisi. 2013. (in Georgian).
 6. Shubitidze V. Saint Antimos of Iberia. The 100 greatest Georgians of all time. Tbilisi. 2011. (in Georgian).
 7. Yaylenko E.V. Italian renaissance. M.: OLMA-PRESS. 2005. (in Russian).
 8. Beridze V. Georgian church architecture of XVI-XVIII centuries. Tbilisi. 1994. (in Georgian).
 9. Sanikidze T. Notes on some issues of Georgian architecture history. Luminous. №11. 1973. (in Georgian).
 10. Vasari G. Biography of the most famous painters, sculptors and architects. Vol.2. M., 1963. (in Russian).
-

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

A New Decoration Solution for the Front Door of the Temple

- I. Kvaraia** Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: irakvara@yahoo.com
- L. Giorgobiani** Department of Fundamentals of Architecture, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: : lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

- T. Sanikidze**, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU
E-mail: t.sanikidze@gmail.com
- N. Mskhiladze**, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU
E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Abstract. One of the main details of the architectural solution of the building and the structure is the entrance door. It largely determines the attitude of people before entering the interior. Therefore, appropriate decoration is of particular importance and this is most important for the doors of temples and churches. There are a lot of such wonderful examples in the world and always when building new churches a lot of attention is paid to the decoration

of doors. It should be noted the interesting and innovative decorations of five doors of the temple named after the Iberian Icon of the Mother of God, which was recently built in Tbilisi on Makhata mountain. The bas-reliefs and individual details of the design are cast in brass, but the door handles in the form of the praying hands of the Mother of God are especially attractive.

Key words: Bas-relief; brass; decoration; detail; door; handle; temple.

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

Новое решение художественного оформления входной двери храма

- И.Б. Кварая** Департамент технологии гражданского и промышленного строительства, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: irakvara@yahoo.com
- Л.Н. Гиоргობიანი** Департамент архитектуры, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: : lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

Т. Саникидзе, профессор, доктор искусствоведческих наук факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

Н. Мсхиладзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Аннотация. Одной из основных деталей архитектурного решения зданий и сооружений является входная дверь. Она в большой степени определяет настрой людей перед входом во внутреннее помещение. Поэтому особое значение имеет их художественное оформление и это наиболее важно для дверей храмов и церквей. В мире очень много таких замечательных примеров и всегда при строительстве новых храмов большое внимание обращается на художественное оформление дверей. Интересно и по новому оформлены пять дверей храма имени Иверской иконы Божией Матери, построенного недавно в Тбилиси на горе Махата. Барельефы и отдельные детали оформления отлиты из латуни, но особенно привлекательны ручки дверей в виде молящих рук Божией матери.

Ключевые слова: барельеф; дверь; деталь; латунь; оформление; ручка; храм.

განხილვის თარიღი 04.04.2018

შემოსვლის თარიღი 08.04.2018

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2018

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

საქართველოში ჩამოსხმული ყველაზე დიდი საეკლესიო ზარი

- ი. ქვარაია** სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: irakvara@yahoo.com
- ლ. გიორგობიანი** არქიტექტურის საფუძვლების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. სანიკიძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი, ხელოვნებათმცოდნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

ნ. მსხვილაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

ანოტაცია. 2016 წელს, ქ. თბილისში, მახათას მთაზე მშენებარე ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრისათვის ქართველმა ოსტატებმა ჩამოასხეს საქართველოში აქამდე ჩამოსხმულ ზარებს შორის ყველაზე დიდი ზარი. მის ჩამოსასხმელად გამოიყენეს გასროლილი საარტილერიო ჭურვების მასრების გადადნობით მიღებული თითბერი. ზარის წონაა 3000კგ, სიმაღლე – 1,8 მ, დიამეტრი – 1,5 მ. ამავე მასალისაგან ჩამოასხეს ამ ტაძრისთვის საჭირო კიდევ ოთხი ზარი, რომელთა წონა, შესაბამისად, 1600, 800, 400 და 200 კგ-ია. ყველა მათგანი გამოირჩევა კარგი, სუფთა ჟღერადობით. მათი ტო-

ნალობა შეამოწმა საეკლესიო მუსიკის ცნობილმა კომპოზიტორმა ნოდარ მამისაშვილმა და მისი რეკომენდაციითვე მოხდა ზარების განთავსება სამრეკლოში.

საკვანძო სიტყვები: განთავსება; ზარი; თითბერი; ჟღერადობა; სამრეკლო; ტაძარი.

შესავალი

ზარი, როგორც ლითონის ღრუ ხელსაწყო, შიგნით შეკიდული ენით, უხსოვარი დროიდან გამოიყენებოდა ხმოვანი სიგნალის გასავრცელებლად.

მისი ისტორია 4000-ზე მეტ წელს ითვლის. ყველაზე ადრეული ნიმუშები, პატარა ზარების სახით, ნაპოვნია ჩინეთში. საქართველოში აღმოჩენილი ზანზალაკები ძვ.წ. VII საუკუნით თარიღდება. ქრისტიანულ ეკლესიებში ზარების ჩამოსხმა IV საუკუნეში დაიწყო და ისტორიულად პირველი ზარის დამზადებას იტალიის პროვინცია კამპანელას ქალაქ ნოლას ეპისკოპოს პავლინს მიაწერენ. ამის შემდეგ ისინი საკმაოდ ნელა ვრცელდებოდა და მთელ ქრისტიანულ სამყაროში, მათ შორის საქართველოში, მხოლოდ XII საუკუნეში დასრულდა. ზარების დამკვიდრებას მოჰყვა მათი დამონტაჟებისა და დაცვისათვის სათანადო შენობის აგების საჭიროება. პირველი სამრეკლო VIII საუკუნეში რომში აიგო, ხოლო საქართველოში – XIII საუკუნეში. ოფიციალური წყაროებით, საქართველოში უძველესად გუდარების სამრეკლო ითვლება, რადგანაც ის ზუსტადაა დათარიღებული (1278 წ.), მაგრამ ხელოვნების ისტორიკოსები მასზე უფრო ადრინდელად, არქიტექტურული ანალიზის საფუძველზე, მაინც იჯარეთის სამრეკლოს მიიჩნევენ (XIII საუკუნის შუა წლები).

სამრეკლოების, როგორც ცალკე მდგომი ნაგებობების, ფუნქციური დანიშნულების ზრდასთან ერთად თანდათან იმატა ზარების რაოდენობამაც. მიუხედავად ამისა, მთავარი მაინც ყველაზე დიდი ანუ დედოზარია. რაც უფრო დიდია ზარი, მით უფრო დაბალი ტონალობა აქვს. მის როლს კარგად განსაზღვრავს ერთი ხატოვანი გამონათქვამი - დიდი ზარი მიცურავს არემარეში, თითქოს ავსებს ჰაერს, ხოლო ამ ფონზე რეკავენ და ეხმიანებიან სხვა ზარები. აქედან გამომდინარე, ტაძრების მშენებლო-

ბის დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მთავარი ანუ ყველაზე დიდი ზარის ჩამოსხმას.

ძირითადი ნაწილი

ზარის უმნიშვნელოვანესი ფუნქციაა კეთილხმოვანება. მისი ჟღერადობის სიმძლავრე, სიხშირე და ტონალობა დიდადაა დამოკიდებული ზარის ფორმაზე, ზომასა და მასალის ერთგვაროვნებაზე. აღნიშნულის მიხედვით, შუა საუკუნეებში ჩამოყალიბდა ბრინჯაოსაგან მათი ჩამოსხმის ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც თითქმის უცვლელად გადაეცემა თაობიდან თაობას. დროთა განმავლობაში ზარები, გამორჩეულ ხმოვანებასთან ერთად, ხელოვნების ნამდვილ ნიმუშებად იქცა. ორნამენტების გარდა, მათ ხშირად ამკობდნენ ძვირფასი ქვებით, წარწერებით, გამოსახავდნენ ღირსშესანიშნავ მოვლენებს, ქვეყნის მმართველებს და სხვა. ისინი სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა ფორმისა და ხმოვანებისაა. ბიზანტიური ზარი მუზარადის ფორმის იყო და უცნაურ ჟღერადობასთან ერთად ეკლესიის ძლიერებას გამოხატავდა; რუსული მომრგვალებულია და ბოლო ფარფლიანი ქუდივით აქვს გაშლილი, მისი ხმა დიდ მანძილზე ისმის; ქართული ზარი გუმბათისებრი ფორმისაა, რაც გასაოცარ მიგნებად ითვლება სამი თვალსაზრისით: ზარის გუმბათი ტაძრის გუმბათს უხდება; გუმბათში ხმა კარგად ისმის, იგი ღრმაა, რბილ და წკრიალა ხმას გამოსცემს. ზარი მლოცველებში დადებით ემოციას იწვევს და სიკეთის განცდას ბადებს. მიუხედავად ამისა, საქართველოში დღესაც გარკვეული უპირატესობით სარგებლობს რუსული ფორმის ზარი, რაც ორასწლოვანი რუსული გავლენით შეიძლება აიხსნას.

ქრისტიანულ სამყაროში ყველაზე დიდი საეკლესიო ზარი მოსკოვშია, ეს არის ბრინჯაოსაგან ჩამოსხმული 202-ტონიანი „მეფე ზარი“. მას არასოდეს დაურეკავს, რადგან ჩამოკიდებამდე, 1737 წლის ხანძრისას დაზიანდა. კაცობრიობის ისტორიაში ყველაზე დიდად მიჩნეულია დრამაზედის 297-ტონიანი ზარი, რომელიც მიანმარის (ბირმა) ქალაქ იანგონეში შვედაგონის პაგოდას ემსახურებოდა 1487–1608 წლებში. იგი ჩამოსხმული იყო ბრინჯაოსაგან, ოქროსა და ვერცხლის დამატებით. გარედან მოვარაყებული იყო უძვირფასესი ქვებით. ზარი პორტუგალიელმა დამპყრობლებმა ჩაიგდეს ხელში და წაიღეს, მაგრამ გზაში გემის ჩადირვის შედეგად ზღვის ფსკერზე აღმოჩნდა. თანამედროვე ზარების ჩამოსხმა მათი შემსწავლელი მეცნიერების, „კამპანოლოგიის“ თითქმის სამსაუკუნოვანი კვლევებისა და ექსპერიმენტების შედეგებზე დაყრდნობით ხორციელდება. შესაბამისი გათვლების საფუძველზე, წმინდა სამების საკათედრო ტაძ-

რისათვის კომპოზიტორმა ნოდარ მამისაშვილმა 9 ზარი შეარჩია. ისინი გერმანიაში ბრინჯაოსაგან ჩამოიხსა. დედოფარის წონა ნ. მამისაშვილის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გამოგონების, „ოქროს წონის“ იდეის შესაბამისად განისაზღვრა და 8200 კგ შეადგენს. დანარჩენი ზარების წონა განაწილებულია 1500-დან 35 კგ ინტერვალში.

ქ. თბილისში, მახათას მთაზე ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის მშენებლობისას ერთ-ერთი მთავარი პირობა იყო, რომ ტაძრისთვის განკუთვნილი 5 ზარი აუცილებლად საქართველოში, ქართველ ოსტატებს ჩამოესხათ. საქართველოში მანამდე ჩამოსხმული ყველაზე დიდი ზარი 600 კგ იწონიდა, რომელიც მამა-შვილმა ოლეგ და პაატა გელაშვილებმა ჩამოასხეს. მათვე ითავეს ხუთივე ზარის ჩამოსხმა. ყველაზე დიდი ზარის წონაა 3 ტ, ენა – 120 კგ, სიმაღლე – 1,8 მ, დიამეტრი 1,5 მ (სურ. 1).



სურ.1. ყველაზე დიდი ზარის განყალიბება და გაწმენდა

დანარჩენების წონებია: 1600, 800, 400 და 200 კგ. მასალად გამოყენებულია თითბერი, რომელიც ზარ-ბაზნების გასროლილი ჭურვების მასრების გადად-ნობითაა მიღებული. იგი მაღალი სიწმინდით, დი-დი სიმტკიცით და ბრინჯაოსთან შედარებით მეტი დრეკადობით გამოირჩევა. ამასთან, უფრო სუფთა და ძლიერია მისი ხმის ჟღერადობაც.

ზარების ხმოვანება დამონტაჟებამდე, სამშენებ-ლო მოედანზე საჭირო სიმაღლეზე აწევით, სათითა-ოდ შეამოწმა და მოიწონა კომპოზიტორმა ნოდარ მამისაშვილმა სპეციალური ხელსაწყოების გამოყე-ნებით (სურ. 2). ყველა ზარის ხმის ტონალობის და-დგენის შემდეგ განისაზღვრა სამრეკლოზე მათი განთავსების თანამიმდევრობა ისე, რომ არ მომხდა-რიყო ზარების მიერ გამოცემული ბგერების ურთი-ერთგადაფარვა და ხმა დაუბრკოლებლად გავრცე-ლებულიყო.

შედეგად, ზარების რეკვის ხმა კარგად ისმის სამრეკლოს გარშემო დიდ მანძილზე და გარკვევით აღიქვამს ქვემოთ, ტაძართან მდგომი მრევლი. ეს საეკლესიო ზარების გამოყენების ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა და კარგად არის დაცული. ზარებისათვის კომპოზიტორმა ნ. მამისაშვილმა დაწერა მუსიკაც, რომელიც მხოლოდ ამ კონკ-რეტული ტაძრისთვის არის გათვალისწინებული.

2016 წლის 24 მაისს ზარები აკურთხა სრულიად საქართველოს კათოლიკოს-პატრიარქმა, უწმინდესმა და უნეტარესმა ილია II (სურ.3). ამის შემდეგ ზა-რების აწევა და დამონტაჟება სამრეკლოში მოხდა, სპეციალურად ამისთვის გამზადებულ, მუხის ხის მერქნით შეფუთულ ფოლადის ძელზე, სადაც დამაგრდა ფოლადის ღეროებით (სურ.4). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზარების კურთხევის ტრადიცია VI საუკუნიდან იღებს სათავეს და რომის პაპის – გრიგოლი დიდის სახელთან არის დაკავშირებული.



სურ. 2. ზარების ჟღერადობას ამოწმებს კომპოზიტორი ნ. მამისაშვილი



სურ. 3. ტაძრის ზარების კურთხევა



სურ. 4. ზარების განთავსება სამრეკლოში

დასკვნა

საქართველოში ყველაზე დიდი ზარი ჩამოიხა 2016 წელს ქ. თბილისში, მახათას მთაზე ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის სამრეკლოსათვის. მისი წონა 3000 კგ შეადგენს და ხუთჯერ აღემატება მანამდე საქართველოში ჩამოსხმულ ყველაზე დიდი ზარის წონას.

საქართველოში ყველაზე დიდი ზარის ჩამოსახსმელად გამოყენებულია თითბერი, რომელიც მიღებულია გასროლილი საარტილერიო ჭურვების მასრების გადადნობით. აღნიშნული მასალა უფრო ერთგვაროვანი, მტკიცე და დრეკადია, ვიდრე ბრინჯაო და ზარებს უკეთეს ჟღერადობას ანიჭებს.

ლიტერატურა

1. Kvaraia I., Kutateladze K., Malania E. The monastery complex, built on Makhata mountain in Tbilisi as a tourist destination. III regional symposium "Cruise tourism world experience and its development perspectives in the Black Sea region". Collection of works. Tbilisi. 2016. (in Georgian).
 2. Kvaraia I., Khanashvili Sh. A practical example of arranging arched roofing. Scientific-technical journal "Construction". # 1 (40). Tbilisi. 2016. (in Georgian).
 3. Kvaraia I. The role of building science in the development of religion. Third international conference "Science and religion". Collection of works. Tbilisi. 2014. (in Georgian).
 4. Inanishvili G. The origins of Georgian metallurgy. Tbilisi. 2013. (in Georgian).
 5. Toradze V., Toradze N. The history of the Georgian Orthodox Church. Tbilisi. 2006. (in Georgian).
 6. Asatiani T. Holy Trinity Cathedral. Journal of the Patriarchate of Georgia. №43 (301). 2004. (in Georgian).
 7. Saganelidze T. Millennium construction. Journal of the Patriarchate of Georgia. №5 (212). 2003. (in Georgian).
 8. Olovyanishnikov N.I. History of bells and bell foundry art. M.: Russian panorama. 2003. (in Russian).
 9. Pryanishnikov N.E. Eminent metal. 1997. (in Russian).
 10. Sanikidze T. Historical monuments and modern urban construction. Journal "Friends of the monument" №29. 1972. (in Georgian).
-

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

The Biggest Church Bell Cast in Georgia

- I. Kvaraia** Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: irakvara@yahoo.com
- L. Giorgobiani** Department of Fundamentals of Architecture, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: : lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

T. Sanikidze, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

N. Mskhiladze, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Abstract. In 2016 Georgian masters cast the largest bell in Georgia for the under-construction temple named after the Iberian Icon of the Mother of God, in Tbilisi, on Makhata mountain. The brass was used in the form of melted shells of artillery shells for its casting. Its weight is 3000 kg, height - 1.8 m, diameter - 1.5 m. Four more bells were cast from this material for this temple, weighing 1600, 800, 400 and 200 kg respectively. They all stand

out for good, clean sound. The tonality of the bells was verified by the famous composer of church music, Nodar Mamisashvili, and according to his recommendation, they were placed in the bell tower.

Key words: Bell; bell tower; brass; placement; sound; temple.

UDC 2(02)

SCOPUS CODE 2216

Самый большой церковный колокол отлитый в Грузии

И.Б. Кварая Департамент технологии гражданского и промышленного строительства, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: irakvara@yahoo.com

Л.Н. Гиоргобiani Департамент архитектуры, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: : lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

Т. Саникидзе, профессор, доктор искусствоведческих наук факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

Н. Мсхиладзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Аннотация. В 2016 году для строящегося храма имени Иверской иконы Божией Матери в Тбилиси на горе Махата грузинскими мастерами был отлит самый большой колокол из когда либо отлитых в Грузии колоколов. Для его литья использовалась латунь в виде переплавленных гильз артиллерийских снарядов. Его вес составляет 3000 кг, высота 1,8м, диаметр 1,5м. Из этого материала были отлиты еще четыре колокола для данного храма, весом соответственно 1600, 800, 400 и 200кг. Все они выделяются хорошим, чистым звучанием. Тональность колоколов была проверена известным композитором церковной музыки Нодаром Мамисашвили и по его рекомендации произведено их размещение на колокольне.

Ключевые слова: звучание; колокол; колокольня; латунь; размещение; храм.

განხილვის თარიღი 04.04.2019

შემოსვლის თარიღი 08.04.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

UDC 51

SCOPUS CODE 2607

ბიდიოფანტური ბრტყელი გეომეტრიული ფიგურები

ზ. 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. მთელირიცხვა ბრტყელ გეომეტრიულ ფიგურებს დიოფანტურს ვუწოდებთ იმ მოტივით, რომ თითოეული მათგანის თვისებების დასადგენად საჭიროა გარკვეული დიოფანტური განტოლების (განტოლებათა სისტემის) ამოხსნა.

ზოგიერთი კომბინატორული თვისების შესასწავლად შემოაქვს ტერმინები: ბიდიოფანტური (ისეთი დიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყოველი ორი წვეროს კოორდინატი დეკარტის რომელიმე მართკუთხა კოორდინატა სისტემაში შეიძლება წარმოადგენდეს მთელიკოორდინატებიან წერტილებს), ფსევდოდიოფანტური (ისეთი მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყველა გვერდი გამოისახება ნატურალური რიცხვით, მაგრამ თუნდაც ერთ-ერთი დიაგონალი არ არის გა-

მოსახული რაციონალური რიცხვით), ფსევდობიდიოფანტური (ისეთი ფსევდოდიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყოველი წვერო შეგვიძლია წარმოვადგინოთ მთელიკოორდინატებიან წერტილებად დეკარტის მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში); ასევე შემოგვაქვს სხვაგვარი ბრტყელი გეომეტრიული ფიგურებისათვის დიოფანტურობის, ბიდიოფანტურობის, ფსევდოდიოფანტურობისა და ფსევდობიდიოფანტურობის ცნებები და გამოკვლეული მათი კომბინატორული თვისებები. ნაპოვნია ფსევდობიდიოფანტური ფიგურების წესიერი n -კუთხედის ყველა მნიშვნელობა.

საკვანძო სიტყვები: ბიოდიოფანტური; დიოფანტური; ფსევდოდიოფანტური; ფსევდობიდიოფანტური.

შესავალი

უხსოვარი დროიდან მათემატიკოსები დაინტერესებულნი იყვნენ მთელრიცხვა გეომეტრიული ფიგურების თვისებების კვლევით. ამის მაგალითია „პითაგორას სამკუთხედი“.

ურიგო არ იქნებოდა შეგვენიშნა, რომ ასეთი ფიგურების თვისებების კვლევით დაინტერესებულნი იყვნენ დიდი მათემატიკოსებიც: პ.ფერმა, კ.ფ. გაუსი, ლ. ეილერი, ვ. სერპინსკი, ჰ. შტეინჰაუზი და სხვა. თამამად შეიძლება ითქვას, რომ ამ საკითხთან დაკავშირებული მათ მიერ გადაჭრილ ამოცანათა სპექტრი ცალკეული ამოცანებით შემოიფარგლა.

დღეს, როცა ასე შორს გაიდგა მათემატიკამ ფესვები და სერიოზული ნახტომი გააკეთა ისეთმა მათემატიკურმა განხრამ, როგორცაა დიოფანტური გეომეტრია (ეს არის მათემატიკის ის სფერო, რომელიც შეისწავლის მთელ და რაციონალურ ამოხსნებს ალგებრულ განტოლებათა სისტემებში. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, შეისწავლის დიოფანტურ განტოლებებს ალგებრული გეომეტრიის მეთოდებით), ვფიქრობთ შორს არ არის ის დრო, როცა აქტუალური გახდება მთელრიცხვა გეომეტრიული ფიგურების ამოცანების კომბინატორული თვისებების შესწავლის აუცილებლობა.

ყოველივე აქედან გამომდინარე, ჩვენს წინაშე დავსვით ამოცანა მთელრიცხვა გეომეტრიული ფიგურების კომბინატორული თვისებების შესწავლისათვის შეგვექმნა ისეთი ძირითადი, ფუნდამენტური ამოცანათა სპექტრი, რომელიც მომავალში საფუძვლად დაედებოდა ამ კუთხით განშტოებული სფეროს ჩამოყალიბებას.

მოცემული შრომა ამ თემის ნაწილია. შემთხვევით არ ვუწოდებთ მთელრიცხვა გეომეტრიულ ფი-

გურებს დიოფანტური. ეს გავაკეთეთ იმ მოტივით, რომ თითოეული მათგანის თვისებების დასადგენად საჭიროა გარკვეულ დიოფანტური განტოლების (განტოლებათა სისტემის) ამოხსნა.

ნაშრომში მოცემულია დიოფანტური, ბიდიოფანტური, ფსევდოდიოფანტური, ფსევდობიდიოფანტური, კვაზიდიოფანტური და კვაზიბიდიოფანტური გეომეტრიული ფიგურების შესავალი ნაწილი.

ძირითადი ნაწილი

განსაზღვრება 1. წერტილს ვუწოდოთ დიოფანტური, თუ მისი თითოეული კოორდინატი დეკარტის მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში მთელი რიცხვით არის გამოსახული.

განსაზღვრება 2. მონაკვეთს ვუწოდოთ დიოფანტური, თუ მისი სიგრძე გამოისახება ნატურალური რიცხვით (ე.ი. არ არის აუცილებელი მისი ბოლოები იყოს დიოფანტური წერტილები).

განსაზღვრება 3. ბიდიოფანტური ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ მონაკვეთს, რომლის ორივე ბოლო დიოფანტური წერტილებია.

განსაზღვრება 4. დიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა) ვუწოდოთ ისეთ მრავალკუთხედს (მრავალწახნაგა), რომლის ნებისმიერ ორ წვეროს შორის მანძილი გამოისახება ნატურალური რიცხვით.

განსაზღვრება 5. ბიდიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა) ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ მრავალკუთხედს (მრავალწახნაგა), რომლის ყოველი წვერო დიოფანტური წერტილია.

განსაზღვრება 6. ფსევდოდიოფანტური მრავალკუთხედები (მრავალწახნაგები) ვუწოდოთ ისეთ მრავალკუთხედებს (მრავალწახნაგები), რომლის ყოველი გვერდი (წიბო) გამოისახება ნატურალური

რიცხვით, მაგრამ რომელიმე დიაგონალის სიგრძე (რომელიმე არამეზობელი ორი წვეროს შემაერთებული მონაკვეთის სიგრძე), არ გამოისახება რაციონალური რიცხვით.

განსაზღვრება 7. ფსევდობიდიოფანტური მრავალკუთხედები (მრავალწახნაგები) ვუწოდეთ ისეთ ფსევდობიდიოფანტურ მრავალკუთხედებს (მრავალწახნაგები), რომლის ყოველი წვერო შეგვიძლია წარმოვადგინოთ დიოფანტური წერტილის სახით.

განსაზღვრება 8. დიოფანტური ვუწოდოთ წრეწირს, რომლის რადიუსი გამოისახება ნატურალური რიცხვით.

განსაზღვრება 9. ბიდიოფანტური წრეწირი ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ წრეწირს, რომლის ცენტრი დიოფანტური წერტილია.

განსაზღვრება 10. დიოფანტური ვუწოდოთ პარაბოლას, რომელიც გამოისახება $y = ax^2 + bx + c$ განტოლებით, სადაც $a, b, c \in Z$ და $a \neq 0$.

განსაზღვრება 11. ბიდიოფანტური ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ პარაბოლას, რომლის წვერო დიოფანტური წერტილია.

განსაზღვრება 12. ელიფსს ვუწოდოთ დიოფანტური, თუ ის მოიცემა $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ფორმულით, სადაც $a, b \in N, c \in N$.

განსაზღვრება 13. ბიდიოფანტური ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ ელიფსს, რომლის ფოკუსები დიოფანტური წერტილებია.

განსაზღვრება 14. ჰიპერბოლას ვუწოდოთ დიოფანტური, თუ ის მოიცემა $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ ფორმულით, სადაც $a, b \in N, c \in N$.

განსაზღვრება 15. ბიდიოფანტური ვუწოდოთ ისეთ დიოფანტურ ჰიპერბოლას, რომლის ფოკუსები დიოფანტური წერტილებია.

განსაზღვრება 16. წრფეს ვუწოდოთ დიოფანტური, თუ მისი წარმოდგენა შესაძლებელია შემდეგი სახით:

$$Ax + By + C = 0, \text{ სადაც } A, B \in Z_0; C \in Z. \quad (1)$$

ცხადია, რომ ნებისმიერი მთელკოეფიციენტებიანი განტოლება $A_1x + B_1y + C_1 = 0$ შეგვიძლია მივიყვანოთ მოცემულ სახეზე (1). (მაგ., $-2x + 3y - 7 = 0 \Leftrightarrow 2x + 3(-y) + 7 = 0$), ამასთან (1)-ის ორივე მხარის ერთწევრების $d = (A; B; C)$ -ზე გაყოფით მივიღებთ განტოლებას:

$$A_2x + B_2y + C_2 = 0,$$

სადაც $A_2, B_2 \in Z_0; C_2 \in Z$

$$\text{და } (A_2; B_2; C_2) = 1. \quad (2)$$

შემდგომში ყოველთვის განვიხილავთ (2) სახის დიოფანტურ წრფეს.

ჩვენი მიზანია დავადგინოთ: I. დიოფანტური წერტილების რაოდენობა ზემოაღნიშნულ ფიგურებზე; II. ბიდიოფანტური მონაკვეთების რაოდენობა, რომლის ბოლოები მდებარეობს ამ ფიგურებზე. ამისათვის განვიხილოთ რამდენიმე ამოცანა.

ამოცანა 1. ვიპოვოთ დიოფანტური წრფის ყველა დიოფანტური წერტილი.

1. $A = B = C = 0$. ამ შემთხვევაში (1)-ს აკმაყოფილებს სიბრტყის ყველა დიოფანტური წერტილი.

$$2. \begin{cases} A = B = 0; \\ C \in Z \setminus \{0\}. \end{cases} \text{ ამ შემთხვევაში (1)-ის დამაკმაყოფილებელი წერტილი არ არსებობს.}$$

2. $\begin{cases} A = C = 0; \\ B \in N. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში (1)-ს აკმაყოფი-

ლებს $(x_0; 0)$, სადაც $x_0 \in Z$ კოორდინატების მქონე ყველა დიოფანტური წერტილია.

2.3. $\begin{cases} A \in N; \\ B = C = 0. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში (1)-ს აკმაყოფი-

ლებს $(0; y_0)$, სადაც $y_0 \in Z$ კოორდინატების მქონე ყველა დიოფანტური წერტილია.

3.1. $\begin{cases} A = 0; B \in N; \\ C \in Z \setminus \{0\}. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში $By + C =$

$= 0 \Leftrightarrow y = -\frac{C}{B}$. იმისათვის, რომ y იყოს მთელი, საჭიროა მოიძებნოს $k \in Z \setminus \{0\}$, რომლისთვისაც $C = k \cdot B$. მაგრამ, ვინაიდან $(C; B) = 1$, ამიტომ $B = 1$. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში დიოფანტური წერტილები არსებობს მხოლოდ მაშინ, როცა $B = 1$. ამიტომ, ამ შემთხვევაში დიოფანტურ წრფეზე მდებარეობს წერტილები კოორდინატებით $(x_0; -C)$, სადაც $x_0 \in Z$. ცხადია, მასზე მდებარეობს უამრავი ბიდიოფანტური მონაკვეთი.

3.2. $\begin{cases} A \in N; B = 0; \\ C \in Z \setminus \{0\}. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში გვაქვს:

$Ax + C = 0 \Leftrightarrow x = -\frac{C}{A}$. აქ, როგორც 3.1-ში, იმისათვის, რომ (1)-ზე მდებარეობდეს დიოფანტური წერტილები, აუცილებელია A იყოს 1-ის ტოლი. მაშასადამე, (1)-ზე დიოფანტური წერტილები მდებარეობს მხოლოდ მაშინ, როცა $A = 1$ და ამ შემთხვევაში ამ წრფის დიოფანტური წერტილების კოორდინატებია $(-C; y_0)$, სადაც $y_0 \in Z$. აქაც, ანალოგიურად 3.1-ისა, მასზე მდებარეობს უამრავი ბიდიოფანტური მონაკვეთი.

3.3. $\begin{cases} A, B \in N; \\ C = 0. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში გვაქვს: $y = -\frac{A}{B}x$.

(1)-ზე მდებარეობს დიოფანტური წერტილები კოორდინატებით $(Bk; -Ak)$, სადაც $\begin{cases} A, B \in N; \\ k \in Z. \end{cases}$

4. $\begin{cases} A, B \in N; \\ C \in Z \setminus \{0\}. \end{cases}$ ამ შემთხვევაში (1)-ის ყველა მთელი ამონახსნი მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases} x_t = (-C)A^{\varphi(B)^{t-1}} + Bt; \\ y_t = (-C)\frac{1-A^{\varphi(B)^t}}{B} - At, t \in Z. \end{cases} \quad (3)$$

ამ წრფეზე მდებარე ყველა დიოფანტური წერტილის კოორდინატები მოიცემა (3) ფორმულით.

ახლა დავადგინოთ რა პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს (1)-ზე მდებარე წერტილების კოორდინატები, რომ მასზე მდებარეობდეს ბიდიოფანტური მონაკვეთები (ბიდიოფანტური ქორდები).

ცხადია, რომ იმ ბიდიოფანტური მონაკვეთების კოორდინატები, რომლებიც არაპარალელურია კოორდინატთა ღერძების, მოიცემა ფორმულებით: $((m^2 - n^2)k; 2mnk)$ ან $(2mnk; (m^2 - n^2)k)$, სადაც $m, n \in N$ და $m \neq n, k \in Z \setminus \{0\}$.

ვინაიდან $A, B \in N$ და $(A, B) = 1$, ამიტომ $\exists m, n \in N, m > n$ და $(m; n) = 1$, რომელთათვისაც

$$\begin{cases} A = m^2 - n^2; \\ B = 2mn. \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} A = 2mn; \\ B = m^2 - n^2. \end{cases}$$

მაშასადამე იმისათვის, რომ (1)-ზე მოიძებნოს ბიდიოფანტური მონაკვეთი, აუცილებელია ჰქონდეს შემდეგი სახე:

$$(m^2 - n^2)x + 2mny + (m^2 - n^2)q = 0$$

$$\text{ან } 2mnx + (m^2 - n^2)y + 2mnq = 0,$$

$$\text{სადაც } m, n \in N, m > n, (m; n) = 1, q \in Z.$$

ასეთ და დიოფანტური წერტილის შემცველ კოორდინატა ღერძების პარალელურ წრფეებს ვუწოდოთ **ბიდიოფანტური წრფეები**.

ახლა განვსაზღვროთ ბიდიოფანტური წრეწირის ბიდიოფანტური მონაკვეთების რაოდენობა.

ამოცანა 2. ვიპოვოთ ყველა ისეთი ბიდიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის ყოველი გვერდი კოორდინატა ღერძების არაპარალელურია.

დავუშვათ, რომ

$\triangle ACB$ ($\widehat{ACB} = 90^\circ$, $A(x'_1; y'_1)$, $B(x'_2; y'_2)$, $C(x'_3; y'_3)$) არის ისეთი ბიდიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის თითოეული გვერდი არ არის პარალელური კოორდინატა ღერძების. C წერტილში კოორდინატა სათავის პარალელური გადატანით მივიღებთ ახალ კოორდინატა სისტემას, რომლის მიმართაც წერტილები მიიღებს ახალ კოორდინატებს: $A(x_1; y_1)$, $B(x_2; y_2)$ და $C(0;0)$.

$\widehat{ACB} = 90^\circ$, აქედან გამომდინარე:

$$\begin{cases} (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = |AB|^2; & x_1, x_2, y_1, y_2 \in Z; \\ x_1^2 + y_1^2 = |AC|^2; \\ x_2^2 + y_2^2 = |BC|^2; \\ |AC|^2 + |BC|^2 = |AB|^2, & |AC|, |BC|, |AB| \in N. \end{cases} \quad (4)$$

$$(4)\text{-დან მივიღებთ } \frac{|x_1|}{|y_1|} = \frac{|y_2|}{|x_2|}. \quad (5)$$

(4)-დან გამომდინარე უნდა მოიძებნოს

$$\begin{cases} p, q, m, n, k \in N; \\ m > n, p > q. \end{cases}, (\blacklozenge) \text{ რომელთათვისაც:}$$

$$\begin{cases} |x_1| = (m^2 - n^2)k; \\ |y_1| = 2mnk; \\ |x_2| = (p^2 - q^2)l; \\ |y_2| = 2pql. \end{cases} \quad \text{სხ} \quad \begin{cases} |x_1| = (m^2 - n^2)k; \\ |y_1| = 2mnk; \\ |x_2| = 2pql; \\ |y_2| = (p^2 - q^2)l. \end{cases}$$

$$\text{სხ} \quad \begin{cases} |x_1| = 2mnk; \\ |y_1| = (m^2 - n^2)k; \\ |x_2| = (p^2 - q^2)l; \\ |y_2| = 2pql. \end{cases} \quad \text{სხ} \quad \begin{cases} |x_1| = 2mnk; \\ |y_1| = (m^2 - n^2)k; \\ |x_2| = 2pql; \\ |y_2| = (p^2 - q^2)l. \end{cases} \quad (6)$$

(5) და (6)-დან გვაქვს:

$$\begin{cases} \frac{m^2 - n^2}{2mn} = \frac{p^2 - q^2}{2pq}; \\ \frac{m^2 - n^2}{2mn} = \frac{2pq}{p^2 - q^2}. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{m}{n} - \frac{1}{m} = \frac{p}{q} - \frac{1}{p}; \\ \left(\frac{m}{n} - \frac{1}{m} \right) \cdot \left(\frac{p}{q} - \frac{1}{p} \right) = 4. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{m}{n} - \frac{p}{q} \right) \cdot \left(\frac{mp}{nq} + 1 \right) = 0; \\ \left(\frac{m}{n} - \frac{p}{q} + 1 \right) \cdot \left(\frac{m}{n} - \frac{p}{q} - 1 \right) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{m}{n} = \frac{p}{q}; \\ \frac{m}{n} = \frac{p+q}{p-q}. \end{cases} \quad (7)$$

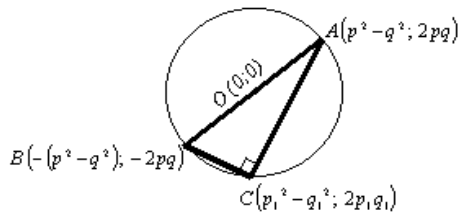
თუ გავითვალისწინებთ, რომ $(m;n) = (p;q) = 1$ და $pq \equiv 0 \pmod{2}$, მაშინ (7)-დან მივიღებთ:

$$\begin{cases} m = p; \\ n = q. \end{cases} \quad \text{სხ} \quad \begin{cases} m = p + q; \\ n = p - q. \end{cases} \quad (8)$$

მაშასადამე

$$\begin{cases} m^2 + n^2 = p^2 + q^2; \\ m^2 - n^2 = p^2 - q^2; \\ 2mn = 2pq. \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{სხ} \quad \begin{cases} m^2 - n^2 = 4pq; \\ 2mn = 2(p^2 - q^2); \\ m^2 + n^2 = 2(p^2 + q^2). \end{cases} \quad (10)$$



სურ. 1

განვიხილოთ ბიდიოფანტური წრეწირი $x^2 + y^2 = R^2$ და დავუშვათ, რომ მასზე განლაგებული ყველა დიოფანტური $M(x_0; y_0)$ წერტილისათვის $(x_0; R) = (y_0; R) = 1$.

მაშინ, ცხადია, რომ ასეთი წერტილების კოორდინატებია:

$$\begin{cases} x_0 = \pm(p^2 - q^2); \\ y_0 = \pm 2pq. \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} x_0 = \pm 2pq; \\ y_0 = \pm(p^2 - q^2). \end{cases}$$

სადაც $p, q \in N$, $(p; q) = 1$, $p^2 - q^2 \not\equiv 0 \pmod{2}$, $pq \equiv 0 \pmod{2}$. დავუშვათ, რომ R -ის წარმოდგენა ორი კვადრატის ჯამის სახით შესაძლებელია, ე.ი. $\exists p, q, p_1, q_1 \in N$, $(p; q) = (p_1; q_1) = 1$, რომელთათვისაც:

$$\begin{aligned} p^2 - q^2 &\not\equiv 0 \pmod{2}, & pq &\equiv 0 \pmod{2}, \\ p_1^2 - q_1^2 &\not\equiv 0 \pmod{2}, & p_1q_1 &\equiv 0 \pmod{2}, \\ p^2 - q^2 &\neq p_1^2 - q_1^2, \\ pq &\neq p_1q_1, & p^2 + q^2 &= p_1^2 + q_1^2. \end{aligned} \quad (13)$$

(13)-ის ყველა ამონახსნი მიიღება (14) განტოლებათა სისტემით [4]:

$$\begin{cases} p = \frac{1}{2}(ms + nr); & q = \frac{1}{2}(ns - mr); \\ p_1 = \frac{1}{2}(ns + mr); & q_1 = \frac{1}{2}(ms - nr), \end{cases} \quad (14)$$

სადაც $m, n, s, r \in N$, $(m; n) = 1$, $ms > nr$, $ns > mr$, ამასთან ერთად, r და s ან ორივე ლუწია, ან m, n, s, r - კენტი [4].

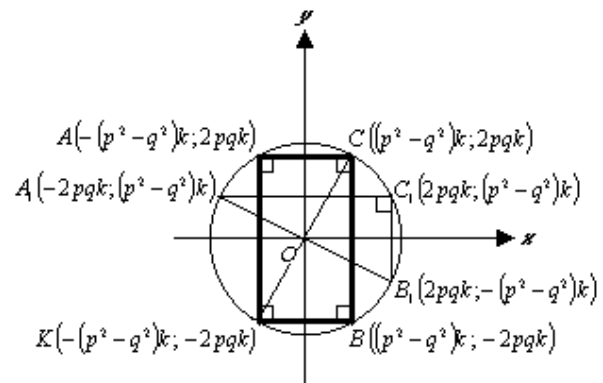
მაშასადამე

$$\begin{cases} (p^2 - q^2) - (p_1^2 - q_1^2) = \frac{1}{2}(m^2 - n^2)(s^2 - r^2); \\ 2pq - 2p_1q_1 = sr(m^2 - n^2). \end{cases} \quad (15)$$

ვინაიდან $(0.5(m^2 - n^2)(s^2 - r^2))^2 + (sr(m^2 - n^2))^2 = (0.5(m^2 - n^2)(s^2 + r^2))^2$, ამიტომ $[AC]$, სადაც $A(p^2 - q^2; 2pq)$ და $C(p_1^2 - q_1^2; 2p_1q_1)$, ბიდიოფანტური მონაკვეთია.

ანალოგიურად $[BC]$, სადაც $B(-(p^2 - q^2); -2pq)$ და $C(p_1^2 - q_1^2; 2p_1q_1)$, ბიდიოფანტური მონაკვეთია.

$$\begin{aligned} |BC| &= \sqrt{\left((p^2 - q^2) + (p_1^2 - q_1^2)\right)^2 + (2pq + 2p_1q_1)^2} = \\ &= mn(s^2 + r^2). \end{aligned}$$



სურ. 2

აქედან გამომდინარე, $\triangle ABC$ არის ისეთი ბიდიოფანტური სამკუთხედი, რომლის თითოეული გვერდი კოორდინატთა ღერძების არაპარალელურია. ასეთ სამკუთხედთა რაოდენობის პოვნა ამ სამკუთხედზე შემოხაზულ ბიდიოფანტურ წრე-

წირზე მდებარე დიოფანტური წერტილების პოვნის ტოლფასია.

ცხადია, რომ ბიდიოფანტურ წრეწირზე მდებარე ბიდიოფანტური მონაკვეთების რაოდენობა, რომლებიც პარალელურია კოორდინატა ღერძის, ამ წრეწირზე მდებარე დიოფანტური წერტილების ტოლია (მართლაც, თითოეული დიოფანტური C წერტილი ამ ბიდიოფანტურ წრეწირში ქმნის ბიდიოფანტურ მართკუთხედს). აქედან გამომდინარე, თუ ბიდიოფანტური წრეწირის რადიუსს არ გააჩნია $(p^2 + q^2)$ სახის, სადაც $p, q \in N$, გამყოფი, მაშინ მასზე არ მდებარეობს არც ერთი დიოფანტური წერტილი და, ცხადია, არ მოიძებნება ისეთი ბიდიოფანტური მონაკვეთი, რომლის ბოლოები მოცემული წრეწირის წერტილებია.

ასევე ადვილი მისახვედრია, რომ ბიდიოფანტურ წრეწირზე ბიდიოფანტური მონაკვეთების რაოდენობა, რომლებიც კოორდინატა ღერძის პარალელურია, დამოკიდებულია რადიუსის $(p^2 + q^2)$ სახის გამყოფებზე, სადაც $p, q \in N$ და $(p; q) = 1$.

უკეთ რომ გავერკვეთ ამ საკითხში, დავამტკიცოთ, თუ $(a; b) = 1$, მაშინ $(a^2 + b^2)$ -ის თითოეულ გამყოფს ექნება ასეთივე სახე.

ამისათვის დავამტკიცოთ ლემა 1 და ლემა 2.

ლემა 1. თუ $(a^2 + b^2)$ სახის რიცხვი, სადაც $a, b \in N$ და $(a; b) = 1$, იყოფა უნაშთოდ $(c^2 + d^2) = P$ მარტივ რიცხვზე, მაშინ განაყოფიც შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ასეთივე სახით.

$(c; d) = 1$, $c^2 + d^2 = P$ მარტივი რიცხვია ზოგადობის შეუზღუდავად. ვთქვათ, $c > d$. განვიხილოთ იგივეობები:

$$(a^2 + b^2)(c^2 + d^2) = (ac - bd)^2 + (ad + bc)^2; \quad (16)$$

$$(a^2 + b^2)(c^2 + d^2) = (ad - bc)^2 + (ac + bd)^2; \quad (17)$$

$$(ad - bc)(ad + bc) = a^2(c^2 + d^2) - c^2(a^2 + b^2); \quad (18)$$

$$(ac - bd)(ac + bd) = a^2(c^2 + d^2) - d^2(a^2 + b^2). \quad (19)$$

ვინაიდან $c^2 + d^2 = P$ მარტივი რიცხვია და $a^2 + b^2 \equiv 0 \pmod{P}$, ამიტომ (18)-დან

$$\begin{cases} ad - bc \equiv 0 \pmod{P}; \\ ad + bc \equiv 0 \pmod{P}. \end{cases} \quad (20)$$

თუ $ad - bc \equiv 0 \pmod{P}$, მაშინ (17)-დან $ac + bd = 0 \pmod{P}$ და მაშინ

$$\begin{cases} (ad - bc)^2 \equiv 0 \pmod{P^2}; \\ (ac + bd)^2 \equiv 0 \pmod{P^2}; \\ (a^2 + b^2)(c^2 + d^2) \equiv 0 \pmod{P^2}. \end{cases} \quad (21)$$

(17)-დან ორივე მხარის თითოეული ერთწევრის P^2 -ზე გაყოფით მივიღებთ დასამტკიცებელს.

თუ $ad + bc \equiv 0 \pmod{P}$, მაშინ (16)-დან $ac - bd \equiv 0 \pmod{P}$ და მაშინ

$$\begin{cases} (ad + bc)^2 \equiv 0 \pmod{P^2}; \\ (ac - bd)^2 \equiv 0 \pmod{P^2}; \\ (a^2 + b^2)(c^2 + d^2) \equiv 0 \pmod{P^2}. \end{cases}$$

ამიტომ, (16)-დან ორივე მხარის თითოეული ერთწევრის P^2 -ზე გაყოფით მივიღებთ დასამტკიცებელს.

ლემა 2. თუ $(a^2 + b^2)$ (22) სახის რიცხვი, სადაც $a, b \in N$ და $(a; b) = 1$ იყოფა მარტივ რიცხვზე, რომელიც არ გამოისახება ასეთი სახით, მაშინ განაყოფს აქვს გამყოფი, რომელიც არ გამოისახება (22) სახით.

დავუშვათ, $a^2 + b^2 = p_* p_1 \cdot p_2 \cdots p_n$, თუ p_1, p_2, \dots, p_n ყველა მარტივი რიცხვი არის (22) სახის, მაშინ მიმდევრობით გაყოფით ჯერ p_1 -ზე შემდეგ

p_2 -ზე და ა.შ. p_n -ზე, თითოეულ გამყოფს p_* -ის

ჩათვლით, წინა ლემაზე დაყრდნობით, უნდა ჰქონდეს (22)-ის სახე. ეს კი შეუძლებელია. აქედან გამომდინარეობს, რომ რომელიღაც p_i -ს ($i = 1, 2, \dots, n$) არ აქვს (22)-ის სახე.

თეორემა. 1. თუ $a, b \in N$ და $(a; b) = 1$, მაშინ $(a^2 + b^2)$ -ის თითოეულ გამყოფს აქვს შემდეგი სახე:

ვთქვათ, $a, b \in N$ და $(a; b) = 1$ და გამოვ x -ს არ აქვს (22)-ის სახე. ამასთან $(a^2 + b^2)$ ასეთ რიცხვებს შორის უმცირესია. წარმოვადგინოთ a და b შემდეგი სახით: $a = mx \pm c$, $b = nx \pm d$, სადაც $m, n, c, d \in N$, $|c| \leq \frac{x}{2}$ და $|d| \leq \frac{x}{2}$, მაშინ $a^2 + b^2 = m^2x^2 \pm 2mxc + c^2 + n^2x^2 \pm 2nxd + d^2 = Ax + (c^2 + d^2) \equiv 0 \pmod{x}$. აქედან გამომდინარე, $c^2 + d^2 = yx$. (23)

თუ y, c და d -ს აქვს 1-საგან განსხვავებული საერთო გამყოფი, მაშინ ის არ იყოფა x -ზე, ვინაიდან ის გაყოფდა a -სა და b -საც. მაგრამ $(a; b) = 1$. (23)-ის ორივე მხარის $(c; d)^2$ -ზე გაყოფით მივიღებთ $e^2 + f^2 = zx$ (23i), ამასთან $z \leq \frac{x}{2}$, აქედან

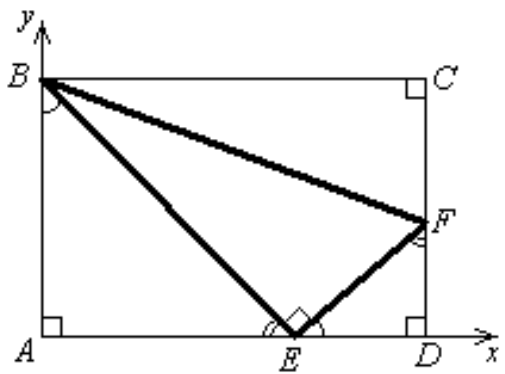
$$zx = e^2 + f^2 \leq c^2 + d^2 \leq \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2 = \frac{x^2}{2}. \text{ თუ } x$$

არ არის ორი რიცხვის კვადრატების ჯამი, მაშინ მე-2 ლემაზე დაყრდნობით უნდა არსებობდეს z რიცხვის ასეთივე გამყოფი (აღვნიშნოთ ის z_1 -ით), რომელიც შეუძლებელია წარმოვადგინოთ კვადრატების ჯამის სახით, მაგრამ ეს მიგვიყვანდა უსასრულო დაშვებამდე. გადასვლით x -დან, რომელიც გაყოფს ურთიერთმარტივი რიცხვების კვადრატების ჯამს უფრო პატარა z_1 რიცხვზე, რომელსაც იგივე თვისებები აქვს. აქედან გამომდინარე, x აუცილებლად წარმოადგენს კვადრატების ჯამს.

თუ $p, q \in N$, $(p; q) = 1$ და $R = p^2 + q^2$ ბიდიოფანტური წრეწირის რადიუსის ყველა მარტივი გამყოფებია: p_1, p_2, \dots, p_n , მაშინ საკოორდინატო ღერძების პარალელური იმ ბიდიოფანტური მონაკვეთების, რომლის ბოლოებიც წრეწირის წერტილებია, რაოდენობის განსაზღვრა არ არის რთული.

ცხადია, ბიდიოფანტური წრეწირის თითოეული ბიდიოფანტური წერტილი წარმოქმნის ამ წრეწირზე ბიდიოფანტურ $ACBK$ მართკუთხედს. ასეთი მართკუთხედების როგორც გვერდები, ისე დიაგონალები ბიდიოფანტური მონაკვეთებია, ე.ი. თუ არსებობს თუნდაც ერთი ბიდიოფანტური წერტილი ბიდიოფანტურ წრეწირზე, მაშინ მასზე აუცილებლად იარსებებს კოორდინატა ღერძების პარალელური და არაპარალელური ბიდიოფანტური მონაკვეთები და მათი რაოდენობა ასეთი $ACBK$ მართკუთხედების რაოდენობის ტოლია.

ქვემოთ მოგვყავს ზოგადად ისეთი ბიდიოფანტური მართკუთხა სამკუთხედის სახე, რომლის გვერდები კოორდინატა ღერძების არაპარალელურია:

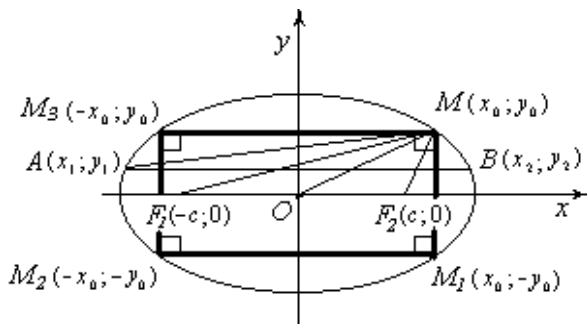


$$\begin{aligned}
 |AB| &= 2mnk; & |AE| &= (m^2 - n^2)k; & |BE| &= (m^2 + n^2)k; \\
 |ED| &= 2mnp; & |FD| &= (m^2 - n^2)p; & |EF| &= (m^2 + n^2)p; \\
 |BF| &= (m^2 + n^2)(m_1^2 + n_1^2)l; & k &= (m_1^2 - n_1^2)l; \\
 p &= 2m_1n_1l,
 \end{aligned}$$

სადაც $m, n, m_1, n_1, l \in N; m > n; m_1 > n_1$ და

$$mn(m_1^2 - n_1^2) > m_1n_1(m^2 - n^2).$$

ამოცანა 3. არსებობს თუ არა ბიდიოფანტურ ელიფსზე ბიდიოფანტური მონაკვეთები?



სურ. 3

იმისათვის, რომ წარმოდგენა ვიქონიოთ ბიდიოფანტური ელიფსის ბიდიოფანტურ მონაკვეთებზე, განვიხილოთ განტოლება: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, (24i), სადაც

$$a^2 - c^2 = b^2 \text{ და } a, b, c \in N, \text{ (24j).}$$

ცხადია, რომ (24j) განტოლების ყველა ამოხსნა მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases}
 a = (m^2 + n^2)k; \\
 b = (m^2 - n^2)k; \\
 c = 2mnk
 \end{cases} \quad (25i)$$

$$\begin{cases}
 a = (m^2 + n^2)k; \\
 b = 2mnk; \\
 c = (m^2 - n^2)k,
 \end{cases} \quad \text{სხ} \quad (25j)$$

სადაც $m, n, k \in N$ და $m > n$.

დავუშვათ, რომ $M(x_0, y_0)$ დიოფანტური წერტილი ძეგს ამ ელიფსზე, მაშინ

$$\begin{cases}
 |F_1M| = a - \frac{c}{a}x_0; \\
 |F_2M| = a + \frac{c}{a}x_0,
 \end{cases} \quad (26)$$

სადაც $F_1(c; 0), F_2(-c; 0), M(x_0, y_0)$,

$$x_0, y_0, c \in Z \setminus \{0\}.$$

ვთქვათ, $\frac{c}{a}x_0 \in Z \setminus \{0\}$, მაშინ (25i)-დან გვაქვს

$$|F_1M| = (m^2 + n^2)k - \frac{2mn}{m^2 + n^2}x_0 \quad (27) \text{ და ვინაიდან}$$

$(m^2 + n^2; 2mn) = 1$, ამიტომ $\exists l \in N$, რომელთათვისაც $x_0 = (m^2 + n^2)l$. (28). (25i)-ისა და (28)-ის

ჩასმით (24i)-ში და გარდაქმნით მივიღებთ:

$$y_0^2 = (k^2 - l^2)(m^2 - n^2)^2. \text{ მაშასადამე } k^2 - l^2 = t^2,$$

სადაც $t \in N$, ე.ი. $\exists p, q, r, e \in N$, რომელთათვისაც:

$$\begin{cases}
 k = (p^2 + q^2)e; \\
 l = (p^2 - q^2)e; \\
 t = 2pqr
 \end{cases} \quad (29)$$

$$\text{სხ} \begin{cases}
 k = (p^2 + q^2)e; \\
 l = 2pqr; \\
 t = (p^2 - q^2)e.
 \end{cases} \quad (30)$$

(29)-ის (25i)-სა და (25j)-ში ჩასმით საბოლოოდ მივიღებთ:

$$a = (m^2 + n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$b = (m^2 - n^2)(p^2 + q^2)e, \quad c = 2mn(p^2 + q^2)e,$$

$$x_0 = (m^2 + n^2)(p^2 - q^2)e, \quad y_0 = 2pq(m^2 - n^2)e$$

და

$$a = (m^2 + n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$b = 2mn(p^2 + q^2)e, \quad c = (m^2 - n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$x_0 = 2pq(m^2 + n^2)e, \quad y_0 = 4mnpqe.$$

ანალოგიურად (30)-ის (25₁)-სა და (25₂)-ში ჩასმით მივიღებთ:

$$a = (m^2 + n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$b = (m^2 - n^2)(p^2 + q^2)e, \quad c = 2mn(p^2 + q^2)e,$$

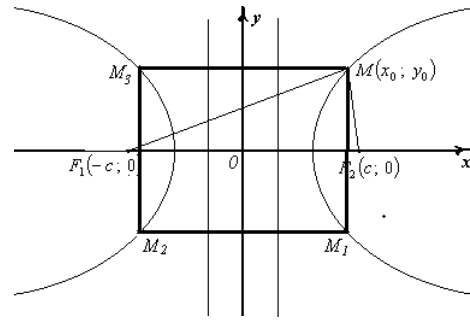
$$x_0 = 2pq(m^2 + n^2)e, \quad y_0 = (p^2 - q^2)(m^2 - n^2)e.$$

$$a = (m^2 + n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$b = 2mn(p^2 + q^2)e, \quad c = (m^2 - n^2)(p^2 + q^2)e,$$

$$x_0 = 2pq(m^2 + n^2)e, \quad y_0 = 2mn(p^2 - q^2)e.$$

ცხადია, ბიდიოფანტური ელიფსის თითოეული დიოფანტური წერტილი M წარმოქმნის ამ ელიფსზე $MM_1M_2M_3$ ბიდიოფანტურ მართკუთხედს. ასეთი მართკუთხედების გვერდები ბიდიოფანტური მონაკვეთებია, ე.ი. თუ არსებობს თუნდაც ერთი დიოფანტური წერტილი ბიდიოფანტურ ელიფსზე, მაშინ მასზე აუცილებლად იარსებებს კოორდინატა ღერძების პარალელური ბიდიოფანტური მონაკვეთები, რომელთა რაოდენობა ასეთი მართკუთხედების გაოთხეცეებული რაოდენობის ტოლია.



სურ. 4

ამოცანა 4. არსებობს თუ არა ბიდიოფანტურ ჰიპერბოლაზე ბიდიოფანტური მონაკვეთები?

ახლა განვიხილოთ ბიდიოფანტური ჰიპერბოლა, რომელიც მოცემულია ფორმულით:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (33)$$

$$\text{სადაც } c^2 = a^2 + b^2, \quad a, b, c \in \mathbb{N}. \quad (34)$$

ცხადია, რომ (34)-ის ყველა ამონახსნი მოიცემა ფორმულებით:

$$\begin{cases} c = (m^2 + n^2)k; \\ b = (m^2 - n^2)k; \\ a = 2mnk \end{cases} \quad (35_1)$$

$$\text{ან} \quad \begin{cases} c = (m^2 + n^2)k; \\ b = 2mnk; \\ a = (m^2 - n^2)k. \end{cases} \quad (35_2)$$

დავუშვათ, რომ $M(x_0; y_0)$ წერტილი მდებარეობს ჰიპერბოლაზე, მაშინ

$$\left\{ |F_1M| = \left| \frac{cx_0}{a} + a \right|; |F_2M| = \left| \frac{cx_0}{a} - a \right|, \quad (36_1) \right.$$

სადაც

$$F_1(-c; 0), \quad F_2(c; 0), \quad M(x_0; y_0),$$

$$x_0, y_0, c \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}.$$

ვთქვათ, $\frac{cx_0}{a} \in Z \setminus \{0\}$, მაშინ (35i) და (36)-დან

$$x_0 = (m^2 - n^2)(p^2 + q^2)e, \quad y_0 = 2mn(p^2 - q^2)e.$$

გვაქვს

$$|F_1M| = \left| \frac{m^2 + n^2}{2mn} x_0 + 2mnk \right| \times \\ \times \left(|F_1M| = \left| \frac{m^2 + n^2}{m^2 - n^2} x_0 + (m^2 - n^2)k \right| \right) \quad (37)$$

და ვინაიდან $(m^2 + n^2; 2mn) = 1$, ამიტომ $\exists l \in N$,

რომლისთვისაც

$$x_0 = 2mnl \quad (x_0 = (m^2 - n^2)l). \quad (38)$$

(35i)-ისა და (38)-ის ჩასმით (33)-ში მივიღებთ:

$$y_0^2 = (l^2 - k^2)(m^2 - n^2)^2; \\ (y_0^2 = (l^2 - k^2)2mn).$$

მაშასადამე, $l^2 - k^2 = t^2$, ე.ი. $\exists p, q, r, e \in N$,

რომელთათვისაც

$$\begin{cases} l = (p^2 + q^2)e; \\ k = (p^2 - q^2)e; \\ t = 2pqe \end{cases} \quad (39)$$

$$\text{ან} \quad \begin{cases} l = (p^2 + q^2)e; \\ k = 2pqe; \\ t = (p^2 - q^2)e. \end{cases} \quad (40)$$

(39)-ისა და (35i)-ის ჩასმით (35i)-ში საბოლოოდ

მივიღებთ:

$$c = (m^2 + n^2)(p^2 - q^2)e,$$

$$b = (m^2 - n^2)(p^2 - q^2)e, \quad a = 2mn(p^2 - q^2)e,$$

$$x_0 = 2mn(p^2 + q^2)e, \quad y_0 = 2pq(m^2 - n^2)e$$

$$\text{და} \quad c = 2pq(m^2 + n^2)e,$$

$$b = 4mnpqe, \quad a = 2pq(m^2 - n^2)e,$$

ანალოგიურად, (40)-ისა და (35i)-ის ჩასმით (35i)-ში მივიღებთ:

$$c = 2pq(m^2 + n^2)e,$$

$$b = 2pq(m^2 - n^2)e, \quad a = 2mnpqe,$$

$$x_0 = 2mn(p^2 + q^2)e, \quad y_0 = (m^2 - n^2)(p^2 - q^2)e$$

$$\text{და} \quad c = 2pq(m^2 + n^2)e,$$

$$b = 2mnpqe, \quad a = 2pq(m^2 - n^2)e,$$

$$x_0 = (p^2 + q^2)(m^2 - n^2)e, \quad y_0 = 2mn(p^2 - q^2)e.$$

აქაც, ბიდიოფანტური ელიფსის ანალოგიურად, თითოეული დიოფანტური წერტილი M წარმოქმნის ამ ჰიპერბოლაზე ბიდიოფანტურ MM_1MM_2 მართკუთხედს. ასეთი მართკუთხედების გვერდები ბიდიოფანტური მონაკვეთებია, ე.ი. თუ არსებობს თუნდაც ერთი დიოფანტური წერტილი ბიდიოფანტურ ჰიპერბოლაზე, მაშინ მასზე აუცილებლად იარსებებს კოორდინატა ღერძების პარალელური ბიდიოფანტური მონაკვეთები, რომელთა რაოდენობა ასეთი მართკუთხედების გაოთხეკეცებული რაოდენობის ტოლია.

ამოცანა 5. არსებობს თუ არა ბიდიოფანტურ პარაბოლაზე ბიდიოფანტური მონაკვეთები?

განვიხილოთ ბიდიოფანტური პარაბოლა, რომელიც მოცემულია $y = ax^2 + bx + c$ ფორმულით და განვიხილოთ ორი დიოფანტური წერტილი: $A(x_1; y_1)$ და $B(x_2; y_2)$ და დავუშვათ, რომ $[AB]$ ბიდიოფანტურია, მაშინ $\exists m, n, l \in N, m > n, (m; n) = 1$, რომელთათვისაც

$$\begin{cases} x_2 - x_1 = (m^2 - n^2) l ; \\ y_2 - y_1 = 2mnl \end{cases} \quad (41)$$

ან

$$\begin{cases} x_2 - x_1 = 2mnl ; \\ y_2 - y_1 = (m^2 - n^2) l \end{cases} \quad (42)$$

გათვალისწინებით

$y_2 - y_1 = (x_2 - x_1)(a(x_2 + x_1) + b)$ და (41)-ისა და (42)-ის მასში ჩასმით მივიღებთ:

$$\begin{cases} 2mn = (m^2 - n^2)(a(x_2 + x_1) + b); \\ m^2 - n^2 = 2mn(a(x_2 + x_1) + b). \end{cases} \quad (43) \quad (44)$$

(43)-სა და (44)-ს არ გააჩნია ამონახსნი მოცემული პირობებით, ვინაიდან $m, n \in N, m > n, (m; n) = 1$.

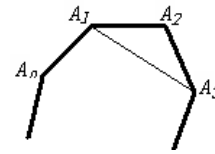
მაშასადამე, არ მოიძებნება ბიდიოფანტურ პარაბოლაზე ბიდიოფანტური მონაკვეთი, რომელიც კოორდინატა ღერძის პარალელური არ არის. რაც შეეხება ბიდიოფანტური პარაბოლის იმ ბიდიოფანტურ მონაკვეთებს, რომლებიც პარალელურია კოორდინატა Ox ღერძისა (ცხადია, Oy ღერძის პარალელური ვერ იქნება), მათი რაოდენობა დამოკიდებულია $a(x_1 + x_2) + b = 0$ განტოლების (45) ამოხსნაზე x_1 და x_2 მთელ რიცხვებში, სადაც $a \in Z \setminus \{0\}$ და $b \in Z$.

(45)-იდან $x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} \in Z_0$, ე.ი. ბიდიოფანტურ

პარაბოლაზე ყოველთვის არსებობს Ox ღერძის პარალელური ბიდიოფანტური ქორდა.

ახლა განვიხილოთ რამდენიმე ამოცანა წესიერ დიოფანტურ, ბიდიოფანტურ, ფსევდოდიოფანტურ და ფსევდობიდიოფანტურ გეომეტრიულ ფიგურებზე.

ამოცანა 6. ვიპოვოთ ყველა წესიერი დიოფანტური n -კუთხედი.



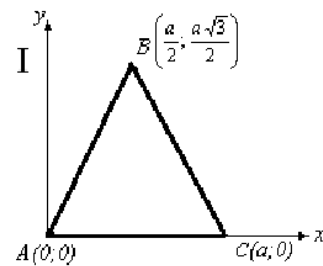
მოც: $A_1 A_2 \dots A_n$ წესიერი დიოფანტური n -კუთხედი.

$$\begin{cases} |A_1 A_2| = |A_2 A_3| = \dots = |A_n A_1| = a \in N; \\ \widehat{A}_1 = \widehat{A}_2 = \dots = \widehat{A}_n = \frac{\pi(n-2)}{n}; n \in N; n \geq 3. \end{cases}$$

იმ დაშვებით, რომ $\Delta A_1 A_2 A_3$ -იც დიოფანტური სამკუთხედეა და ამასთან $\widehat{A}_2 = \pi$ -ის თანაზომადი $\left(\widehat{A}_2 = \frac{\pi(n-2)}{n}, n \in N\right)$, ამიტომ 6', 7', 8', და 9'

ამოცანებიდან გამომდინარე $\widehat{A}_2 = \frac{\pi}{3}$, ე.ი წესიერი n -კუთხედებიდან მხოლოდ წესიერი სამკუთხედი შეიძლება იყოს დიოფანტური.

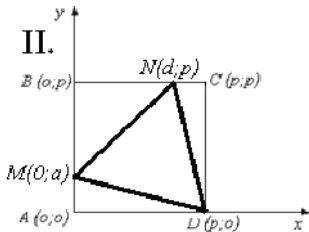
ამოცანა 7. ვიპოვოთ ყველა წესიერი ბიდიოფანტური n -კუთხედი.



ვინაიდან წესიერი n -კუთხედებიდან მხოლოდ წესიერ სამკუთხედს აქვს შესაძლებლობა იყოს ბიდიოფანტური, ამიტომ მე-7 ამოცანა ასე შეიძლება ჩამოვყალიბოთ: არსებობს თუ არა ბიდიოფანტური წესიერი სამკუთხედი?

ცხადია, განსახილველია მხოლოდ ორი შემთხვევა:

I. ამ შემთხვევაში დიოფანტური წესიერი ΔABC სამკუთხედი არ არის ბიდიოფანტური, ვინაიდან B წერტილის ორდინატა $\frac{a\sqrt{3}}{2} \notin N$.



მოცემულია ΔMND , სადაც M , N და D დიოფანტური წერტილებია. არც ამ შემთხვევაშია ბიდიოფანტური წესიერი სამკუთხედი.

დავუშვათ საწინააღმდეგო. ვთქვათ, ΔMND წესიერი დიოფანტური სამკუთხედაა და მისი წვეროებში დიოფანტური წერტილებია. ავაგოთ მართკუთხედი კოორდინატთა ღერძების იმ პარალელური წრფეებით, რომლებზედაც მდებარეობს ΔMND -ს წვეროები:

$$|MD| \in N \Rightarrow S_{\Delta MND} = \frac{|MD|^2 \sqrt{3}}{2} \notin Q,$$

მეორე მხრივ

$$S_{\Delta MND} = S_{ABCD} - S_{\Delta MBN} - S_{\Delta NCD} - S_{\Delta MAD} \in Q,$$

რაც შეუძლებელია, ე.ი ჩვენი დაშვება მცდარია ანუ არ არსებობს ბიდიოფანტური წესიერი სამკუთხედი.

ვიდრე ფსევდობიდიოფანტური წესიერი n -კუთხედების საკითხს შევხებით განვიხილოთ ლემა 3.

ლემა 3. დაამტკიცეთ, რომ თუ $\alpha \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right)$, α

π -ის თანაზომადია და $tg \alpha \in Q$, მაშინ აუცილებლად $\alpha = \frac{\pi}{4}$.

ვთქვათ, $\alpha = \arctg \frac{p}{q}$, სადაც $p, q \in N, p \neq q, (p; q) = 1$ არის π -ს თანაზომადი, ე.ი. $\alpha = \frac{m}{n}\pi$, სადაც $m, n \in N (m; n) = 1$. ვისარგებლოთ ფორმულებით:

$$(\cos \alpha + i \sin \alpha)^n = \cos n\alpha + i \sin n\alpha$$

$$\text{და } (\cos \alpha - i \sin \alpha)^n = \cos n\alpha - i \sin n\alpha,$$

$$\text{ვინაიდან } \alpha = \frac{m}{n}\pi, \text{ ამიტომ } \sin n\alpha = \sin \pi m = 0$$

და აქედან $(\cos \alpha + i \sin \alpha)^n = (\cos \alpha - i \sin \alpha)^n$. $\cos \alpha \neq 0$, და $\alpha \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right)$, ორივე მხარის $\cos^n \alpha$ -ზე გაყოფით, მივიღებთ:

$$(1 + itg \alpha)^n = (1 - itg \alpha)^n \text{ ანუ } \left(1 + i \frac{p}{q}\right)^n = \left(1 - i \frac{p}{q}\right)^n, \text{ საი-}$$

დანაც $(q + ip)^n = (q - ip)^n$.

$$(q - ip)^n = (q + ip)^n = ((q - ip) + 2ip)^n = (q - ip)^n + C_n^1 (q - ip)^{n-1} 2ip + C_n^2 (q - ip)^{n-2} (2ip)^2 + \dots + C_n^{n-1} (q - ip) (2ip)^{n-1} + (2ip)^n.$$

აქედან

$$-(2ip)^{n-1} = (q - ip) \times$$

$$\times (C_n^1 (q - ip)^{n-2} + C_n^2 (q - ip)^{n-3} 2ip + \dots + C_n^{n-1} (2ip)^{n-2}).$$

ტოლობის ორივე მხარეს გვაქვს კომპლექსური რიცხვები. მათი მოდულების გატოლებით მივიღებთ:

$$(2p)^{2n-2} = (q^2 + p^2)B,$$

სადაც

$$B = \left| C_n^1 (q - ip)^{n-2} + C_n^2 (q - ip)^{n-3} 2ip + \dots + C_n^{n-1} (2ip)^{n-2} \right| \in N.$$

$$\text{ე.ი. } (2p)^{2n-2} \equiv 0 \pmod{(p^2 + q^2)} \quad (*). \text{ ვინაიდან}$$

$$(p; q) = 1, \text{ ამიტომ } (*)\text{-დან მივიღებთ: } 2^{2n-2} \equiv$$

$0 \pmod{(p^2 + q^2)}$. ვინაიდან $\begin{cases} p, q \in \mathbb{N}; \\ (p, q) = 1. \end{cases}$ ამიტომ p და

q ან ორივე კენტია, ან ერთი კენტი და მეორე ლუწი.

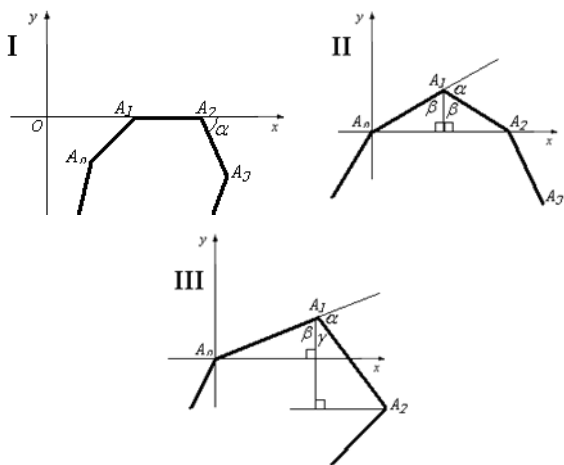
თუ p და q სხვადასხვა ლუწ-კენტოვნებისაა, მაშინ $(p^2 + q^2)$ იქნება კენტი და თუ $p = 2n + 1$ და $q = 2s + 1$ (ორივე კენტი), მაშინ $p^2 + q^2 = 2(2n^2 + 2n + 2s^2 + 2s + 1)$ მართალია ლუწია, მაგრამ შეიცავს კენტ მამრავლსაც $2(n^2 + n + s^2 + s) + 1$. ეს კენტი მამრავლი 1-ის ტოლი გახდება მხოლოდ $p = q = 1$ -სათვის, სხვა შემთხვევაში $2^{2n-2} \equiv 0 \pmod{(p^2 + q^2)}$. დაგვრჩა განვიხილოთ შემთხვევა:

$$\alpha = \arctg \frac{p}{q} = \arctg 1 = \frac{\pi}{4}.$$

ამოცანა 8. ვიპოვოთ ყველა ფსევდობიდიოფანტური წესიერი n -კუთხედი.

განვიხილოთ სამი შემთხვევა:

I. $\alpha \in Q$, ვინაიდან A_1, A_2 და A_3 დიოფანტურია;



$$\text{II. } \alpha \in Q, \text{ ვინაიდან } \alpha = \frac{\pi}{4} \text{-სათვის } \Delta A_2 K A_3 \text{ ვერ იქნება ბიდიოფანტური;}$$

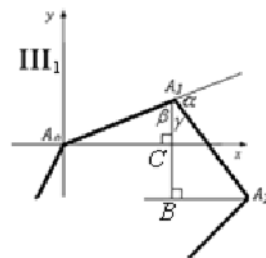
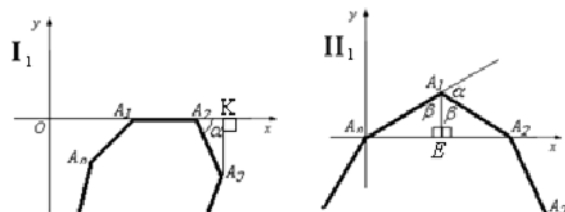
III. $\alpha \in Q$, ვინაიდან $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $\beta + \gamma \neq \frac{\pi}{2}$ (გამომდინარეობს იქიდან, რომ A_1, A_2 და A_n დიოფანტური წერტილებია).

$$\text{III. აქაც } \alpha \in Q, \text{ ვინაიდან } \alpha = \frac{\pi}{4}, \text{ მაგრამ } \beta + \gamma \neq \frac{\pi}{2} \text{ (გამომდინარეობს იქიდან, რომ } A_1, A_2 \text{ და } A_n \text{ დიოფანტური წერტილებია).}$$

სამივე შემთხვევაში $\begin{cases} \alpha = \frac{\pi}{4}; \\ \alpha \in Q. \end{cases}$ აქედან გამომდინარე, მე-3 ლემის თანახმად, α მახვილი კუთხისათვის $\frac{2\pi}{n} = \frac{\pi}{4}$, საიდანაც $n=8$, მაგრამ ქვემოთ ვაჩვენებთ, რომ არ არსებობს წესიერი ფსევდობიდიოფანტური რვაკუთხედი.

$$\text{სამივე შემთხვევაში } \begin{cases} \alpha = \frac{\pi}{4}; \\ \alpha \in Q. \end{cases} \text{ აქედან გამომდინარე, მე-3 ლემის თანახმად, } \alpha \text{ მახვილი კუთხისათვის } \frac{2\pi}{n} = \frac{\pi}{4}, \text{ საიდანაც } n=8, \text{ მაგრამ ქვემოთ ვაჩვენებთ, რომ არ არსებობს წესიერი ფსევდობიდიოფანტური რვაკუთხედი.}$$

ნარე, მე-3 ლემის თანახმად, α მახვილი კუთხისათვის $\frac{2\pi}{n} = \frac{\pi}{4}$, საიდანაც $n=8$, მაგრამ ქვემოთ ვაჩვენებთ, რომ არ არსებობს წესიერი ფსევდობიდიოფანტური რვაკუთხედი.



მართლაც:

I1 - შეუძლებელია, ვინაიდან $\alpha = \frac{\pi}{4}$ -სათვის $\Delta A_2 K A_3$ ვერ იქნება ბიდიოფანტური;

II1 - შეუძლებელია, ვინაიდან $\widehat{EA_2 A_3} = \frac{3\pi}{8}$ -სათვის $\Delta A_2 EA_3$ ვერ იქნება ბიდიოფანტური;

III1 - შეუძლებელია, ვინაიდან $\sin \beta, \cos \beta, \sin\left(\frac{3\pi}{4} - \beta\right)$ ერთდროულად უნდა იყოს რაციონალური;

III1 - შეუძლებელია, ვინაიდან $\sin \beta, \cos \beta, \sin\left(\frac{3\pi}{4} - \beta\right)$ ერთდროულად უნდა იყოს რაციონალური;

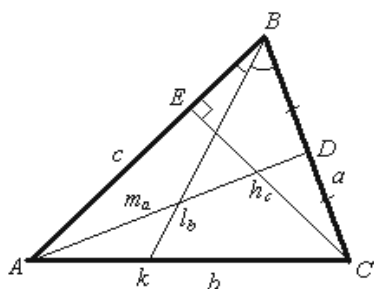
III1 - შეუძლებელია, ვინაიდან $\sin \beta, \cos \beta, \sin\left(\frac{3\pi}{4} - \beta\right)$ ერთდროულად უნდა იყოს რაციონალური;

ლური რიცხვები, მაგრამ $\sin\left(\frac{3\pi}{4}-\beta\right)=\sin\left(\frac{\pi}{4}+\beta\right)=\frac{\sqrt{2}}{2}(\sin\beta+\cos\beta)$, რაც შეუძლებელია.

არ გაგვიხილავს მხოლოდ წესიერი ოთხკუთხედის შემთხვევა, რომელიც აკმაყოფილებს ამოცანის პირობას, ე.ი. ფსევდობიდიოფანტური ფიგურებიდან მხოლოდ ფსევდობიდიოფანტური კვადრატის შეგვიძლია სიბრტყეზე წარმოვადგინოთ ისე, რომ მისი წვეროები იყოს დიოფანტური წერტილები.

დიოფანტური გეომეტრიული ფიგურები

სამკუთხედს ვუწოდეთ დიოფანტური, თუ მისი გვერდები დიოფანტური მონაკვეთებია.

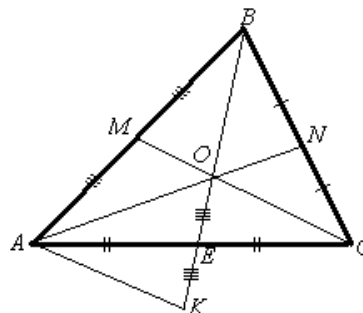


სურ. 5

განვიხილოთ $\triangle ABC$ a, b, c გვერდებით და შესაბამისი m_a, m_b, m_c მედიანებით, l_a, l_b, l_c ბისექტრისებით, h_a, h_b, h_c სიმაღლეებით (სურ. 5). კითხვაზე, არსებობს თუ არა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ყოველი მედიანის სიგრძე გამოისახება ნატურალური რიცხვით, პასუხი დადებითია. ლ. ეილერმა ასეთ სამკუთხედებში გამოთვალა უმცირესი პერიმეტრის მქონე: $a = 136$, $b = 170$, $c = 174$, $m_a = 158$, $m_b = 131$, $m_c = 127$ [3].

იზადება კითხვა: ყოველთვის არსებობს თუ არა ასეთი სამკუთხედისათვის მისი არამსგავსი დიო-

ფანტური სამკუთხედი, რომლის ყველა მედიანა დიოფანტური მონაკვეთია. ასეთ კითხვაზე პასუხი დადებითი აღმოჩნდა.



სურ. 6

შეგვიძლია ვაჩვენოთ, რომ თუ ABC სამკუთხედის a, b, c (a, b, c – ლუწი რიცხვებია) გვერდები და შესაბამისი m_a, m_b, m_c ($m_a, m_b, m_c \in \mathbb{N}$) მედიანები აკმაყოფილებს ზემოაღნიშნულ პირობას, მაშინ იგივე პირობას დააკმაყოფილებს სამკუთხედი გვერდებით: $2m_a, 2m_b, 2m_c$. $\triangle AOK$ -ს (სურ. 6) გვერდების სიგრძეებია: $\frac{2}{3}m_a$, $\frac{2}{3}m_b$ და $\frac{2}{3}m_c$, ე.ი. ასევე შეგვიძლია სამკუთხედის შედგენა მონაკვეთებით, რომელთა სიგრძეებია: $2m_a$, $2m_b$ და $2m_c$. თუ გავითვალისწინებთ იგივეობებს

$$\begin{cases} \frac{1}{2}\sqrt{2(\sqrt{2b^2+2c^2-a^2})^2+2(\sqrt{2a^2+2b^2-c^2})^2-(\sqrt{2a^2+2c^2-b^2})^2}=\frac{3b}{2}; \\ \frac{1}{2}\sqrt{2(\sqrt{2b^2+2c^2-a^2})^2+2(\sqrt{2a^2+2c^2-b^2})^2-(\sqrt{2a^2+2b^2-c^2})^2}=\frac{3c}{2}; \\ \frac{1}{2}\sqrt{2(\sqrt{2a^2+2b^2-c^2})^2+2(\sqrt{2a^2+2c^2-b^2})^2-(\sqrt{2b^2+2c^2-a^2})^2}=\frac{3b}{2}, \end{cases}$$

მივიღებთ, რომ სამკუთხედი, რომლის გვერდების სიგრძეებია:

$$\sqrt{2b^2+2c^2-a^2}=2m_a, \sqrt{2a^2+2b^2-c^2}=2m_c \text{ და } \sqrt{2a^2+2c^2-b^2}=2m_b$$

დიოფანტური სამკუთხედა, რომლის მედიანის სიგრძეებია: $\frac{3b}{2}, \frac{3c}{2}, \frac{3b}{2}$, სადაც a, b, c ლუწი ნატურალური რიცხვებია.

ახლა ვაჩვენოთ, რომ ისეთი დიოფანტური სამკუთხედის, რომლის მედიანები დიოფანტური მონაკვეთებია, მედიანებით შედგენილი სამკუთხედი არ შეიძლება იყოს მსგავსი თავდაპირველი სამკუთხედის.

შევნიშნოთ, რომ ზემოხსენებული სამკუთხედი არ შეიძლება იყოს ტოლგვერდა. აქედან გამომდინარე, თუ ის ტოლგვერდაა და ΔAOK მისი მსგავსია (სურ. 6) (ΔAOK -ს მიმენება ხდება ფუძის მხრიდან), მაშინ ადვილი საჩვენებელია, რომ თავდაპირველი ტოლგვერდა სამკუთხედი უნდა იყოს ტოლგვერდა, რაც შეუძლებელია, ე.ი თუ ასეთი ΔABC არსებობს, მაშინ ის აუცილებლად უნდა იყოს სხვადასხვაგვერდა.

დავუშვათ საწინააღმდეგო, ე.ი. ვთქვათ, ΔABC სხვადასხვაგვერდა დიოფანტურია, დიოფანტურია მისი მედიანებიც და ამ მედიანებით შედგენილი სამკუთხედი კი მსგავსია ΔABC -სი ან ΔBAC -სი, ან ΔBCA -სი ან ΔACB -სი, ან ΔCAB -სი ან ΔCBA -სი.

ვინაიდან $|AO| = \frac{2}{3}m_a, |OK| = \frac{2}{3}m_b, |AK| = \frac{2}{3}m_c,$

ამიტომ

$$\begin{cases} \Delta AOK \sim \Delta ABC; & \text{I} \\ \Delta AOK \sim \Delta BAC; & \text{II} \\ \Delta AOK \sim \Delta BCA; & \text{III} \\ \Delta AOK \sim \Delta ACB; & \text{IV} \\ \Delta AOK \sim \Delta CAB; & \text{V} \\ \Delta AOK \sim \Delta CBA. & \text{VI} \end{cases}$$

განვიხილოთ თითოეული მათგანი:

$$\begin{aligned} \text{I. } \Delta AOK \sim \Delta ABC &\Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2+2c^2-b^2}}{\sqrt{2a^2+2b^2-c^2}} = \frac{a}{b}; \\ \frac{\sqrt{2a^2+2c^2-b^2}}{\sqrt{2b^2+2c^2-a^2}} = \frac{a}{c}. \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{cases} 2a^2b^2+2b^2c^2-b^4 = 2a^4+2a^2b^2-a^2c^2; \\ 2a^2c^2+2c^4-b^2c^2 = 2a^2b^2+2a^2c^2-a^4. \end{cases} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4+b^4-a^2c^2-2b^2c^2 = 0; \\ 2c^4+a^4-b^2c^2-2a^2b^2 = 0. \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 2c^4+(a^2+b^2)c^2-(a^2+b^2)^2 = \\ &= 0 \Leftrightarrow \begin{cases} c^2 = -(a^2+b^2) < 0; \\ c^2 = \frac{a^2+b^2}{2}. \end{cases} \end{aligned}$$

მაგრამ, თუ $c^2 = \frac{a^2+b^2}{2}$, მაშინ $m_a =$

$$\frac{1}{2}\sqrt{2b^2+2\cdot\frac{a^2+b^2}{2}-a^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}b \notin N, \text{ რაც ეწინააღმდეგება ამოცანის პირობას.}$$

$$\begin{aligned} \text{II. } \Delta AOK \sim \Delta BAC &\Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2+2c^2-b^2}}{\sqrt{2a^2+2b^2-c^2}} = \frac{b}{a}; \\ \frac{\sqrt{2a^2+2c^2-b^2}}{\sqrt{2b^2+2c^2-a^2}} = \frac{b}{c}. \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{cases} 2a^4+2a^2c^2-a^2b^2 = 2a^2b^2+2b^4-b^2c^2; \\ 2a^2c^2+2c^4-b^2c^2 = 2b^4+2b^2c^2-a^2b^2. \end{cases} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4-2b^4-3a^2b^2+b^2c^2+2a^2c^2 = 0; \\ 2c^4-2b^4-3b^2c^2+2a^2c^2+a^2b^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4-2c^4-4a^2b^2+4b^2c^2 = 0; \\ 2c^4-2b^4-3b^2c^2+2a^2c^2+a^2b^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = c^2; & (*) \\ a^2+c^2 = 4b^2; & (**) \\ 2c^4-2b^4-3b^2c^2+2a^2c^2+a^2b^2 = 0. \end{cases} \end{aligned}$$

(*) – შეუძლებელია, ვინაიდან როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ΔABC არ შეიძლება იყოს ტოლგვერდა.

(**) – თუ $a^2 + c^2 = 4b^2$, მაშინ $m_b =$ მაგრამ, თუ $a^2 + b^2 = 2c^2$, მაშინ $m_c =$

$\frac{1}{2}\sqrt{2 \cdot 4b^2 - b^2} = \frac{\sqrt{7}b}{2} \notin N$, რაც ეწინააღმდეგება ამოცანის პირობას. $= \frac{1}{2}\sqrt{2 \cdot 2c^2 - c^2} = \frac{\sqrt{3}c}{2} \notin N$. რაც ეწინააღმდეგება ამოცანის პირობას.

$$\text{III. } \Delta AOK \sim \Delta BCA \Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2}} = \frac{b}{c}; \\ \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2}} = \frac{b}{a}. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2a^2c^2 + 2c^4 - b^2c^2 = 2a^2b^2 + 2b^4 - b^2c^2; \\ 2a^4 + 2a^2c^2 - b^2a^2 = 2b^4 + 2b^2c^2 - a^2b^2. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2c^4 - 2b^4 - 2a^2b^2 + 2a^2c^2 = 0; \\ 2a^4 - 2b^4 + 2a^2c^2 - 2b^2c^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} c^4 - b^4 - a^2b^2 + a^2c^2 = 0; \\ a^4 - b^4 + a^2c^2 - b^2c^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} (c^2 - a^2)(c^2 + a^2 + b^2) = 0; \\ a^4 - b^4 + a^2c^2 - b^2c^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a^2 = c^2; \\ a^4 - b^4 + a^2c^2 - b^2c^2 = 0. \end{cases}$$

ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ΔABC არ შეიძლება იყოს ტოლფერდა.

$$\text{IV. } \Delta AOK \sim \Delta ACB \Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2}} = \frac{a}{c}; \\ \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2}} = \frac{a}{b}. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2a^2c^2 + 2c^4 - b^2c^2 = 2a^4 + 2a^2b^2 - a^2c^2; \\ 2a^2b^2 + 2b^2c^2 - b^4 = 2a^2b^2 + 2a^2c^2 - a^4. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2c^4 - 2b^4 + 3a^2c^2 - 2a^2b^2 - b^2c^2 = 0; \\ a^4 - b^4 + 2b^2c^2 - 2a^2c^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2c^4 - 2b^4 + 3a^2c^2 - 2a^2b^2 - b^2c^2 = 0; \\ (a^2 - b^2)(a^2 + b^2 - 2c^2) = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2c^4 - 2b^4 + 3a^2c^2 - 2a^2b^2 - b^2c^2 = 0; \\ a^2 + b^2 = 2c^2. \end{cases}$$

$$\text{V. } \Delta AOK \sim \Delta ACB \Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2}} = \frac{c}{a}; \\ \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2}} = \frac{c}{b}. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2a^4 + 2a^2c^2 - a^2b^2 = 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - c^4; \\ 2a^2b^2 + 2b^2c^2 - b^4 = 2b^2c^2 + 2c^4 - a^2c^2. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4 + c^4 - a^2b^2 - 2b^2c^2 = 0; \\ 2c^4 + b^4 - a^2c^2 - 2a^2b^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4 + c^4 - a^2b^2 - 2b^2c^2 = 0; \\ 2a^4 - (c^2 + b^2)a^2 - (c^2 + b^2)^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2a^4 + c^4 - a^2b^2 - 2b^2c^2 = 0; \\ \left[a^2 = -(c^2 + b^2) < 0; \right. \\ \left. a^2 = \frac{c^2 + b^2}{2}. \right. \end{cases}$$

მაგრამ, თუ $a^2 = \frac{c^2 + b^2}{2}$, მაშინ $m_a =$

$\frac{1}{2}\sqrt{2 \cdot 2a^2 - a^2} = \frac{\sqrt{3}a}{2} \notin N$, რაც ეწინააღმდეგება ამოცანის პირობას.

$$\text{VI. } \Delta AOK \sim \Delta CBA \Rightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2}} = \frac{c}{b}; \\ \frac{\sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}}{\sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2}} = \frac{c}{a}. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2a^2b^2 + 2b^2c^2 - b^4 = 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - c^4; \\ 2a^4 + 2a^2c^2 - a^2b^2 = 2b^2c^2 + 2c^4 - a^2c^2. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} c^4 - b^4 + 2a^2(b^2 - c^2) = 0; \\ 2a^4 - 2c^4 + 3a^2c^2 - a^2b^2 - 2b^2c^2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} c^2 = b^2; & (*) \\ c^2 + b^2 = 2a^2 & \{**\}. \\ 2a^4 - 2c^4 + 3a^2c^2 - a^2b^2 - 2b^2c^2 = 0. \end{cases}$$

(*) – შეუძლებელია, ვინაიდან, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, $\triangle ABC$ არ შეიძლება იყოს ტოლფერდა.

(**) – თუ $c^2 + b^2 = 2a^2$, მაშინ $m_a = \frac{1}{2}\sqrt{2 \cdot 2a^2 - a^2} = \frac{\sqrt{3}a}{2} \notin N$, რაც ეწინააღმდეგება ამოცანის პირობას.

ამით ვაჩვენეთ, რომ ასეთი სამკუთხედის მედიანებისაგან შემდგარი სამკუთხედი არ შეიძლება იყოს თავდაპირველის მსგავსი, ამიტომ თუ ნაპოვნია რომელიმე ზემოთქმული სამკუთხედი, მაშინ ყოველთვის შეგვიძლია ვიპოვოთ მისი არამსგავსი, რომელიც აკმაყოფილებს ამოცანის პირობას.

ერთი შეხედვით ზემოთ მოყვანილ მტკიცებაში ყველაფერი რიგზეა, მაგრამ ეს ასე არ არის. ხშირ შემთხვევაში, საკითხის წინასწარი ანალიზი გაცილებით ამცირებს შესასრულებელი სამუშაოს მოცულობას. შევნიშნოთ, რომ ამ შემთხვევაში $\triangle ABC$ -ში $a < b < c$, მაშინ $m_c < m_b < m_a$ და ამიტომ განსახილველი იქნებოდა მხოლოდ მეორე შემთხვევა. ეს განსაკუთრებით ხაზგასასმელია.

კითხვაზე, არსებობს თუ არა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ყოველი ბისექტრისის სიგრძე გამოისახება ნატურალური რიცხვით, პასუხი არ არის ცნობილი.

ცნობილია, რომ არსებობს ისეთი დიოფანტური (სურ. 7) სამკუთხედი, რომლის ყოველი სიმაღლე გამოისახება ნატურალური რიცხვით:

$$\begin{aligned} |AC| &= 2mn(m^2 + n^2); & |BC| &= (m^2 - n^2)(m^2 + n^2); \\ |AB| &= (m^2 + n^2)^2 \\ |CD| &= 2mn(m^2 - n^2); & m, n &\in N; & m > n \end{aligned}$$

ჩვენ მიერ ნაპოვნია არატოლფერდა დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის თუნდაც ერთი ბისექტრისა გამოისახება ნატურალური რიცხვით (სურ. 8).

ვთქვათ, $\triangle ABC$ -ში

$$\begin{aligned} |AB| &= m^4 + m^2k^2; & |BC| &= n^2m^2 + n^2k^2; \\ |AD| &= m^4 - m^2k^2; & |DC| &= n^2m^2 - n^2k^2; & |BD| &= 2m^2nk, \end{aligned}$$

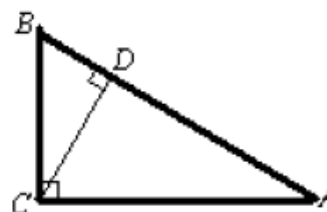
სადაც $m, n, k \in N; m > n > k$.

ცნობილია, რომ არსებობს უამრავი ისეთი არატოლფერდა დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის თუნდაც ერთი მედიანა გამოისახება ნატურალური რიცხვით. ასეთ სამკუთხედად გამოდგება თუნდაც ნებისმიერი პითაგორას სამკუთხედი, რომლის ჰიპოტენუზა გამოისახება ლუწი რიცხვით (სურ. 9).

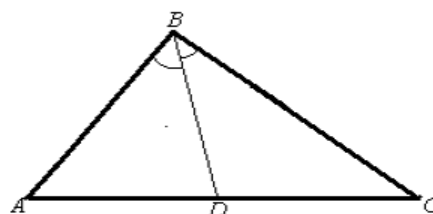
$$\begin{aligned} \angle C &= 90^\circ; & |BC| &= 2pq; & |AC| &= p^2 - q^2; \\ |AC| &= p^2 + q^2; & |CD| &= \frac{p^2 + q^2}{2}, \end{aligned}$$

სადაც $p, q \in N; p > q$ და p, q ლუწი რიცხვებია.

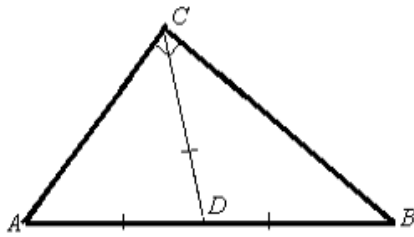
კითხვაზე, არსებობს თუ არა ისეთი არატოლფერდა დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის თუნდაც ერთი სიმაღლე გამოისახება ნატურალური რიცხვით, პასუხი დადებითია (სურ. 10).



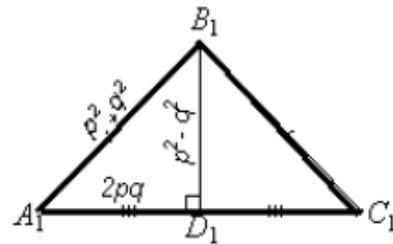
სურ. 7



სურ. 8



სურ. 9



სურ. 12

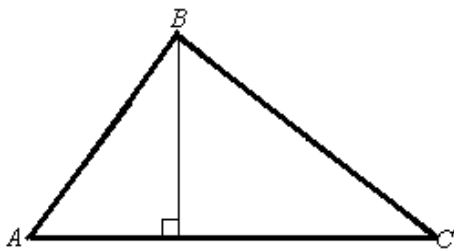
მართლაც, ვთქვათ $p, q \in \mathbb{N}$; $p > 1,5q$ და ΔABC - ში

$$|BC| = 4p^2 + 4q^2; |DC| = 8pq;$$

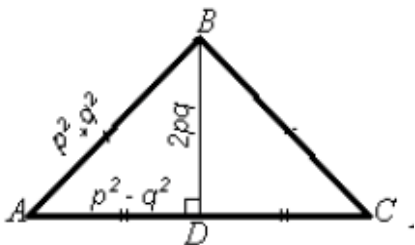
$$|AD| = 4(p - q)^2 - (p + q)^2; |AB| = 4(p - q)^2 + (p + q)^2;$$

$$|BD| = 4p^2 - 4q^2.$$

რაც შეეხება ისეთ ტოლფერდა დიოფანტური სამკუთხედის არსებობას, რომლის თუნდაც ერთი სიმაღლე, ერთი მედიანა და ერთი ბისექტრისა გამოისახება ნატურალური რიცხვით, პასუხი დადებითია (სურ. 11 და სურ. 12).



სურ. 10



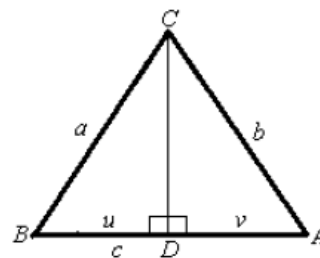
სურ. 11

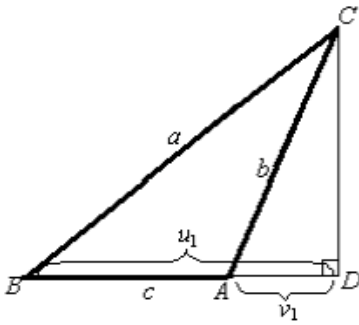
მართალია პასუხი გაცემულია ამ კითხვებზე, მაგრამ არ არის ნაპოვნი ყველა ასეთი სამკუთხედი.

აქ უნდა შევნიშნოთ, რომ დიოფანტური გეომეტრიული ფიგურების კვლევის აპარატი მუდმივი დამკვეთია რიცხვთა ელემენტარული თეორიისა. ის თითქმის ყოველი ამოცანის გადაჭრისას ადგენს და ხსნის გარკვეული სახის დიოფანტურ განტოლებას (ზოგჯერ ისეთსაც, რომლის განხილვა დღემდე არ ყოფილა დღის წესრიგში), რითაც პრაქტიკული ღირებულება შეიძინა და შემთხვევითი არ არის, რომ ასეთ ფიგურებს ვუწოდეთ დიოფანტური გეომეტრიული ფიგურები. დასმულ ამოცანათა აქტუალობასა და სირთულეზე წარმოდგენა რომ ვიქონიოთ, განვიხილოთ ჰუგო შტეინჰაუზის ერთი ამოცანა.

ამოცანა 1'. [2] არსებობს თუ არა მთელირიცხვა სამკუთხედი ისეთი გვერდებით, რომლის ფუძეზე დაშვებული სიმაღლე ფუძის ტოლია (სურ. 13).

ამ კითხვაზე პასუხი უარყოფითია: სამკუთხედი ამოცანის პირობაში მოცემული თვისებით არ არსებობს.





სურ. 13

ვთქვათ, $\triangle ABC$ -ს გვერდებია $a, b, c \in \mathbb{N}$ (სურ. 9).
და $|CD| = |AB| = c$. წინასწარ შევნიშნოთ, რომ $a \neq b$
(წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა შესრულდეს ტო-
ლობა $(2a)^2 = 5c^2$, რაც შეუძლებელია). ზოგადობის
შეუზღუდავად დავუშვათ $a > b$ (შევნიშნოთ, რომ
შეუძლებელია შესრულდეს უტოლობა $b \leq c$).

თუ გავითვალისწინებთ სამკუთხედის ელემენ-
ტებს შორის დამოკიდებულებას, მაშინ მივიღებთ
შემდეგ სისტემებს:

$$\begin{cases} a^2 = c^2 + u^2 ; \\ b^2 = c^2 + v^2 ; \\ c = u + v \end{cases} \quad (1_1) \text{ ან } \begin{cases} a^2 = c^2 + u_1^2 ; \\ b^2 = c^2 + v_1^2 ; \\ c = u_1 - v_1, \end{cases} \quad (2_1)$$

სადაც $u, v, u_1, v_1 \in \mathbb{N}$.

მართლაც ადვილი საჩვენებელია, რომ u, v, u_1, v_1
ნატურალური რიცხვებია.

ვინაიდან $a > c$, ამიტომ $k = u^2 = a^2 - c^2$ ნატუ-
რალური რიცხვია, ხოლო $u = \frac{a^2 - b^2 - c^2}{2c} \in \mathbb{Q}_+$.

ვთქვათ, $u = \frac{p}{q}$, სადაც $p, q \in \mathbb{N}$ და $(p, q) = 1$. გვაქვს:

$$\begin{cases} c, p, q, k \in \mathbb{N}; (p, q) = 1; \\ k = u^2; p^2 = kq^2; u = \frac{p}{q}; v = c - u. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} &\Rightarrow \begin{cases} c, p \in \mathbb{N}; q = 1; \\ u = p; v = c - u. \end{cases} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{cases} u \in \mathbb{N}; \\ v \in \mathbb{N}. \end{cases} \end{aligned}$$

ე.ი. u და v ნატურალური რიცხვებია.

ანალოგიურად შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ
რიცხვები $u_1, v_1 \in \mathbb{N}$, ე.ი. მოცემული ამოცანის
ამოხსნა დადის სისტემის ამოხსნაზე:

$$\begin{cases} a^2 - b^2 = u^2 - v^2 ; \\ c = u + v \end{cases} \quad (3_1)$$

ან
$$\begin{cases} a^2 - b^2 = u^2 - v^2 ; \\ c = u - v. \end{cases} \quad (4_1)$$

ნატურალურ a, b, c, u, v რიცხვებში, სადაც $a > b > c$.

დავამტკიცოთ, რომ $a^2 - b^2 = u^2 - v^2$ განტოლე-
ბის ამოხსნა ნატურალურ a, b, u, v ($a > b$) რიცხვებ-
ში მოიცემა ფორმულებით [4]:

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{2}(ms + nr); \\ b &= \frac{1}{2}(ms - nr); \\ u &= \frac{1}{2}(ns + mr); \\ v &= \frac{1}{2}(ns - mr), \end{aligned} \quad (5_1)$$

სადაც m, n, r, s ნატურალური რიცხვებია, ისეთები,
რომ $(m, n) = 1, ms > nr, ns > mr$, ამასთან s და r
რიცხვები ერთდროულად ლუწია ან m, n, r, s ყვე-
ლა რიცხვი კენტია.

$a^2 - b^2 = u^2 - v^2$ განტოლების თითოეული ამო-
ხსნის ნატურალურ რიცხვებში (5₁)-ით მოცემულ
რიცხვებში გვხვდება მხოლოდ ერთხელ. ვაჩვენოთ!

დავუშვათ, $a, b, u, v \in \mathbb{N}$ რიცხვები აკმაყოფილებს
 $a^2 - b^2 = u^2 - v^2$ განტოლებას (6₁).

ვთქვათ, $s = (a + b, u + v)$, მაშინ $a + b = ms$, $u + v = ns$, სადაც $m, n, \in N$ და $(m, n) = 1$. თუ ჩავსვამთ მიღებულ $(a + b)$ და $(u + v)$ -ს $(a + b)(a - b) = (u + v)(u - v)$ განტოლებაში, მივიღებთ $(a - b)m = (u - v)n$ (7₁), ვინაიდან $(m, n) = 1$, ამიტომ $(a - b) \equiv 0 \pmod{n}$, მაგრამ ვინაიდან $a > b$, ამიტომ $(a - b) = nr$, სადაც r რომელიღაც ნატურალური რიცხვია. ამ უკანასკნელის (7₁)-ში ჩასმით მივიღებთ $nrm = (u - v)n$, საიდანაც $u - v = mr$, ე.ი. გვაქვს: $a + b = ms, u + v = ns, (a - b) = nr, u - v = mr$, საიდანაც მივიღებთ (5₁)-ს.

ვინაიდან $u, v \in N$, ამიტომ უნდა სრულდებოდეს უტოლობები: $ns > mr$ და $ms > nr$. ამას გარდა, r და s უნდა იყოს ერთნაირი ლუწ-კენტონების. მართლაც, თუ იქნებოდა ლუწი, ხოლო s - კენტი, მაშინ, $ms + nr = 2a$ ტოლობიდან გამომდინარე, n იქნებოდა ლუწი, ხოლო $ns + mr = 2u$ ტოლობიდან - m ლუწი, მაგრამ $(m, n) = 1$. თუ r და s რიცხვები კენტია, მაშინ $ms + nr = 2a$ ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ m და n -იც კენტი რიცხვებია (ვინაიდან m და n ერთდროულად არ შეიძლება იყოს ლუწი $(m, n) = 1$) და არ შეიძლება იყოს სხვადასხვა ლუწ-კენტონების (ვინაიდან $ms + nr = 2a$). ამრიგად, r და s ერთდროულად ლუწია ან m, n, r, s ერთდროულად კენტი.

მეორე მხრივ, თუ ნატურალური რიცხვები m, n, r და s , სადაც $(m, n) = 1$, არის ზემოთ აღნიშნული თვისების, ამასთან $ns > mr$ და $ms > nr$, მაშინ (5₁) ფორმულით მოცემული რიცხვები a, b, u და v აკმაყოფილებს $a^2 - b^2 = u^2 - v^2$ განტოლებას. ადვილი შესამოწმებელია, რომ ამ განტოლების (5₁)-

ით მოცემული თითოეული ამონახსნი გვხვდება მხოლოდ ერთხელ. მართლაც (5₁)-დან გამომდინარეობს, რომ $a + b = ms, u + v = ns$ (ვინაიდან $(m, n) = 1$), ე.ი. $s = (a + b, u + v)$. აქედან ვასკვნით, რომ რიცხვები s, m, n და r სრულად განისაზღვრება a, b, u და v რიცხვებით. რ.დ.გ.

(1₁)-იდან და (5₁)-იდან მივიღებთ: $m^2s^2 + n^2r^2 = 4n^2s^2 + n^2s^2 + m^2r^2$ ანუ $(m^2 - n^2)(s^2 - r^2) = (n^2 - m^2)(r^2 - s^2) = 4n^2s^2$ (8₁). ამასთან $(m, n) = 1$. დავამტკიცოთ, რომ (8₁) და (9₁) განტოლებას $(m^2 - n^2)(s^2 - r^2) = 4m^2r^2$ (9₁), რომელიც მიიღება (5₁)-ის (2₁)-ში ჩასმით, არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

ზოგადობის შეუზღუდავად დავუშვათ $(r, s) = 1$ (თუ $(r, s) = d > 1$, მაშინ $r = d \cdot r_1, s = d \cdot s_1$, საიდანაც $(m^2 - n^2)(s_1^2 - r_1^2) = 4n^2s^2$, სადაც $(r_1, s_1) = 1$).

ვთქვათ, $(m^2 - n^2, 4s^2) = \alpha$ ($m > n$). მაშინ $m^2 - n^2 = \alpha\gamma, 4s^2 = \alpha\delta$, სადაც γ და δ ნატურალური რიცხვებია. ამასთან $(\gamma, \delta) = 1$. (8₁)-ში ჩასმით მივიღებთ $(s^2 - r^2)\alpha\gamma = n^2\alpha\delta$ ანუ $(s^2 - r^2)\gamma = n^2\delta$. ვინაიდან $(\gamma, \delta) = 1$, ამიტომ $(s^2 - r^2) \equiv 0 \pmod{\delta}$ და აქედან გამომდინარე $s^2 - r^2 = \beta\delta$, სადაც β რომელიღაც ნატურალური რიცხვია. ამრიგად, $\beta\gamma\delta = n^2\delta$ ანუ საბოლოოდ $n^2 = \beta\gamma$. მეორე მხრივ, თუ $\alpha, \beta, \gamma, \delta \in N$ და $m^2 - n^2 < \alpha\gamma, s^2 - r^2 = \beta\delta, n^2 = \beta\gamma, 4s^2 = \alpha\beta$, ამიტომ $(m^2 - n^2)(s^2 - r^2) = 4n^2s^2$.

ვინაიდან $(m^2 - n^2, n^2) = 1$ (ეს გამომდინარეობს $(m, n) = 1$ -იდან), ამიტომ $\gamma = 1$, ხოლო $s^2 - r^2 = \beta\delta, 4s^2 = \alpha\delta$ და $4s^2 - 4(s^2 - r^2) = 4r^2$ ტოლობებიდან,

ვასკენით, რომ $4r^2 \equiv 0 \pmod{\delta}$ და $4s^2 \equiv 0 \pmod{\delta}$. ვინაიდან $(r^2, s^2) = 1$ (ეს გამომდინარეობს $(r, s) = 1$ -იდან), ამიტომ $4 \equiv 0 \pmod{\delta}$. ამრიგად, $\delta=4$ ან $\delta=2$, ან $\delta=1$.

თუ $\delta=4$, მაშინ $m^2 - n^2 = s^2$, $s^2 - r^2 = 4n^2$, $s^2 + n^2 = m^2$, $r^2 + (2n)^2 = s^2$. უკანასკნელი ტოლობიდან (ვინაიდან $(r, s) = 1$) გამომდინარეობს, რომ მოძებნება $p, q \in N$ ისეთები, რომ $n = pq$, $s = p^2 + q^2$, $(p, q) = 1$. აქედან გამომდინარე, $s^2 + n^2 = p^4 + 3p^2q^2 + q^4 = m^2$ (10i).

გ.ჩ. პოკლინგტონმა დაამტკიცა, რომ $x^4 + kx^2y^2 + y^4 = z^2$ განტოლებას არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ x, y, z რიცხვებში k -ს ზოგიერთი მნიშვნელობისათვის, მათ შორის $k=3$ -სათვისაც (მკითხველი **3' ამოცანაში** იხილავს $k=3$ -ის დამტკიცების ჩვენს ვარიანტს)

თუ $\delta=2$, მაშინ $m^2 - n^2 = 2s$, $s^2 - r^2 = 2n^2$ ანუ $n^2 + 2s^2 = m^2$, $r^2 + 2n^2 = s^2$. პირველი ტოლობის ორივე მხარის r^2 -ზე, ხოლო მეორის m^2 -ზე გამრავლებით მივიღებთ $n^2r^2 + 2r^2s^2 = m^2r^2$, $m^2r^2 + 2m^2n^2 = m^2s^2$, საიდანაც $2m^2n^2 + 2r^2s^2 = m^2s^2 - n^2r^2$.

ვთქვათ, $x = mn$, $y = rs$, $a_1 = \frac{1}{2}(ms + nr)$, $b_1 = \frac{1}{2}(ms - nr)$.

ვინაიდან რიცხვი $(m^2s^2 - n^2r^2)$ ლუწია, ამიტომ რიცხვები ms და nr ან ორივე ერთდროულად ლუწია, ან ორივე ერთდროულად კენტი. აქედან გამომდინარეობს, რომ a_1 და b_1 ნატურალური რიცხვებია. ადვილი შესამოწმებელია, რომ $x^2 + y^2 = 2a_1b_1$

და $xy = a_1^2 - b_1^2$. აქედან გამომდინარე, $x^4 + 3x^2y^2 + y^4 = (a_1 + b_1)^2$.

მაშასადამე, კვლავ მივედით პოკლინგტონის განტოლებასთან, რომელსაც არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

საბოლოოდ, თუ $\delta=1$, $m^2 - n^2 = 4s^2$ და $s^2 - r^2 = n^2$. $n^2 + (2s)^2 = m^2$ ($(m, n) = 1$ -ის გათვალისწინებით) პითაგორას განტოლებიდან ვასკენით, რომ s ლუწია. პითაგორას $n^2 + r^2 = s^2$ მეორე განტოლებიდან (ვინაიდან $(r, s) = 1$) გამომდინარეობს, რომ s კენტია. მაშასადამე განტოლებათა სისტემა

$$\begin{cases} n^2 + (2s)^2 = m^2, \\ n^2 + r^2 = s^2 \end{cases} \text{ წინააღმდეგობრივია.}$$

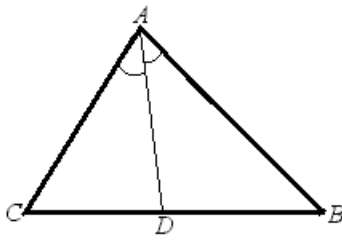
ანალოგიურად შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ თუ $m < n$, მაშინ (9i)-ს მიყვავართ წინააღმდეგობამდე.

ამრიგად, ისეთი სამკუთხედი, რომლის გვერდები გამოისახება მთელი რიცხვებით და ერთ-ერთი სიმაღლე იმ გვერდის ტოლია, რომელზედაც ის არის დაშვებული, არ არსებობს.

ჩვენ მიერ იქნა დასმული ამოცანა 1'-ის მსგავსი ამოცანა 2' და ამოცანა 3'.

ამოცანა 2'. არსებობს თუ არა დიოფანტური სამკუთხედი a, b და c გვერდებით, რომლის რომელიმე გვერდისადმი გავლებული მედიანა ამ გვერდის ტოლია.

ამ ამოცანის ამოხსნა დაიყვანება $2b^2 + 2c^2 = 5a^2$ დიოფანტური განტოლების ამოხსნაზე, რომელსაც აქვს უამრავი ამონახსნი: $b = (3m^2 + 2mn - 3n^2)t$; $c = (m^2 + 6mn - n^2)t$; $a = (2m^2 + 2n^2)t$, სადაც $m, n, t \in N$ და $m > n$.



სურ. 14

ამოცანა 3. არსებობს თუ არა დიოფანტური სამკუთხედი a, b და c გვერდებით, რომლის რომელიმე გვერდისადმი გავლებული ბისექტრისა ამ გვერდის ტოლია.

წინასწარ შევნიშნოთ, რომ თუ ასეთი დიოფანტური სამკუთხედი არსებობს, მაშინ იარსებებს ამავე თვისების მქონე ისეთი დიოფანტური სამკუთხედიც, რომლის სამივე გვერდის უდიდესი გამყოფი 1-ის ტოლი იქნება.

ვთქვათ, ეს სამკუთხედი $\triangle ABC$ (სურ. 14), რომლისთვისაც $[AD]$ ბისექტრისაა; $|AD| = |BC| = a$; $|AC| = b$ და $|AB| = c$ სადაც $a, b, c \in N$; $(a, b, c) = 1$.

$$[AD] \text{ ბისექტრისა} \Rightarrow \begin{cases} \frac{|CD|}{|AD|} = \frac{|AC|}{|AB|} = \frac{b}{c}; \\ |CD| + |AD| = a; \\ |AD|^2 = |AC| \cdot |AB| - |CD| \cdot |DB|; \\ |AD| = a; |AC| = b; |AB| = c. \end{cases}$$

საიდანაც მივიღებთ $a^2 = \frac{bc(b+c)^2}{bc+(b+c)^2}$. (1)

ვთქვათ, $(b;c) = t$ (2). მაშინ ზემოთქმულიდან $(a;t) = 1$. (2)-დან გამომდინარე მოიძებნება $B; C \in N$ ისეთები, რომელთათვისაც $b = B \cdot t$; $c = C \cdot t$ და $(B;C) = 1$ (3).

(3)-ის (1)-ში შეტანით და გამარტივებით მივიღებთ:

$$a^2 = \frac{BC(B+C)t^2}{B^2 + 3BC + C^2}; \quad (4)$$

$$(B;C) = 1 \Rightarrow (BC(B+C); BC + (B+C)^2) = 1. \quad (5)$$

(5)-ისა და იმის გათვალისწინებით, რომ $(a;t) = 1$, (4)-დან მივიღებთ

$$\begin{cases} t^2 = B^2 + 3BC + C^2; \\ a^2 = BC(B+C)^2. \end{cases} \quad (6)$$

B, C და $(B+C)^2$ წყვილ-წყვილად თანამარტივი რიცხვებია, ამიტომ მოიძებნება $p, q \in N$ ისეთები, რომ

$$\begin{cases} B = p^2; \\ C = q^2. \end{cases} \quad (7)$$

(7)-ის (6)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$\begin{cases} t^2 = (p^2 + q^2) + (pq)^2; \\ a = pq(p^2 + q^2); \\ (p; q) = 1 \end{cases} \quad (8)$$

ანუ

$$\begin{cases} t^2 = p^4 + 3p^2q^2 + q^4; \\ a = pq(p^2 + q^2); \\ (p; q) = 1. \end{cases} \quad (9)$$

განვიხილოთ განტოლება $Z^2 = X^2 + 3XY + Y^2$, სადაც

$$X, Y, Z \in N; (X, Y, Z) = 1. \quad (10)$$

ეს განტოლება ერთგვაროვანია და, აქედან გამომდინარე, რიცხვთა წყვილი $x = \frac{X}{Y}, y = \frac{Y}{Z}$ კმნის $C : (x^2 + 3xy + y^2) \subset R$ წირს, რომელიც, როგორც ადვილად დავრწმუნდებით, შეიძლება პარამეტრიზებული იქნეს შემდეგი სახით: $x = \frac{1-\lambda^2}{-\lambda^2+3\lambda-1}$;

$$y = \frac{3\lambda^2 - \lambda}{-\lambda^2 + 3\lambda - 1}, \text{ სადაც } \lambda = \frac{x-1}{1-y}. \quad (10)\text{-ის ყველა}$$

მთელი ამონახსნი იქნება:

$$\begin{aligned} X &= n^2 - m^2; \\ Y &= 3m^2 - 2mn; \\ Z &= -m^2 + 3mn - n^2, \end{aligned} \quad (11)$$

ხოლო (11), (12) დამატებითი პირობით მოგვცემს 10)-ის ყველა ნატურალურ ამონახსნებს:

$$m, n \in N; \quad \frac{2}{3}n < m < n; \quad (m; n) = 1. \quad (12)$$

ახლა განვიხილოთ განტოლება $t^2 = p^4 + 3p^2q^2 + q^4$, სადაც $t, p, q \in N$ და

$$(t; p) = (t; q) = (p; q) = 1. \quad (13)$$

ვთქვათ, (13)-ის ნატურალურ ამონახსნთა სამეულია $(t_0; p_0; q_0)$, რომელთათვისაც $(t_0; p_0) = (t_0; q_0) = (p_0; q_0) = 1$ და ამასთან t_0 უმცირესია. (11) და (12)-ის თანახმად, მოიძებნება $m_0, n_0 \in N$ და

$$\frac{2}{3}n_0 < m_0 < n_0, \text{ საიდანაც}$$

$$\begin{cases} p_0^2 = n_0^2 - m_0^2; \\ q_0^2 = 3m_0^2 - 2m_0n_0; \\ m_0; n_0; p_0; q_0 \in N; \\ \frac{2}{3}n_0 < m_0 < n_0; (m_0; n_0) = (p_0; q_0) = 1 \end{cases} \Rightarrow \quad (14)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} n_0^2 = p_0^2 + m_0^2; \\ q_0^2 = m_0(3m_0 - 2n_0); \\ m_0; n_0; p_0; q_0 \in N; \\ (m_0; n_0) = (p_0; q_0) = 1. \end{cases}$$

(14)-დან გამომდინარე, მოიძებნება $a_1, b_1 \in N$; $(a_1, b_1) = 1$; $a_1 > b_1$, რომელთათვისაც

$$\begin{cases} n_0^2 = a_1^2 + b_1^2; \\ \begin{cases} m_0 = a_1^2 - b_1^2; & (1_1) \\ m_0 = 2a_1b_1; & (2_1) \end{cases} \\ a_1, b_1 \in N; \quad a_1 > b_1; (m_0; n_0) = (a_1; b_1) = 1. \end{cases} \quad (15)$$

განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

$$\text{I. } (1_1) \begin{cases} n_0^2 = a_1^2 + b_1^2; m_0 = a_1^2 - b_1^2; \\ a_1, b_1 \in N; a_1 > b_1; (a_1; b_1) = 1; \\ (a_1^2 + b_1^2; a_1^2 - b_1^2) = 1. \end{cases} \quad (16)$$

(16)-ის ჩასმით (14)-ის მეორე განტოლებაში, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} q_0^2 &= m_0(3m_0 - 2n_0) = \\ &= (a_1^2 - b_1^2) \left(3(a_1^2 - b_1^2) - 2(a_1^2 + b_1^2) \right) = \\ &= (a_1^2 - b_1^2) (a_1^2 - 5b_1^2) \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \begin{cases} (a_1; b_1) = 1; \\ (a_1^2 + b_1^2; a_1^2 - b_1^2) = 1. \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} (a_1; b_1) = 1; \\ (2b_1^2; a_1^2 - b_1^2) = 1. \end{cases} \Rightarrow \\ \Rightarrow \begin{cases} (a_1; b_1) = 1; \\ (4b_1^2; a_1^2 - b_1^2) = 1. \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} (a_1; b_1) = 1; \\ (a_1^2 - b_1^2; a_1^2 - 5b_1^2) = 1. \end{cases} \end{aligned} \quad (18)$$

(17) და (18)-დან გამომდინარე, მოიძებნება $l, k \in N$; $(l, k) = 1$, რომელთათვისაც

$$\begin{aligned} \begin{cases} a_1^2 - b_1^2 = l^2; \\ a_1^2 - 5b_1^2 = k^2; \\ a, b, k, l \in N; \\ (a_1; b_1) = (l; k) = 1 \end{cases} &\Rightarrow \\ \Rightarrow \begin{cases} a_1^2 = b_1^2 + l^2; \\ 4b_1^2 = l^2 - k^2; \\ a, b, k, l \in N; \\ (a_1; b_1) = (l; k) = 1 \end{cases} &\Rightarrow \quad (19) \\ \Rightarrow \begin{cases} a_1^2 = b_1^2 + l^2; \\ l^2 = (2b_1)^2 + k^2; \\ a, b, k, l \in N; \\ (a_1; b_1) = (l; k) = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

ე.ი. მოიძებნება $a_0, b_0 \in N$, რომელთათვისაც

$$\begin{cases} l = a_0^2 + b_0^2; \\ 2b_1 = 2a_0b_0; \\ a_1^2 = b_1^2 + l^2; \\ a, b, a_0, b_0 \in N \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1^2 = (a_0 b_0)^2 + (a_0^2 + b_0^2)^2; \\ a_0, b_0, a \in N. \end{cases} \quad (20)$$

(17)-დან

$$\begin{aligned} a_1^2 &> 5b_1^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow a_1^2(a_1^2 - 1) &> 5b_1^2(5b_1^2 - 1) > b_1^2(5b_1^2 + 1) \Rightarrow . \quad (21) \\ \Rightarrow a_1^4 - 5b_1^4 &> a_1^2 + b_1^2 \Rightarrow t_0 > n_0 > a_1 \end{aligned}$$

ეს ეწინააღმდეგება ჩვენს დაშვებას. ე.ი. (8)-ს ამ პირობით ნატურალურ რიცხვებში არ გააჩნია ამონახსნი.

$$\text{II.} \quad (2_{-1}) \quad \begin{cases} n_0 = a_1^2 + b_1^2; \\ m_0 = 2a_1 b_1; \\ a_1, b_1 \in N; (a_1; b_1) = 1; \\ (a_1^2 + b_1^2; 2a_1 b_1) = 1. \end{cases} \quad (22)$$

(22)-დან გამომდინარე და (23) სხვადასხვა ლუწკენტოვნებისაა. (22)-ის ჩასმით (14)-ის მეორე განტოლებაში მივიღებთ:

$$q_0^2 = m_0(3m_0 - 2n_0) = 4a_1 b_1 (3a_1 b_1 - a_1^2 - b_1^2). \quad (24)$$

(22), (23) და (24)-დან გამომდინარე, მოიძებნება $a_0, b_0 \in N, (a_0, b_0) = 1$ ისეთები, რომ

$$a_1 = a_0^2, b_1 = b_0^2. \quad (25)$$

(22), (24) და (25)-დან გამომდინარე, მოიძებნება $A \in N$, რომლისთვისაც მის ყველა $3a_0^2 b_0^2 - a_0^4 - b_0^4 = A^2$ ნატურალურ ამონახსნს ექნება სახე:

$$\begin{cases} l_0, k_0 \in N; (l_0, k_0) = 1; (a_0; b_0) = 1 \\ a_0^2 = (l_0 + k_0)^2 + l_0^2; \\ b_0^2 = (l_0 + k_0)^2 + k_0^2; \\ A = l_0^2 + 3l_0 k_0 + k_0^2. \end{cases} \quad (26)$$

ვინაიდან a_0 ან b_0 ლუწია, ამიტომ (26)-ის პირველ ან მეორე განტოლებას არ ექნება ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში (წყვილ-წყვილად თანამართივი პითაგორას სამეულის ჰიპოტენუზის სიგრძე

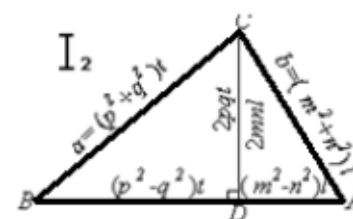
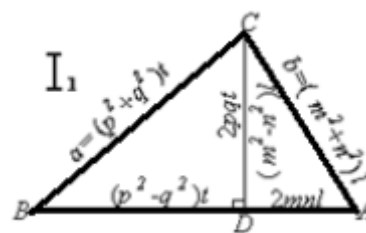
არ შეიძლება იყოს ლუწი. ეს დებულება ძალიან მარტივად მტკიცდება. განიხილება ნაშთები, რომლებიც მიიღება მარჯვენა და მარცხენა მხარის 4-ზე გაყოფით). ამიტომ არც (8)-ს ექნება ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

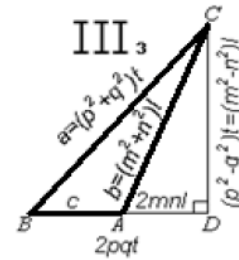
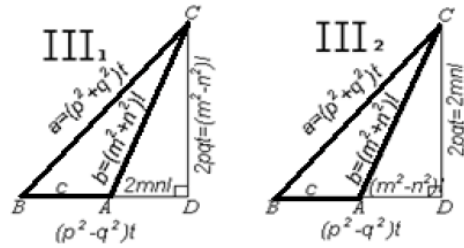
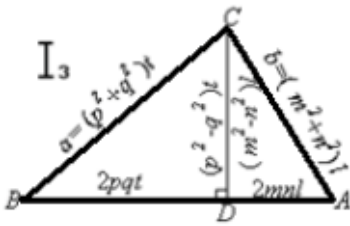
საბოლოოდ მივიღებთ, რომ (8)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში, რაც იმას ნიშნავს, რომ არ არსებობს დიოფანტური სამკუთხედი, რომელიც აკმაყოფილებს მე-3 ამოცანის პირობებს.

განსაზღვრება. ჰერონის სამკუთხედს უწოდებენ ისეთ მთელირიცხვგვერდებიან სამკუთხედს (ანუ ჩვენებურად დიოფანტურ სამკუთხედს), რომლის ფართობი გამოისახება ნატურალური რიცხვით.

ჰერონის სამკუთხედების უმარტივესი მაგალითებია (იხ. სურ. 7 და სურ. 8) ტოლფერდა სამკუთხედები გვერდებით: ა) $p^2 + q^2, p^2 + q^2, 2p^2 - 2q^2$; ბ) $p^2 + q^2, p^2 + q^2, 4pq$; ($p, q \in N; p > q$).

ორივე შემთხვევაში $S_{\Delta} = 2pq(p^2 - q^2)$. ჰერონის ყველა სამკუთხედის მისაღებად განხილული უნდა იქნეს სამი შემთხვევა: I, II, და III.

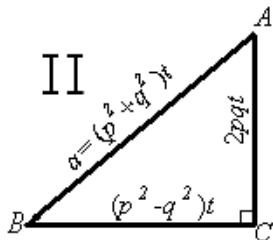




სადაც $\begin{cases} p, q, m, n, l, t, a, b, c \in N; \\ p > q; a + b > c; b + c > a; a + c > b. \end{cases}$ (27)

აქ ჰერონის ყველა სამკუთხედის მისაღებად უნდა ამოიხსნას შემდეგი დიოფანტური განტოლებები: I₁-სათვის – $2pqt = (m^2 - n^2)t$; I₂-სათვის – $2pqt = 2mnl$; I₃-სათვის – v ; სამივე შემთხვევაში უნდა იყოს გათვალისწინებული პირობა (27). კერძოდ, ჰერონის რომელიმე სამკუთხედის მიღება შემდეგნაირად არის შესაძლებელი: მაგ., I₁-სათვის გვაქვს s . თუ ავიღებთ $l = t = 1$; $m = 2m_1$; $n = 2n_1$, სადაც $m_1, n_1 \in N$ და $n_1 < m_1 < 3n_1$,

$p = \frac{m+n}{2} = m_1 + n_1, q = m - n = 2m_1 - 2n_1$, მაშინ



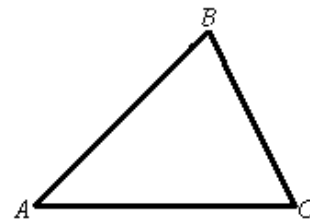
$$\begin{cases} a = (m_1^2 + n_1^2) - (2m_1 - 2n_1)^2 = 5m_1^2 - 6m_1n_1 + 5n_1^2; \\ b = 4m_1^2 + 4n_1^2; \\ c = (m_1 + n_1)^2 - (2m_1 - 2n_1)^2 + 8m_1n_1 = -3m_1^2 + 18m_1n_1 - 3n_1^2; \\ S_{\Delta} = pqc = 6(m_1^2 - n_1^2)(6m_1n_1 - m_1^2 - n_1^2). \end{cases}$$

ცხადია, პითაგორას ყოველი სამკუთხედი ჰერონისაა. მართლაც, $S_{\Delta} = 0.5|BC| \cdot |AC| = pq(p^2 - q^2)t^2$, სადაც $p, q, t \in N; p > q$.

აქაც, ანალოგიურად I-ისა, ჰერონის ყველა სამკუთხედის მისაღებად უნდა ამოიხსნას, (27) პირობით, შემდეგი დიოფანტური განტოლებები: III₁-სათვის – $2pqt = (m^2 - n^2)t$; III₂-სა და III₃-სათვის – $2pqt = 2mnl(p^2 - q^2)t = (m^2 - n^2)t$. განსხვავებულია მხოლოდ c-ს პოვნის პროცედურა.

აქაც, როგორც I-ელ შემთხვევაში, ანალოგიურად შეგვიძლია შევადგინოთ ჰერონის რომელიმე სამკუთხედი.

ამოცანა 4. ვიპოვოთ ჰერონის სამკუთხედის გვერდები ანუ ვიპოვოთ ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ფართობი გამოისახება ნატურალური რიცხვით.



მოც: $\Delta ABC; |AB| = c; |BC| = a; |AC| = b;$
 $S_{\Delta ABC} = S;$
 $a, b, c, S \in N.$

 უკ: $a, b, c.$

ΔABC -სათვის ჰერონის ფორმულით გვაქვს:

$$(a+b+c)(a+b-c)(a+c-b)(b+c-a) = 16S^2. \quad (1)$$

ვთქვათ,

$$\begin{cases} (a+b-c) = 2mt; \\ (b+c-a) = 2nt; \\ (a+c-b) = 2pt. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c = (n+p)t; \\ b = (m+n)t; \\ a = (m+p)t; \\ a+b+c = 2(m+n+p)t. \end{cases} \quad (2)$$

(2)-ის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ:

$$t^4(m+n+p)mnp = S^2 \Rightarrow S = t^2 \sqrt{(m+n+p)mnp}. \quad (3)$$

ვთქვათ, $S = t^2 pv$. (3)-ში ჩასმით მივიღებთ:

$$\begin{cases} p = \frac{(m+n)mn}{v^2 - mn}; \\ a = \left(m + \frac{(m+n)mn}{v^2 - mn}\right)t; \quad b = (m+n)t; \quad c = \left(n + \frac{(m+n)mn}{v^2 - mn}\right)t. \\ S = \frac{t^2(m+n)mnv}{v^2 - mn}. \end{cases} \quad (4)$$

თუ $t = v^2 - mn$, მაშინ (4)-დან მივიღებთ:

$$\begin{cases} a = m(v^2 + n^2); \quad b = (m+n)(v^2 - mn); \quad c = m(v^2 + m^2); \\ S = mnv(m+n)(v^2 - mn). \end{cases} \quad (5)$$

ე.ი. თუ ავიღებთ ისეთ m, n, v -ს, რომელთათვისაც: $m, n, v \in N$ და $v^2 > mn$, მაშინ (5)-ით იქნება მოცემული საძიებელი a, b და c გვერდები (ცხადია, არა ჰერონის ყველა სამკუთხედის).

ე.ი.

$$\begin{cases} a = m(v^2 + n^2); \quad b = (m+n)(v^2 - mn); \quad c = n(v^2 + m^2); \\ S = mnv(m+n)(v^2 - mn). \end{cases}$$

სადაც $m, n, v \in N$ და $v > \sqrt{mn}$.

მაგალითად, თუ $v = m > n$, მაშინ (5)-დან

მივიღებთ ამონახსნთა ერთობლიობას:

$$a = m(m^2 + n^2); \quad b = (m+n)m(m-n); \quad c = 2m^2n;$$

$$S = m^3n(m^2 - n^2), \text{ სადაც } m, n \in N \text{ და } m > n \quad (6).$$

(6)-დან გამომდინარე

$$h_b = \frac{2S}{b} = \frac{2m^3n(m^2 - n^2)}{m(m^2 - n^2)} =$$

$$2m^2n; \quad h_c = \frac{2S}{c} = \frac{2m^3n(m^2 - n^2)}{2m^2n} = m(m^2 - n^2).$$

ე.ი. ასეთი სახის დიოფანტურ სამკუთხედში ორი სიმაღლე დიოფანტური მონაკვეთია: ამასთან $m = k(k^2 + 1)$ და $n = k^2 + 1$; $k \in N$, მაშინ სამივე სიმაღლე იქნება დიოფანტური მონაკვეთი.

წრეწირს ვუწოდებთ დიოფანტური, თუ მისი რადიუსი გამოსახება ნატურალური რიცხვით.

ამოცანა 5'. ვიპოვოთ ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლისთვისაც მასზე შემოხაზული და მასში ჩახაზული წრეწირები დიოფანტურებია.

ასეთი სამკუთხედი უამრავია. მაგალითად თუ (5)-ში ჩავსვამთ $v = mn$, მაშინ მასზე შემოხაზულ,

$$R = \frac{abc}{4S} =$$

$$\frac{m(v^2 + n^2) \cdot n(v^2 + m^2)(m+n)(v^2 - mn)}{mnv(m+n)(v^2 - mn)} = \frac{(v^2 + n^2)(v^2 + m^2)}{v} =$$

$$\frac{(m^2n^2 + n^2)(m^2n^2 + m^2)}{mn} = \frac{m^2n^2(m^2 + 1)(n^2 + 1)}{mn} =$$

$$mn(m^2 + 1)(n^2 + 1),$$

ამ დიოფანტურ სამკუთხედში ჩახაზული წრეწირის რადიუსი იქნება:

$$r = \frac{2S}{P_{\Delta}} = \frac{2mn(m+n)(v^2 - mn)}{2(m+n)v^2} =$$

$$\frac{mn(v^2 - mn)}{v} = \frac{mn(m^2n^2 - mn)}{mn} = m^2n^2 - mn.$$

ე.ი. ამ დიოფანტურ სამკუთხედში როგორც შემოხაზული, ისე ჩახაზული წრეწირი დიოფანტურია.

საინტერესოა, არსებობს თუ არა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ყოველი შიგა კუთხე π -ის თანაზომადია. ამ საკითხთან დაკავშირებით განვიხილოთ ამოცანა.

(ლემა) ამოცანა 6'. დავამტკიცოთ, რომ თუ α არის π -ის თანაზომადი და $\cos \alpha \in Q$, მაშინ $\cos \alpha$ -ს შეუძლია მიიღოს მხოლოდ ერთ-ერთი მნიშვნელობა ჩამოთვლილთაგან: -1 ; $-\frac{1}{2}$; 0 ; $\frac{1}{2}$; 1 .

მათემატიკური ინდუქციის მეთოდის გამოყენებით ადვილი დასამტკიცებელია, რომ $\cos ka = 2^{k-1} \cdot \cos^k a + b_1 \cdot \cos^{k-2} a + \dots$, (1), სადაც $k \in N \setminus \{1\}$; $b_1, b_2, \dots \in Z \setminus \{0\}$.

(1)-დან გამომდინარე, თუ $\cos \alpha$ რაციონალურია, მაშინ რაციონალური იქნება $\cos k\alpha$ -ც ($k \in N$). ახლა ვთქვათ, α არის π -ის თანაზომადი, ე.ი.

$$\alpha = \frac{m}{n}\pi, \text{ სადაც } m \in Z, n \in N \text{ და } \cos \frac{m}{n}\pi =$$

$\frac{u}{v} (u, v \in Z \setminus \{0\}; (u; v) = 1)$. მაშინ (1)-ის ძალით

$$\cos k \frac{m\pi}{n} = 2^{k-1} \cdot \frac{u^k}{v^k} + A_1 \cdot \frac{u^{k-2}}{v^{k-2}} + \dots, \quad (2)$$

სადაც $k \in N$; $A_1, A_2, \dots \in Z \setminus \{0\}$.

$k = n$ -სათვის ორივე მხარის v^{n-1} -ზე გამრავლებით მიიღება: $A = \frac{2^{n-1} \cdot u^2}{v} + B$ (3), სადაც $A, B \in Z$ და $n, |u|, v \in N$.

თუ v არის 2^p -საგან განსხვავებული რიცხვი, მაშინ $\frac{2^{n-1} \cdot u^2}{v} \notin Z$, ვინაიდან $(u; v) = 1$. ეს კი შეუძლებელია (3)-დან, ამიტომ $v = 2^p$ $p \in Z_0$ (4).

$$\text{ახლა ვთქვათ, } p \in Z_0 \text{ და } p \geq 2. \quad (5)$$

ამ შემთხვევაში ვაჩვენოთ, რომ თუ $\cos n\alpha = \frac{a_n}{2^{b_n}}$,

სადაც $(a_n; 2) = 1$ და $n, |a_n|, b_n \in N$, მაშინ $b_n > b_{n-1} > \dots > b_1$ და $(a_1; 2) = (a_2; 2) = \dots = (a_n; 2) = 1$.

დავამტკიცოთ მათემატიკური ინდუქციის მეთოდის გამოყენებით:

$$n = 1 \text{-სათვის } \cos \alpha = \frac{u}{2^p}, \quad (a_1; 2) = (u; 2) = 1.$$

$$n = 2 \text{-სათვის } \cos 2\alpha = \frac{u^2 - 2^{2p-1}}{2^{2p-1}}, \quad (a_2; 2) =$$

$(u^2 - 2^{2p-1}; 2) = (u^2; 2) = 1$ და $b_2 = 2p - 1 > p = b_1$. დავუშვათ მართებულია $n = k$ -სათვის, ე.ი.

$$\cos k\alpha = \frac{a_k}{2^{b_k}}; \cos(k-1)\alpha = \frac{a_{k-1}}{2^{b_{k-1}}};$$

$$(a_k; 2) = (a_{k-1}; 2) = 1 \text{ და } b_k > b_{k-1} > \dots > b_1.$$

დავამტკიცოთ მისი მართებულობა $n = k + 1$ -სათვის

$$\cos(k+1)\alpha = 2 \cos k\alpha \cos \alpha - \cos(k-1)\alpha =$$

$$\frac{a_k \cdot u - a_{k-1} \cdot 2^{p+b_k-b_{k-1}-1}}{2^{p+b_k-1}} = \frac{a_{k+1}}{2^{b_{k+1}}}.$$

$$\text{გვაქვს } (a_{k+1}; 2) = (a_k \cdot u - a_{k-1} \cdot 2^{p+b_k-b_{k-1}-1}; 2) = (a_k u; 2) = 1$$

და $b_{k+1} = p + b_k - 1 > b_k$.

მივიღეთ, რომ თუ $v = 2^p$, სადაც $p \in Z_0 \setminus \{0; 1\}$,

მაშინ $\cos k\alpha$ ვერ გახდება მთელი ვერც ერთი ნატურალური k რიცხვისათვის. მეორე მხრივ, $\cos 2n\alpha = \cos 2n \frac{m\pi}{n} = \cos 2\pi m = 1$, ე.ი. $v = 2^p$ და $p \in \{0; 1\}$, საიდანაც მივიღებთ დასამტკიცებელს.

ამ ლემიდან გამომდინარე დიოფანტური სამკუთხედებისათვის გვაქვს:

თეორემა 1'. თუ დიოფანტური სამკუთხედის ყველა შიგა კუთხე π -ის თანაზომადია, მაშინ ის აუცილებლად ტოლგვერდაა.

თეორემა 2'. თუ დიოფანტური სამკუთხედის ერთ-ერთი კუთხე π -ის თანაზომადია, მაშინ ის შეიძლება იყოს მხოლოდ: $\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}$ ან $\frac{2\pi}{3}$.

ცხადია, არ არსებობს ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის მხოლოდ ორი შიგა კუთხეა π -ის თანაზომადი, ვინაიდან სამკუთხედის შიგა კუთხეთა ჯამი π -ის ტოლია.

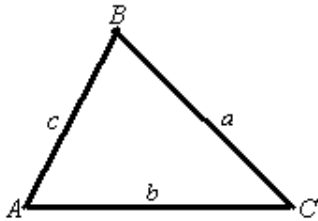
ამოცანა 7'. ვიპოვოთ ყველა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის შიგა კუთხე $\frac{\pi}{3}$ -ის ტოლია.

მოც: $\triangle ABC$; $\hat{A} = \frac{\pi}{3}$;

$|BC| = a$; $|AC| = b$; $|AB| = c$.

უკ. a, b, c .

ზოგადობის შეუზღუდავად ვთქვათ, რომ $b \geq c$.



$\triangle ABC$ -დან კოსინუსების თეორემით გვაქვს:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \frac{\pi}{3} =$$

$$b^2 + c^2 - bc = (b-c)^2 + c(b-c) + c^2,$$

ე.ი. $a^2 = (b-c)^2 + c(b-c) + c^2$. (1)

განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

1) $\begin{cases} b = c; \\ \hat{A} = \frac{\pi}{3}. \end{cases} \Rightarrow a = b = c$ (2) ე.ი. სამკუთხედი

ტოლგვერდაა;

2) $b > c$. განვიხილოთ $Z^2 = X^2 + XY + Y^2$ დიოფანტური განტოლება, სადაც $(X, Y, Z) = 1$. მის ყველა ნატურალურ ამონახსნს ვაძლევს $Z^2 = x^2 + xy + y^2$; $X = y^2 - x^2$; $Y^2 = x^2 - 2xy$ გამოსახულებები, სადაც $x, y \in N$; $y > x$ და $(x, y) = 1$.

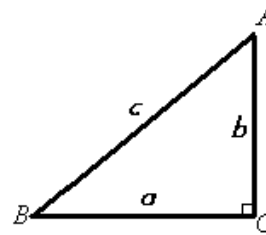
$(b, c) = t \Rightarrow ((b-c); c) = t$, ამიტომ (1) ყველა ნატურალური ამონახსნი იქნება:

$$\begin{cases} a = (x^2 + xy + y^2)t; c = (x^2 + 2xy)t; \\ b - c = (y^2 - x^2)t; \\ t, x, y \in N; (x, y) = 1; y > x, \end{cases}$$

საიდანაც $\begin{cases} a = (x^2 + xy + y^2)t; c = (x^2 + 2xy)t; \\ b = (y^2 + 2xy)t; \\ t, x, y \in N; (x, y) = 1; y > x. \end{cases}$ (3)

საბოლოოდ გვაქვს, რომ (2) და (3) იძლევა ასეთ დიოფანტურ სამკუთხედებს.

ამოცანა 8'. ვიპოვოთ ყველა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ერთ-ერთი კუთხეა $\frac{\pi}{2}$.



ცხადია, ასეთი სამკუთხედებია პითაგორას ყოველი სამკუთხედი. ამიტომ, ყოველი ასეთი დიოფანტური სამკუთხედი მოიცემა ფორმულით:

$$\begin{cases} c = (x^2 + y^2)t; \\ b = (y^2 - x^2)t; \\ a = 2xyt; \\ t, x, y \in N; (x, y) = 1; y > x \end{cases}$$

ან $\begin{cases} c = (x^2 + y^2)t; \\ b = 2xyt; \\ a = (y^2 - x^2)t; \\ t, x, y \in N; (x, y) = 1; y > x. \end{cases}$ (4)

ამოცანა 9. ვიპოვოთ ყველა ისეთი დიოფანტური სამკუთხედი, რომლის ერთი შიგა კუთხე $\frac{2}{3}\pi$ -ის ტოლია.

აქაც, ამოცანა 7/-ის ანალოგიურად, მივიღებთ

$$\begin{cases} a = (x^2 + xy + y^2)t; \\ b = (y^2 - x^2)t; \\ c = (x^2 + 2xy)t; \\ t, x, y \in N; (x; y) = 1; y > x \end{cases}$$

ან

$$\begin{cases} a = (x^2 + xy + y^2)t; \\ b = (x^2 + 2xy)t; \\ c = (y^2 - x^2)t; \\ t, x, y \in N; (x; y) = 1; y > x. \end{cases} \quad (5)$$

შევნიშნოთ, რომ $b \neq c$, $y^2 - x^2 = x^2 + 2xy$ ტოლობიდან ვღებულობთ $\frac{x}{y} = \frac{-1 \pm \sqrt{3}}{2}$, რაც შეუძლებელია, რადგან $x, y \in N$.

დასკვნა

მთელრიცხვა ბრტყელი გეომეტრიული ფიგურების ზოგიერთი კომბინატორული თვისების შესასწავლად განვიხილეთ გეომეტრიული ფიგურები.

ასეთ ფიგურებს ვუწოდებთ დიოფანტური იმ მოტივით, რომ თითოეული მათგანის თვისების დასადგენად საჭიროა გარკვეული დიოფანტური განტოლების (განტოლებათა სისტემის) ამოხსნა.

შემოტანილია შემდეგი ტერმინები: ბიდიოფანტური (ისეთი დიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყოველი ორი წვეროს კოორდინატი დეკარტის მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში შეიძლება იყოს მთელკოორდინატებიანი წერტილები), ფსევდოდიოფანტური (ისეთი მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყველა გვერდი გამოისახება ნატურალური რიცხვით, მაგრამ თუნდაც ერთ-ერთი დიაგონალი არ არის გამოსახული რაციონალური რიცხვით), ფსევდობიდიოფანტური (ისეთი ფსევდოდიოფანტური მრავალკუთხედი (მრავალწახნაგა), რომლის ყოველი წვერო წარმოდგენილია მთელკოორდინატებიან წერტილებად დეკარტის მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში). ასევე შემოტანილია სხვაგვარი ბრტყელი გეომეტრიული ფიგურებისათვის დიოფანტურობის, ბიდიოფანტურობის, ფსევდოდიოფანტურობისა და ფსევდობიდიოფანტურობის ცნებები და გამოკვლეულია მათი კომბინატორული თვისებები. ნაპოვნია ფსევდობიდიოფანტური ფიგურების წესიერი n -კუთხედის ყველა მნიშვნელობა.

ლიტერატურა

1. Hadamard J. Elementary geometry. Moscow. 1937. (in Russian).
2. Steinhau 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. and others. Moscow mathematical olympiads. M.: "Nauka". 1986. (in Russian).
6. Dickson L.E. Introduction to the theory of numbers. Tbilisi. 1941. (in Russian).
7. Ozhigova 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. and others. 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 51

SCOPUS CODE 2607

Flat Bidiophantine Geometric Figures

Z. 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 Research Worker, Andrea Razmadze Mathematical Institute of I. Javakhishvili Tbilisi State University

E-mail: mania@rmi.ge

Abstract. The work considers some combinatorial properties of integral flat geometric figures. The author calls such figures Diophantine as far as to determine the properties of each of them it is necessary to solve certain Diophantine equation (system of equations).

The author coins a term - Bidiophantine polygon (this is a Diophantine polygon (many-sided), in which the coordinates of each two angles may be (integral coordinate points) in any Cartesian rectangular coordinate system; Pseudodiophantine polygon (this is a polygon (many-sided), in which the length of each side is expressed with a natural number, but the length of even one diagonal is not a rational number); Pseudobidiophantine polygon (this is a Pseudodiophantine polygon (many-sided), in which we can imagine each angle as an integral coordinate point in any Cartesian rectangular coordinate system). The author also gives such concept as Diophantine, Bidiophantine, Pseudodiophantine and Pseudobidiophantine for other flat geometric figures and has studied their combinatorial properties. He has found all meanings of all Pseudodiophantine regular polygons, for all natural n .

The work is easily conceivable and deserves special attention as far as it presents the fundamental introduction to a whole actual theme “Diophantine, Bidiophantine, Pseudodiophantine, Pseudobidiophantine, Quasidiophantine and Quasibidiophantine geometric figures”.

Key words: Bidiophantine; diophantine; pseudobidiophantine; pseudodiophantine.

UDC 51

SCOPUS CODE 2607

Бидиофантовые плоские геометрические фигуры

З.Г. 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 научном труде изучены некоторые комбинаторные свойства целочисленных плоских геометрических фигур.

Такие фигуры автор статьи называет диофантовыми, тем мотивом, что для установления свойств каждого из них необходимо решение определенных диофантовых уравнений (систем уравнений).

Автор вводит термины: бидиофантовый (это такой диофантовый многоугольник – многогранник), две любые вершины которого могут быть представлены какой-нибудь прямоугольной в декартовой системе, как точки с целочисленными координатами; псевдодиофантовый это такой многоугольник (многогранник), длины диагоналей которого выражаются натуральными числами, но хоть одна из длин диагоналей не является рациональной; псевдобидиофантовый- это такой псевдиофантовый многоугольник (многогранник), каждая вершина которого может быть представлена целокоординатными точками в некоторой прямоугольной декартовой системе.

Автор также вносит сведения о диофантовых, бидиофантовых, псевдодиофантовых и псевдобидиофантовых для некоторых плоских геометрических фигур и исследует некоторые их комбинаторные свойства. Найдены все псевдодиофантовые правильные угольники и псевдобидиофантовый правильный многоугольник для всех.

Труд заслуживает серьезного внимания, исходя из того, что он представляет фундаментальную вводную часть весьма актуальной темы: «Диофантовые, бидиофантовые, псевдодиофантовые, псевдобидиофантовые, квазидиофантовые и псевдоквазидиофантовые геометрические фигуры».

Ключевые слова: бидиофантный; диофантный; псевдодиофантный.

განხილვის თარიღი 15.01.2019

შემოსვლის თარიღი 21.01.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

აბზიანიძე დ. 20	ტაბატაძე მ. 11
აბზიანიძე ვ. 20	ფოფორაძე ნ. 20
აღდგომელაშვილი ზ. 116	ქვარაია ი. 103, 109
ახობაძე მ. 55	ქუთათელაძე რ. 30
გიორგობიანი ლ. 103, 109	ღვინევაძე გ. 40
გუგულაშვილი გ. 89, 96	ჩხაიძე მ. 11
დარჩიაშვილი ნ. 30	Bziava K. 81
ისაკაძე თ. 89, 96	Denisova I. 81
კობიაშვილი ა. 30	Inashvili I. 81
კურცხალია ელ. 55	Шарикадзе М.З. 64
მეგრელიძე თ. 89, 96	

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

ბარაბაძე თ. 20	სანიკიძე თ. 103, 109
თავდიშვილი ო. 11	სულაძე ს. 89, 96
კაიშაური თ. 55	სურგულაძე გ. 40
კიკნაძე მ. 30	ფხაკაძე კ. 40
კირთაძე ალ. 116	ჯაფარიძე ზ. 89, 96
კუცია ი. 11	ჯაფარიძე ნ. 20
მანია მ. 116	Kruashvili I. 81
მესაბლიშვილი ზ. 55	Soselia G. 81
მსხვილაძე ნ. 103, 109	Какабадзе М. 64
სამხარაძე რ. 30	Ломинадзе Т. 64

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 Acadnuxx, 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, დაიწყო 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 აქტუალურობა

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 - Acadnux, font size - 12 pt;
- For English and Russian texts: font - Times New Roman, 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: sagatomcemlosakhli@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 Acadnusx, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Times New Roman, 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 качественным, 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.

რედაქტორები: ლ. მამალაძე, ნ. ჟიჟილაშვილი, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 01.04.2019. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.06.2019. ქალაქის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 10.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent