

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

# შრომათა კრებული

ARCHIL ELIASHVILI INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS  
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
**PROCEEDINGS**

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
**СБОРНИК ТРУДОВ**

**№19, 2015**



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

# შრომათა კრებული

**ARCHIL ELIASHVILI INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS  
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY**

**PROCEEDINGS**

**ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**СБОРНИК ТРУДОВ**

**№19, 2015**

თბილისი \* TBILISI \* ТБИЛИСИ

შრომათა კრებულში ძირითადად დაბეჭდილია ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ 2015 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების შედეგები.

შრომები ეხება ინსტიტუტის სამ მთავარ მიმართულებას: მართვის თეორიას, მართვის სისტემების დამუშავებას, მათ შორის მართვის პროცესებს ენერგეტიკულ სისტემებში, და ინფორმატიკას.

მართვის თეორიის მიმართულებით განხილულია ვექტორული ოპტიმიზაციის, მათემატიკური დაპროგრამების, არაწრფივი იდენტიფიკაციის და სხვა პრობლემები.

კრებულში გაშუქებულია მართვის კონკრეტული სისტემების მოდელირებისა და აგების პრინციპები, მათ შორის დღეისათვის ისეთ აქტუალურ დარგში, როგორიცაა ენერგეტიკა.

ინფორმატიკის მიმართულებით წარმოდგენილია ხელფონური ინტელექტის პრობლემებთან დაკავშირებული საკითხები, სხვადასხვა ტიპის ინფორმაციული სისტემები, ლინგვისტიკური ცოდნის კომპიუტერული წარმოდგენის ამოცანები, ტექსტური კორპუსების ანოტირების საკითხები და სხვ.

The research results carried out mainly by the institute's scientists through 2015 year are given in the proceedings.

The presented papers are related to three basic scientific topics: control theory, development of control systems including control processes in energy systems, and Informatics.

The problems of vector optimization, mathematical programming, nonlinear identification etc. are considered in the control theory sphere.

Some problems of simulation and of construction of concrete control systems are presented, including such a topical sphere, as a power engineering.

In the field of Informatics some problems connected with artificial intelligence, different types of Information systems, computer representation of linguistic knowledge, as well as issues of text corpora annotation are considered.

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2015 году. Труды отражают три главных научных направления исследований института: теорию управления, разработку систем управления, в том числе управление в энергетических системах, и информатику.

В области теории управления рассмотрены проблемы векторной оптимизации, математического программирования, нелинейной идентификации и др.

В сборнике освещены задачи моделирования и построения конкретных систем управления, в том числе в такой актуальной области, каковой является энергетика.

В сфере информатики рассмотрены вопросы связанные с проблемами искусственного интеллекта, информационные системы различного типа, задачи компьютерного представления лингвистических знаний, вопросы анотирования текстовых корпусов и др.

შრომათა კრებული გამოდის წელიწადში ერთხელ.

კრებული იბეჭდება ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

მთავარი რედაქტორი

აკად. მ. სალუქვაძე

სარედაქციო კოლეგია

ტ.მ.კ. ვ. გაბისონია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი),

ტ.მ.დ. ა. ბარდაველიძე, ტ.მ.დ.ზ. გასიტაშვილი, ტ.მ.დ. თ. ლაბაძე,

ტ.მ.კ. ლ. ლორთქიფანიძე, ტ.მ.დ. თ. მაგრაქველიძე, ტ.მ.კ. მ. მიქელაძე, ტ.მ.კ. თ. ტროყაშვილი,

აკად. ა. ფრანგიშვილი, ტ.მ.კ. ნ. ყავლაშვილი, ტ.მ.დ. ბ. შანშიაშვილი, ფ.მ.დ. გ. ჩიკოძე,

ტ.მ.კ. ზ. წვერაძე, აკად. ვ. ჭიჭინაძე, ნ. ჯავაშვილი

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ.№10

ტელ.: (+995 32) 319871

ფაქსი: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: martsistem@gmail.com



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. შავჭავჭავაძის ბაზ. 1, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30

E-mail: universal@internet.ge

## სარჩევი – Contents – Содержание

### მართვის თეორია – Control Theory - Теория Управления

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის შესახებ კურნოს ამოცანაში..... 7 <i>მ. სალუქვაძე, ვ. ჟუკოვსკი</i>	7
Model Validation at Identification of Linear Dynamical Systems with Variable Parameters..... 14 <i>B. Shanshiashvili, M. Salukvadze, N. Dadiani, V. Gabisonia</i>	14
Проблема выбора целей противоборствующими командами стрелков ..... 21 <i>В. Хуцишвили</i>	21
ტვირთების ოპტიმიზაცია ჯარიმების გათვალისწინებით..... 26 <i>დ. სიხარულიძე</i>	26

### მართვის სისტემები - Control Systems - Системы Управления

Semi-Quantitative Assessment of Application of the Eco-Industrial Park (EIP) Concept for Providing of Environment-Friendly and Profitable Industrial Processing of Waste into Gaseous, Liquid and Solid Fuels and other Highly Demanded Marketable Products..... 33 <i>A.Chirakadze, P.Kervalishvili, A.Gigineishvili, Z.Buachidze, L.Gurchumelia, V.Gvakharia, W.Toscano, N Kavlashvili</i>	33
The System of Compensation and Simulation of Perturbed Geomagnetic Field Variations ..... 39 <i>N. Inviya, N. Kavlashvili, E.Kubaneishvili</i>	39
ელექტროსადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დადგენა მდინარის ჩამონადენის სეზონური ცვლილების გათვალისწინებით ..... 44 <i>თ. მაგრაქველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე</i>	44
კედლის ზედაპირის ხაოიანობის გავლენა ცილინდრულ ჭურჭელში სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრეზე..... 49 <i>თ. მაგრაქველიძე, ა. მიქაშვილი, ნ. ბანცაძე, ხ. ლომიძე, ც. შენგელაია, ი. მანთიძე</i>	49
აქტიური ზოლოვანი ფილტრების გადაწყობისა და გამოყენების საკითხები ..... 55 <i>თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე, ნ. შენგელაია</i>	55
დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორში დაგვიანების ციფრული ბლოკის რეალიზაცია დისკრეტულ ელემენტებზე..... 59 <i>ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, პ. სტავრიანიძე, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე</i>	59
შესახსრის ტრაექტორიის ფორმირება და ოპტიმიზაცია მრავალსახსრული საწარმოო რობოტისათვის ..... 64 <i>დ. ფურცხვანიძე, ო. ლაბაძე</i>	64
ენერჯის ახალი წყაროების ძიების გზები..... 68 <i>დ. ფურცხვანიძე, ნ. გძელიშვილი</i>	68
სამგანზომილებიანი სივრცე - დროის მოდელი ..... 73 <i>დ. ფურცხვანიძე</i>	73
საფრენი აპარატის აეროდინამიკური მახასიათებლები..... 76 <i>დ. ცინცაძე, ქ. ოშიაძე</i>	76



თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში.....	80
<i>ნ. მირიანაშვილი, ნ. გელიშვილი, ვ. ხათაშვილი</i>	

**ინფორმატიკა – Informatics - Информатика**

სახელური ფრაზის (NP) როლბრივი სტრუქტურა.....	87
<i>გ. ჩიკოძე</i>	
მიზეზ-შედეგობრივ მიმართებათა როლბრივი ასახვა გამონათქვამის შინაარსში.....	91
<i>გ. ჩიკოძე</i>	
ლექსიკური ფუნქციები - კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი კომპონენტი.....	98
<i>გ. ჩიკოძე, ნ. ამირეზაშვილი, ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე, ა. ჩუტკერაშვილი, ნ. ჯავაშვილი</i>	
ვექტორული სივრცის მოდელები და ქართულენოვანი ტექსტების დამუშავება .....	105
<i>ლ. ლორთქიფანიძე</i>	
ლექსიკური ერთეული „კლდე“ განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში .....	109
<i>ნ. ჯავაშვილი</i>	
ტექსტის გარდაქმნა მეტყველების კომპილაციური სინთეზის დროს.....	115
<i>ა. თუშიშვილი, მ. თუშიშვილი</i>	
SOAP and REST Web Services.....	119
<i>M. Tsintsadze, M. Khachidze, M. Archuadze</i>	
დრუბლოვანი გამოთვლების უსაფრთხოება .....	126
<i>ბ. ქარჩავა, თ. ბახტაძე, მ. გეგეჭკორი, მ. არჩუაძე</i>	
GOOGLE APPS-ის ინსტრუმენტების გამოყენება სასწავლო პროცესში .....	130
<i>მ. გეგეჭკორი, ვ. ბახტაძე, ნ. ნარიმანიძე, თ. კაიშაური</i>	
ცოდნის პროდუქციული მოდელები თავის ტკივილის პირველად დაავადებათა დიაგნოსტიკაში.....	134
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე</i>	
პარალელური და თანამიმდევრული კლასიფიცირება სახეთა გამოცნობის და დიაგნოსტიკის ბის ამოცანებში .....	141
<i>ვ. რაძიევსკი</i>	
Формирование базы знаний для медицинских систем .....	146
<i>Н. Джалябова, Г. Бесиашвили</i>	
Программа для ввода данных в экспертную систему диагностики первичных головных болей .....	153
<i>Д. Радзиевский</i>	
უმალესი მათემატიკის სწავლების პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურა .....	159
<i>ლ. გაჩეჩილაძე, მ. კიკნაძე</i>	
ჰიპერვიზორები და ინფორმაციის უსაფრთხოება .....	164
<i>ნ. ნარიმანიძე, თ. ბურჭულაძე, მ. ოდილაძე</i>	

**ხსოვნა - Memory – Память**

ვახტანგ ჭიჭინაძე.....	169
-----------------------	-----

მართვის თეორია

**CONTROL THEORY**

**ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ**

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის შესახებ კურნოს ამოცანაში

მინდია სალუქვაძე, ვლადისლავ ჟუკოვსკი

msaluk@science.org.ge

## რეზიუმე

ნაშრომში შესწავლილია ფრანგი მეცნიერის ა. კურნოს ეკონომიკური ორველიანი ამოცანა განუზღვრელობის არსებობის პირობებში. კერძოდ, განხილულია ორი ფირმის კონკურენციის დროს დამატებითი განუზღვრელობის ფაქტორების გათვალისწინება. ასეთ პირობებში მიღებულია მოთამაშეთა (ფირმების) პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის პირობების ამსახველი ფორმულები განუზღვრელი იმპორტის არსებობის გათვალისწინებით, ასევე გამოთვლილია ასეთი სიტუაციისას მოთამაშეთა შესაბამისი მოგებების სიდიდეების გამომსახველი ფორმულები. ამისათვის ფორმულირებულია ამოცანის მათემატიკური მოდელი, წარმოდგენილია პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის პირობების აგების ალგორითმი, ნაპოვნია პარეტოს შიგა მინიმუმის პირობები, აგებულია ნეშის წონასწორობის სიტუაციის სახე, მიღებულია მოთამაშეთა როგორც მოგებების, ასევე გარანტირებული მოგებების ამსახველი ფორმულები.

*საკვანძო სიტყვები: მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაცია, პარეტოს მინიმუმი, პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა, ნეშის წონასწორობის სიტუაცია, გარანტირებული მოგებები.*

ჯერ კიდევ 1838 წელს ფრანგმა მეცნიერმა ა. კურნომ ეკონომიკური ორველიანი ამოცანის შესწავლისას შემოიტანა წონასწორობის სიტუაციის ცნება ორი მოთამაშის პირობებში [1], კარგა ხნის შემდეგ, 1951 წელს, ამერიკელმა მეცნიერმა ჯ. ნეშმა მოგვცა ამ ცნების მათემატიკური ფორმულირება [2].

კურნოს ამოცანა მდგომარეობს შემდეგში:

ორი ფირმა, I და II, კონკურენტებია ერთი პროდუქტის ბაზარზე. მათ მიერ ნაწარმოები პროდუქცია დროის რომელიღაც მოცემულ მონაკვეთში შესაბამისად არის  $q_1$  და  $q_2$ . ამავე დროს ბაზარზე ჩნდება რაღაც უცხო კომპანია-იმპორტიორი, რომლის შესახებაც I და II ფირმებს არანაირი ინფორმაცია არ გააჩნიათ, მათ მხოლოდ შეუძლიათ ჩათვალონ, რომ იმპორტიორის მიერ ბაზარზე შემოტანილი პროდუქტი არის დადებითი სიდიდის მოცულობის  $y \in [0, +\infty)$ . I და II ფირმების დანახარჯები წარმოების დროს არის წრფივი დამოკიდებულების გამოშვებულ პროდუქციაზე  $q_i$  ( $i = 1, 2$ ) და შეიძლება წარმოდგენილი იქნას  $cq_i + d$  სახით, სადაც  $c$  და  $d$  არის შესაბამისად ცვლადი და მუდმივი ხარჯები. ბაზარზე მოთხოვნის შესაბამისად დგინდება პროდუქციის ფასი, რომელიც ითვლება წრფივად დამოკიდებულად გასაყიდად წარმოდგენილი საქონლის რაოდენობაზე  $\bar{q} = q_1 + q_2 + y$ . საქონლის ფასი წარმოდგენილია  $P(\bar{q}) = a - b\bar{q}$ , სადაც  $a = \text{const} > 0$  არის საქონლის საწყისი ფასი, ხოლო მუდმივი დადებითი ელასტიურობის კოეფიციენტი  $b$  გვიჩვენებს რამდენად ეცემა გასაყიდად გამოტანილ ერთეული პროდუქციის ფასი. დაშვებულია, ფასი განისაზღვრებოდეს ისე, რომ გაწონასწორებული იქნეს მოთხოვნილება და შეთავაზება.

დავუშვათ, რომ თვითოეული ფირმა ყიდის ყველაფერს, რასაც აწარმოებს. მაშინ I ფირმის შემოსავალი იქნება

$$P(\bar{q})q_1 = (a - b\bar{q})q_1 = [a - b(q_1 + q_2 + y)]q_1,$$

ხოლო მისი მოგება (შემოსავალი მინუს ხარჯები) დადებითი  $a$  და  $b$  კოეფიციენტების შემთხვევაში იქნება

$$\Psi_1(q_1, q_2, y) = [a - b(q_1 + q_2 + y)]q_1 - (cq_1 + d) =$$

$$= aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 - byq_1 - cq_1 - d. \quad (1)$$

ერთდროულად II ფორმის მოგება იქნება

$$\begin{aligned} \Psi_2(q_1, q_2, y) &= [a - b(q_1 + q_2 + y)]q_2 - (cq_2 + d) = \\ &= aq_2 - bq_1q_2 - bq_2^2 - byq_2 - cq_2 - d. \end{aligned} \quad (2)$$

წარმოების მოცულობის განსაზღვრისას თითოეული ფორმის ხელმძღვანელობა იძულებული იქნება იყოს ორიენტირებული არა მარტო მეორე კონკურენტი ფორმის რაციონალურ არჩევანზე, არამედ იმპორტიორის მიერ ბაზარზე შემოტანილი უცნობი განუზღვრელი მოცულობის საქონლის რაოდენობაზეც, აგრეთვე.

თუ ვიხელმძღვანელებთ ი. გერმეიერის გარანტირებულობის პრინციპით [3], წარმოების მოცულობის არჩევა  $q_i$ , ფორმებისათვის  $q_i$  ( $i = 1, 2$ ), მწარმოებლის ორიენტაცია უნდა გაკეთდეს ფუნქციის

$$\Phi_i(q_1, q_2, y) = \Psi_i(q_1, q_2, y) + \frac{y^2}{2} \quad (3)$$

მაქსიმიზაციაზე.

ამ ფუნქციის პირველი შესაკრები წარმოადგენს შესაბამისი ფორმის მოგების ფუნქციას, ხოლო მეორე შესაკრები იძულებულს ხდის ამ ფორმას გადაწყვეტილების მიღებისას ორიენტირებული იყოს განუზღვრელობის მაქსიმალურ უკუქმედებაზე. ფაქტობრივად თითოეული მოთამაშისათვის ( $i = 1, 2$ ) იხილება ორკრიტერიუმანი ამოცანა, პირველი კრიტერიუმია მოთამაშის მოგება  $\Psi_i(q_1, q_2, y)$ , ხოლო მეორე კრიტერიუმი დაკავშირებულია გარანტირებული რეზულტატის პრინციპთან: მოთამაშემ მიიღოს გადაწყვეტილება ყველაზე დიდი განუზღვრელობის პირობებში. ასეთი რეკომენდაციით თამაშს მივყავართ მეორე კრიტერიუმთან  $\frac{y^2}{2}$ , რომლის გაზრდასაც ასევე ცდილობს მოთამაშე. ამრიგად, ორივე მოთამაშისათვის ადგილი აქვს ორკრიტერიულ ამოცანას ორივე კრიტერიუმის მაქსიმუმის მისაღწევად, კერძოდ (3) ფუნქციის მაქსიმუმისათვის.

მიღებული ამოცანა ზოგადად შეიძლება ჩაიწეროს, როგორც მოწესრიგებული ოთხეული ცვლადის ამოცანა

$$\Gamma = \langle \{1, 2\}, \{x_i = [0, +\infty]_{i=1,2}, Y = [0, +\infty), \{\Phi_i(x, y) \div (3)\}_{i=1,2} \rangle, \quad (4)$$

რომელიც წარმოადგენს ორი პირის არაკოალიციურ თამაშს განუზღვრელობის პირობებში. აქ 1 და 2 მოთამაშეთა ნომრებია, ხოლო  $q_i \in X_i = [0, +\infty)$  შესაბამისი მოთამაშის სტრატეგიაა. მოთამაშეთა მიერ საკუთარი სტრატეგიის არჩევის შედეგად ფორმირდება სიტუაცია  $x = (q_1, q_2) \in X = X_1 + X_2$ . მოთამაშეთა არჩევანის მიუხედავად დამატებით რეალიზდება რაღაც არაუარყოფითი განუზღვრელობა  $y \in Y$ . წყვილთა  $(x, y)$  სიმრავლეზე  $X \times Y$  განსაზღვრულია  $i$  მოთამაშის მოგების ფუნქცია  $\Phi_i(x, y)$  (3) ფორმულის სახით.

განვიხილოთ პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა. იგი წარმოადგენს  $\Gamma$  თამაშის სამეულს  $(x^e, \Phi_1^e, \Phi_2^e)$ , რომლისთვისაც არსებობს ისეთი ფუნქცია  $Y_p(x) : X \rightarrow Y$ , რომ:

1. ყოველი სიტუაციისას  $x \in X$  ფუნქცია  $y_p(x)$  არის პარეტო-მინიმალური ორ კრიტერიუმთან ამოცანაში განუზღვრელობით

$$\langle Y, \{\Phi_i(x, y)\}_{i=1,2} \rangle,$$

რომელიც მიიღება  $\Gamma$  თამაშიდან ყველა ფიქსირებულ სიტუაციაში  $x = (q_1, q_2) \in X$ ; (ამოცანისათვის

$$\langle Y, \{f(x^*, y)\}_{i=1,2} \rangle$$

განუზღვრელობა  $y_p \in Y$  არის პარეტო-მინიმალური თუ ნებისმიერი  $y \in Y$  დროს უტოლობათა სისტემა  $f_i(x^*, y) \leq f_i(x^*, y_p)$   $i = (1, \dots, N)$  არ სრულდება, ერთერთი უტოლობა მკაცრია. ვექტორი  $f_i(x^*, y_p)$  წარმოადგენს  $x^*$  სიტუაციის პარეტო გარანტიას ასეთი ამოცანისათვის.)

2. სიტუაცია  $x^e = (q_1^e, q_2^e)$  არის ნემის წონასწორობა განუზღვრელობის გარეშე თამაშში

$$\langle \{1, 2\}, \{X_i\}_{i=1,2}, \{\Phi_i(x, y_p(x))\}_{i=1,2} \rangle,$$

რომელიც მიიღება  $\Gamma$  თამაშში განუზღვრელობის  $y_p(x)$  - ით ჩანაცვლების შედეგად.

$x^e$  - პარეტო-გარანტირების სიტუაციაა.

$\Phi_i(x^e, y_p(x^e))$   $i = (1, 2)$  -  $i$  მოთამაშის შესაბამისი გარანტიაა.

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა ორველიანი კურნოს ამოცანაში იმპორტის ჩათვლით არის სამეული  $(x^e, \Psi_1^e, \Psi_2^e)$ , სადაც პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია  $x^e = (q_1^e, q_2^e)$  იგივეა, რაც პარეტო გარანტირებული წონასწორობა  $\Gamma$  თამაშისა, ხოლო  $\Psi_i^e = \Psi_i(x^e, y_p(x^e))$   $i = (1, 2)$  არის მოთამაშეთა მოგება, რომელიც შედის თვითოეულის გარანტირებულ მოგებაში  $\Phi_i^e = \Phi_i(q_1^e, q_2^e, y_p(q_1^e, q_2^e))$   $i = (1, 2)$ . ნემის წონასწორობის სიტუაცია მდგომარეობს შემდეგში [4]:

მოცემული გვაქვს  $N$  პირის არაკოალიციური თამაში

$$\langle N, \{X_i\}_{i \in I, N}, Y \{f_i(x, y)\}_{i \in I, N} \rangle, \quad (5)$$

სადაც  $N = \{1, 2, \dots, N\}$  - მოთამაშეთა რიგითი ნომრების სიმრავლეა;

$X_i \in R^{n_i}$  -  $i$  ნომრით მოთამაშის სუფთა სტრატეგიის სიმრავლეა;

$Y \in R^m$  -  $y \in Y$  სუფთა განუზღვრელობის სიმრავლეა.

სიტუაციას

$$x^e = (x_1^e, \dots, x_N^e) \in X = X_1 \times \dots \times X_n \quad (6)$$

ეწოდება ნემის წონასწორობა (5) ფორმულით გამოსახულ თამაშში ფიქსირებული განუზღვრელობით  $y \in Y$ , როდესაც

$$\max_{x_i \in X_i} f_i(x^e \| x_i^e, y) = f_i(x^e, y) \quad i = (1, N). \quad (7)$$

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის აგების ალგორითმი კურნოს ამოცანისათვის იმპორტის ჩათვლით შეიცავს შემდეგ ნაბიჯებს:

1. პირველ რიგში უნდა ვიპოვოთ შიგა მინიმუმი პარეტოს გაგებით. ამისათვის უნდა განვსაზღვროთ უწყვეტი ფუნქცია  $y_p(x) : X \rightarrow Y$ , რომელიც ანიჭებს მინიმუმს პარეტოს გაგებით ორკრიტერიულ ამოცანას:

$$\langle Y = [0, +\infty), \{\Phi_i(x, y)\}_{i=1,2} \rangle, \quad \forall x \in X, \quad (8)$$

რომელიც მიღებულია  $\Gamma$  ამოცანიდან ყოველი ფიქსირებული სიტუაციისას

$$x = (q_1, q_2) \in X;$$

2. შემდეგ უნდა ავაგოთ ნების წონასწორობის სიტუაცია, ამისათვის უნდა ვიპოვოთ ნების წონასწორობის სიტუაცია  $x^e = (q_1^e, q_2^e)$  განუზღვრელობის არმქონე ამოცანაში

$$\langle \{1,2\}, \{X_i = [0, +\infty)\}_{i=1,2}, \{\Phi_i(x, y_p(x))\}_{i=1,2} \rangle. \quad (9)$$

ეს ამოცანა (გარანტიების თამაში) მიიღება  $\Gamma$  ამოცანაში პარეტო-მინიმალური განუზღვრელობის  $y_p = y_p(x)$  ჩასმით;

3. ბოლოს უნდა გამოვთვალოთ მოგებები  $\Psi_i^e$ . უნდა ვიანგარიშოთ ფორმების (მოთამაშეების) მოგებები

$$\Psi_i(q_1^e, q_2^e, y_p(q_1^e, q_2^e)) = \Psi_i^e \quad i = (1,2).$$

შევეცადოთ შიგა მინიმუმი პარეტოს გაგებით გამოვითვალოთ შემდეგი ლემის საფუძველზე:

ლემა: თუ არსებობენ რიცხვები  $\alpha, \beta > 0$  და სკალარული ფუნქცია  $y_p(x) : X \rightarrow Y$  ისეთი, რომ ნებისმიერი  $x \in X$  დროს

$$\min_{y \in Y} [\alpha \Phi_1(x, y) + \beta \Phi_2(x, y)] = Idem[y \rightarrow y_p(x)], \quad (10)$$

მაშინ ყველა  $x \in X$  -სათვის ფუნქცია  $y_p(x)$  იქნება პარეტო-მინიმალური ორკრიტერიულ ამოცანაში (8).

დამტკიცება: დავუშვათ ლემის მტკიცებულებებს ადგილი არ აქვს. მაშინ მოიძებნება ისეთი  $\bar{x} \in X$  და  $y \in Y$ , რომ ადგილი ექნება უტოლობის არსებობას

$$\Phi_1(\bar{x}, y) \leq \Phi_1(\bar{x}, y_p(\bar{x})), \quad \Phi_2(\bar{x}, y) \leq \Phi_2(\bar{x}, y_p(\bar{x})),$$

სადაც ერთერთი უტოლობა მაინც მკაცრი იქნება. გავამრავლოთ ორივე ნაწილი პირველი უტოლობისა  $\alpha$  -ზე და მეორე უტოლობისა  $\beta$  -ზე და შევკრიბოთ, მივიღებთ

$$\alpha \Phi_1(\bar{x}, y) + \beta \Phi_2(\bar{x}, y) < \alpha \Phi_1(\bar{x}, y_p(\bar{x})) + \beta \Phi_2(\bar{x}, y_p(\bar{x})),$$

რაც ეწინააღმდეგება ტოლობას (10)

ამრიგად, ლემა დამტკიცებულია.

განვიხილოთ მტკიცებულებები: განუზღვრელობა  $y_p(q_1, q_2) = \frac{b(q_1 + q_2)}{2}$  პარეტო-

მინიმალურია ორკრიტერიულ ამოცანაში (8) ნებისმიერი სიტუაციისათვის  $x = q = (q_1 + q_2) \in [0, +\infty)^2$ .

დამტკიცება: განვიხილოთ ფუნქცია

$$F(q, y) = \Phi_1(q, y) + \Phi_2(q, y) = \Psi_1(q_1, q_2, y) + \Psi_2(q_1, q_2, y) + y^2 = a(q_1 + q_2) - b(q_1 + q_2)^2 - by(q_1 + q_2) - c(q_1 + q_2)^2 - 2d + y^2.$$

ამ ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობა ნებისმიერი ფიქსირებული  $q = (q_1, q_2) \in X$  -ის

დროს მიიღწევა, როდესაც  $y_p(q) = \frac{b(q_1 + q_2)}{2}$ , რადგანაც

$$\frac{\partial F}{\partial y} \Big|_{y=y_p(q)} = -b(q_1 + q_2) + y_p(q) = 0,$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \Big|_{y=y_p(q)} = 2 > 0.$$

აქედან, ზემოთ დამტკიცებული ლემის საფუძველზე, როდესაც  $\alpha = \beta = 1$  ვლბულობთ,

რომ განუზღვრელობა  $y_p(q) = \frac{b(q_1 + q_2)}{2}$  პარეტო მინიმალურია ამოცანაში (8).

ახლა შეგვიძლია ავაგოთ ნემის წონასწორობის სიტუაცია შემდეგი მტკიცებულების საფუძველზე.

მტკიცებულება 2.: ნემის წონასწორობის სიტუაციას, სადაც  $b > 0$ , თამაშისათვის (9) აქვს შემდეგი სახე

$$q^e = (q_1^e, q_2^e) = \left( \frac{a-c}{b(3+b)}, \frac{a-c}{b(3+b)} \right).$$

დამტკიცება: მტკიცებულებიდან 1 მიღებული განუზღვრელობა  $y_p(q) = \frac{b(q_1 + q_2)}{2}$

ჩავსვათ გამოსახულებაში (3), გამოვიყენოთ გამოსახულებები (1) და (2), მივიღებთ

$$\Phi_1(q, y_p(q)) = aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 - \frac{b^2(q_1 + q_2)}{2}q_1 - cq_1 - d + \frac{b^2(q_1 + q_2)^2}{8},$$

$$\Phi_2(q, y_p(q)) = aq_2 - b^2q_2 - bq_1q_2 - \frac{b^2(q_1 + q_2)}{2}q_2 - cq_2 - d + \frac{b^2(q_1 + q_2)^2}{8}.$$

ნემის წონასწორობის სიტუაციის  $q^e = (q_1^e, q_2^e)$  არსებობის საკმარისი პირობები თამაშისათვის (9) მიიღება შემდეგი მოთხოვნების დაკმაყოფილებით

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial q_1} \Big|_{q=q^e} = a - 2bq_1^e - bq_2^e - \frac{b^2}{2}(2q_1^e + q_2^e) - c + \frac{b^2}{4}(q_1^e + q_2^e) = 0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial q_1^2} \Big|_{q=q^e} = -2b - \frac{3b^2}{4} < 0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial \Phi_2}{\partial q_2} \Big|_{q=q^e} = a - 2bq_1^e - 2bq_2^e - \frac{b^2}{2}(2q_1^e + 2q_2^e) - c + \frac{b^2}{4}(q_1^e + q_2^e) = 0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial q_2^2} \Big|_{q=q^e} = -2b - \frac{3b^2}{4} < 0. \quad (14)$$

პირობებს (12) და (14) ადგილი აქვთ, როდესაც  $b > 0$ , ხოლო ტოლობები (11) და (13) წარმოადგენენ ორუცნობიან წრფივ განტოლებათა სისტემას მუდმივი კოეფიციენტებით

$$\begin{cases} \left(2b + \frac{3b^2}{4}\right)q_1^e + \left(b + \frac{b^2}{4}\right)q_2^e = a - c, \\ \left(b + \frac{b^2}{4}\right)q_1^e + \left(2b + \frac{3b^2}{4}\right)q_2^e = a - c. \end{cases} \quad (15)$$

ამ განტოლებათა სისტემის მსაზღვრელი არის

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2b + \frac{3b^2}{4} & b + \frac{b^2}{4} \\ b + \frac{b^2}{4} & 2b + \frac{3b^2}{4} \end{vmatrix} = \left(2b + \frac{3b^2}{4}\right)^2 - \left(b + \frac{b^2}{4}\right)^2 = (3b + b^2) \left(b + \frac{b^2}{2}\right).$$

ვინაიდან  $b > 0$ , რა თქმა უნდა  $\Delta \neq 0$ .

ვიპოვოთ  $\Delta_1$  და  $\Delta_2$  მსაზღვრელები:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= \begin{vmatrix} a-c, & b+\frac{b^2}{4} \\ a-c, & 2b+\frac{3b^2}{4} \end{vmatrix} = (a-c) \begin{vmatrix} 1, & b+\frac{b^2}{4} \\ 1, & 2b+\frac{3b^2}{4} \end{vmatrix} = (a-c) \left(2b+\frac{3b^2}{4}-b-\frac{b^2}{4}\right) = \\ &= (a-c)\left(b+\frac{b^2}{2}\right), \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} 2b+\frac{3b^2}{4}, & a-c \\ b+\frac{b^2}{4}, & a-c \end{vmatrix} = (a-c) \begin{vmatrix} 2b+\frac{3b^2}{4}, & 1 \\ b+\frac{b^2}{4}, & 1 \end{vmatrix} = (a-c) \left(2b+\frac{3b^2}{4}-b-\frac{b^2}{4}\right) = \\ &= (a-c)\left(b+\frac{b^2}{2}\right).\end{aligned}$$

მივიღეთ (15) განტოლებათა სისტემის ამოხსნა:

$$q_1^e = q_2^e = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{(a-c)\left(b+\frac{b^2}{2}\right)}{(3b+b^2)\left(b+\frac{b^2}{2}\right)} = \frac{(a-c)}{b(3+b)} > 0,$$

რაც ნემის წონასწორობის გამოსახულებაა.

ახლა უკვე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ფირმების შემოსავლებზე და გარანტირებულ მოგებებზე.

უპირველეს ყოვლისა, ნემის წონასწორობის  $q^e = (q_1^e, q_2^e)$  პირდაპირი ჩასმით ფორმულაში  $y_p(q_1, q_2) = \frac{b(q_1 + q_2)}{2}$  დავრწმუნდებით, რომ განუზღვრელობა გამოიხატება შემდეგი ფორმულით

$$y_p(q_1^e, q_2^e) = \frac{a-c}{3+b}.$$

შემდეგ თუ ნემის წონასწორობას

$$q^e = (q_1^e, q_2^e) = \left(\frac{a-c}{b(3+b)}, \frac{a-c}{b(3+b)}\right)$$

და მიღებულ განუზღვრელობას  $y_p(q_1^e, q_2^e)$  ჩავსვამთ ფორმულებში (1)-(3), მივიღებთ მოთამაშეთა გარანტირებულ მოგებებს  $\Phi_i^e$ , რომლებშიც შედიან შემოსავლები

$$\begin{aligned}\Psi_i^e &= \Psi_i(q_1^e, q_2^e, y_p(q_1^e, q_2^e)) = [a - b(q_1^e + q_2^e + y_p(q_1^e, q_2^e))]q_i^e - cq_i^e + d = \\ &= \left[ a - b \left( 2 \frac{a-c}{b(3+b)} + \frac{a-c}{3+b} \right) \right] \frac{a-c}{b(3+b)} - \left[ \frac{c(a-c)}{b(3+b)} + d \right] = \\ &= \frac{(a-c)^2}{b(3+b)^2} - d, \quad i = (1,2).\end{aligned}$$

თავად გარანტირებული მოგებები იქნება

$$\Phi_i^e = \Phi_i(q_i, y_p(q^e)) = \Psi_i^e + \frac{y_p^2(q^e)}{2} = \left(\frac{a-c}{3+b}\right)^2 \frac{2+b}{2b} - d, \quad i = (1,2).$$



ამრიგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კურნოს ორველიან ამოცანაში იმპორტის გათვალისწინებით პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა არის სამეული  $(q^e, \Psi_1^e, \Psi_2^e)$ , სადაც

$$q^e = (q_1^e, q_2^e) = \left( \frac{a-c}{b(3+b)}, \frac{a-c}{b(3+b)} \right),$$

ხოლო ფირმების შესაბამისი მოგებები კი -

$$\Psi_i^e = \Psi_i(q_1^e, q_2^e, y_p(q_1^e, q_2^e)) = \frac{(a-c)^2}{b(3+b^2)} - d, \quad i = (1,2).$$

### On Pareto-guaranteed Equilibrium in the Cournot Problem

*Mindia Salukvadze, Vladislav Zhukovskiy*

#### Summary

The Paper is on the economic duopoly problem of the French scholar A. Cournot taking into account the conditions of uncertainty. Namely, the competition of two firms has been studied under the additional uncertainty factors. We have got the formulas showing the conditions of Pareto-guaranteed balance taking into consideration the possible existence of import, for such situations formulas have been computed showing the corresponding profit of the players. With this aim mathematical model of the problem has been formulated, the algorithm of building the condition of Pareto-guaranteed balance is presented, the conditions of the inner minimum of Pareto have been found, a kind of Nesh balance situation has been built. We have received the gains of the players as well as their guaranteed profits.

### О Парето-гарантированном равновесии в задаче Курно

*Миндия Салуквадзе, Владислав Жуковский*

#### Резюме

В работе рассмотрена экономическая дуополия задача французского ученого А. Курно с учетом существования условия неопределенности. В частности изучена конкуренция двух фирм учитывая дополнительные факторы неопределенностей. Получены формулы, выражающие условия Парето-гарантированных равновесии при учете существования неопределенного импорта, для такой ситуации вычислены формулы, выражающие соответствующие выигрыши игроков. Для этого сформулирована математическая модель задачи, представлен алгоритм построения условия Парето-гарантированного равновесия, найдены условия внутреннего минимума Парето, построен вид ситуации равновесия Неша, получены как выигрыши игроков, также их гарантированные выигрыши.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Cournot A. Recherches sur les principes mathematiques de la theorie de richesses. Paris, 1838.
2. Nash J.F. Non cooperative games. Ann.Math.1951, V54. p. 286-295.
3. Гермейер Ю.Б. Введение в исследование операции. М. Наука,1971.
4. Жуковский В.И., Салуквадзе М.Е. Гарантии и риски в конфликтах, их приложения. Москва-Тбилиси, Изд. НАН Грузии, 2014.

---

# Model Validation at Identification of Linear Dynamical Systems with Variable Parameters

*Besarion Shanshiashvili, Mindia Salukvadze, Nugzar Dadiani, Vladimer Gabisonia*

*besoshan@hotmail.com*

**Abstract.** The problem of model validation of linear dynamical systems with variable parameters on the example of the second order system identification is considered. It is supposed that direct observation of the state vector of system is not possible and elements of the output matrix are variables. The problem of parameter identification is stated as, in a certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary equations. It is shown, that at the existence of the exact information on input and output variables of the system, the output signals of model coincide with output signals of system when the same signals are given on their inputs.

**KEY WORDS:** *dynamical system, identification, variable parameter, validation, differential equation.*

## 1. Introduction

Identification of systems is based basically on linear stationary models which are widely applied to production processes, however a set of real systems is characterized by change of parameters in time, and their representation by stationary models does not give results acceptable in practice.

Existing methods of identification of non-stationary systems, which can be divided into two principal parts, i.e. approximating and direct methods [1]-[2], for the estimation of unknown parameters basically use recurrent algorithms and procedures of the methods of the least squares, Kalman filter, the determined and stochastic optimization (for example [3]-[8]).

In some works [9]-[10], the problem of parameter identification of linear dynamic systems with variable parameters is considered at the determined input influences. The problem of parameter identification is set as inverse problem of Cauchy's problem in certain sense, for linear ordinary differential equations with variable coefficients. It is supposed that by the results of the observation of the systems input-output, the input vector and the state vectors at different initial conditions are known. It is required to determine unknown matrix of coefficients.

In the work [11] more complex structure of linear dynamic non-stationary system is considered, when direct observation of the state vector of system is not possible. It is supposed that by the results of the observation of the systems input-output, the input and the output vectors are known and elements of output matrix are constants.

In the work [12] the problem of parameter identification of linear dynamic systems with variable parameters is considered at the determined input influences. The system of the linear ordinary differential equations of a normal kind is considered as a structure of model of the dynamic systems. It is supposed that elements of the output matrix are variables.

In the given work the question of the model validation which is constructed by means of identification method developed in work [12] is investigated on the example of the second order system identification.

In the work the following designations are used:  $R$  - set of real numbers;  $I = [a, b]$  ( $a, b \in R$ ) - the closed interval;  $R^n = R \times R \times \dots \times R$  ( $n$ -time) -  $n$ -dimensional Euclidean space;  $R^{n \times n}$  - space of  $n$ -dimensional square real matrices;  $C(I, R^n)$  - set of continuous vector functions  $x: I \rightarrow R^n$ ;  $C^k(I, R^n)$  - set of  $n$ -dimensional vector functions, which components are  $k$  times continuously differentiable functions,  $C(I, R^{n \times n})$  - set of continuous  $n$ -dimensional square real matrices.

## 2. Parameter identification

In the work [12] the observable dynamical system is described by the system of linear ordinary differential equations of a normal form which is represented in the state space equations form:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{u}(t), \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x},\end{aligned}\quad (1)$$

where

$$\begin{aligned}\mathbf{u}(t) &= (u_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{x}(t) &= (x_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{y}(t) &= (y_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{A}(t) &= (a_{ik}(t))_{i,k=1}^n, \\ \mathbf{C}(t) &= (c_{ik}(t))_{i,k=1}^n,\end{aligned}\quad (2)$$

$u_i : I \rightarrow R$  and  $y_i : I \rightarrow R$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) are input and output variables of the systems, correspondingly,  $x_i : I \rightarrow R$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) are state variables,  $a_{ik} : I \rightarrow R$  and  $c_{ik} : I \rightarrow R$  ( $i,k=1,2,\dots,n$ ) - variable coefficients.

If  $\mathbf{C}(t) \in C(I, R^{n \times n}) \forall t \in I$  is nonsingular matrix system (1) can be rewritten in the form:

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} + \mathbf{u}^*(t), \quad (3)$$

where

$$\begin{aligned}\mathbf{A}^*(t) &= \mathbf{C}(t)\mathbf{A}(t)\mathbf{C}(t)^{-1}, \\ \mathbf{u}^*(t) &= \mathbf{C}(t)\mathbf{u}(t).\end{aligned}\quad (4)$$

Admit that by the results of a priori information and observation of the system's input – output are known: matrix  $\mathbf{C}(t)$ , the input vector  $\mathbf{u} : I \rightarrow R^n$  and the output vectors  $\mathbf{y}_k : I \rightarrow R^n$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) which are the solutions of the system (3) at different initial conditions. It is required to determine an unknown continuous matrix  $\mathbf{A} : I \rightarrow R^{n \times n}$ . Thus, it is meant that fundamental matrix of the solutions of homogeneous system which corresponds to non-homogeneous system (3)

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} \quad (3_0)$$

is unknown.

As  $\mathbf{y}_k : I \rightarrow R^n$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) - the solution of the equation (3), we have:

$$\dot{\mathbf{y}}_k = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y}_k + \mathbf{u}^*(t) \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (5)$$

We shall compose a matrix  $\mathbf{Y}(t)$ , columns of which are  $\mathbf{y}_k(t)$  ( $k=1,2,\dots,n$ ):

$$\mathbf{Y}(t) = (y_{k,i}(t))_{k,i=1}^n \quad (6)$$

and a matrix  $\mathbf{U}^*(t)$ :

$$\mathbf{U}^*(t) = (u_{ik}^*(t))_{i,k=1}^n \quad (u_{ik}^*(t) = u_i^*(t)). \quad (7)$$

Then the system (5) can be rewritten as the matrix algebraic equation:

$$\dot{\mathbf{Y}}(t) = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{Y}(t) + \mathbf{U}^*(t). \quad (8)$$

It is true:

**Theorem.** If  $\mathbf{u} \in C(I, R^n)$ ,  $\mathbf{y}_k \in C(I, R^n)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ), there exists interval  $I_0 \subset I$  such that  $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0 \forall t \in I_0$ , and in  $I_0$  the matrix  $\mathbf{A}(t)$  is determined single-valued, in particular

$$\mathbf{A}(t) = \mathbf{C}^{-1} \left( \dot{\mathbf{Y}}(t) - \mathbf{U}^*(t) \mathbf{Y}^{-1}(t) \right) \mathbf{C}, \forall t \in I_0. \quad (9)$$

Proof of this theorem is given in [12].

The algorithm of identification of variable parameters of the linear dynamic systems described by the system of differential equations (1) consists in the following:

- we approximate experimental data received, by the results of the observation of the system's input – output, by continuous and continuously differentiated functions;
- we make vectors  $\mathbf{u}(t)$ , and  $\mathbf{y}_k(t)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ );
- we compose matrix  $\mathbf{Y}(t)$  as (6), and matrix  $\mathbf{U}^*(t)$  as (7);
- we calculate a determinant of the matrix  $\mathbf{Y}(t)$  and we determine an interval  $I_0$ , where  $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0$ ;
- we determine a matrix of variable coefficients  $\mathbf{A}(t)$  in  $I_0$  by the formula (9).

In the work [12] peculiarities of the parametric identification by the developed algorithm on the example of a system of the second order is considered. System with two inputs and two outputs is described by the following system of the equations:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)z + u_1(t), \\ \dot{x}_2 &= a_{21}(t)x_2 + a_{22}(t)z + u_2(t), \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= c_{11}(t)x_1 + c_{12}(t)x_2, \\ y_2 &= c_{21}(t)x_1 + c_{22}(t)x_2. \end{aligned} \quad (11)$$

Here

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) \end{pmatrix}, \quad (12)$$

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) \end{pmatrix}. \quad (13)$$

It is supposed, that after system's input - output observation it is received

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1+t^2}{1+t} \\ \frac{2t}{1+t} \end{pmatrix}, \quad (14)$$

$$\mathbf{y}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t \\ t+t^2 \end{pmatrix}, \mathbf{y}_2(t) = \begin{pmatrix} 2t \\ 1+t^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

and a priori is known:

$$\mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Using the formula (9), as a result of some calculations, it is received, that:

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \quad (17)$$

and

$$I_0 = I = ]-\infty, -1[ \cup ]-1, 1[ \cup ]1, +\infty[ . \quad (18)$$

Thus, the model constructed by means of developed identification algorithm, is represented by the system of equations:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{t}{1-t^2} x_1 + \frac{1}{1-t^2} x_2 + u_1(t), \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{1-t^2} x_1 - \frac{t}{1-t^2} x_2 + u_2(t), \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{1}{1-t} x_1 - \frac{t}{1-t} x_2, \\ y_2 &= -\frac{t}{1-t} x_1 + \frac{1}{1-t} x_2. \end{aligned} \quad (20)$$

### 3. Model validation

Construction of a model by methods of system identification is reduced to several stages [13]. A stage of model's check and confirmation follows stages of the model's structure choice and parameter estimation. The model can be confirmed by some methods [14]. The principal method among them is comparison of output signals of the system and of the model, and introduction of a certain formal measure of the received mistake when the same signal influences on the inputs of system and on the model.

In the given work, on the basis of the developed algorithm, the model of the non-stationary system of the second order at the certain input and output variables of the system have been constructed. With a view to confirm the model we shall determine output variables of the constructed model at the same input signals acting on the system.

We shall present model (19), (20) in the matrix form (1), where the matrix  $A(t)$  is defined by the expression (17):

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1+t^2}{1+t} \\ \frac{2t}{1+t} \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (21)$$

Taking into account (4), (14) and (16), we shall present model (19), (20) in the matrix form (3):

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{1+t} & \frac{t}{1+t} \\ \frac{t}{1+t} & \frac{1}{1+t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1+t^2}{1+t} \\ \frac{2t}{1+t} \end{pmatrix}. \quad (22)$$

As a result of some calculations, we receive, that:

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}. \quad (23)$$

We shall solve Cauchy's problem for the equation (23) by the method of arbitrary constants variation at initial conditions:

$$\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{c}_0, \quad \mathbf{c}_0 \in R^2. \quad (24)$$

The solution of this problem is defined by Cauchy's formula:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t, t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{C}(t, \tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau, \quad (25)$$

where matrix function  $\mathbf{C}(t, t_0)$  is Cauchy's matrix of the homogeneous system, which corresponds to the non-homogeneous system (23).

It is known, that

$$\mathbf{C}(t, \tau) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau), \quad (26)$$

where the fundamental matrix  $\mathbf{Y}_0(t)$  of the homogeneous system is defined as:

$$\mathbf{Y}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix}. \quad (27)$$

and

$$\mathbf{Y}_0^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \\ -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (28)$$

Since

$$\det \mathbf{Y}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (29)$$

therefore

$$I = ]-\infty, -1[ \cup ]-1, 1[ \cup ]1, +\infty[ \quad (30)$$

and input and output variables are determined in the interval (30).

Substituting expression (26) in (25), we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau. \quad (31)$$

At  $t_0 = 0$  and  $\mathbf{c}_0 = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$ , from (30), after series of calculations, we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} c_1 + c_2 t + t \\ c_1 t + c_2 + t^2 \end{pmatrix}. \quad (32)$$

Determining output vectors of the model (23) with the help (32) at initial conditions

$$\mathbf{y}_1(0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{y}_2(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (33)$$

we shall receive, that they are defined by the expressions (15).

To the expressions (15) of the output vector corresponds expressions of a state vector:

$$\mathbf{x}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t^2 \\ 2t \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x}_2(t) = \begin{pmatrix} \frac{3t+t^2}{1+t} \\ \frac{1+3t^2}{1+t} \end{pmatrix}. \quad (34)$$

Thus, the output vectors of the model (23), at the matrix of coefficients (17), at the input vector (14), at the initial conditions (32), are defined by the expressions (15) and exactly coincide with the output vectors of the system when giving on the system and the model one and the same input signals.

Investigation of the algorithm of the parameter identification and a question of model validation was carried out also by means of the computer modeling.

#### 4. Conclusion

In the given work the question of the model validation which is constructed by means of identification method developed in the earlier work [12] is investigated.

In that work the problem of parametric identification is set, as in the certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary differential equations. At a continuity of parameters and input variables of the system, and continuous differentiability of output variables of the system the existence theorem of such interval, where a continuous matrix of coefficients is identified, is proved.

Investigation of the algorithm of parameter identification, made by the developed method, for non-stationary system of the second order and investigation of the question of the model validation has shown, that at the existence of the exact information on input and output variables of the system, the output signals of the system and of the model coincide when the same signals are given on their inputs.

When using this method of parameter identification in practice, accuracy of parameter estimation depends on accuracy of the mathematical processing of the experimental data.

For getting acceptable results it is necessary to use noise immunity methods, for example, the method of the least squares and its modifications, at approximation input and output variables of the system continuous and continuously differentiated functions, and at numerical differentiation - the methods based on regularization method [15].

#### მოდელის დადასტურება წრფივი ცვლადპარამეტრებიანი დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაციისას

*ბესარიონ შანშიაშვილი, მინდია სალუქვაძე, ნუგზარ დადიანი, ვლადიმერ გაბისონია*

#### რეზიუმე

განხილულია წრფივი ცვლადპარამეტრებიანი დინამიკური სისტემების მოდელის დადასტურების საკითხი მეორე რიგის სისტემების იდენტიფიკაციის მაგალითზე. იგულისხმება, რომ მდგომარეობის ვექტორის პირდაპირი დაკვირვება არ არის შესაძლებელი და გამოსავალი მატრიცის ელემენტები – ცვლადებია. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია როგორც წრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების კოშის ამოცანის გარკვეული აზრით შებრუნებული ამოცანა. ნაჩვენებია, რომ სისტემის შესავალ და გამოსავალი ცვლადების შესახებ არსებული ზუსტი ინფორმაციის არსებობისას აგებული მოდელის გამოსავალი სიგნალები ემთხვევა სისტემის გამოსავალ სიგნალებს მათ შესავალებზე ერთი და იგივე სიგნალების მიწოდებისას.

#### Подтверждение модели при идентификации линейных динамических систем с переменными параметрами

*Виссарион Шаншиашвили, Миндия Салуквадзе, Нугзар Дадиани, Владимир Габисония*

#### Резюме

Рассматривается задача подтверждения линейных нестационарных динамических систем на примере идентификации системы второго порядка. Предполагается, что непосредственное

наблюдение вектора состояния невозможно и элементы выходной матрицы являются переменными. Задача параметрической идентификации ставится как, в определенном смысле, обратная задача задачи Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Показано, что при существовании точной информации о входных и выходных переменных системы, выходные сигналы модели совпадают с выходными сигналами системы при подаче на их входах одних и тех же сигналов.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Kleiman E.G., Mochalov I.A. Identification of time-varying objects. *Avtomatika and Telemekhanika*. 1994, no. 2, pp. 3-22. (in Russian).
2. Rurua A., Lototsky V., Chadeev V. Identification of non-stationary plants: state-of-art and recent results. *Georgian Foundation of Sciences Revival. Periodical Scientific Journal. Intellect*. 1999, no. 3(6), pp. 64-71.
3. Gaishun I. V. Identification of linear nonstationary systems from their responses to generalized controls. *Differential Equations*. 2008, vol. 44, no. 3, pp. 312-318.
4. Li Y., Chen H.-F. Robust adaptive pole placement for linear time-varying systems. *IEEE Trans. Autom. Control*. 1996, vol. 41, no. 5, pp. 714-719.
5. Lorito F. Dynamical properties of the recursive maximum likelihood algorithm for frequency estimation. *Proceedings 5th IFAC Symp. on Adaptive Systems in Control and Signal Proc. ed. Cs. Bányász. Budapest, 1995, vol. I, pp. 143-148.*
6. Niedzwiecki M., Gackowski S. On noncausal weighted least squares identification of nonstationary stochastic systems. *Automatica*. 2011, vol. 47, no. 10, pp. 2239-2244.
7. Niedzwiecki M. Locally adaptive cooperative Kalman smoothing and its application to identification of nonstationary stochastic systems. *IEEE Transactions on Signal Processing*. 2012, vol. 60, no. 1, pp. 48-59.
8. Tsytkin Ya. Z., Polyak B.T. Optimal recurrent algorithms for identification of nonstationary plants. *Comput. and Electr. En.* 1992, vol. 18, no. 5, pp. 365-371.
9. Shanshiashvili B.G. On identification of linear multidimensional non-stationary systems. *Bulletin of the Georgian Academy of Science*, 1998, vol 158, no. 3. pp. 482-484.
10. Salukvadze M.E., Shanshiashvili B.G. Parameter identification of a certain class of non-stationary linear dynamic systems. *Proceedings of the III International Conference "System Identification and Control Problems" SICPRO '04. Moscow, Institute of Control Sciences. 2004, pp. 1520-1527 (in Russian).*
11. Shanshiashvili B.G. Parameter identification of one class of non-stationary dynamic systems. *Proceedings of the X International Conference "System Identification and Control Problems" Sicpro '15, Moscow, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, 2015. pp. 887-895.*
12. Shanshiashvili B. Identification of one class of dynamic systems with variable parameters. *Archil Eliashvili Institute of control systems of the Georgian Technical University. Proceedings. Tbilisi, 2014, № 18, pp. 130-135.*
13. Eykhoff P. *System identification. Parameter and state estimation.* London, John Wiley and Sons Ltd, 1974.
14. Ljung L. *System identification: Theory for the user.* New Jersey, Prentice Hall, 1999.
15. Tikhonov A.N. Arsenin V.Y. *Solutions of ill posed problems.* Moscow: Nauka, 1979 (In Russian).



---

## Проблема выбора целей противоборствующими командами стрелков

*Виктор Хуцишвили*

*Email: otariko@yahoo.com*

### Резюме

Рассмотрен бой на уничтожение противника между двумя командами стрелков. Бой состоит из раундов, в каждом из которых стрелки одновременно производят по одному выстрелу. Составы команд могут отличаться как количеством стрелков, так и индивидуальными вероятностями попадания в цель. Задача состоит в выборе обеими командами оптимальных схем целенаведения в смысле максимизации разности вероятностей победы и поражения. Сформулированная проблема решена для двух частных случаев. Это несколько стрелков против одного и двое против двоих. В последнем случае применимы классические результаты теории игр с нулевой суммой. Результаты расчетов показали, что независимо от индивидуального мастерства стрелков соответствующая платёжная матрица всегда имеет седловую точку.

*Ключевые слова: Бой стрелков, вероятность, выбор цели, стратегическая игра*

Конфликтная ситуация между антагонистами является постоянным предметом научных исследований. Конфликты могут иметь самый разнообразный характер и этот факт отражается в разнообразии упрощённых моделей, способных в той или иной степени отразить реальность. Модельная ситуация, рассматриваемая в данной статье, такова. Имеются две команды стрелков, стремящихся уничтожить друг друга. В каждом раунде боя стрелки каждой из команд решают кому в кого целиться и одновременно производят по одному одиночному выстрелу. Для каждого стрелка известна степень его мастерства, выражающаяся в вероятности попадания в цель. Так как стрелки не обязаны быть стопроцентными снайперами, то после первого раунда в обеих командах может остаться хотя по одному действующему стрелку. В таком случае назначается очередной раунд. И так далее до тех пор, пока все стрелки одной из команд не будут выведены из строя.

Рассмотрение начнём с простейшего случая, когда в обеих командах всего лишь по одному стрелку. Пусть  $p$  и  $q$  есть вероятности промахов этих стрелков, представляющих первую и вторую команду, соответственно. Очевидно, что вероятность победы первого стрелка после первого раунда равна  $(1-p)q$ , второго –  $p(1-q)$ , вероятность ничьи (взаимного уничтожения) –  $(1-p)(1-q)$ . Вероятность необходимости проведения второго раунда равна  $pq$ , поэтому вероятность победы первого стрелка после второго раунда равна  $pq(1-p)q$ , после третьего –  $p^2q^2(1-p)q$  и т.д. В итоге вероятность победы первого стрелка есть сумма геометрической прогрессии с первым членом  $(1-p)q$  и знаменателем  $pq$ , она равна  $(1-p)q/(1-pq)$ . Учитывая вид знаменателя полученного выражения, мы уточним постановку задачи – вероятность промаха стрелка не должна равняться единице. Это требование естественно, так как стрелок с стопроцентным промахом – не стрелок. Итак, мы получили следующие выражения для победы, ничьи и поражения первой команды

$$(1-p)q/(1-pq), \quad (1-p)(1-q)/(1-pq), \quad p(1-q)/(1-pq).$$

Забегая вперёд, отметим, что делитель типа  $(1-pq)$  будет присутствовать и в выражениях для 1, 2 (победа, ничья, поражение), когда в командах больше одного стрелка. Такие делители разрешают проблему возможного повторения ситуации в смысле количественного состава команд и позволяют ограничиться рассмотрением только результативных раундов, т.е. раундов, в которых хотя бы одна цель поражена.

Перейдём к ситуации двое стрелков первой команды против одного во второй. На вероятности промахов стрелков первой команды наложим ограничение  $p_1 \leq p_2$ , т.е. лидер команды имеет первый номер, а аутсайдер – второй. Очевидно, что оба стрелка первой команды

целятся в единственного стрелка второй, который, в свою очередь, должен целиться в лидера команды противника. Для победы второй команды необходимо, чтобы первый раунд или серия раундов, начинающаяся взаимными промахами и заканчивающаяся хотя бы одним попаданием в цель, имели результатом назначение очередного раунда, в котором будут противоборствовать аутсайдер первой команды и стрелок второй. Вероятность такого результата равна  $p_1 p_2 (1-q) / (1-p_1 p_2 q)$ . Возникающая ситуация один против одного нами уже рассмотрена и для вероятности поражения первой команды мы получим выражение  $p_1 (p_2)^2 (1-q)^2 / (1-p_1 p_2 q) / (1-p_2 q)$ . Для вероятности ничьи будем иметь  $p_1 p_2 (1-p_2) (1-q)^2 / (1-p_1 p_2 q) / (1-p_2 q)$ , а для подсчёта вероятности победы первой команды достаточно вычесть из единицы сумму вероятностей её поражения и ничьи.

Аналогично рассматривается и ситуация  $n$  стрелков первой команды против единственного во второй. Для победы второй команды необходимо, чтобы все стрелки первой команды постоянно промахивались, а стрелок второй команды последовательно выводил из строя стрелков первой, начиная с её текущего лидера. Приведём выражение для вероятности поражения первой команды

$$p_1 (p_2)^2 (p_3)^3 \dots (p_n)^n (1-q)^n / (1-p_1 p_2 \dots q) / (1-p_2 p_3 \dots q) / \dots / (1-p_n q),$$

где вероятности промахов стрелков первой команды удовлетворяют требованию  $p_1 \leq p_2 \leq \dots \leq p_n < 1$ . Выражение для вероятности ничьи отличается от приведённого присутствием множителя  $(1-p_n)$  вместо  $p_n$ , так как в последнем результативном раунде оба противника поражают цель, а  $(1-p_n)$  есть вероятность попадания в цель аутсайдером первой команды.

В таблице 1 приведены различные случаи исходных вероятностей попадания в цель для стрелков противостоящих команд и подсчитанные по выведенным нами формулам вероятности победы, ничьи и поражения первой команды, в процентах. Вторая команда состоит всего из одного стрелка и проблема выбора целей решается тривиальным образом – все из первой команды метят в этого одного, а он целится в лидера команды противника.

Противники	Победа	Ничья	Поражение
60 vs 60	28,6	42,8	28,6
100 vs 90	10,0	90,0	0,0
40 vs 40	37,5	25,0	37,5
40 vs 35	42,6	23,0	34,4
20 vs 15	53,1	9,4	37,5
20 vs 10	64,3	7,1	28,6
50, 50 vs 100	75,0	12,5	12,5
50, 10 vs 100	55,0	4,5	40,5
40, 10 vs 100	46,0	5,4	48,6
40, 35 vs 90	64,8	12,3	22,9
30, 20 vs 90	47,8	10,4	41,8
25, 20 vs 90	43,8	11,2	45,0
30, 30, 30 vs 100	83,2	5,0	11,8
30, 20, 10 vs 90	67,0	3,3	29,7
20, 20, 10 vs 90	62,0	3,8	34,2
20, 14, 8 vs 90	53,4	3,7	42,9
15, 12, 10 vs 85	52,2	4,8	43,0
20, 15, 10, 10 vs 95	70,9	2,9	26,2

15, 10, 10, 10 vs 95	65,2	3,5	31,3
15, 10, 10, 10 vs 100	63,4	3,7	32,9
10, 10, 10, 10, 10 vs 95	78,6	2,2	19,2
10, 10, 5, 5, 5 vs 95	60,3	2,0	37,7

Таблица 1. Вероятности 1, x, 2 для случаев n vs 1.

Рассмотрим теперь случай двое против двоих. В каждой команде имеется свой лидер под номером 1 и свой аутсайдер под номером 2. Это значит, что вероятности промахов стрелков удовлетворяют неравенствам  $p_1 \leq p_2$  и  $q_1 \leq q_2$ . Очевидно, что лидеры должны целиться друг в друга. Что касается аутсайдеров, то для них возникает дилемма выбора цели – в кого стрелять, в лидера команды противника или в её аутсайдера? Всего имеется 4 варианта схем целенаведения. Обозначим их через 1 - 1, 1 - 2, 2 - 1 и 2 - 2. Первая цифра есть номер цели аутсайдера первой команды. Если эта цифра равна 1, то его мишенью является лидер второй команды, если она равна 2, мишенью является её аутсайдер. Аналогично, вторая цифра в обозначении схемы целей указывает на номер цели аутсайдера второй команды.

Для сравнения вариантов друг с другом и последующего выбора оптимальной схемы необходимо задать критерий качества схемы. Представляется естественным качество схемы для каждой из команд измерять как разность между вероятностями её победы и поражения. В таком случае дилемма выбора цели укладывается в рамки классической теории игр двух лиц с нулевой суммой [1]. Действительно, то что первая команда стремится максимизировать, вторая команда стремится минимизировать. Это есть разница вероятностей победы и поражения первой команды – так называемый платёж. Для каждой из четырех схем целенаведения следует подсчитать соответствующий платёж, составить платёжную матрицу размерности 2 на 2 и исследовать её на наличие седловой точки [1]. Мы не будем подробно описывать способ вычисления элементов платёжной матрицы. Отметим лишь, что он базируется на рассмотрении всевозможных ситуаций после первого результативного раунда с применением делителя  $(1-p_1p_2q_1q_2)$  и на приведенных в первой половине статьи формулах для ситуаций 2 vs 1 и 1 vs 1.

Результаты расчетов показали, что платёжная матрица нашей стратегической игры всегда имеет седловую точку независимо от конкретных исходных вероятностей попадания в цель, отражающих квалификацию участников команд. Это означает, что решение нашей матричной игры всегда осуществляется в чистых стратегиях. В таблице 2 по сравнению с предыдущей таблицей добавлен один столбец, в котором указана оптимальная схема целенаведения.

Противники	Схема	Победа	Ничья	Поражение
20, 10 vs 30, 10	1 - 1	41,1	1,7	57,2
30, 10 vs 30, 10	1 - 1	49,1	1,8	49,1
40, 10 vs 30, 10	1 - 1	55,8	1,8	42,4
40, 10 vs 40, 10	1 - 1	49,0	2,0	49,0
10, 10 vs 30, 10	1 - 2	26,1	2,0	71,9
40, 30 vs 50, 10	1 - 2	56,4	5,9	37,7
40, 30 vs 50, 20	1 - 2	47,1	7,8	45,1
60, 40 vs 90, 10	1 - 2	51,6	10,2	38,2
40, 20 vs 40, 10	1 - 2	60,2	2,8	37,0
40, 20 vs 30, 10	1 - 2	67,1	2,7	30,2
50, 20 vs 30, 10	1 - 2	71,7	2,7	25,6
50, 10 vs 30, 10	2 - 1	61,8	1,8	36,4
30, 10 vs 30, 20	2 - 1	35,7	2,6	61,7

40, 20 vs 30, 30	2 - 1	45,5	5,5	49,0
40, 20 vs 30, 20	2 - 1	54,6	4,5	40,9
60, 20 vs 40, 30	2 - 1	50,9	6,1	43,0
80, 20 vs 50, 50	2 - 1	40,2	15,7	44,1
30, 20 vs 30, 20	2 - 2	47,5	5,0	47,5
80, 70 vs 70, 60	2 - 2	42,5	33,0	24,5
40, 30 vs 30, 30	2 - 2	52,5	8,0	39,5
50, 30 vs 40, 30	2 - 2	51,3	9,3	39,4
60, 30 vs 50, 30	2 - 2	50,2	10,5	39,3
70, 30 vs 90, 10	2 - 2	55,2	7,6	37,2
80, 20 vs 90, 10	2 - 2	55,5	6,0	38,5

Таблица 2. Вероятности 1, x, 2 для случая 2 vs 2.

В заключение приведем некоторые результаты для более сложных ситуаций.

Противники	Победа	Ничья	Поражение
30, 30, 30 vs 50, 50	58,1	7,5	34,4
40, 30, 20 vs 80, 40	48,0	6,1	45,9
40, 30, 20 vs 80, 50	42,4	6,9	50,7
30, 20, 10 vs 70, 30	37,7	3,0	59,3
40, 30, 20, 10 vs 80, 50	58,9	2,7	38,4
40, 30, 20, 10 vs 80, 60	54,5	3,0	42,5
30, 20, 10, 5 vs 70, 30	49,4	1,2	49,4
60, 50, 40 vs 99, 99	42,9	18,1	39,0
60, 50, 40, 1 vs 99, 99	61,5	0,3	38,2
60, 50, 20 vs 95, 95	39,6	9,1	51,3
60, 50, 20, 5 vs 95, 95	51,8	1,8	46,4
50, 35, 20 vs 90, 30	57,9	5,2	36,9
50, 35, 20, 5 vs 90, 30	68,4	1,0	30,6

Таблица 3. Вероятности 1, x, 2 для случаев 3 vs 2 и 4 vs 2.

### მსროლელთა მოწინააღმდეგე გუნდებისთვის მიზნების არჩევის პრობლემა

*ვიქტორ ხუციშვილი*

**რეზიუმე**

განხილულია ბრძოლა მოწინააღმდეგის განადგურებისთვის მსროლელთა ორ გუნდს შორის. ბრძოლა შედგება რაუნდებისგან, თითოეულ მათგანში მსროლელები ახორციელებენ თითო გასროლას. გუნდების შემადგენლობები შეიძლება განსხვავდებოდეს როგორც მსროლელთა რაოდენობით, ასევე მიზანში მოხვედრის ინდივიდუალური ალბათობებით. ამოცანა მდგომარეობს ორივე გუნდისთვის დამიზნების ოპტიმალური სქემის შერჩევაში გამარჯვებისა და მარცხის ალბათობებს შორის სხვაობის მაქსიმიზაციის აზრით.

ფორმულირებული პრობლემა ამოხსნილია ორი კერძო შემთხვევისთვის. ეს არის რამოდენიმე მსროლელი ერთის წინააღმდეგ და ორი ორის წინააღმდეგ. უკანასკნელ შემთხვევაში შესაძლებელია ნულოვანჯამიანი თამაშების კლასიკური თეორიის გამოყენება. გათვლების შედეგებმა აჩვენეს, რომ მსროლელთა ინდივიდუალური ოსტატობის მიუხედავად, შესაბამისი გადახდების მატრიცას ყოველთვის გააჩნია უნაგირა წერტილი.

## The Problem Of Choosing Targets For Two Opposing Teams Of Shooters

*Victor Khutsishvili*

### Summary

The fight to destroy the enemy between the two teams of shooters is considered. The fight consists of rounds, in each the shooters at the same time make one shot. The teams may be different both in number of shooters and in the individual probabilities of hitting the target. The problem is choosing the optimal schemes of aiming for both teams in the sense to maximize the difference between the probabilities of victory and defeat. The formulated problem is solved for two special cases. It is a few shooters against one and two against two. In the latter case, the classical results of the theory of zero-sum games may be applied. The calculation results showed that regardless of the individual skills of shooters corresponding payment matrix always has a saddle point.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. Москва, 1970, 708 стр.

## ტვირთების ოპტიმიზაცია ჯარიმების გათვალისწინებით

დალი სიხარულიძე

Email: [Dali\\_sx@yahoo.com](mailto:Dali_sx@yahoo.com)

### რეზიუმე

ამოცანა წარმოიშვა საზღვაო ტრანსპორტირების პრობლემიდან [1], როდესაც საჭიროა გემისთვის შეზღუდული მოცულობის გამო ტვირთების საუკეთესო კომბინაციის დადგენა მაქსიმალური მოგების მისაღწევად სხვადასხვა შეზღუდვების გათვალისწინებით. ეს ამოცანა არის წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანა, რომელიც გარკვეული გარდაქმნებით დაიყვანება წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე. რეალობაში ზოგიერთი ტვირთის პორტში მიწოდება ფერხდება, ასევე ზოგიერთი ტვირთი გადის ლაბორატორიულ შემოწმებას აუცილებლად ჩატვირთვის შემდეგ (მაგალითად, ხორბალი, რაც 3 დღემდე დროს ითხოვს). ამის გამო ტვირთის ჩატანა დანიშნულების ადგილზე გვიანდება, რასაც მოჰყვება საკმაოდ სოლიდური ჯარიმების დაწესება სატრანსპორტო კომპანიაზე. ეს გარემოება გავითვალისწინეთ ფუნქციონალში დამატებითი შესაკრების შეტანით, რომელიც წარმოადგენს ფუნქციის დადებით ნაწილს, რის გამოც ფუნქციონალი აღარ არის წილად-წრფივი ფუნქცია. სტატიაში შემოთავაზებულია ამ ამოცანის ამოხსნის გზა.

*საკვანძო სიტყვები: წილად-წრფივი პროგრამირება, ფუნქციის დადებითი ნაწილი.*

დავუშვათ, რომ პორტში არსებობს  $n$  ტიპის ტვირთი და  $Q_i$  არის  $i$ -ური ტიპის ტვირთის მაქსიმალური რაოდენობა (ტონებში), რომელიც არის პორტში.

ვთქვათ,  $W$  - გემის სასარგებლო ტვირთია,

$V$  - ტრიუმის მთლიანი მოცულობა,

$f_i$  -  $i$  - ური ტვირთის გადატანის ღირებულება,

$g_i$  -  $i$  - ური ტვირთის სასაწყობო მამრავლი ( $m^3$  ტონაზე-ტვირთის 1 ტონის მოცულობა)

მაშინ მოდელი ყალიბდება როგორც სტანდარტული წრფივი პროგრამირების ამოცანა:

$$\max \sum_{i=1}^n f_i x_i$$

იმ პირობით, რომ

$$x_i \leq Q_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq W$$

$$\sum_{i=1}^n g_i x_i \leq V$$

$$x_i \geq 0, i = 1, \dots, n$$

სადაც  $x_i$  არის გემზე მოსათავსებელი ტვირთის რაოდენობა.

ცხადია, რომ თუ

$$\sum_{i=1}^n Q_i \leq W$$

და

$$\sum_{i=1}^n g_i Q_i \leq V,$$

მაშინ ამოხსნა ტრივიალურია -შესაძლებელია მთელი პორტში არსებული ტვირთის გადაზიდვა. თუ კი ეს პირობები არ სრულდება, მაშინ ვიყენებთ წრფივი პროგრამირების მეთოდს .ამ მოდელში მიღებული ამოხსნა ხშირად არ არის რეალური. საქმე იმაშია, რომ ზოგიერთი ტვირთის მიღება პორტში ფერხდება და ამიტომ პორტში ტვირთების ყოფნის დრო ცვლადი სიდიდეა, რასაც დიდი გავლენა აქვს ტვირთის გაგზავნის ხარჯებზე.

დავუშვათ, რომ  $i$  - ური ტვირთის მოთავსება გემზე ხდება საშუალო სიჩქარით  $y_i$  ტონა დღეში.ვთქვათ,  $C_1$  არის პორტში ყოფნის, ხოლო  $C_2$  -ზღვაზე მგზავრობის დღიური ღირებულება. ვთქვათ,  $s$  არის გემის საშუალო სიჩქარე (კვანძებში) და  $d$  -გასავლელი მანძილია. ტვირთის ტრანსპორტირების სრული დრო გამოითვლება ფორმულით:

$$T = \frac{d}{s} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i}{y_i} \right).$$

ჩვენს მოდელში ვგულისხმობთ, რომ ყოველი ტიპის ტვირთისათვის ჩატვირთვის დრო არის  $x_i$  ტონაჟის წრფივი ფუნქცია, ბუნებრივია მოვითხოვთ, რომ ჩატვირთვის დრო არ აღემატებოდეს  $T_0$  სიდიდეს:

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} \leq T_0. \quad (1)$$

ხშირად კონტრაქტი თვალისწინებს ჯარიმას  $T_0$  დროის გადამეტების შემთხვევაში, ანუ როდესაც :

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} > T_0 \quad (2)$$

ვთქვათ, დროის ერთეულში ჯარიმა შეადგენს  $M$  ერთეულს. მაშინ მთლიანი ჯარიმა იქნება:

$$M \left( \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} - T_0 \right)$$

გამოვთვალოთ მგზავრობის სუფთა მოგება:

$$P = \sum_{i=1}^n f_i x_i - \sum_{i=1}^n C_1 x_i / y_i - C_2 (d / s) - M \left( \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} - T_0 \right) \quad (3)$$

მაგრამ სუფთა მოგება არ გამოდგება შეფასების კრიტერიუმად, რადგან ორი სხვადასხვა კონფიგურაცია არ გვამღევს საზოგადოდ ერთსა და იმავე მგზავრობის დროს . ამიტომ ჩვენ ვყოფთ  $P -s T$  -ზე იმისათვის , რომ მივიღოთ საშუალო მოგება დროის ერთეულში (დღე,თვე ან წელიწადი):

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i - \sum_{i=1}^n C_1 x_i / y_i - C_2 (d / s) - M \left( \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} - T_0 \right)}{\frac{d}{s} + \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i}} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n x_i \left( f_i - \frac{C_1 + M}{y_i} \right) - C_2 \frac{d}{s} + M T_0}{\frac{d}{s} + \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i}}$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = (f_1 - \frac{C_1 + M}{y_1}, f_2 - \frac{C_1 + M}{y_2}, \dots, f_n - \frac{C_1 + M}{y_n})$$

$$\alpha_0 = MT_0 - C_2 \frac{d}{s}; \beta_0 = \frac{d}{s}; \beta = (\frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \dots, \frac{1}{y_n}); x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \\ -\frac{1}{y_1} & -\frac{1}{y_2} & \dots & -\frac{1}{y_n} \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_n \\ W \\ V \\ -T_0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

სადაც  $A$  არის მატრიცა  $(n+3) \times n$ , ხოლო  $b$ -ვექტორი  $(n+3) \times 1$ . ამ აღნიშვნებში ამოცანა ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$\max_{x \in \Omega} \frac{\alpha_0 + \langle \alpha, x \rangle}{\beta_0 + \langle \beta, x \rangle}, \quad (5)$$

$$\Omega = \{x \in R^n, x \geq 0, Ax \leq b\},$$

სადაც  $\langle \alpha, X \rangle$  აღნიშნავს სკალარულ ნამრავს  $\sum_{i=1}^n \alpha_i x_i$  და  $\alpha_0, \alpha_i, \beta_0, \beta_i, i = 1, 2, \dots, n -$

მუდმივებია, რომლებიც მიიღება (4) ფორმულებიდან.

მოვახდინოთ ცვლადთა გარდაქმნა [2]:

$$\rho = \frac{1}{\beta_0 + \langle \beta, x \rangle}$$

მაშინ (5) ფუნქციონალი მიიღებს სახეს:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i x_i \rho + \alpha_0 \rho.$$

თუ შემოვიღებთ კიდევ ერთ აღნიშვნას  $z_i = x_i \rho, i = 1, 2, \dots, n$ , მაშინ ელემენტარული გარდაქმნების შედეგად წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\max \{ \langle \alpha, z \rangle + \alpha_0 \rho \},$$

შეზღუდვებით

$$Az - b\rho \leq 0,$$

$$\langle \beta, z \rangle + \beta_0 \rho = 1,$$

$$0 \leq z \in R^n, 0 \leq \rho \in R$$

ეს კი წრფივი პროგრამირების ამოცანაა  $n+1$  ცვლადის მიმართ. იგი შეიძლება ამოიხსნას სიმპლექს-მეთოდით. ზოგად შემთხვევაში, როდესაც არ არის ცნობილი, აღემატება თუ არა ჩატვირთვის დრო წინასწარ მოცემულ ვადას, მიზნის ფუნქციას ექნება სახე :

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i - \sum_{i=1}^n C_1 x_i / y_i - C_2 (d/s) - M (\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} - T_0)^+}{\frac{d}{s} + \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i}},$$

სადაც



$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} - T_0\right)^+$$

აღნიშნავს ფუნქციის დადებით ნაწილს. გავიხსენოთ, რომ

$$f^+ = \frac{1}{2}(|f| + f) = \begin{cases} f, & f \geq 0 \\ 0, & f < 0 \end{cases}.$$

ეკონომიკურად ეს ნიშნავს, რომ თუ ვადა არ არის გადაცილებული, ჯარიმა არ უნდა იყოს. ადვილი სანახავია, რომ ეს ამოცანა შეიძლება დაიყოს ორ ამოცანად: ფუნქციონალის მინიმიზაცია იმ შემთხვევაში, როდესაც ჯარიმები არ არის (1):

$$\begin{aligned} \max \{ < \alpha^*, z > + \alpha_0^* \rho \} \\ A^* z - b^* \rho &\leq 0, \\ < \beta, z > + \beta_0 \rho &= 1, \\ 0 \leq z \in R^n, 0 \leq \rho \in R \end{aligned}$$

$$\alpha^* = (\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_n^*) = \left(f_1 - \frac{C_1}{y_1}, f_2 - \frac{C_1}{y_2}, \dots, f_n - \frac{C_1}{y_n}\right), \alpha_0^* = -C_2 \frac{d}{s},$$

$$A^* = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \\ \frac{1}{y_1} & \frac{1}{y_2} & \dots & \frac{1}{y_n} \end{pmatrix}, b^* = \begin{pmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_n \\ W \\ V \\ T_0 \end{pmatrix}$$

და როდესაც ისინი არის (2) :

$$\begin{aligned} \max \{ < \alpha, z > + \alpha_0 \rho \} \\ Az - b \rho &\leq 0, \\ < \beta, z > + \beta_0 \rho &= 1, \\ 0 \leq z \in R^n, 0 \leq \rho \in R \end{aligned}$$

და ამ ორი ამოცანის ამოხსნებიდან უნდა ავიღოთ ის, რომელიც ფუნქციონალს მეტ მნიშვნელობას ანიჭებს.

## Cargoes Optimization Adjusted for Fees

*Dali Sikharulidze*

### Summary

The task originates from the problem of marine transportation, when due to bounded capacity of the ship it is necessary to determine the best combination of cargoes to get maximum profit taking into account different constraints. This is the problem of linear-fractional programming which can be reduced to the problem of linear programming by certain transformations. In fact the delivery of some cargoes is delayed, moreover some cargoes pass laboratory control necessarily after loading (e.g. wheat, which needs the time about three days). Therefore the delivery of the cargoes to the destination is delayed; it causes serious fees of the transport company. We take into account this circumstance by adding the surplus item to the functional, representing positive part of function. So, that the functional does not

represent a linear-fractional function any more. In the article the method of solving this problem is suggested.

### Оптимизация грузов с учетом штрафов

*დალი სიხარულიძე*

#### Резюме

Задача возникла из проблемы транспортирования морем, когда необходимо из-за ограниченного объема судна определить наилучшую комбинацию грузов для получения максимальной прибыли с учетом различных ограничений. Эта задача является задачей дробно-линейного программирования, которая определенными преобразованиями сводится к задаче линейного программирования. В действительности доставка в порт некоторых грузов задерживается, кроме того, некоторые грузы проходят лабораторный контроль обязательно после загрузки( например, пшеница, что требует времени до трех суток ). Поэтому доставка груза в место назначения запаздывает, что ведет к наложению довольно солидных штрафов на транспортную компанию. Это обстоятельство мы учитываем внесением в функционал дополнительного слагаемого, представляющего собой положительную часть функции, ввиду этого функционал уже не представляет собой дробно-линейную функцию. В статье предлагается способ решения этой задачи.

#### ლიტერატურა - References - Литература

1. Bitran G.R , Novaes A.G.-Linear Programming with a Fractional Objective Function. Operations Research, vol.21, n.1, Waverly Press Inc.,Baltimor, Maryland 21202 , Jan.-Febr. 1973.
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления и приложения. М.:Радио и связь,1992.

მართვის სისტემები

**CONTROL SYSTEMS**

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

---

## **Semi-Quantitative Assessment of Application of the Eco-Industrial Park (EIP) Concept for Providing of Environment-Friendly and Profitable Industrial Processing of Waste into Gaseous, Liquid and Solid Fuels and other Highly Demanded Marketable Products**

*Archil Chirakadze, Paata Kervalishvili, Akaki Gigineishvili, Zakaria Buachidze, Lali Gurchumelia, Vakhtang Gvakharia, William Toscano, Nugzar Kavlashvili*

*achikochirakadze@yahoo.com*

### **ABSTRACT**

The concept of eco-industrial parks (EIPs) offers one of starting points for addressing the exact meaning of “sustainable development”. Fundamental improvements in industrial environmental performance and resource efficiency are required to involve industry in strategies for sustainability. The problem is very urgent for the most of former soviet republics. Georgia (as a country associated with EU) is of particular interest for developing and testing of advanced models and concepts of building sustainable and knowledge based society in countries with high educational, scientific and technical capacity, but collapsed economics and weakly developed democratic (political and social) institutions. This country may be considered as an ideal testing ground for R&D aimed to establishing of an integrated EIP (a set of inter-regional EIPs), development and testing of innovative approaches and concepts to build the sustainable and knowledge-based society. A big number of advanced and innovative processes and technologies (like microwave enhanced hydrometallurgical and pyro-metallurgical processing, microwave enhanced processing using circulating catalysts, self propagating high-temperature synthesis, microwave enhanced high pressure acidic autoclaving, microwave enhanced chemical synthesis of inorganic and organic materials, catalytic gasification and bio-gas production, vacuum distillation, etc) is utilized in Georgia. The main products and by-products of the considered EIP are represented by low-carbon and low-phosphorous ferromanganese, metallic manganese, composite alloys, Mn-containing micro- and nano-powders and materials, liquid and gaseous fuels, alcohols, manganese containing fertilizers and feed additives, mineral and vitamin enriched feed additives, etc. The work deals with the semi-quantitative assessment of the socio-economical and environmental advantages of implementing of EIP model in Georgia.

*Keywords: EIP, Environment, Sustainable Development, Circulating Catalyst, Fuels, Polymeric Waste, Microwave, Low-Carbon Ferromanganese, Metallic Manganese, Composite Materials and Alloys.*

### **Introduction**

As known [1, 2], eco-industrial parks (EIPs) are systems in which businesses cooperate with each other and with the local community with aim to reduce waste and pollution, efficiently share resources (such as information, materials, water, energy, infrastructure, and natural resources), to increasing economic gains and improving environmental quality. The concept of EIPs offers one of starting points for addressing the exact meaning of “sustainable development” and the main principles of sustainability in communities. Fundamental improvements in industrial environmental performance and resource efficiency are required to involve industry in strategies for sustainability. The problem is very urgent in former soviet republics, especially in case of signing the association agreements with EU. Georgia is of particular interest for developing and testing of advanced models and concepts of building sustainable and knowledge based society in countries with high educational, scientific and technical capacity, but collapsing economics and insufficiently developed democratic (political and social) institutions. Having a favorable geographical position, small territory, high density of industrial (mainly - stopped) and agricultural enterprises and a huge volume of industrial, municipal and agricultural waste, Georgia may be considered as an ideal testing ground for R&D aimed to establishing of an integrated EIP (a set of inter-regional EIPs), development and testing of innovative approaches and concepts to build the

sustainable and knowledge-based society. This work deals with a number of environment-friendly modern technologies for industrial utilization of a wide variety of waste disposed in Chiatura/Zestafoni and Bolnisi districts [3], combined together to form a basis for an inter-regional EIP which involves synergy of a big number of products and by-products actualizing the main principles and requirements of EIPs: use of environment - friendly technologies and closed cycles of processing; use of waste generated by one kind of processing as a resource and/or raw material for other kind of processing; minimizing of the total volume of waste; optimal balance between environmental safety/security and economical efficiency; maximum share of the top-quality products in the total volume of production; positive impact on the fundamental components of social environment. An attempt of quantitative evaluation of the socio-economical and environmental advantages of implementing of EIP model in Georgia is made taking into account the potential of the three sectors of environment-friendly industrial utilization of the secondary resources (scrap tires and plastic waste materials into energy; manganese bearing waste into manganese alloys and feed additives; manganese/copper and pyrite bearing waste into multi-component alloys and precious metals) in the frame of one interregional EIP.

#### **Microwave processing of waste materials to energy (w2E):**

The number and variety of methods and installation for efficient microwave enhanced w2E processing is growing annually [4,5]. While microwave energy is still a relatively young technology in the biodiesel arena, it is a technology whose time has come. The rapid growth of automobile use has led to an abundant accumulation of used tires. Global reserves of used (secondary) tires are estimated to be 35-40 million tons, with a very high annual growth rate of about 8-10 (or even more) million tons per year (<http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/tires/basic.htm>). The level of recycling of used tires in Georgia does not exceed 0.5%, although the Georgian Technical University is among the leading institutions developing advanced technologies for industrial utilization of waste tires and polymeric waste materials. Disposal of plastics has become a global problem of everyday life in many areas. Plastics are an appreciable contaminant on land and in oceans. Plastic use is increasing and the annual production is close to 300 million tons [6]. More plastic was produced during the first 10 years of the 21-st century than that produced during the entire previous century. Taking into account the issues of the environment and human health, the study of the risk and benefits surrounding the use of plastics and a look to future priorities, challenges of plastic recycling becomes urgent. On one hand, plastics are necessary in modern life, offering future technological and medical advances. On the other hand, contamination of the environment and corresponding threats to wildlife and human health are increasing [7]. However, the most important concern is that the current production and use of plastics is not sustainable because of the rapidly declining reserves of fossil fuels, and finite capacity for disposal of waste. Different solutions and strategies to reduce contamination of environment have been considered and proposed [6]. One of the most promising solutions to the problem of plastic waste could be the industrial utilization of plastic and other waste organic polymers into fuels. Up to now research in microwave pyrolysis has been centered on its application to treating wastes such as plastic waste, sewage sludge, scrap tires, wood blocks, oil shale, and various organic wastes (including used oils) [5]. Best results for semi-industrial and industrial processing were obtained utilizing plastic wastes and used car tires and using the circulating catalyst method. The output and quality of gas and liquid components strongly depends on the total mass of the processed material, applied microwave power and duration of the process. Being almost waste-free, the proposed method helps to reduce the volume of both the hazardous waste of producing (drilling) and processing of crude oil and gas and hardly removable waste in the form of used tires and plastic utensils. Calculated parameters can be significantly improved using microwave heating and catalytic properties of ultrahigh frequency field and catalysts (or circulating catalysts). The lab-scale tests show that the catalytic influence of microwave irradiation causes decrease both of the required time (for about 15-50 %) and optimal temperature of chemical reactions (for about 30-40 °C) involved in the combined process. Therefore, the expected economic parameters of the process could be significantly improved with help of optimally applied microwave field. Different samples of liquid fuel obtained from used tires by catalytic pyrolysis were studied and main characteristics of the produced fuels were determined. The primary obtained liquid fraction was mixed with 1 %, 3 %, 5 %, 10 % and 12% wt. of Zeolite and CaO. The blended fuel samples were distilled to decrease sulphur and to produce different fuel fractions. Main characteristics of the produced fuels were determined. Fuel samples using 10 % of CaO or 10 % of CaO+Zeolite (5%+5%) mixed with primary fraction showed the optimal experimental characteristics. Fuel produced using 10 % of CaO or (CaO+Zeolite) are separated into two fractions which are different in densities ("light" and "heavy"). Both fractions were compared with standard fuels. As expected, "heavy" fuels are near to diesel fuel (density at 15°C equal to 0.83 t/m<sup>3</sup> versus 0.82-0.85 t/m<sup>3</sup>; lower

heating value equal to 43.5 MJ/kg versus 42.3-42.8 MJ/kg), while the light fuels are more like to Gasoline (density at 15°C equal to 0.75 t/m<sup>3</sup> versus 0.74-0.78 t/m<sup>3</sup>); lower heating value equal to 43 MJ/kg versus 43.0-43.9 MJ/kg). Light fuels form 21 % and heavy fuel with 61 % of the total outcome. The optimal output and quality were achieved using the combination of convenient (at the beginning of the process) and microwave heating of materials. The dependence of the yield and content on the heating parameters is very complicated and requires a detailed additional study, but the obtained results gave us the possibility to assess the main parameters of the expected working capacity for an industrial plant utilizing both used tires and plastics: electric power consumption 4GWh, net capacity 25,000 t, output oil near 10,000 t, output gases near 6,000, output carbon near 9,000 t, output electricity 70 GWh, electricity sale 66 GWh. Thus, we can use at least two technologies and two installations – demonstrated by the Scandinavian Bio-Fuel Comany (SBFC) and by the Georgian Technical University (GTU) – which can provide a high-efficient and low-cost energy consumption for industrial production. It should be emphasized that technology demonstrated by GTU is more environment-friendly due to lower temperatures of processes and lower emissions. The most probable amount of used scrap tires and polymeric waste (50,000 tons) was used as the basic data for the Semi-quantitative assessment of the appropriate parameters. The total value of the produced fuels and energy during the nearest 20 years is estimated as USD 1.5 - 2 billions.

#### **Microwave enhanced processing of manganese bearing waste.**

Approximately 80 millions of tons of manganese bearing sludge (Mn ≈ 8-12 %) is abandoned in Chiaturadistrict (in the gorge of river Ghurghumela). Hence, about 10 millions of tons of high quality manganese alloys and composite alloys can be produced as a result of industrial utilization of that hazardous waste, which causes high environmental and health risks in all Imereti region. The total value of the produced alloys is estimated as USD 20-22 billions. The Efficient low-cost technology and installation was developed and tested by specialists of the Georgian Technical University in cooperation with specialists of F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science [3] based on the most efficient demonstrated technology of enrichment of manganese bearing sludge into high grade manganese oxide concentrate and using microwave enhanced treatment and the self-propagating high-temperature synthesis (SHS). Various high-grade alloys (metallic manganese, low-carbon (low phosphorous) ferromanganese and composite alloys (“ligatures”) containing Mn, Si, Al, Cr, V and Cu have been produced and studied during last three years. All obtained alloys and composite alloys (“ligatures”) are in compliance with current standards for high-grade low-carbon and low-phosphorous products. The total value of the produced alloys during the nearest 20 years is estimated as USD 10-12 billions.

#### **Microwave enhanced complex processing of copper, pyrite and manganese bearing wastes**

Complex processing of copper, pyrite and manganese bearing wastes through autoclave leaching can be the basis for the efficient highly profitable industrial technology of waste utilization. This method produces high-grade manganese sulphate, low carbon/phosphorous metallic manganese, manganese alloys and ferroalloys and enables recovery of precious metals. Experimental research was carried out using samples of the copper processing waste disposed in the Madneuli (Kazreti) deposit (total amount up to 20 million tons or more) with typical content: SiO<sub>2</sub> – 77-84%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3.5-4.0%, FeS<sub>2</sub>– 6-8%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4-6%, CaO – 0.4-0.6%, MgO - 0.8-1%. R<sub>2</sub>O – 0.4-0.5%, CuFeS<sub>2</sub>– 0.2-0.3 % and representative samples of the manganese ore mining and processing waste disposed in the Chiatura district (total amount up to 100 millions of tons) with typical content: SiO<sub>2</sub> – 70-75%, MnO+MnO<sub>2</sub> – 10-15%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO + CaCO<sub>3</sub> + MgO + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + H<sub>2</sub>O – 12-18%. Joint simultaneous pre-treatment and autoclave oxygen leaching of different compositions of pyrite and low-grade manganese ores or waste was studied at 140-160°C. Preliminary series of experiments using microwave treatment and pre-treatment were also carried out. A novel complex method for efficient processing of manganese, also precious, semi-precious and non-ferrous metals from manganese bearing low-grade ores or wastes and pyrite concentrate through combined processing of manganese ore and pyrite bearing materials is was studied in lab-scale and semi-industrial research. Combined high-pressure leaching of manganese ore and pyrite flotation concentrate was carried out on the representative samples. The resultant solutions were purified and processed into metallic manganese using standard electrolysis methods. The quality of products obtained using all three types of raw material (oxidized manganese ore, carbonate manganese ore and manganese bearing sludge) was very similar, although the content of Al, Si and C was slightly higher. As shown, the chemical

composition of samples obtained from the processes is in good agreement with standard requirements for the metallic manganese ( $Mn \geq 96.0$ ,  $C \leq 0.20$ ,  $Si \leq 1.8$ ,  $P \leq 0.07$ ,  $S \leq 0.05$ ). The results indicate that novel processing methods can form a basis for the low-cost and environmentally-friendly profitable production of manganese oxide concentrates and low-carbon alloys, copper containing compounds, and concentrates for gold and silver extraction. The secondary waste can be efficiently used in the building materials industry. More research is needed to optimize the parameters of extraction of the fine gold particles (30-50 microns) associated with copper ore processing waste. The results indicate that about 10 ton of gold ingots could be produced from Madneuli mining and processing tailings. The total possible output of utilization of manganese waste and low-grade ores of Chiatura mine could exceed 20 million tons of high grade manganese alloys or 25 million tons of high-grade manganese sulphate and manganese oxide concentrate over the next 20 to 30 years. Concentration of potentially toxic manganese copper and other toxic elements in waste can be reduced 10 times or more (up to 0.5 – 1.0%). Waste utilization costs will be reduced almost for 2-times, prime cost of feed additives for 60-70%, prime cost of metallurgical concentrate for 25-30%, prime cost of low-carbon-alloys – for 30-40 %, while total energy consumption will be lowered by 25-30%. The developed installation can be used in emergency situations for producing fuels and drinking water. About 15,000-20,000 new jobs can be created in a new “green” industry and the total input to the Georgian economy could reach the level of about 10-15 billions USD during the next 20-30 years. Ferroalloys and color metals mining and metallurgy in Georgia will be able to recover positions lost over the past 20 years and restore the production of metallic manganese, low-carbon manganese and composite alloys for civil/military industries. Creation of an interregional EIP including Chiatura-Zestafoni and Bolnisi regions will definitely contribute to economic and social progress in Georgia and to meeting a number of important conditions of European integration.

The accurate quantitative evaluation of the socio-economic and environmental impact of the proposed interregional EIP is urgently needed to form a basis for the state strategy of development of EIPs in Georgia utilizing the advanced methods of programming and multi-factorial system analysis, which will approve or refute the statement about the extraordinary importance of EIPs for the rapid socio-economic development and European integration of Georgia.

### **Conclusion**

Implementation of the main principles using the experience of creation and operation of the most successful EIPs (as follows: an industrial park should fit into its natural setting in a way that minimizes environmental impacts while cutting operating costs; provide more efficient use of energy as a major strategy for cutting costs and reducing burdens on the environment; perceive wastes as lost opportunities that ideally are potential products to be re-used internally or marketed to someone else; include the means for moving by-products from one plant to another, warehousing by-products for shipment to external customers, and common toxic waste processing facilities; re-use water from one plant for needs of other plants (water cascading), passing through a pre-treatment plant as needed; supports the exchange of by-products among companies, etc.) is very promising for Georgia and can significantly accelerate achieving the Sustainable Development. The recently developed technologies and the scheme of establishing of an interregional EIP for complex processing of manganese (districts Chiatura and Zestafoni) and copper (district Bolnisi) bearing ore mining and processing waste, together with a big variety of agricultural, household, industrial, medical, biological, etc., etc., kinds of waste can form a self-sustainable high profitable interregional eco-industrial enterprise, which can provide tenth of billions of USD for economical, social development and environmental safety in Georgia. The accurate quantitative evaluation utilizing the advanced methods of programming and multi-factorial system analysis is urgently needed to form a basis for the state strategy of development of EIPs in Georgia.

### **Acknowledgement**

The research was supported by the grant project No 30/27 of the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (GNSF).

**საქართველოში ეკო-ინდუსტრიული პარკების (ეიპ) კონცეფციის გამოყენების  
მიზანშეწონილების ნახევრად რაოდენობრივი შეფასება ნარჩენების გაზისებრ,  
თხევად, მყარ საწვავად და სხვა სახის მაღალმოთხოვნად პროდუქციად  
გადამუშავების გარემოსათვის უსაფრთხო და მომგებიანი სამრეწველო წარმოების  
უზრუნველსაყოფად**

*არჩილ ჭირაქაძე, პაატა კერვალიშვილი, აკაკი გიგინეიშვილი, ზაქარია ბუაჩიძე, ლალი  
ღურჭუმელია, ვახტანგ გვახარია, ულიამ ტოსკანო, ნუგზარ ყავლაშვილი*

**რეზიუმე**

ეკო-ინდუსტრიული პარკების (ეიპ) კონცეფცია წარმოადგენს ერთ-ერთ ამოსავალ წერტილს „მდგრადი განვითარების“ სრულფასოვანი მოდელის განსახორციელებლად. სამრეწველო კომპლექსის მდგრადი განვითარების სტრატეგიაში ჩასართველად აუცილებელია მრეწველობის დარგების გარემოსდაცვითი და რესურსული ეფექტიანობის მნიშვნელოვანი ამაღლება. ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია საბჭოთა კავშირის ყოფილი რესპუბლიკებისათვის. საქართველო (როგორც ევროკავშირთან ასოცირებული ქვეყანა) განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს შედარებით მაღალი განათლების დონისა და სამეცნიერო-ტექნიკური პოტენციალის, მაგრამ მოშლილი ეკონომიკისა და სუსტად განვითარებული დემოკრატიის (პოლიტიკური და სოციალური ინსტიტუტების) მქონე ქვეყნებში მდგრადი და ცოდნაზე დამყარებული საზოგადოების დაფუძნებისა და ტესტირების თვალსაზრისით.

ჩვენი ქვეყანა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთგვარი იდეალური „ლაბორატორია“ ინტეგრირებული ეიპ-ის (ინტერ-რეგიონალური ეიპ-ების ერთობლიობის) შესაქმნელად, მდგრადი და ცოდნაზე დამყარებული საზოგადოების ჩამოსაყალიბებლად საჭირო ინოვაციური მიდგომებისა და კონცეფციების შესამუშავებლად და გამოსაცდელად.

საქართველოში ამჟამად შემუშავებული და გამოცდილია მოწინავე ინოვაციური და ტექნოლოგიების დიდი რაოდენობა (როგორცაა მიკროტალღური ველით გააქტიურებული პროცესები: ჰიდრომეტალურგიული და პირომეტალურგიული გადამამუშავების პროცესები, ცირკულირებადი კატალიზატორის მეთოდი, თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზი, მაღალი წნევის პირობებში ავტოკლაფური გამოტუტვა, ორგანული და არაორგანული მასალების სინთეზი, კატალიტური გაზიფიკაცია და ბიოგაზის წარმოება, ვაკუუმური დისტილაცია და სხვა).

შემოთავაზებული და განხილული ეიპ-ის ძირითადი და თანმდევი პროდუქცია წარმოადგენილია დაბალნახშირბადიანი და დაბალფოტფორიანი მანგანუმის შენადნობებით, ლითონური მანგანუმით, კომპოზიტური შნადნობებით, მიკრო- და ნანონაწილაკებით, თხევადი და გაზისებრი საწვავით, სპირტებით, მანგანუმის შემცველი სასუქებით და საკვები დანამატებით, და ა. შ.).

შესრულებული სამუშაო ეძღვნება საქართველოში ეიპ-ის მოდელზე სოციო-ეკონომიკურ და ეკოლოგიური ზემოქმედების „ნახევრად რაოდენობრივ“ შეფასებას.



**Полуколичественная оценка применения концепции эко-индустриальных парков для экологически чистой и высоко прибыльной промышленной переработки отходов в газообразное, жидкое и твёрдое топливо и другие продукты, пользующиеся повышенным спросом**

*Арчил Чиракадзе, Паата Кервалишвили, Акакий Гигинеишвили, Захарий Буачидзе, Лали Гурчумелиа, Вахтанг Гвахария, Уиллиам Тоскано, Нугзар Кавлашвили*

**Резюме**

Концепция эко-индустриальных парков (ЭИП) представляет собой одну из исходных точек осуществления модели «устойчивого развития». Для того, чтобы включить промышленный комплекс в рамки общей стратегии устойчивого развития, необходимо значительно повысить природоохранную и ресурсосберегательную эффективность предприятий. Данная проблема особенно актуальна для бывших Советских Республик. Грузия, как ассоциированный член ЕС, представляет особый интерес с точки зрения построения и тестирования устойчивого и основанного на знании общества в странах с относительно высоким уровнем образования и высоким научно-техническим потенциалом, но с «разваленной» экономикой и недостаточно развитыми демократическими (политическими и общественными) институтами. Грузию можно представить себе как некую «идеальную лабораторию» для создания интегрированного ЭИП (совокупности межрегиональных ЭИП), для построения и испытания инновационных подходов и концепций создания устойчивого и основанного на знании общества. В нашей стране уже разработано и испытано значительное количество передовых инновационных технологий, на основе которых возможно построить устойчивую систему ЭИП, основным и сопутствующим продуктом которой будут низкоуглеродистые и низкофосфористые сплавы марганца, металлический марганец, композитные сплавы, микро- и наночастицы и материалы, жидкое и газообразное топливо, углеродистые материалы, спирты, марганцевые удобрения, кормовые добавки и т. д.. Данная работа посвящена полуколичественной оценке социо-экономического и экологического воздействия модели ЭИП в Грузии.

**ლიტერატურა – References – Литература**

1. E. Lowe, A. Ernest. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA. 2001.
2. J. M. Pearce. Industrial Symbiosis for Very Large Scale Photovoltaic Manufacturing. Renewable Energy, 33, 2008, 1101-1108.
3. A. Chirakadze et al. Combined Processing of Waste Organic Polymers and Manganese Bearing Waste/Low Grade Ores Into Fuels and Low-Carbon Manganese Alloys. International Conference on Clean Energy (ICCE 2014), June 8-12, Istanbul, Turkey, p. 1425-1435.
4. M. Wireman, A. Chirakadze, Z. Buachidze, D. Khucishvili. Development of Environmental Methods Facilitating the Sustainable Development and By-product Synergy in Georgia and Caucasian Countries: Farther Progress. Development of Environmental Methods Facilitating the Sustainable Development and By-product Synergy in Georgia and Caucasian Countries: Farther Progress. Proceedings of the International Conference related to the 90th anniversary of the foundation of Georgian Technical University, May, 2012, pp. 390-400.
5. A. Undri, L. Rosi, M. Frediani, P. Frediani. 2011. Microwave pyrolysis of polymeric materials, Microwave Heating, Dr. Usha Chandra ed., ISBN: 978-953-307-573-0, InTech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/microwave-heating/microwave-pyrolysis-of-polymeric-mate>
6. Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., and Swan, S.H.. Plastics, the Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends. Phil Trans R Soc B 27 1526, 2153-2166, 2009.
7. North, E.J., and Halden, R.U. Plastics and Environmental Health: The Road Ahead. Rev Environ Health 28, 1-8, 2013.
8. Su Shiung Lam, H. A. Chase. A Review on Waste to Energy Processes Using Microwave Pyrolysis. Energies 5, 4209-4232, 2012. aZe

---

## The System of Compensation and Simulation of Perturbed Geomagnetic Field Variations

*Nikolai Inviya, Nugzar Kavlashvili, Elguja Kubaneishvili*

*Email: ninvia@mail.ru*

### ABSTRACT

The system of active screening is offered. It can work in the mode of compensation of magnetic storms, as well as in the mode of their modeling. Using such system will allow the researchers who are studying questions of impact of weak magnetic fields onto live organisms to intensify works while carrying out scientific experiments. Static characteristic of a control device, block diagrams of systems of compensation and modeling of magnetic storms are offered.

**Keywords:** *Magnetic storms, magnetic shielding, simulation of weak magnetic fields.*

When carrying out various medical and biological experiments to determine the effect of magnetic fields on living organisms both passive and active magnetic shielding are widely used. One of the advantages of active shielding is the capability of maintaining unchanged environmental factors necessary for normal vital activity of the organism. In addition, in case of absence of the necessity of complete screening of the magnetic field active screening systems can compensate only magnetic storms, reserving both DC component of the geomagnetic field and the short-period variations.

Active screening systems used for magnetic storms compensation problems are automatic control systems, that include: the magnetometer (M), the magnetic system (MS) and the control unit [1,2]. MS covers some space - the working volume, which requires the compensation of magnetic storms (often MS is combined with the size of the room in which the research is carried out). M measures the induction of the magnetic field within the working volume. The control unit receives a signal from the M, processes and amplifies it, and then submits to the MS, the field of which is directed against the geomagnetic field. The block diagram of the active screening is shown in Fig. 1.

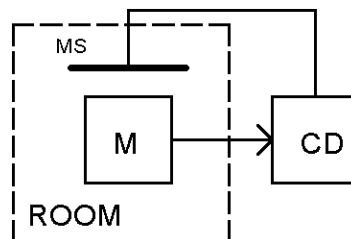


Fig. 1. Block diagram of the active shielding system.

When solving the problem of compensation of magnetic storms in the working volume is required to maintain a constant component and short-period variations of the geomagnetic field while perturbed variations must be compensated. For this purpose the control device should have a static characteristic as shown in Fig. 2.

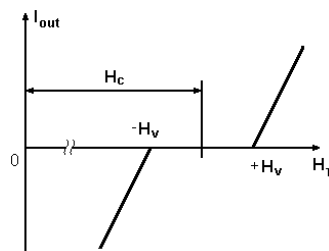


Fig. 2. Static characteristic of control devices.

On the static characteristic the following quantities are shown:  $H_T$  - the intensity of the geomagnetic field,  $\pm H_V$  - the amplitude of the short-period variations,  $H_C$  - level constant component of the geomagnetic field,  $I_{out}$  - output current control device. One possible embodiment of such characteristics in the control device shown in Fig. 3.

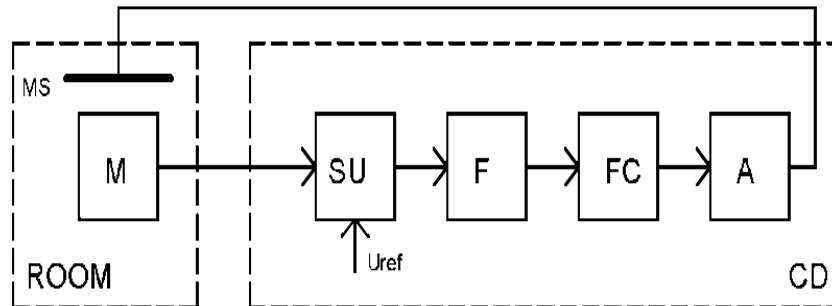


Fig. 4. Block diagram of the compensation system of geomagnetic disturbances

Magnetometer signal  $M$  is fed to one input of the subtractor element  $SU$  and fed to the second reference voltage  $U_{ref}$ , which is in proportion to the constant magnetic field component. As a result, the output signal  $SU$  is generated proportional to the variable component. After that signal is applied to a lowpass filter  $F$ , which serves to protect the magnetic system from getting  $MS$  signal proportional to the pulsations and noise of the magnetometer, and to narrow the bandwidth of the device. The output signal is fed to the former of the characteristics  $DZS$  that allows to create an insensibility zone, which corresponds to the short-period variations  $\pm H_V$ . After this the signal is amplified in power by the amplifier  $A$  and is fed to magnetic system  $MS$ .

While modeling of magnetic storms we have to solve two problems [3]. First is modeling of the magnetic field corresponding to the magnetic storms, and the second - the compensation of all variations (short-perturbed) occurring in the working volume, while maintaining a constant component. Block diagram of the simulation is shown in Fig. 4. The modeling system includes the control device  $CD$ , which contains a variation compensation unit  $VCU$ , variations modeling block  $VMU$ , personal computer  $PC$  and the two magnetic systems  $MS1$  and  $MS2$ .

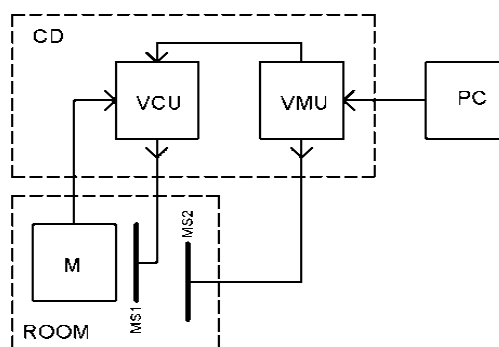


Fig. 4. Block diagram of the modeling system .

The variations simulation unit  $VMU$  converts the received digital signal from the  $PC$ , corresponding to magnetic storms, to analog signal and provides regulating of its level, filtering and amplification. A block diagram of the simulation block is shown in Fig. 5.

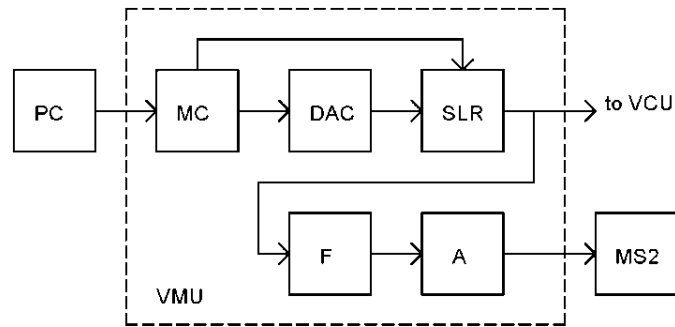


Fig. 5. The block diagram of the variations modeling block VMU.

Part of the VMU microcontroller MC provides a link to a personal computer PC, and controls the digital-to-analog converter DAC and the fader (SLR), which is used as digital potentiometer. The analog signal taken from the output of DAC, passes through SLR and filter F and is fed to an amplifier A, from where amplified in power is supplied to the magnetic system MS2. The analog signal output from the SLR is supplied to the variation compensation unit VCU (shown in Fig. 6).

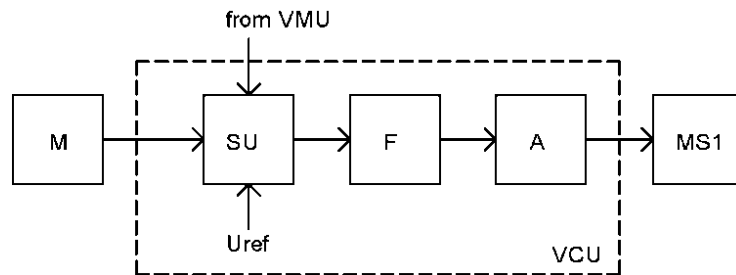


Fig. 6. Block diagram of variations compensation unit VCU.

The variation compensation block must maintain the constant component of the magnetic field in the working volume and suppress any variation of the geomagnetic field, except the variations defined by variations modeling block. Maintaining of the simulated variations is possible if the signal corresponding to this variations, obtained from the VMU subtracting from unit magnetometer signal that will not cause the current in the magnetic system MS1, proportional to modulated variations. Block diagram of variation compensation unit VCU is shown in Fig. 6.

Variations compensation unit comprises a subtracting unit SU, which receives signals from the magnetometer M, VMU unit and the reference voltage  $U_{ref}$  by DI. As a result, SU output signal is generated which is proportional to only the variable component of the geomagnetic field. The signal is then processed by a low pass filter F and a power amplifier A, enters the magnetic system MS1. To maintain a constant component and compensate for variations in the geomagnetic field, the unit VCU must have a static characteristic shown in Fig. 7.

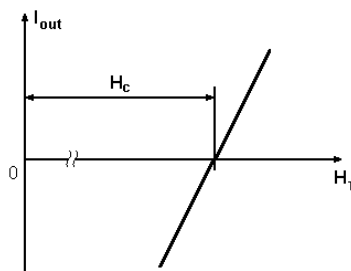


Fig. 7. Static characteristic of unit VCU.

Part of the magnetic storms modeling system block VCU contains all units that are part of the CU system of compensation of magnetic storms, except the characteristic generator FC. Thus, if FC is included to VCU and switch it depending on the selected mode the unit VCU can be used both in a magnetic storms compensation mode and in magnetic storms simulation mode together with VMU unit. The block diagram of the unit VMU with dial FC, is shown in Fig. 8.

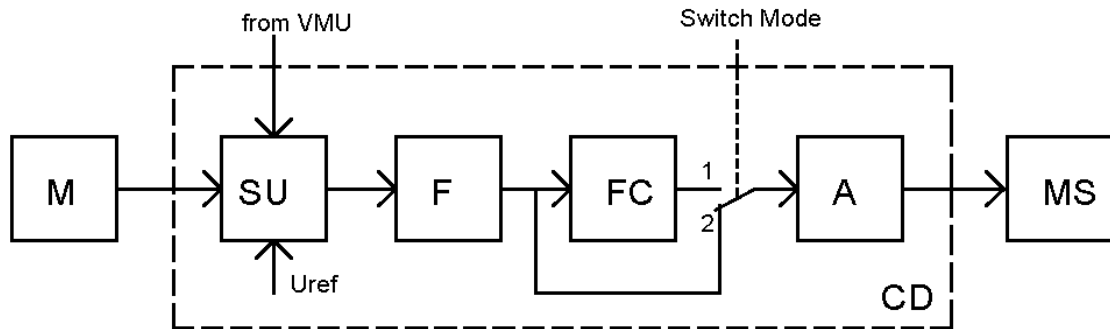


Fig. 8. Block diagram of VCU with dial FC.

**გეომაგნიტური ველების აღშფოთებული ვარიაციების  
კომპენსაციისა და მოდელირების სისტემა**  
ნიკოლოზ ინვია, ნუგზარ კავლაშვილი, ელგუჯა კუბანეიშვილი  
რეზიუმე

შემოთავაზებულია აქტიური ეკრანირების სისტემა, რომლის მუშაობა შესაძლებელია როგორც მაგნიტური ქარიშხლების კომპენსაციის რეჟიმში, ასევე მათი მოდელირების რეჟიმში. ასეთი სისტემის გამოყენება შესაძლებლობას მისცემს მკვლევარებს, რომლებიც სწავლობენ ცოცხალ ორგანიზმებზე სუსტი მაგნიტური ველების ზემოქმედებას, უფრო ინტენსიურად აწარმოონ სამეცნიერო ექსპერიმენტები. შემოთავაზებულია მართვის მოწყობილობის სტატიკური მახასიათებელი, აგრეთვე მაგნიტური ქარიშხლების კომპენსაციისა და მოდელირების სისტემების სტრუქტურული სქემები.

**Система компенсации и моделирования возмущенных вариации  
геомагнитного поля**  
Николай Инвиа, Нугзар Кавлашвили, Элгуджа Кубанеишвили  
Резюме

Предлагается система активного экранирования, работа которой возможна как в режиме компенсации магнитных бурь, так и в режиме их моделирования. Использование такой системы позволит исследователям, изучающим вопросы влияния слабых магнитных полей на живые организмы, интенсифицировать работы при проведении научных экспериментов. Предложена статическая характеристика устройства управления, структурные схемы систем компенсации и моделирования магнитных бурь.

ლიტერატურა - Reference - Литература

1. G.G. Guruli Experimental Installation for Research of Biological Effects of Geomagnetic Fields. In the book: "Theory and Devices of Automatic Control systems". Proceedings of ICS, N21, Tbilisi: "Mecniereba", 1982. Pp. 55-63.
2. Khomeriki O., Kachukhashvili G., Geonjian L., Invia N. Installation for Compensating Negative Impact of Geomagnetic Storms onto Human Organism. "Biocibernetic and Biomedical Engineering", 2004, vol.24, № 1. Polish Scientific Publisher, Warshava, 2004, pp 49-60.
3. G.I. Shteinberg., G.G. Guruli. Installation for Modeling of Weak Magnetic Fields. In the book: "Theory and Devices of Automatic Control systems". Proceedings of ICS, N25, Tbilisi: "Mecniereba", 1987. Pp. 255-261.

*Acknowledgement*

*The reseach was supported by the grant project #G-2094 of the International Science and Technology Center (ISTC)*

## ელექტროსადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დადგენა მდინარის ჩამონადენის სეზონური ცვლილების გათვალისწინებით

თენგიზ მაგრაქველიძე, ვახტანგ ჭიჭინაძე, ხათუნა ლომიძე, მანანა ჯანიკაშვილი, ირმა არჩუაძე

Email: qvelit@rambler.ru

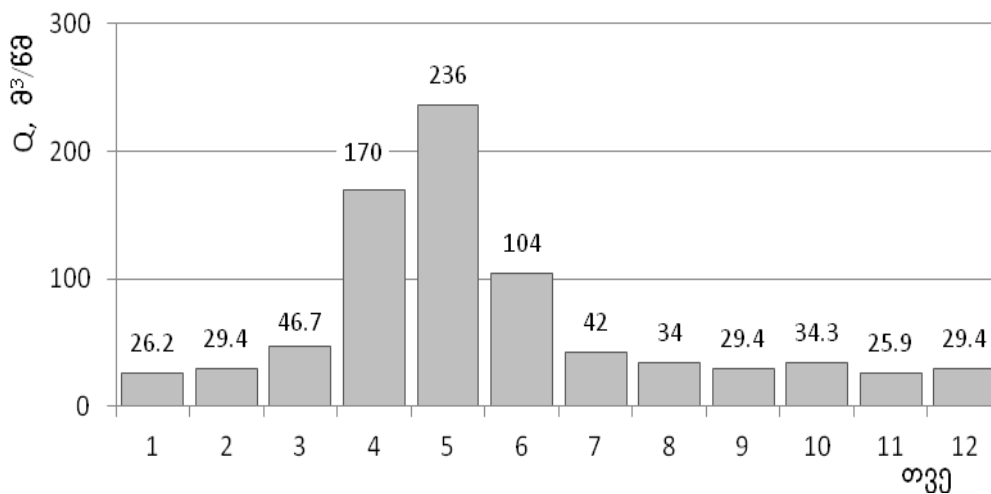
### რეზიუმე

სტატიაში აღნიშნულია, რომ საქართველოს მდინარეები ხასიათდება ჩამონადენის დიდი უთანაბრობით. კერძოდ, გაზაფხული-ზაფხულის თვეების ჩამონადენი შეიძლება 4-5-ჯერ და მეტჯერ აღემატებოდეს შემოდგომა-ზამთრის სეზონის ჩამონადენს. საილუსტრაციოდ მოყვანილია მდინარე მტკვრის ჩამონადენის ცვლილება (ჩითახევთან) თვეების მიხედვით. ნაჩვენებია, რომ აქტუალურია მდინარეზე ასაშენებელი ელექტროსადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დადგენა. ავტორთა აზრით, ელექტროსადგურის სიმძლავრის შერჩევის ამჟამად არსებული მეთოდი არასრულყოფილია და უმჯობესია იგი დადგინდეს ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენებით.

კონკრეტული მდინარისათვის დასმულია და ამოხსნილია შესაბამისი ოპტიმიზაციის ამოცანა და წარმოდგენილია მიღებული შედეგები.

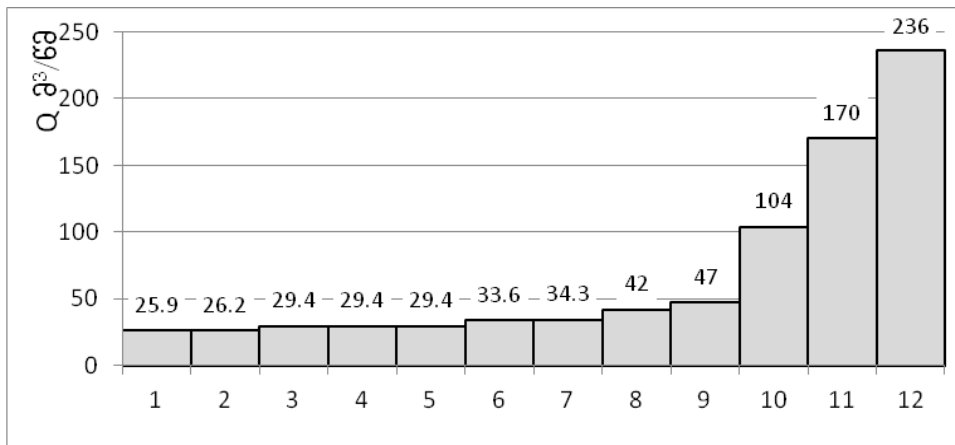
### საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკა, სიმძლავრე, ენერგია, ჰიდროელექტროსადგური

როგორც ცნობილია, საქართველოს მდინარეები ხასიათდება არათანაბარი ჩამონადენით. კერძოდ, პრაქტიკულად, ყველა მდინარის ჩამონადენი მაქსიმალურია გაზაფხული-ზაფხულის თვეებში და მინიმალურია შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში. ამასთან, მდინარის მაქსიმალური ჩამონადენი 4-5-ჯერ და მეტად აღემატება მინიმალურს. ამის ერთ-ერთი მაგალითი მდინარე მტკვრისათვის ჩითახევთან წარმოდგენილია ნახ.1-ზე (გრაფიკი ჩვენ მიერ აგებულია [1]-ის მონაცემების მიხედვით). აღნიშნულ ნახაზზე ნაჩვენებია მდინარე მტკვრის ხარჯი წლის განმავლობაში თვეების მიხედვით. როგორც ნახაზიდან ჩანს მინიმალური წყლის ჩამონადენი არის 25.9 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო მაქსიმალური - 236 მ<sup>3</sup>/წმ.



ნახ.1 მდინარე მტკვრის ჩამონადენი ჩითახევთან [1]

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია იგივე მონაცემები წყლის ჩამონადენის ზრდადობის მიხედვით.



ნახ.2. მდინარე მტკვრის ჩამონადენი ჩითახევთან ზრდადობის მიხედვით

იბადება კითხვა - როგორი სიმძლავრის ელექტროსადგური შეიძლება აშენდეს მდინარე მტკვრის განსახილველ მონაკვეთზე? ცხადია, შეიძლება აშენდეს ისეთი სიმძლავრის სადგური, რომელიც უზრუნველყოფილი იქნება წყლის ჩამონადენით მთელი წლის მანძილზე. ანუ, სხვანაირად რომ ვთქვათ, ნახ.2-ზე წარმოდგენილი გრაფიკის თანახმად - 25.9მ³/წმ ხარჯის შესაბამისი სიმძლავრის სადგური. ცხადია, რომ ასეთ შემთხვევაში სადგური სრული დატვირთვით იმუშავებს მთელი წლის განმავლობაში. ამასთანავე ადგილი ექნება ჭარბი წყლის უქმად დაკარგვას. პირიქით, თუ აშენდება მაქსიმალური ხარჯის (236 მ³/წმ) შესაბამისი სიმძლავრის ელექტროსადგური, უზრუნველყოფილი იქნება მდინარის მთელი ჩამონადენის გამოყენება და, შესაბამისად, მაქსიმალური წლიური ენერჯის გამოიმუშავება. მაგრამ ასეთი სიმძლავრის სადგური სრული დატვირთვით იმუშავებს მხოლოდ ერთი თვის განმავლობაში, ხოლო დანარჩენ თვეებში ადგილი ექნება აგრეგატის მოცდენას.

საბჭოთა პერიოდიდან მოყოლებული, მიღებული იყო, რომ მდინარეზე უნდა აშენებულიყო ისეთი სიმძლავრის ელექტროსადგური, რომელიც სრულად იქნებოდა უზრუნველყოფილი წყლის ხარჯით 4 თვის განმავლობაში. ცხადია, რომ ასეთი მეთოდი შეიძლება გამართლებული ყოფილიყო ცალკეული მდინარეებისათვის და სრულიად გაუმართლებელი სხვა მდინარეების შემთხვევაში.

ყოველივე ზემოთქმული ეხება მხოლოდ უწყალსაცავო ჰესებს.

ვფიქრობთ, ასაშენებელი სადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დასადგენად ეფექტური იქნება ოპტიმიზაციის მეთოდის გამოყენება, რაც გულისხმობს სათანადო ამოცანის ჩამოყალიბებას და ამოხსნას. ქვემოთ წარმოდგენილია ასეთი ამოცანის დასმა და ამოხსნა. უნდა ავღნიშნოთ, რომ მოყვანილი მაგალითი წარმოადგენს ნიმუშს და არ არის სრულ შესაბამისობაში რეალობასთან.

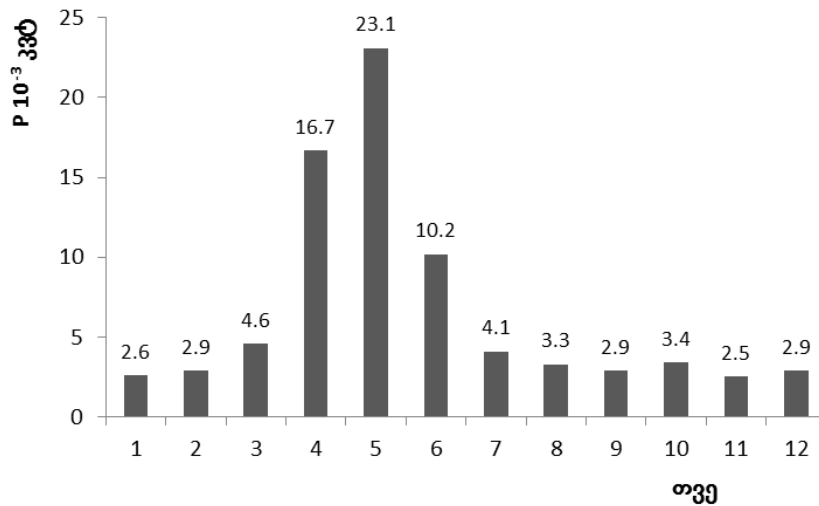
ჩვენ ამოცანა დავადგენთ როგორი სიმძლავრის ელექტროსადგური უნდა ავაშენოთ მდინარის განსახილველ მონაკვეთზე, რათა დაკმაყოფილდეს შემდეგი კრიტერიუმები: რაც შეიძლება მაქსიმალური იყოს გამოიმუშავებული წლიური ენერჯია; ამასთანავე მინიმალური იყოს აგრეგატის მოცდენისა და გამოუყენებელი წყლის გამო დაკარგული ენერჯია.

როგორც ცნობილია, ელექტროსადგურის სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$P=9.8 Q H \text{ კვტ. ,} \tag{1}$$

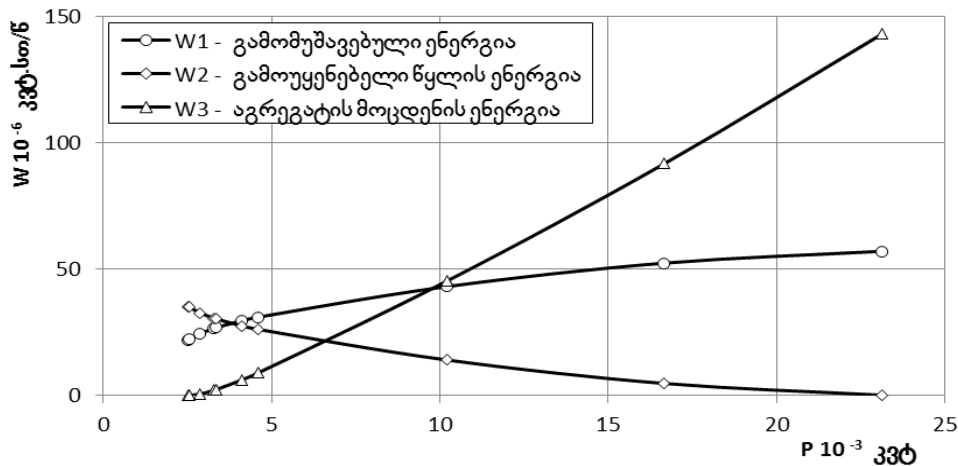
სადაც P არის სიმძლავრე, კვტ, Q არის ხარჯი, მ³/წმ, H არის დაწნევის სიმაღლე, მ. ჩვენ შემთხვევაში, დავუშვათ, რომ H=10 მ. (1) ფორმულის მიხედვით ნახ.1-ზე წარმოდგენილი ხარჯებით ნაანგარიშები სიმძლავრეები მოყვანილია ნახ.3-ზე.





ნახ.3. სიმძლავრის დამოკიდებულება მდინარის თვითურ ჩამონადენზე

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მინიმალური სიმძლავრე არის  $2.5 \cdot 10^3$  კვტ, ხოლო მაქსიმალური -  $23,1 \cdot 10^3$  კვტ. ნახ.3-ზე წარმოდგენილი სიმძლავრეების მიხედვით შეიძლება ვიანგარიშოთ გამომუშავებული წლიური ენერგია – W1, გამოუყენებელი წყლის გამო დაკარგული ენერგია – W2 და აგრეგატის მოცდენის გამო დაკარგული ენერგია – W3. ყოველივე ეს გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ.4-ზე.



ნახ.4. ენერგიის ბალანსი

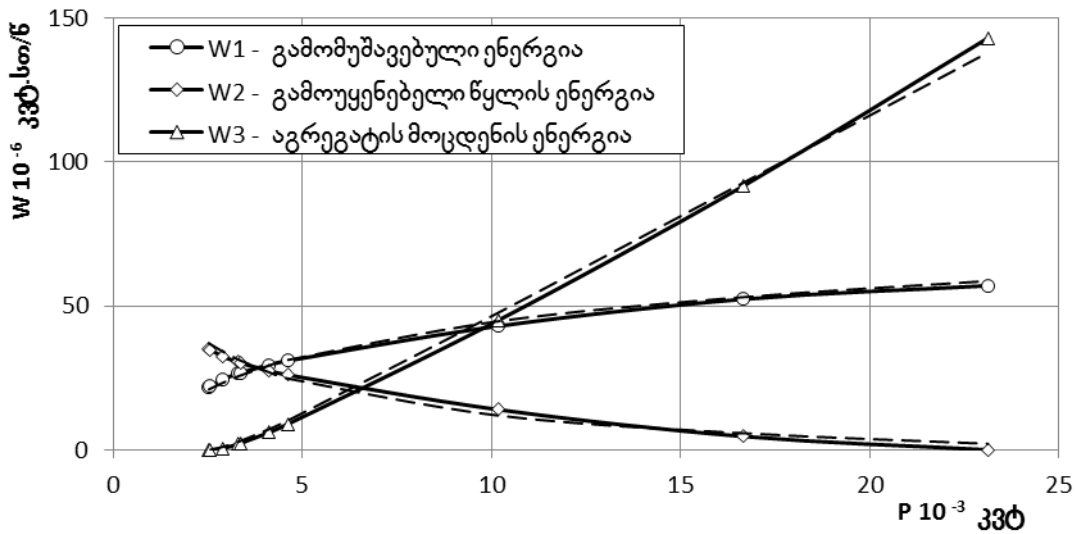
ნახ.4.ზე წარმოდგენილი გაანგარიშებების შედეგები შეიძლება გამოსახული იქნეს შემდეგი აპროქსიმაციული მრუდებით:

$$W1 = 17(1 + \ln(P/2)) \quad (2)$$

$$W2 = \frac{170}{P+2} - 0.2P \quad (3)$$

$$W3 = 7P - 24 + 40/P^2 \quad (4)$$

აპროქსიმაციის შედეგები ნახ.4-ზე წარმოდგენილ გამასაშუალებელ მრუდებთან ერთად მოცემულია ნახ.5-ზე (წყვეტილი ხაზები).



ნახ.5. ენერჯის ბალანსი (აპროქსიმაცია)

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ამოცანა შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი სახით:

მიზნის ფუნქცია:

$$F = W1 - W2 - W3 \rightarrow MAX \quad (5)$$

შეზღუდვები:

1.  $P \geq 2.5$
2.  $P \leq 23.1$

ჩამოყალიბებული ამოცანის მიზნის ფუნქცია არის არაწრფივი, ამოცანა ამოიხსნა გრადიენტული მეთოდით MS EXCEL-ში [2,3]. მიღებული შედეგის თანახმად ოპტიმალური იქნება  $P_{opt} = 5.377 \cdot 10^3$  კვტ სიმძლავრის ელექტროსადგურის აშენება. როგორც ნახ.3-დან ჩანს, სიმძლავრე წყლის ხარჯის 4 თვიანი უზრუნველყოფით იქნება  $P = 4.6 \cdot 10^3$  კვტ. პირველ შემთხვევაში (ჩვენი გათვლით) წლიური გამომუშავებული ენერჯია იქნება  $W = 32.58 \cdot 10^6$  კვტ.სთ, ხოლო მეორე შემთხვევაში -  $W = 31 \cdot 10^6$  კვტ.სთ.

ყოველივე ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ასაშენებელი სადგურის სიმძლავრე უმჯობესია დადგინდეს ოპტიმიზაციის მეთოდის გამოყენებით.

ცხადია, რომ წარმოდგენილი ამოცანა შეფასებითი ხასიათისაა.

### Finding optimal power of power plant taking into account uneven seasonal streamflow of the river

*Tengiz Magrakvelidze, Vaxtang Chichinadze, Khatuna Lomidze, Manana Janikashvili, Irma Archuadze*

#### Summary

In the paper is mentioned that stream flows of rivers in Georgia are very uneven. In particular streamflow in spring-summer may be 4-5 times more than streamflow in autumn-winter season. To illustrate this monthly streamflow of Mtkvari is given (at Chitakhevi). In authors opinion the existing method of selection power station is not perfect and should be found using methods of optimization.

Particular river optimization task is given and solved and results obtained are presented.

## Установление оптимальной мощности электростанции с учетом сезонной неравномерности стока реки

Тенгиз Маграквелидзе Вахтанг Чичинадзе, Хатуна Ломидзе, Манана Джаникашвили,  
Ирма Арчуадзе

### Резюме

В статье отмечено, что реки Грузии характеризуются большой неравномерностью стока. В частности, сток рек в весенне-летнем сезоне 4-5 раз и более превосходит аналогичный показатель осенне-зимнего сезона. Для иллюстрации приведен график изменения по месяцам стока р. Куры (около Читахеви). Показано, что выбор оптимальной мощности строящейся электростанции является актуальным. Отмечено, что существующий в настоящее время метод выбора мощности ГЭС является несовершенным и что более оправданным будет использование для этой цели методов оптимизации.

Поставлена и решена соответствующая задача оптимизации и приведены полученные результаты для конкретной реки.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Колесников В. Экология и водные отношения Грузии. Тбилиси, „მეცნიერება“, 1992, 182с
2. <http://www.addictivetips.com/windows-tips/microsoft-office-excel-2010-solver-add-in/>
3. <http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/OR-MMF/lec15.pdf>

---

### შეცდომის გასწორება:

2014 წლის №16 შრომათა კრებულში ავტორთა მიერ გამოქვეყნებულ სტატიაში - „ენერგეტიკაში მიმდინარე ტენდენციებისა და საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარების შესახებ“ გაიპარა მექანიკური შეცდომა (გვ.79), რის გამოც ვიხდით ბოდიშს. შეზღუდვები ასე უნდა იყოს ჩამოყალიბებული:

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 6}}^n t_i P_i \geq W_3 - \bar{W}_3, n = 13; \quad t_6 P_6 \geq W_3 - \bar{W}_3; \quad t_1 P_1 \leq W_{01}; \quad t_2 P_2 \leq W_{02}; \quad t_3 P_3 \leq W_{03}; \quad t_4 P_4 \leq W_{04};$$

$$t_5 P_5 \leq W_{05}; \quad t_7 P_7 \leq W_{07}; \quad t_8 P_8 \leq W_{08}; \quad t_9 P_9 \leq W_{09}; \quad t_{10} P_{10} \leq W_{010}; \quad t_{11} P_{11} \leq W_{011}.$$

---

## კედლის ზედაპირის ხაოიანობის გავლენა ცილინდრულ ჭურჭელში სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრეზე

*თენგიზ მაგრაქველიძე, ავქსენტი მიქაშავიძე, ნიკოლოზ ბანცაძე, ხათუნა ლომიძე, ცოტნე შენგელია, ირაკლი მანთიძე*

*Email: [qvelit@rambler.ru](mailto:qvelit@rambler.ru)*

### რეზიუმე

მოცემულია გლუვი და ხაოიანი გვერდითი კედლის მქონე სარევიან აპარატში სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრის დასადგენი ექსპერიმენტული დანადგარის აღწერა და ცდების ჩატარების მეთოდიკა. ექსპერიმენტებით დადასტურებულია, რომ სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრე ხაოიანი გვერდითი კედლის მქონე აპარატის შემთხვევაში დაახლოებით ორჯერ აღემატება გლუვი კედლის მქონე აპარატის ანალოგიურ მაჩვენებლებს. ნაჩვენებია, რომ მიღებული მონაცემები გლუვი კედლის შემთხვევაში კარგ თანხვედრაშია ლიტერატურაში არსებულ მონაცემებთან.

გამოკვლევის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა იმის შესახებ, რომ სარევიან აპარატებში თბოგაცემის საინტენსიფიკაციოდ ხაოიანობის მეთოდის გამოყენება გაცილებით უფრო ეფექტურია, ვიდრე ამრეკლი ტიხარების გამოყენება.

**საკვანძო სიტყვები:** *სარევიანი აპარატი, თბოგაცემა, ხაოიანობა, სითხის არევა, სიმძლავრე*

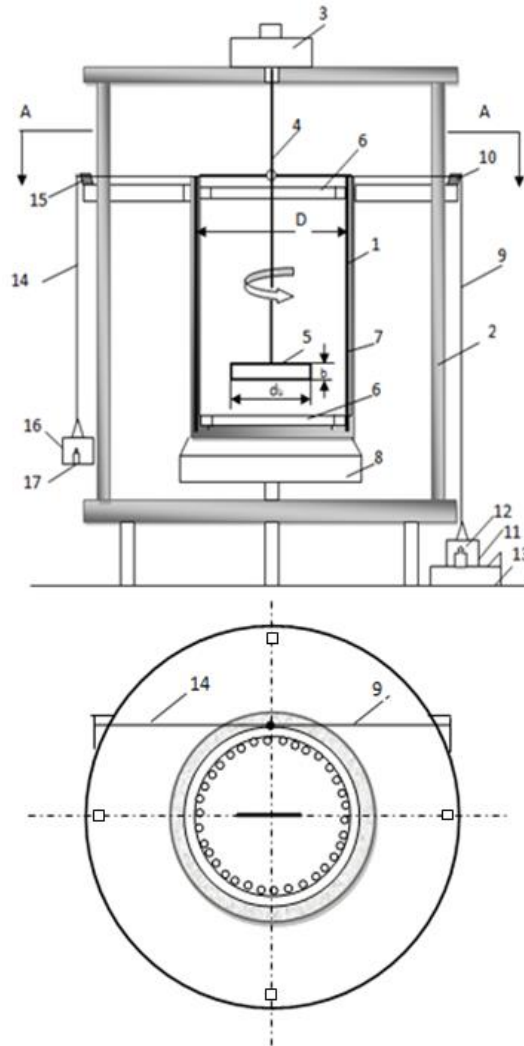
სარევიანი აპარატების ფართოდ გამოყენებამ პრაქტიკაში აქტუალური გახადა ასეთ აპარატებში თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია [1]. თბოგაცემის საინტენსიფიკაციოდ ფართოდ გამოიყენება აპარატში ამრევი ტიხარების განთავსება, რაც თბოგაცემის 30-40%-ით ზრდას უზრუნველყოფს. ამასთან ერთად, როგორც სათანადო გამოკვლევებით დასტურდება, ასეთი ტიხარების განთავსება აპარატში განაპირობებს სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრის მნიშვნელოვან ზრდას (400-500%) [2].

ცნობილია, რომ თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდის გამოყენება. აღნიშნული მეთოდის ეფექტი საფუძვლიანადაა შესწავლილი არხებში ტურბულენტური ნაკადის თბოგაცემის პირობებში [3-6]. აღნიშნული გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ხელოვნური ხაოიანობის შექმნა თბოგაცემის ზედაპირზე განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობის (2,5 – 3)-ჯერ გაზრდას. ამასთან ერთად, ცხადია, მნიშვნელოვნად იზრდება ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობაც.

სარევიან აპარატში ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდით თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის საკითხები პირველად იქნა ექსპერიმენტულად გამოკვლეული სამუშაოებში [7-10]. ამ გამოკვლევებით ნაჩვენებია იყო, რომ სარევიან აპარატში ჩაშვებული კლავნილი მილის ერთ ხვიაზე ხელოვნური ხაოიანობის შექმნა განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობის ზრდას დაახლოებით 100%-ით. ანალოგიური ეფექტი დადასტურდა ჩვენ მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტებში, იმ შემთხვევაში როდესაც ხაოიანობა შექმნილი იყო ცილინდრული ჭურჭლის კედელზე.

ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა ცილინდრულ ჭურჭელში სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრეზე, რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, დღემდე არ ჩატარებულა.

საკითხის აქტუალურობიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ შექმნილ იქნა ექსპერიმენტული დანადგარი, რომელიც წარმოდგენილია პირველ ნახაზზე.



ნახ.1. ექსპერიმენტული დანადგარი.

1-ცილინდრული ჭურჭელი, 2-ხის კარკასი, 3-ელექტროძრავი, 4-სარევის ღერძი, 5-ნიჩბები, 6-რგოლები, 7-ფოლადის ღეროები, 8-საკისრებიანი მექანიზმი, 9,14-ძაფი, 10,15-ჯორა, 11,16-კონტეინერი, 12,17-გირი, 13-ელექტრონული სასწორი.

ექსპერიმენტული დანადგარის ძირითად კვანძს წარმოადგენდა ლითონისაგან დამზადებული ცილინდრული ჭურჭელი -1 (ნახ.1). ჭურჭლის შიდა დიამეტრი  $D=150$  მმ, ხოლო სიმაღლე სიმაღლე ტოლი იყო  $190$  მმ-ის. ცილინდრული ჭურჭელი ჩასმული იყო ხის კარკასში -2. კარკასის სიმაღლე შეადგენდა  $270$  მმ-ს, ანუ აღემატებოდა ცილინდრული ჭურჭლის სიმაღლეს. კარკასის სახურავზე დამაგრებული იყო ელექტროძრავი -3, რომლის ღერძზე მუფტით მიერთებული იყო სარევის ღერძი -4. ექსპერიმენტებში გამოყენებული იყო ორნიჩბიანი სარევი ვერტიკალურად განლაგებული ნიჩბებით -5. სარევის დიამეტრი -  $d=71$  მმ, ნიჩბების სიმაღლე  $b=12$  მმ. სარევის ღერძი და ცილინდრული ჭურჭელი კოაქსიალურად იყვნენ განლაგებული. სარევის ნიჩბების დაშორება ჭურჭლის ფსკერიდან შეადგენდა  $40$  მმ-ს. ცილინდრული ჭურჭლის შიდა ზედაპირზე ხაოიანობის შესაქმნელად გამოყენებული იყო რგოლები -6, რომელთა გარე დიამეტრი ტოლი იყო ცილინდრული ჭურჭლის შიდა დიამეტრისა. ორგანოზომილებიანი ხაოიანობის შესაქმნელად რგოლების გარე პერიმეტრზე გარკვეული ბიჯით გაკეთებული იყო ჭდეები, რომლებშიც ჩამაგრებული იყო  $2$  მმ დიამეტრის მქონე ფოლადის ღეროები-7. ამგვარად, რგოლებისა და ფოლადის ღეროების ერთობლიობა წარმოადგენდა ცილინდრული ფორმის კვანძს, რომელიც თავსდებოდა ცილინდრულ ჭურჭელში ისე, რომ ვერტიკალურად განთავსებული ფოლადის ღეროები

(ხაოიანობის ელემენტები) მჭიდროდ ეხებოდა ჭურჭლის შიდა კედელს (ნახ.1). ამ ტიპის ორგანოზომილებიანი ხაოიანობის ელემენტებს შორის ბიჯი -  $s=20$  მმ, ხოლო ბიჯის ფარდობა ელემენტების სიმაღლესთან  $s/h=10$ . ჩატარდა რამდენიმე სერია ექსპერიმენტებისა, რომლებშიც ჭურჭლის შიდა ზედაპირზე ხაოიანობის შესაქმნელად გამოყენებული იყო პლასტმასის ბადე. ასეთი ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე  $h=1,5$  მმ, ხოლო ბადის უჯრედების ზომები  $s_1=13$  მმ,  $s_2=12$  მმ. ამავე ბადისაგან შეიქმნა ორგანოზომილებიანი ხაოიანობა პარამეტრებით -  $h=1,5$  მმ,  $s/h=8$ .

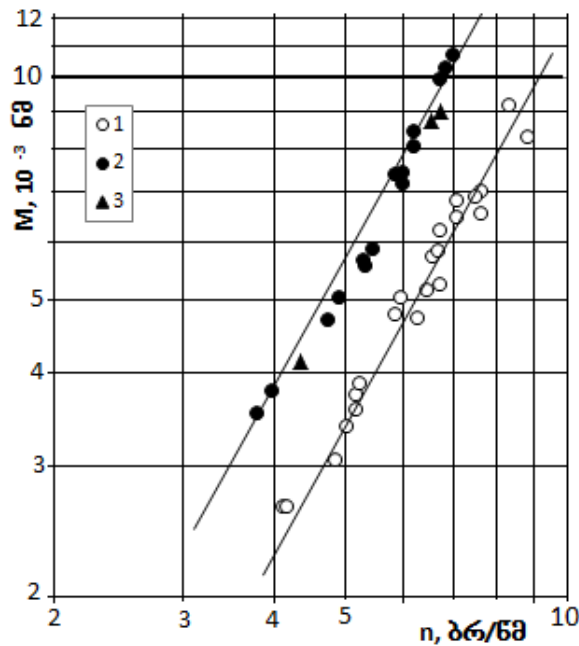
ცილინდრული ჭურჭელი ფსკერით დამაგრებული იყო საკისრებიან მექანიზმზე -8, რომელიც უზრუნველყოფდა ამ ჭურჭლის თავისუფალ ბრუნვას მისი ღერძის ირგვლივ.

სარევის ნიჩბებზე მოდებული მბრუნავი მომენტის განსასაზღვრად გამოყენებული იყო აწონვის მეთოდი. ამ მიზნით ჭურჭლის ზედა კიდეზე ჩაბმული იყო ძაფი -9, რომელიც ჯორაზე -10 იყო გადაკიდებული. ძაფის ბოლოზე მობმული იყო კონტეინერი -11, რომელშიც მოთავსებული იყო გირი -12. კონტეინერი გირით განთავსებული იყო ელექტრონულ სასწორზე -13. უძრაობის ხახუნის გაზომვის მიზნით ჭურჭლის კიდის იმავე წერტილში ჩაბმული იყო მეორე ძაფი -14, რომელიც პირველის საპირისპირო მიმართულებით იყო გადაკიდებული ჯორაზე -15. ამ ძაფის ბოლოზეც მობმული იყო კონტეინერი -16, რომელშიც თავსდება საჭირო წონის გირები. აღნიშნული ძაფები (9, 14) გაზომვების დროს ერთ წრფეზე იყვნენ განლაგებულნი ჭურჭლის გარე ზედაპირის მხების გასწვრივ, აღნიშნული ძაფების ჩაბმის წერტილში.

ექსპერიმენტები მიმდინარეობდა შემდეგი თანმიმდევრობით. ჭურჭელი ივსებოდა წყლით. 9 და 14 ძაფების ერთ წრფეზე დაჭიმულად არსებობის პირობებში ფიქსირდებოდა სასწორის ჩვენება და ხდებოდა ჭურჭლის შემოტრიალება მცირე კუთხით ისე, რომ ძაფი -9 თავისუფლად ყოფილიყო დაკიდებული ჯორაზე -10. ამის შედეგად, ცხადია, სასწორის ჩვენება ძაფის წონის ხარჯზე მატულობდა რამდენიმე მილიგრამით. ამის შემდეგ კონტეინერში -16 თავსდება მცირე საწონები, ვიდრე ძაფი -9 არ დაიჭიმებოდა და სასწორის ჩვენება არ დაუბრუნდებოდა თავდაპირველ მნიშვნელობას. ამ გაწონასწორების შემდეგ კონტეინერ-16-სა და მასში არსებული საწონების წონა ითვლებოდა უძრაობის ხახუნის ძალად.

აღწერილი მოსამზადებელი სამუშაოების შემდეგ ირთვებოდა ელექტროძრავი -3, რომელსაც ბრუნვით მოძრაობაში მოჰყავდა სარევი -5. საკონტროლოდ იზომებოდა ძრავზე მოდებული დენის ძალა და ძაბვა, რომლებიც რეგულირდებოდა ლაბორატორიული ავტოტრანსფორმატორით ЛАТР. სტაციონარული რეჟიმის დამყარების შემდეგ ტახომეტრით იზომებოდა სარევის ბრუნთა რიცხვი, სასწორით კი - კონტეინერისა -11 და გირის -12 წონა, სასწორის ჩვენება, ცხადია, მცირდებოდა ბრუნთა რიცხვის ზრდასთან ერთად. ძალა, რომელიც საჭირო იყო მოცემულ ბრუნთა რიცხვის პირობებში სითხის არევისათვის, გამოითვლებოდა სხვაობით სასწორის თავდაპირველ ( $n=0$ ) და მიმდინარე ჩვენებებს შორის. აღნიშნული ძალის ჭურჭლის დიამეტრზე (მხარზე) გამრავლებით განისაზღვრებოდა მბრუნავი ძალის მომენტი -  $M$ . იგივე მეორდებოდა ბრუნთა რიცხვის ( $n$ ) სხვა მნიშვნელობებისათვის. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ჭურჭლის როგორც გლუვი, ისე ხაოიანი ზედაპირებისათვის.

პირველადი ექსპერიმენტების შედეგები ლოგარითმულ კოორდინატებში ( $M, n$ ) წარმოდგენილია მეორე ნახაზზე. აღნიშნული გრაფიკიდან ჩანს, რომ სითხის არევის დროს სარევის ნიჩბებზე მოდებული მბრუნავი მომენტი როგორც გლუვი, ისე ხაოიანი ზედაპირის შემთხვევაში მკვეთრად (თითქმის კვადრატულად) იზრდებოდა ბრუნთა რიცხვის ზრდით. ამასთან, ბრუნთა რიცხვის მთელ დიაპაზონში მბრუნავი მომენტი ხაოიანობის მქონე ზედაპირების შემთხვევაში დაახლოებით ორჯერ აღემატება ანალოგიურ მაჩვენებელს, მიღებულს გლუვი ზედაპირის შემთხვევაში.



ნახ.2. მბრუნავი მომენტის დამოკიდებულება სარევის ბრუნთა რიცხვზე  
1 - გლუვი ზედაპირი; ხაოიანი ზედაპირები: 2 - ბადე;  
3 - ორგანოზომილებიანი ხაოიანობა,  $h=1.5$ მმ,  $s/h=8$ .

ყურადღებას იმსახურებს შემდეგი ანალიზი. ცნობილია, რომ სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა სითხის არევისათვის გამოისახება დამოკიდებულებით [1]:

$$N = \omega \cdot M, \quad (1)$$

სადაც  $\omega$  არის კუთხური სიჩქარე.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$\omega = 2\pi \cdot n, \quad (2)$$

მივიღებთ

$$N = 2\pi \cdot n \cdot M \quad (3)$$

მეორე მხრივ სითხის არევისათვის საჭირო სიმძლავრე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით [1]:

$$N = K_N \rho \cdot n^3 \cdot d_b^5, \quad (4)$$

სადაც  $K_N$  არის სიმძლავრის კოეფიციენტი,  $\rho$  - სითხის სიმკვრივე.

(3) და (4) ფორმულების მიხედვით:

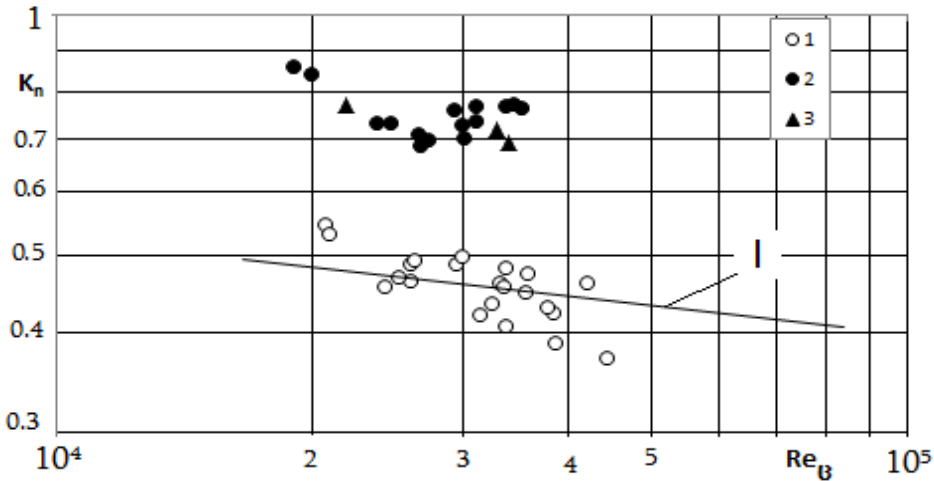
$$K_N = \frac{2\pi \cdot M}{\rho \cdot n^2 \cdot d_b^5} \quad (5)$$

$K_N$  მოცემული ტიპის დანადგარისათვის (ზომები, სარევის ტიპი, ნიჩბების დიამეტრი, რაოდენობა და სხვა) როგორც წესი განისაზღვრება ექსპერიმენტულად.  $K_N$ -ის განსაზღვრისათვის ს.ნაგატამ [2] მრავალრიცხოვან ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით ორნიჩბიანი სარევისათვის შემოგვთავაზა შემდეგი სახის ემპირიული ფორმულა, რომელიც სამართლიანია ვერტიკალურ ნიჩბებიანი სარევის შემთხვევაში, როდესაც არევის რეჟიმი ტურბულენტურია:

$$K_N = \frac{b/D}{0.05 + 1.05 \cdot b/D} \cdot \text{Re}_G^{-0.113} \left( \frac{d_b}{D} \right)^{-1.23} \quad (6)$$

აქ  $\text{Re}_G = \frac{n \cdot d_b^2}{\nu}$  არის რეინოლდსის რიცხვი,  $\nu$  - სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი.

ჩვენ მიერ მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები, დამუშავებული (5) ფორმულის გამოყენებით ს.ნაგატას ემპირიულ ფორმულასთან ერთად წარმოდგენილია მესამე ნახაზზე ლოგარითულ კოორდინატებში ( $K_N, Re_G$ ). როგორც ნახაზიდან ჩანს, ჩვენ მიერ მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები გლუვი ზედაპირებისათვის კარგ თანხვედრამაია ს.ნაგატას ემპირიულ ფორმულასთან, ხოლო ხაოიანი ზედაპირების შემთხვევაში მიღებული მონაცემები თითქმის ორჯერ აღემატება გლუვი ზედაპირის მაჩვენებლებს.



ნახ.3. სიმძლავრის კოეფიციენტის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე  
 1 - გლუვი ზედაპირი;  
 ხაოიანი ზედაპირები: 2 - ბადე; 3 - ორგანოზომილებიანი ხაოიანობა.  
 I – (6) ფორმულის მიხედვით

მიღებული შედეგები ცხადყოფენ, რომ სარევიანი აპარატების ეფექტურობის ამაღლების მიზნით ამრეკლი ტიხარების მეთოდის ნაცვლად უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდი.

ავტორები მადლობას უხდებიან თემურ და ნიკოლოზ ლომიძეებს ექსპერიმენტული დანადგარის დამზადებასა და გამართვაში გაწეული დიდი დახმარებისათვის.

### Influence of wall roughness on power necessary for liquid mixing in the cylindrical vessel

*Tengiz Magrakvelidze, Avksenti Mikashavidze, Nikoloz Bantsadze, Khatuna Lomidze, Tsotne Shengelia, Irakli Mantidze*

#### Summary

Description of experimental methodic and test unit for investigation of power necessary to mix liquid in the stirred tank with smooth and rough side walls are presented. Experimentally was established that power needed to mix liquid in the vessel with rough side walls is twice more than power necessary in case of smooth walls. It is shown that results obtained for smooth surface are in good coincidence with references.

Based on investigations was made conclusion that for intensification of heat transfer in stirred tanks using artificial roughness is more efficient than reflective spacers.



## Влияние шероховатости стенки цилиндрического сосуда на потребляемую мощность для перемешивания жидкости

Тенгиз Маграквелидзе, Авксентий Микашавидзе, Николоз Банцадзе, Хатуна Ломидзе,  
Цотне Шенгелия, Ираклий Мантидзе

### Резюме

Приведены описание экспериментальной установки и методика проведения опытов по определению мощности требуемой для перемешивания жидкости в аппарате с мешалкой с гладкой и шероховатой боковыми стенками. Экспериментально установлено, что потребляемая мощность для перемешивания жидкости в аппарате с шероховатой боковой стенкой примерно в два раза превосходит аналогичный показатель в случае гладкой поверхности. Показано, что полученные результаты для гладкой поверхности хорошо согласуются с литературными данными.

На основании проведенного исследования сделано заключение о том, что для интенсификации теплоотдачи в аппарате с мешалкой использование метода шероховатости является гораздо эффективным, чем установка отражающих перегородок.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Брагинский Л., Бегачев В., Барабаш В. Перемешивание в жидких средах. Л. 1984, 336с.
2. Штербачек З., Тауск П. Перемешивание в химической промышленности. Л., Госхимиздат, 1963, 410 с.
3. Gomelauri V. Influence of two – dimensional artificial roughness on convective heat transfer. Int. J. of Heat and Mass Transfer, v.7, N6, 1964, pp.653-663.
4. Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кипшидзе М.Е. Интенсификация конвективного теплообмена под воздействием искусственной шероховатости. В кн. Вопросы конвективного теплообмена и чистоты водяного пара. Изд-во АН ГССР, 1970, с.98-131.
5. Абрамидзе Ш.П., Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кикнадзе Г.И. Исследование теплообмена в активной зоне ядерного реактора типа ИРТ с искусственной шероховатостью на оболочках тепловыделяющих элементов. В кн. [4], с.132-149.
6. Джамарджашвили В.А. Усовершенствованный метод интенсификации теплоотдачи и его экспериментальное обоснование. Сообщения АН ГССР, 1989, т.133, №2, с.369-372ю
7. Magrakvelidze T.Sh., Bantsadze N.O., Lekveishvili N.N. Influence of Artificial Roughness on Heat Transfer to Turbulent Mixed Liquid in a Pool. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 1996, N3, pp.397-400.
8. მაგრაქველიძე თ., ბანცაძე ნ., ლეკვეიშვილი ნ., ლომიძე ხ. თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია და თბოგადამცემი აპარატების ეფექტურობის ამაღლების პრობლემა. ა.ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. 2006. გვ.122-129.
9. Маграквелидзе Т., Банцадзе Н., Леквеишвили Н. Интенсификация теплоотдачи в аппарате с мешалкой. Тезисы докладов и сообщений 5-го Минского международного форума по тепло- и массообмену, Минск, 2004г. т2, ст429-430. Тр. форума: <http://www.itmo.by/forum/mif5/doc>
10. Magrakvelidze T., Bantsadze N., Lekveishvili N., Lomidze Kh. Influence of Artificial Roughness on Heat Transfer in the Rotating Flow. World Academy of Science, Engineering and Technology. "International Conference on Fluid Mechanics, Heat Transfer and Thermodynamics". Proceedings, Dubai, United Arab Emirates. 2011. pp.162-165.

# აქტიური ზოლოვანი ფილტრების გადაწყობისა და გამოყენების საკითხები

თამაზ ტროყაშვილი, გურამ ურუშაძე, ნოდარ შენგელია

Email: tmt-10@mail.ru

## რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დაბალი სიხშირის რთული სიგნალებიდან ძირითადი სიგნალის სიხშირის გამოყოფა და მისი ამპლიტუდის განსაზღვრა. სიგნალის ძირითადი სიხშირე შესაძლებელია იცვლებოდეს გარკვეულ დიაპაზონში. ნაჩვენებია სქემა, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია ფილტრის ავტომატური გადაწყობა შემავალი სიგნალის შესაბამის რეზონანსულ სიხშირეზე. ფილტრის სახით გამოყენებულია მეორე რიგის აქტიური ზოლოვანი ფილტრი რთული უარყოფითი უკუკავშირით.

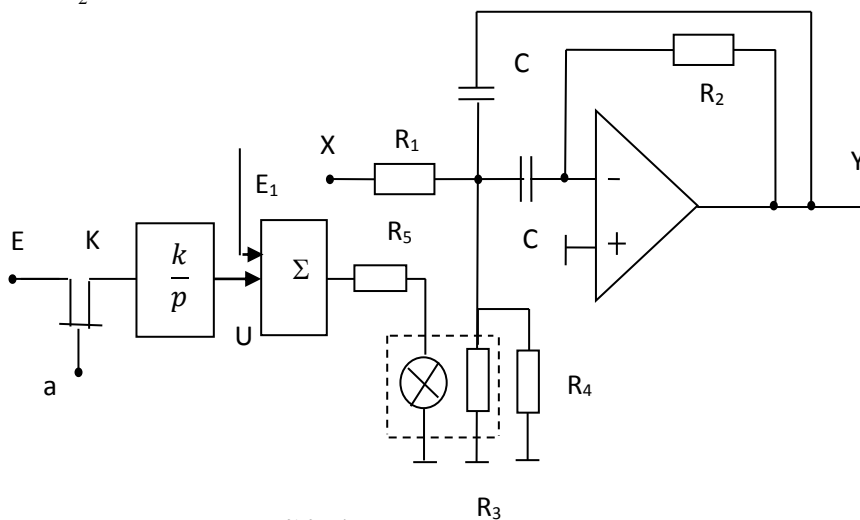
**საკვანძო სიტყვები:** დაბალი სიხშირე, ფილტრი, ავტომატური გაწყობა.

დაბალი სიხშირის რთული რხევების შესწავლის დროს ფართოდ გამოიყენება მეორე რიგის აქტიური ზოლოვანი ფილტრები: ბიკვადრატული ფილტრი [1] ან ფილტრი რთული უარყოფითი უკუკავშირით [2]. ბიკვადრატული ფილტრი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ Q-კონტურის ვარგისიანობა 100-მდე. ხოლო ფილტრისათვის რთული უარყოფითი უკუკავშირით  $Q \leq 10$ . ამ ფილტრის გადაწყობა სხვა რეზონანსულ სიხშირეზე შესაძლებელია ერთი  $R_3$  წინაღობის ცვლილებით:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3}}$$

სადაც  $f_0$  ფილტრის რეზონანსული სიხშირეა,  $C_1, R_1, R_2, R_3$ , არის ფილტრის პარამეტრები ნახ. 1. ამ ფილტრის განსაკუთრებულ თვისებად უნდა ჩაითვალოს ის, რომ რეზონანსული სიხშირის ცვლილების დროს ფილტრის გადაცემის კოეფიციენტი  $A = \frac{R_2}{2R_1}$  და ფილტრის გატარების ზოლი

$$B = \frac{f_0}{Q} = \frac{1}{2IIR_2C}$$
 რჩება უცვლელი.

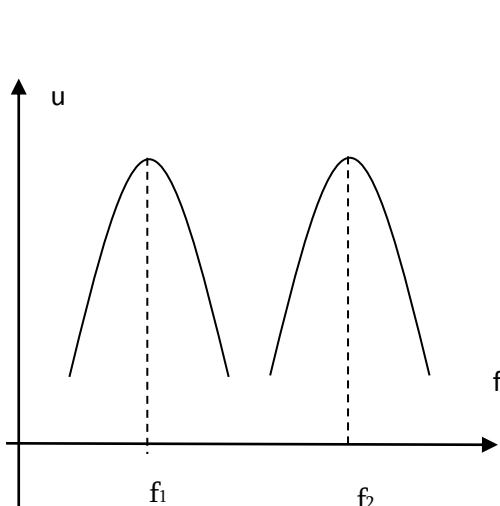


ნახ. 1

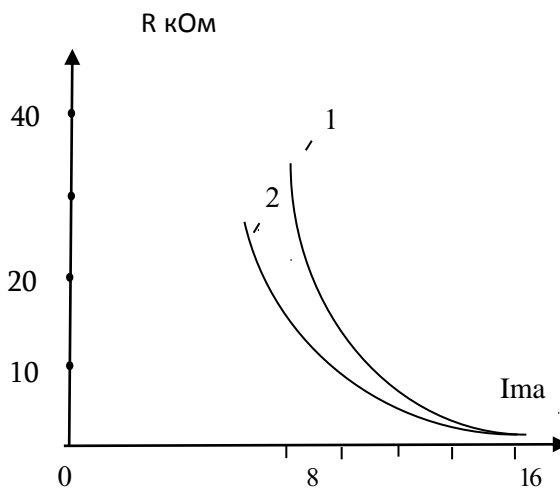
ანალიზის საწყის ეტაპზე დავუშვათ, რომ შემავალი X სიგნალის ძირითადი მდგენელის სიხშირე იცვლება დიაპაზონში  $f_1$ -დან  $f_2$ -მდე, ხოლო ამპლიტუდა A არის მუდმივი სიდიდე. ნახ.2.

ნახ.1. ნაჩვენები სქემის გამოყენებით შესაძლებელია ფილტრის ავტომატური გადაწყობა თუ  $R_3$  წინაღობას ჩავანაცვლებთ ოპტორეზისტორით.

ნახ. 3, მრუდი 2 ნაჩვენებია ოპტორეზისტორის (ო.რ.) 09P-11-ის მახასიათებელი, რომელსაც პარალელურად ჩართული აქვს წინაღობა  $R_4$ . ამ ნახაზზე მრუდი 1 შეესაბამება ო.რ.-ის მახასიათებელს  $R_4$ -ის გარეშე, ასეთი სქემის გამოყენებით შესაძლებელია ო.რ. წინაღობის ცვლილება დიაპაზონში  $0,2 \div 20 \text{ კომ.}$  ( $R_4 = 40 \div 60$ ) კომ. ო.რ. ცვლილების ასეთი დიაპაზონი საშუალებას გვაძლევს გადავაწყოთ ფილტრი სიხშირულ დიაპაზონში  $f_1 - 4f_1$ , ისე რომ, როგორც უკვე ზემოთ იყო აღნიშნული ფილტრის გამძლიერების კოეფიციენტი -A და გატარების ზოლი B დარჩეს უცვლელი.



ნახ. 2



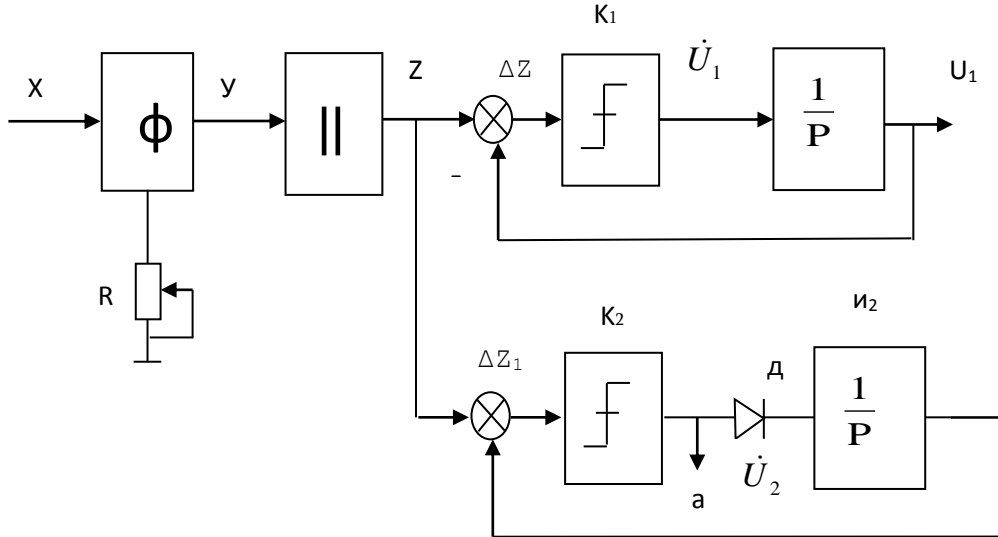
ნახ 3

ნახ. 1. ნაჩვენები სქემის მიხედვით X სიგნალის ძირითადი მდგენელის სიხშირის მოძებნის არსი მდგომარეობს შემდეგში: E მუდმივი ძაბვა K ჩამრთველის გავლით მიეწოდება ინტეგრატორს, რომლის გამოსავალზე მიიღება ძაბვა U. ეს ძაბვა მიეწოდება ამჯამაჯ მოწყობილობას, რომელზეც მოდებულია  $E_1$  მუდმივი ძაბვა, რომელიც შეირჩევა ოპტორეზისტორის გაღების დენის შესაბამისად. რადგან U ძაბვა დროის მიხედვით იზრდება წრფივად, ამიტომ დენის ცვლილებისას  $I_1$  -დან  $I_2$  -მდე,  $R_3$  -ისა და  $R_4$  -ის

ექვივალენტური წინააღობა  $\frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$  იცვლება 20 კილოომიდან - 0,2 კილოომამდე. როდესაც

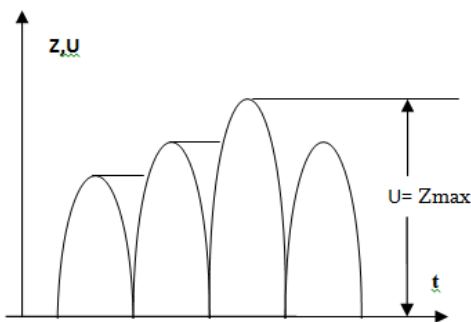
ფილტრის რეზონანსული სიხშირე  $f_0$  დაემთხვევა შემავალი X სიგნალის ძირითად სიხშირეს K გასაღები იკეტება და ხდება Y სიგნალის დამახსოვრება. ნახ. 1 მოცემული U ძაბვის სიდიდის მიხედვით შესაძლებელია დავადგინოთ X სიგნალის ძირითადი მდგენელის სიხშირე.

ნახ. 4 მოცემულია  $X$  რთული სიგნალიდან ძირითადი მდგენელის გამოყოფის სქემა, რომელიც შეიცავს  $\Phi$  ფილტრს, გამმართველს, ორ ამჯამავ მოწყობილობას, ორ კომპარატორს, ორ ინტეგრატორს და  $D$  დიოდს, რომელიც ჩართულია  $I2$  ინტეგრატორსა და  $K2$  კომპარატორს შორის.



ნახ. 4

როდესაც  $\Phi$  ფილტრს მიეწოდება  $X$  რთული ფორმის სიგნალი,  $\Phi$  ფილტრი გამოყოფს ძირითად მდგენელს (ძირითად ჰარმონიკას), რომელიც გამართვის შემდეგ მიეწოდება ცნობილ სქემას, რომელიც შედგება პირველი კომპარატორისა და ინტეგრატორისგან.  $U_1$  სიგნალი დიდი სიზუსტით იმეორებს შემავალი  $Z$  სიდიდის ფორმას, ამიტომ  $\Delta Z = Z - U = 0$ . კომპარატორის გამოსავალი სიგნალის საშუალო მდგენელი არის  $U_1$  სიდიდის პირველი რიგის წარმოებული ანუ  $\dot{U}_1$ .  $U_1$  და  $\dot{U}_1$  სიგნალების მიხედვით შესაძლებელია დავაფიქსიროთ  $Z$  სიგნალის  $\max$  და  $\min$ . როდესაც  $\dot{U}_1 = 0$  და  $U > 0$  გვაქვს  $Z$  სიდიდის  $\max$ , ხოლო როდესაც  $\dot{U}_1 = 0$  და  $U = 0$  გვაქვს  $\min$ . ამ სქემაზე ნაჩვენებია მეორე ინტეგრატორის გამოსავალი ძაბვა  $U_2$  აფიქსირებს შემავალი სიგნალის მაქსიმუმს ნახ.5.



ნახ.5

## Configuration and use of the active band-pass filters

*Tamaz Trokashvili, Guram Urushadze, Nodar Shengelia*

### Summary

The complex baseband signal is considered. The signal frequency changes within a large range. The scheme of filter for allocation of frequency of the main signal as well as the scheme of automatic adjustment of the filter for the resonant frequency is shown. As the filter the active baseband filter of the second order is used.

## Вопросы настройки и использования активных полосовых фильтров

*თამაზ ტროკაშვილი, გურამ ურუშაძე, ნოდარ შენგელია*

### Резюме

Рассматривается сложный низкочастотный сигнал. Частота сигнала меняется в широких пределах. Показана схема фильтра для выделения частоты основного сигнала. Показана также схема автоматической настройки фильтра на резонансную частоту. В качестве фильтра используется активный полосовой фильтр второго порядка.

## ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Титце У., Щенк К. – Полупроводниковая схемотехника. МИР, 1983.
- [2] Фолкенберри Л. – Применение операционных усилителей и линейных ИС. МИР, 1985.
- [3] Т. Трокашвили – Активные полосовые фильтры. Международная научная конференция, Проблемы управления и Энергетики – РСРЕ – 2004. Тбилиси, 2004
- [4] თ. ტროყაშვილი - ჰიდროაგრეგატის სიხშირის რეგულირება ბალასტების გამოყენებით. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომები- 21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები. თბილისი, 2012 წ. , ტომი 1.

## დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორში დაგვიანების ციფრული ბლოკის რეალიზაცია დისკრეტულ ელემენტებზე

ლევან გვარამაძე, ოთარ ლაბაძე, ნუგზარ ყავლაშვილი, პანაიოტ სტავრიანიდი, თამაზ საანიშვილი, გიორგი კიკნაძე

olabadze@mail.ru:

### რეზიუმე

აღწერილია მაღალი მეტროლოგიური მახასიათებლების მქონე დიდი მუდმივი დენის ლაბორატორიული წყაროს კალიბრატორის ტიპური სტრუქტურა.

ნაჩვენებია მისი ძირითადი ნაწილის, დაგვიანების ბლოკის, ანალოგური მეთოდებით რეალიზაციის უარყოფითი მხარეები. კერძოდ, საკუთრივ დაგვიანების დამკვეთი ელემენტი (ცვლადი წინააღმდეგობა) არ იძლევა საშუალებას ზუსტად დავაფიქსიროთ მისი მნიშვნელობა პოტენციომეტრის სახელურის პოზიციონირებით. თავად დაგვიანების სიდიდეც არ არის წრფივად დამოკიდებული წინააღმდეგობის ცვლილებაზე. გარდა ამისა, დაყოვნების განმსაზღვრელი RC წრედის ელემენტების პარამეტრები დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე - ტემპერატურაზე, დამველების ხარისხზე და ა.შ.

შემოთავაზებულია დაგვიანების ფორმირების ციფრული ბლოკის ერთი ვარიანტი აგებული დისკრეტულ ციფრულ ელემენტებზე, რომელიც თავისუფალია ჩამოთვლილი მხარეებისაგან. მოყვანილია ამ მოწყობილობის ელექტრონული სქემა და დროითი დიაგრამები სქემის ფუნქციონირების ილუსტრაციისათვის.

*საკვანძო სიტყვები: დაგვიანება, RC წრედი, დიდი მუდმივი დენი, კალიბრატორი.*

წარმოებასა და კვლევით დარგებში დანერგილ გარკვეული კლასის ტექნიკურ სისტემებში რიგი ამოცანების გადასაწყვეტად (გალვანური და მაგნიტოოპტიკური დენის, სიმძლავრის დაენერგიის გამზომი პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევა, გრადუირება და აგრეთვე დიდი დენის რელეების, ავტომატური ამომრთველებისა, დიფერენციალური დაცვის მოწყობილობების გაწყობა/რეგულირება და სხვა) გამოიყენება დიდი მუდმივი დენის ლაბორატორიული წყაროები [1].

[2] აღწერილია მაღალი მეტროლოგიური მახასიათებლების მქონე, შედარებით მარტივი, მცირე გაზარტების მქონე დიდი მუდმივი დენის ლაბორატორიული წყარო - კალიბრატორი. მასში ერთერთი ძირითადი ნაწილის დაგვიანების ბლოკის რეალიზაციისათვის კერძოდ- ოპტოტირისტორის შესასვლელზე მიწოდებული დაგვიანების სიგნალის ფორმირებისათვის გამოიყენება ციფრული მიკროსქემები, თუმცა საკუთრივ დაგვიანების ფორმირება ხორციელდება ანალოგური კომპონენტებით (RC წრედი). ასეთი მიდგომა გვაძლევს მარტივ სქემოტექნიკურ გადაწყვეტას, მაგრამ ხასიათდება გარკვეული უარყოფითი მხარეებით, კერძოდ:

- საკუთრივ დამკვეთი ელემენტი (ცვლადი წინააღმდეგობა) არ იძლევა საშუალებას ზუსტად დავაფიქსიროთ წინააღმდეგობის სიდიდის მნიშვნელობა, რომელიც როგორც წესი, პოტენციომეტრის სახელურის წრფივი გადაადგილების ან მისი მობრუნების კუთხის პროპორციულია. რთულია აგრეთვე მისი ზუსტი განმეორებადობის უზრუნველყოფა;

- თავად დაგვიანების სიდიდის ფორმირება დაკავშირებულია RC წრედში არსებულ გარდამავალ პროცესთან. მისი ექსპონენციალური ბუნების გამო ის არ არის წრფივად დამოკიდებული დამკვეთი პოტენციომეტრის წინააღმდეგობის ცვლილებაზე ე.ი. სახელურის წრფივი გადაადგილების ან მისი მობრუნების კუთხის სიდიდეზე;

• RC წრედის ელემენტების წინააღმდეგობის და ტევადობის მნიშვნელობა დამოკიდებულია რიგ გარეშე ფაქტორებზე. კერძოდ, გარემოს ტემპერატურაზე (ეს განსაკუთრებით ეხება ტევადობის მნიშვნელობას), ტენიანობაზე, ელემენტების დამკვეთზე, ფიზიკურ დაზიანებაზე და ა.შ.

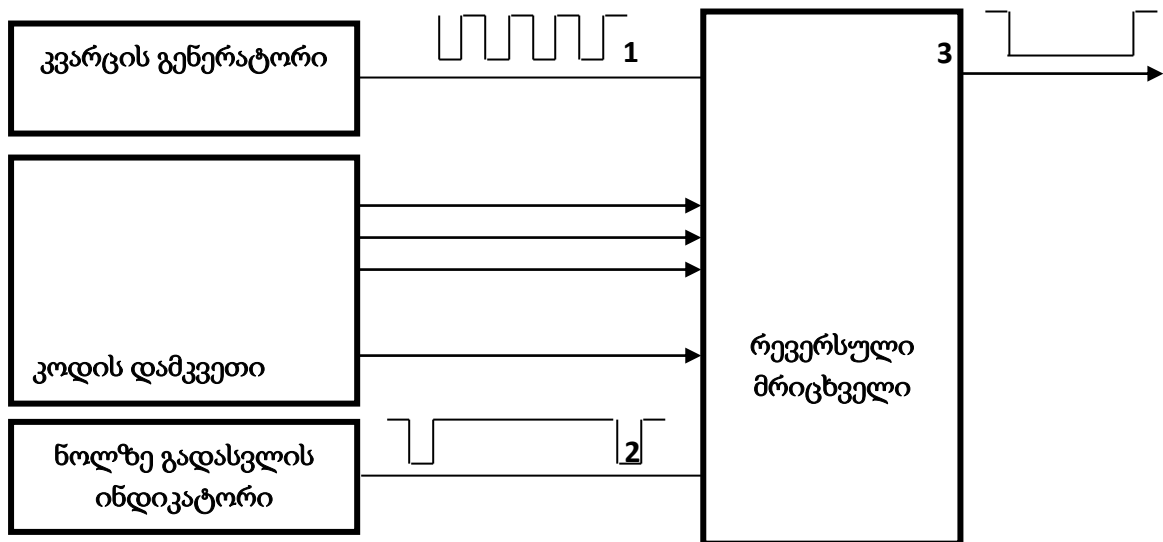
აქედან ცხადია რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც ხელსაწყოს მეტროლოგიური მახასიათებლების მიმართ არის გაძლიერებული მოთხოვნები - მაგალითად რაიმე ხელსაწყოს კალიბრების ამოცანა (დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორი), ჩნდება დაკვეთილი სიდიდის ზუსტი დაფიქსირების და განმეორებადობის პრობლემა, რაც უშუალოდაა დაკავშირებული დაგვიანების ბლოკის აგების პრინციპებთან და საკუთრივ დამკვეთი ელემენტების ფიზიკურ მახასიათებლებთან.

ერთგვარ გამოსავლათ შეიძლება ჩავთვალოთ მრავალბრუნვიანი პოტენციომეტრების და ტანტალის ტექნოლოგიის გამოყენებით დამზადებულ ტევადობებზე, თუმცა ამით შესაძლებელი ხდება მხოლოდ RC წრედის პარამეტრების შედარებით ზუსტი დაფიქსირება რაც მთლიანობაში ვერ ხსნის ძირითად პრობლემებს.

შედეგად აქტუალურია ისეთი დაგვიანების ბლოკის დამუშავება, რომელიც თავისუფალი იქნება ზემოდ ჩამოთვლილი უარყოფითი მხარეებისაგან. ეს შესაძლებელია თუ მოხერხდება ერთის მხრივ დაგვიანების RC წრედის შეცვლა გარემო პირობების მიმართ სტაბილური კვარცის რეზონატორით, ხოლო მეორეს მხრივ დაგვიანების სიდიდის ფორმირებისათვის გამოვიყენოთ არა ანალოგური არამედ ციფრული ელემენტები, მაგ. სხვადასხვა ტიპის ციფრული კოდების დამკვეთი ბლოკები: გადამრთველების ბლოკის, დისკიანი გადამრთველები, კლავიატურების და ა.შ. ასეთ პრინციპებზე აგებული დანადგარის ზოგადი ბლოკსქემა მოცემულია ნახ. 1.

ბლოკი შედგება ოთხი ძირითადი ნაწილისაგან: ნოლზე გადასვლის ინდიკატორისაგან, კოდის დამკვეთისაგან, კვარცის გენერატორისაგან და რევერსული მრიცხველისაგან.

კვარცის გენერატორი ახორციელებს მართკუთხა იმპულსების გენერირებას რომელთა ხანგრძლივობა ტოლია 100 მკს. გენერატორის გამოსასვლელიდან ეს იმპულსები მიეწოდება რევერსული მრიცხველის 1 შესასვლელზე და ახორციელებს მრიცხველში ინიციალიზაციის დროს ჩაწერილი კოდის ინკრემენტაციას.



ნახ.1

ნოლზე გადასვლის ინდიკატორის შესასვლელზე მიეწოდება ქსელის ძაბვა 220 ვ. ბლოკი აფიქსირებს ცვლადი ძაბვის ზრდის პროცესში ნოლზე გადასვლის მომენტს და





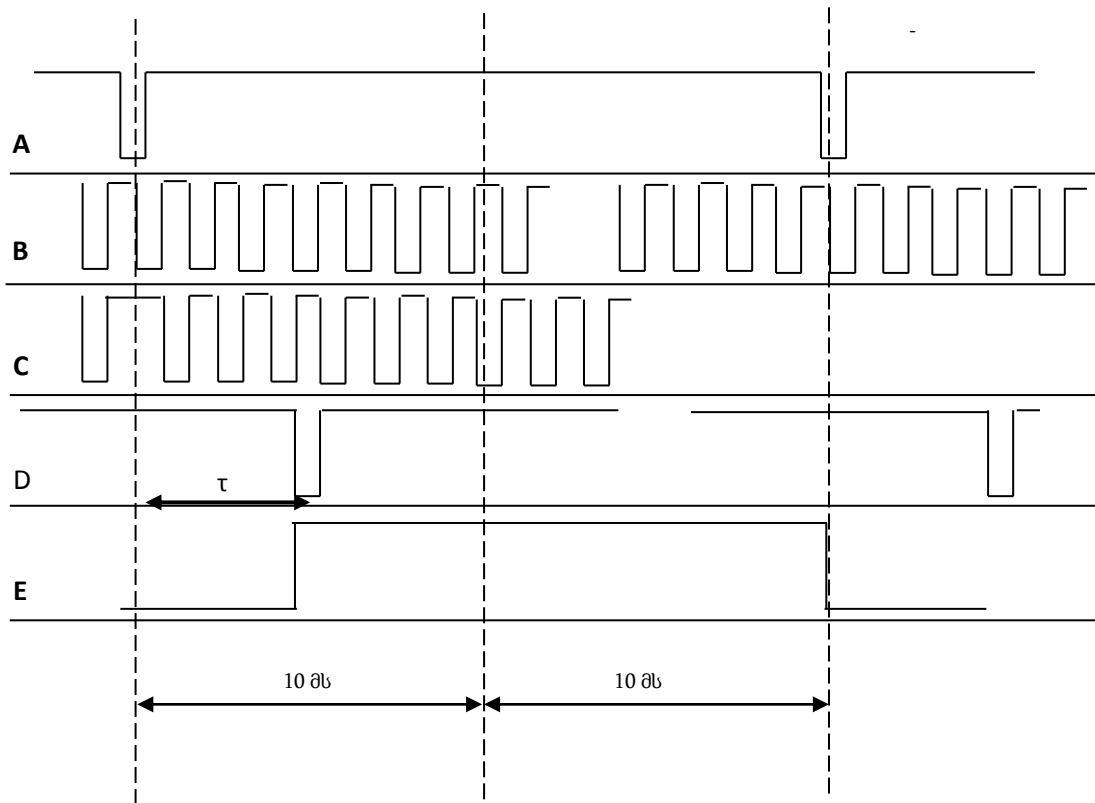
რევერსული მრიცხველი აგებულია 155HE6 ორ დისკრეტულ მიკროსქემაზე, მიკროსქემები ჩართულია კასკადურად. პირველი მიკროსქემა განკუთვნილია დაგვიანების კოდში ერთეულების ფორმირებისათვის, ხოლო მეორე - ათეულების. ათეულების ფიქსაციისათვის გამოყენებული მიკროსქემის გამოსავალზე მიერთებულია ტრიგერი, რომლის გამოსავალიც განკუთვნილია კალიბრატორის ძირითადი ოპტოტრიგერის მართვისათვის [2]. კვარცის გენერატორის ასაგებად შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი სტანდარტული სქემა.

ნახ.3. მოცემულია აღწერილი ბლოკის ფუნქციონირების ამსახველი დროითი დიაგრამა.

A დიაგრამაზე ასახულია ნოლზე გადასვლის ინდიკატორის გამოსასვლელზე უარყოფითი იმპულსები, რომლებიც ემთხვევა ელექტრული ქსელის სინუსოიდალური ძაბვის გადასვლას ნოლზე ძაბვის ზრდის მომენტში. ეს იმპულსების გამოიყენება რევერსული მრიცხველების (შესასვლელი 11) და ტრიგერის (შესასვლელი 4) ინიციალიზაციისთვის.

გენერატორიდან გამოსული იმპულსები (დიაგრამა B) გასაღების გავლით მიეწოდება რევერსული მრიცხველის ინკრემენტულ შესასვლელებს (დიაგრამა C).

რევერსული მრიცხველების ინიციალიზაციის მომენტში მრიცხველებში იწერება საწყისი რვა თანრიგის კოდი. სწორედ ამ კოდის სიდიდე განაპირობებს დაგვიანების მნიშვნელობას. კოდის ფორმირება ხდება კოდის დამკვეთის საშუალებით. პირველი მრიცხველში იწერება კოდის უმცროსი დეკადის თანრიგები, ხოლო მეორეში - უფროსი დეკადის.



ნახ.3.

გენერატორიდან იმპულსები გასაღების გავლით იწვევენ მრიცხველში ჩაწერილი კოდის თანმიმდევრულ შემცირებას. ბოლო იმპულსის უკანა ფრონტი იწვევს მრიცხველის გამოსავალზე 3 უარყოფითი ფრონტის გაჩენას (დიაგრამა D). ეს უკანასკნელი განაპირობებს ტრიგერის გადართვას დაბალი დონიდან მაღალ დონეზე (დიაგრამა E). სწორედ რევერსულ მრიცხველში ჩაწერილი კოდის სიდიდე ასახავს ტრიგერის გამოსავალზე წინა ფრონტის

დაგვიანებას  $\tau$  სინუსოიდალური ძაბვის დადებითი ნახევარპერიოდის დაწყების მიმართ და შესაბამისად დენის მართვის წრედში არსებული ოპტოტირასტორის დაგვიანებით ჩართვას, რაც თავის მხრივ განაპირობებს კალიბრატორში დაკვეთილი დენის სხვადასხვა მნიშვნელობებს. ოპტოტირასტორი ჩართულ მდგომარეობაში რჩება სინუსოიდალური ძაბვის დადებითი ნახევარპერიოდის დარჩენილი დროის განმავლობაში.

## REALIZATION OF THE DIGITAL UNIT OF THE DELAY ON DISCRETE ELEMENTS IN THE CALIBRATOR OF THE LARGE DC

*Levan Gvaramadze, Otar Labadze, Nugzar Kavlashvili, Panaiot Stavrianidi, Tamaz Saanishvili, Georg Kiknadze*

### Summary

The typical structure of a laboratory source (calibrator) of a large direct current with high metrological characteristics is described. Negative sides of realization of the main unit of a delay are shown by analog methods. In particular, the element ordering the delay (variable resistance) doesn't give an opportunity to register its meaning by positioning of the handle of a potentiometer precisely.

The amount of a delay not linearly depends on change of resistance of a potentiometer; the RC parameters of a chain giving the amount of the delay depend on a number of external factors like temperature, aging, etc.

An option of realization of the digital block of a delay on discrete digital elements which is free from the listed shortages is offered. The electric scheme of the device and time charts for an illustration of the block functioning principles is provided.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО БЛОКА ЗАДЕРЖКИ НА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ В КАЛИБРАТОРЕ БОЛЬШОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА

*Леван Гварამაძე, Отар Лабაძე, Нугзар Кавлашвили, Рანაეტ Ставриანიდი, Тамаз Саанишვილი, Гиორგი Кикнадзе*

### Резюме

Описана типичная структура лабораторного источника (калибратора) большого постоянного тока с высокими метрологическими характеристиками.

Показаны отрицательные стороны реализации основного блока задержки аналоговыми методами. В частности, элемент заказчик задержки (переменное сопротивление) не дает возможность точно зафиксировать его значение позиционированием рукоятки потенциометра. Сама величина задержки нелинейно зависит от изменения сопротивления потенциометра, параметры RC цепочки задающей величину задержки зависимы от ряда внешних факторов температуры, старения и т.д.

Предложен вариант реализации цифрового блока задержки на дискретных цифровых элементах, который свободен от перечисленных недостатков. Приведена электрическая схема устройства и временные диаграммы для иллюстрации принципов функционирования блока.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კვიციანიძე - დიდი მუდმივი დენის ოპტოტორისრორული კალიბრატორი. - სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N5, თბილისი, 2002, გვ. 60-65.
2. ლ.გვარამაძე, ო.ლაბაძე, ნ.ყავლაშვილი, თ.საანიშვილი, გ.კვიციანიძე - ოპტოტირასტორებით მართვადი სამფაზა გამმართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N19, თბილისი, 2014, გვ. 87-92.

---

## შესახსვრის ტრექტორიის ფორმირება და ოპტიმიზაცია მრავალსახსრული საწარმოო რობოტისათვის

დავით ფურცხვანიძე, ოთარ ლაბაძე  
mshoblebi@posta.ge

### რეზიუმე

ფიზიკური შეზღუდვების გამო სამრეწველო რობოტების ოპტიმალური მართვა წარმოადგენს რთულ ამოცანას. ამოცანის გადაწყვეტის ალტერნატიული ხერხია მისი ორ ნაწილად გაყოფა: მოძრაობის დაწყებამდე ოპტიმალური ტრექტორიის არჩევა და მანიპულატორის მუშაობის პროცესში არჩეული ტრექტორიის გასწვრივ მოძრაობის რეგულირება. ტრექტორიის მიღება შესაძლებელია უკვე არსებულ გადაწყვეტათა მიღების გზით. ოპტიმალური ტრექტორიის დაგეგმვა მიიღწევა შესახსვრათა დონეზე.

*საკვანძო სიტყვები: სამრეწველო რობოტი, ოპტიმალური მართვა, მოძრაობის რეგულირება.*

სწრაფად ფართოვდება წარმოებაში ე.წ. სამრეწველო რობოტების გამოყენების არეალი. ამჟამად აქტუალურია ძნელად მისადგომ ადგილებში შეღწევის უნარის მქონე რობოტის მრეწველობაში დანერგვის საკითხი. ამ მიზნით ჩვენ მიერ დამუშავებული იქნა მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტი ( ნახ. 1 ).

კომპიუტერიდან მართვადი საწარმოო რობოტები ან მანიპულიატორები წარმოადგენენ კონვეიერული წარმოების მექანიზმებს. ოპტიმალური მართვის სირთულის ერთ-ერთ მიზეზს წარმოადგენს მაღალი არაწრფივობა. შემდეგი მიზეზია - სისტემაზე დადებული ხისტი შეზღუდვები. ფიზიკურად, შესახსვრათა ძალოვანი ამძრავების მახასიათებლებს გააჩნიათ გაჯერების უბნები, და ამძრავებით განვითარებული ძალები და მომენტები შეზღუდულია. ამას გარდა, როდესაც რობოტი მანიპულირებს სამოქმედო სივრცეში, რომელიც სავსეა დაბრკოლებებით, ან როდესაც ის აღწევს მანიპულირების ობიექტს, ის უნდა მიჰყვებოდეს დასახულ გზას რომ თავიდან იქნეს აცილებული სხვადასხვა შეჯახებები.

ფიზიკური შეზღუდვების გამო სამრეწველო რობოტების ოპტიმალური მართვა წარმოადგენს რთულ ამოცანას. მანიპულიატორის მოძრაობის დაწყებამდე მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ჯერ ერთი არის თუ არა მისი მოძრაობის გზაზე რაიმე წინაღობა და მეორეც ედება თუ არა რაიმე შეზღუდვა ჩამჭერის ტრექტორიას.

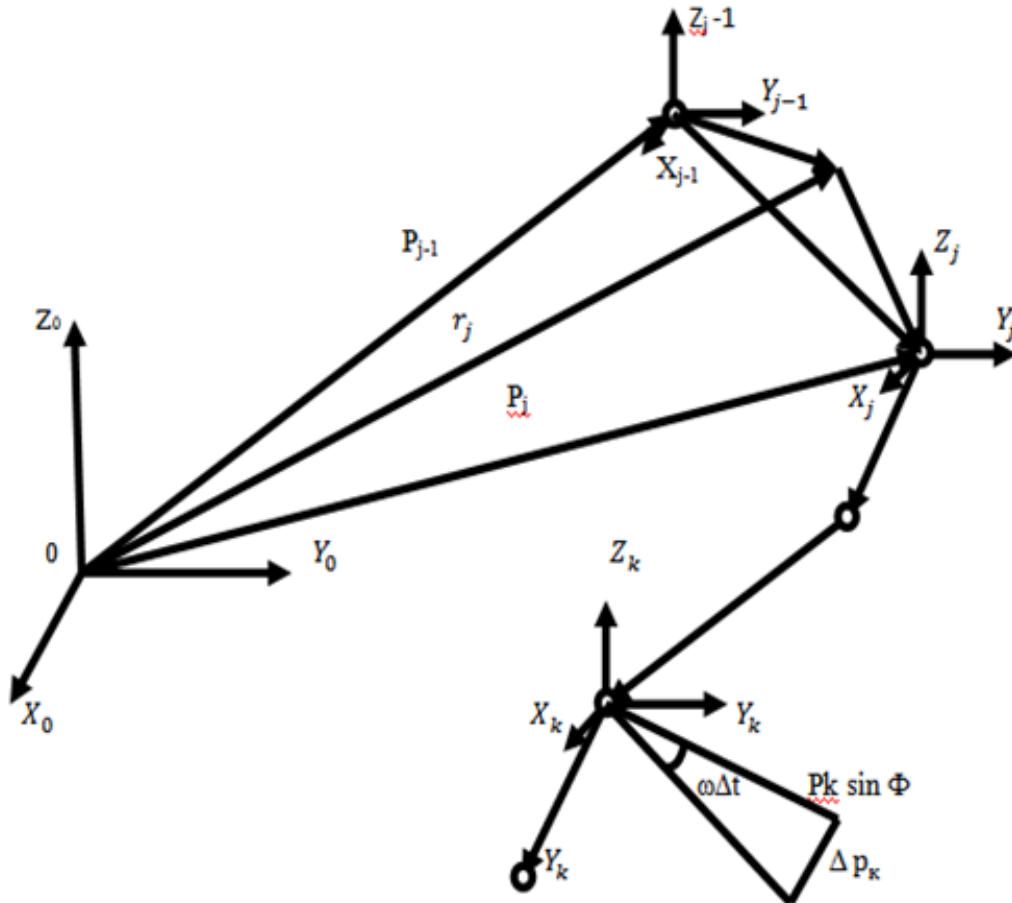
ამოცანის გადაწყვეტის ალტერნატიული ხერხია მისი ორ ნაწილად გაყოფა: მოძრაობის დაწყებამდე ოპტიმალური ტრექტორიის არჩევა (დაგეგმვა) და მანიპულიატორის მუშაობის პროცესში არჩეული ტრექტორიის გასწვრივ მოძრაობის რეგულირება.

მანიპულიატორის მართვის ამოცანა იყოფა ორ ურთიერთდამოკიდებულ ქვეამოცანად - ტრექტორიის ამორჩევა (დაგეგმვა) და მანიპულიატორის მოძრაობის განხორციელება ამ ტრექტორიის გასწვრივ.

მანიპულიატორის ტრექტორიის დაგეგმვა დაიყვანება არჩეული ტრექტორიის აპროქსიმაციაზე ან ინტერპოლიაციაზე რომელიც კლასის პოლინომებით. საჭიროა აგრეთვე შეირჩეს საყრდენი წერტილების რომელიც მიმდევრობა, რომლებშიდაც

განხორციელდება მანიპულიატორის მოძრაობის პარამეტრების კორექცია, ტრაექტორიის საწყისი წერტილიდან საბოლოომდე მოძრაობისას.

რობოტექნიკაში ფართოდ გამოიყენება ე.წ. მიერთებული ცვლადის ცნება. მიერთებული ცვლადებია ყოველი კვანძის გადაადგილების სიდიდე, რომელიც წარმოადგენს  $\beta_i$  კუთხეს (ბრუნვითი შესახსვრისათვის) ან წრფივი გადაადგილების სიდიდეს  $d_i$  (გადატანითი გადაადგილებისათვის). ნახ. 1 – ზე მიერთებული ცვლადია  $\Phi = \omega \Delta t$  კუთხე.



ნახ.1

ტრაექტორიის დაგეგმვა შესაძლებელია როგორც მიერთებულ ცვლადებში ასევე დეკარტეს კოორდინატებში. მიერთებულ კოორდინატებში ტრაექტორიის დაგეგმვისას მანიპულიატორის მოძრაობის სრულად აღწერისათვის მოცემული უნდა იყოს ყველა მიერთებული ცვლადის და აგრეთვე მათი პირველი ორი წარმოებულის დროზე დამოკიდებულება. თუ ტრაექტორიის დაგეგმვა ხდება დეკარტეს კოორდინატებში მოცემული უნდა იყოს ჩამჭერის მდებარეობის სიჩქარისა და აჩქარების დროზე დამოკიდებულება და ამ ინფორმაციით განისაზღვრება მიერთებულ კოორდინატა, მათი სიჩქარეებისა და აჩქარებების მნიშვნელობები. მიერთებულ ცვლადებში დაგეგმვას აქვს სამი უპირატესობა: 1) მოიცემა ცვლადების ცვლილებები, რომლებითაც უშუალოდ ხდება მართვა მანიპულიატორის მოძრაობის პროცესში. 2) ტრაექტორიის დაგეგმვა შეიძლება განხორციელდეს პრაქტიკულად რეალური დროის ტეპში. 3) მიერთებულ ცვლადებში ტრაექტორიის დაგეგმვა უფრო იოლია. უარყოფითი მხარეა მოძრაობის პროცესში კვანძების

და ჩამჭერის მდებარეობის განსაზღვრის სირთულე. ასეთი პროცედურა ხშირად ხდება საჭირო იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ შეჯახება დაბრკოლებასთან მანიპულატორის მოძრაობის გზაზე.

მოძრაობის დაწყებამდე ტრაექტორიის დაგეგმვისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ტრაექტორია შემოსაზღვრულია დეკარტეს კოორდინატებში, ხოლო ამძრავების მიერ განვითარებული ძალებისა და მომენტების სიდიდეებიც უსასრულო არაა. ამგვარად, აღიძვრება ოპტიმიზაციის ამოცანა ორ სხვადასხვა კოორდინატა სისტემებში მოცემული შეზღუდვებით. დაბალი რიგის პოლინომებით აპროქსიმაციის გზით შესაძლებელია მანიპულატორის ტრაექტორიის ფორმირება მიერთებული ცვლადების სივრცეში, შესაბამისი ტრაექტორიის ფორმირება დეკარტეს სივრცეში და ჩატარდეს ტრაექტორიის ოპტიმიზაცია და მოძრაობის რეგულირება მიერთებული ცვლადების დონეზე. ან გარდავქმნათ ძალებისა და მომენტების შეზღუდვები დეკარტეს კოორდინატა სისტემაში, ხოლო შემდეგ მოვახდინოთ ტრაექტორიის ოპტიმიზაცია და მოძრაობის რეგულირება. მეორე მეთოდში, მოძრაობის დროის მინიმიზირების მეთოდში, ძალებისა და მომენტების ანალიტიკური გარდაქმნა მათ დეკარტეს ექვივალენტებში, ძალზე ძნელი განსახორციელებელია რობოტის დინამიკის მაღალი არაწრფივობის გამო. ამიტომ, ეს განხორციელებული იქნება ექსპერიმენტალურად.

იმის გამო, რომ საჭიროა ჩატარდეს მრავალრიცხოვანი არაწრფივი გარდაქმნები დეკარტეს კოორდინატა სისტემიდან მიერთებულ ცვლადთა სივრცეში, უფრო მიზანშეწონილი გამოდგა მიდგომა, რომელშიდაც დაგეგმვა ხორციელდება შესახსვრათა მიერთებული ცვლადების დონეზე.

ეს ხერხი მოიცავს დეკარტეს სივრცეში მოცემული ტრაექტორიის გარდაქმნას მიერთებულ ცვლადთა  $N$  ტრაექტორიად - თვითოეული ყოველი შესახსვრისთვის. პოლინომები, რომლებიც ახდენენ აპროქსიმაციას, უნდა გადიოდნენ საკვანძო წერტილებში. თუ, შესახსვრის ტრაექტორიის მისაღებად, თვითოეული შესახსვრის შესაბამისი კვანძები ერთმანეთთან მიერთებულია წრფივი მონაკვეთებით, მაშინ ყოველი შესახსვრა შეჩერდება მომიჯნავე მონაკვეთთა ყოველი გადაკვეთისას, მანამდე ვიდრე გააგრძელებდეს მოძრაობას შემდეგ სეგმენტზე. ამოცანის ამოხსნა ნიშნავს შევათანაწყოთ ერთად დაბალი რიგის პოლინომები.

ყველაზე მნიშვნელოვანია შეზღუდვები სიჩქარესა და აჩქარებაზე. პრაქტიკულად, აჩქარების ცვლილების სიჩქარის სიდიდე უნდა დარჩეს მცირე მექანიკური დეტალების სწრაფი ცვეთის თავიდან ასაცილებლად. აჩქარების ცვლილების სიჩქარის კონტროლით შესაძლებელია რობოტის მუშაობის ვადის გაზრდა.

## **The formation and optimization of a joint trajectory for the industrial polyarticulated robot**

*David Purtskvanidze, Otar Labadze*

### **Summary**

Optimal control of industrial robots is a challenging task because of the physical restrictions. An alternative solution of the problem is its division into two parts: the selection of the optimal trajectory before the movement and regulation of the movement along the selected trajectory during operation of the manipulator. The trajectory can be obtained by taking already existing solutions. Planning of an optimal trajectory is achieved at the level of joints.

**Формулирование и оптимизация траектории сочленения для многошарнирного промышленного робота**

*Давид Пурцхვანიძე, Отარ ლაბაძე*

**Резюме**

Из-за физических ограничений оптимальное управление промышленных роботов является сложной задачей. Альтернативным решением задачи является деление её на две части: выбор оптимальной траектории до начала движения и регулирование движения вдоль выбранной траектории в процессе работы манипулятора. Траекторию можно получить путем принятия уже существующих решений. Планирование оптимальной траектории достигается на уровне сочленений.

**ლიტერატურა – References – Литература**

1. დ.ფურცხვანიძე. მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის (ხორთუმის) მართვის საკითხები. საქ. მეც. აკადემიის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული 2003 წ., გვ. 254-261.
2. დ.ფურცხვანიძე, შ.კიკნაძე. მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის მართვის სისტემა. შსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული, თბილისი 2007 წ., გვ. 145-148

---

## ენერჯის ახალი წყაროების ძიების გზები

დავით ფურცხვანიძე, ნოდარ გძელიშვილი

*mshoblebi@posta.ge*

### რეზიუმე

დედამიწაზე ქვანახშირისა ნავთობისა და გაზის მარაგი იწურება. ამავე დროს ნავთობისა და ქვანახშირის წვა აზიანებს ეკოლოგიურ გარემოს. ურანისა და თორიუმის მარაგი დიდია, მაგრამ რადიაქტიური ნარჩენების პრობლემები სახეზეა. ჩერნობილის განმეორებაც აფრთხობს ხალხს. ამიტომ მნიშვნელოვანია მართვადი თერმობირთვული სინთეზის განხორციელების პრობლემა, რაც მოგვცემდა ენერჯის უშრეტ წყაროს. თერმობირთვული სინთეზი იძლევა ენერჯიას წყლიდან, თანაც ნამწვი იქნება უსაფრთხო წყალბადი და ჰელიუმი.

ნაშრომში განხილულია ახალი ტიპის ბირთვული სინთეზის განსახორციელებელი მოწყობილობა. აღწერილია მისი მუშაობის პრინციპი და უპირატესობა აქამდე არსებულ მოწყობილობებთან შედარებით.

*საკვანძო სიტყვები: მართვადი თერმობირთვული სინთეზი, აიროვანი ლაზერი, პლაზმა.*

თერმობირთვული სინთეზის რეაქციაში არ წარმოიქმნება დიდი ნახევარდაშლის ვადის მქონე რადიაქტიული იზოტოპი, მის საწვავს წარმოადგენს წყალბადის მძიმე იზოტოპები – დეიტერიუმი და ტრიტიუმი. ერთი ლიტრა ჩვეულებრივი წყალი შეიცავს დაახლოებით 0,03გ დეიტერიუმს, მაგრამ ბირთვული სინთეზის პროცესში მონაწილეობისას დეიტერიუმის ეს რაოდენობა გამოყოფს იმდენივე ენერჯიეს რამდენსაც 300 ლიტრი ბენზინი წვისას. დედამიწაზე არსებული დეიტერიუმის მარაგი საკმარისია კაცობრიობის ენერჯიით უზრუნველსაყოფად დაახლოებით მილიარდი წლის განმავლობაში.

სინთეზის რეაქცია შემდგომში მდგომარეობს: ორი ან მეტი შედარებით მსუბუქი ატომის ბირთვი, სითბური მოძრაობის შედეგად, ერთმანეთს უახლოვდებიან იმდენად, რომ ახლოქმედების ძლიერი ურთიერთქმედება, რომელიც თავს იჩენს ასეთ მანძილებზე, აჭარბებენ ერთნაირი ნიშნის მქონე ბირთვებს შორის არსებულ კულონურ განზიდვის ძალებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება, ახალი უფრო მძიმე ელემენტების ბირთვები. ნუკლონების სისტემა კარგავს თავისი მასის ნაწილს, რომელიც კავშირის ენერჯიის ტოლია, და განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით  $E=mc^2$ , ახალი ბირთვის შექმნისას თავისუფლდება ძლიერი ურთიერთქმედების მნიშვნელოვანი ენერჯია. ატომურ ბირთვები, რომელთაც აქვთ მცირე ელექტრული მუხტი, უფრო ადვილია მივიყვანოთ საჭირო მანძილამდე, ამიტომ წყალბადის მძიმე იზოტოპები წარმოადგენენ ყველაზე უკეთეს საწვავს სინთეზის მართვადი რეაქციისათვის.

დადგენილია, რომ ორი იზოტოპის დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ნარევი, სინთეზის რეაქციისათვის მოითხოვს ნაკლებ ენერჯიას რეაქციის დროს გამოყოფილ ენერჯიასთან შედარებით.

დღემდე ცნობილი ბირთვული სინთეზის რეაქციები – თერმობირთვული რეაქციები – მიმდინარეობენ პლაზმაში მილიონი კელვინის ტემპერატურის პირობებში. იმისათვის რომ მოხდეს ბირთვული რეაქცია საჭიროა მივაახლოვოთ ბირთვები ისეთ მანძილზე, რომელზედაც მუშაობს ძლიერი ურთიერთქმედება. ამას ეწინააღმდეგება უფრო შორსმოქმედი კულონური განზიდვა. რომ მივაახლოვოთ ბირთვები უნდა დავხარჯოთ ენერჯია რომელიც მიახლოებით 0,1 მილიონი ელექტროვოლტის ტოლია. ამას შეესაბამება 11 მილიონი გრადუსი, რაც თეორიულ ზღვარს წარმოადგენს. რომ მივიღოთ ეკონომიურად ეფექტური დანადგარი საჭიროა კიდევ რამოდენიმეჯერ მეტი ტემპერატურები. არ არსებობს ნივთიერება რომელიც ასეთ ტემპერატურებს გაუძლებდა.

100–500 მილიონი გრადუსიანი პლაზმის შესაკავებლად იყენებენ მაგნიტურ ველს. ყველაზე პერსპექტიულად ახლა მიაჩნიათ დანადგარები რომლებშიდაც პლაზმას აქვს ტორის ფორმა.

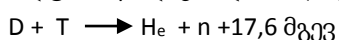
პლაზმის არამდგრადი მოძრაობების ჩასახშობად გარდა ტოროიდული (გასწვრივი) მაგნიტური ველისა საჭიროა აგრეთვე განივი ველიც. ეს ხორციელდება დანადგარში რომელთაც უწოდებენ „ტაკამაკს“.

ტაკამაკებს, გარდა აშკარა დადებითი მხარეებისა, აქვთ რიგი ნაკლოვანებებიც. მათ შორის მთავარია, რომ ასეთი ტიპის ყველა რეაქტორი პროექტირდება იმპულსურ რეჟიმში სამუშაოდ, რაც არც თუ ისე მოსახერხებელია ენერგეტიკაში საწარმოო მოხმარებისათვის. მეორე ტიპის რეაქტორები ე. წ. „სტელლარატორები“ გვპირდებიან საინტერესო შედეგებს, მაგრამ სტელლარატორის კონსტრუქცია ძალზე რთულია მაგნიტური კოჭების განსაკუთრებული ტოპოლოგიის და თვით პლაზმის კამერის გამო, ხოლო რეაქციის ანთების პირობები უფრო ხისტი. ამასთან ყოველთვის საქმე გვაქვს დიდ სტაციონალურ დანადგარებთან.

გამოყენებული საწვავის სახის შესაბამისად მართვად თერმობირთვულ სინთეზში შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა სახის თერმობირთვული რეაქციები.

რეაქცია – დეიტერიუმი+ტრიტიუმი ყველაზე უფრო იოლად განსახორციელებელია თანამედროვე ტექნოლოგიების თვალსაზრისით. იძლევა ენერჯის მნიშვნელოვან გამოყოფას, სათბობი კომპონენტები შედარებით იაფია. ნაკლია – არასასურველი ნეიტრონული რადიაციის გამოყოფა.

ორი ბირთვი: დეიტერიუმი და ტრიტიუმი ერთიანდება, წარმოქმნის ჰელიუმის ბირთვს (აღფა ნაწილაკს) და მადალენერგეტიკულ ნეიტრონს:



ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ ნაშრომში, ბირთვული სინთეზის განხორციელება ხდება აირიანი ლაზერის პრინციპზე მომუშავე მოწყობილობაში. ლაზერის აქტიურ სხეულად გამოიყენება დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ნარევი. ბირთვული სინთეზის განსახორციელებელი კამერა აირიანი ლაზერის კამერისაგან განსხვავდება იმით, რომ მასში ორივე სარკე სრულიად აირეკლავს სინათლის სხივებს.

აიროვანი ლაზერის კამერის რომელიმე ადგილზე წარმოშობილი სინათლის ტალღა აირში მისი გავრცელებისას ძლიერდება იძულებითი გამოსხივების აქტის ხარჯზე და წარმოშობს ფოტონების ზვავს. სარკისგან არეკვლის შემდეგ ეს ტალღა წარმოშობს ფოტონების ახალ ზვავს, რომელიც ძლიერდება სარკეებიდან ყოველი არეკვლის შედეგად. ყოველი ფოტონი იდენტურია სიხშირით, ფაზით და გავრცელების მიმართულებით. ამის შედეგად აიროვან კამერაში შესაძლებელია დიდი სიმძლავრის



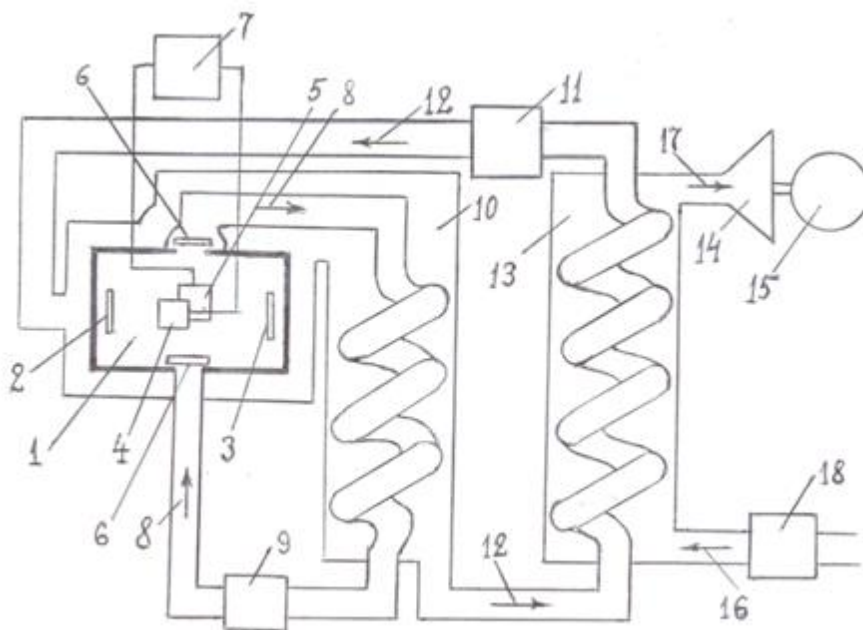
მიღწევა, რაც განაპირობებს დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ატომებს შორის ბირთვული სინთეზის შესაძლებლობას.

შემოთავაზებულ მოწყობილობაში, ბირთვული სინთეზის განსახორციელებელი კამერიდან ენერჯის გადაცემა ხდება მაღალტემპერატურული თბოგადამცემით, რომელიც მუშაობს ლითიუმ – ბერილიუმის ნარევეზე, საიდანაც ხდება სითბური ენერჯის გადაცემა წყალზე მომუშავე დაბალტემპერატურულ თბოგადამცემზე და მიეწოდება ჩვეულებრივ ორთქლის ტურბინას.

ბირთვული სინთეზის განსახორციელებელი მოწყობილობა წარმოდგენილია ნახ.1-ზე. იგი შეიცავს: ბირთვული სინთეზის კამერას 1, სარკეებს 2, 3; ელექტროდებს 4, 5; სინთეზის კამერის ზედა და ქვედა სარკველებს 6; კვების ბლოკს 7; აირების გადასატუმბ ტუმბოს 9; მაღალტემპერატურულ თბოგადამცემს 10; თბოგადამცემი სითხის გადასატუმბ ტუმბოს 11; დაბალტემპერატურული თბოგადამცემს 13; ორთქლის ტურბინას 14, ელექტროგენერატორს 15, წყლის გადასატუმბ ტუმბოს 18.

ნახ.1-ზე: 8 აირების გადატუმბვის მიმართულებაა, 12 სითხის გადატუმბვის მიმართულებაა, 16 წყლის გადატუმბვის მიმართულებაა, 17 წყლის ორთქლის მიმართულებაა.

ბირთვული სინთეზის განსახორციელებელი მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ნერევი ბირთვული სინთეზის 1 კამერაში აღზნებულ მდგომარეობაში გადადის 4 და 5 ელექტროდებს შორის მომხდარი ელექტრული განმუხტვის შედეგად. წარმოშობილი სინათლის ტალღები ძლიერდებიან აგზნებული აირის იმულებითი გამოსხივების გამო. ეცემიან რა 2 და 3 სარკეებს ეს ტალღები წარმოშობენ ფოტონების ზვავს რომელიც სარკეებიდან მრავალჯერადი არეკვლის შემდეგ ძლიერდება და აღწევს ძალიან დიდ მნიშვნელობას. აგზნების გამო მთლიანად იონიზირებული დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ატომები დიდი ენერჯის ფოტონების დაჯახებით იძენენ დიდ სიჩქარეებს და ერთმანეთთან შეჯახებისას წარმოიშობა თერმობირთვული სინთეზის რეაქცია.



ნახ. 1

ლაზერის პრინციპზე მომუშავე ბირთვული სინთეზის კამერაში რეზონატორული სარკეების დიამეტრები ბევრად ნაკლებია კამერის დიამეტრზე. ეს უზრუნველყოფს მაღალტემპერატურული აქტიური ზონის სივიწროვეს. ზონა წარმოადგენს სარკეების დიამეტრის მქონე ცილინდრს, რომელშიდაც აღიმკვრება თერმობირთვული სინთეზი. ხოლო კამერაში არსებული მაღალი წნევა უზრუნველყოფს თერმობირთვული სინთეზის წარმოქმნას და მის შენარჩუნებას. გადამეტხურებისაგან კამერას იცავს გაგრილების სისტემა, რომელიც შედგება სამი ცირკულიაციის კონტურისაგან: პირველში ცირკულიაცია ხდება თვითონ მუშა აირის (დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის ნაზავის) ფიგ.1-ზე 8, 9. მეორეში ცირკულიაცია ხდება თბოგადამცემი სითხის ფიგ.1-ზე 10, 11, 12. ხოლო მესამეში წყლის ფიგ.1-ზე 13, 16, 18. ამასთან პირველი და მეორე კონტურები დახურულია, ხოლო მესამე ღია. მესამე ღია კონტურს მიეწოდება წყალი. ხოლო კონტურიდან გამოდის წყლის ორთქლი, რომელიც მიეწოდება ორთქლის ტურბინას.

თერმობირთვული სინთეზი ხორციელდება სამ ტაქტად. პირველ ტაქტში სინთეზის კამერის ჩამკეტი სარკველი 6 დახურულია და 9 აირის ტუმბო ზრდის წნევას სინთეზის კამერაში. მეორე ტაქტში ხორციელდება თერმობირთვული სინთეზი. სინთეზის დროს გამოყოფილი ენერჯია ზრდის აირის ტემპერატურასა და წნევას. წნევის ზღვრული დონის მიღწევისას იხსნება 6 სარკველი და აირის ნარევი გადაიტუმბება 10 მაღალტემპერატურულ თბოგადამცემში. ესაა მესამე ტაქტი. განსაზღვრულ დონემდე წნევის დაცემისას 6 სარკველი იკეტება და ისევ იწყება პირველი ტაქტი.

თერმობირთვული სინთეზის კამერიდან სითბოს გადატანა ხორციელდება როგორც აირის მეშვეობით 10 მაღალტემპერატურულ თბოგადამცემში, ისე თბოგადამცემი სითხის მეშვეობით, რომელიც სითბოს გადასცემს 13 დაბალტემპერატურულ თბოგადამცემს.

ლაზერის პრინციპზე მომუშავე ბირთვული სინთეზის კამერაში სინათლის ტალღები ვრცელდებიან კამერის ღერძის გასწვრივ. ეჯახებიან რა დეიტერიუმისა და ტრიტიუმის იონიზირებულ ატომებს, მათ ანიჭებენ სიჩქარეებს ერთი ღერძის გასწვრივ და დეიტერიუმის და ტრიტიუმის ატომები იწყებენ მოძრაობას შემხვედრი მიმართულებებით. ამიტომ ბირთვული სინთეზის წარმოქმნის ალბათობა ბევრად აღემატება მაღალტემპერატურულ პლაზმაში ბირთვული სინთეზის წარმოქმნის ალბათობას, რადგან მაღალტემპერატურულ პლაზმაში ატომები მოძრაობენ ქაოტურად და ე.წ. „მუბლა“ შეჯახებათა ალბათობა მცირეა. ხოლო სინთეზი სწორედ „მუბლა“ შეჯახებების დროსაა მოსალოდნელი.

### **Search path of new energy sources**

*David Purtskvanidze, Nodar Gdzlishvili*

#### **Summary**

As you know, oil, coal, and gas reserves will not last for long. Moreover, burning of oil and coal worsens ecological environment. Uranium and Thorium reserves are large, but the problem of radioactive waste still exists. People are afraid of Chernobyl recurrence. Therefore, the issue of the managed thermonuclear synthesis, that would provide us with inexhaustible energy reserves, is so important. Nuclear fusion provides energy from water with harmless waste of hydrogen and helium.

In this work, the new type of equipment for nuclear fusion is reviewed. The principles of operation and advantages over other existing equipments is provided.

## Пути поиска новых источников энергии

Давид Рурцхванидзе, Нодар Гძელიшვილი

### Резюме

Как известно, нефти, угля и газа хватит не так уж и надолго. При этом сжигание нефти и угля ухудшает экологическую среду. Запасы урана и тория большие, но проблемы радиоактивных отходов на лицо. Повторение Чернобыля, также, боится народ. Поэтому важна проблема осуществления управляемого термоядерного синтеза, что дало бы неисчерпаемые запасы энергии. Термоядерный синтез даёт энергию из воды, притом отходом будет безвредный водород и гелий.

В труде рассмотрен новый тип устройства для осуществления управляемого термоядерного синтеза. Описан его принцип действия и его преимущества перед аналогами.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Аллен Л. Джонс Д. Основы физики газовых лазеров. Пер. с англ., М., 1970.
2. Дюдерштадт Дж., Мозес Г. Инерциальный термоядерный синтез. М., ЭА, 1984.
3. Рассел Дж. Управляемый термоядерный синтез. ‘VSD’ 2012.

---

## სამგანზომილებიანი სივრცე - დროის მოდელი

დავით ფურცხვანიძე

*mshoblebi@posta.ge*

### რეზიუმე

ოთხგანზომილებიანი სივრცე (აღნიშვნა: “4D”,  $R^4$ ) — მათემატიკაში აბსტრაქტული ცნებაა, რომელიც ნაწარმოებია სამგანზომილებიანი სივრცის წესების განზოგადების გზით. თანამედროვე ფიზიკაში სივრცე და დრო გაერთიანებულია ერთიან ოთხგანზომილებიან კონტინუუმში, რომელსაც ეწოდება მინკოვსკის სივრცე, რომლის მეტრიკაც განიხილავს დროით განზომილებას განსხვავებულად სივრცითი განზომილებისაგან.

შემოთავაზებულ ოთხგანზომილებიანი სივრცის მოდელში მატერიალური წერტილის სამ კოორდინატს ავითვლით  $OX, OY, OZ$  ღერძებზე. მეოთხე  $t$  კოორდინატს (დროს) ავითვლით დროის  $OT$  ღერძზე. ათვლა ხდება საკოორდინატო სისტემის სათავის მიმართ.  $OT$  ღერძი სიმეტრიულადაა განლაგებული  $OX, OY, OZ$  ღერძების მიმართ და დახრილია ყოველი მათგანიდან  $45^\circ$  —იანი კუთხით.

*საკვანძო სიტყვები: ოთხგანზომილებიანი სივრცე, სამგანზომილებიანი სივრცე-დრო, მინკოვსკის სივრცე.*

ოთხგანზომილებიანი სივრცე შეისწავლებოდა მათემატიკოსების და ფილოსოფოსების მიერ თითქმის ორი საუკუნის მანძილზე როგორც უბრალო ცნობისმოყვარეობის გულისთვის, ასევე იმ შესაძლებლობების გამო რომელსაც ეს ცნება იძლევა მათემატიკასა და მის მონათესავე მეცნიერებებში.

ალგებრულად ის მიღებულია ოთხგანზომილებიანი სივრცის მიმართ ვექტორებისა და კოორდინატული გეომეტრიის წესების გამოყენების გზით. კერძოდ, ვექტორი ოთხი კომპონენტით შეიძლება გამოყენებული იქნეს პოზიციის წარმოსადგენად ოთხგანზომილებიან სივრცეში. ეს ეკვლიდდეს სივრცეა, ამიტომ აქვს მეტრიკა და ნორმა, და ამგვარად ყველა განზომილება განიხილება ერთნაირად: დამატებითი განზომილება არ განსხვავდება სამი სხვა განზომილებისაგან.

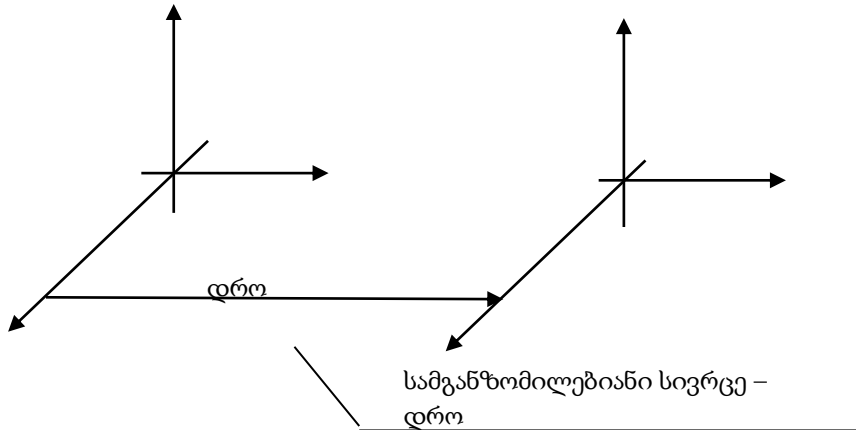
თანამედროვე ფიზიკაში სივრცე და დრო გაერთიანებულნი არიან ერთიან ოთხგანზომილებიან კონტინუუმში, რომელსაც უწოდებენ მინკოვსკის სივრცეს, რომლის მეტრიკა განიხილავს დროით განზომილებას განსხვავებულად სივრცითი განზომილებებისაგან.

თანამედროვე მეცნიერება განიხილავს ჩვენს გარემომცველ სამყაროს სივრცე-დროის სამგანზომილებიანი ფორმით (ოთხგანზომილებიანი სივრცე). მიუხედავად იმისა რომ მისი არსებობა ეჭვს არ იწვევს, „დრო“-ის ცნების დადგენა საკმაოდ რთულია. ტერმინი „დროის ისარი“ ახასიათებს მას როგორც ღერძს, რომელიც მიმართულია წარსულიდან მომავლისკენ. მკაცრად რომ ვთქვათ, დროის ჩათვლა სივრცის მეოთხე განზომილებად არ შეიძლება, რადგან მათემატიკის წესების თანახმად ის უნდა იყოს პერპენდიკულარული ერთდროულად ყველა საკოორდინატო ღერძისა.

მეორე ვერსიით – მინკოვსკიმ და ეინშტეინმა ჩათვალეს, რომ სამგანზომილებიანი სივრცე და დრო ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად არ არსებობენ და რომ რეალური სამყარო ოთხგანზომილებიანია.

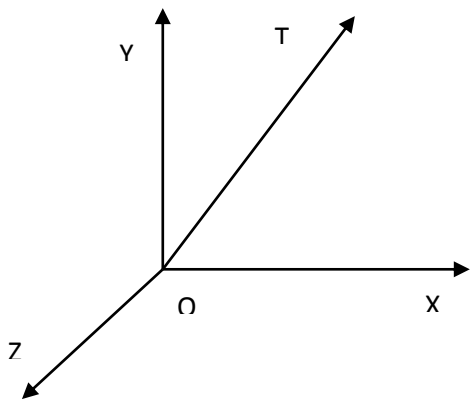
GOOGLI.RU-ში წარმოდგენილ ოთხგანზომილებიანი სივრცის გრაფიკული წარმოდგენის [1] (ნახ. 1), ნაკლი ისაა, რომ მასში წარმოდგენილი დროის ღერძი მიმართულია ერთ-ერთი სივრცითი ღერძის გასწვრივ, რაც ჩვენის აზრით არაა

მართებული, რადგან ამ შემთხვევაში ირღვევა სივრცითი ღერძების თანასწორობის პრინციპი.

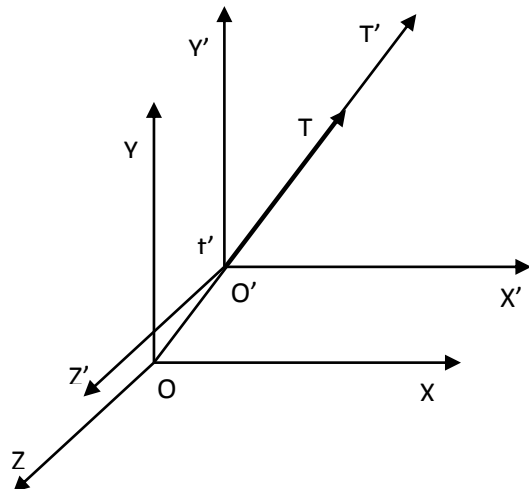


ნახ.1

შემოთავაზებულ ოთხგანზომილებიანი სივრცის მოდელში მატერიალური წერტილის სამ კოორდინატს ავითვლით  $OX, OY, OZ$  ღერძებზე. თუ  $x, y, z$  კოორდინატების ათვლისათვის უშუალოდ მატერიალური წერტილიდან ვუშვებთ მართობულებს  $YOZ$  სიბრტყეზე ( $x$  კოორდინატი),  $XOZ$  სიბრტყეზე ( $y$  კოორდინატი) და  $XOY$  სიბრტყეზე ( $z$  კოორდინატი). მეოთხე  $t$  კოორდინატს (დროს) ავითვლით დროის  $OT$  ღერძზე. ათვლა ხდება საკოორდინატო სისტემის სათავის მიმართ (ნახ. 2).



ნახ. 2



ნახ. 3

$OT$  ღერძი სიმეტრიულადაა განლაგებული  $OX, OY, OZ$  ღერძების მიმართ და დახრილია ყოველი მათგანიდან  $45^\circ$  -იანი კუთხით.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია კოორდინატთა სისტემა  $t =$  მომენტში ( $X, Y, Z$  ღერძები) და  $t = t'$  მომენტში ( $X', Y', Z'$ ).

## Model of three-dimensional space – time

*David Purtskvanidze*

### Summary

Four-dimensional space (marked as: “4D”,  $R^4$ ) - in mathematics is an abstract concept, produced by generalizing rules of three-dimensional space. In modern physics, space and time are merged into a single four-dimensional continuum, which is called Minkowski space. Its metric considers the time dimension differently than spatial dimensions.

In the offered four-dimensional space model, we have three axes of material points OX, OY, OZ. The fourth coordinate t (time) is read on the time OT axis. Reading takes place regarding to the starting point of the coordinate system. OT axis is symmetrically located relative to the axes OX, OY, OZ and is inclined at an angle of  $45^0$  to each of them.

## Модель трёхмерного пространства - времени

*Давид Пурцхванидзе*

### Резюме

Четырёхмерное пространство (обозначения: “4D”,  $R^4$ ) - в математике абстрактное понятие, производимое путём обобщения правил трёхмерного пространства. В современной физике пространство и время объединены в единый четырёхмерный континуум, называемый пространством Минковского, метрика которого рассматривает временное измерение иначе, чем пространственные измерения.

В предложенной модели четырехмерного пространства три координаты материальной точки считываем на осях OX, OY, OZ. Четвёртую координату t(время) считываем на оси времени OT. Считывание происходит относительно начала системы координат. Ось OT расположена симметрично относительно осей OX, OY, OZ и наклонена относительно от каждого из них на  $45^0$ .

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Фашевский А. Б. Графическое изображение четырехмерного пространства. На сайт <http://khd2.narod.ru> <<Perpentuum mobile>> 2011.

---

## საფრენი აპარატის აეროდინამიკური მახასიათებლები

დუდუხანა ცინცაძე, ქეთევან ომიადე

Email: cindudu@rambler.ru, Komiadze@mail.ru

### რეზიუმე

აეროდინამიკა შეისწავლის აირის მოძრაობის კანონებს და მის მიმართ მოძრავი სხეულების ზედაპირზე წარმოქმნილ ძალებს. აეროდინამიკური ფრენის პრინციპი დაფუძნებულია ჰაერისა და მასში მოძრავ სხეულს შორის ურთიერთქმედების შედეგად აეროდინამიკური ძალების წარმოქმნაზე. აეროდინამიკა ერთერთი ძირითადი ამოცანაა უზრუნველყოს საფრენი აპარატების დაპროექტება მათზე მოქმედი აეროდინამიკური ძალების გაანგარიშების მეთოდების საფუძველზე.

სტატიკაში აღწერილია აეროდინამიკური კოეფიციენტების შემოღების აუცილებლობის შესახებ. მოდელირების პროცესში მათ მისაღებად, ფუნქციის მნიშვნელობები კომპიუტერში ცხრილის სახითაა შეყვანილი. ეს განხორციელებულია პროგრამული უზრუნველყოფით, რომელიც შესრულებულია QBASIC-ის პროგრამირების ენაზე.

### საკვანძო სიტყვები: მართვა, მოდელირება, პროგრამირება

#### აეროდინამიკური მახასიათებლების შერჩევა.

საფრენი აპარატის მათემატიკური მოდელის აღწერის დროს გათვალისწინებულია ის აეროდინამიკური დატვირთვები, რომლებიც მასზე მოქმედებენ, ანუ აეროდინამიკური კავშირი მოძრავ ობიექტთან ხასიათდება აეროდინამიკური ძალების და მომენტების წარმოქმნით, რაც გამოწვეულია ატმოსფერული გარემოს ზემოქმედებით აპარატის ფრენის მიმართულეობაზე.

სრული აეროდინამიკური ძალა  $R_A$  ეს არის ობიექტზე თანაბარმოქმედი წნევის და ხახუნის ძალა, რომელიც შეიძლება განვალაგოთ მოძრავი ობიექტის ცენტრალურ სწორკუთხოვან საკოორდინატო ღერძების მიმართ. მისი ვექტორის საწყისი მოთავსებულია ობიექტის მასის ცენტრში, რაც ასევე წარმოადგენს ინერციის ცენტრს.

აეროდინამიკური ძალა და მომენტი ფრენის დროს დამოკიდებულნი არიან საფრენი აპარატის ფორმასა და ზომაზე, მის ორიენტაციაზე საჰაერო არეს სიმკვრივის, ზგერის სიჩქარის და მართვის ორგანოების გადახრის მიმართ.

აეროდინამიკური ძალის და მომენტის გამომსახველ ფორმულებს ფუნქციონალური დამოკიდებულების სახე აქვთ. ეს დამოკიდებულება განზომილების და მსგავსობის თეორიის მიხედვით შეიძლება გამოისახოს, როგორც უგანზომილებო ცვლადები, რაც გვაძლევს აეროდინამიკური კოეფიციენტების შემოღების აუცილებლობას.

ეს კოეფიციენტებია:

- $C_x$  - შუბლა წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.
- $C_y$  - ამწევი ძალის კოეფიციენტი.
- $C_z$  - გვერდითი ძალის კოეფიციენტი.
- $m_x$  - დაგვერდების მომენტის კოეფიციენტი.
- $m_y$  - რბენის მომენტის კოეფიციენტი.
- $m_z$  - ტანგაჟის მომენტის კოეფიციენტი.

აეროდინამიკური კოეფიციენტები და მართვის ორგანოების გადახრის წარმოებულები ჩვეულებრივ განისაზღვრებიან ექსპერიმენტების საშუალებით აეროდინამიკურ მილში, ნახევრადბმულ  $Oxyz$  კოორდინატთა სისტემაში.

კოეფიციენტების მნიშვნელობების ცვალებადობა დამოკიდებულია მახის რიცხვის, შეტევის და სრიალის კუთხეების და მართვის ორგანოების ზემოქმედების ცვლილებაზე.

## საფრენი აპარატის აეროდინამიკური მახასიათებლები

აეროდინამიკური კოეფიციენტების ფუნქციონალური დამოკიდებულების ზოგადი სახე შემდეგია:

$$C(M, \alpha, \beta, \delta_y, \delta_p, \delta_r) \quad (1)$$

მოდელირების პროცესში კოეფიციენტები რომ მივიღოთ, კომპიუტერში ცხრილის სახით წინასწარ შეყვანილია ორი ცვლადის ფუნქციის მნიშვნელობები:  $C(\alpha, \beta)$ , სადაც შეტევის კუთხე  $\alpha$  და სრიალის კუთხე  $\beta$  იცვლებიან გარკვეულ ინტერვალში. მახის რიცხვი  $M$ , რომელიც განისაზღვრება აპარატის სიჩქარის ფარდობით ბგერის სიჩქარესთან, ღებულობს სამ სხვადასხვა მნიშვნელობას. ფუნქცია  $C(M, \alpha, \beta)$  ორი ცვლადის ფუნქციაზე რომ დავიყვანოთ, აეროდინამიკური კოეფიციენტები ინდექსირებულია სამი სხვადასხვა სიდიდით. მაგალითად აღნიშვნა  $C_{x1}$   $M = 1$  მნიშვნელობისთვის არის შემოდებული,  $C_{x2}$  -  $M = 1,5$ -სთვის,  $C_{x3}$   $M = 2$ -სთვის და ა.შ. დანარჩენი ხუთი კოეფიციენტისთვის.

როგორც (1) ფორმულა გვიჩვენებს აეროდინამიკური კოეფიციენტები დამოკიდებულნი არიან ასევე სიდიდეებზე  $\delta_y$ ,  $\delta_p$ ,  $\delta_r$  და საფრენი აპარატის მართვის ორგანოების ზემოქმედებაზე, რომელიც გამოწვეულია შესაბამისად ტანგაჟის, რბენის და დაგვერდების კუთხეების ცვლილებით, რაც ასახულია (1) დამოკიდებულების შემდეგი სახით წარმოდგენაში:

$$C_x = C_{x1} + DY * \delta_y + DP * \delta_p + DR * \delta_r \quad (2)$$

(2) ფორმულას ანალოგიური სახე აქვს დანარჩენი კოეფიციენტებისთვისაც.

DY, DP, DR ორი ცვლადის,  $(\alpha, \beta)$ , ფუნქციებია, რომელთა მნიშვნელობები ცხრილების სახით განისაზღვრებიან.

აქედან გამომდინარე, აეროდინამიკური კოეფიციენტების შერჩევისათვის ვღებულობთ ორი ცვლადის ფუნქციის 36 ცხრილს, ატმოსფერული გარემოს ზემოქმედებას განსაზღვრავს ერთი ცვლადის 2 ფუნქცია: ჰაერის სიმკვრივის და ბგერის სიჩქარის დამოკიდებულებისა ფრენის სიმაღლესთან, რომელიც მოიცემა 1-დან 20 კილომეტრის ჩათვლით.

### აეროდინამიკური კოეფიციენტის ცხრილები.

საფრენი აპარატის აეროდინამიკური კოეფიციენტების ცხრილური მონაცემები კომპიუტერის მეხსიერებაში (კერძოდ გარე მეხსიერება), ინახება ფაილების სახით. ფაილებს მინიჭებული აქვთ სახელები, რომლებიც გამოხატავენ მათ შინაარსობრივ არსს.

- სტანდარტული ატმოსფეროს ცხრილების ფაილები:  
airdens - ჰაერის სიმკვრივის დამოკიდებულება ფრენის სიმაღლეზე,  
soundspd - ბგერის სიჩქარის დამოკიდებულება ფრენის სიმაღლეზე.
- აეროდინამიკური კოეფიციენტების ცხრილების ფაილები:  
 $C_{x1mis}$ ,  $C_{x2mis}$ ,  $C_{x3mis}$ ,  $C_{xmisDY}$ ,  $C_{xmisDP}$ ,  $C_{xmisDR}$   
 $C_{y1mis}$ ,  $C_{y2mis}$ ,  $C_{y3mis}$ ,  $C_{ymisDY}$ ,  $C_{ymisDP}$ ,  $C_{ymisDR}$   
 $C_{z1mis}$ ,  $C_{z2mis}$ ,  $C_{z3mis}$ ,  $C_{zmisDY}$ ,  $C_{zmisDP}$ ,  $C_{zmisDR}$   
  
 $m_{x1mis}$ ,  $m_{x2mis}$ ,  $m_{x3mis}$ ,  $m_{xmisDY}$ ,  $m_{xmisDP}$ ,  $m_{xmisDR}$   
 $m_{y1mis}$ ,  $m_{y2mis}$ ,  $m_{y3mis}$ ,  $m_{ymisDY}$ ,  $m_{ymisDP}$ ,  $m_{ymisDR}$   
 $m_{z1mis}$ ,  $m_{z2mis}$ ,  $m_{z3mis}$ ,  $m_{zmisDY}$ ,  $m_{zmisDP}$ ,  $m_{zmisDR}$

### პროგრამული უზრუნველყოფა.

პროგრამული უზრუნველყოფა შედგება ორი ტიპის ფაილებისაგან: მონაცემების და პროგრამული.

მონაცემების ფაილებს ჰქმნის პროგრამული ფაილები, რომლებიც QBASIC - ის პროგრამულ გარემოშია შექმნილი. პროგრამული ფაილები იძლევა საშუალებას



კლავიატურიდან შევიყვანოთ მონაცემები, დავიმასხვროთ და ნებისმიერ დროს გამოვიყენოთ შემდგომი მუშაობისათვის.

მონაცემთა ფაილებში ინფორმაციაზე დაშვება განხორციელებულია მიმდევრობითი მეთოდით, ანუ ფაილებში ჩაწერილი ინფორმაცია ინახება მიმდევრობით და კონკრეტული ჩანაწერის ამოკითხვა შესაძლებელია მისი წინამდებარე ჩანაწერების ამოკითხვის შემდეგ, ინფორმაცია მიმდევრობითი დაშვების ფაილებში ინახება ტექსტის სახით ASCII კოდის ფორმატში. მართალია, სხვა მეთოდებთან შედარებით ამ მეთოდით ჩაწერილი ინფორმაციის დამუშავების პროცესის დრო მისი მიმდევრობითი ჩანაწერის გამო უფრო ხანგრძლივია, სამაგიეროდ ინფორმაციის დათვალიერება ეკრანიდან ადვილია და მასხვრობის ნაკლებ ტევადობას მოითხოვს.

პროგრამაში შესრულებული ნებისმიერი მოქმედება ფაილებზე მოიცავს სამ აუცილებელ პირობას:

- ფაილის გახსნა,
- დასამუშავებელი ინფორმაციის ჩაწერა და ამოკითხვა,
- ფაილის დახურვა.

ფაილის შესაქმნელად QBASIC - ის პროგრამირების ენაში გამოიყენება ორერატორი OPEN, რომლის ფორმატი აუცილებლად შეიცავს ფაილის სახელს, ფაილთან მუშაობის რეჟიმს და ფაილის ნომერს.

როცა ფაილი იქმნება გარე მასხვრობაზე, ფაილის სახელში აუცილებლად უნდა იყოს მითითებული მისკენ მიმავალი გზის აღმნიშვნელი.

ფაილთან მუშაობის რეჟიმი მიუთითებს რისთვის ვიყენებთ ამ ფაილს: მასში ინფორმაციის ჩაწერისთვის, თუ ამოკითხვისთვის.

ოპერატორი OUTPUT ხსნის ახალ ფაილს მასში ინფორმაციის ჩასაწერად.

ოპერატორი INPUT ხსნის შექმნილ ფაილს ინფორმაციის ამოსაკითხავად.

თუ OUTPUT რეჟიმში უკვე შექმნილი ფაილის სახელით ვხსნით ფაილს მასში ჩაწერილი ინფორმაცია იშლება.

ამის გათვალისწინებით აეროდინამიკური მონაცემების ჩასაწერად და ამოსაკითხად შექმნილია პროგრამული ფაილები:

1. DATAOUT.BAS - ორი ცვლადის ფუნქციის მონაცემების ჩაწერა.
2. DATAINP.BAS - ორი ცვლადის ფუნქციის მონაცემების ამოკითხვა.
3. DATAOUT.BAS - ერთი ცვლადის ფუნქციის მონაცემების ჩაწერა.
4. DATAINP.BAS - ერთი ცვლადის ფუნქციის მონაცემების ამოკითხვა.
5. DATAINPS.BAS - ამოკითხვის და ჯამის გამოთვლის პროგრამა.

მე - 5 პროგრამული ფაილი ხსნის ოთხ ფაილს ამოკითხვის რეჟიმში და გამოითვლის (2) ფორმულის მნიშვნელობას, რომელიც პროგრამისათვის წარმოდგენილია შემდეგი სახის ალგორითმით

$$A + B * q_1 + C * q_2 + D * q_3 \quad (3)$$

სადაც A, B, C, D ფაილები აეროდინამიკური კოეფიციენტების ცხრილური მონაცემებია, ხოლო  $q_1, q_2, q_3$  - საფრენი აპარატის მართვის ორგანოების ცვლილებები. მუშაობის პროცესში შეყვანილი იქნება ფაილების სახელები,  $q_1, q_2, q_3$  სიდიდეები და მიეთითება  $\alpha, \beta$  ინდექსები.

მონაცემების ფაილებში ინფორმაცია წარმოდგენილია მასივების სახით, რომელთა ელემენტები ინდექსირებულია. ერთი ცვლადის ფუნქციის მასივია DIM d(20), სადაც რიცხვი 20 მიუთითებს ფრენის 20 კილომეტრიან სიმაღლის არეში ყოველ კილომეტრზე ჰაერის სიმკვრივის და ბგერის სიჩქარის მნიშვნელობებს.

ორი ცვლადის ფუნქციის მონაცემების მასივია DIM d(5, 2), სადაც პირველი ინდექსი  $\alpha$  კუთხეს ანიჭებს ექვს მნიშვნელობას  $0^\circ$  - დან  $25^\circ$  - ის ჩათვლით, ბიჯით  $5^\circ$ , ხოლო მეორე ინდექსი  $\beta$  კუთხეს ანიჭებს სამ მნიშვნელობას  $0^\circ$  - დან  $15^\circ$  - ის ჩათვლით, იმავე ბიჯით.

### **The aerodynamic characteristics of the aircraft**

*Dudukhana Tsintsadze, Ketevan OmiadZe*

#### **Summary**

Aerodynamics studies the laws of motion of the gas and the forces generated on the surface of bodies moving relative to it. The principle is based on the aerodynamic flight occurs as a result of the aerodynamic forces arise from the interaction of the air moving in there body. One of the main problems is the aerodynamic design of aircraft based on the methods of calculation of aerodynamic forces.

The article substantiates the need for the introduction of aerodynamic coefficients. To receive them in the process of modeling the values of the introduction of computer in the form of a table. This is accomplished by software executed on a programming language QBASIC.

### **Аэродинамические характеристики летательного аппарата**

*Дудухана Цинцадзе, Кетеван Омиадзе*

#### **Резюме**

Аэродинамика изучает законы движения газа и силы, возникающие на поверхности тел, движущихся относительно него. Принцип аэродинамического полёта основан на возникновении аэродинамических сил в результате взаимодействия воздуха движущегося в нём тела. Одной из основных задач аэродинамики является проектирование летательных аппаратов на основе методов расчёта аэродинамических сил.

В статье обоснована необходимость введения аэродинамических коэффициентов. Для их получения в процессе моделирования значения функции введены в компьютер в виде таблицы. Это осуществляется программным обеспечением, выполненным на языке программирования QBASIC.

### **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Остославский И.В., Стражева И.В. – Динамика полёта. Москва, изд. «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1969г.
2. Айден К., Фибельман Х., Крамер М. – Аппаратные средства РС. «ВНУ – Санкт-Петербург», 1996г.
3. Демидович Б.П., Марон И.А. – Основы вычислительной математики. Москва, ГОСИЗД, 1960г.
4. Мельников О.И., Вонюшкина А.Ю. – Начала программирования на языке QBASIC. Москва, Изд. ЭКОМ, 1977г.

---

**თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს  
ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში**

*ნოდარ მირიანაშვილი, ნოდარ გმელიშვილი, ვენერა ხათაშვილი*

*verona64@mail.ru*

**რეზიუმე**

მიმოხილულია საქართველოში თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების თანამედროვე დონე და ნაჩვენებია ენერგეტიკის ამ დარგში მიღწეული მნიშვნელოვანი შედეგები. გაანალიზებულია მეტალურგიულ და ქიმიურ მრეწველობაში თბური ტუმბოს სისტემების გამოყენების პერსპექტივები. ნაჩვენებია, რომ თბური ტუმბოს სისტემების ფართოდ დანერგვა მეურნეობაში ხელს შეუწყობს ქვეყნის ეკონომიკურ აღმავლობას და ადამიანთა მატერიალურ-საყოფაცხოვრებო დონის შემდგომ ამაღლებას.

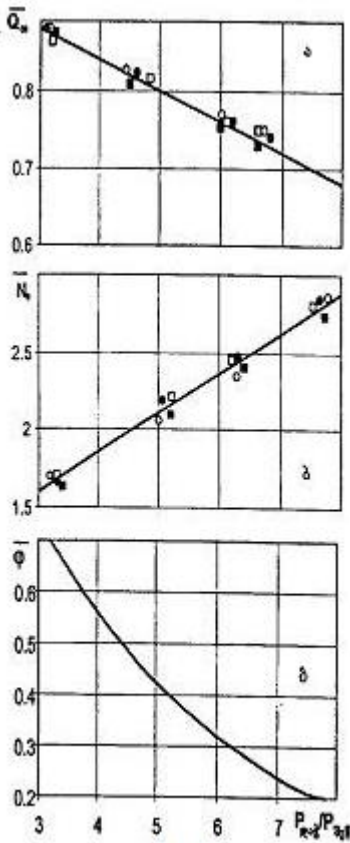
**საკვანძო სიტყვები: თბური ტუმბო, ენერგოდაზოგვა**

მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე ეტაპზე მსოფლიო ბაზარზე ორგანულ სათბობზე ფასები კლებულობს, მოთხოვნები ქვეყნის ენერგოუზრუნველყოფის მდგრადი, სტაბილურად განვითარების, ენერგოუსაფრთხოების განმტკიცების, გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებისა და მისი დაცვის მიზნით, კვლავაც აქტუალურია. აღნიშნული პრობლემები კი მნიშვნელოვან პირობებს ქმნის ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში ენერგიის განახლებადი, არატრადიციული წყაროების მოსაზიდად და ენერგოდაზოგვი ტექნოლოგიების ფართოდ დასანერგად, რაც განაპირობებს თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით სითბო-სიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემების გამოყენების პერსპექტიულობას ქვეყნის ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში.

თბური ტუმბოების გამოყენების პერსპექტიულობის საკითხს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიაში ყურადღება მიექცა ჯერ კიდევ 1950-55 წლებში. მეცნიერებათა აკადემიის ა.დიდებულის სახელობის ენერგეტიკის ინსტიტუტში აკადემიკოს ვ.გომელაურისა და ინსტიტუტის ელექტროტექნიკური განყოფილების ხელმძღვანელის ა.მუსხელიშვილის მიერ დასაბუთებულ იქნა რესპუბლიკის ჩაის ფაბრიკებში, კურორტ წყალტუმოსა და შავი ზღვის სანაპიროს სანატორიუმებში თბური ტუმბოების გამოყენების ენერგოეკონომიკური ეფექტურობა და დამუშავდა ამ დანადგარების კონკრეტული სქემები [1].

დამუშავდა თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების რიგი საკითხებისა, რომელიც ითვალისწინებს: რეგიონის ბუნებრივ-კლიმატურ პირობებს; რეგიონის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის სტრუქტურულ თავისებურებებს; დაბალპოტენციური სითბოს წყაროების ენერგეტიკულ პოტენციალს; რეგიონის ეკონომიკის სპეციალიზაციის ტენდენციებს და სხვ. [2-5].

ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების საფუძველზე საქართველოში დაპროექტდა და შეიქმნა როგორც საზოგადოებრივი, ისე საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო დანიშნულების ობიექტების თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი სითბო-სიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემები. კერძოდ: ქ.სოხუმის სავაჭრო ცენტრის, ბიჭვინთის საკურორტო დარბაზის, ქ.გაგრის კლიმატობალნეოლოგიური ცენტრის, სამტრედიის ჩაის ფაბრიკის, საგარეჯოს რძის გადამამუშავებელი ქარხნის, წყალტუმოს ხორცკომბინატის სითბო-სიცივით მომარაგების სისტემები.



ნახ.1

ნახ.1 უგანზომილებო თბომწარმოებლურობის  $\bar{Q}_{თ}(ა)$ , უგანზომილებო ეფექტური სიმძლავრისა  $\bar{N}_e$  (ბ) და უგანზომილებო გარდაქმნის კოეფიციენტის  $\bar{\varphi}$  (გ) დამოკიდებულება ორთქლკომპრესორული თბური ტუმბოს დაჭირვებისა  $P_{დაჭ}$  და შეწოვის  $P_{შეწ}$  წნევების ფარდობაზე  $P_{დაჭ} / P_{შეწ}$ . ○ - R 142; ● - R12; □ - R 12 და R 142B; ■ - R 22 და R12B.

ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე მიღებულია თბური ტუმბოს დანადგარის თბომწარმოებლურობის  $\bar{Q}_{თ}$ , ეფექტური სიმძლავრის -  $\bar{N}_e$  და გარდაქმნის კოეფიციენტის -  $\bar{\varphi}$  უგანზომილებო მნიშვნელობების საანგარიშო განტოლებები, რომლებიც შესაძლებელია საკმარისი სიზუსტით (6÷9%) იქნეს გამოყენებული თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი სითბოსიცივით მომარაგების სისტემების გაანგარიშებისას (ნახ.1) [6, 7].

$$\bar{Q}_{თ} = 1 - 0,041 P_{დაჭ} / P_{შეწ}$$

$$\bar{N}_e = 0,33 P_{დაჭ} / P_{შეწ} + 0,34$$

$$\bar{\varphi} = 1,72 (P_{დაჭ} / P_{შეწ} - 0,73)^{-1}$$

მრავალწლიანი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე რეკომენდებულია მაცივებელი აგენტები, რომელთა გამოყენება თერმოდინამიკური და

ეკოლოგიური თვალსაზრისით ეფექტურია თბური ტუმბოს სისტემებში (ცხრილი 1).

თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენება ეფექტურია აგრეთვე, ქიმიურ მრეწველობაში, რომელიც ერთდროულად მოიხმარს როგორც სითბოს, ასევე სიცივს.

ქიმიურ ქარხნებში ტექნოლოგიური საჭიროებისათვის გამოიყენება საბრუნო წყალმომარაგება, რის გამოც შეეფასავიერებიდან, ბუნებრივია, დიდი ოდენობით დაბალპოტენციური სითბო იკარგება. ასე მაგალითად, რუსთავის ქიმიური კომბინატი, რომელიც ამჟამად თითქმის სრული დატვირთვით მუშაობს, საათში მიხმარს 1700 მ<sup>3</sup> წყალს. შეეფასავიერებში საათში ცივდება 30-35 ათასი მ<sup>3</sup> წყალი და გარემოში იკარგება 300 გკალ/სთ დაბალპოტენციური, მეორეული თბური ენერჯია. უნდა აღინიშნოს, რომ რუსთავის ქიმიურ კომბინატში სითბოს მოხმარება შეადგენს გათბობისათვის 36 გკალ/სთ-ს და ტექნოლოგიური საჭიროებისათვის 250 გკალ/სთ-ს. თბური ტუმბოების გამოყენებით მოხდება გარემოში გაბნეული, მეორეული, დაბალპოტენციური სითბოს მოხმარება, რითაც წარმოებას, 350-400 ათასი დოლარის ინვესტიციის პირობებში, წელიწადში დაეზოგება 1,4 მლნ აშშ დოლარი.

გარდა ამისა, ამჟამად, სუსტი აზოტმჟავას წარმოებისას, სითბოს მნიშვნელოვანი ოდენობა ნიტროზული გაზის სახით გამოიტყორცნება ატმოსფეროში. მიზანშეწონილია აღნიშნული ნიტროზული გაზების სითბოს გამოყენება დაბალი პარამეტრების მქონე წყლის ორთქლის გამოსამუშავებლად, რომელიც შემდგომში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი თბომომარაგების სისტემაში პიკური შეთბობის მიზნით და სიცივის მისაღებად. ნიტროზული გაზი, ტემპერატურით 160<sup>0</sup>-180<sup>0</sup>C მიეწოდება გარსაცმილოვან საორთქლებელს, სადაც იგი ცივდება აზოტმჟავას ორთქლის კონდენსაციის (120<sup>0</sup>C) ტემპერატურამდე. გაცივებული ნიტროზული გაზი კატალიზური გაწმენდის შემდეგ, გაიტყორცნება გარემოში, ხოლო ძირითადი ტექნოლოგიური ნაკადის გაზი ქვაბ-უტილიზატორის გავლის შემდეგ ცივდება არსებული ჰაერის მაცივარში და მიეწოდება მომდევნო ტექნოლოგიურ დანადგარს.

რეკომენდაციები თბური ტუმბოს დანადგარებში ფრეონების გამოყენებისათვის

ტემპერატურა, °C	თბური ტუმბო სხვადასხვა ტიპის კომპრესორების ბაზაზე					
	დგუშიანი		ხრახნული		ცენტრიდანული	
	ფრეონი	ციკლი	ფრეონი	ციკლი	ფრეონი	ციკლი
40...65	R22	1	R22	1	R134a	1; 4
-5...+75	R22/R142	3	-	-	R134a	1;4
90	R142	1	R142	1	R142	1
110	R142, R21	1; 4	R142, R21	1; 4	R142, R113	1; 4
10...60	R22/R142	3	R134a, R22	1	R134a	4
-5...+75	R134a/R142	3	R22/ R142	3	R134a	4
90	R134a, R142	4; 1	R134a, R142	4; 1	R142	1; 4
5...60	R134a, R22	1; 4	R134a/R22	1; 4	R134a, R22	1; 4
-10...+75	R134a/R142	3	R134a/R142, R21	3; 4	R142, R21	1;4

1 – ციკლი რეგენერაციული თბომცვლელით; 2 – ორსაფეხურიანი ციკლი; 3 – ციკლი არააზოტროპიული ნარევისათვის; 4 – კასკადური ციკლი.

საორთქლებელში წარმოიქმნება 0,15მპა წნევის ორთქლი, რომელიც წელიწადის ცივ დროში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გათბობის მიზნებისათვის, ხოლო წელიწადის თბილ პერიოდში, აბსორბაციული სამაცივრო დანადგარის გამოყენებით +10°C ტემპერატურის მქონე გაცივებული წყლის მისაღებად. ბოილერისა და გენერატორის გავლის შემდეგ კონდენსატი ტრანსპორტირდება უკან საორთქლებელში და ციკლი მეორდება. ამასთან, წელიწადში უტილიზდება  $Q_{\text{უ}}=63440$  გკალ სითბო და გამომუშავდება  $Q_{\text{თ}}=23790$  გკალ/წ სითბო და  $Q_{\text{ცივ}} = 4000$  გკალ/წ სიცივე.

სითბოს უტილიზაციაზე გაწეული ჯამური ინვესტიცია შეადგენს  $I_{\text{უ}}=380$  ათას დოლარს და საექსპლუატაციო დანახარჯები  $E=177,7$  ათას დოლარს წელიწადში.

ორთქლის თვითღირებულება:

$$C_{\text{თ}} = E/Q_{\text{უ}} \times \eta = 117700/63440 \times 0,95 = 1,95 \text{ \$/გკალ,}$$

სადაც  $\eta$  - დანადგარის მ.ე.კ.-ა.

წლიური ეკონომიკური ეფექტი ტოლი იქნება:

$$K_{\text{წლ}} = Q_{\text{თ}} \times (C_{\text{თ}} - C_{\text{ცივ}}) = 23790 ( 4,62 - 1,95 ),$$

სადაც  $C_{\text{თ}}$  - თბური ენერჯის თვითღირებულება.

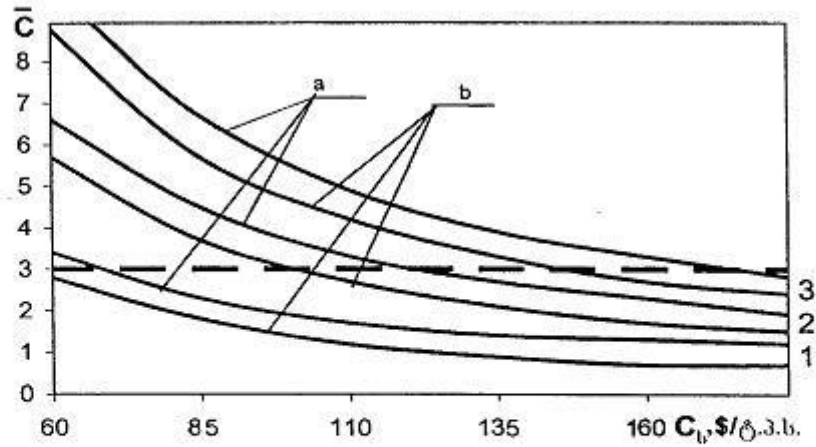
ამგვარად, რუსთავის ქიმიურ კომბინატში თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შედეგად წელიწადში დაიზოგება 130 ათასი ტ.პ. სათბობი და 1,4 მლნ აშშ დოლარი.

პერსპექტიულია აგრეთვე თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენება მეტალურგიულ ქარხნებში. კერძოდ, ზესტაფონის ფეროშენადნობ ქარხანაში თბური ტუმბოს დანადგარების დანერგვის შედეგად იქ არსებული მეორეული დაბალპოტენციური ენერგორესურსების გამოყენების ხარჯზე, წარმოების სრული დატვირთვის შემთხვევაში, შესაძლებელია მიღწეულ იქნეს წელიწადში 300 ათასი ტ.პ.ს და 1,92 მლნ აშშ დოლარის სრული დანახარჯების დაზოგვა მიმდებარე რაიონის გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებასთან ერთად.

ქვეყანაში ელექტროენერჯიაზე დიფერენცირებული ტარიფების შემოღება კიდევ უფრო ეფექტურს გახდის თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი სითბო-სიცივით მომარაგების სისტემებს როგორც მრეწველობაში, ასევე კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორში გათბობისა და ცხელი წყალმომარაგების განსახორციელებლად.

ნახ.2-ზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს დანადგარების ეკონომიკური ეფექტურობის ზონა სათბობისა და ელექტროენერჯის სხვადასხვა ფასების შემთხვევაში. კვლევების

შედეგად დადგინდა, რომ თბური ტუმბოს დანადგარებზე განხორციელებული ინვესტირებისას მათი გამოყენების ეფექტურობის ზონა მდებარეობს  $\bar{C}=6C_{ელ} / C_{სათ}<3$ -ზე ქვევით.



ნახ. 2. თბური ტუმბოს დანადგარების ეკონომიკური ეფექტურობის დამოკიდებულება ელექტროენერჯისა  $C_{ელ}$  და სათბობის  $C_{სათ}$  ფასების თანაფარდობაზე თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის  $\varphi$  სხვადასხვა მნიშვნელობის შემთხვევაში. 1 -  $C_{ელ} = 30\$/\text{მგტსთ}$ ; 2 -  $C_{ელ} = 60\$/\text{მგტსთ}$ ; 3 -  $C_{ელ} = 90\$/\text{მგტსთ}$ ;  $a - \varphi = 3,5$ ;  $b - \varphi = 3,0$ .

მიღებული თეორიული და ხანგრძლივი საცდელი ექსპლუატაციის შედეგები წარმოადგენენ აუცილებელ ბაზის ინვესტირებისათვის საქართველოში აღნიშნული სისტემების ფართოდ განხორციელების მიზნით, რაც მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ჩვენი ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალურ განვითარებას, მოხმარებული სათბობის ეკონომიას დაახლოებით 25-35%-ით და ეკოსისტემის გაუმჯობესებას.

## THE PERSPECTIVES HEAT PUMPS INSTALLATIONS USE IN VARIOUS SECTORS NATIONAL ECONOMY OF GEORGIA

Nodar Mirianashvili, Nodar Gdzelishvili, Venera Khatashvili

### Summary

Modern level of application heat pump installations in Georgia is considered and the reached important results in this area are shown. Application prospects heat pump systems in the metallurgical and chemical industry are analysed. It is shown, that wide introduction heat pump systems in the industry gives possibilities to raise an economic condition of the country and is material-housing level of the population.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ГРУЗИИ

*ნოდარ მირიანაშვილი, ნოდარ გძელიშვილი, ვენერა ხათაშვილი*

### Резюме

Рассмотрен современный уровень применения теплонасосных установок в Грузии и показаны достигнутые важные результаты в этой области. Проанализированы перспективы применения теплонасосных систем в металлургической и химической промышленности. Показано, что широкое внедрение теплонасосных систем в промышленности даёт возможности повысить экономическое состояние страны и материально-жилищный уровень населения.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Гомелаури В.И, Мухелишвили А.И. Применение тепловых насосов на курорте Цхалтубо// Холодильная техника, 1953, №3, с.7-11.
2. Везиришвили О.Ш. Тепловой насос для чаезавялочного агрегата // холодильная техника 1968, N7 с.16-18.
3. Везиришвили О.Ш. Везиришвили К.О. Оптимизация энергоснабжения некоторых отраслей промышленности Грузинской ССР//Пром. Энергетика. 1975, N2, с.12-14.
4. Везиришвили О.Ш., Меладзе Н.В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладаснабжения. М.; изд. МЭИ, 1994г. 160с.
5. Мирианаშვილი Н.А., Везиришვილი К.О. Опыт и перспективы применения энергосберегающих систем теплохладаснабжения в Грузии, Тр. 5-го Минского международн. форума по тепло и масса обмену Минск, 24-28 мая 2004г.
6. Mirianashvili N. Decentralized Heating and Cooling Systems Based on Thermal Pumps. Bull of the Georgian academy of sciences, 172, N3, 2005, pp.505-507.
7. ნ. მირიანაშვილი ქ. ვეზირიშვილი. არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისების პერსპექტივები ენერგოდამზოვი ტექნოლოგიების გამოყენებით საქართველოს ზღვისპირეთში. სტუ-ს დაარს. 90 წლ-დმი მიძღვნილი საერთ. სამეცნ. კონფერენცია შრომები - „XXI ს-ის მეცნ. და ტექნ. განვით. ძირით. პარადიგმები“. თბ. 19-21 სექტ. 2012. გვ.157-159.

ინფორმატიკა

**INFORMATICS**

**ИНФОРМАТИКА**





## სახელური ფრაზის (NP) როლებრივი სტრუქტურა

გიორგი ჩიკოიძე

*gogichikoidze@yahoo.com*

### რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია სახელური ფრაზის (NP) სინტაქსური შემადგენელი და მისი როლებრივი სტრუქტურა. სტრუქტურის მთავარი კომპონენტებია ცენტრალური სტრუქტურა (core) და პერიფერია, რომლებიც, ამავე დროს, დაყოფილია “ფენებად” (layers). მათი თანმიმდევრობა ასახავს შესაბამის სემანტიკურ კავშირს, ანუ მათ “სიახლოვეს” სტრუქტურის ბირთვთან - ზმნასთან.

როლებრივ სტრუქტურაში იგულისხმება წინადადების წევრების სემანტიკური როლების დადგენა. წინადადების წევრებით, თავის მხრივ, ასახულია ფუნქციები (როლები), რომლებსაც ისინი წინადადებით გადმოცემულ სიტუაციაში, ანუ პროცესში ან მდგომარეობაში ასრულებენ.

როლებრივი სტრუქტურა, სინტაქსურ სტრუქტურასთან შედარებით, უფრო მჭიდრო კავშირშია შინაარსთან, რაც მის მთავარ ღირებულებად უნდა ჩაითვალოს.

### საკვანძო სიტყვები: როლებრივი სტრუქტურა, ბირთვი, აქტანტები

გამონათქვამის სტრუქტურა, “ფენოვანი სინტაქსის” მიდგომის თანახმად [1], წარმოდგენილია ორი ფენით - შუაგულით (Core) და პერიფერიით. პირველი მათგანი გულისხმობს ზმნას, როგორც “ბირთვს”, და მის აქტანტებს. შეიძლება ითქვას, რომ სემანტიკური თვალსაზრისით ზმნა არის პროცესის ან მდგომარეობის ამსახველი პრედიკატი, რომელიც გამონათქვამის მთლიანობით გამოხატულ სიტუაციას განსაზღვრავს; აქტანტები კი ამ სიტუაციის ძირითად მონაწილეებს (აგენსი AG, ობიექტი OB, ადრესატი AD) გამოხატავენ. პერიფერია ის “გარემოა” (გარემოება), რომელშიც “არსებობს” ან “ვითარდება” მოცემული სიტუაცია: პირველ რიგში, ეს არის დრო (T) და ადგილი (L). მაგრამ მათ განეკუთვნება ისეთი “გარე ფაქტორებიც”, როგორიცაა სიტუაციის გამომწვევი მიზეზი (C) და მისი მიზანი ან შედეგი (R).

მორფოლოგიურად აქტანტები ფორმდება როგორც არსებითი სახელი ან (პირის) ნაცვალსახელი (იშვიათი გამონაკლისია ზოგ კონტექსტში შესაძლებელი ელიპტიკური გამონათქვამი: *მითხრა (ის), რომ ...*). არსებითი სახელით ან ჩვენებითი ნაცვალსახელით (*იქ, აქ*) წარმოდგენილია ადგილის გარემოებაც *ქუჩაში, მაგიდაზე, მთის მწვერვალზე, მაგიდის ქვეშ, ...* დროის გარემოება ხშირად იყენებს არსებითი სახელის ზოგ ფიქსირებულ ფორმას *დილას/დილით, ან მომავალ თვეს/თვეში ...*

არსებითი სახელით ზოგჯერ შეიძლება გაფორმდეს მიზეზის (C) ან მიზნის (R) გამომხატველი შემადგენელიც: *სახლში დავრჩით წვიმის გამო (C); ვიბრძვით გამარჯვებისთვის (R).*

ზემოთ ნახსენები არსებითები სინამდვილეში შესაძლებელი NP (Noun Phrase) სინტაქსური სტრუქტურის ბირთვია, რომელსაც შეიძლება ახლდეს რამდენიმე ატრიბუტი ან ატრიბუტთა მთელი კონსტრუქცია. ზოგადად ეს ატრიბუტები ბირთვის (N) ამა თუ იმ მახასიათებელს გამოხატავს. უმარტივეს შემთხვევაში ეს მახასიათებელი ბირთვის აღსანიშნის რომელიმე თვისებაა, რომელიც გამოიხატება შესაბამისი ზედსართავით:

*ლამაზი გოგო, მაღალი ბიჭი, თეთრი კაბა, მჭრელი/ბლაგვი დანა, ...*

ამ ნიმუშებისგან განსხვავებით, ბირთვს (N) შეიძლება ჰქონდეს განყენებული, მეტაფორული მნიშვნელობაც:

*ბრწყინვალე გამარჯვება, უბედური შემთხვევა, დიდი წარმატება, ...*

ეს თვისებები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ერთგვაროვანი ზედსართავი სახელების თანმიმდევრობითაც:

*ლამაზი, კოხტა, კეკლუცი, ... , გოგო.*

თვისებათა ეს ხასიათი, მათი შეფასება შეიძლება მკვეთრად (180°) შეიცვალოს ერთი და იმავე თანმიმდევრობის ფარგლებში, რაც აღინიშნება ხოლმე ამ ცვლილების “გადატეხის” პოზიციაში შესაბამისი კავშირების ან ნაწილაკების გაჩენით:

*(გარეგნულად) ეშხიანი და დახვეწილი, (მაგრამ/თუმცა/ოღონდ) (შინაგანად) ბოროტი და უზნეო;*

*ღონიერი, მაგრამ მოუქნელი;*

*მიმზიდველი, თუმცა სახიფათო;*

და ა.შ.

თანხმოვანფუძიანი ზედსართავი სახელებისთვის გრამატიკული შეთანხმება ზედსართავ და არსებით სახელებს შორის პრეპოზიციულ ატრიბუტებთან შეზღუდულია მისი გამოხატულების თვალსაზრისით და საერთოდ აკლია ხმოვანფუძიანებს (პატარა, ყრუ, უბადლო, მხნე). ამ შეთანხმების ექსპლიციტური გამოხატვა სრული სახით ჩნდება მხოლოდ პოსტპოზიციაში:

*ბიჭმა პატარამ, ბიჭს პატარას, ...*

თუმცა ეს კონსტრუქცია (N+Aj) მოძველებულია და თანამედროვე ენაში იშვიათად იხმარება რაღაც განსაკუთრებული ემოციის აქცენტირებული გამოხატვისთვის:

*ამ გოგომ, ლამაზმა და ნიჭიერმა, წარუშლელი შთაბეჭდილება მოახდინა ჩვენზე.*

ორივე პოზიციაში კონსტრუქციას შეიძლება შევუსაბამოთ მისი (კვაზი-)სინონიმური N (არის/იყო/იქნება) Aj.

*გოგო ლამაზია/უშნოა, ბიჭი ჭკვიანია/სულელია, ...*

“არის” (და ზოგი სხვა - “ზის”, “დგას”,...) ზმნის კონტექსტში ქვემდებარე (N) არ გამოირჩევა აქტიურობით (AG აგენსივით), არც უშუალო ზემოქმედებას განიცდის (OB ობიექტივით) და არც რაღაც მდგომარეობის მისამართია (როგორც AD ადრესატი კონტექსტში - “მილი”, “მიმშილი”). მისი შუალედური სტატუსი შეიძლება განისაზღვროს როგორც არააქტიური, თუმცა SB სუბიექტის ზეწოლისგან “დამოუკიდებელი”, რომელსაც ატრიბუტული კონსტრუქცია (Aj+N), მისი სინონიმურის მსგავსად, ანიჭებს როლებრივ სტრუქტურას:

$Q \rightarrow SB,$

სადაც Q გამოხატავს იმ “თვისების” როლს, რომელიც მიეწერება SB-ს.

საზღვრულთან ატრიბუტის კიდევ ერთი შეთანხმებული ვარიანტია ე.წ. დანართი, რომელიც, საზღვრულის მსგავსად, გამოიხატება არსებითი სახელით:

*მეფე ერეკლე, თავადის ქალი მათა, მაგისტრანტები ნინო და ანა, ...*

აქ წინა წევრი მომდევნოს მიაკუთვნებს რომელიმე კატეგორიას, კლასს, სიმრავლეს. თუკი ამ ტიპის ატრიბუტებისთვის მივიღებთ სიმბოლიკას - CL (CLass), შეიძლება ითქვას, რომ მისი მიმართება საზღვრულთან აისახება ფორმულით:

$SB \subset CL,$

სადაც საზღვრულისთვის ისევ SB სიმბოლოს არჩევა გაპირობებულია იმით, რომ ამ მიმართების გამოხატვა სინონიმური გამონათქვამის მეშვეობით ისე გამოიყურება, როგორც

SB არის,

მიუხედავად იმ განსხვავებისა, რომელიც ახასიათებს Q თვისებას და CL სიმრავლეს/კლასს. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ორი ცნება იმპლიციტურად მჭიდროდ დაკავშირებულია ერთმანეთთან, სახელდობრ, განსაზღვრავს ერთმანეთს: თვისებას (Q) შეესაბამება მისი მატარებლის სიმრავლე (CL) და პირიქით.

ამ ტიპის ატრიბუტების გადაადგილება პოსტპოზიციაში სტილისტურად უფრო გამართულად გამოიყურება, როცა ატრიბუტს ახლავს გარკვეული გაფართოება, კერძოდ, თავისი დამატებითი ატრიბუტები:

*ერეკლე, მეფე ქართლისა და კახეთისა;*

*ნინო და ანა, მაგისტრანტები და მომავალი ენათმეცნიერები.*

პოსტპოზიცია განსაკუთრებით მისაღებია, როცა ატრიბუტი მეტაფორისაკენ იხრება:  
*ამ ბავშვმა, ნამდვილმა ანგელოზმა/ ეშმაკუნამ განგვაცვიფრა;*  
*მის ლექსებს, ღვთისნიერი ნიჭის და მიწიერი ვნების განსახიერებას, დიდი წარმატება*  
*ელოდება მომავალში.*

ნათესაობითი ბრუნვით გაფორმებული არსებითი მონაწილეობს

Ng+N

კონსტრუქციაში, სადაც მისი გაფორმება უცვლელია, თუმცა კონსტრუქციის სემანტიკა საკმაოდ მრავალფეროვანია. შევეცდებით ამ მრავალფეროვან სპექტრს მივცეთ ერთობლივი, სახელდობრ, რადიალური სახე. სქემის საწყისად, ანუ ცენტრად მივიჩნევთ სივრცულ დამოკიდებულებას, რომელშიც Ng გამოხატავს „მთლიანობას“, N კი მის ერთ-ერთ ნაწილს:

*ხის ფესვები/ტოტის ფოთლები/ ...*

შემდეგ ბუნებრივ ნაბიჯს წარმოადგენს მიმართება „სიმრავლე → მისი წევრი“:

*ოჯახის/პარტიის წევრი, რაზმის/ოცეულის მეთაური, დაწესებულების/ორგანიზაციის*  
*თანამშრომელი, სკოლის პედაგოგი/მოწაფე ...*

ბოლო წყვილის Ng მეტონიმურად გულისხმობს შესაბამის „კოლექტივს“.

შემდეგ ნაბიჯზე ნაწილის და წევრობის მნიშვნელობა გადაიზრდება კუთვნილების სოციალურ ცნებაში:

*მამის სახლი, მეზობლის ეზო, შავლეგის ჭიუხა, ...*

“მიკუთვნების” თავისებურ მეტაფორად შეიძლება მივიჩნიოთ შემთხვევა, როცა N კონკრეტული პროცესის ჩასატარებელ ადგილს გამოხატავს:

*სხდომათა დარბაზი, ფეხბურთის მოედანი, ბრძოლის ველი, ...*

და უფრო განყენებული:

*მოღვაწეობის არე, კომპეტენციის სფერო, ...*

კონსტრუქციის ინვერსიული (სემანტიკის თვალსაზრისით) ფორმა გამოხატავს მიმართებას – “შედეგი/პროდუქტი (Ng) → წყარო (N)“:

*ქვანახშირის მადარო, ლითონის ქარხანა, ციტრუსების/ყვავილების სათბური, ...*

და ზოგი სხვა.

თავისებური “გარდამავალი” რგოლია შემთხვევა, როცა Ng საწყისის ფორმით გამოხატავს რაღაც პროცესს ან მდგომარეობას:

*პეტრეს მოვლა, სახლის აშენება, საქმის დასრულება.*

აქ ისევ ვხვდებით ინვერსიას: Ng წარმოადგენს სიტუაციის ერთ-ერთ ნაწილს, რომელსაც ზმნის საწყისი (N) გამოხატავს, სახელდობრ, სიტუაციის ერთ-ერთ მონაწილეს.

თავის მხრივ, ეს კონსტრუქცია გადადის კვაზი-სინონიმურ მიმდებარე კონსტრუქციაში:

*მის მიერ აშენებულმა სახლმა დაამშვენა უბანი,*

შემდგომ კი დაქვემდებარებულ წინადადებაში, რომელიც იმავე მოვლენას, ფაქტს ასახავს:

*უბანი დაამშვენა სახლმა, რომელიც მან ააშენა.*

ეს ფაქტებია:

*მან ააშენა სახლი და სახლმა დაამშვენა უბანი.*

პირველში სახლი არის ობიექტი (OB), მეორეში – აგენსი (AG).

ატრიბუტის ფუნქციას ამ შემთხვევაში ასრულებენ სიტუაციები, ანუ ფაქტები (FC), რომლებიც ახასიათებენ საზღვრულს (N) მისთვის დამატებითი თვისების მინიჭებით. ეს თვისება განისაზღვრება მისი მონაწილეობით დამატებითი სიტუაციაში, სადაც ის ასრულებს ამა თუ იმ როლს, რომელიც, კერძოდ, შეიძლება განსხვავდებოდეს როლისაგან, რომელსაც მას დომინანტური სიტუაცია ანიჭებს (როგორც ეს ზემოთ მოყვანილ გამონათქვამში ხდება).

შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ სინტაქსური სტრუქტურა დამატებით “ფენებს” იძენს, ანუ ყოველმა მისმა წყვილმა ატრიბუტული ფაქტების გამომხატველი დაქვემდებარებული წინადადების სახით ძირითადი ფენისგან შეიძლება შეიძინოს “ქვეფენები”.

## The Role Structure of Noun Frazе (NP)

*George Chikoidze*

### Summary

The role structure and the syntactic constituent of the noun phrase (NP) are considered in the article. The main components of structure are the central structure (core) and the periphery, which is divided into the "layers" at the same time. The sequence reflects corresponding semantic relation, i.e. their proximity to a verb - the core of the structure.

Establishment of semantic roles of the sentence members is meant under the role structure. Functions (role) which are carried out in a situation, in process or in state are represented by the members of the sentence.

The role structure more closely than syntactic structure is connected to the contents and that's what is considered as its main value.

## Ролевая структура именной фразы (NP)

*Георгий Чикоидзе*

### Резюме

В статье рассмотрены синтаксический компонент именной фразы (NP) и его ролевая структура. Главными компонентами структуры являются центральная структура (core) и периферия, которые, в то же время, разделены по «слоям» (layers). Их последовательность отражает соответственную семантическую связь, т.е. их "близость" к ядру структуры – глаголу.

Под ролевой структурой подразумевается определение семантических ролей членов предложения. Членами предложений, со своей стороны, выражены функции (роли), которые они выполняют в ситуации, т.е. в процессе или в состоянии, переданном предложением.

Ролевая структура, по сравнению с синтаксической структурой, более тесно связана с содержанием, что можно считать ее главным преимуществом.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. Van Valin et al. Co-author: R.J. Lapolla. Syntax. Structure, Meaning and Function. Cambridge University Press. 1997.

მიზეზ-შედეგობრივ მიმართებათა როლებრივი ასახვა გამონათქვამის  
შინაარსში

გიორგი ჩიკოიძე

*gogichikoidze@yahoo.com*

რეზიუმე

სტატიაში მოცემული მიდგომა გულისხმობს გამონათქვამის შინაარსის, როგორც როლებრივი სტრუქტურის, წარმოდგენას. მისი ელემენტებია „სენტენციური პრიმიტივები“, ანუ მარტივი წინადადებები, რომლებსაც აგრეთვე ახასიათებს შინაგანი როლებრივი სტრუქტურა. ამავე დროს, გამონათქვამის ზოგადი სტრუქტურის ფარგლებში „სენტენციურ პრიმიტივებს“ ენიჭება გარკვეული სემანტიკური როლები, კერძოდ, შინაარსის წარმოდგენისათვის მეტად მნიშვნელოვანი ლოგიკური მიმართებების გამოხატველი კავშირები. მოცემულ ნაშრომში განიხილება გამონათქვამის წევრებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი მიმართებები.

*საკვანძო სიტყვები: როლებრივი სტრუქტურა, მიზეზი, შედეგი, იმპლიკაცია, სემანტიკური როლი*

ქართული მარტივი წინადადების სემანტიკური სტრუქტურა განხილული იყო მონოგრაფიაში [1] და აგებული იყო [2]-ის სემანტიკური როლების მიხედვით. სტრუქტურის ცენტრალური კომპონენტი (Core) არის მისი „ბირთვი“ (ზმნა), რომელიც გამოხატავს აქტს, პროცესს, მდგომარეობას, ანუ წინადადებაში მოცემულ ზოგად სიტუაციას და, მასთან ერთად, სიტუაციაში ჩართულ ძირითად მონაწილეებს: სიტუაციის „წამყვან ძალას“ (AG აგენსი); ობიექტს, რომელზეც უშუალოდ მიმართულია AG-ის აქტიურობა (OB ობიექტი) და შესაძლებელ „ბენეფიციანტს“ (AD ადრესატი), რომელიც სიტუაციის შედეგის უშუალო მისამართია, ზოგჯერ კი, სიტუაციის რეალიზაციის მსვლელობაში – AG-ის „პარტნიორი“:

*მან (AG) მას (AD) აუშენა სახლი (OB);*

*ის (AG) ესაუბრა მას (AD) ამაზე (OB).*

(1)

ძირითადი როლების შემადგენლობას და მათ გრამატიკულ გაფორმებას, პირველ რიგში, განსაზღვრავს ბირთვის, ანუ ზმნის ლექსიკა. ამ თვალსაზრისით, დამატებითი ფუნქცია „აკისრია“ პარადიგმას, რომელსაც განეკუთვნება მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებული ზმნის ფორმა:

*აშენებინა მან (CS)მას (AG) ის (OB) მისთვის (AD);*

*აშენდა ის (OB) მის მიერ (AG) მისთვის (AD)*

(2)

მაგალითებით ((1), (2)) ნაჩვენებია დამოკიდებულება, რომელიც როლების შემადგენლობას და გაფორმებას ახასიათებს სხვადასხვა პარადიგმის მიმართ. პარადიგმები კი, ჯამში, ერთსა და იმავე სუპერ-პარადიგმას განეკუთვნებიან: კაუზატივი, აქტივი, პასივი. დამახასიათებელია, რომ კაუზატივის კონტექსტში ჩნდება „კაუზატორის“ (CS) დამატებითი როლი.

ამგვარად, სიტუაციის ცენტრალური კომპონენტის ზოგად სქემას, ანუ მისთვის დამახასიათებელ პროცესს/მდგომარეობას და მასში ჩართული მონაწილეების შემადგენლობას და ფორმას განსაზღვრავს ბირთვის (ზმნის) ლექსიკა და პარადიგმა. სიტუაციის ცენტრალური სქემის კონკრეტიზაციისთვის საბოლოოდ საჭიროა მხოლოდ ამ როლების კონკრეტული ლექსიკის დადგენა:

*პეტრე უშენებს სახლს თავის შვილს;*

*პეტრე და მანანა საუბრობენ/პეტრე ესაუბრება მანანას მათ მომავალ გეგმებზე*

(3)

ცენტრალური კომპონენტი შეიძლება „ჩაფლული“ იყოს პერიფერიაში [4], რომლის ძირითადი წარმომადგენლებია ადგილის (L) და დროის (T) განმსაზღვრელი როლები:

*პეტრემ (AG) შარშან (T) აუშენა შვილს (AD) სახლი (OB) ზღვის პირას (L)* (4)

ზედა და ქვედა ფენას შორის თავისებურ „შუა“ პოზიციას იკავებს „ინსტრუმენტის“ (I) როლი, რომელიც, ერთი მხრივ, შეიძლება მოიაზრებოდეს როგორც სიტუაციის აქტიური მონაწილე, თუმცა, მეორე მხრივ, არ აკმაყოფილებს ცენტრალური როლების ძირითად ფორმალურ მოთხოვნას: ზმნა არც ერთ პარადიგმაში ექსპლიციტურად არ მიმართავს მას თავისი აფიქსებით:

*ამ დანით (I) კარგად დავჭერი ხორცი (OB),*

აქ I როლი, ამავე დროს, „შუამავლობს“ AG-სა (მე) და OB-ს (ხორცი) შორის. მისი აქტიურობა გამოწვეულია AG-ის ზემოქმედებით, რომელიც მას „აიძულებს“ უშუალო ზემოქმედება მოახდინოს OB-ზე.

ცენტრალურ სტრუქტურასთან ინსტრუმენტის „სიახლოვე“ დასტურდება მეტაფორული კონტექსტებითაც, სადაც I ფორმალურად ჩაენაცვლება AG-ს, ანუ ფორმდება AG აგენსივით:

*ამ დანამ (I→OB) კარგად დაჭრა ხორცი (OB).*

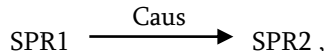
დამახასიათებელია ისიც, რომ I ინსტრუმენტს, ცენტრალური როლების მსგავსად, ახასიათებს ბაზისური ლექსიკური მნიშვნელობების „მატერიალურობა“, სახელდობრ, ბაზისური (არამეტაფორული) ლექსიკური მნიშვნელობები ამ როლებით უკავშირდება აღსანიშნებს, რომლებიც რაღაც „საგნებია“ – სუბიექტები ან ობიექტები. თანაც, OB-ს (ისევე როგორც I-ს) უპირატესად უსულო საგნები გამოსახავენ, დანარჩენი ცენტრალური როლები კი (CS, AG, AD) ორიენტირებულია, პირველ რიგში, სულიერ საგნებზე: თუმცა ეს დაპირისპირება მკაცრად განსაზღვრული არ არის, რასაც მეტაფორული კონტექსტებიც ადასტურებს:

*მომხიბლა მისმა სილამაზემ (AG);*

*ხშირად მესიზმრება ეს გოგო (OB);*

*მე დავუმატე ამ ტექსტს (AD) რამდენიმე წინადადება.*

ქვედა დონის საერთო როლებრივი სტრუქტურა ყველა ზემოგანხილული მაგალითისთვის შეიძლება აისახოს ასე:



სადაც SPR სიმბოლო გულისხმობს სენტენციურ პრიმიტივს (Sentential Primitive), Caus კი გამოხატავს SPR2-ის როლს SPR1-ის მიმართ, ანუ SPR2-ის „გაჩენის“ მიზეზს.

განხილული მარტივი კვაზი-სინონიმური ვარიანტებია:

*SPR1: აუდიტორია (AG) დელავს;*

*SPR2: მან (AG) ილაპარაკა აუდიტორიის წინაშე (AD).*

ზოგადად, შეიძლება ითქვას, რომ ქვედა დონის SPR სტრუქტურის შემადგენელი ნაწილები არის არა რომელიმე ცალკეული კონკრეტული გამონათქვამი, არამედ კვაზი-სინონიმურ გამონათქვამთა მთელ მწკრივი, რომელიც ლექსიკური სინონიმების მწკრივის [5] „სენტენციური“ ანალოგია და, კერძოდ, მისი ლექსიკური წევრების ვარირებას ეყრდნობა სინონიმური მწკრივების ფარგლებში. მაგალითად, SPR1 AG და SPR2 AD როლებმა შეიძლება განიცადონ ვარიაცია:

*აუდიტორია, მსმენელი, პუბლიკა, დამსწრე საზოგადოება, ...;*

მისი რეაქცია კი (აღელვება) შეიძლება მიგაკუთვნოთ მწკრივს:

*(ვნებათა) დელავა, აღშფოთება, პროტესტი, წინააღმდეგობა, ...*

შესაბამისი მწკრივი შეიძლება აიგოს SPR გამონათქვამის დანარჩენი წევრებისთვისაც (გამოვიდა სიტყვით, ილაპარაკა, მოახსენა, ... და ა.შ.).

თავად Caus მიმართების ენობრივი გაფორმებაც თავისებურ კვაზი-სინონიმურ მწკრივს ქმნის, რომლის შემადგენელი წევრები, საერთო სემანტიკური ბირთვის მიუხედავად, ისეთ განმასხვავებელ თვისებებს ავლენენ, რომლებიც ხშირად გამოირიცხავენ მათ

ურთიერთჩანაცვლებადობას. მაგალითად, ზემოთ განხილულ ნიმუშებში მიზეზობრივ მიმართებაზე აქცენტის გადატანას უზრუნველყოფს ფორმა „გამო“:

*აუდიტორია აღელდა მისი გამოსვლის გამო;*

თუმცა სტილისტურად უფრო გამართული ჩანს მისი ჩანაცვლება ლექსიკური ერთეულით – „გამოწვევა“: *აუდიტორიის აღელვება გამოიწვია მისმა გამოსვლამ.*

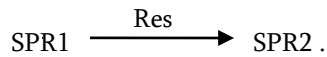
დამახასიათებელია, რომ უკანასკნელ კონტექსტში მიზეზი – *გამოსვლა* ფორმდება როგორც AG-როლი, ანუ, მეტაფორული თვალსაზრისით, გამოიყურება როგორც მომდევნო პროცესის (აღელვება) წამყვანი „ძალა“, რაც, ამავე დროს მიზეზის ძირითადი სემანტიკური მახასიათებელია.

აქცენტის გადატანა მიზეზ-შედეგობრივი მიმართების მეორე წევრზე (შედეგზე) სათანადო კონტექსტის ისეთი საშუალებების ჩანაცვლებით ხერხდება, როგორიცაა *შედეგად ან მოჰყვა*:

*აუდიტორია აღელდა მისი გამოსვლის შედეგად;*

*მის გამოსვლას მოჰყვა აუდიტორიის აღელვება.*

ეს თავისებური „კონვერსია“ შეიძლება აისახოს ზემოთ შემოთავაზებული ფორმულის ტრანსფორმაციაში:



Caus→Res მიმართების განხილვის კონტექსტში უფრო მნიშვნელოვანია კავშირის უშუალოდ გამომხატველი ერთეულების განმასხვავებელი ნიშნები. როგორც წესი, ეს ნიშნები ვლინდება ისეთ კონტექსტში, სადაც მოცემული კავშირი მისაღებია ან მიუღებელი. მაგალითად, „გამო“ და „წყალობით“ ერთეულებს შორის განსხვავება ნათლად ჩანს გამონათქვამებში:

*შენობა დაინგრა მიწისძვრის გამო;*

*ის დაიღუპა მძიმე ავადმყოფობის გამო.*

ამგვარ გამონათქვამებში, სადაც შედეგი (Res) უარყოფითი და არასასურველია, „გამოს“ ვერ ჩაენაცვლება „წყალობით“, რომელიც, პირიქით, სრულიად გამართლებულად გამოიყურება დადებითი, სასურველი შედეგის შემთხვევაში:

*მიაღწია წარმატებას თავისი ნიჭის, გამოცდილების წყალობით/გამო\*.*

„გამოს“ ვარსკვლავიანი ფორმა იმაზე მიუთითებს, რომ ამ პოზიციაში კავშირი მთლად გამორიცხული არ არის, თუმცა ნაკლებად სასურველია. ეს დაპირისპირება უფრო მკვეთრი ხდება, როცა მიზეზი (Caus) წარმოდგენილია რაღაც გარე ფაქტორით (და არა შინაგანი მახასიათებლით):

*ვირმა დაზარალდა ინფლაციის გამო, მაგრამ გადარჩა დროული დამატებითი ინვესტიციების წყალობით.*

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ორივე პოზიციაში აქ მისაღებია „შედეგად“, რაც მიუღებელია ზემოთ განხილულ უფრო სტატიკურ მაგალითებში. დინამიკური მიზეზის მაგალითია, აგრეთვე: *ხიდი დაინგრა წყალდიდობის შედეგად/გამო.*

უკვე განხილული კავშირები არის „მიზეზი“ და „შედეგი“ და მათ შორის არსებული მიმართება, როგორც რეალიზებული, ჩვენგან დამოუკიდებლად მომხდარი ფაქტები და გარემოებები. ამავე დროს „რადგანაც“ და ზოგი მისი კვაზი-სინონიმი ორიენტირებულია უფრო სიტუაციის შესახებ მსჯელობაზე და სათანადო ლოგიკურ დასკვნაზე:

*რადგანაც გაწვიმდა, დავრჩი სახლში;*

დამახასიათებელია, რომ, ამ შემთხვევაში, შინაარსის სერიოზული შეცვლის გარეშე შეგვიძლია ჩავთვოთ „გადავწყვიტეთ“:

*რადგანაც გაწვიმდა გადავწყვიტეთ სახლში დარჩენა/... სახლში დავრჩენილიყავით*

შესაძლებელია კონტექსტის გაფართოებაც, რომელიც სიტუაციას და, კერძოდ, „მიღებულ გადაწყვეტილებას“ ხასიათს და შედეგს აზუსტებს:

*რადგანაც/ვინაიდან/ რაკი გაწვიმდა არ/ ვერ გავისეირნეთ/ დავრჩით სახლში...*



რადგანაც ლექსიკური ერთეულის საკმაოდ ახლო სინონიმებია „ვინაიდან“ და „რაკი“, თუმცა პირველი მათგანი ოდნავი ამაღლებულობის, ფორმალურობის ელფერებით გამოირჩევა; მეორე კი (რაკი) უფრო უბრალოებისაკენ იხრება და, ამავე დროს, გამოხატავს გარკვეულ მიმართებას მოლოდინთან. მიზეზის გაჩენა განიხილება როგორც მოულოდნელი, მყისიერი (უცხად რაკი გაწვიმდა, ...) ან ის, რასაც დიდი ხანია ველოდით, და რაც, ბოლოს და ბოლოს, მოხდა:

*როგორც იქნა გავისეირნეთ / ბოლოს და ბოლოს გამოიდარა.*

თუმცა საერთო სემანტიკური ბირთვი მწკრივის წევრების ერთსა და იმავე კონტექსტში ხმარების შესაძლებლობას გვაძლევს:

*რადგანაც ამ შენობამ გაუძლო მიწისძვრას, შეიძლება დავასკვნათ/ვივარაუდოთ, რომ მისი ფუნდამენტი საკმაოდ საიმედოა.*

მწკრივის კიდევ ერთი წევრი – ”იმიტომ“ ყველაზე კარგად ესადაგება ცოცხალი დიალოგის კონტექსტს, სახელდობრ, შესაბამის კითხვაზე პასუხს:

*რატომ დარჩით სახლში/არ გაისეირნეთ? იმიტომ, რომ გაწვიმდა.*

პასუხში გამორიცხული არ არის კომბინაციის – „იმის გამო, რომ“ გაჩენა, თუმცა ის ამ პასუხს ანიჭებს უფრო ზოგად, განყენებულ ხასიათს, ანუ ნაკლებად მიჯაჭვულია კითხვასთან – რატომ.

მწკრივის წევრები, გარკვეული თვალსაზრისით, კორელირებენ იმ ზოგად გამონათქვამებთან, რომლებსაც ლოგიკური იმპლიკაციის მიმართების გაჩენა ეყრდნობა, ანუ „თუ-მაშინ“ კავშირთა წყვილს:

*თუ წვიმა/ქარბუქია/ავდარია დარჩი სახლში/გარეთ ნუ გამოხვალ, ნუ ისეირნებ.*

თუ რაღაცა უძლებს ხიფათს/ ზიანის მომტან მოვლენებს (მაგალითად, მიწისძვრას), მაშინ ის „რაღაც“ შეიძლება შეფასდეს, როგორც „საიმედო“.

ასეთი იმპლიკაციების ერთობლიობა ასახავს პრაგმატიკული ცოდნის დიდ ნაწილს და მოიცავს როგორც მის „ამაღლებულ“, ენციკლოპედიურ, ისე „უბრალო“, საყოველღეო გამოცდილების მომცველ კომპონენტებს.

ამ ცოდნას ეყრდნობა, კერძოდ, მიზეზ-შედეგობრივი გამონათქვამების დაშვება, რომლებიც ექსპლიციტურად არ მოიცავენ მიმართების სპეციფიკურ მაჩვენებლებს:

*გაწვიმდა და დავრჩით სახლში/ვერ გავისეირნეთ;*

*შენობამ მიწისძვრას გაუძლო და შეფასდა როგორც „საიმედო“.*

შეიძლება ითქვას, რომ აქ ექსპლიციტურ გაფორმებას ჩაენაცვლება იმპლიციტური, პრაგმატიკული ცოდნა.

იმპლიკაციის ადგილი მიზეზ-შედეგობრივი მიმართებების გამოხატვის სფეროში განისაზღვრება იმით, რომ ის გვთავაზობს ზოგად წესს, რაღაც რეკომენდაციას:

*თუ გაწვიმდა, ნუ გაისეირნებ,*

რომელსაც ჩვენ შეიძლება დავეთანხმეთ - *თუ გაწვიმდება, არ გავისეირნებ*, ან არ დავეთანხმეთ - *რომც გაწვიმდეს, მაინც გავისეირნებ*.

და რომელსაც, შეიძლება, საბოლოო ჯამში, დავემორჩილოთ - *რადგანაც გაწვიმდა, აღარ გავისეირნებ*, ან არ დავემორჩილოთ - *გაწვიმდა, მაგრამ/ამისდა მიუხედავად (მაინც) გავისეირნებ*.

მოცემული სიტუაციის კონტექსტში „დაუმორჩილებლობის“ ნიშნები (მაგრამ/იმისდა მიუხედავად) იმპლიკაციისთვის შესაბამის იმპლიკაციას ხდიან არარელევანტურად (და არა ყალბად), თუმცა, ამავე დროს, იმპლიკაციის არსებობას დამატებით ადასტურებენ ჩვენ პრაგმატიკულ „მარაგში“. აქვე აღვნიშნოთ, რომ ნიშნების ამ რიგს განეკუთვნება „თუმცა“ ფორმაც, რომელიც იმავე „დაუმორჩილებლობას“ გამოხატავს ოდნავ შერბილებული ფორმით (*თუმცა გაწვიმდა, მაინც გავისეირნებ*).

სემანტიკურ-პრაგმატიკული მახასიათებლები და მათთან კორელირებული მკავშირებელი ერთეულები გარკვეულ გავლენას ახდენენ მიზეზის გამოხატველი კომპონენტის (ანტიცენდენტის) სინტაქსურ სტრუქტურაზეც, კერძოდ, იმაზე, ეს სტრუქტურა NP სახელური ფრაზით იქნება წარმოდგენილი, თუ სრული წინადადებით. წარმოდგენის

პირველი ვარიანტისაკენ (NP) იხრება „გამო“ და მისი კვაზი-სინონიმები (წყალობით, შედეგად):

*წვიმის გამო/შედეგად დავსველდით;*

*წვიმის წყალობით გადავურჩით გვალვას.*

თუმცა დამატებითი კომბინაციის (იმის ... რომ) გამოყენებით შეიძლება მივიღოთ წინადადების სხვა ვარიანტიც, მაგალითად:

*იმის გამო/შედეგად, რომ გაწვიმდა, დავსველდით.*

ამის საპირისპიროდ, „რადგანაც“ მწკრივის წევრები თავიდან ორიენტირებული არიან წინადადებაზე:

*რადგანაც/ვინაიდან/რაკი/იმიტომ, რომ გაწვიმდა.*

კორელაცია პრაგმატიკულ-სემანტიკურ მახასიათებლებსა და მიზეზ-შედეგობრივ მიმართებათა აღმნიშვნელ ერთეულთა შორის, ერთი მხრივ, განსაზღვრავს არჩევანს ამ ერთეულთა შორის (სინთეზის დროს) და აზუსტებს მიმართების ხასიათს (ანალიზის დროს); მეორე მხრივ, ტექსტის ანალიზის, ანუ მისი შინაარსის ამოკითხვისთვის იმ ნიუანსების გათვალისწინებაც არის საჭირო, რომლებიც მაკავშირებელ ერთეულებს ახლავს. საბოლოო როლებრივ სტრუქტურაში მათი ექსპლიციტური აღნიშვნა შეიძლება მოხდეს როლებრივი სიმბოლოების (Caus, Res) დამატებითი ინდექსაციით, რომელიც მიუთითებს მოცემული მაკავშირებელი ერთეულებისთვის დამახასიათებელი პრაგმატიკულ-სემანტიკური ელფერების ფონზე. თუმცა შესაძლებელია განსხვავებული ვარიანტიც, სახელდობრ, ექსპლიციტური მოხსენიება მაკავშირებელი ერთეულის მიმართების გამომხატველი ისრის საპირისპირო მხარეს (Caus/გამო; Caus/რადგანაც), რაც შეესაბამება (Чикоидзе 2004)-ში გამოყენებულ მიდგომას და გულისხმობს შესაბამისი ინფორმაციის ჩართვას ამ კავშირების შესატყვის ლექსიკურ ერთეულებში. ბუნებრივია, ეს ინფორმაცია თავიდანვე უნდა იყოს ასახული სენტენციური პრიმიტივების სქემაში, რომელიც სინთეზის, ანუ მოცემული შინაარსის გამოხატვის პროცესის, საწყისი წერტილია. ამ ინფორმაციის გარეშე შეუძლებელია ისეთი წარმოქმნილი პროცესის აგება, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემული პრიმიტივების გაერთიანებას სხვადასხვა კვაზი-სინონიმურ გამონათქვამებად.

მიზეზ-შედეგობრივი მიმართება ასოცირდება სხვა მიმართებასთანაც, რომელიც მოიცავს მის მსგავს სემანტიკურ ბირთვს, თუმცა მისგან განსხვავდება რაღაც დამატებითი მახასიათებლებით. პირველ რიგში, შეიძლება გამოვყოთ შემთხვევები, როცა ანტეცედენტი ცალსახად არ მიუთითებს კონსეკვენტის, ანუ შედეგის, რეალიზაციაზე. მაგალითად, მიმართება შეიძლება მიუთითებდეს იმაზე, რომ შესრულებულია ან უნდა შესრულდეს მხოლოდ რომელიმე პირობა, რომლის გარეშე ნაგულისხმევი შედეგი, სავარაუდოდ, შეუძლებელია ან, ყოველ შემთხვევაში, მოითხოვს მიმართვას რაღაც განსხვავებული ვარიანტებისთვის:

*საკმარისი ფული თუ გექნება, მანქანასაც იყიდი.*

მომავალზე ორიენტირებული ეს ვარაუდი შეიძლება გამართლდეს:

*საკმარისი ფული იშოვა და მანქანაც შეიძინა;*

*ფული კი იშოვა, მაგრამ მანქანის შეძენა გადაიფიქრა,*

რაც შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მიზეზის გამო:

*ფირმის გახსნა არჩია/დაავადდა/ნაშოვნო ფული გაფლანგა /...*

ამგვარად, ფული, ამ შემთხვევაში, არის არა მიზეზი, არამედ ერთ-ერთი პირობა, რომლის შეუსრულებლობა აფერხებს მანქანის შეძენის ერთ-ერთ გზას – ყიდვას: (*კერ ვიყიდე საკმარისი თანხის უქონლობის გამო*), თუმცა არ გამორიცხავს ამ მიზნის სხვაგვარად მიღწევას: ჩუქებას, მემკვიდრეობით მიღებას, მოგებას და ა.შ. ალბათ მიზანშეწონილია მიზნის ამ „სუსტ“ მომავალზე ორიენტირებულ ვარიანტს მივანიჭოთ განსხვავებული სიმბოლიკა, მაგალითად – Cond (პირობა – Condition).

სავარაუდო მომავალზე ორიენტირებული პირობა, როგორც წესი, თავის კონსეკვენტს უკავშირდება „თუ(კი)“ ერთეულით:

*თუ(კი) მოვა ან დარეკავს, მიულოცე დაბადების დღე;*

რეალიზებული პირობა საბაზის ან მიზეზის სტატუსს იძენს. პირველი (საბაზი) გულისხმობს ნაკლებად აუცილებელ, ადვილად ჩანაცვლებადი პირობის რეალიზაციას და „რადგანაც“ მწკრივის მეშვეობით აისახება:

*რადგანაც/ ვინაიდან/ რაკი დარეკა, მივულოცე დაბადების დღე.*

უფრო ცალსახა და მძიმე შემთხვევები მოითხოვს „გამო“/“შედეგად“ ან „წყალობით“ კავშირებს, რომლებსაც ანიჭებს რეალიზებული პირობის მიზეზის სტატუსს:

*საკმაოდ უბედური შემთხვევის გამო/შედეგად მანქანა დაიშხვრა/ დაილეწა/ დაიშალა, ჩვენ კი გადავრჩით სასწრაფოს დროულად გამოჩენის წყალობით.*

ნიშანდობლივია ისიც, რომ პირობის შეუსრულებლობა, რომელიც სიტუაციას უფრო ცალსახა ხასიათს ანიჭებს, თეორიულად გუობს „გამო“ კავშირს, თუმცა „რადგანაც“ ერთეულთან ერთად:

*რადგანაც/ იმის გამო, რომ უშუალო კონტაქტი არ შედგა, მივულოცე მას დეპეშით/ წერილით/ სოციალური ქსელით/...*

მიზეზის და პირობის როლებთან მჭიდროდ დაკავშირებულია „მიზნის“ როლი, რომელიც არსებითად არის „შედეგის“ ნაირსახეობა, თუმცა ჯერ არშესრულებული, მაგრამ – „სასურველი“. სწორედ ეს „სასურველი“ უბიძგებს პიროვნებას, რომელსაც სურვილი გააჩნია, იმოქმედოს შედეგის მისაღწევად და, ამგვარად, „მიზეზის“ და „პირობის“ როლს ასრულებს:

*შემა დააგროვა კოცონის დასანთებად;*

*კოცონი დაანთო მწვადის შესაწვავად;*

*მწვადს წვავს მოწვეული სტუმრებისთვის.*

პროცესები: *შეგროვება, დანთება, შეწვა* მიმართულია შედეგებისკენ – „დანთება“, „შეწვა“, „სტუმრებისთვის“ და ერთმანეთს უკავშირდება ერთეულებით:

(იმისთვის), რომ, სა-ად (შე-სა-წვავ-ად) და -თვის (სტუმრების-თვის), რომლებიც ამ შემთხვევაში უშუალოდ გამოხატავენ „მიზნობრივ“ მიმართებას (Purp).

ეს მიმართება უფრო აშკარად და ცალსახად შეიძლება გამოიხატოს ლექსიკური ერთეულებით და მათი შენაერთებით, რომელთა სემანტიკა პირდაპირ მიუთითებს მიმართებაზე:

*უნდა, მიზნად ისახავს, ჩაფიქრებული აქვს, აპირებს, გეგმავს, აქვს/გაუჩნდა სურვილი/ მიდრეკილება, ილტვის (რადაცისკენ), მისწრაფვის...*

თუმცა, ზემოთ მოყვანილი მაგალითებისაგან განსხვავებით, ისინი შედეგს წარმოაჩენენ როგორც „ჩანაფიქრს“, „სურვილს“, „გეგმას“, რომელიც გაუჩნდა პიროვნებას და შეიძლება მომავალში სტიმულის, ანუ მიზეზის როლი შეასრულოს ჩანაფიქრის რეალიზაციისთვის:

*ვაპირებ/ ვგეგმავ/ ... შევბულებს ზღვის პირას გატარებას;*

*მიზნად ვისახავ ცურვის სტილის დახვეწას;*

*მივისწრაფი/მივილტვი/ვოცნებობ/ ... სპორტის ამ სახეობის სრულყოფილი დაუფლებისკენ/ ამ სპორტში მაღალი დონის წარმატებების მიღწევისკენ.*

ამ შინაგანი მისწრაფების გამოხატვის სანაცვლოდ, წინა მაგალითები ასრულებდნენ იმის „ახსნის“ ფუნქციას, თუ რატომ, რა მიზეზით/ მიზნით მოხდა ის, რაც მოხდა ან მოხდება ახლო მომავალში.

ზემოთ მოყვანილი სამი გამონათქვამი შეიძლება განვიხილოთ როგორც მოქმედებათა ერთობლივი ჯაჭვი, რომელსაც აერთიანებს როგორც მიზნობრივი, ისე მიზეზ-შედეგობრივი ან პირობითი მიმართებები. პირველ რიგში, შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რომ მოქმედმა პირმა საბოლოო მიზნად დაისახა სტუმრების გამასპინძლება, რის პირობად ჩათვალა სუფრაზე მწვადის მირთმევა; ამის შესრულების „პირობას“ კი წარმოადგენდა მწვადის დამზადება, ანუ შებრაწვა, რომელიც გულისხმობდა კოცონის დანთებას, რაც შეუძლებელია შემის გარეშე. ამგვარად, „პირობათა“ ჯაჭვის ჩამოყალიბების სათავეში მოქცეულია საბოლოო „შედეგი“, ანუ „სტუმრების გამასპინძლება“, რომელიც ასრულებს ჯაჭვის მოქმედების პირველად მიზეზს. შეიძლება ითქვას, რომ „პირობათა“ ჯაჭვი განახორციელებს ურთიერთსაპირისპირო როლების (მიზეზის და მიზნის) შერწყმას, ანუ მათ სინთეზს.

დასასრულს, უნდა აღინიშნოს, რომ ნაშრომში ნაჩვენებია ნებისმიერი ქართული გამონათქვამის შინაარსის წარმოდგენის მცდელობა სენტენციური პრიმიტივების როლებრივი სტრუქტურის სახით, რომლის შემადგენელ ნაწილებს, პრიმიტივებს გააჩნია აგრეთვე თავისი „შინაგანი“ როლებრივი სტრუქტურა. ამ მიმართულებით, პირველი ნაბიჯი უნდა იყოს სწორედ სენტენციური პრიმიტივების განსაზღვრა, ანუ გამონათქვამის კომპონენტების გამოყოფა. როგორც ჩანს, სწორედ ამ კატეგორიას განეკუთვნება აქ განხილული მიმართებები, რომლებიც შინაარსის ლოგიკურ სტრუქტურას ასახავენ და რომლის გარეშეც შეუძლებელია გამონათქვამის შინაარსის ექსპლიციტური ასახვა.

## **The Role Representations of the Causal Relations in the Meaning of an Expression**

*George Chikoidze*

### **Summary**

The approach described in the article represents the meaning of an expression as a role structure. Its elements - sentential primitives, i.e. simple sentences which have an “inner” role structure as well. At the same time, within the general structure of the expression to "sentential primitives" certain appropriate semantic roles are given, in particular, the conjunctions expressing logical relations, which are important for representation of the meaning. The causal relations between members of the expression are considered in this work.

## **Ролевые представления причинно-следственных отношений в содержании высказывания**

*Георгий Чикоидзе*

### **Резюме**

Подход, описанный в статье, подразумевает представление содержания высказывания, как ролевой структуры. Его элементы – «сентенциальные примитивы», т.е. простые предложения, для которых также характерна внутренняя ролевая структура. В то же время, в рамках общей структуры высказывания «сентенциальным примитивам» присваиваются определенные семантические роли, в частности, роль союзов, выражающих логические отношения, важные для представления содержания. В данной работе рассматриваются причинно-следственные отношения между членами высказывания.

## **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Чикоидзе Г.Б. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Тбилиси, 2010 (Монография 27 печ. л.).
2. Fillmore Ch. The Case for Case. In “Universals of Linguistic Theory”, Publ. Holt Rimebort and Winston Inc. 1968.
3. Van Valin et al. Co-author: R. J. La Polla. Syntax. Structure, Meaning and Function. Cambridge University Press. 1997.
4. Апресян Ю.Д. Лексическая семантика. Синонимические средства языка. Избранные труды, том. 1. Школа «Языки русской культуры», изд. «Восточная литература» РАН. Москва, 1995.
5. Чикоидзе Г.Б. Сетевое представление морфологических процессоров. Тбилиси, 2004 (Монография).

---

## ლექსიკური ფუნქციები - კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი კომპონენტი

გიორგი ჩიკოიძე, ნინო ამირეზაშვილი, ლიანა ლორთქიფანიძე, ლია სამსონაძე,  
ანა ჩუტკერაშვილი, ნინო ჯავაშვილი

(gogichikoidze, ninomaskh, L\_Lordkipanidze, liasams, annachutkerashvili, ninojavashvili)@yahoo.com

სტატია ეძღვნება ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილების  
უფროსი მეცნიერ-თანამშრომლის  
ელისაბედ დოკვაძის ხსოვნას

### რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელობა ქართული ენისთვის. კომბინატორულ ლექსიკონში განსაზღვრულია: გრამატიკული მონაცემები, სალექსიკონო ერთეულის სემანტიკა, მისი გამოყენების არე (რა სიტყვებს ეხამება მოცემული სიტყვა, რა ლექსიკურ მიმართებაშია იგი სხვა სიტყვებთან), ანუ სიტყვისთვის შესაფერისი ბუნებრივი გარემო, რაც თავიდან აგვაცილებს მრავალ არასწორ გამონათქვამს. სიტყვის ბუნებრივი გარემოს შექმნა კი ხორციელდება ლექსიკური ფუნქციების მეშვეობით, რომელთაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში. სტატიაში მოცემულია ქართული ენისთვის მორგებული ლექსიკური ფუნქციების ჩამონათვალი და ლექსიკური ფუნქციებით აღწერილი ორი სიტყვის ნიმუში.

*საკვანძო სიტყვები: ლექსიკური ფუნქციები, კორელატები, სიტყვათა შორის მიმართებები*

ენის შესაცნობად, გრამატიკული მონაცემების გათვალისწინებასთან ერთად, აუცილებელია ლექსიკური მნიშვნელობების აღწერა, რაც, ბუნებრივია, არაერთ პრობლემას უკავშირდება. სიტყვის ზუსტი და მრავალმხრივი განსაზღვრის წყაროდ განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი მიიჩნევა, სადაც თითოეულ სალექსიკონო ერთეულთან თავმოყრილია ფორმაწარმოების, სიტყვაწარმოების, სინტაქსური, სემანტიკური, სტილისტიკური მახასიათებლები. ლექსიკონში აგრეთვე მითითებულია სალექსიკონო ერთეულთან შინაარსობრივად დაკავშირებული სიტყვები: სიტყვის პარადიგმატიკული ვარიანტები, ან “ჩანაცვლებები” - კონტექსტის მიხედვით ამოსავალი სიტყვის (C<sub>i</sub>) შეცვლა; სინტაგმატიკური პარტნიორები, ან პარამეტრები, რომელთა მეშვეობითაც მოცემულ სიტყვასთან ესა თუ ის შინაარსი იდიომატურად უნდა გამოიხატოს.

სიტყვის პარადიგმატიკული ვარიანტებისა და სინტაგმატიკური პარამეტრების აღსანიშნად გამოიყენება ტერმინი - ლექსიკური კორელატები. უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ცალკეული სიტყვისთვის შესაბამისი კორელატების მისადაგებას. ლექსიკონში თითოეული სიტყვის სალექსიკონო სტატიაში მოცემული უნდა იყოს ამოსავალი სიტყვის (C<sub>i</sub>) განმარტება, ინფორმაცია სიტყვის სემანტიკური და სინტაქსური ვალენტობების შესახებ, სიტყვის მორფოლოგიური დახასიათება, ლექსიკური ფუნქციებით გამოხატული სიტყვის ლექსიკური გარემო, მითითება იმაზე, მონაწილეობს თუ არა სიტყვა იდიომატურ გამოთქმაში და მისთ. სრულად უნდა იყოს წარმოდგენილი ყველა მისი ლექსიკური კორელატი და ლექსიკური ფუნქციებით უნდა აღიწეროს ის დამოკიდებულებები, რომლებითაც სიტყვა უკავშირდება მის ლექსიკურ კორელატებს.

ლექსიკური ფუნქციები შექმნილია ი. მელჩუკის „შინაარსი↔ტექსტი“ [1] თეორიის ფარგლებში ენის სალექსიკონო ერთეულებს შორის სემანტიკური მიმართებების აღწერისა და

სისტემატიზაციისთვის. ზოგადად, ლექსიკური ფუნქცია გამოისახება ფორმულით:

$$Y=f(C_0),$$

სადაც (C<sub>0</sub>) ამოსავალი, მეთაური სიტყვაა.

ლექსიკური ფუნქციები, და მასთან ერთად სინონიმური მწკრივები, შეიძლება შევადაროთ "ლექსიკურ გრამატიკას": თუ ჩვეულებრივი გრამატიკა სიტყვაფორმათა მრავალგვარობას აწესრიგებს და მათ სისტემატიზაციას ახდენს, ლექსიკურმა ფუნქციებმა უნდა შეძლოს ლექსიკური ერთეულების, ლექსემების უსასრულოდ დიდი სიმრავლის მოწესრიგება. ამ თვალსაზრისით, სემანტიკური მწკრივები მორფოლოგიას წააგავს და ლექსიკურ პარადიგმებში მსგავსი შინაარსისა და საერთო სემანტიკური ბირთვის მქონე ლექსემებს აერთიანებს, ხოლო ლექსიკური ფუნქციები, სინტაქსის მსგავსად, ლექსიკური კომბინატორიკის სემანტიკის კლასიფიცირებას ახდენს და როგორც მსგავს, ისე განსხვავებულ ლექსემათა კლასებს შორის მიმართებებს აგვარებს [2].

ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილებაში შემუშავდა ექსპერიმენტული განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი<sup>1</sup>. ლექსიკონი მრავალასპექტიანია და, ამავე დროს, მორფოლოგიური გენერატორის ფუნქციას ასრულებს, ანუ თითოეული სალექსიკონო ერთეულისგან აწარმოებს შესაბამის სრულ პარადიგმას. ლექსიკონი გამოიყენება ენობრივ ავტომატურ სისტემებში (ლექსიკური თარგმანი, დიალოგი კომპიუტერთან, ტექსტური კორპუსების ავტომატური ანოტირება და სხვა).

ასეთი ლექსიკონის შედგენის იდეა და ძირითადი პრინციპები შემუშავდა მოსკოვური ლინგვისტური სკოლის წარმომადგენლების (ი. აპრესიანი, ა. ჟოლკოვსკი, ლ. იორდანსკაია, ი. მელჩუკი) მიერ. განყოფილებაში პერიოდულად მიმდინარეობდა სამუშაოები ლექსიკური ფუნქციების გადმოქართულებისა და ქართულში დამკვიდრების შესახებ, რაც საფუძვლად დაედო მრავალი სამეცნიერო ნაშრომის [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] შექმნას.

ბოლო წლებში ამ საკითხებზე აქტიურად მუშაობდა ე. დოკვაძე. მან ლექსიკური ფუნქციების საშუალებით აღწერა ბუნებრივი მოვლენების (წვიმა, ქარი, თოვლი, ღრუბელი, ნისლი) ამსახველი სიტყვები [11], [12], [13], [14], [15] [16]. ბუნებრივია, რომ ხშირად ბუნების აღმნიშვნელი სიტყვები მეტაფორულია და უაღრესად პოეტური. სწორედ მხატვრულ ლიტერატურაში იჩენს თავს იმ არჩევანის შესაძლებლობის გადამწყვეტი მნიშვნელობა, რომელსაც უზრუნველყოფს ენობრივი კვაზი-სინონიმების არსებობა. ეს განსაკუთრებით ნათლად ჩანს პოეზიაში. შეიძლება ითქვას, რომ ეს სფერო საერთოდ ვერ იარსებებდა მისი ტროპების, გადატანითი მნიშვნელობების, ფიგურალური და მეტაფორული გამონათქვამების გარეშე, რომლებიც წარმოადგენენ კვაზი-სინონიმური ტრანსფორმაციების განვითარებას, სრულყოფას და ამაღლებას.

ლექსიკური ფუნქციები მისი შინაარსის გამომხატველი ლათინური სიტყვების შემოკლებებით აღინიშნება: **Syn** [synonymum] = სინონიმი, **Conv** [conversivum] = კონვერსივი, **Anti** [antonymum] = ანტონიმი, **Magn** [magnus] = 'მალიან', 'მაღალი ხარისხით, ინტენსივობით', **Figur** [figuraliter] = სიტყვისთვის დამახასიათებელი მეტაფორა, **Bon** [bonus] = კარგი და ა. შ.

შემუშავდა ქართული ენისთვის მორგებული ლექსიკური ფუნქციები. მათი მეშვეობით აღიწერა 400-მდე სალექსიკონო ერთეული, რომელიც შედგება სხვადასხვა მეტყველების ნაწილისგან. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ცოტა არ არის, რადგან ლექსიკური ფუნქციებით ენობრივ ერთეულთა აღწერა მეტად შრომატევადი და სკრუპულოზური სამუშაოა.

<sup>1</sup> რუსთაველის ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი: ავტომატური განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი როგორც ქართული ენის მოდელირების საფუძველი (პროექტის ხელ-ლი გიორგი ჩიკოიძე) 2009–2011.

**ლექსიკური ფუნქციები:**

1. **Syn** [Lat. synonymum] – სიტყვა, რომელიც შინაარსით ემთხვევა ამოსავალ სიტყვას ( $C_0$ ), მიეკუთვნება იმავე მეტყველების ნაწილს და გააჩნია ისეთივე აქტიური ვალენტობა, როგორც  $C_0$  სიტყვას: *მსუბუქი-მჩატე*;
2. **Conv** [Lat. conversivum] – სიტყვა, რომელიც იმავე დამოკიდებულებას ასახავს, რასაც  $C_0$  სიტყვა, ანუ იმავე სიტუაციას ასახავს, ოღონდ სხვა მიმართულებით: *გადასცა-მიიღო*.
3. **Anti** [Lat. antonymum] – სიტყვა, რომელიც აღნიშნავს  $C_0$  ამოსავალი სიტყვის საპირისპირო მნიშვნელობას: *ცხელი-ცივი, შორს-ახლოს, ჩაცმა-გახდა*.
4. **Der** [Lat. derivatus] – სიტყვა, რომელიც შინაარსით თანხვედრას  $C_0$ -ს, მაგრამ ეკუთვნის სხვა მეტყველების ნაწილს:  $S_0(C_0)$  *ხმაური*,  $V_0(C_0)$  *ხმაურობს*,  $A_0(C_0)$  *ხმაურიანია*,  $Adv_0(C_0)$  *ხმაურიანად*.
5. **Gener** [Lat. genus] – ამოსავალი  $C_0$  სიტყვის გვარის ცნების დასახელება, როცა შესაძლებელია ორგვარი სინონიმური კონსტრუქციის შექმნა:  $Gener(C_0) \rightarrow \square (C_0)$ : *მატარებელი-ტრანსპორტი, სკამი-ავეჯი*.
6. **Si** – i-ური აქტანტის ტიპური დასახელება:  $C_0$  *ლექცია*,  $S_1C_0$  *ლექტორი*,  $S_2C_0$  *თემა*,  $S_3C_0$  *მსმენელი*,  $S_4C_0$  *აუდიტორია*.
7. **Sc** – სიტუაციის მეორეხარისხოვანი კომპონენტების, სირკონსტატების ტიპური დასახელება, როგორებიცაა: ადგილი, იარაღი, მოქმედების გარემოება და  $SO^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  *კრივი* –  $Sloc(C_0)$  *რინგი*;  $C_0$  *ბრძოლა* –  $Sinstr(C_0)$  *იარაღი*;  $C_0$  *ცხოვრება* –  $Smod(C_0)$  *წესი, სტილი*;  $C_0$  *კოპირება* –  $Sres$  *ასლი*.
8. **Sing** და **Mult** – ერთმანეთთან დაკავშირებული ლექსიკური ფუნქციები. **Sing** (Singulus) გარკვეული  $C_0$ -ის ერთი “ცალის”, ერთი “კვანტის” ტიპური სახელი; **Mult** (Multum ‘სიმრავლე’, ‘მრავლობა’)  $C_0$  სიმრავლის, ერთობლიობის ტიპური სახელი:  $C_0$  *თოვლი* –  $Sing(C_0)$  *ფიფქი*;  $C_0$  *ცხენი* –  $Mult(C_0)$  *რემა*.
9. **Figur** [Lat. figurativer] – (ფიგურალური გამოხატვა)  $C_0$ -ისთვის მიღებული მეტაფორა ( $Figur^5 \rightarrow C_0$ ), ხშირად იხმარება Magn-თან ერთად:  $C_0$  *ძილი* –  $Figur(C_0)$  *საღათა*;  $C_0$  *ნისლი* –  $Figur(C_0)$  *კოტორი*.
10. **Centr** [Lat. centrum ‘center’] – საგნის ან პროცესის ცენტრალური ნაწილის დასახელება, კულმინაცია ( $Centr^2 \rightarrow C_0$ ):  $C_0$  *სიამოვნება* –  $Centr(C_0)$  *ნეტარება*;  $C_0$  *კამათი* –  $Centr(C_0)$  *გაცხარებული*.
11. **Ai** – i-ური აქტანტის ტიპური განსაზღვრა სიტუაციაში მისი რეალური როლის მიხედვით:  $C_0$  *ვნებს* –  $A_1(C_0)$  *მავნე*;  $C_0$  *ცოდნა* –  $A_2(C_0)$  *ცნობილი*.
12. **Able<sub>i</sub>** [Lat. habilis] – i-ური აქტანტის ტიპური დასახელება სიტუაციაში მისი პოტენციური როლის მიხედვით:  $C_0$  *ზნეც* –  $Able_1(C_0)$  *მოქნილი*.
13. **Magn<sub>i</sub>** [Lat. Magnus] – თავად სიტუაციის ან მისი i-ური აქტანტის მაღალი ინტენსივობის (მალიან) აღნიშვნა ( $Magn \leftarrow ^5C_0$ ):  $C_0$  *სიჩუმე* –  $Magn_0(C_0)$  *სამარისებური*.  
Magn-თან დაკავშირებულია პარამეტრები **Plus** (‘უფრო’) და **Minus** (‘ნაკლები’), რომელთაც დამოუკიდებელი რეალიზაციები არ აქვთ და გამოდიან მხოლოდ რთული პარამეტრების შემადგენლობაში, მაგ., Pred Plus Magn (სიჩქარე) – მოუმატა, გაზარდა, Pred Minus Magn (სიჩქარე) – უკლო, შეანელა; Incep Plus (ფასები) – მოიმატა, აიწია, გაიზარდა, ავარდა; Incep Minus (ფასები) – დაეცა, იკლო, დავარდა და ა.შ.
14. **Ver** [Lat. Verus] – ჭეშმარიტი, დანიშნულებასთან შესაბამისი, ‘როგორც უნდა იყოს’ ( $Ver \leftarrow ^5C_0$ ):  $C_0$  *ეჭვი* –  $Ver(C_0)$  *საფუძვლიანი*. შდრ. Anti Ver:  $C_0$  *ეჭვი* –  $Anti Ver(C_0)$  *უსაფუძვლო*.
15. **Bon** [Lat. Bonus] – ‘კარგი’ ( $Bon \leftarrow ^5C_0$ ):  $C_0$  *წინადადება* –  $Bon(C_0)$  *სახარბიელო*.
16. **Adv<sub>ix</sub>** (i=1,...,4; x=A,B,C,D) – განსაზღვრების როლში მყოფი სიტუაციის სახელი, რომელიც სხვა სიტუაციას ასახელებს:  $C_0$  *თანხლება* –  $Adv_{iA}(C_0)$  *ვიღაცასთან ერთად*.

17. **Loc** [Lat. Locus] – ტიპური ლოკალიზაციის თანდებული (სივრცობრივი, დროის ან აბსტრაქტული);  $Loc^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  კავკასიონი -  $Loc(C_0)$  კავკასიონ-ზე (მიც.),  $C_0$  დილა -  $Loc(C_0)$  დილას (მიც.), დილით (მოქმ.).
18. **Copul** (Copula ‘მაკავშირებელი’) – ‘ყოფნა’;  $Copul^2 \rightarrow C_0$ . ერთიანი ზმნა, რომელიც აზრობრივად უდრის  $Copul(C_0) + C_0$ , აღინიშნება Pred-ით, ხოლო მისი მიმართება Copul-თან არის  $Copul (Pred=Copul + C_0)$ , რაც ლექსიკური ფუნქციის სპეციალური სტატუსია.  $C_0$  გვერდით -  $Pred(C_0)$  მეზობლობს,  $C_0$  მტერი -  $Pred(C_0)$  მტრობს.
19. **Oper**<sub>i</sub> [Lat. operari] – ზმნა, რომელიც ქვემდებარის როლში I აქტანტის ან, შესაბამისად, II აქტანტის დასახელებას აკავშირებს სიტუაციის სახელთან დამატების როლში;  $Oper_1^2 \leftrightarrow C_0$ ,  $Oper_2^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  ტრავმა -  $Oper_1(C_0)$  მიაყენა,  $C_0$  დასკვნა -  $Oper_2(C_0)$  გამოიტანა.
20. **Funco**, **Func<sub>1</sub>**, **Func<sub>2</sub>** [Lat. functionāre] – ზმნა, რომლის ქვემდებარეა სიტუაციის სახელი, ხოლო დამატება – თუ I აქტანტია, არის  $Func_1$ , თუ მეორე –  $Func_2$ ;  $Func_{0,1,2} \rightarrow C_0$ :  $C_0$  ქარი -  $Func_0(C_0)$  ქრის,  $C_0$  დარდი -  $Func_1(C_0)$  სპობს, კლავს, ტანჯავს.
21. **Labor<sub>1,2</sub>** [Lat. labōrāre] – ზმნა, რომლის ქვემდებარე I აქტანტია, II აქტანტი I დამატებაა, ხოლო II დამატება სიტუაციის სახელია:  $C_0$  წინადადება -  $Labor_{12}(C_0)$  მიმართვა (მან მას წინადადებით მიმართა).
22. **Caus** [Lat. causāre] – კაუზაცია,  $Caus^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  სკვერი -  $Caus(C_0)$  გაშენება,  $C_0$  დანაშაული -  $CausOper_1(C_0)$  უბიძგა (დანაშაულისკენ).
23. **Perm** [Lat. permittere] – არაფრის კეთება ისე, რომ რაღაც არ მოხდეს (არ აკრძალვა),  $Perm^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  აზრის გამოთქმა -  $Perm(C_0)$  სიტყვის მიცემა.
24. **Liqu** [Lat. \*liquidāre] – არყოფნის კაუზაცია;  $Liqu^2 \rightarrow C_0$  ( $Liqu$  მართავს  $C_0$ -ს). ამრიგად,  $Caus$ ,  $Liqu$  და  $Perm$  ერთურთს აზრობრივად უკავშირდებიან შემდეგნაირად:  $Liqu=Caus$  არა,  $Perm=არა$ ,  $Caus=არა$ :  $C_0$  ძილი -  $Liqu(C_0)$  გაღვიძება,  $C_0$  ილუზიები -  $Liqu Func_0(C_0)$  გაქრობა.
25. **Incep** [Lat. incipere] – ‘დაწყება’ ( $Incep^2 \rightarrow C_0$ ):  $C_0$  ქარი -  $IncepFunc_0(C_0)$  ამოვარდნა, დაბერვა, დაქროლვა;  $C_0$  მკრთალი -  $IncepPred(C_0)$  გაფითრება;  $C_0$  სასოწარკვეთა -  $IncepOper_1(C_0)$  ჩავარდნა.
26. **Cont** [Lat. continuāre] – ‘გაგრძელება’, ‘არ შეწყვეტა’  $Cont^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  სუნი -  $ContFunc_0(C_0)$  არ გადის;  $C_0$  სიმშვიდე -  $ContOper_1(C_0)$  შენარჩუნება.
27. **Fin** [Lat. finīre] – ‘შეწყვეტა’=‘არა დაწყება’,  $Fin^2 \rightarrow C_0$ :  $C_0$  ძილი -  $Fin(C_0)$  გაღვიძება;  $C_0$  ქარი -  $FinFunc_0(C_0)$  ჩადგა.
28. **Perf** – მოქმედების დასრულება (არა შეწყვეტა), თავისი ბუნებრივი ზღვარის მიღწევა. ამ ფუნქციას თავისთავადი გამოხატვის საშუალება არ გააჩნია, ის სრული ასპექტის ფორმებით გადმოიცემა: იცვამს – ჩაიცვა, ტეხს – გატეხა, იზრდება – გაიზარდა და ა.შ.
29. **Result** [Lat. resultāre] – ზმნით ასახული პროცესის შედეგი.  $Result$ -ის მნიშვნელობა და მისი მიმართება  $Perf$ -თან აისახება სამი წევრის საშუალებით:  $C_0$  წვევა -  $Perf(C_0)$  დაწვა -  $Result(C_0)$  წვეს.
30. **Fact<sup>1</sup>** [Lat. factum] – ‘რეალიზაცია’, ‘სრულდება’ (ფაქტია);  $Fact^1 \rightarrow C_0$ . იგულისხმება რაღაც მოთხოვნის განხორციელება, დაკმაყოფილება, რასაც მოიცავს  $C_0$  სიტყვა ექსპლიციტურად: ბრძანება, რჩევა, დაპატიჟება, შეთავაზება, ან იმპლიციტურად: გამოცდა (მოითხოვს ცოდნის გამომჟღავნებას), ცდუნება (მოითხოვს დამორჩილებას). ზედა ინდექსი (რომაული ციფრები) აღნიშნავს მოთხოვნის რეალიზაციის ხარისხს: უფრო მცირე ინდექსი მიეწერება განხორციელების დაბალ ხარისხს.  $Fact^1$ (ხაფანგი)=ამოქმედდა,  $Fact^1$ (ხაფანგი)=დაიჭირა.
31. **Real<sup>1,2</sup>** [Lat. realis] – ‘რეალიზება’, ‘შესრულება’ (მოთხოვნა, რომელსაც მოიცავს  $C_0$ );  $Real_{1,2}^2 \rightarrow C_0$ .  $j$  ინდექსს გააჩნია იგივე შესრულების მნიშვნელობა; ქვედა ინდექსი გამოხატავს სინტაქსურ აქტანტს:  $C_0$  ვალი (ფულადი) -  $Real^1_1(C_0)$  აღიარება -  $Real^1_1(C_0)$  გადახდა, დაბრუნება, დაფარვა.



32. **Prepar<sup>1</sup>** [Lat. preparare] – სრულ მზადყოფნაში მოყვანა (ფუნქციონირებისთვის, გამოყენებისთვის და ა.შ.).  $Prepar^2 \rightarrow C_0$ . j გამოხატავს მზადყოფნის ხარისხს, ისევე როგორც Fact-ის და Real-ის შემთხვევაში:  $C_0$  თოფი –  $Prepar^1(C_0)$  დატენვა –  $Prepar^1(C_0)$  ჩახმაზზე შეყენება.
33. **Degrad** [Lat. degradāre] – ‘დეგრადაცია’,  $Degrad^1 \rightarrow C_0$  ( $C_0$  უნდა იყოს ქვემდებარე):  $C_0$  ტანსაცმელი –  $Degrad(C_0)$  გაცვდა.
34. **Imper** [Lat. imperāre] – ბრძანების მნიშვნელობა; ზმნების Imper-ის რეგულარული გამოხატულება – ბრძანებითი კილო:  $C_0$  სვლა –  $Imper(C_0)$  ნაბიჯით იარ!
35. **Son** [Lat. sonāre] – ჟღერადობის ბგერითი დასახელება, ზმნის მნიშვნელობა (დამახასიათებელი ხმის გამოცემა),  $C_0$  ( $Son^1 \rightarrow C_0$ ):  $C_0$  მტრედი –  $Son(C_0)$  ღულუნ;  $C_0$  წყარო –  $Son(C_0)$  რაკრაკი.
36. **Destr** [Lat. destruer] – ‘ნგრევა’,  $C_0$ -ის აგრესიული ქმედების ტიპური დასახელება, ( $Destr^1 \rightarrow C_0$ ): რწყილის კბენა, ფუტკრის დანესტვრა, ჭაობში ჩაფლობა, ...
37. **Cap** [Lat. caput] – ‘უფროსი’, ( $Cap^2 \rightarrow C_0$ ): უნივერსიტეტის რექტორი, ინსტიტუტის დირექტორი, მონასტრის, ეკლესიის წინამძღვარი, გემის კაპიტანი, ...
38. **Equip** – ‘პირადი შემადგენლობა’: ტანკის, გემის, თვითმფრინავის ეკიპაჟი, თეატრის დასი, ქვეყნის, ქალაქის, სოფლის მოსახლეობა... ( $Equip^2 \rightarrow C_0$ ),  $C_0$  პირდ. დამატება.
39. **Doc** – ‘დოკუმენტი’; არსებობს Doc-ის 3 სახეობა:  $DocRes$  –  $C_0$ -ში მოცემული რეზულტატი: ანგარიშგება – ანგარიში, ჩივილი – საჩივარი, ( $Doc^2 \rightarrow C_0$ ) –  $C_0$  არის პირდაპირი დამატება.  $DocPerm$  – ‘დოკუმენტი’ – უფლების მიცემა ...  $DocPermOper_2$  (მატარებელი) – სამგზავრო ბილეთი;  $DocPermOper_1$  (ავტომობილი) – მართვის უფლება;  $DocPerm$  (შესვლა) – საშვი;  $DocPerm$  (დაჭერა) – ორდერი,  $Doccert$  – დამადასტურებელი ‘დოკუმენტი’: კორწინების მოწმობა, დიპლომი, ატესტატი, პირადობის მოწმობა, პასპორტი ...
40. **Attr** (ატრიბუტი) – ტიპური მეტონიმია  $C_0$ -სთვის (ლექსიკური ფუნქციებისგან განსხვავებით, უფრო ჩანაცვლება):  $C_0$  ოფიცერი –  $Attr(C_0)$  პავონები;  $C_0$  მსახიობი –  $Attr(C_0)$  სცენა.
41. **Grad** – გრადაცია სიმაღლის, ფერის, სიმკვრივის, სიჩქარის დაფარვის მიხედვით.  $Grad$  [თხელი ნისლი] – ფოშფოში.  $Grad$  [შნელი ნისლი] + ქარბუქი = ლემადე.
42. **Source** – რაღაც მოვლენის წყარო, სათავე.

ლექსიკური ფუნქციებით სიტყვის აღწერის ნიმუშები:

**$C_0$  – ცეცხლი**

**Syn** – ალი;

**Der-So** – მეცეცხლური, საცეცხლე, საცეცხლური;

**DerA<sub>0</sub>** – ცეცხლისფერი, ცეცხლმოკიდებული, ცეცხლმოდებული, ცეცხლოვანი;

**DerAdv<sub>0</sub>** – ცეცხლისფრად, ცეცხლიანად, ცეცხლოვნად, ცეცხლმოდებულად;

**DerV<sub>0</sub>** – გაცეცხლება;

**Gener** – სტიქია;

**Sloc** – ღუმელი, ბუხარი, სანთელი;

**Able<sub>i</sub>** – საწვავი, რასაც წვის უნარი აქვს;

**Magn** – გენია, ხანძარი;

**Copul (Pred)** – ცეცხლია;

**Caus** – ანთება, მოკიდება;

**Liquo** – ჩაქრობა;

**Incep** – ანთება;

**Fin** – ჩაქრობა;

**Result** – ნაღვერდალი, ნაკვერჩხალი, ნაცარი;

**Destr** – ამობუფვა.

**C<sub>0</sub>** – შეიყვარებს  
**Syn** – შეყვარება;  
**Anti** – სიმულვილი;  
**Der A<sub>0</sub>** – შეყვარებული, საყვარელი;  
**DerAdv<sub>0</sub>** – სიყვარულით;  
**DerV<sub>0</sub>** – ტრფობა, მიჯნურობა;  
**Gener** – საყვარელი;  
**S<sub>1</sub>** – შეყვარებული;  
**S<sub>2</sub>** – სულიერი მდგომარეობა (ემოცია);  
**Centr** – თავდავიწყება;  
**Magn** – ვნება;  
**Figur Magn** – სიყვარულის ცეცხლის, ალის მოდება;  
**Ver** – ჭეშმარიტი, გულწრფელი;  
**Bon** – გულწრფელი, ნამდვილი;  
**Oper 1** – S<sub>1</sub> სიყვარულს მიეცა;  
**Oper 2** – S<sub>2</sub>-მა გამოიწვია S<sub>1</sub>-ის სიყვარული;  
**Func 1** – სიყვარულმა შეიპყრო/მოიცვა S<sub>1</sub>;  
**Degrad** – ჩაცხრობა, განელევა.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ლექსიკური ფუნქციების ზოგად მნიშვნელობას ადასტურებს ქართული ენისთვის მისი გამოყენების, კერძოდ, ქართულ წინადადებათა სემანტიკური გარდაქმნების, აღწერისა და განსაზღვრის სრული შესაძლებლობა.

### **Lexical Functions as an Important Component of Combinatorial Dictionary**

*George Chikoidze, Nino Amirezashvili, Liana Lortkipanidze, Lia Samsonadze, Ana Chutkerashvili, Nino Javashvili*

#### **Summary**

The value and importance of the explanatory-combinatorial dictionary for the Georgian language is presented in the article. Lexical functions are general meaning of the word. The combinatorial dictionary includes: the meaning of a lexical unit, grammatical characteristics and its usage (lexical relations between words and word combinations) natural area suitable for the word; this helps to avoid mistakes. The lexical functions take important place in the dictionary. To create such area of the word is possible by means of lexical functions. The list of lexical functions selected for the Georgian language and samples of two words described by lexical functions are presented in the article.

### **Лексические функции как значительный компонент комбинаторного словаря**

*Г. Чикоидзе, Н. Амirezашвили, Л. Лорткипанидзе, Л. Самсонадзе, А. Чуткерашвили, Н. Джавашвили*

#### **Резюме**

В статье описывается значение толково-комбинаторного словаря для грузинского языка. В комбинаторном словаре определены грамматические данные, семантика лексической единицы, область ее употребления, т.е. с какими словами сочетается данное слово, в каком лексическом соотношении находится оно с другими словами, т.е. естественная среда, подходящая для слова, все это дает возможность предотвратить множество неправильных высказываний. Создание

естественной среды для слова осуществляется при помощи лексических функций, которые занимают значительное место в толково-комбинаторном словаре. В статье представлен список лексических функций, подобранных для грузинского языка и образцы двух слов, описанных лексическими функциями.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Мельчук И. Ф. Опыт теории лингвистических моделей “смысл↔текст”, Москва, 1999;
2. Довгадзе Е., Чикоидзе, Г. Чуткерашвили А. Синонимия и лексические функции, Сборник трудов Института Систем управления Арчила Элиашвили грузинского технического университета, №15, Тбилиси, 2011, стр. 179-191;
3. მარგველანი ლ., ჯავახიშვილი ნ. სალექსიკონო ერთეულთა აღწერა ლექსიკური ფუნქციების მიხედვით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #10, თბილისი, 2006, გვ. 181-186;
4. მარგველანი ლ., სალექსიკონო ერთეულების აღწერა, “Машинный перевод”, изд-ство “Мецниереба”, Тбилиси, 1975, XIII:3, გვ. 110-140;
5. მარგველანი ლ., მასალები ქართული ენის ექსპერიმენტული განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონისათვის; “Машинный перевод” изд-ство “Мецниереба”, Тбилиси, 1975, XIV:3, გვ. 5-18;
6. ჯავახიშვილი ნ. კვაზისინონიმების კომბინატორული მიმართებები. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N11, თბილისი, 2007;
7. ჩიკოიძე გ. ჩანაცვლების ლექსიკური პარამეტრები ქართულში. შრომები. საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალ “მომზის” დამატება 1(16), თბილისი, 2010, გვ. 70-76;
8. ჩიკოიძე გ., დოკვაძე ე., ჩუტკერაშვილი ა. ლექსიკური ფუნქციები როგორც კვაზისინონიმური გარდაქმნების საშუალება. საერთაშორისო კონფერენცია “ქართული ენა და თანამედროვე ტექნოლოგიები \_ 2011”, თბილისი, 2011. გვ. 144-149;
9. დოკვაძე ე., ჩიკოიძე გ., ჩუტკერაშვილი ა. ლექსიკური ინფორმაცია ენობრივი მოდელის ლექსიკონში. II საერთაშორისო სიმპოზიუმი ლექსიკოგრაფიაში. ბათუმი, 2012, გვ.78-79;
10. Маргвелани Л. П.; Грузинские Выражения, обозначающие чувства и их описание в терминах лексических функций, сб. Языковые процессоры и распознавание речи, изд-ство “Мецниереба”, Тбилиси, 1978, стр. 5-16;
11. დოკვაძე ე. სიტყვა “ქარის” აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #11, თბილისი, 2007, გვ. 252-256;
12. დოკვაძე ე. “წვიმის” აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #12, თბილისი, 2008, გვ. 236-241;
13. დოკვაძე ე. “ღრუბლის” აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #13, თბილისი, 2009, გვ. 167-171;
14. დოკვაძე ე. “ნისლის” აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #14, თბილისი, 2010, გვ. 209-214;
15. დოკვაძე ე. ზოგიერთი არსებითი სახელის აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #15, თბილისი, 2011, გვ. 209-214;
16. დოკვაძე ე. ლექსემა “თოვლის” აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #16, თბილისი, 2012, გვ. 171-176.

---

## ვექტორული სივრცის მოდელი და ქართულენოვანი ტექსტების დამუშავება

ლიანა ლორთქიფანიძე

*l\_lordkipanidze@yahoo.com*

### რეზიუმე

სტატია ეხება სიტყვათა ავტომატურ დაჯგუფებას მათი მნიშვნელობების მიხედვით. მეთოდი გამოიყენება საინფორმაციო ძიებისა და ტექსტების ავტორეფერირების დროს. ასევე აქტუალურია WordNet ლექსიკონის კონსტრუირების, დოკუმენტების ავტომატური კატალოგიზაციისა და სხვადასხვა ამოცანების გადაწყვეტისას, როცა საქმე ეხება დიდი რაოდენობის ტექსტური მასივების დამუშავებას. მოხსენებულია პრობლემის თეორიული საფუძვლები და შემოთავაზებულია კომპიუტერული ლინგვისტიკის თანამედროვე მეთოდი - ვექტორული წარმოდგენა სიტყვათა სემანტიკის მიხედვით. ნაშრომში აღწერილია სემანტიკური ვექტორების ფორმირების ძირითადი ეტაპები. განხილულია სიტყვათა სემანტიკური სიახლოვის ამსახველი მრავალგანზომილებიანი ვექტორის ფორმირების მეთოდი. მოყვანილია ვექტორული სივრცის განზოგადოებული მოდელების ზოგადი მიმოხილვა. ჩამოყალიბებულია ტექსტური ინფორმაციის დამუშავების ვექტორული მოდელის ალგორითმიზაციისა და პროგრამული მხარდაჭერის ზოგადი სქემა.

*საკვანძო სიტყვები: WordNet თესაურუსი, სიტყვათა სემანტიკური სიახლოვე, სემანტიკური სიახლოვის წარმოდგენის ვექტორული განაწილება*

ბოლო წლებში ინტერნეტი, რომელიც საშუალებას იძლევა ათეულ მილიონობით მომხმარებელს ერთდროულად მიაწოდოს ზღვა ინფორმაცია, კაცობრიობის პროგრესის ძირითად მამოძრავებელ ძალად იქცა. რომ არა საინფორმაციო საძიებო სისტემები, სადაც ყოველი დოკუმენტი ანოტირებული და გაანალიზებულია, ვებ-გვერდებზე განლაგებული პუბლიკაციები მომხმარებლისთვის მიუღწეველი იქნებოდა. წინა საუკუნის ოთხმოცდაათიან წლებში უკვე აშკარა გახდა, რომ მთელი ვებ-სივრცის ექსპონენციალური ზრდის გამო მისი ინდექსაცია სულ მალე შეუძლებელი იქნებოდა. მაგრამ მსხვილი საძიებო სისტემები მნიშვნელოვანი სამეცნიერო ინოვაციების და სხვადასხვა ენების თესაურუსების გამოყენებით ერთ წამში ასრულებენ მოთხოვნებს მილიარდობით ვებ-გვერდიდან.

ტექსტური ინფორმაციის დამუშავების ინტელექტუალიზაცია მოითხოვს მისი შინაარსის გააზრებას. სინონიმია და პოლისემია ის კლასიკური პრობლემებია, რომლებიც ტექსტში ძიებისას წარმოიქმნება; ავტომატური თარგმნის დროს და მართლწერის შემოწმებისას ასევე წარმოიქმნება სისტემის მიერ შემოთავაზებული რამდენიმე ვარიანტიდან სათანადო სიტყვის არჩევის პრობლემები; რეფერირება მოითხოვს სხვადასხვა წინადადებებიდან ტექსტის თემისა და მნიშვნელობის შესაბამისი სიტყვის შერჩევას სიტყვათა რამდენიმე, აზრობრივად განსხვავებული ვარიანტიდან.

მსგავსი პრობლემების გადასაწყვეტად რიგი მიდგომაა წამოყენებული. ისინი ადამიანის მიერ კონსტრუირებულ ისეთ ლინგვისტურ რესურსებზეა დაფუძნებული, როგორცაა სინონიმების სია, თესაურუსი ან ონთოლოგია. ერთ-ერთ ყველაზე თანამედროვე და პოპულარულ რესურსად დღესდღეობით მიჩნეულია WordNet ლექსიკონები. ეს ლექსიკონები განსაკუთრებულია იმიტომ, რომ საძიებო სისტემის მახასიათებლებისა და ლინგვისტური კვლევების ინსტრუმენტების გაერთიანება მათი პრაქტიკული და თეორიული გამოყენების ფართო შესაძლებლობებს იძლევა. სხვადასხვა ენებში და საგნობრივ დარგებში

საჭიროა მსგავსი რესურსები. მათი შექმნა ძალიან შრომატევადია, ამიტომ დიდი ყურადღება ეთმობა სემანტიკური ინფორმაციის მოპოვებისა და წარმოდგენის ავტომატურ მეთოდებს. მათგან ზოგიერთი დამყარებულია დიდი ტექსტური კორპუსიდან სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით ე.წ. სემანტიკური ვექტორების ფორმირებაზე.

ჰარისის [1] მიხედვით, სიტყვები სემანტიკურად მსგავსი მნიშვნელობისაა, თუ ერთი და იგივე კონტექსტში მათი ურთიერთჩანაცვლებით ტექსტის აზრი არ იცვლება. ენის ერთეულებს შორის აზრობრივ ურთიერთკავშირებს და სემანტიკურ მიმართებებს შეისწავლის დისტრიბუციული სემანტიკა. ბუნებრივენოვანი ტექსტის დიდი მასივისთვის იგება ტექსტების ვექტორული სივრცე, რომელშიც მდგრად სიტყვათა კომბინაცია (n-გრამი) წარმოადგენს ვექტორს. ტექსტში თითოეულ სიტყვას მინიჭებული აქვს შესაბამისი კონტექსტის ვექტორის მნიშვნელობა.

ჰარისის მეთოდოლოგიის მიხედვით, ამხსნელი სიტყვები შეიძლება დაჯგუფდეს მათი დისტრიბუციული ქცევიდან გამომდინარე. მაგალითად, თუ ორ ლინგვისტურ ცნებას,  $w_1$  და  $w_2$ -ს, მსგავსი დისტრიბუციული ქცევა ახასიათებს და ისინი  $w_3$  ცნებასთან ერთად გვხვდება, მაშინ  $w_3$  ცნება შეიძლება გადმოცემულ იქნეს  $w_1$  და  $w_2$  ცნებათა საშუალებით.

”ვექტორული სივრცის მოდელებში” [2], [3] სიტყვებისა და ტექსტების სხვა კომპონენტების ვექტორული წარმოდგენა ფორმირდება დიდ ტექსტურ მასივებში მათი ერთდროულად შეხვედრის სტატისტიკის ავტომატური მოპოვების საშუალებით. ეს ინფორმაცია ფიქსირდება ე.წ. სემანტიკურ ან კონტექსტურ ვექტორებში, რომელთა მსგავსება გამოიხატება სიტყვათა სემანტიკური სიახლოვის სიდიდით [4] – [7].

ტექსტური ინფორმაციის ვექტორული წარმოდგენის თანამედროვე მეთოდები ეყრდნობა ვექტორული სივრცის (Vector Space Models) და ვექტორული სივრცის განზოგადოებულ მოდელებს (Generalized Vector Space Model) [3]. ასეთ მოდელებში ტექსტის კომპონენტები (სიტყვები, სიტყვათშეხამება, ფრაგმენტები, მთელი დოკუმენტები) წარმოადგენილია მრავალგანზომილებიანი ვექტორების სახით. ვექტორების ელემენტების მნიშვნელობები გამოითვლება ტექსტის კომპონენტების სხვა კომპონენტთა კონტექსტში შეხვედრის სიხშირეზე დაყრდნობით.

დავუშვათ, რომ ტექსტის კომპონენტები სიტყვებია და კონტექსტი  $k$  დოკუმენტები. ავაგოთ დოკუმენტებში სიტყვათა არსებობის  $A$  მატრიცა განზომილებით  $w \times d$ , სადაც  $w$  სიტყვათა კოლექციის ლექსიკონის ზომაა, ხოლო  $d$  - დოკუმენტების რაოდენობა. მატრიცის ელემენტები  $a_{ij}$  შეიძლება იყოს სიტყვათა ”წონა”, რომელიც დოკუმენტში მათი შეხვედრის სიხშირის ტოლია [9].  $A$  მატრიცის სტრიქონები დოკუმენტების მიხედვით სიტყვათა განაწილებას ასახავს და ისინი შესაბამისი სიტყვების ”კონტექსტურ ვექტორებად” შეიძლება ჩავთვალოთ. ჩვეულებრივ, ვექტორთა მსგავსების ზომად მიღებულია მათ შორის არსებული კუთხის კოსინუსი [9].

LSI (Latent Semantic Indexing) – დაფარული სემანტიკური ინდექსაციის მეთოდში კონტექსტური ვექტორების განზომილების შემცირებისათვის გამოყენებულია SVD (სინგულარულ მნიშვნელობებად დაშლის) მეთოდი.

დოკუმენტების დიდი კოლექციებისათვის მონაცემთა დასამუშავებელი და კომპიუტერის ოპერატიულ მეხსიერებაში შესანახი სრულგანზომილებიანი  $A$  მატრიცა აღმოჩნდა ძალიან დიდი [3], [4], [10]. ამ პრობლემის გადასაჭრელად ერთ-ერთი მიდგომა დაფუძნებულია განაწილებულ წარმოდგენებზე. ლოკალური წარმოდგენებისაგან განსხვავებით, სადაც ყოველი საინფორმაციო კომპონენტი წარმოდგენილია კონვექტორის ელემენტით, ანუ შემავალი სივრცის ერთ-ერთი ორთოგონალური განზომილებით, განაწილებული წარმოდგენისას მონაცემის თითოეულ კომპონენტს შეესაბამება შემთხვევით დაგენერირებულ ელემენტებიანი  $N$ -განზომილებიანი ვექტორი. მრავალგანზომილებიან სივრცეში გაცილებით მეტია თითქმის ორთოგონალური განზომილებები, ვიდრე მკაცრად

ორთოგონალური. რიგი ელემენტების განაწილებებისთვის შემთხვევითი ვექტორები ახლოსაა ორთოგონალურთან და საკმაოდ კარგად გამოდის საწყისი ბაზისის აპროქსიმაცია.

კონტექსტური ვექტორების ფორმირებისა და სემანტიკური მსგავსების დასადგენად უნდა ჩატარდეს ექსპერიმენტები და შეიქმნას პროგრამული მხარდაჭერა. პროგრამულმა პაკეტმა უნდა შეასრულოს შემდეგი ოპერაციები:

ა) კორპუსის ინდექსირება – კორპუსის უნიფიკაციისა და მასთან მუშაობის დასაჩქარებლად ტექსტური ფორმატის გარდაქმნა სიტყვათა თანმიმდევრულ ინდექსებად;

ბ) ლექსიკონის ფილტრაცია – შედგება სიტყვათა სიხშირის მიხედვით გაფილტვისაგან, სტოპ-სიტყვების ამოღებისა და მორფოლოგიისაგან (ბაზისურ ფორმაზე დაყვანა);

გ) კორპუსის (კოლექციის) კონტექსტებში ერთად შეხვედრილ სიტყვათა სიხშირული მატრიცის აგება. მაგალითად, კოლექციისათვის  $w \times d$  და  $w \times w$  – ეს არის დოკუმენტებში და კონტექსტურ ფანჯარაში ერთად შეხვედრილ სიტყვათა სიხშირის დაანგარიშება;

დ) მატრიცების ნორმირება, გარდაქმნა და სიხშირეთა აწონა;

ე) სიტყვათა კონტექსტური ვექტორების აგება – ერთად შეხვედრის მატრიცის და ლექსიკონის საფუძველზე ფორმირდება სიტყვების კონტექსტური ვექტორები. შესაძლებელია სხვადასხვა პარამეტრებისა და ალგორითმების გამოყენება კონტექსტური ვექტორების დისკრეტიზაციის, აწონისა და ნორმირებისათვის. შემდგომი გამოყენებისთვის კონტექსტური ვექტორების ლექსიკონი შეინახება ფაილში;

ვ) კონტექსტური ვექტორების გამოყენება დოკუმენტის წარმოდგენის ასაგებად. მაგალითად, აგებული კონტექსტური ვექტორების ტესტირება შემთხვევითი რიცხვების გენერატორის სხვადასხვა საწყისი მონაცემების დროს.

## Vector space model and language Georgian text processing

*Liana Lortkipanidze*

### Summary

The work is dedicated to the development of a method of automatic word grouping by their values. The method can be used for problems of information retrieval and auto-referencing tests, it is also relevant in the design of WordNet dictionary, for automatic cataloging of documents and other problems associated with processing large amounts of text. The paper discusses the theoretical basis of the problem and offers a modern method of computational linguistics - vector representation of words based on their semantic. The article describes the main stages of the formation of semantic vectors, considers a method of forming a multi-dimensional vector reflecting the semantic proximity of words, provides an overview of the generalized vector space model, forms general scheme of algorithms and software for processing the vector model of textual information.

## Модель векторного пространства и обработка текстов Грузинского языка

*Лиана Лорткипанидзе*

### Резюме

Работа посвящена разработке метода автоматической группировки слов по их значениям. Метод может использоваться для задач информационного поиска и автореферирования тестов, также актуален при конструировании WordNet словаря, при автоматической каталогизации документов и в других задачах, связанных с обработкой больших объемов текста. В работе

рассмотрены теоретические основы проблемы и предложен современный метод компьютерной лингвистики – векторное представление слов основанное на их значении. В статье описаны основные этапы формирования семантических векторов. В документе рассматривается метод образования многомерного вектора отражающего семантическую близость слов. Приводится общий обзор моделей обобщенного векторного пространства. Сформирована общая схема алгоритмизации и программного обеспечения обработки векторной модели текстовой информации.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. Harris Z. *Mathematical Structures of Language*. – New York: John Wiley & Sons, 1968. – 230 p.
2. Salton G. *Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis and Retrieval of Information by Computer*. – Addison-Wesley, Reading, MA. – 1989. – 530 p.
3. Yang Y., Carbonell J., Brown R., Frederking R. Translingual information retrieval: learning from bilingual corpora // *Artificial Intelligence*. – 1998. – N 103. – P. 323 – 345.
4. Deerwester S., Dumais S., Furnas G., Landauer T., Harshman R. Indexing by latent semantic analysis // *Journal of American Society for Information Sciences*. – 1990. – N 1 (6). – P. 391-407.
5. Landauer T., Dumais S. A solution to Plato's problem: The Latent Semantic Analysis theory of the acquisition induction and representation of knowledge // *Psychological review*. – 1997. – N 104(2). – P. 211 – 240.
6. Kanerva P., Kristoferson J., Holst A. Random indexing of text samples for Latent Semantic Analysis // *22nd Annual Conference of the Cognitive Science Society*. – U Pennsylvania: Erlbaum, 2000. – P. 1036/
7. Karlgren J. and Sahlgren M. From Words to Understanding // In Uesaka Y., Kanerva P., Asoh H. (eds.) *Foundations of Real-World Intelligence*. – Stanford: CSLI Publications, 2001. – P. 294 – 308.
8. Caid W., Dumais S., Gallant S. Learned vector-space models for document retrieval // *Information Processing and Management*. – 1995. – Vol. 31, 3. – P. 419 – 429.
9. Grossman D., Frieder O. *Information Retrieval: Algorithms and Heuristics*. – Boston: Kluwer, 1998. – 255 p.
10. Papadimitriou C.H., Raghavan P., Tamaki H., Vempala S. Latent Semantic Indexing: A Probabilistic Analysis // *17th ACM Symposium on the Principles of Database Systems*. – ACM Press, 1998. – P. 159 – 168.

## ლექსიკური ერთეული „კლდე“ განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში

ნინო ჯავაშვილი

ninojavashvili@yahoo.com

### რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის ზონების მიხედვით აღწერილი ლექსიკური ერთეული „კლდე“. მოცემულია სიტყვის სრული განმარტება, მისი სინონიმები, მეტაფორული, ანუ ენაში დამკვიდრებული გადატანითი მნიშვნელობები, კომპოზიციები, მისი სხვა სიტყვებთან მიმართებები და სხვ. სიტყვის აღსაწერად გამოყენებულია ლექსიკური ფუნქციებიც, რაც საშუალებას იძლევა სალექსიკონო ერთეული ამომწურავად იყოს დახასიათებული სიტყვაწარმოების თვალსაზრისითაც.

ასეთი სახით აღწერილი სიტყვები კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი და აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია. ლექსიკონი ხელს უწყობს ენის ლექსიკური ფონდის სემანტიკურ შესწავლას და გამოიყენება ენობრივ ავტომატურ სისტემებში.

### საკვანძო სიტყვები: სიტყვის აღწერა, კომბინატორული ლექსიკონი, „კლდე“

განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში სიტყვა-სტატია შედგება ზონებისგან: მორფოლოგიური ცნობები; სტილისტიკური, დარგობრივი კვალიფიკაციები; სინტაქსური მიმართებები; სიტყვის განმარტება; მართვის (გრამატიკული) მოდელი; ლექსიკური ფუნქციები; ენციკლოპედიური ინფორმაცია, რომელიც საჭიროა ამოსავალი ლექსემის სწორად გამოყენებისთვის; სიტყვათშეთანხმებები, იდიომები და სხვ.

თითოეულ სალექსიკონო ერთეულთან მითითებულია ლექსიკური კორელატები ანუ პარადიგმატული და სინტაგმატური თვალსაზრისით მასთან აზრობრივად დაკავშირებული სიტყვები. პარადიგმატული სახის კორელატებს *ჩანაცვლებებს* უწოდებენ, სინტაგმატურს – *პარამეტრებს*. სიტყვის აღწერისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიტყვისათვის შესაბამისი კორელატის მოძებნას. სალექსიკონო სტატიაში სრულად უნდა იყოს წარმოდგენილი სიტყვის ყველა ლექსიკური კორელატი, რადგანაც ლექსიკური ფუნქციებით უნდა აღიწეროს ის დამოკიდებულებები, რომლებითაც სიტყვა უკავშირდება მის ლექსიკურ კორელატებს.

ლექსიკური ფუნქციები ლექსიკური პარადიგმის მსგავს ერთობლიობას ქმნის, რომლის წევრებს მყარი ასოციატური და კონსტრუქციული მიმართებები გააჩნია ამოსავალ სიტყვასთან. ენობრივი მოდელის სქემასა და ლექსიკონში ლექსიკური ფუნქციების ჩართვა ხელს უწყობს ტექსტში სიტყვათა სწორ კომბინირებას.

**კლდე** ოდითგანვე დამკვიდრებული სიტყვაა ქართულში. მას ვხვდებით ძველ ტექსტებში (და *მე გეტყვი შენ, რამეთუ შენ ხარ კლდე, და ამას კლდესა ზედა აღვაშენო კკლესიაი ჩემი* - მათე 16, 15-19), ვეფხისტყაოსანში (გული მიც კლდისა ტინისა; *ქვე წვა, ვით კლდისა ნაპრალსა, ვეფხვი პირგამეხებული*). აქვე უნდა ითქვას, რომ „ვეფხისტყაოსანში“ სიტყვა **კლდე**, გადატანითი თუ პირდაპირი მნიშვნელობით, ნახსენებია 36-ჯერ [1]. მთის პოეზია და პროზა ხომ წარმოდგენილია **კლდის** ხსენების გარეშე. რელიგიური შინაარსის ტექსტებში **კლდე** გადატანითი მნიშვნელობით გულისხმობს რწმენას, ღმერთს, მხსნელს (*სად არს სხვა ღმერთი გარდა უფლისა? სად არს კლდე გარდა ჩვენი ღვთისა?* ძველი აღთქმა, მეორე მეფეთა; *უფალი არის ჩემი კლდე და სიმაგრე ჩემი, მხსნელი ჩემი, ღმერთი ჩემი, – ჩემი კლდე, თავშესაფარი, ფარი ჩემი და ჩემი ხსნის რქა, საყრდენი ჩემი – ფსალმუნები 17:3*).

**კლდე** ასევე ხშირად არის გამოყენებული ზეპირსიტყვიერების ნიმუშებში, მითოსურ ტექსტებში, ეპოსებში, ეპიკურ სიუჟეტებში, ხალხურ ზღაპრებში და ა.შ. **კლდე** ზოგადად



უსაფრთხო ადგილის, თავშესაფრის სიმბოლოდ გამოიყენება. ქართულ მითოლოგიაში ბოროტი სულები (დევები, ალები, ქაჯები) ხშირად ცხოვრობენ ტყეში, *კლდეებში*, გამოქვაბულებში. გავიხსენოთ ნადირობის ქალღმერთი დალი, რომელიც მიუვალ *კლდეებში* ცხოვრობს. *კლდე* სიმაგრესთან, სიმყარესთანაც არის დაკავშირებული. ამიტომაც მიაჯაჭვეს, ალბათ, *კლდეზე* გმირი ამირანი.

აღსანიშნავია, რომ *კლდე* მეტაფორული მნიშვნელობით დადებით კონტექსტშიც იხმარება და უარყოფითშიც. იგი ხშირად არის სიმბოლო გულქვაობისა, უღმობლობისა, უგრძნობლობისა, შეუბრალებლობისა. დადებითი მნიშვნელობით კი იხმარება ძალის მომცემად, სიმაგრის, სიმტკიცის წყაროდ. *კლდეზე ვარ დაფუძნებული, უშრეტს მაწოვებს ნექტარს; კლდედ იდგა, გაუტეხლად, ცრემლ არ ჩამოსდის თვალისა* ვაჟა-ფშაველა; *კაცი - კლდედ დამდგარი სჯულზე* მ. ლეზანიძე.

სიტყვა "კლდის" აღწერა ზემოთ ნახსენები ზონების შესაბამისად:

მორფოლოგიური ცნობები:

*კლდე* – არსებითი სახელი, უსულო, რა ჯგუფის, კონკრეტული, საზოგადო, მხოლოდითი რიცხვი, ხმოვანფუძიანი, კვეცადი.

"კლდისგან" სიტყვაწარმოების შედეგად მიღებული დერივატები:

კლდიანი, კლდისგვარი, კლდისდაგვარი, კლდისებრი, კლდისებური, კლდისნაირი, მეკლდეური, კლდეობა, კლდისოდენა, კლდოვანი, კლდოვანება, უკლდეო.

სიტყვის განმარტება:

*კლდე* - მთის (გორაკის) დაქანებული ქვა-გვერდობი, უსწორ-მასწორო ნაპირებიანი და ძნელად სავალი [2].

*კლდე* არს მთათა, გინა ბორცვთა ანუ გვერდობთა ნაკვეთი რამე დიდი ქვა იყოს; ტინი არს კლდე გამჭვირვალი, კაცთა ჯორცისა გამკვეთელი, სალი არს ვრცელი, მაღალი. ნიამორთაგან ძნად სავალი; თირი არს კლდე ლბილი და ადვილ სათლელი; გოხი არს კლდე ქვითკირის მსგავსი, ვიეთნი ნებროთის გოდლის ნალ(ე)წს უჭმობენ ტყუილად; სპონდიო არს კლდე წყლისა და ხავსისა მიერ ჭვაქმნილი; აკრა არს კლდე ზღვის პირისა, რომლისა თანა იყოს სიღრმე ზღვისა მესეულად; კარკარი – წყლტუ კლდე. სალი; კმოდე არს კლდე ზღვისა და მდინარისა კიდესა ჩაუალი; კასტირიონი არს კლდე კალისა [3].

ცნება „კლდის“ ბუდეში<sup>1</sup> გაერთიანებული სიტყვების განსაზღვრა [4]:

<b>კლდე</b>	მთის, გორაკის დაქანებული ქვა-გვერდობი, უსწორმასწორო ნაპირებიანი და ძნელად სავალი;
<b>ღრანტე</b>	ღრმა და ვიწრო ხევი, <b>ღრანტობი</b> ღრანტიანი ადგილი
<b>კრანჩხი</b>	ღრანტე, კლდე;
<b>კარჩხალი</b>	კლდოვანი (მთა);
<b>ღრე</b>	დიდი და ღრმად ჩაღრმავებული ადგილი;
<b>კლდე-ღრე</b>	კლდე და ღრე;
<b>ფხაკო</b>	კლდიანი, ხრიოკი ფერდობი;
<b>კაპანი</b>	მთის კლდიანი ფერდის ფხა
<b>ჩორახი</b>	კლდიანი, ძნელად გასასვლელი;
<b>ღრიანკელი</b>	კლდიანი, ვიწრო და ღრმა ხეობა;
<b>მატალა</b>	შირიმის კლდე;

<sup>1</sup> თემატურად, საგნობრივი მნიშვნელობის საფუძველზე დალაგებული სიტყვები

<b>ტინი</b>	გამჭვირვალე, პიტალო კლდე;
<b>ფიქალი, ჭეო</b>	შრეებრივი აგებულების მთის ქანი;
<b>ფხაწალი</b>	კლდიანი, მიუდგომელი (ადგილი);
<b>კბოდე</b>	მიუდგომელი (ჩაუვალი) კლდოვანი ნაპირი ზღვისა, მდინარისა;
<b>ბრაგა, რიფი, სპონდიო</b>	წყალქვეშა (ზოგჯერ ოდნავ ამოშვერილი) კლდე;
<b>შხერი, ჭიუხი</b>	ფრიალონაპირებიანი პატარა კლდოვანი კუნძული;
<b>კონცხი</b>	წინ წამოშვერილი ნაწილი კლდისა;
<b>ქიმი</b>	გამოშვერილი, წაწვეტებული კიდე;
<b>შიბი</b>	კლდის წიბო;
<b>კინწრუხა</b>	კლდის წვეტი;
<b>შვერილი, წანაზარდი, წაწვდილი, ძ. წაწურვილი, ცხვირწამოწვდილი</b>	წამოწეული (კლდე);
<b>მონოლითი, ქვალოდი</b>	მთლიანი ქვის ლოდი;
<b>ძ. კეფა</b>	„კლდე, გინა ფიქალი“ (საბა);
<b>სიპი, გასიპული, მოლიპული</b>	სრიალა ზედაპირის მქონე (კლდე);
<b>ჭყერი</b>	სიპის ნატეხი;
<b>გოხი</b>	კლდის ნატეხი, ლოდი;
<b>კრიახი, ძ.ლოდოვანი, ჩნოხავი, ჩონჩხიანი</b>	კლდოვანი ადგილი;
<b>ლაწვი, ჩონჩხი</b>	კლდიანი ადგილი;
<b>ჭიუხი</b>	შიშველი, წვეტებიანი კლდე;
<b>კეტამი</b>	კლდის თავი;
<b>ფერცხალა</b>	ფერცხალის, ნეკნის მსგავსი, ჭიუხებიანი კლდე;
<b>ჩინღვლიანი</b>	კლდის ფერდობი;
<b>ბითუმი, ლიტაო, პიტალო, სალი, ტინი, ფიწალო, ფრიალო, ქარაფი, შვეული, ჩალესილი, ციცაბო, წარაფი, წრიაპი</b>	ძალზე დაქანებული (კლდე);
<b>ფეხმოუკიდებელი</b>	რაზედაც ფეხს ვერ მოიკიდებენ;
<b>წრიაპი</b>	ფეხზე ამოსაკრავი კბილებიანი რკინა ციცაბოზე სასიარულოდ;
<b>წავარნა</b>	ნადირთა ბილიკი კლდეზე;
<b>ქანჩახი</b>	ტყე-ბუჩქით დაფარული კლდიანი, ჩნელად სავალი ადგილი;
<b>გოდორა</b>	გოდორივით მრგვალი (კლდე);
<b>წარაფი</b>	წაგრძელებული, დაბალი კლდე;
<b>კლდეკარი, ხევეიწრო, ვიწრობი</b>	ვიწრო გასავალი კლდეებში;
<b>ჭურობი</b>	კლდიანი ადგილი, სადაც მინდორიც არის.
<b>კრიაპო</b>	კლდის პირი უფსკრულთან;
<b>ცერი</b>	კლდის ნაპირი;
<b>კოთორა</b>	კლდოვანი მაღლობი ფერდობ ადგილებში;
<b>ლავეგარდანი</b>	კლდის კიდეზე გადმოშვებული თოვლი;
<b>ფხაკო</b>	კლდიანი ფერდობი;
<b>დაყაშებული</b>	დამსკდარი (კლდე);
<b>ნამზღვლევი</b>	ჩამონგრეული, ჩამოწოლილი (კლდე).

კლდე გამონათქვამებში გამოყენებული ფიგურალური მნიშვნელობები:

კლდეზე გადაჩეხვა, კლდე-ღრეზე გადაჩეხვა დაღუპვა, თავზე დატყდომა დიდი უბედურებისა. დიდი ხიფათის მოსვლა, სიკვდილი.

კლდიდან რძე ადინა მეტისმეტი გარჯა.

კლდის მონატები, კლდის ნაგლეჯი მეტად ღონიერი, ძლიერი, ვინც კლდესებრ დგას ბრძოლაში ანდა გაჭირვებაში [5].

კლდის აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით:

<b>Co</b>	კლდე;
<b>Syn</b>	გოზი (სიპი, პიტალო კლდე); ფიწალო (ვრცელი და მაღალი კლდე); კარკატოვანი, პიტაო, ფრიალო (ფიქალი კლდე); სალი, ქორაფი, ქარაფი (მაღალი); ჭეო, (წაგრძელებული) წარაფი, (ადვილად სათლელი) თირი, მჭადაქვა, (ქვითკირის მსგავსი) გოზი, (ზღვისპირას მდებარე) კბოდე, (ზღვაში დამალული) ბრაგა, შვეული ციცაბო, ტინი [6];
<b>Anti</b>	რბილი ქანები;
<b>Der S<sub>0</sub></b>	გაკლდევება, მეკლდეური, კლდიანობა, კლდოვანება;
<b>Der V<sub>0</sub></b>	აკლდევებს, კლდევდება (მეტაფ.);
<b>Der A<sub>0</sub></b>	კლდიანი, კლდოვანი, გაკლდევებული, კეკლუცი (მეტაფ. <i>შუა ციხე ამართული, კლდე კეკლუცი, არ დუხჭირი ვაჟა</i> );
<b>Der Adv<sub>0</sub></b>	კლდიანად;
<b>Gener</b>	გეოლოგიური წარმონაქმნი;
<b>Figur</b>	გულქვა (ადამიანი);
<b>Figur<sub>caus</sub></b>	ასალკდევებს;
<b>Magn</b>	პიტალო;
<b>Loc<sub>prep</sub></b>	კლდესთან, კლდეში, კლდეზე, კლდისკენ, კლდიდან;
<b>Grad [სიმაღლე]</b>	ქარაფი;
<b>Grad [ფორმა]</b>	გოდორა, წარაფი, ციცაბო;
<b>Grad [თვისება]</b>	ტინი, სიპი;
<b>Degrad</b>	კლდის ჩამოშლა, ჩამონგრევა;
<b>Mult</b>	კლდეთა სისტემა.

სიტყვა *კლდე* ხშირად გვხვდება კომპოზიტებში ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილად (ნიმუშები აღებულია [2]-დან):

- კლდეგული** კლდოვანი გული. *მეც გეგმაში მაქვს კალმით გავღარო მთების კლდე-გული და წყაროები (ა. მირცხ.).*
- კლდეკარი** ვიწრო გასავალი კლდეებში. *ოი, ქალაქო, იყავ კლდე-კარი საქართველოში შემოსასვლელად, მტრის ურდოები ბევრჯერ შეკარი და ჩვენს სამშობლოს უდექი მცველად! (ა. გრიშ.).*
- კლდეკაცი** კლდესავით მტკიცე ადამიანი. *ხვდებოდნენ დიდი მთაწმინდელები მთაწმინდის მთაზე შენს დაბრუნებას! დაგხვდა ილია, – ქართლის კლდე-კაცი, სამშობლოს აზრი შუბლნატყვიარი (გ. ლეონ.).*
- კლდემკლავი** ღონიერი მკლავის პატრონი. *ხელოვნ. ღონიერი მკლავის პატრონი. აგერ მოკრივე კლდე-მკლავი წაქცეულთ მოიგალავნებს (გ. ლეონ.).*
- კლდემცოცავი** სპორ. ვინც კლდეებზე ცოცავს, – კლდეებზე მავალი. მოძველებული ტერმინია, ახლა მეკლდეურს ხმარობენ.
- კლდეღრე** კლდე-ღრე (კლდე-ღრისა) კლდე და ღრე. *ელვანი მრისხანედ გრგვინვენ და იკლაკნებიან, მათ ჭექა-ქუხილს კლდე-ღრენიც საზარლად ეძრახებიან! (რ. ერისთ.).*

**კლდეციხე** კლდე-ციხე (კლდე-ციხისა) პოეტ. კლდე, გამოყენებული ციხე-სიმაგრედ, კლდოვანი ციხე სიმაგრე. *კლდიანი კარი აბია თბილისს, მაგრობს კლდე-ციხეც (გ. ლეონ).*

*სიტყვა კლდეს* ვხვდებით მცენარეთა სახელწოდებებშიც. არსებობს ტერმინიც – კლდის მცენარეულობა. ზოგჯერ სხვადასხვა კუთხეში ერთი და იგივე მცენარეს სხვადასხვა სახელით მოიხსენიებენ, მაგრამ სახელში *კლდე* ან ქვა მაინც ხშირად ფიგურირებს:

**კლდისვაშლა** – Sempervivum მცენარე. მოხევური – **კლდისხორცა**; თუშური – ფხიჯა, ხიჯა, ხაჯე; მესხური – **კლდის ჯოჯო**; აჭარული – უკვდავა; მეგრული – ცენაშე.  
Synonym: კლდისდუმა, კლდის ჯოჯო, კლდისხორცა, ფხიჯა, უკვდავა, ხაჯე, ხიჯა;

**კლდისდუმა** – Sedum caucasicum (Grossh.) იმერული, გურული – ყურა, კაციყურა; გურული, ხევსურული – **კლდისვაშლა**; აჭარული – კილტავაშლა; რაჭული – **კლდისტკეჩა**; იმერული, ლეჩხუმური – პიტკეცა, ტკეცეცა, **ქვიტკეცა**, **ქვატკეცა**; მეგრული – პასკერია, ფასქალი.  
Synonym: კაციყურა, კლდისვაშლა, კლდისტკეჩა, კილტავაშლა, პიტკეცა, ქვიტკეცა, ქვატკეცა, ტკეც-ტკეცა, ყურა;

**კლდის იასამანი** – Kentranthus longiflorus Stev. ქართლური – **კლდის ყვავილი**.

Synonym: კლდის ყვავილი;

**კლდის მოცხარი** – Ribes biebersteinii Berl. მოხევური – ხუნწი; ფშავური, ხევსურული, თუშური – ალუდა; მთიულური – მაცხარი; ქვემოქართლური – არახილი;

**კლდის ქოთანა** – Silene chlorifolia;

**კლდის ხახვი** – Allium kunthianum Vved. ხევსურული – **კლდისნიორა**, ტუსა,

Synonym: კლდის-ნიორა;

**კლდის ხეჭრელი** – Rhamnus microcarpa Boiss;

**კლდისკეცა** – კუთხ. (ლეჩხ.). ეკლიანი ბუჩქი, იზრდება კლდეზე;

**კლდისძირტკბილა** იგივეა, რაც კილამურა.

**კლდის კილამურა** – ლათ. Asplenium;

**კლდის ბალახი** – ლათ. Germen;

**კლდის ქოჩორა** – ფრანგ. Adiante;

**კლდისასუქა** – მარიამა, ბალის ასტრა;

**კლდის დანდური** – მსუქანა;

**კლდის დუხი** – აღმოსავლური მოცხარი და მთის მოცხარი;

**კლდის კილამურა** – მამასწარა;

**კლდის-ნიორა** – კლდის ხახვი;

**კლდის-ქოჩორა** – ვენერას თმა. Capiilus-veneris.

ყველა მცენარე ბოტანიკურ ლექსიკონშია დადასტურებული [7].

*კლდე* ტროპების სახით გამოყენებულია ზეპირმეტყველებასა და მხატვრულ ლიტერატურაში, სადაც მათ ესთეტიკური ფუნქცია ენიჭებათ. გაპიროვნების პოეტური ნიმუშები:

*კლდე შუბლს არ იხსნის, მალიდან მდინარეს დასცქერს მრუდადა. ვაჟა-ფშაველა.*

*თერგი ჰრბის, თერგი ღრიალებს, კლდენი ბანს ეუბნებიან! გრ. ორბელიანი.*

*კლდენი გაფითრდნენ, შესცივდათ, ნაბადის მოსხმა სდომიათ, კლდენი ატირდნენ, თავებზედ ყარყატნი შამოსხდომიათ, ი.დუდაური*  
*შავი კლდეები ქადილს შესწევენ, ვაჟა-ფშაველა.*

კლდენი სთვლემდნენ ხავსმოდებულები; დადუმებული კლდეები სუნთქვენ მყუდროებას, "ენგადი", გრ. რობაქიძე.

### The Lexical Unit *k'ide* (cliff) in the Explanatory-Combinatorial Dictionary

*Nino Javashvili*

#### Summary

The lexical unit *k'ide* (cliff) is considered in the paper according to the zones of the Combinatorial-Explanatory Dictionary. The full definition, its synonyms, metaphoric or figural meanings, composites and the relations to the other words are given in the paper. Lexical functions are used to define a word. This enables to characterize the lexical unit entirely in the word-building point of view too.

The words defined in such way are important and necessary part of the combinatorial dictionary. The dictionary assists with the semantic learning of lexical fund of the language and it is used in automatic systems of the language.

### Лексическая единица «скала» в толково-комбинаторном словаре

*Нино Джавашвили*

#### Резюме

В статье представлена лексическая единица «скала», описанная в соответствии с зонами толково-комбинаторного словаря. Дается полное толкование слова, его синонимы, метафоры (в языке установившиеся переносные значения), композиты, его отношения с другими словами и др. Для описания слова также использованы лексические функции, что позволяет исчерпывающим образом охарактеризовать лексическую единицу и с точки зрения словообразования.

Слова, описанные таким образом, являются необходимой и важной составной частью комбинаторного словаря. Словарь способствует семантическому изучению лексического фонда языка и используется в автоматических языковых системах.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. ვეფხისტყაოსნის სიმფონია, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 1956.
2. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი (რვატომეული), თბილისი, 1951-1965;
3. ორბელიანი სულხან-საბა. ლექსიკონი ქართული, 1966-1993;
4. ფოჩხუა ბ., თანამედროვე ქართული ენის იდეოგრაფიული ლექსიკონი, 1987;
5. სახოკია თ., ქართული ხატოვანი სიტყვა-თქმანი. გამომცემლობა "მერანი, თბილისი, 1979;
6. ნეიმანი ა., ქართულ სინონიმთა ლექსიკონი, 1978;
7. მაყაშვილი, ა. ბოტანიკური ლექსიკონი: მცენარეთა სახელწოდებანი. - თბილისი: საბჭოთა საქართველო, 1961 (საქმთავარპოლიგრაფგამომც. მე-2 სტ). - 260გვ.;

## ტექსტის გარდაქმნა მეტყველების კომპილაციური სინთეზის დროს

*ალა თუშიშვილი, მიხეილ თუშიშვილი*

*tushishvili.mikheil@gmail.com*

### რეზიუმე

წარმოდგენილ ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ქართული ორთოგრაფიული ტექსტის ფონეტიკურში გარდაქმნა საკმაოდ შრომატევადი სამუშაოა, თუმცა, სხვა ენებთან შედარებით (ინგლისური, რუსული), უფრო ადვილად მისაღწევია ქართული ენის ფონეტიკური თავისებურებიდან გამომდინარე. ნაჩვენებია, რომ ქართული ფონემების მახასიათებლები სტაბილურობითა და გამოკვეთილობით ხასიათდება. ქართულ ენაში მახვილი თითქმის არ ცვლის ხმოვნების ტემბრს, ბგერათა კონარტიკულაცია ნაკლებად ახდენს მათი სპექტრალური მახასიათებლების ცვლას. ტემბრალურად ისინი, პრაქტიკულად, ერთნაირნი არიან პოზიციისა და ბგერათა მეზობლობისაგან დამოუკიდებლად. ამიტომაც, ქართულ ბგერათა პოზიციური ვარიანტები შედარებით ნაკლები რაოდენობით გვაქვს.

*საკვანძო სიტყვები: ფონემა, ბგერა, კომპილაცია, სინთეზი, მეტყველება*

ნებისმიერი ტექსტის მიხედვით მეტყველების სინთეზის განხორციელებისას ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ორთოგრაფიისა და ფონეტიკური ჩანაწერის შესატყვისობაში მოყვანის ალგორითმიზაცია. ქვემოთ ვისაუბრებთ ქართული მეტყველების არაინტონირებული კომპილაციური სინთეზის შესაძლებლობაზე და მოსალოდნელ ტიპობრივ სიმწელებზე. საქმე ისაა, რომ ფონეტიკური პროცესები, რომლებსაც ადგილი აქვს უწყვეტ მეტყველებაში, ყოველთვის ვერ პოულობენ ადეკვატურ გამოხატულებას წერილობით ტექსტში. ეს მეტნაკლებად ყველა ენაში ხდება. ინგლისურში, მაგალითად, ფონემებსა და ასოებს შორის ძალიან რთული მიმართებაა. არსებითად განსხვავდება, აგრეთვე, რუსული ფონეტიკური ლექსიკონი რუსულ ანბანთან [1-3].

ქართული ენის ფონეტიკური თავისებურებები კომპილაციურ სინთეზს ზოგ სპეციფიკურ მოთხოვნას უყენებს. ამავე დროს, ზოგიერთი საკითხი ქართულში ისეთი ძნელი გადასაწყვეტი არაა, როგორც, მაგალითად, რუსულში. აქ ვგულისხმობთ არა მარტო იმას, რომ, პრაქტიკულად, ქართული ტექსტი შეიძლება მივიჩნიოთ ფონეტიკურად ტრანსკრიბირებულ ტექსტად (რაც, თავისთავად, საკმაოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორია), არამედ იმასაც, რომ ქართული სამეტყველო ნაკადის ფიზიკური მახასიათებლები, გარკვეული თვალსაზრისით, აადვილებს კომპილაციურ სინთეზს. შევჩერდებით მხოლოდ უმნიშვნელოვანეს მხარეებზე.

ქართული ფონემები (რომლებიც 33 გრაფემით აღნიშნული სამეტყველო ბგერის სახითაა მოცემული) მახასიათებელთა სტაბილურობითა და გამოკვეთილობით გამოირჩევა. ტემბრალურად ისინი, პრაქტიკულად, ერთნაირნი არიან პოზიციისა და ბგერათა მეზობლობისაგან დამოუკიდებლად.

ქართული ენის მახვილი თითქმის არ ცვლის ხმოვნების „საკუთარ“ ტემბრს (მით უმეტეს - თანხმოვნებისას).

ბგერათა კონარტიკულაცია (ბგერათა საწარმოთქმო მოძრაობების ურთიერთგადაფარვა) შედარებით ნაკლებად ცვლის ბგერათა მახასიათებლებს, ამიტომ ქართულ ბგერათა პოზიციური ვარიანტები შედარებით ნაკლები რაოდენობით გვაქვს. ერთი პოზიციიდან ამოკვეთილი ბგერა შედარებით ადვილად ჩაისმება სხვა პოზიციისაში ისე, რომ ბუნებრივი ჟღერადობა შენარჩუნებული იქნეს.

ქვემოთ ჩვენ გვინდა შევჩერდეთ ზოგიერთ წესზე, რომელთა გამოყენება სინთეზური მეტყველების ორგანიზების პროცესში მეთოდით “ტექსტი - მეტყველება“, ხელს შეუწყობს მიღებული პროდუქტის „გაბუნებრივებას“. რაც შეეხება ქართულ ენას, აქ საქმე გვაქვს

ასოებისა და ბგერების მეტ-ნაკლებ თანხვედრასთან. თუმცა, იმის მტკიცება, რომ ქართულში „როგორც იწერება, ისე იკითხება“ არ იქნება მართებული, ვინაიდან არის შემთხვევები, როდესაც ბგერები არ შეესატყვისება ასოებს და პირიქით. მხედველობაში გვაქვს არა ბგერების კოარტიკულაცია, არამედ ფონეტიკურად განპირობებული ცვლილებები (ასიმილაცია, ბგერების ამოვარდნა, ნაზალიზაცია, დაყრუება და სხვა). როგორც ცნობილია, ასეთ ცვლილებებს ადგილი აქვს არა მხოლოდ სიტყვაში, არამედ სიტყვათა საზღვარზეც, რომელიც უწყვეტ მეტყველებაში არ არის ცხადად გამოხატული.

ქართული ორთოგრაფიული ტექსტის ფონეტიკურში გარდაქმნის ამოცანა შეიცავს ორ ასპექტს: ფრაზაში პაუზების განლაგებას და ბგერათა ცვალებადობის სისტემურ აღწერას.

ორთოგრაფიულ ტექსტში სიტყვები განცალკევებულები არიან ხარვეზებით, მაგრამ ზეპირმეტყველებაში ისინი ყოველთვის არ ემთხვევა პაუზებს. მიუხედავად ამისა, ფრაზაში პაუზების განაწილების წესები, პუნქტუაციიდან და ხარვეზებიდან გამომდინარე, კარგად არის დამუშავებული და, ამდენად, ექვემდებარება ფორმალიზებას.

მაგალითად, პაუზები უნდა გაკეთდეს: ერთმარცვლიანი მაქვმდებარებელი კავშირების მერე იმ შემთხვევაში, თუ კავშირის წინ დასმულია მძიმე (კავშირი „რომ“); მართებული კავშირების შემდეგ; მძიმისა და წერტილ-მძიმის მერე და სხვა. ასეთი სახის პაუზების დანაწილება არ მოითხოვს ფრაზათა წინასწარ ანალიზს და, ამდენად, შესაძლებელია მათი საკმაოდ მარტივი ორგანიზება.

რაც შეეხება ბგერათა ცვალებადობას, მცირედი გამონაკლისის გარდა, მათ ადგილი აქვთ უმახვილო პოზიციებში. ქვემოთ ჩვენ შევჩერდებით მათ სისტემურ აღწერაზე. ძირითადად ასეთ ცვლილებებს განიცდიან თანხმოვნები. ცვლილებათა სახეები შემდეგნაირია: ბგერათა ამოვარდნა, მჟღერი ბგერის დაყრუება, ყრუ ბგერის გამჟღერება, მკვეთრი ბგერის შეცვლა ფშვინვიერით და, პირიქით, სისინა ბგერის შეცვლა შიშინათი, მჟღერი-ნაპრალოვანის შეცვლა ნახევარხმოვნით.

ცალკე ჯგუფს ქმნიან სონორები. ისინი დაყრუების შემთხვევაში არ გარდაიქმნებიან სხვა ბგერებში და, თავის მხრივ, ზემოქმედებას არ ახდენენ მეზობელ ბგერებზე. დავასახელოთ ამ ბგერათა ცვალებადობის რამდენიმე წესი:

1. ბგერა „მ“ შეიძლება ამოვარდეს, თუ სიტყვაში იგი ორ ყრუ ფონემას შორის მოექცა („იქმს-იქს“).
2. თუ ბგერა „მ“ არ დგას სიტყვის დასაწყისში და მას მოსდევს ყრუ ფონემა, იგი განიცდის დაყრუებას (რიტმს).
3. თუ ბგერა „ლ“ მოთავსებულია ბგერა „ხ“-სა და ყრუ თანხმოვანს შორის, იგი ამოვარდება (სახლი-სახში).
4. თუ ბგერა „ლ“-ს მოსდევს ბგერა „ხ“, იგი დაყრუვდება (ლხენა).
5. თუ ბგერა „რ“ მოთავსებულია ორ თანხმოვანს შორის, იგი იკარგება (გრძელი-გძელი).
6. თუ ბგერა „რ“-ს მოსდევს ყრუ ბგერა, „რ“ დაყრუვდება (რკინა).
7. თუ ბგერა „ნ“ არ დგას სიტყვის დასაწყისში და მას მოსდევს ყრუ ფონემა, იგი დაყრუვდება (ჩანს).

განვიხილოთ ზოგიერთი წესი მჟღერი ბგერებისთვის:

1. თუ მჟღერ მსკდომ ბგერას მოსდევს პაუზა ან არააბრუპტივი ყრუ ფონემა, იგი დაყრუვდება და გადადის ყრუ ფშვინვიერ ბგერაში (კარგად-კარგათ, აქებს- აქეფს).
2. თუ მჟღერ ხშულ-მსკდომ ბგერას მოსდევს აბრუპტივი, მჟღერი გარდაიქმნება აბრუპტივში (გწერს-კწერს).
3. თუ კბილ-ბაგისმიერ ნაპრალოვან მჟღერ „ვ“-ს წინ უსწრებს ყრუ ბგერა, იგი იცვლება „უ“-თი (თვლის-თულის).
4. თუ კბილ-ბაგისმიერ „ვ“-ს მოსდევს ბგერა „ვ“ ან „უ“, იგი იკარგება (ჩამოვარდები-ჩამო-ვარდები, შევუფარდო-შეუფარდო).
5. თუ მჟღერ ნაპრალოვან ბგერას მოსდევს პაუზა ან ყრუ ბგერა, იგი დაყრუვდება (გთხოვ-გთხოვ, ბაღთან - ბახთან).

ახლა განვიხილოთ ყრუ ბგერები და ჩამოვყალიბოთ მათთვის დამახასიათებელი რამდენიმე წესი, რომელთა გათვალისწინება, ისევე როგორც ზემოჩამოთვლილი წესებისა, არ არის რთული:

1. თუ ბგერა „ჰ“-ს მოსდევს თანხმოვანი, მაშინ იგი ამოვარდება: (ჰგავს - გავს, ჰკითხა - კითხა).
2. თუ ნაპრალოვან ყრუ სისინა ბგერა „ს“-ს მოსდევს მჟღერი შიშინა ბგერა, ბგერა „ს“ გარდაიქმნება შიშინა ნაპრალოვან „ზ“-დ (სჯის - ზჯის).
3. თუ ნაპრალოვან ყრუ სისინა ბგერა „ს“-ს მოსდევს ყრუ შიშინა, ბგერა „ს“ გარდაიქმნება ნაპრალოვან შიშინა „შ“-დ (სჭირს - შჭირს).
4. თუ ყრუ აბრუპტივ ბგერას თან სდევს არააბრუპტივი ყრუ ბგერა, მაშინ აბრუპტივი გადადის ყრუ ფშვინვიერში (პარიკს - პარიქს).
5. თუ ყრუ ფშვინვიერ ბგერას თან სდევს ყრუ მკვეთრი, მაშინ იგი გადადის მკვეთრში (ქვითკირი - ქვითკირი).
6. თუ ყრუ ბგერას მოსდევს მჟღერი, ხდება ყრუს გამჟღერება (მისდევს - მიზდევს, ოცდაერთი - ოძდაერთი).

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ქართული ენის მახვილი თითქმის არ ცვლის ფონემების ტემბრალურ შეფერილობას და პირველ მარცვალზე მისი ფიქსირება ამარტივებს სინთეზირებული მეტყველების რითმიკულ ორგანიზაციას და ამ მეტყველების აღქმისას სიტყვათა გამოყოფას.

ფონემათა განაწილების საკმაოდ მკაცრი წესები, ე.წ. „აკრძალული მიმდევრობების“ არსებობა, ნაკლებად მკაცრ მოთხოვნებას უყენებს თანხმოვანთა კომპლექსების სინთეზს. მაგალითად, თუ თანხმოვანთა წყვილებიდან: დგ, თქ, ტკ მკაფიოდაა გამოყოფილი პირველი თანხმოვნები, მაგრამ ფიზიკურად ცალკე აღებული გ, ქ, კ თანხმოვნები ერთმანეთში ირევა, წყვილები - დშ, თქ, ტკ მაინც სწორად არიქმება, რადგან გამორიცხულია მიმდევრობები - დქ, დკ, თგ, ტგ, ტქ ...

ქვემოთ მოცემულია ზოგი მოსაზრება, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ როგორც რეკომენდაციები ქართული ბგერებისა თუ რითმული სტრუქტურების სინთეზისათვის კომპილაციური სინთეზის შექმნის დაწყებით საფეხურზე.

ცალ-ცალკე მოკლედ შევჩერდებით რითმიკაზე და კონკრეტულ ბგერებზე.

რითმიკას ქმნის მახვილიანი და უმახვილო მარცვლების მონაცვლეობა (მწკრივი). ჩვეულებრივ, მახვილიანი ხმოვანი უმახვილოზე გრძელიცაა და ინტენსიურიც, მაგრამ თუ სინთეზისას არ ხერხდება ან ძნელია გრძელიცობის რეგულირება, იგი შეიძლება კომპენსირებული იქნეს ინტენსივობის რეგულირებით, ან მახვილიანი ხმოვნის ადგილზე უფრო ინტენსიური ხმოვნის დასმით [3-5].

ბუნებრივ მეტყველებაში მარცვალთა ინტენსივობა კლებულობს სიტყვის თავიდან სიტყვის ბოლოსაკენ. თუ ეს ვერ ხერხდება, შესაძლოა საკმარისი იყოს მხოლოდ პირველი მარცვლის ხაზგასმაც, ანუ მახვილის დასმა ხმოვნის ინტენსივობის მომატებით.

პირველ მარცვალზე მახვილის დასმა საშუალებას გვაძლევს ავსახოთ ქართული მეტყველების რითმიკული სურათის ძირითადი სახე.

ზემოთ ჩამოთვლილმა წესებმა გამოხატულება უნდა ჰპოვონ დასაწყისში აღწერილ ალგორითმში, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ფონემათა ცვალებადობის ეფექტი ნაკლებად უნდა ახდენდეს გავლენას მეტყველების გარჩევადობაზე და პირველ მიახლოებაში შეიძლება უგულებელყოს კიდევ.



## Convert Text for Compilation Speech Synthesis

*Alla Tushishvili, Mikheil Tushishvili*

### Summary

In the present work it is shown that the transformation of the Georgian orthographic text into phonetic is rather time consuming operation. However, compared to the English and Russian languages it is relatively easy to achieve, based on the characteristics of the Georgian phonetics. It is shown that the characteristics of the Georgian phonemes are more expressive and stable. Stress and co articulations practically do not change their timbre therefore their characteristics are independent of a position and the neighborhood, so the number of varieties of the Georgian sound units is relatively small.

### Преобразование текста для компилятивного синтеза речи

*Алла Тушишвили, Михаил Тушишвили*

### Резюме

В представленной работе указано, что преобразование грузинского орфографического текста в фонетический довольно трудоемкая операция. Однако по сравнению с английским и русским языками, исходя из особенностей грузинской фонетики, относительно легко достижима. Показано, что характеристики грузинских фонем более выразительны и стабильны. Ударение и коартикуляция практически не меняют их тембральную окраску и поэтому их характеристики независимы от позиции и соседства. Исходя из этих языковых особенностей количество позиционных разновидностей грузинских звуковых единиц относительно невелико.

### ლიტერატურა - References – Литература

1. Джапаридзе З.Н.. Перцептивная фонетика. Изд. “Мецნიერება”, Тбилиси, 1985.
2. Джапаридзе З.Н., Тушишвили А.М.. Организация интонационных контуров при компилятивном синтезе грузинской речи. Труды Всесоюзного семинара АРСО-16, Суздаль, 1991.
3. Japaridze Z., Ramishvili G., Tushishvili A. Organization of Georgian Speech Compilative Sinthesis. proceedings of the Conference of Speech Technology, Tallinn, 1989.
4. რამიშვილი გ., ჯაფარიძე ზ. ქართული მეტყველების კომპილაციური სინთეზის კომბინირებული მეთოდი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, “მეცნიერება”, თბილისი, 1997, 133-137.
5. ჯაფარიძე ზ., თუშიშვილი ა., კორძაია ი. პუნქტუაციისა და ინტონაციის ურთიერთმიმართება ტექსტის მიხედვით ქართული მეტყველების სინთეზის პირობებში. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი კრებული, “მეცნიერება”, თბილისი, 1999, 185-188.

---

## SOAP and REST Web Services

*Magda Tsintsadze, Manana Khachidze, Maia Archuadze*

*Email: magda.tsintsadze@tsu.ge, manana.khachidze@tsu.ge, maia.archuadze@tsu.ge*

### ABSTRACT

**In the provided work the common definition of Web services according to modern approach is presented. After the brief history of WS, WS benefits and challenges associated with their implementation is discussed. The work address the issues of Web Services architecture along with their Development Lifecycle. Two main standards SOAP and REST are discussed and Web Services Description Language introduction is given. The paper is organized as follows: after common definition of Web services the brief history of WS is provided. Chapter 2 address WS benefits and challenges associated with their implementation, the issues of Web Services architecture along with their development lifecycle is given in chapter 3. Two main standards SOAP and REST are discussed in chapter 4 and the example of WSDL is provided in Chapter 5. The paper concludes appropriate bibliography.**

**KEY WORDS:** *Web Services, SOAP, REST, WS Security*

### Introduction

Definition: “A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format (specifically WSDL). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed using HTTP with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards”[1].

In other words a web service is a conversation framework for two computers over the local/global networks that uses standard XML messaging system and is not bounded to any one programming language as well as to any one operating system and hardware.

The basic web service platform is XML and HTTP, but they might be found built on TCP/IP, HTTP, Java, HTML, and XML.

Common examples of web services are: weather forecasts, stock market reviews, search and etc.

According to some sources the term Web Service was introduced by Bill Gates in 2000, but the idea of machine-to-machine interaction over a network in order to share business information was not new:

In 1996 the National Institute of Standards And Technology had documented the EDI (Electronic Data Interchange). It was in fact representing the earliest web service architecture based system.

In 1998, the XML was introduced and was recognized by all modern web browsers.

Extensible Markup Language (XML) is a plain text and is using its strict formatting rules, the set of nested tags are easy to read and understand.

The success of XML was based on its following characteristics: simple, open, self-describing text-based format, human and computer readable/ writeable, verifiable, providing various set of common data types.

Because of its strict formatting rules the data validation was performed much easier way, thus XML became the most common formats for web service messages.

There are thousands of different XML languages designed for different data models, but Atom and RSS are the best known XML based languages used in modern web services.

We have to mention that XML has its disadvantages: main complaints about it are that XML is quite verbose and slow to parse.

WS can be implemented in various ways. The main two types of web are SOAP web services and “RESTful” web services.

When XML was officially standardized soon after the SOAP appeared.

SOAP is an XML based protocol used for data exchange over the HTTP. Thanks to Microsoft and IBM, SOAP become foundation for additional layers of web service technologies like WS-Security, WS-Reliability, WS-Transaction, WS-Addressing, called the WS-Stack.

JSON is considered to be an alternative of XML for data exchange between web application and the server. It is human readable and text based with fewer notations that makes it smaller and easier to parse. For mobile devices and tablets “smaller” equals to less storage and less bandwidth to send and receive messages over the web.

Nowadays in mobile computing environment SOAP is largely displaced by HTTP+JSON, but it still without alternative for large number of applications for instance i-banking [2,3].

## **Chapter 2: WS benefits and challenges associated with their implementation**

Nowadays, Web Services turned as a practical and cost-effective solution (not possible before) to gather information apportioned among crucial applications based on different operating systems or platforms and developed on different languages. Fig.1

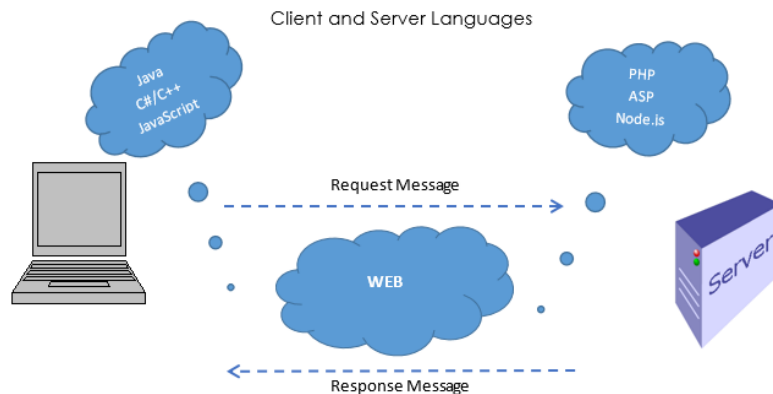


Fig.1

The main advantages of Web Services might be presented as follows [3,4]:

- Usability - As a remotely http-invoked managed code, web service might be activated using http requests, thus it can be used as a tool to expose the functionality of existing code over the network and various applications can use them. Thus applications are free to choose appropriate WS and for it just additional application specific business logic on client side is needed.
- Interoperability – The WS standards-based communications methods are allowing different applications to talk to each other, share data and services, thus they are granting applications platform and language independence.
- Deploy-ability - The task is associated with publication of the service interface along with service implementation definition. WS might be deployed over firewalls as well.
- Low Cost of communication - The low cost internet might be used for Web Services implementation. It is much more cost-effective solution then EDI/B2B.
- Business Opportunity - As a self-describing application that has an automatic discovery mechanism, Web Services reduces the software development time. It helps business partners quickly develop the application, find the service provider and start doing business. It saves

business time and money and gives opportunity to increase revenue via their own WS exposing to others.

### Disadvantages

- The simplicity of plain text protocols is an advantage and disadvantage of e services at the same time as they are using (with SOAP especially) verbose method to identify data. Extra size is an issue for busy and low-speed connections.
- As HTTP and HTTPS are stateless protocols not meant for long-term connections. The server needs a way to keep track the client activities. Usually sessions are used to identify a client and the timeout mechanism is that finds whether the client is active or not. As web services are exposed to public using HTTP protocol, authentication/authorization along with security standard (XML Encryption, XML Signature, XACML, SAML) adoption is recommended. All these require Web service developers extra work.

Other challenging issues might be quality of service (reliability), security and distributed transactions.

### Chapter 3. The architecture of web services and WS Development Lifecycle

Web service architecture is based on three roles mainly and is using the paradigm *find-bind-publish*. Fig.2

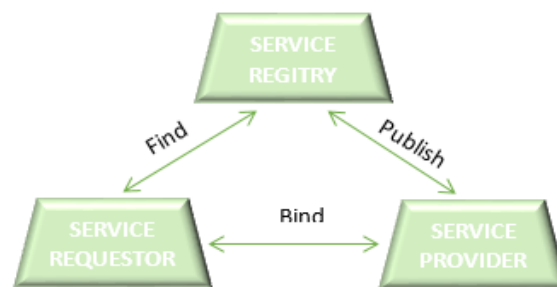


Fig.2

#### The Service Provider

- It is a service provider platform that hosts the network-accessible software, defines a service description for the Web service and publishes it to a service requestor or service registry.

#### The Service requestor

- It is a service user that use find to search the service description and binds it to service provider. Service requestor can be a browser used by human or other web service for instance.

#### The Service registry

- It is a searchable “local center” of services. It is a place where services reside, where providers publish their service descriptions. Note: for statically bounded service requestors, service registry is not a necessary role in architecture, as they can get a service description from other sources like local file, FTP or Web site and etc.

#### The Web Services Development Lifecycle

The Web Services development lifecycle includes the design, deployment, and runtime requirements for each of the roles and might be presented as the sequence of the following phases:

##### Build

- This phase is on development and test of the Web service implementation. The service interface description and the service implementation description definition are fulfilled. Web service

implementations might be done directly via new Web Services development or by existing WS and applications composition. It is also possible to transform the existing applications into a WS.

While choosing the programming language and model to develop a new WS the service provider's environment should be kept in mind. One may find some similarities between object-oriented programming and WS development approach, thus some object-oriented design methodologies can be applied to WS design.

#### **Deploy**

- Here the publication of the service interface and service implementation definition to a service requestor into an execution environment usually – Web application server is included.
- If WS is a transformed applications, deployment can include only the Web service wrapping, but for service flows – deploy phase will be associated with workflow manager customization and business process management for new flows control.

#### **Run**

- During the run lifecycle phase web service is available for invocation. WS is fully deployed and network-accessible from the service provider and service requestor can find the service definition and invoke the defined service operations.

#### **Manage**

- The manage phase covers ongoing management and administration of the Web service application. The issues of security and availability, performance and the quality of service along with business processes should be defined.

Web Services stack is quite common for publish, find and bind in an interoperable manner, as it covers standards at each level. The stack is still in evolving process but we will briefly note WS stack's four main layers:

##### **Service transport**

- This layer is responsible for transporting messages between applications. It includes hypertext transfer protocol (HTTP), Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), file transfer protocol (FTP), and BEEP the Blocks Extensible Exchange Protocol.

##### **Service Packing (XML messaging)**

- This layer is responsible for “packing” data in order to “transport” it around the network. Packing means to encode messages in a common XML format so that messages can be understood by all parties. (XML-RPC, SOAP and etc).

##### **Service description**

- This layer is responsible for describing the public interface to certain web service. The service description is handled via the Web Service Description Language (WSDL).

##### **Service discovery**

This layer is responsible for centralizing services into a common registry, and are providing easy functionality of publish/find. The Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI) is used for it.

#### **Chapter4: WS standards: SOAP and REST**

The most commonly used standards are: SOAP and REST [5, 6]. Let us briefly discuss each of them:

### **SOAP**

SOAP might be considered as a tool used to develop interoperable software. It defines rules for sending and receiving Remote Procedure Calls (RPC) and is not tied to any specific operating system or programming language.

When some client application wants to use a web service it must create a port for the methods that are implemented in the web service. When methods are called on the port, the application wraps up the method call in a SOAP request and sends it off to the server.

SOAP is a protocol for wrapping up these types of requests in form of XML for smooth communication. The server receives the request, executes the method and sends back to client.

The translation of outgoing requests and incoming responses is handled by the underlying SOAP library implementation.

Using for instance NetBeans to create a web service in Java saves lot of time because neither the web service nor the client code has to parse the XML in the messages. That will all be handled by the API.

Finally we'd like to mention that in the early 2000s - SOAP was the dominant web services standard, but because of its verbosity character, other slimmer message formats becoming more popular nowadays [7].

### **REST**

In mid 2000s the RESTful web services started to become more and more popular. The term REST (Representational State Transfer) was defined almost the same time as SOAP by Roy Fielding in his doctoral dissertation. Roy Fielding was also one of the key authors of HTTP specification [2, 6].

REST is rather architecture then a specific web service messaging format and it is wrapped around the concept of HTTP methods or verbs. As requests differ (get and post, put and delete) RESTful services are using these differences and are translating them into certain server-side actions. The only thing needed is a client able to form /send requests (usually as URI).

Unlike SOAP, based on XML, RESTful services are using different message formats: it can return data in RSS or Atom (XML based), but can also encode data in JSON.

REST requirements are lighter weight than those of SOAP, and only require that such services use simple HTTP request response messaging [8].

By definition RESTful services are stateless. For better performance they can be cacheable as well. Developers, focused on mobile device applications building value speed and message size as critical factors for web service selection. Thus, RESTful WS with JSON message format is in favor nowadays.

A resource in a RESTful system could be anything. In the classic example of the World Wide Web, HTML documents are resources, as are the images that may be referenced in the documents. A resource should be identifiable by a unique URL.

For a database system we have four basic HTTP methods that map the four basic operations:

**GET – Read    POST – Create    PUT – Update    DELETE – Delete**

It is often convenient to think of this mapping, but it also highlights an important and often overlooked rule of web development.

GET requests should be idempotent, it retrieves a representation of a resource. It should never alter the resource it is requesting.

To update a resource PUT method is used. To create a new resource - then POST method is convenient. A GET request should be safe for the resource, leaving it in the same state it was before the request and able to be sent multiple times with no side effects.

## Chapter 5. WSDL(*Web Services Description Language*)

The services are defined by a WSDL (*Web Services Description Language*) document. The WSDL document is an XML document that defines the capabilities of the web service and allows remote applications to see which methods the web service provides and how to access them. It became a W3C recommendation from 2007[2,7].

WSDL describes web service using the following main elements:

- **Port type:** groups and defines the collection of service operations through the defined interface.
- **Port:** specifies a binding and a network address, defines a service communication port.
- **Data types:** defines the data types - in the form of XML schemas, used by service for client-server messaging.
- **Message:** data, in the form of a message describing names and format of service supported messages.
- **Service:** is an address (URL) for server access, it maps the binding to the port.
- **Binding:** the concrete protocols and data formats, supported by service provided operations.

The web service describing WSDL document is a kind of contract between web service client and server, and according to it service provider and the consumer are exchanging data, no matter what is their underlying platform and operating applications.

Let us present example of request-response type WSDL:

```
<message name="getrequest">
<part name="something" type="xs:string"/>
</message>
  <message name="getresponse">
    <part name="somevalue" type="xs:string"/>
  </message>
<portType name="glossaryTerms">
  <operation name="getsomething ">
    <input message="getrequest"/>
    <output message="getresponse"/>
  </operation>
</portType>
<binding type="glossaryTerms" name="bn1">
<soap:binding style="document" transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http" />
  <operation>
    <soap:operation soapAction="http://example.com/getsomething"/>
    <input><soap:body use="literal"/></input>
    <output><soap:body use="literal"/></output>
  </operation>
</binding>
```

As we see binding element has two attributes - name and type. The Soap:binding element has two attributes - style and transport. The transport attribute defines the SOAP protocol to use, in the example the HTTP was used.

Finally we have to mention that there are other standards in the web services but SOAP and Restful web services are most common. Debates are going about which of these standards are better, but for IT professional and developer the main issue is to choose right one for his/her posed problem keeping in mind all advantages and disadvantages of the chosen standard.

## SOAP და REST ვებ სერვისები

*მაგდა ცინცაძე, მანანა ხაჩიძე, მაია არჩუაძე*

### რეზიუმე

ნაშრომში მოყვანილია ვებ სერვისების გავრცელებული განმარტებები თანამედროვე მიდგომების გათვალისწინებით. WS -ის მოკლე ისტორიის მიმოხილვის შემდგომ საბარია სერვისების უპირატესობებსა და გამოწვევებზე მათი იმპლემენტაციის ეტაპზე. ნაშრომი ეხება ვებ სერვისების არქიტექტურასა და სიცოცხლის ციკლს. განიხილება ვების ორი ძირითადი სტანდარტი SOAP და REST ვებ სერვისები აღმწერ ენასთან (WSDL) ერთად. ნაშრომის სტრუქტურა ასეთია: ვებ სერვისების ფართოდ გავრცელებული განმარტების შემდგომ მათი მოკლე ისტორია მოცემულია თავი 1-ში, თავი 2 შეეხება ვებ სერვისების გამოწვევებსა და უპირატესობებს, ვებ სერვისების არქიტექტურა და მათი იმპლემენტაციის საკითხება აღწერილია თავი 3-ში, ორი ძირითადი სტანდარტი SOAP და REST განიხილება თავი 4-ში და WSDL-ის კონკრეტული მაგალითი მოცემულია თავი 5-ში. ნაშრომი დასრულებულია შესაბამისი ბიბლიოგრაფიით.

## SOAP и REST Веб сервисы

*Магда Цинцадзе. Манана Хачидзе, Майя Арчуадзе*

### Резюме

В представленной работе рассматривается общее определение веб-сервисов (Web Services - WS) согласно современному подходу. После описания краткой истории WS, обсуждены преимущества и проблемы, связанные с их внедрением. В работе рассматриваются проблемы архитектуры веб-сервисов наряду с их жизненным циклом развития. Обсуждены две главные стандарты SOAP и REST, и дано введение в WSDL (Язык Описания веб-сервисов). Работа организована следующим образом: после общего определения веб-сервисов представлено краткая история WS (глава 1). В главе 2 рассматриваются преимущества WS и проблемы связанные с их внедрением. Проблемы архитектуры веб-сервисов, наряду с их жизненным циклом развития даны в главе 3. Две главные стандарты SOAP и REST обсуждены в главе 4 и пример WSDL реализаций представлен в главе 5. Работу завершает соответствующая библиография.

## ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Web Services Glossary: <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-20040211/#webservice>
- [2] David Gassner, Foundations of Programming: Web Services, 2011
- [3] Standards and web services, IBM library: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/standards>.
- [4] Web Services Architecture: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>
- [5] T. Singh REST vs. SOAP – The Right Webservice, 2009
- [6] Cesare Pautasso, REST vs. SOAP: Making the Right Architectural Decision, SOA Symposium 2008, Amsterdam.
- [7] James Snell, Doug Tidwell, Pavel Kulchenko, Programming Web Services with SOAP, O'Reilly Media, Inc, 2002
- [8] Alex Rodriguez, RESTful Web services: The basics, IBM Corporation 2008, 2015: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff648318.aspx>.



---

## დრუბლოვანი გამოთვლების უსაფრთხოება

პაპუნა ქარჩავა, თენგიზ ბახტაძე, მერი გეგეჭკორი, მაია არჩუაძე

Email: merigeg@gmail.com, pqarchava@gmail.com

### რეზიუმე

მიმდინარე სტატიაში მიმოხილულია დრუბლოვანი ტექნოლოგიები. გაანალიზებულია ამ ტექნოლოგიებისთვის უსაფრთხოების საკითხები და მათი გადაწყვეტის ძირითადი მეთოდები, რომლებიც შესაძლებელია დაინერგოს დრუბლოვან გამოთვლებში.

მოყვანილია რეკომენდაციები, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია უსაფრთხოების ამაღლების მიზნით.

**გასაღები სიტყვები:** ვირტუალიზაცია, დრუბლოვანი გამოთვლები, უსაფრთხოება

### შესავალი

გასული საუკუნის ბოლოს ქსელური და კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მრავალი ახალი ტექნოლოგიის გამოჩენა. ერთერთ ასეთ ტექნოლოგიას წარმოადგენს „ვირტუალიზაცია“ (virtualization) [1]. ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიამ შესაძლებელი გახადა კომპიუტერის შემადგენელი ფიზიკური კომპონენტების ვირტუალური ასლის შექმნის და ამით ერთ ფიზიკურ მანქანაზე რამდენიმე ვირტუალური მანქანის შექმნის შესაძლებლობა. ვირტუალური მანქანა მუშაობს ფიზიკური მანქანის მსგავსად და იძლევა ფიზიკური მანქანის შესაძლებლობის მაქსიმალურად გამოყენების შესაძლებლობას. ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიის განვითარებამ ხელი შეუწყო ისეთი ტექნოლოგიის წარმოქმნას, როგორცაა დრუბლოვანი კომპიუტინგი (Cloud Computing) [2]. დრუბლოვანი კომპიუტინგი ახალი ტექნოლოგიაა და ის საკმარისად სწრაფად ვითარდება.

დრუბლოვანი კომპიუტინგის ქვეშ იგულისხმება გლობალური ან ლოკალური ქსელის მეშვეობით დაკავშირებული კონფიგურებადი გამოთვლითი რესურსების (მაგალითად, სერვერების, მონაცემთა შენახვის სერვისების, პროგრამული დანართების და სხვა სერვისების) გამოყოფა მოთხოვნის საფუძველზე, რომლებიც ოპერატიულად იქნებიან გამოყოფილი და მოითხოვენ ექსპლუატაციის მინიმალურ დანახარჯს.

ქსელის მეშვეობით დაკავშირებული მოწყობილობების შეთანხმებული მუშაობის უზრუნველსაყოფად გამოიყენება სპეციალიზირებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც პასუხისმგებელია მოწყობილობათა და პროგრამათა მონიტორინგზე, დატვირთულობის გადნაწილებაზე, ამოცანის გადაწყვეტისთვის საჭირო რესურსების გამოყოფის უზრუნველყოფაზე და ა.შ.

დრუბლოვან ტექნოლოგიას იყენებს მრავალი მსხვილი ორგანიზაცია, როგორცაა Google, Yahoo, Amazon და სხვა. ორგანიზაციები მის გამოყენებას მიმართავენ იმ მიზნით, რომ ის იძლევა მრავალ უპირატესობას ტრადიციულ outsourcing-თან მიმართებაში. რადგანაც დრუბლოვანი კომპიუტინგი შედარებით ახალი ტექნოლოგიაა, ამიტომ არსებობს მრავალი საფრთხე, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს მის განვითარებას. შესაბამისად მნიშვნელოვანია გამოყენებისას ინფორმაციის უსაფრთხოების საკითხის შესწავლა.

### საფრთხეები დრუბლოვანი კომპიუტინგისთვის

რადგანაც დრუბლოვანი კომპიუტინგი დაფუძნებულია ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიაზე, ამიტომ მისი უსაფრთხოების საკითხი პირდაპირაა დაკავშირებული ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიის უსაფრთხოებასთან. ვირტუალიზაციის მოდელში ინფორმაციის

უსაფრთხოების საკითხი დაკავშირებულია არქიტექტურის ყოველი კომპონენტის უსაფრთხოებასთან (ჰიპერვიზორი, მმართველი სერვერი, ვირტუალური მანქანა, პროგრამული უზრუნველყოფა და ა.შ.).

ვირტუალიზაციის მოდელში შეიძლება არსებობდეს შემდეგი საფრთხეები:

1. **ჰიპერვიზორი (hypervisor) [3]** არის პროგრამა ან აპარატურის სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს რამდენიმე ოპერაციული სისტემის ერთდროული ამუშავების შესაძლებლობას. ის შედგება მთელი რიგი პროგრამული დანართებისგან, რომლებიც უზრუნველყოფენ ოპერაციული სისტემების იზოლირებას ერთმანეთისაგან, მათ მართვას, მათ უსაფრთხოებას და თავდაცვას, მათ შორის რესურსების გადანაწილებას. ცხადია, რომ ჰიპერვიზორის მონოპოლიზირება იქნება დიდი საფრთხის შემცველი. ამ კუთხით ყველაზე გავრცელებული საფრთხეებია:
  - ბუფერის გადავსება და ნებისმიერი პროგრამის შესრულება;
  - ვირტუალურ მანქანაში მომხმარებლის პრივილეგიების გაზრდა;
  - მომსახურეობაზე მტყუნება.
2. **ადმინისტრირება.** ადმინისტრირების მექანიზმების, რომლებიც უზრუნველყოფენ ვირტუალური მანქანების შექმნის, მათი მართვის და ადმინისტრირების სხვა ამოცანების რეალიზებას, მონოპოლიზირება, ცხადია, იქნება დიდი საფრთხის შემცველი.
3. **ვირტუალური მანქანები და პროგრამული დანართები [3].** ერთ ფიზიკურ მანქანაზე ამუშავებულ ვირტუალურ მანქანებს შორის (სწრაფქმედების ამალგების მიზნით) ხშირად არ ხდება გადასაცემი მონაცემების შემოწმება, იმ მოსაზრებიდან, რომ ფიზიკურ მანქანაზე გამოყენებული დაცვის მექანიზმებმა უნდა უზრუნველყონ ვირტუალური მანქანებს შორის მონაცემების უსაფრთხო გადაცემა. ამ შემთხვევაში, თუ აღმოჩნდება, რომ ფიზიკურ მანქანაზე არსებულმა მექანიზმებმა ვერ უზრუნველყვეს მონაცემების უსაფრთხო გადაცემა, მაშინ ასეთი მონაცემი მარტივად შეიძლება გავრცელდეს ვირტუალურ მანქანებზე, რაც შეიძლება აღმოჩნდეს დიდი საფრთხის შემცველი.
4. **ქსელური ურთიერთქმედება.** რადგანაც ვირტუალიზაციის ტექნოლოგია გულისმობს ერთ ფიზიკურ მანქანაზე რამდენიმე ვირტუალური მანქანის ამუშავების შესაძლებლობას, ამიტომ უნდა ხდებოდეს ვირტუალურ მანქანებს შორის გადასაცემი ტრაფიკის ფილტრაცია.
5. **პრივილეგიების ადმინისტრირება.** რადგანაც ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიის შეთავაზება შესაძლებელია ქსელის მეშვეობით დაკავშირებული სხვადასხვა ორგანიზაციისთვის, ამიტომ ვირტუალიზაციისთვის დამატებითი საფრთხეს წარმოადგენს ორგანიზაციებისთვის პრივილეგიების გადანაწილების საკითხი.
6. **აუდიტი და აღრიცხვა.** ვირტუალიზაციის ტექნოლოგიის ამუშავების შემდეგ მისი მუშაობის მონიტორინგის მექანიზმის არარსებობა წარმოადგენს დიდ საფრთხეს.

**პრობლემების გადაწყვეტის გზები:**

ზემოთ ჩამოთვლილი საფრთხეების გადასაწყვეტად შეიძლება მოიძებნოს მრავალი მიდგომა. პრობლემის გადაწყვეტის საუკეთესო მიდგომას წარმოადგენს მთლიანი სტრუქ-

ტურის იერარქიული სახით წარმოდგენა და იერარქიის შესაბამის დონეზე პრობლემის გადაწყვეტა. თითოეული დონისთვის საჭიროა კომპლექსური მიდგომის მოძიება [4 - 6]:

**1. ჰიპერვიზორი.**

- a. მოშორებულად დაშვების შეზღუდვა ან ასეთი დაშვებისათვის დაცული პროტოკოლის გამოყენება, მაგალითად, როგორცაა SSHv2;
- b. შეიზღუდოს ინფორმაციის მატარებლიდან ჰიპერვიზორის ამუშავების შესაძლებლობა;
- c. ჰიპერვიზორის განახლებებისთვის თვალყურის დევნა. თუ განახლება არსებობს, მაშინ ცალკეულ ვირტუალურ მანქანაზე ტესტირების შემდეგ მოხდეს მისი დანერგვა;
- d. გაკონტროლდეს ახალი დისკების მიერთების და პროგრამული დანართების დანერგვის პროცესი;
- e. გაკონტროლდეს დისკებზე და რესურსებზე წვდომის უფლებები;

**2. ადმინისტრირება.**

- a. კონფიგურაციის ცვლილებების მართვა;
- b. ადმინისტრირების ფუნქციების გადანაწილება;
- c. ქსელიდან მოშორებული დაშვების კონტროლი;
- d. რეგულარული განახლება;
- e. მოვლენათა მონიტორინგი და აღრიცხვა.

**3. ვირტუალური მანქანები და პროგრამული დანართები.**

- a. ანტივირუსული დაცვა;
- b. ვირტუალური მანქანების გაერთიანება სანდოობის არეების მიხედვით;
- c. დროული განახლება;
- d. დაცვის მექანიზმების განახლება.

**4. ქსელური ურთიერთქმედება.**

- a. ვირტუალური მანქანების იზოლირება ერთმანეთისაგან;
- b. ქსელური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.

**5. პრივილეგიების ადმინისტრირება.**

- a. პრივილეგიების მართვა;
- b. რესურსზე დაშვების მართვა.

**6. აუდიტი და აღრიცხვა.**

- a. სისტემაში მიმდინარე პროცესების მუდმივი აუდიტი ზიანის შემცველი მოქმედებების და კონფიგურაციის გამოსავლენად;
- b. მიმდინარე პროცესების აღრიცხვა და ანალიზი.

ცხადია, ჩამოთვლილი პირობების დაკმაყოფილება გაზრდის ღრუბლოვანი კომპიუტინგის უსაფრთხოებას, მაგრამ ეს არ არის საკმარისი, ვინაიდან არაკეთილმოსურნე მხარის მიერ მუდმივად იქნება მცდელობა დაცვის მექანიზმების კომპრომიტირებისა და მნიშვნელოვანი მონაცემების ხელში ჩაგდებისა. ამიტომ არ უნდა შეწყდეს დაცვის მექანიზმების გაუმჯობესების მიზნით ახალი მეთოდების შემუშავების მცდელობა.

## Safety of Cloudy Computing

*Papuna Qarchava, Tengiz Bakhtadze, Meri Gegechkori, Maia Archuadze*

### Summary

In the offered article cloudy technologies is considered. Safety issues and the main methods of their decisions for these technologies which are possible for introducing in cloud computing are analyzed.

Recommendations which should be provided for safety increase are presented.

## Безопасность облачного компьютеринга

*Папуна Карчава, Тенгиз Бахтадзе, Мери Гегечкори, Майя Арчуадзе*

### Резюме

В предложенной статье рассматриваются облачные технологии, анализированы вопросы безопасности и главные методы их решений для этих технологий, которые возможно внедрить в облачных вычислениях.

Приведены рекомендации, которые обязательно надо предусмотреть для повышения безопасности.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. M. Zabalja'uregui, Hardware Assisted Virtualization Intel Virtualization Technology. 2008
2. Cloud computing, [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing);
3. Security of the VMware vSphere® Hypervisor, VMware, Technical White Paper (updated january 2014), 2014, 26 p.
4. K, Hashizume, D.G. Rosado, E.Fernández-Medina and E.B.Fernandez, An analysis of security issues for cloud computing, Journal of Internet Services and Applications, 2013, 13 pg.
5. Волокита А., Ву Д., Коханевич И., Бидков А., Модель поддержки безопасности ресурсов cloud систем на уровне инфраструктуры, "АСАУ" – 21(41) 2012, 9 стр.
6. Zubarev I., Radin P., The Basic Information Security Threats in the Virtual Environments and Cloud Platforms, Вопросы кибербезопасности №2(3), 2014, 6 pg.

---

## Google Apps for Education-ის სერვისების გამოყენება სასწავლო პროცესში

მერი გეგეჭკორი, ვერიკო ბახტაძე, ნინო ნარიმანიძე, თინათინ კაიშაური

Email: merigeg@gmail.com, ninonarimanidze9@gmail.com

### რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია განათლების სფეროში Google სერვისების გამოყენების უპირატესობები. განხილულია სასწავლო პროცესში ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული პროფესიული პაკეტის, Google Apps for Education-ის გამოყენების შესაძლებლობები. მოკლედ აღწერილია Google Apps for Education-ის რამდენიმე პოპულარული სერვისი და დანართი, რომლებიც ამარტივებენ, დინამიურს ხდიან სწავლების პროცესს და ზრდიან მის ეფექტურობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ინოვაციური ტექნოლოგიები, Google სერვისები, Google Apps for Education.

ნებისმიერი ქვეყნის განათლება გულისხმობს პროფესიულ მომზადებას, სწავლებას და აღზრდას პიროვნების, საზოგადოებისა და სახელმწიფოს ინტერესებიდან გამომდინარე. ყოველივე ეს მიმართულია ცოდნის, უნარების, ჩვევების ათვისებისკენ, მოსწავლის ჰარმონიულ, მრავალმხრივ განვითარებულ და შემოქმედებით პიროვნებად ჩამოყალიბებისაკენ. პიროვნებად, რომელიც აღჭურვილი იქნება თანამედროვე საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებით, შეეძლება არასტანდარტული გადაჭრის გზების მოძიება, შედეგების პროგნოზირება და საბოლოო შედეგებზე პასუხისმგებლობის აღება.

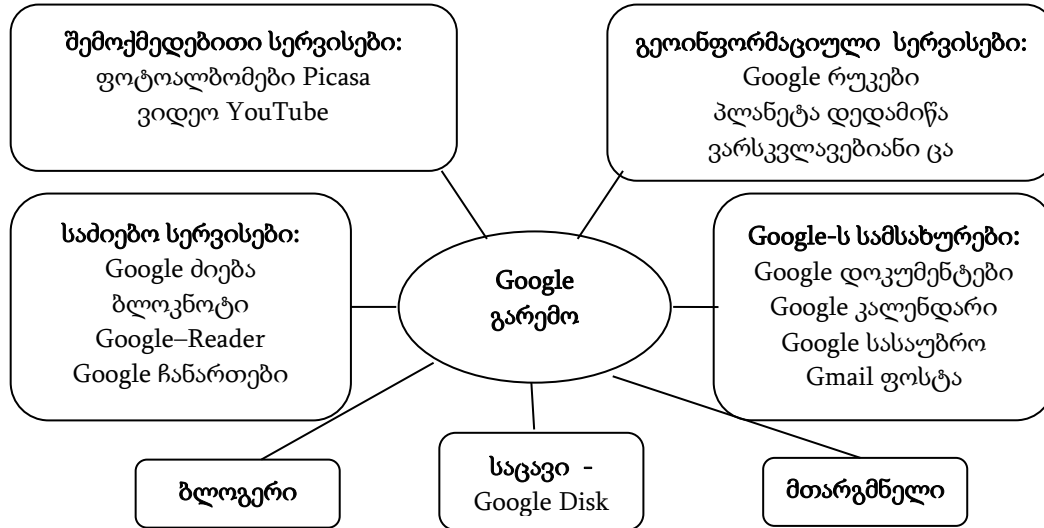
შემოაღნიშნული მიზნის მისაღწევად დღეისათვის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს განათლების სფეროში ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენება, ანუ მოსწავლეთა და სტუდენტთა სწავლების ექსპერიმენტული, ახალი მოდელებისა და მეთოდების პრაქტიკაში დანერგვის პროცესი.

ინოვაციური ტექნოლოგიების, კერძოდ, „ღრუბლოვანი გამოთვლების“ (Cloud Computing) ჩართვა სასწავლო პროცესში საშუალებას აძლევს სასწავლო დაწესებულებებს ინტერნეტით, სერვისის სახით, მიიღონ და გამოიყენონ ისეთი პროგრამული დანართები, რომლებიც ხელს უწყობენ სასწავლო პროცესის გამარტივებას, გაუმჯობესებას და მისი ეფექტურობის გაზრდას [1]. მათი გამოყენება ყველაზე საუკეთესო საშუალებაა ახალი სასწავლო სტანდარტების რეალიზების თვალსაზრისით.

მრავალრიცხოვან ინფორმაციულ რესურსებს შორის, რომლებიც თანამედროვე საგანმანათლებლო სტანდარტებს შეესაბამება, მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს Google-ს და მის სერვისებს. Google – ეს არის მძლავრი და პოპულარული სამიეობო სისტემა, რომლის ძირითადი მახასიათებელია მაღალი სანდოობა. იგი მოიცავს მრავალ ინსტრუმენტს, რომელიც ხელმისაწვდომია Google-ში დარეგისტრირებული თითოეული მომხმარებლისათვის და სასარგებლოა როგორც ინდივიდუალური, ასევე ერთობლივი მოღვაწეობისათვის. Google-ის სერვისები (ნახ.1) ორიენტირებულია ადამიანთა ქსელურ ურთიერთქმედებაზე. ისინი წარმოადგენენ ინოვაციური სასწავლო პროცესის კომფორტულ და მარტივ ინსტრუმენტებს. რომელთაც გააჩნიათ შემდეგი უპირატესობები:

- აპარატურულ მოწყობილობებზე მინიმალური მოთხოვნები (ძირითადი მოთხოვნაა ინტერნეტზე წვდომა);
- არ მოითხოვენ სასწავლო პროცესის აღჭურვას თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკით და პროგრამული უზრუნველყოფით, მათ მომსახურებაზე მატერიალურ დანახარჯების გაწევას. დანართებზე წვდომა შესაძლებელია ნებისმიერი ბრაუზერიდან;

- მხარს უჭერენ ყველა ოპერაციულ სისტემას და მომხმარებლის პროგრამას;
- მათი ყველა ინსტრუმენტი უფასოა;
- მათი დანართების (დოკუმენტები, ცხრილები, პრეზენტაციები, ნახატები) საშუალებით შესაძლებელია ჯგუფური პროექტების ორგანიზება.



ნახ.1. Google გარემოს სერვისები

Google გარემოს დრუბლოვან ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული სერვისების უმეტესობა წარმატებით გამოიყენება საგანმანათლებლო მიზნით. მათ შორის აღსანიშნავია Google Apps for Education.

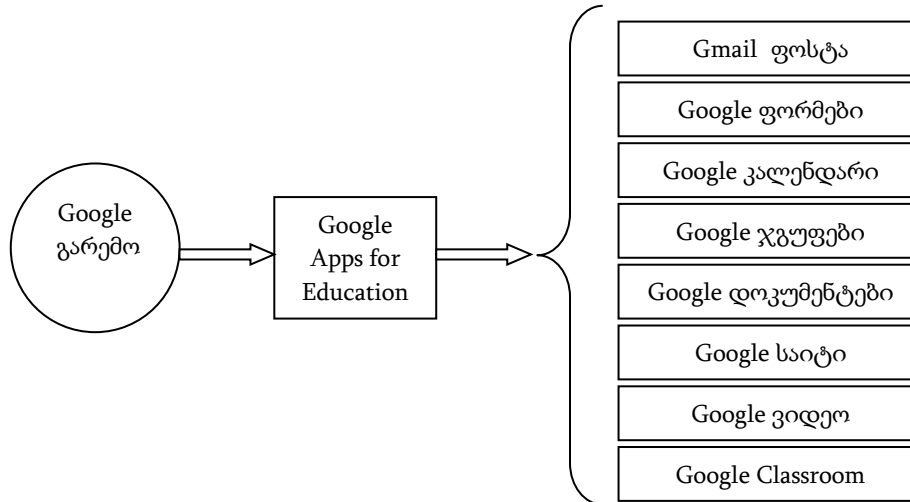
Google Apps for Education ეს არის დრუბლოვანი სერვისების და დანართების პროფესიული პაკეტი, რომელსაც Google სთავაზობს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს უფასოდ, მათ მიერ არჩეული დომენის ფარგლებში. Google Apps for Education მომსახურებები აგებული SaaS (Software as a Service - პროგრამული უზრუნველყოფა, როგორც მომსახურება) მოდელზე და ორიენტირებულია საბოლოო მომხმარებელზე – პედაგოგებზე, სტუდენტებსა და მოსწავლეებზე [2]. Google Apps for Education-ის დანართების სასწავლო პროცესში გამოყენება საშუალებას იძლევა შეიქმნას სასწავლო დაწესებულების მთლიანი ელექტრონული საინფორმაციო-საგანმანათლებლო გარემო, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა სახის სასწავლო პროცესს, სწავლების შედეგების შეფასების პროცედურებს, ელექტრონული პორტფოლიოების შექმნას, სტუდენტთა/მოსწავლეთა ნამუშევრების შენახვას, მათ რეგენზირებას და შეფასებას. ვინაიდან Google Apps for Education-ის ინსტრუმენტები მხარდაჭერილია ისეთი მოწყობილობებით, როგორცაა პერსონალური კომპიუტერები, ნოუტბუქები, პლანშეტები, სმარტფონები, მობილური ტელეფონები და ა.შ., ამიტომ იგი წარმოადგენს უნივერსალურ, მძლავრ IT-ტექნოლოგიას საგანმანათლებლო სფეროში სამუშაოდ.

დღეისათვის სასწავლო პროცესში Google Apps for Education რამდენიმე სერვისი გამოიყენება. ამ სერვისებიდან ყველაზე პოპულარულები მოცემულია ნახ.2-ზე.

Gmail - უფასო ელექტრონული ფოსტაა, რომელიც აძლევს მოსწავლეებს/სტუდენტებსა და პედაგოგებს სასწავლო პროცესისთვის აუცილებელი ინფორმაციისა და დოკუმენტების გაცვლის, ნამუშევრების განხილვისა და კომენტარების საშუალებას. ფოსტას გააჩნია ხმოვანი და ვიდეოჩატი, კორესპოდენციების ძებნის მძლავრი ალგორითმი, სპამებისა და ვირუსებისგან დაცვა.

Google ფორმები - ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია მოსწავლეებთან უკუკავშირისათვის ანკეტებისა და გამოკითხვების შედგენა. ასევე, ცოდნის შემოძვევალი, მიმდინარე და შემაჯამებელი კონტროლისათვის ტესტების შექმნა.

Google კალენდარი – წარმოადგენს მართვისა და დაგეგმვის ვებ-ინსტრუმენტს. იგი იძლევა სასწავლო პროცესის გრაფიკის შექმნის, დამატებითი მეცადინეობებისა და კონსულტაციების, სემინარების, წრეების და სხვა ღონისძიებების ცხრილში შეტანის საშუალებას.



ნახ.2. Google Apps for Education-ის პოპულარული სერვისები

Google ჯგუფები – მართვისა და ჯგუფური მუშაობის ინსტრუმენტი, რომელიც დაფუძნებულია მოდერირებად ფორუმებსა და გზავნილების ჩამონათვალზე. იგი გამოიყენება სასწავლო პროცესის ყველა მონაწილის ინფორმირების, პროექტებზე ერთობლივი მუშაობის, კომუნიკაციის, კონსულტაციისა და თვითგამოვლენისთვის.

Google დოკუმენტები – წარმოადგენს ონლაინ ოფისს, ვებ სერვისების უფასო ნაკრებს. იგი მოსწავლეებს/სტუდენტებს და პედაგოგებს აძლევს საერთო დოკუმენტებსა და პროექტებზე დისტანციური მუშაობის საშუალებას. მას გააჩნია სრულფასოვანი ინსტრუმენტები ტექსტური დოკუმენტების, ელექტრონული ცხრილების, პრეზენტაციების, PDF-ფაილების შექმნის, შენახვა-გაცვლის, ერთობლივი გამოყენებისა და ინტერნეტში პუბლიკაციისათვის.

Google საიტი – საიტების კონსტრუქტორია, რომელშიც შესაძლებელია ვიდეოების, გამოსახულებების, დოკუმენტების პუბლიკაცია. ამ სერვისის მიზანია ერთიანი ინტერნეტ სივრცის შექმნა, სადაც მომხმარებლები ერთმანეთს გაუზიარებენ ინფორმაციას. ამ სერვისის საშუალებით შესაძლებელია საიტზე განთავსდეს სხვადასხვა ინფორმაცია კალენდარის, ვიდეოს, გამოსახულების, დოკუმენტების და სხვა სახით.

Google ვიდეო – სერვისია, რომელიც ერთმანეთს უთავსებს სამომხმარებლო ვიდეორგოლების ვიდეოჰოსტინგსა და მათი ძეგნის სისტემას. ამ სერვისის დახმარებით შესაძლებელია ვიდეორგოლების უსაფრთხო განთავსება და ნახვა. მათი ნახვა და კომენტირება არ საჭიროებს არანაირ პროგრამულ უზრუნველყოფას, ბრაუზერის გარდა.

Google Classroom – წარმოადგენს სასწავლო საქმიანობის მართვის ახალ სისტემას [3]. იგი განკუთვნილია ცალკეული დისციპლინების ელექტრონული კურსების, სასწავლო-მეთოდური მასალების მომზადება-მართვისა და ინტერნეტის საშუალებით მათი გავრცელებისათვის. ასევე ამ მასალებზე სხვადასხვა მომხმარებლის წვდომის უზრუნველყოფისა და დავალებების შეფასებისა და რეგენზირებისათვის. ამასთან, დავალებები და შესრულებული სამუშაოები ავტომატურად სისტემატიზირდება Google დისკის დრუბლოვან საცავში პედაგოგის და მოსწავლე/სტუდენტისთვის გასაგები საქაღალდეებისა და დოკუმენტების სახით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პაკეტი Google Apps for Education, მისი სერვისები და დანართები სულ უფრო ამარტივებს, მოქნილსა და დინამიურს ხდის სწავლების პროცესს, ზრდის მის ეფექტურობას.

### **Use of Google Apps for Education services in the learning process**

*Mery Gegechkori, Veriko Bakhtadze, Nino Narimanidze, Tinatin Kaishauri*

#### **Summary**

Preferences of use of services of Google environment in an education are shown. Possibilities of use of professional package Google Apps for Education in learning process are considered. Some popular services and applications of Google Apps for Education which simplify learning process and increase its dynamism and efficiency are described

### **Использование сервисов Google Apps for Education в процессе обучения**

*Мери Гегечкори, Верико Бахтадзе, Нино Нариманидзе, Тинатин Каишаури*

#### **Резюме**

В статье показаны преимущества использования сервисов среды Google в сфере образования. Рассмотрены возможности использования профессионального пакета Google Apps for Education в образовательном процессе. Вкратце описаны несколько популярных сервисов и приложений Google Apps for Education, которые упрощают учебный процесс, повышают его динамичность и эффективность.

### **ლიტერატურა – References – Литература**

1. თ.ლომინაძე, მ.გეგეჭკორი, ვ.ბახტაძე, მ.არჩუაძე, ნ.ნარიმანიძე. ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარების პერსპექტივები საგანმანათლებლო სფეროში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. #17, თბილისი, 2013, გვ. 145-147.
2. Google Apps Education Edition – <http://www.google.com/a/help/intl/en/edu/index.html>
3. Pappas C. Google Classroom: A Free Learning Management System For eLearning // eLearning Industry [Электронный ресурс]. – URL: <http://elearningindustry.com/google-classroom-a-free-learning-management-system-for-elearning>.



---

## ცოდნის პროდუქციული მოდელები თავის ტკვილის პირველად დაავადებათა დიაგნოსტიკაში

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე

Email: v\_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com

### რეზიუმე

განიხილება თავის ტკვილის პირველად დაავადებათა კლასის სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა, სადაც რაოდენობრივ ნიშნებთან შედარებით ჭარბობს თვისობრივი ნიშნები (ლინგვისტური და არამკაფიო მონაცემები). შეთავაზებულია ამ ამოცანათა ამოხსნის მეთოდები ცოდნის პროდუქციული მოდელების გამოყენებით და აგრეთვე კონცეპტუალური მიდგომით, რომელიც დაფუძნებულია ბულის ფუნქციების აგებაზე მაგალითების მეშვეობით. პაციენტთა მდგომარეობის აღწერი ნიშნები მცირდება არსებითი ნიშნების გამოყოფის ხარჯზე, რაც უზრუნველყოფს ექსტრაპოლაციას - იმ მდგომარეობათა გამოცნობას, რომლებიც არ შედიან სასწავლო ამონაკრეფში.

*საკვანძო სიტყვები: ცოდნა, მოდელი, დიაგნოსტიკა, დაავადება.*

სამედიცინო დიაგნოსტიკა წარმოადგენს სახეთა გამოცნობის ერთ-ერთ მიმართულებას, რომელიც დაკავშირებულია დაავადების გამოცნობასთან. გამოცნობა ხორციელდება მონაცემების საფუძველზე, ამიტომაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მონაცემთა წარმოდგენას და ობიექტების აღწერის ხერხს. თუ ობიექტი აღწერილია რაოდენობრივი ნიშნების მეშვეობით, მაშინ მისი წარმოდგენა შესაძლებელია როგორც  $X$  წერტილი  $n$ -განზომილებიან ევკლიდეს სივრცეში. რიცხვები  $x_1, \dots, x_n$  წარმოადგენენ  $X$  წერტილის დეკარტულ კოორდინატებს - ობიექტის ნიშნების მნიშვნელობებს. ამ მიდგომის თანახმად, ობიექტები მიეკუთვნებიან ერთსა და იმავე კლასს თუ წერტილები, რომლებიც ამ ობიექტებს წარმოადგენენ ევკლიდეს სივრცეში, ახლოს არიან ერთმანეთთან [1]. ამ შემთხვევაში ამოცანის ამოსახსნელად შეიძლება იყოს გამოყენებული მეთოდები, რომლებიც ეფუძნებიან მანძილის ცნებას. ასეთი მიდგომა სამართლიანია ფიზიკური სკალების უმეტესობისთვის. თუ მონაცემთა ნაკრები არის თვისობრივი ხასიათის და არ არსებობს მანძილის გონივრული ინტერპრეტაცია, მაშინ ობიექტის წარმოდგენა, როგორც წერტილი ევკლიდეს სივრცეში, შეუძლებელია. ეს იქნება, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, როდესაც ობიექტის აღწერის მონაცემები წარმოადგენენ ისეთ ნიშნებს, როგორებიცაა: გულისრევა, ლებინება, ტკვილი გულის არეში და სხვა. თუ მონაცემების ნაკრებში გხვდება როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი მონაცემები, მაშინ საჭიროა გამოვიყენოთ მეთოდი, რომელიც იმუშავებს როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი ნიშნების შემთხვევაში. ანდა საჭიროა ისეთი მეთოდის გამოყენება, სადაც გარკვეული გარდაქმნის შედეგად მიიღება ერთგვაროვანი ნიშნები.

პირველ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოვიყენოთ მეთოდები, რომლებიც ეყრდნობიან ექსპერტის ცოდნას (ექსპერტული სისტემები). ხოლო ერთგვაროვანი ნიშნების მისაღებად ხდება რაოდენობრივი ნიშნების გარდაქმნა თვისობრივში. ასეთი გარდაქმნა ხორციელდება რაოდენობრივი ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლის შუალედებად დაყოფით. თითოეული შუალედი წარმოადგენს ბინარულ ნიშანს, რომელიც ჭეშმარიტია ან მცდარია.

მოცემულ სამუშაოში განიხილება თავის ტკვილის პირველადი დაავადებების კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ამოცანა. პირველადი თავის ტკვილების კლასში შედიან ისეთი თავის ტკვილები, რომლებიც არ არიან ასოცირებული სხვა

პათოლოგიასთან. ეს კლასი მოიცავს შაკიკს, დამაბვისა და კლასტერული თავის ტკივილებს. ამ დაავადებებში ჭარბობს თვისობრივი ხასიათის მონაცემები. ნიშნების სახის მიხედვით აირჩევა ამოცანის ამოხსნის მეთოდი, რომელიც ხელსაყრელია სამედიცინო ამოცანების გადასაწყვეტად.

განვიხილოთ პირველი შემთხვევა, რომელიც ხორციელდება ექსპერტული ცოდნის გამოყენებით. ცოდნის წარმოდგენის ერთ-ერთი მოდელი არის პროდუქციული წესები. წარმოვადგინოთ ცოდნა თავის ტკივილის პირველადი დაავადების დიაგნოსტიკების შესახებ პროდუქციული წესების მეშვეობით და გამოვიყენოთ ეს ცოდნა ჩვენი ამოცანის ამოხსნისას. განვიხილოთ პროდუქცია:

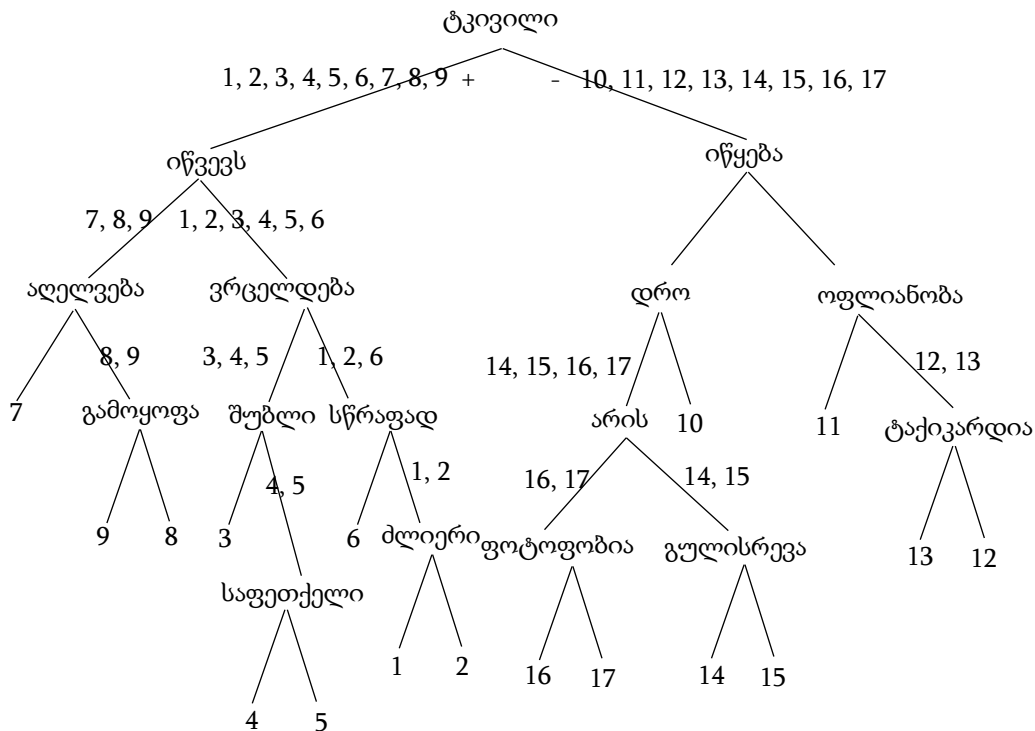
**თუ** პაციენტს გააჩნია 1) ძლიერი თავის ტკივილი  $-x_1$ ; 2) თავის ტკივილი ლოკალიზებულია ერთ მხარეზე თვალის გარშემო  $-x_2$ ; 3) თავის ტკივილი ვრცელდება შუბლზე  $-x_3$ ; 4) თავის ტკივილი ვრცელდება საფეთქელზე  $-x_4$ ; 5) თავის ტკივილი ვრცელდება ლოყაზე  $-x_5$ ; 6) ტკივილი იწყება სწრაფად და გრძელდება 15 წუთიდან  $-3$  საათამდე  $-x_6$ ; 7) თავის ტკივილი იწვევს აღელვებას  $-x_7$ ; 8) თავის ტკივილი იწვევს გამონადენს ცხვირიდან  $-x_8$ ; 9) თავის ტკივილი იწვევს ცხვირის დახშობას ერთი მხრიდან  $-x_9$ ; 10) შეტევა იწყება ერთსა და იმავე დროს 1-დან  $-8$ -მდე დღეში  $-x_{10}$ ; 11) შეტევის დროს არის შუბლის ოფლიანობა  $-x_{11}$ ; 12) შეტევის დროს სახე გაწითლებულია  $-x_{12}$ ; 13) შეტევის დროს არის ტაქიკარდია  $-x_{13}$ ; 14) შეტევის დროს იწყება გულისრევა  $-x_{14}$ ; 15) შეტევის დროს იწყება ღებინება  $-x_{15}$ ; 16) შეტევის დროს არის ფოტოფობია  $-x_{16}$ ; 17) შეტევის დროს არის ფონოფობია  $-x_{17}$ .

**მაშინ** პაციენტს უნდა ჰქონდეს კლასტერული თავის ტკივილი.

კომპიუტერული დიაგნოზის დასმისას ხდება პაციენტის მდგომარეობის აღწერის შედარება იმ აღწერასთან, რომელიც მოთავსებულია პროდუქციის პირობით ნაწილში. თუ პაციენტის მდგომარეობის აღწერა დაემთხვევა აღწერას, რომელიც მოთავსებულია პროდუქციის პირობით ნაწილში, მაშინ კეთდება დასკვნა, რომელიც შეესაბამება პროდუქციის მარჯვენა მხარეს. ასეთი შედარება იძლევა შედეგს იმ შემთხვევაში, როდესაც შემოსული ინფორმაცია ზუსტად ემთხვევა ცოდნის ბაზაში მოთავსებულ ერთ-ერთი პროდუქციის მარცხენა მხარეში არსებულ ინფორმაციას, რაც პრაქტიკულად იშვიათია. თუ შემოსული ინფორმაცია არ ემთხვევა არცერთ პროდუქციაში შემავალ აღწერას, მაშინ დასკვნა ვერ კეთდება. ტექსტი, რომელიც მოთავსებულია პროდუქციების პირობით ნაწილში, შედგება კონკრეტული სიტყვებიდან. პაციენტმა შეიძლება გამოხატოს თავისი მდგომარეობა სხვა სიტყვებით (სინონიმებით), რაც იწვევს გაუგებრობას. ეს რომ არ მოხდეს, საჭიროა შემავალი ინფორმაციის კანონიზირება. ამისათვის გამოიყენება ლექსიკონი, რომელიც შემავალ სიტყვებს ცვლის კომპიუტერისთვის გასაგები სიტყვებით (სინონიმებით). ვინაიდან სამედიცინო მონაცემები წარმოდგენილია ან ცალკეული სიტყვით ან გამონათქვამის სახით და შემავალი წინადადების სტრუქტურა საკმარისად მარტივია, აქ რთული გრამატიკული ანალიზი არ არის საჭირო და საკმარისია გასაღები სიტყვების გამოყენება [2]. სიტყვა წარმოადგენს გასაღებ სიტყვას იმ შემთხვევაში, თუ ამ სიტყვას შეიცავს წინადადებების ერთი ნახევარი და მეორე ნახევარი არა. ე.ი. გასაღები სიტყვა ახორციელებს შემავალი წინადადებების სიმრავლის დაყოფას ორ კლასად. თითოეული ქვეკლასი კიდევ დაიყოფა ორ კლასად და ა.შ. ყველა წინადადება პროდუქციის პირობით ნაწილში უნდა იყოს დანომრილი. მაშინ დაყოფის შედეგად ტერმინალურ წვეროებში ჩვენ ვღებულობთ შემავალი წინადადებების ნომრებს. ყოველი ეს ნომერი ჩვენ შემთხვევაში შეესაბამება პროდუქციის პირობითი ნაწილის რომელიმე წინადადებას. ეს კი საშუალებას გვაძლევს გამოვიცნოთ შემავალი წინადადება იმ შემთხვევაშიც კი, როცა წინადადებაში ხდება სიტყვების გადაადგილება ან ემატება სხვა გაუთვალისწინებელი სიტყვები. ამ წინადადებისგან შედგება ტექსტი და თუ ტექსტის ყველა წინადადებას მიეწერება

ნომრები და თუ ყოველი ეს ნომერი დაემთხვევა პროდუქციის პირობით ნაწილში წარმოდგენილ ნომრებს, მაშინ მარჯვენა მხარე ამუშავდება და მიიღება შესაბამისი გადაწყვეტილება. გამოვიყენოთ [2] –ში წარმოდგენილი მეთოდი იმისათვის, რომ გამოვიცნოთ ზემოთ მოყვანილ პროდუქციაში შემავალი წინადადებები იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ხდება წინადადებაში სიტყვების გადაადგილება. ამისათვის დავნომროთ ზემოთ მოყვანილი პროდუქციის წინადადებები და წინადადებათა სიმრავლეში გამოვიძიოთ გასაღები სიტყვები. გასაღები სიტყვების მისაღებად მოვძებნოთ სიტყვა, რომელიც ყოფს ამ წინადადებათა სიმრავლეს ორ ნაწილად. ერთ-ერთი ასეთი სიტყვაა “ტკივილი”. ეს სიტყვა იმყოფება წინადადებათა სიმრავლის ერთ ნაწილში და მეორეში არა. ყოველი ეს ნაწილი დავყოთ კიდევ ორ კლასად შესაბამისი სიტყვის გამოყენებით. გავაგრძელოთ ეს პროცედურა [2] –ში მოყვანილი მეთოდის მიხედვით. ამ პროცედურის დამთავრებისას მივიღებთ გასაღები სიტყვების ნუსხას. ეს სიტყვებია: ტკივილი, იწვევს, იწყება, აღელვება, დრო, ოფლიანობა, ვრცელდება, გამოყოფა, შუბლი, სწრაფად, ტაქიკარდია, საფეთქელი, ძლიერი, არის, ფოტოფობია, გულისრევა. ეს სიტყვები მოთავსებულია ხის წვეროებში: ამ სიტყვების მეშვეობით ხდება წინადადებების გამოცნობა. ყოველ ამ წინადადებაში შეიძლება მოხდეს სიტყვების გადაადგილება. ეს არ შეცვლის ჩვენს დასკვნას წინადადების ამა თუ იმ კლასისადმი მიკუთვნების თვალსაზრისით. ავიღოთ მაგალითისთვის წინადადება: “შეტვის დროს არის შუბლის ოფლიანობა”. ამ წინადადებას აქვს №11 პროდუქციის პირობითი ნაწილი. ვაწარმოთ სიტყვების გადაადგილება. გადაადგილების შედეგად მივიღებთ წინადადებას: “შუბლის ოფლიანობა არის შეტვის დროს”.

შევამოწმოთ გასაღები სიტყვების მეშვეობით (ნახატი №1)



ნახ,1

1. სიტყვა ტკივილი არის? – არა. გადავიდეთ მარჯვენა შტოზე.
2. სიტყვა იწყება არის? – არა. გადავიდეთ მარჯვენა შტოზე
3. სიტყვა ოფლიანობა არის? – არის. გადავიდეთ მარცხენა შტოზე.

ჩვენ მივადწიეთ ტერმინალურ წვეროს, რომლის ნომერი არის 11. ე.ი. ეს წინადადება ემთხვევა წინადადებას, რომელსაც აქვს მეთერთმეტე ნომერი პროდუქციების სიაში. ე.ი. ამ მეთოდის გამოყენებით შევძლებთ გამოვიცნოთ წინადადება იმ შემთხვევაშიც, როცა შემავალ წინადადებაში სიტყვები გადაადგილდა.

განვიხილოთ მეორე მიდგომა, რომელიც მიმართულია ამ პრობლემის გადაწყვეტისკენ. ამ შემთხვევაში აგრეთვე გამოიყენება პროდუქციული სისტემები. მაგრამ ამჯერად მარცხენა მხარე მოცემულია არა ტექსტის სახით, არამედ ბულის ფუნქციის მეშვეობით (კონცეპტის სახით), რომელიც წარმოადგენს სიტუაციის განზოგადებულ აღწერას. ეს განზოგადებული აღწერა წარმოადგენს ცნების გარკვეულ მოდელს. ბულის ფუნქციის გამოყენებისას საჭიროა ყველა სახის ზემოთ აღნიშნული მონაცემების ბინარიზაცია [3, 4].

ბინარიზაცია ძირითადად ეხება რაოდენობრივ ნიშნებს და ხორციელდება ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლის შუალედებად დაყოფით. ნიშნები წარმოიდგინება ერთად-გილიანი  $P(x)$  პრედიკატების მეშვეობით, რაც ნიშნავს – “ $x$  მნიშვნელობის ყოფნა მოცემულ შუალედში.”  $P(x)$  პრედიკატი ღებულობს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას, თუ  $x$  მოხვდა მოცემულ შუალედში, და მცდარს წინააღმდეგ შემთხვევაში. მნიშვნელობების ყოველი შუალედი განიხილება როგორც ბინარული ნიშანი, რის გამოც ნიშანთა რაოდენობა მატულობს. როდესაც  $x$  ცვლადი ერთადგილიან პრედიკატში ღებულობს კონკრეტულ მნიშვნელობას, პრედიკატი გარდაიქმნება ჩვეულებრივ გამონათქვამში, რომელიც შეიძლება იყოს ან ჭეშმარიტი, ან მცდარი. ასეთი გამონათქვამები განსაზღვრავენ ნიშნების ბინარულ მნიშვნელობებს. აღვნიშნოთ ეს ნიშნები ასოებით  $u_1 \dots u_n$ , და წარმოვადგინოთ მათი ბინარული მნიშვნელობები ცხრილში, რომლის სტრიქონებში წარმოდგენილია პაციენტების მდგომარეობის აღწერები – სასწავლო ამონაკრეფის მონაცემები (ცხრილი №1).

$u_1$	$u_2$	.....	$u_n$	კლასი
0	0	.....	1	$R_1$
1	0	.....	0	$R_1$
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	$R_2$
.....	.....	.....	.....	.....
0	1	.....	1	$R_k$

ცხრილი 1

ამ ცხრილში რიცხვები 0 და 1 აღნიშნავენ ნიშნების  $u_1 \dots u_n$  ბინარულ მნიშვნელობებს. მათი მეშვეობით აიგება  $i$ -რი კლასის ლოგიკური ფუნქცია  $f_i = \bigvee \check{u}_1 \cdot \check{u}_2 \dots \check{u}_n$ , სადაც  $\check{u}_i$  აღინიშნება  $u$ -თი, თუ ცხრილის შესაბამისი ელემენტი  $\check{u}_i=1$  და

აღნიშნება  $\bar{u}$  -თი, თუ ცხრილის შესაბამისი ელემენტი  $\bar{u}_i=0$ , სადაც  $n$  არის ნიშნების რაოდენობა, რომლებიც ახასიათებენ სიტუაციას. დიზიუნქცია მიიღება იმ ნაკრებების მიხედვით, რომლებიც მიეკუთვნებიან  $i$  – ურ კლასს. ამ ფუნქციების აგება ხორციელდება დასწავლის გზით სასწავლო ამონაკრეფის გამოყენებით. ამგვარად აგებული ფუნქცია ღებულობს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას, თუ შემავალი სიტუაცია მიეკუთვნება  $i$ –ურ კლასს და მცდარს წინააღმდეგ შემთხვევაში. როგორც ცნობილია, ასეთი ფუნქცია შეიძლება იყოს წარმოდგენილი დიზიუნქციური ნორმალური ფორმის სახით, რომელიც აგებულია  $i$  კლასის სასწავლო ამონაკრეფის ობიექტებისგან.

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი, სადაც გამოიყენება ბულის ფუნქციები. მაგალითისთვის ავიღოთ კლასტერული თავის ტკივილი (ზემოთ მოყვანილი პროდუქცია). მონაცემები, რომლებიც ახასიათებენ ამ დაავადებას, წარმოდგენილია ლოგიკური ფუნქციის  $f_i$  (კონცეპტის) სახით. ამავე ენაზე უნდა წარმოვადგინოთ თითოეული ავადმყოფის მონაცემები.

$$f_i = x_1x_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5x_6x_7\bar{x}_8x_9x_{10}x_{11}\bar{x}_{12}x_{13}\bar{x}_{14}\bar{x}_{15}x_{16}\bar{x}_{17} \vee$$

$$x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6x_7x_8x_9x_{10}\bar{x}_{11}x_{12}x_{13}\bar{x}_{14}\bar{x}_{15}x_{16}x_{17} \vee$$

$$x_1x_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5x_6x_7x_8\bar{x}_9x_{10}\bar{x}_{11}x_{12}\bar{x}_{13}x_{14}\bar{x}_{15}x_{16}x_{17} \vee$$

$$x_1x_2x_3\bar{x}_4x_5x_6x_7x_8\bar{x}_9x_{10}\bar{x}_{11}\bar{x}_{12}x_{13}\bar{x}_{14}\bar{x}_{15}\bar{x}_{16}x_{17}$$

ამ ფუნქციის მეშვეობით შეიძლება დავადგინოთ აქვს თუ არა პაციენტს ხსენებული დაავადება. ეს დასკვნა კეთდება იმის მიხედვით, ჭეშმარიტ თუ მცდარ მნიშვნელობას ღებულობს ფუნქცია შემავალ მონაცემებზე. თუ ეს მნიშვნელობა არის “ჭეშმარიტი”, დასკვნა დადებითია, წინააღმდეგ შემთხვევაში დასკვნა არის უარყოფითი.

უნდა აღინიშნოს, რომ განზოგადების უფრო მაღალი დონის მისაღწევად უნდა დავეყრდნოთ არა მხოლოდ ნიშანთა მნიშვნელობებს, არამედ თვით ნიშნებს. აქამდე ჩვენ ვიღებდით კონიუნქციებს, რომლებიც იღებდნენ ჭეშმარიტ მნიშვნელობას სასწავლო ამონაკრეფის მხოლოდ ერთ ობიექტზე. ახლა მოვითხოვთ, რომ კონიუნქცია იყოს ჭეშმარიტი ობიექტების საკმაოდ დიდ რაოდენობაზე. ასეთი მოთხოვნა გულისხმობს კონიუნქციის შერჩევას ცხრილში მოცემული არა ყველა  $n$  ნიშნებიდან, არამედ გაცილებით ნაკლები რაოდენობიდან. მხოლოდ ამ შემთხვევაში კონიუნქცია მიიღებს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას მრავალ ობიექტზე [5]. ამისათვის ამოგანის ამოხსნისას უნდა გამოვიყენოთ არსებითი ნიშნები, რომელთა მეშვეობით ჩვენ უზრუნველვყოფთ ექსტრაპოლაციას, ანუ იმ ახალი ობიექტების გამოცნობას, რომლებიც არ შედიან სასწავლო ამონაკრეფში. სიმპტომების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვყოთ ე.წ. არსებითი ნიშნები (სიმპტომები), რომელთა მეშვეობით შეიძლება გავმიჯნოთ მოცემული დაავადებები. [6] – ის შესაბამისად, ნიშანი არსებითია გამოცნობისთვის, თუ სხვადასხვა კლასის ობიექტებზე ნიშანი იღებს სხვადასხვა მნიშვნელობას. თუკი სხვადასხვა კლასის ობიექტებზე ნიშანი იღებს ერთსა და იმავე მნიშვნელობას, მაშინ ეს ნიშანი არ არის არსებითი და ის შეიძლება გამოვრიცხოთ განხილვიდან. აგრეთვე ნიშანი არ არის არსებითი, თუ ერთი კლასის ობიექტებზე ნიშანი ღებულობს სხვადასხვა მნიშვნელობას. ზოგიერთ შემთხვევაში ნიშანი არამდგრადია და ძნელია იმის დადგენა არსებითია ნიშანი თუ არა, მაგრამ ხანდახან შეიძლება ნიშნების უფრო ზუსტი აღწერის და განსაზღვრის ხარჯზე მოვიძიოთ არსებითი ნიშნები.

მაგალითად, ავიღოთ ნიშანი “თავის ტკივილი”. თუ ეს ნიშანი ახასიათებს ორივე კლასის ავადმყოფს, მაშინ ეს ნიშანი არ არის არსებითი და შეიძლება გამოვრიცხოთ განხილვის სფეროდან. მაგრამ ნიშანი შეიძლება ასახავდეს ავადმყოფს, რომელსაც ხანდახან

ან ხშირად სტკივა თავი. მაშინ ამოცანის ამოხსნისას უნდა გადავიდეთ სხვა ნიშნებზე, რომლებიც შეიძლება ასე ავსახოთ: “ხშირი თავის ტკივილი”, “იშვიათი თავის ტკივილი”. ეს არის სხვადასხვა ნიშნები და თუ ეს ნიშნები ასახავენ სხვადასხვა კლასის ავადმყოფებს, მათი გამორიცხვა არ შეიძლება განხილვის სფეროდან.

ზემოთ მოყვანილი ფუნქციის ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია არსებითი ნიშნების გამოვლენა. ჩვენ შემთხვევაში არსებითი ნიშნებია:  $x_1$   $x_2$   $x_6$   $x_7$   $x_{10}$ . ეს არსებითი ნიშნები მიღებულია [6]-ში მოცემული მეთოდის მიხედვით. ამავე დროს არსებითი ნიშნების გამოვლენა ზოგჯერ ვერ ხერხდება [6]-ის მიხედვით და საჭიროა უფრო რთული და დახვეწილი ალგორითმების გამოყენება, მაგალითად, ალგორითმი წარმოდგენილი [7]-ში. ფუნქცია, რომელიც აგებულია არსებითი ნიშნების საფუძველზე, ახასიათებს ბევრ ობიექტს სასწავლო ამონაკრეფიდან და წარმოადგენს უფრო დიდი მოცულობის ცნებას, ე.ი. უზრუნველყოფს ექსტრაპოლაციას. ცოდნის წარმოდგენის პროდუქციული მეთოდის გამოყენება კონცეპტუალურ აღწერასთან შეთავსებით, საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ სიმპტომების საერთო რაოდენობა და ჩავატაროთ დიაგნოსტიკა მეტი ეფექტურობით.

## **Production models of knowledge in the diagnosis of primary headaches**

*Vadim Radziewski, Maia Mikeladze*

### **Summary**

The problem of medical diagnostics for diseases of the class of primary headaches which along with quantitative data has a large amount of qualitative data (linguistic and unclear data) is considered. The method for solving these problems by using the knowledge, presented in the form of products, as well as by using a conceptual approach, based on constructing Boolean functions by means of examples is offered. The used data has been reduced due to the allocation of essential characteristics, allowing extrapolation, i.e., recognition of the conditions of this class not included in the training sample.

## **Продукционные модели знаний в диагностике первичных головных болей**

*Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе*

### **Резюме**

Рассматривается задача медицинской диагностики заболеваний для класса первичных головных болей, в которых наряду с количественными данными имеется большое количество качественных признаков (лингвистических и нечётких данных). Предложен метод решения этих задач с использованием знаний, представленных в форме продукций, а также с использованием концептуального подхода, основанного на построении булевых функций с помощью примеров. Проводится сокращение используемых данных за счёт выделения существенных признаков, что обеспечивает экстраполяцию - распознавание состояний данного класса, не входящих в обучающую выборку.

## **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Хант Э. Искусственный интеллект, Мир, Москва, 1978.
2. Радзиевский В.С. Радзиевский Д. В. Вербальные модели знаний в задачах управления сложными системами. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ვერბალური კომპუ-

ნიკაციური ტექნოლოგიები” მასალები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2010წ. ტომი 1 გვ. 63 – 68.

3. Чавчанидзе В. Аналитическое решение задачи формирования понятий и распознавания образов. Сообщение АН ГССР, т 61,1, 1971.
4. Микеладзе М., Радзиевский В., Джалябова Н., Радзиевский Д. Методы искусственного интеллекта для решения неформализованных задач диагностики сложных систем на примере медицины. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები”, საქართველო, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წელი, გვ. 403 - 406.
5. Радзиевский В. Задача классификации и обобщённого описания классов объектов с бинарными значениями признаков. Сб. трудов ИСУ им. А.И. Элиашвили АН Грузии. Тбилиси. 1998. с 204 –207.
6. Ватанабе. С. Разложение Карунена – Лоева и факторный анализ. Теория и приложения. Сб. переводов. Автоматический анализ сложных изображений под ред. Бравермана Э. М. «Мир». Москва. 1969. стр. 254 – 275.
7. Микеладзе М.Г. Об одном методе выявления предпочтений эксперта на множестве диагностических критериев. *J. Georgian Engineering News*. 2008, №3, с.141-143.

---

## პარალელური და თანამიმდევრული კლასიფიცირება სახეთა გამოცნობის და დიაგნოსტიკების ამოცანებში

ვადიმ რადიევსკი

Email: v\_radzievski@yahoo.com

### რეზიუმე

განიხილება ობიექტთა კლასიფიცირების პარალელური და თანამიმდევრული მიდგომები. ხორციელდება ამ მიდგომების ანალიზი და შედარება სხვადასხვა კრიტერიუმების მიხედვით. გამოვლენილია თითოეული მიდგომის თავისებურება და უპირატესობა. შეთავაზებულია ფორმალური პროცედურა დაავადებათა დაყოფის საკვანძო გამონათქვამების მეშვეობით. აგებულია გადაწყვეტილების ხე, რომლის მეშვეობით ხდება ავადმყოფის მდგომარეობის ტესტირება. გადაწყვეტილების ხის გამოყენებით ხდება დაავადებათა დაყოფა სიმპტომების მიხედვით კლასებად და ქვეკლასებად. დაყოფა გრძელდება მანამდე, სანამ არ მიიღება ტერმინალური წვერო, რომლის მეშვეობით ხდება დიაგნოზის დასმა.

### საკვანძო სიტყვები: ცოდნა, გამოცნობა, დიაგნოსტიკა, კლასიფიცირება

სამედიცინო დიაგნოსტიკა წარმოადგენს სახეთა გამოცნობის ერთ-ერთ მიმართულებას, რომელიც დაკავშირებულია დაავადების ამოცნობასთან. სახეთა გამოცნობის პროცედურა არის ალგორითმი, რომელიც აყალიბებს ობიექტთა კლასიფიცირების წესს სასწავლო ამონაკრეფის საფუძველზე. კლასიფიცირების წესის სახე განსაზღვრავს გამოცნობის პროცედურის სტრუქტურას. არსებობს კლასიფიცირების ორი ზოგადი მეთოდი: პარალელური და თანამიმდევრული. სიმარტივისთვის ჩავთვალოთ, რომ ობიექტის აღწერა შესაძლებელია სიმბოლოთა ვექტორის სახით. პარალელური კლასიფიცირებისას კეთდება ამ ვექტორის ყველა კომპონენტების ტესტირება და ამის შედეგად კეთდება დასკვნა ობიექტის მიკუთვნების შესახებ შესაბამისი კლასისადმი. თანამიმდევრული კლასიფიცირებისას ჯერ მოწმდება ობიექტთა კომპონენტების აღწერის რომელიღაც ქვესიმრავლე. შემდეგ, მიღებული შედეგის მიხედვით, ან ტარდება კლასიფიცირება ან ირჩევა ტესტების ახალი ერთობლიობა და ვექტორების კომპონენტების აღწერის ახალი ქვესიმრავლე და პროცესი მეორდება. პარალელური კლასიფიცირების დროს არა აქვს მნიშვნელობა რა მიმდევრობით ხორციელდება ტესტირება და, თუ ამისთვის არის საშუალება, ტესტირება ტარდება ერთდროულად. თანამიმდევრული კლასიფიცირებისას უნდა იყოს მითითებული თანამიმდევრობა, რომლის მიხედვითაც ტარდება ტესტირება. თუ მოცემულია ტესტების ერთი და იგივე რაოდენობა, თანამიმდევრული პროცედურის შესასრულებლად დაგვჭირდება ტესტების ნაკლები რაოდენობა ვიდრე ეკვივალენტურ პარალელურ პროცედურისთვის. მეორე მხრივ, თანამიმდევრული პროცედურა მოითხოვს უფრო დიდ დროს. გარდა ამისა თანამიმდევრულ პროცედურას აქვს ის ნაკლი, რომ თუ მოხდა შეცდომა, მაშინ თანამიმდევრული პროცედურა აირჩევს არასწორ გზას. პარალელურ პროცედურაში შეცდომა არ არის სახიფათო, ვინაიდან კლასიფიცირება დამოკიდებულია ცდის ყველა შედეგზე [1].

მოცემულ სამუშაოში შეთავაზებულია სამედიცინო დიაგნოსტიკების ამოცანის ამოხსნა პარალელურ-მიმდევრობითი პროცედურის გამოყენებით, სადაც პარალელური პროცედურა გამოიყენება დაავადებათა აღწერის დროს და კონკრეტული ავადმყოფის დიაგნოსტიკების პროცესი ხორციელდება თანამიმდევრულად. ამოცანის ამოხსნისას გამოიყენება ცოდნა, რომლის პირობითი ნაწილი (თუ ნაწილი) შეიცავს დაავადების აღწერას,



ხოლო დასკვნის ნაწილი(მაშინ ნაწილი) მიუთითებს დაავადებათა სახელზე. ეს აღწერა წარმოდგენილია სიმბოლური ვექტორის სახით. პარალელურ პროცედურაში დიაგნოზის დასმისას ხდება ამ აღწერების შეპირისპირება ყოველ შემავალ ვექტორებთან. ობიექტი მიეკუთვნება იმ აღწერას, რომელთან მოხდა შემავალი ვექტორის ელემენტების დამთხვევა. თანამიმდევრული პროცედურის განხორციელების მიზნით გამოვიყენოთ მეთოდი, რომელიც დაკავშირებულია გასაღები გამონათქვამების არჩევასთან წინადადების გაგების ამოცანებში. ჩავთვალოთ, რომ ნიშანი წარმოადგენს გასაღებ ნიშანს იმ შემთხვევაში, თუ ამ ნიშანს შეიცავს ვექტორების სიმრავლის ერთი ნახევარი და მეორე ნახევარი არა. ე.ი. გასაღები ნიშანი ახორციელებს შემავალი წინადადებების სიმრავლის დაყოფას ორ კლასად ასე, რომ ერთი შეიცავს გასაღებ ნიშანს და მეორე არა. თითოეული ქვეკლასი კიდევ დაიყოფა ორ კლასად და ასე შემდეგ.

ეს გასაღები ნიშნები ძირითადად წარმოადგენენ სიმპტომებს, რომლებიც წარმოდგენილია გამონათქვამების ან სიტყვების სახით. ყველა აღწერა დანომრილია. თანამიმდევრული ტესტირება ხელსაყრელია წარმოვიდგინოთ ხის სახით, რომლის მეშვეობით მიიღება გადაწყვეტილება (გადაწყვეტილების ხე). ხის თითოეულ წვეროს მიეწერება შესაბამისი ნიშანი. ყოველ ამ ქვესიმრავლეში მოგვებნოთ ნიშანი, რომელიც ყოფს შესაბამის ქვესიმრავლეს კიდევ ორ კლასად. პროცესი გრძელდება სანამ ყოველ შტოზე არ მივაღწევთ ტერმინალურ წვეროს, რომლებიც შედგებიან ერთი ელემენტისაგან (ტერმინალური წვერო). ამ ნიშნების მეშვეობით ხორციელდება დიაგნოსტიკების პროცესი. განვიხილოთ სამედიცინო დიაგნოსტიკების ზოგადი ამოცანა, რომელიც ხორციელდება თანამიმდევრული ტესტირების საფუძველზე. ვთქვათ არის  $n$  სავარაუდო დაავადება  $d_1, \dots, d_n$ , რომელთაგან პაციენტის სიმპტომების მიხედვით უნდა ავირჩიოთ ერთი, რომელიც ასახავს ავადმყოფის დიაგნოზს. პარალელურ მეთოდში, რომელიც ხორციელდება დისკრიმინანტული ანალიზის, კონცეპტუალური და ზოგიერთი სხვა მეთოდების გამოყენებით, განიხილება სასწავლო ამოკრეფაში მოცემული დაავადების შესაძლო სიმპტომი. კონცეპტუალურ მიდგომაში [2,3] ამისათვის აიგება ცხრილი, რომელთა უჯრედებში აღინიშნება კონკრეტული ავადმყოფის მონაცემები. იმის მიხედვით აქვს თუ არა აქვს ავადმყოფს ზემო უჯრედში მოთავსებული სიმპტომის დასახელება იწერება 1 ან 0 შესაბამისად. ყოველი სტრიქონი წარმოიდგინება კონიუნქციის სახით და, ვინაიდან გამოყენებულია სასწავლო ამონაკრეფი და ავადმყოფების დიაგნოზები ცნობილია, შესაბამისი დიაგნოზი მიეწერება ყოველ სტრიქონს, რომელთა ელემენტებს აკავშირებენ კონიუნქციები. აირჩევა სტრიქონები რომლებიც ასახავენ ერთ დაავადებას და ამ ნაკრების მეშვეობით აიგება დიზიუნქციური ნორმალური ფორმა, რომელიც ასახავს დაავადების განზოგადებულ აღწერას. ამ აღწერის მეშვეობით ხდება დიაგნოსტიკება.

მოცემულ სამუშაოში ობიექტის აღწერისთვის გამოიყენება სიმბოლური ვექტორები. დავნომროთ ვექტორები 1-დან  $n$ -მდე და ავავოთ ხე, რომლის ზედა მწვერვალზე მოთავსებულია ერთერთ ვექტორიდან აღებული გასაღები ნიშანი. გასაღები ნიშანი არის ნიშანი რომელიც ვექტორების სიმრავლეს ყოფს ორ კვესიმრავლებათ: ერთი ქვესიმრავლე, რომელშიც შედის მწვერვალზე მიწერილი გასაღები ნიშანი, და მეორე, სადაც ეს ნიშანი არ შედის. ვაგრძელებთ ამ პროცედურას, რომელიც წარმოიდგინება ხის სახით, სანამ არ მივიღებთ ტერმინალურ წვეროს, რომელიც შედგება ერთი ნომრისაგან. ამ ნომერს შეესაბამება დაავადება. მწვერვალზე მოთავსებული ნიშნები წარმოადგენენ ნიშნებს, რომელთა მეშვეობით ხდება დიაგნოსტიკება. აღსანიშნავია, რომ ეს პროცედურა ხორციელდება ფორმალურ დონეზე ადამიანის მონაწილეობის გარეშე. დაყოფა კლასებად და ქვეკლასებად ხდება არა შინაარსის მიხედვით, არამედ ფორმალური ნიშნის მიხედვით, რომლისაგანაც მოითხოვება, რომ მას შეიცავდეს ვექტორთა სიმრავლის ერთი ნახევარი და მეორე არა.

მაგალითისთვის ავიღოთ მწვავე რესპირატორული დაავადებათა კლასი. ამ დაავადებათა კლასში შედიან ისეთი დაავადებები როგორც არის: ლარინგიტი, რინიტი, სინუსიტი, ტონზილიტი, ფარინგიტი, ბრონქიტი, ბრონქოლიტი და რინოფარინგიტი.

ყოველი ეს დაავადება ასახულია ვექტორებით, რომელთა ელემენტები წარმოადგენენ დაავადებათა სიმპტომებს. ამოვწეროთ ზემოთ მოყვანილი დაავადებების სიმპტომები.

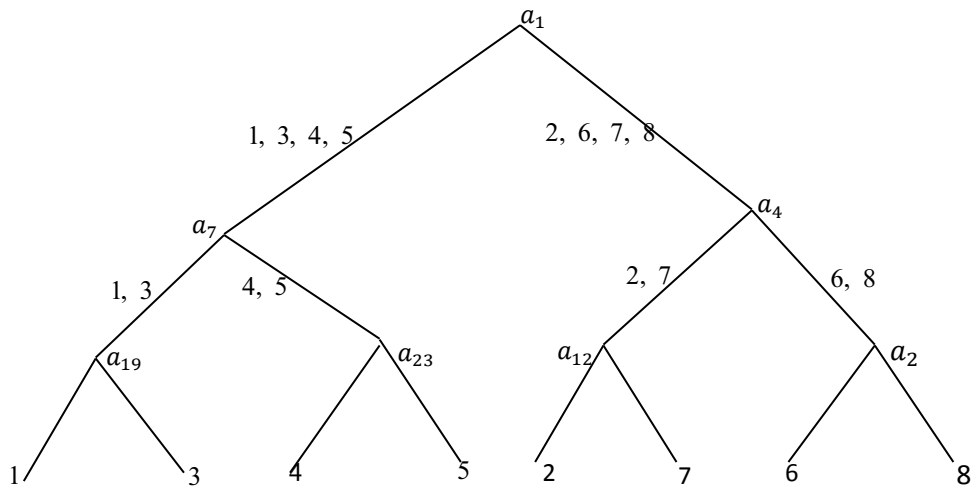
- 1) მწვავე ლარინგიტის სიმპტომები: ყელის ტკივილი -  $a_1$ , სუნთქვის გაძნელება -  $a_7$ , სიმშრალის გრძობა -  $a_{19}$ , ფხაჭუნის შეგრძნება ყელში -  $a_{20}$ , მშრალი ხველა -  $a_9$ ,
- 2) რინიტის სიმპტომები: ცემინება -  $a_4$ , თავის ტკივილი -  $a_{12}$ , ცხვირის შეშუპება -  $a_{13}$ , გემოს გრძობის დარღვევა -  $a_{14}$ , ყნოსვის გრძობის დარღვევა -  $a_{15}$ .
- 3) სინუსიტის სიმპტომები: უსიამოვნო შეგრძნება ცხვირში და ცხვირის არეში -  $a_{21}$ , ტკივილი ცხვირში დილით - სუსტი, საღამოს - ძლიერი -  $a_{12}$ , სუნთქვა ცხვირით გაძნელებულია -  $a_7$ , ჩირქოვანი გამოყოფა ცხვირიდან -  $a_{17}$ , მაღალი სიცხე -  $a_{16}$ , ცემინება -  $a_4$ , ზოგჯერ ყელის ტკივილი -  $a_1$ .
- 4) მწვავე ტონზილიტის (ანგინას) სიმპტომები: მაღალი სიცხე -  $a_{16}$ , შემცივნება -  $a_{23}$ , ყელის ტკივილი -  $a_1$ , ლიმფური კვანძების გადიდება და ტკივილი -  $a_{24}$ .
- 5) მწვავე ფარინგიტის სიმპტომები: ყელის ტკივილი -  $a_1$ , მშრალი ხველა -  $a_9$ , კისრის ლიმფური კვანძების გადიდება -  $a_{25}$ , მაღალი სიცხე -  $a_{16}$ , კუნთების ტკივილი -  $a_{27}$ , გამონაყარი -  $a_{26}$ .
- 6) მწვავე ბრონქიტის სიმპტომები: სუნთქვის გაძნელება -  $a_7$ , ხველა ლორწოს გამოყოფით -  $a_2$ , ტკივილი გულმკერდის ზედა ნაწილში -  $a_{28}$ , მაღალი სიცხე -  $a_{16}$ , ხიხინი სუნთქვის დროს -  $a_5$ .
- 7) ბრონქოლიტის სიმპტომები: ხველა -  $a_2$ , სურდო -  $a_3$ , ცემინება -  $a_4$ , სუნთქვის აშლილობა -  $a_5$ , მშრალი ხიხინი -  $a_9$ , უმნიშვნელო ციება -  $a_{29}$ .
- 8) რინოფარინგიტის სიმპტომები: მწვავე არასასიამოვნო შეგრძნება ცხვირ-ყელიდან -  $a_{30}$ , სუნთქვის გაძნელება -  $a_7$ , ტკივილი ყურებში -  $a_6$ .

შემავალი ინფორმაცია, რომელიც ახასიათებს პაციენტის დაავადებას, უნდა იყოს შეპირისპირებული აღწერებთან, რომლებიც წარმოდგენილია პროდუქციების პირობით ნაწილებში. დიაგნოზი შეესაბამება იმ პროდუქციას, რომელთანაც მოხდება შემავალი ინფორმაციის დამთხვევა. აღსანიშნავია, რომ ასეთი ზუსტი დამთხვევა იშვიათია. საკმარისია, რომ ტექსტში მოხდეს გამონათქვამების გადაადგილება, ან რომელიმე გამონათქვამი იყოს შეცვლილი სინონიმით, ან იყოს მოყვანილი რაღაც დამატებითი გამონათქვამი, რაც არ არის გათვალისწინებული შესაბამისი პროდუქციის მარცხენა მხარის აღწერაში, ჩვენ ვერ მივიღებთ ვერავითარ შედეგს. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ასეთი შემთხვევები, უნდა მოხდეს სიტუაციის აღწერის გამოცნობა რაღაც განსაკუთრებული ნიშნების გამოყენებით. ასეთი განსაკუთრებული ნიშნების როლში შეიძლება გამოვიყენოთ გასაღები ნიშნები (გამონათქვამები). სიტუაციის აღწერის გამოსაცნობად უპირველეს ყოვლისა უნდა მოხდეს გამონათქვამების კანონიერება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ყველა შემავალი გამონათქვამი უნდა დაემთხვეს იმ გამონათქვამებს, რომლებიც არიან პროდუქციის მარცხენა მხარეს. თუ ეს დამთხვევა არ არის, გამონათქვამი ტექსტში უნდა შეიცვალოს სინონიმით, რომელიც მოთავსებულია პროდუქციის მარცხენა მხარეს. მაშინ ტექსტი იქნება წარმოდგენილი სტანდარტული ფორმით. ამის შემდეგ შეიძლება გამოვიყენოთ გასაღები გამონათქვამების ძიება.

როგორც იყო აღნიშნული, გამონათქვამი წარმოადგენს გასაღებ ნიშანს იმ შემთხვევაში, თუ ამ გამონათქვამს შეიცავს შემავალი წინადადებების ერთი ნახევარი და მეორე ნახევარი არა. ე. ი. გასაღები გამონათქვამი ყოფს შემავალი წინადადებების სიმრავლეს ორ კლასად. თითოეული ქვეკლასი კიდევ დაიყოფა ორ კლასად და ა. შ. (ნახატი 1). ვინაიდან ყველა

წინადადება ცოდნის ბაზაში დანომრილია, ასეთი დაყოფის მეშვეობით ჩვენ მივიღებთ შემავალი წინადადებების ნომრებს. ყოველი ეს ნომერი შეესაბამება რომელიღაც პროდუქციას.

კონკრეტული ამოცანის ამოსახსნელად გამოვიყენოთ [4]-ში აღწერილი მიდგომა. ამისათვის მოვძებნოთ გასაღები ნიშნები, რომელთა მეშვეობით ვექტორთა სიმრავლეები იყოფა კლასებად და ქვეკლასებად. ვთქვათ, პირველი ნიშანი, რომელიც ყოფს დაავადებათა სიმრავლეს კლასებად, არის გამონათქვამი  $a_1$ , შემდეგი დაყოფა ხორციელდება  $a_7$  და  $a_4$  ნიშნების მეშვეობით და ა. შ. დაყოფის პროცესი ასახულია გადაწყვეტილების ხის მეშვეობით (ნახატი 1). ასეთი პროცედურის გახორციელებისას მივიღებთ გასაღებ ნიშნებს, რომელთა მეშვეობით ხორციელდება აღწერების კლასიფიცირება(4).



ნახ. 1.

გასაღები ნიშნებია:  $a_1$   $a_4$   $a_7$   $a_{19}$   $a_{12}$   $a_{23}$   $a_2$ . ამ სიტყვების მეშვეობით ხდება წინადადებების გამოცნობა ნომრის მინიჭებით. ყოველ ამ აღწერაში შეიძლება მოხდეს ნიშნების გადაადგილება. შეიძლება დაემატოს სხვა სიტყვები. ეს არ შეცვლის ჩვენს დასკვნას წინადადების ამა თუ იმ კლასისადმი მიკუთვნების შესახებ. ავიღოთ მაგალითისათვის აღწერა, რომელიც წარმოიდგინება შემდეგი სიტყვებით.  $a_1$   $a_7$   $a_{10}$   $a_{19}$   $a_{11}$

შევამოწმოთ გადამწყვეტი ნიშნების მეშვეობით

1.  $a_1$  არის? კი – გადავიდეთ მარცხენა შტოზე.
2.  $a_7$  არის? კი – გადავიდეთ მარცხენა შტოზე
3.  $a_{19}$  არის? კი – გადავიდეთ მარცხენა შტოზე.

ჩვენ მივალწიეთ ტერმინალურ წვეროს, რომლის ნომერი არის 1. მაშასადამე ეს ნომერი შეესაბამება აღწერას, რომელიც წარმოიდგინება პროდუქციის სიაში პირველ ნომრად. მაშასადამე გასაღები ნიშნების მეშვეობით გავვიადვილდება იმ დაავადების აღწერის ძიება, რომელიც შეესაბამება გამოვლენილ სიმპტომებს. ეს აღწერები მოთავსებულია ცოდნის ბაზაში პროდუქციის პირობით ნაწილში სიმბოლური ვექტორების სახით. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა რამდენიმე ნიშნით (გასაღები ნიშნებით) მოვიძიოთ ცოდნის ბაზაში პროდუქცია, რომლის პირობით ნაწილში არის შესაბამისი დაავადების აღწერა. ეს აღწერა მიგვითითებს დაავადების დიაგნოზზე.

**Parallel and consecutive classification in the problems of pattern recognition and diagnostics**

*Vadim Radzievski*

**Summary**

Parallel and consecutive methods of object classification are considered. Analysis and comparison of these methods according to different criteria is carried out. The features and benefits of each method are revealed. Parallel - serial procedure of diseases classification with use of the key statements is offered. The decision tree is built through which the testing of the patient and partition of diseases into classes and subclasses according to symptoms is carried out. Such partition proceeds until the terminal top is received. It indicates production by means of which the diagnosis is made. In the paper the problem of diagnostics on the example of acute respiratory diseases is considered.

**Параллельная и последовательная классификация в задачах распознавания образов и диагностики**

*Вадим Радзиевский*

**Резюме**

Рассматривается параллельный и последовательный подход классификации объектов. Осуществляется анализ и сравнение этих подходов по различным критериям. Выявлены особенности и преимущество каждого метода. Предложена параллельно-последовательная процедура классификации заболеваний с использованием ключевых высказываний. Построено дерево решений, с помощью которого осуществляется тестирование состояния больного и разбиение заболеваний по симптомам на классы и подклассы. Такое разбиение продолжается до тех пор, пока не будет получена терминальная вершина, которая указывает на продукцию, с помощью которой ставится диагноз. В работе задача диагностики рассматривается на примере острых респираторных заболеваний.

**ლიტერატურა – References – Литература**

1. Э Хант. Искусственный интеллект, Мир, Москва, 1978.
2. Чавчанидзе В. Аналитическое решение задачи формирования понятий и распознавания образов. Сообщение АН ГССР, т 61,1, 1971. Чавчанидзе В. Аналитическое решение задачи формирования понятий и распознавания образов. Сообщение АН ГССР, т 61,1, 1971.
3. Микеладзе М., Радзиевский В., Джалибова Н., Радзиевский Д. Методы искусственного интеллекта для решения неформализованных задач диагностики сложных систем на примере медицины. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “21-ე-საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები. საქართველო, თბილისი 19- 21 სექტემბერი, 2012 წელი ტომი II .
4. Радзиевский В.С., Радзиевский Д. В. Вербальные модели знаний в задачах управления сложными системами. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები „საქართველო, თბილისი, 21-22 ოქტომბერი, 2010წ. გვ.68-70.

---

## Формирование базы знаний для медицинских систем

*Нора Джалябова, Гела Бесиашвили*

*nora\_j01@yahoo.com, gbesiashvili@yahoo.com*

### Резюме

В статье излагаются особенности построения медицинских баз знаний, приведен пример построения правил и осуществления логического вывода в медицинских информационных системах. Отражены этапы построения медицинской базы знаний, последовательности действий эксперта при работе с медицинской базой знаний. Описанный в работе метод позволяет сформировать начальное состояние базы знаний, как совокупность систем правил с идентифицированными значениями параметров. Формальное представление баз медицинских знаний, получаемых при помощи данного алгоритма, позволяет использовать их в экспертных системах медицинской диагностики. Предложенные подходы могут быть адаптированы под разные предметные области.

*Ключевые слова: база знаний, нечетко-продукционное правило, диагностика*

### Введение.

Медицинская практика обладает большим информационным опытом по различным нарушениям организма человека. Распознавание нарушений и выбор адекватных методов лечения требует использования большого количества информационных материалов, которые постоянно дополняются новыми данными.

Внедрение современных информационных технологий в сферу медицины приводит к появлению задачи, решение которой связано с автоматизацией диагностических процедур для определения состояния человеческого организма. Однако процедуральные знания врача не могут быть вербализованы, то есть врач не может объяснить, как он решает задачу. Например, опытный врач легко ставит диагноз по совокупности симптомов, но он не может объяснить ход мыслей, приведший его к решению. Поэтому одним из основных направлений в искусственном интеллекте является создание компьютерных систем, имитирующих искусство эксперта. Подобные системы позволяют сохранить знание опытного профессионала, сделать его бессмертным и применимым одновременно во многих местах. Для построения таких систем необходимо решить задачу выявления подсознательных экспертных решающих правил [1]. Эта задача имеет важное практическое значение, поскольку экспертные решающие правила могут быть проанализированы и использованы при построении систем искусственного интеллекта. Создание простого и удобного в использовании компьютерного советчика для врача значительно облегчит его работу.

### Построение базы знаний в медицине.

Отличительной особенностью интеллектуальных медицинских информационных систем (МИС) является наличие базы знаний. База знаний – это особого рода база данных, разработанная для управления знаниями, т.е. сбором, хранением, поиском и выдачей знаний. Существует три стратегии получения знаний:

- приобретение знаний – это способ автоматизированного наполнения базы знаний посредством диалога эксперта и специальной программы;
- извлечение знаний – процедуру взаимодействия инженера по знаниям с источником знаний (экспертом);
- обнаружение знаний.

## Формирование базы знаний для медицинских систем

При построении системы источниками знаний могут быть: специалисты предметных областей, обычно называемые экспертами; протоколы рассуждений (протоколы "мыслей вслух") экспертов; книги, инструкции; примеры решения соответствующих задач (например, диагностики или выбора схемы лечения); базы медицинских данных (например, электронные истории болезней).

База знаний медицинских систем строится в виде семантической иерархии понятий разного уровня абстракций. База знаний каждого уровня это набор правил или алгоритмов, по которым формируются соответствующие понятия. Чтобы облегчить работу врача заполнение первичной карты (вопросника) реализовано на экране дисплея. Врач заполняет вопросник с простыми признаками, а процесс формирования первичных понятий происходит с помощью программы.

На первом этапе определяется область интереса, т.е. та область и направление исследования, внутри которого или по которому предполагается далее вести разработку. Это могут быть исследование одного процесса или механизма, диагностика заболевания или группы заболеваний.

На следующем этапе выделяем внутренние блоки знаний, т.е. методы или совокупности методик, исследующие одну сторону изучаемого явления, процесса, заболевания. Эта процедура выполняется экспертным путем на основе объективных возможностей и субъективных оценок.

Далее по каждому блоку методу исследования или совокупности методик, предназначенных для выяснения одного процесса, как, например, класс болезни "первичные головные боли", составляется перечень (список) признаков. Данный список включает в себя все те данные из истории болезни, которые в дальнейшем могут включаться в вычислительные или логические процедуры. Формируется пространство первичных признаков.

Логикоструктурный анализ всех медицинских данных, содержащихся в истории болезни, позволяет прийти к утверждению: все многообразие чисел, кривых, изображений, клинических заключений сводится в сегодняшних условиях к двум основным типам - числам и текстам. Врач специалист, работающий с изображениями и кривыми на сегодняшнем уровне медицинской технологии предоставляет лечащему врачу заключение, т.е. текст, который официально входит в историю болезни, являясь и медицинским и юридическим документом. В принципиальном плане база данных может быть сформирована любым образом. Она может содержать неформализованные исходные тексты, значения исходных признаков, кривые, изображения (если позволяет вычислительная техника). В этом случае формирование первичного признакового пространства может вестись через экран дисплея. Таким образом можно вызывать на экран нужные данные, тексты из базы данных.

Классификация типов и видов данных для решения задачи диагностики состояния сложного объекта



### Особенности обрабатываемых данных

- большой объем;

- разнотипность;
- наличие четкости и нечеткости в данных;
- отсутствие части исходных данных;
- большое количество параметров

Следующий шаг заключается в переходе от перечня признаков к первичным понятиям, с помощью которых строится матрица "объект-признак" и которые послужат базой для построения медицинских систем. Процесс перехода от признаков к первичным понятиям сложный и трудоемкий. В ходе его приходится делать несколько итераций и применять разные подходы. Задача заключается в том, чтобы привести числа и тексты к единой метрике.

Эта задача нами решается следующим образом. При работе с числами вся числовая выборка располагается на числовой шкале от минимального до максимального значений. Затем на этой шкале выделяются границы нормы. Задача определения границ нормы является одной из сложнейших медицинских проблем, которая описана в работе [2].

Дальнейшая процедура заключается в том, что числовой ряд превращается в понятийный ряд, т. е. экспертным путем вся шкала делится на интервалы (градации), каждой градации дается содержательное описание.

При формализации качественных знаний может быть использована теория нечетких множеств [3], особенно те ее аспекты, которые связаны с лингвистической неопределенностью, наиболее часто возникающей при работе с экспертами на естественном языке. Под лингвистической неопределенностью подразумевается качественные оценки естественного языка для длины, времени, интенсивности, для целей логического вывода, принятия решений. Лингвистическая неопределенность в системах представления знаний задается с помощью лингвистических моделей, основанных на теории лингвистических переменных и теории приближенных рассуждений. Эти теории опираются на понятие нечеткого множества, систему операций над нечеткими множествами и методы построения функций принадлежности. Значениями лингвистических переменных являются не числа, а слова или предложения некоторого искусственного либо естественного языка. Например, числовая переменная "возраст" принимает дискретные значения между нулем и сотней, а целое число является значением переменной. Лингвистическая переменная "возраст" может принимать значения: молодой, старый, довольно старый, очень молодой и т. д. Эти термы-лингвистические значения переменной. На это множество (как и на числа) также налагаются ограничения. Множество допустимых значений лингвистической переменной называется терм-множеством.

Теория нечеткой логики оказалась широко применимой в экспертных системах с неопределенностью информации. При управлении выводом использование нечеткой логики естественно, так как используются многие слова, такие как «очень часто», «более-менее часто», «не часто» и т.п. С помощью теории нечеткой логики появилась возможность формализовать человеческие знания, описывающие не только количественные, но и качественные характеристики объектов предметной области (например, сильная боль, высокая температура и т. п.). Теоретической основой нечеткой логики являются основные понятия нечеткого множества, лингвистической переменной и нечеткого правила. При создании нечеткой базы знаний требуется нечеткая формализация всех переменных, участвующих в построении медицинской системы диагностики. Известно, что нечеткие свойства представимы двумя понятиями и их свойствами: нечеткой переменной и лингвистической переменной. Симптомы и заболевания представляют собой лингвистические переменные. Например, для симптома «Есть ли у вас насморк?» - для краткости - «насморк», определяются следующие нечеткие характеристики: лингвистическая переменная «насморк» имеет область определения  $[0,100]$ ; терм-множество значений лингвистической переменной {«не бывает»; «слабо»; «часто»}. Для каждого компонента терм-множества, представляющего нечеткую переменную, следует построить нечеткое множество. Компонентами этого множества являются возможные значения нечеткой переменной.

Принадлежность этих значений множеству, определяемому семантикой термина, задается функцией принадлежности. Функция принадлежности элемента нечеткому множеству интерпретируется как субъективная мера. Под субъективной мерой понимается определенная опросом группы экспертов-врачей степень соответствия элемента понятию, формализованному нечетким множеством. Нечеткая база знаний образуется совокупностью нечетких правил, определяющих взаимосвязь между симптомами и диагнозами. [4,5]

$$\text{ЕСЛИ } x_1 = \hat{F}_1(w_1) \text{ И } x_2 = \hat{F}_2(w_2) \text{ И } \dots \text{ И } x_n = \hat{F}_n(w_n) \text{ ТО } Y = B(CF)$$

Например, нечеткое правило: «ЕСЛИ <насморк - часто> И <кашель - много>, ТО <простуда - высокая возможность>, CF=0.8». Здесь симптомы «насморк», «кашель» - входные переменные; заболевание «простуда» - выходная переменная; «часто», «много», «высокая возможность» - нечеткие переменные лингвистических переменных. Результатом нечеткого вывода являются количественные оценки каждого заболевания на основе знаний из базы знаний и поступающих фактов проявления симптомов.

### Постановка задачи формирования базы знаний медицинской диагностической системы

1. Разработка параметрической нечетко-продукционной модели состояния сложного объекта:

- разработка методики группировки параметров объекта диагностики, входящих в состав продукционных правил;
- разработка вида нечетко-продукционного правила, удовлетворяющего требованиям: возможность использования разнотипных входных и выходных параметров правила; возможность обработки четких и нечетких входных данных; учет значимости (весов) условий в правиле; учет значимости (достоверности) каждого правила;
- разработка методики построения совокупности систем продукционных правил, описывающих состояние объекта;
- разработка алгоритмов логического вывода на системах правил.

2. Идентификация параметров нечетко-продукционной модели состояния сложного объекта.

3. Оценка и устранение избыточности систем правил.

4. Разработка алгоритма использования базы знаний для диагностики состояния объекта.

База знаний медицинской диагностической системы представляет собой совокупность правил, описывающих закономерности моделируемого объекта. При большом числе параметров объекта формирование базы знаний начинается с этапа группировки параметров, где каждая группа определяет закономерности «вход» – «выход» для подсистемы сложного объекта.

### Методика группировки параметров [5].

1. Эксперт на основе своих знаний и анализа имеющихся данных формирует множество диагнозов состояния исследуемого объекта.

2. Среди  $\{P_{u_1}, P_{u_2}, \dots, P_{u_j}, \dots, P_{u_m}\}$ ,  $m < N$ , всего множества параметров выбираются целевые параметры  $\{P_1, P_2, \dots, P_k, \dots, P_N\}$  значения которых связаны с состояниями объекта.

3. Для каждого из целевых параметров  $P_{u_j}, j = \overline{1, m}$  выбирается множество независимых входных параметров  $P_j^{ex} \subset P, j = \overline{1, m}$ , значимо влияющих на целевой:

3.1) рассчитываются коэффициенты корреляции  $d_{kj} \in [0,1]$  между всеми параметрами

$$P_k, k = \overline{1, N} \quad P_{u_j}, j = \overline{1, m}$$

3.2) каждому числовому значению коэффициента корреляции ставится в соответствие лингвистическое значение силы связи.



Числовое значение коэффициента корреляции	Сила связи $c_{kj}$
$0 \leq  d_{kj}  < 0.2$	Очень слабая
$0,2 \leq  d_{kj}  < 0.3$	Слабая
$0,3 \leq  d_{kj}  < 0.5$	Умеренная
$0,5 \leq  d_{kj}  < 0.7$	Средняя
$0,7 \leq  d_{kj}  \leq 1$	Сильная

3.3) формируется таблица 1 связанности параметров и передается эксперту для анализа

Табл. 1

$P_u$ $P$	$P_{u_1}$	$P_{u_2}$	...	$P_{u_m}$
$P_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1m}$
$P_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2m}$
...	...	...	...	...
$P_N$	$c_{N1}$	$c_{N2}$	...	$c_{Nm}$

3.4) эксперт, на основании данных таблицы и собственного опыта обнуляет значения связи тех входных параметров, которые он считает незначимыми или не влияющими на целевой параметр

3.5) для каждого целевого параметра формируется множество входных параметров с ненулевыми значениями связи

3.6) в каждом из полученных множеств рассчитываются коэффициенты парной корреляции всех его элементов

3.7) если между входными параметрами наблюдается значимая связь, то эксперт выбирает один из связанных параметров, наиболее значимый для целевого, а остальные исключает

3.8) оставшиеся параметры каждого из множеств образуют множество входных независимых параметров для соответствующих целевых

4. Формируется множество групп параметров «вход – выход»  $\overline{G}$

$$G = \{G_1, G_2, \dots, G_j, \dots, G_m\}, G_j = \{P_j^{ex}, p_{u_j}\}, j = \overline{1, m}. p_{u_j}, j = \overline{1, m}.$$

Для реализации предложенной методики необходимо наличие таблицы исходных данных. При этом каждая сформированная группа параметров описывает подсистему сложного объекта, что значительно упрощает его описание.

5. Для определения структуры взаимосвязей групп параметров  $G_j, j = \overline{1, m}$  формируется таблица 2 следующего вида

Табл. 2

Параметры	$P_1^{ex}$	$P_2^{ex}$	...	$P_m^{ex}$
$P_{u_1}$	×	$b_{12}$	...	$b_{1m}$
$P_{u_2}$	$b_{21}$	×	...	$b_{2m}$
...	...	...	...	...
$P_{u_m}$	$b_{m1}$	$b_{m2}$	...	×

где  $b_{jk} \in \{ "+", "-" \}$  отношение принадлежности ("+") или непринадлежности ("-") целевого параметра одной группы ко множеству входных параметров других групп:

$$\text{Если } p_{u_j} \in P_k^{ex} \Rightarrow G_j \leftrightarrow G_k \quad \forall j = \overline{1, m}, k = \overline{1, m}, j \neq k.$$

При этом каждая группа может включать различное число входных параметров; каждый параметр может входить в различные группы; возможно появление отдельных групп без связей с другими группами.

Для представления знаний в экспертной диагностической системе и описания зависимостей в сформированных группах параметров можно использовать нечетко-продукционную модель следующего вида :

ЕСЛИ  $x_1 = \hat{F}_1(w_1)$  И  $x_2 = \hat{F}_2(w_2)$  И ...  $x_n = \hat{F}_n(w_n)$  ТО  $Y = B(CF)$  (1)

$x_i$  – входные переменные;  $w_i \in [0,1]$  – веса условий " $x_i = \hat{F}_i$ ";

$$\hat{F}_i = \begin{cases} F_i - \text{четкое значение входа;} & y - \text{выходная переменная;} \\ \tilde{F}_i - \text{нечеткое знач. входа;} & B - \text{четкое значение выхода;} \end{cases}$$

$\tilde{F}_i = \{x_i, \mu_{\tilde{F}_i}(x_i)\}$ , где  $\mu_{\tilde{F}_i}(x_i)$  – функция принадлежности;  $CF \in [0,1]$  – достоверность правила.

Использование нечетких правил данного типа одновременно выполняет следующие требования:

- возможность использования разнотипных входных и выходных параметров правила;
- возможность обработки четких и нечетких входных данных;
- учет значимости (весов) условий в правиле;
- учет значимости (достоверности) каждого правила.

Например запись правила на естественном языке- “если у женщины зрелого возраста наблюдаются такие симптомы, как тошнота, головная боль, раздражительность, покальвание и жжение в стопах и кистях, то у нее, возможно, мигрень” с помощью нечетко-продукционного правила вида (1) имеет вид: ЕСЛИ пол=”женский”(0,7), И возраст=”зрелый”(0,85) И характер=”вспыльчивый”(0,8) И болит=”голова”(0,95) И “стопы и кисти”=покальвание(0,8), то диагноз=”мигрень”(0,65).

**Заключение.**

Описанный в работе метод позволяет формировать базы знаний экспертных диагностических систем. Реализация этапов группировки параметров объекта, построения совокупности систем правил по каждой группе параметров и идентификации параметров модели состояния сложного объекта позволяет сформировать начальное состояние базы знаний, как совокупность систем правил с идентифицированными значениями параметров.

**ცოდნის ბაზის ფორმირება სამედიცინო სისტემებისათვის**

*ნორა ჯალიაბოვა, გელა ბესიაშვილი*

**რეზიუმე**

სტატიაში განხილულია სამედიცინო ცოდნის ბაზის აგების თავისებურებები, მოყვანილია წესების აგების და ლოგიკური დასკვნის განხორციელების მაგალითი სამედიცინო ინფორმაციულ სისტემებში. ასახულია სამედიცინო ცოდნის ბაზის აგების ეტაპები, სამედიცინო ცოდნის ბაზასთან მუშაობის პირობებში ექსპერტის მოქმედების თანამიმდევრობა. ნაშრომში აღწერილი მეთოდი საშუალებას იძლევა ფორმულირებული იქნას ცოდნის ბაზის საწყისი მდგომარეობა, როგორც წესების სისტემის ერთობლიობა პარამეტრების იდენტიფიცირებული მნიშვნელობებისათვის. სამედიცინო ცოდნის ბაზების ფორმალური წარმოდგენა მოცემული ალგორითმის გამოყენებით საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი სამედიცინო დიაგნოსტიკის ექსპერტულ სისტემებში. შემოთავაზებული მიდგომები შეიძლება ადაპტირებული იქნას სხვადასხვა საგნობრივი არეებისათვის.

## **Formation of the knowledge base for medical systems**

*Nora Jaliabova , Gela Besiashvili*

### **Summary**

The article presents the characteristics of the building of medical knowledge bases, it shows an example of rule building and implementation of a logical conclusion in medical information systems. Stages of creation of the medical knowledge base, sequence of actions of the expert are reflected while working with the medical knowledge base. The described method allows to form the initial state of the knowledge base as a set of systems of rules with the identified values of parameters. The formal representation of medical knowledge bases obtained by means of this algorithm allows to use them in expert systems of medical diagnostics. The proposed approaches can be adapted to different subject areas.

### **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Ларичев О. И., Мошкович Е. М. Качественные методы принятия решений. — М.: Наука, Физматлит, 1996. Ларичев О. И., Нарыжный Е. В. Компьютерное обучение экспертным правилам в задачах классификации. Научно-техническая информация. Серия 2 — «Информационные процессы и системы», № 9. 1996
2. მიქელაძე მ, რაძიევსკი ვ, ჯალიაბოვა ნ, რაძიევსკი დ. ცოდნის ორგანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკების არაფორმალიზებული ამოცანების გადაწყვეტისას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №18, თბილისი, გვ.50-59, 2014
3. Zadeh. L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. American Elsevier Publishing Company, New York, 1973.
4. Джозеф Джарратано, Гари Райли. Экспертные системы, принципы разработки и программирование : пер. с англ. 4-е изд. - М. : И. Д. Вильямс, 2007. 1152 с.
5. Катасёв А.С. Математическое обеспечение и программный комплекс формирования нечетко-продукционных баз знаний для экспертных диагностических систем. Научный журнал «Фундаментальные исследования», № 10, 2013 г.

---

## Программа для ввода данных в экспертную систему диагностики первичных головных болей

*Дмитрий Радзиевский*

*Email: dradzievski@gmail.com*

### Резюме

Экспертная система диагностики первичных головных болей представляет собой программу, способную диагностировать такие заболевания как мигрень, головная боль напряжения, кластерная головная боль и др. Первичными головными болями называются головные боли, которые не ассоциируются с другими вызывающими их патологиями. Программа состоит из двух частей – обучающей части и системы диагностики. В работе описывается обучающая часть программы ввода данных в локальную базу данных системы. Рассматриваются функции ввода данных для дерева иерархических признаков на языке C++. Описываются особенности ввода данных для триплетных признаков с использованием стандартных ресурсов Windows.

**Ключевые слова:** *Диагностика, головная боль, программирование, C++.*

Фундаментальный принцип диагностики головных болей – соответствие типа головной боли клиническим критериям Международной классификации головных болей (МКГБ), разработанной классификационным комитетом международного общества головной боли (МОКГ). В данной работе рассматриваются первичные головные боли, т.е. головные боли, которые не ассоциируются с другими, вызывающими их патологиями. Диагностика первичных головных болей базируется исключительно на данных жалоб пациента и анамнеза. Основной проблемой в сфере медицинской диагностики является неточность, нечёткость и, зачастую, неполнота и субъективность данных о состоянии пациента, а также, не категоричность собственно медицинских знаний [1, 2]. Поэтому программа диагностики должна содержать подробный и наиболее полный список всех имеющихся признаков для построения наиболее точного концепта (понятия) – характеристики данного вида головной боли.

Работа состоит из двух частей. Первая часть – обучение. В этой части производится разработка базы данных, в которую записываются все признаки, характеризующие совокупность рассматриваемых заболеваний, разработка программы заполнения базы данных и программы бинаризации данных для создания логической функции, которая представляет собой дизъюнктивную нормальную форму, построенную на основе данных характеризующих состояние больного. Вторая часть программы – это собственно диагностика, когда в созданные логические функции подставляются реальные значения.

В данной статье приводится описание той части программы, которая позволяет получить базу данных для множества признаков заболеваний и бинаризовать числовые данные. Каждому из признаков соответствует определённое поле таблицы базы данных.

База данных состоит из двух таблиц, которые в общей сложности имеют 297 полей – 231 поле в первой таблице и 66 полей – во второй. Первая таблица содержит: общую информацию о пациенте, информацию характеристики головной боли, симптомы, предшествующие головной боли, сопровождающие и последующие головной боли симптомы, провоцирующие, ухудшающие и облегчающие головную боль факторы, данные о психо-социальном статусе пациента и данные, касающиеся женщин. Вторая таблица содержит данные о фармакологических средствах, применяемых для облегчения состояния пациента и купирования головной боли.

На рис. 1 – 7 приводятся снимки работы программы. Из-за большого объёма вводимых данных, отображение вводимых данных разделено на страницы, каждая из которой соответствует

Рис. 1

определённому разделу. На первой странице (рис. 1) вводятся общие данные, касающиеся информации о пациенте: код пациента, фамилия, имя, возраст, пол, род занятий, телефон, профессия,

Рис. 2

место работы. В режиме обучения вводится и диагноз пациента.

На второй странице (рис. 2) вводятся данные характеризующие головную боль пациента: возраст, в котором начались головные боли, частота приступов, их длительность, возможная причина возникновения приступов головной боли и т.д. На этой и последующих страницах ввод большинства данных производится таким образом, что обеспечивается их бинаризация. Например, в разделе «локализация боли (область)» рядом с каждым из перечисленных признаков: голова, полголовы, лоб, темя, затылок, висок, глазница, глаз имеется управляющий элемент флажок. При помощи флажков осуществляется ввод значений. Если флажок установлен, то в соответствующее этому флажку поле таблицы базы данных записывается значение 1, если флажок не установлен, то в соответствующее

этому флажку поле таблицы базы данных записывается значение 0, а если флажок серый, то в таблице базы данных записываемое поле оказывается пустым. Информация о пропуске данного элемента также учитывается. Аналогично делается и в других разделах.

На третьей странице (рис. 3) вводятся значения, характеризующие предшествующие

მაროციტირებული, დამამბეზებელი და ხელშეწყობი ფაქტორები	ფსიქო-სოციალური სტატუსი	ქალებისათვის	ფარმოკოლოგიური საშუალებები
ზოგადი ინფორმაცია	თავის ტკივილის მახასიათებლები	ტკივილის შეტევას წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები	

**ტკივილის შეტევას წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები**

პაციენტის კოდი: 16

<p><b>ტკივილის შეტევას წინ უძღვის:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> შავი ლაკები მხედველობის ველში</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> სიმბინის შეგრძნება თავში</li> <li><input type="checkbox"/> კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის არეულობა</li> <li><input type="checkbox"/> ბრჭყვიალა წერტილები თვალების წინ</li> <li><input type="checkbox"/> რომელიმე საქმლის მიღების დაუოკებელი</li> <li><input type="checkbox"/> კოფურების დაბუფება</li> <li><input type="checkbox"/> ხშირი მოქნარება</li> <li><input type="checkbox"/> სწრაფი დაღლა</li> <li><input type="checkbox"/> ზოგადი სისუსტე</li> <li><input type="checkbox"/> გუნება-განწყობის შეცვლა</li> <li><input type="checkbox"/> გაღიზიანებადობა</li> </ul> <p><b>თავის ტკივილის შეტევას თან ახლავს:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> გულის რცვა</li> <li><input type="checkbox"/> ღებინება</li> <li><input type="checkbox"/> ფოტოფობია</li> <li><input type="checkbox"/> ფონოფობია</li> <li><input type="checkbox"/> ხელების დაბუფება</li> <li><input type="checkbox"/> ფეხების დაბუფება</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> ხელების გაციფება</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> ფეხების გაციფება</li> <li><input type="checkbox"/> მხედველობის დაქვეითება</li> <li><input type="checkbox"/> კისრის გაშეშება</li> <li><input type="checkbox"/> სკოტომა</li> <li><input type="checkbox"/> ცრემლდენა ტკივილის მხარეს</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ფსიქიური პიპრაპტივობა</li> <li><input type="checkbox"/> სინათლის მიმართ ზედმეტი მგრძობიადობა</li> <li><input type="checkbox"/> მტყფელების გაბუნდოვნება</li> <li><input type="checkbox"/> ყურადღების კონცენტრაციის დაქვეითება</li> <li><input type="checkbox"/> აზროვნების შენელება</li> <li><input type="checkbox"/> კისრის კუნთების დაჭიმულობა/დაძაბულობა</li> <li><input type="checkbox"/> ძილის დარღვევა</li> <li><input type="checkbox"/> სტრესის შეგრძნება</li> <li><input type="checkbox"/> დეპრესია</li> <li><input type="checkbox"/> მოუსვენრობა</li> <li><input type="checkbox"/> ოსმოფობია (შიში სხეულის სუნის)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ცხვირის ნესტების დასშობა ტკივილის მხარეს</li> <li><input type="checkbox"/> სურდო</li> <li><input type="checkbox"/> შუბლის და სახის ოფლიანობა</li> <li><input type="checkbox"/> ქუთუთის ჩამოშება</li> <li><input type="checkbox"/> გულების შევიწროება</li> <li><input type="checkbox"/> სახის სიწითლე</li> <li><input type="checkbox"/> სახის სიფერმკრთალე</li> <li><input type="checkbox"/> ანორექსია</li> <li><input type="checkbox"/> იპსილატერალური კონიუქტივის ინექცია</li> <li><input type="checkbox"/> იპსილატერალური მიოზი და/ან პტოზი</li> <li><input type="checkbox"/> ქუთუთოების იპსილატერალური შეშუპება</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> სიითის შეკავება</li> <li><input type="checkbox"/> კოფურების გაციფება</li> <li><input type="checkbox"/> კანის პიპერტენზია</li> <li><input type="checkbox"/> პარისტეზია</li> <li><input type="checkbox"/> გულისრცვა</li> <li><input type="checkbox"/> მომატებული მგრძობიადობა, ზურგის ტკივილი, წინდაკაფილი ანუ პულსაცია ტკივილის შემდგომი განვითარებით</li> <li><input type="checkbox"/> ფონოფობია</li> <li><input type="checkbox"/> ფიზიკური პიპრაპტივობა</li> <li><input type="checkbox"/> მადის (აბუტიტის) დაქვეითება</li> </ul> <p><b>პოსტდრომალური პერიოდის სიმპტომები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> დაღლილება</li> <li><input type="checkbox"/> თავის ტკივილი და სიმბინე თავში</li> <li><input type="checkbox"/> კონიტიური დარღვევები</li> <li><input type="checkbox"/> ემოციონალური გამოფიტვის შეგრძნება</li> <li><input type="checkbox"/> განწყობილების ხასიათის ცვლილება</li> <li><input type="checkbox"/> არამფერადობა</li> <li><input type="checkbox"/> მოპარობების შენელება</li> <li><input type="checkbox"/> გაღიზიანებადობა</li> <li><input type="checkbox"/> მოქნარება</li> <li><input type="checkbox"/> დიარეა, კუჭ-ნაწლავის სიმბტომები</li> </ul>
---	--	---

Рис. 3

(продромальные), сопровождающие и последующие (постдромальные) признаки головной боли. Ввод этих значений также осуществляется при помощи флажков.

На четвёртой странице (рис. 4) вводятся значения признаков, составляющие провоцирующие, облегчающие или ухудшающие факторы головной боли. Среди провоцирующих факторов: физическая усталость, неприятные запахи, бессонница, многолюдье, специфическая еда, шум, пребывание в душном помещении.

На пятой странице (рис. 5) программы вводятся данные, связанные с психо-социальным статусом пациента. Это продолжительность сна, сна в период приступа головной боли и в период отсутствия приступа, поведение пациента во время приступа и в период его отсутствия. Также вводятся данные о социальном статусе пациента – его взаимоотношениях с окружающими, о его развлечениях и занятиях спортом или физическими упражнениями и о его жилищно-бытовых условиях, данные о наследственности пациента – отмечались ли аналогичные головные боли у ближайших родственников пациента – матери, отца, братьев, сестёр или других близких родственников.

На шестой странице вводятся данные, касающиеся женщин (рис. 6), а на седьмой странице вводятся данные, касающиеся принимаемых пациентом препаратов (рис. 7). Поскольку часто препараты с одним и тем же действующим веществом имеют различные наименования, то в программе вводятся не сами препараты, а их фармакологические группы: анальгетики, комбинированные препараты, неселективные агонисты 5 НТ<sub>1</sub> – рецепторов, блокаторы кальциевых

ზოგადი ინფორმაცია	თავის ტკივილის მახასიათებლები	ტკივილის შეტევის წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები
მაპროვიცირებელი, დამამძიმებელი და ხელშემწყობი ფაქტორები	ფსიქო-სოციალური სტატუსი	ქალებისათვის ფარმოკოლოგიური საშუალებები

**მაპროვიცირებელი, დამამძიმებელი და ხელშემწყობი ფაქტორები**

**ტკივილის შეტევა შეიძლება გამოიწვიოს:**

<input type="checkbox"/> ფიზიკურმა დაღლამ	<input type="checkbox"/> გარკვეულმა წამლებმა	<input type="checkbox"/> ხმაური
<input checked="" type="checkbox"/> უსიამოვნო ემოციებმა	<input type="checkbox"/> მოწვეამ ან თამბაქოს ბოლის სუნმა	<input type="checkbox"/> თავის დაბანა
<input type="checkbox"/> სმამაღამა ღაპარაკმა	<input type="checkbox"/> ხანგრძლივი ან იძულებითი, თავის ან კისრის მოუსერებელი მდგომარეობა	<input type="checkbox"/> ცხელი აბაზანა
<input type="checkbox"/> სახის გაპარსვამ, სახეზე შესვამ	<input type="checkbox"/> კომპიუტერთან მუშაობისას, ან ავტომობილის საჭესთან	<input type="checkbox"/> სითხის შეზღუდვა
<input checked="" type="checkbox"/> უპატრო ოთახში ყოფნამ	<b>ვაკუაციური ფაქტორები:</b>	<input type="checkbox"/> კონტაქტური ღონისძიების ტარება
<input type="checkbox"/> უსიამოვნო სუნმა ან ძლიერი სუნი	<input type="checkbox"/> ამინდის ან კლიმატის ცვლილება	<input type="checkbox"/> რწყვა ავტომობილში, ნავში, თეთიფრინავში
<input type="checkbox"/> ღებვამ	<input type="checkbox"/> კაშკაშა სინათლე ან თვალისმიმპრელი ბზინვა	<b>ფსიქოფიზიოლოგიური ფაქტორები:</b>
<input type="checkbox"/> ხვედვამ	<input type="checkbox"/> მაგნიტური ველების მდგომარეობა	<input type="checkbox"/> ცენტრალური დატვირთვები
<input type="checkbox"/> ხალხმრავლობამ	<input type="checkbox"/> ტელევიზორის ხანგრძლივი ყურება ან კომპიუტერთან ყრდობა	<input type="checkbox"/> ცხოვრების განაწესის შეცვლა (გამოსახველი დღეები, შეგუდება, მოგზაურობა, სამუშაოზე გადატვირთვა)
<input type="checkbox"/> უძილობამ		<input type="checkbox"/> ცუდი ან ჭარბი ძილი

**პაციენტის კოდი: 16**

**კვება**  
 რეგულარული  არარეგულარული

**გარკვეული საკვების მიღება იწვევს ან აძლიერებს თავის ტკივილს:**

<input type="checkbox"/> შოკოლადი	<input type="checkbox"/> ალკოჰოლი	<input type="checkbox"/> ციტრუსები	<input type="checkbox"/> ჭიმურად დამუშავებული ხორცის პროდუქტები: პოთ-ფიგი, სოსისი, ბუკონი, შაში, შებოლილი ძეხვი, სალიამი	<input type="checkbox"/> კონსერვირებული ხილი და კვარცხანები
<input type="checkbox"/> ყავა	<input type="checkbox"/> თხილი	<input type="checkbox"/> ბანანი	<input type="checkbox"/> იოგურტი, არაგანი	<input type="checkbox"/> სხვა საკვები
<input type="checkbox"/> რძე	<input type="checkbox"/> სუნელი	<input type="checkbox"/> ხახვი	<input type="checkbox"/> კვებითი არომატოზატორები (მონონიტრატოლუტამატი, ასპარტამი)	
<input type="checkbox"/> ყველი	<input type="checkbox"/> არაქისის კარაქი	<input type="checkbox"/> ავოკადო	<input type="checkbox"/> ტირამინის შემავალი პროდუქტები	

**ტკივილის შეტევას აძლიერებს ან ამცირებს:**

<input type="checkbox"/> თავის გარკვეული პოზა აძლიერებს	<input type="checkbox"/> თავის გარკვეული პოზა ამცირებს
<input type="checkbox"/> ფიზიკური დატვირთვა აძლიერებს	<input type="checkbox"/> მოსვენებულ მდგომარეობაში ყოფნა ამცირებს
<input checked="" type="checkbox"/> ემოციური დატვირთვა აძლიერებს	<input type="checkbox"/> სხვა მიზეზი ამცირებს
<input type="checkbox"/> სხვა მიზეზი აძლიერებს	

Рис. 4

ზოგადი ინფორმაცია	თავის ტკივილის მახასიათებლები	ტკივილის შეტევის წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები
მაპროვიცირებელი, დამამძიმებელი და ხელშემწყობი ფაქტორები	ფსიქო-სოციალური სტატუსი	ქალებისათვის ფარმოკოლოგიური საშუალებები

**ფსიქო-სოციალური სტატუსი**

პაციენტის კოდი: 16

**ძილი**

**ძილის ხანგრძლივობა:**  ნორმალური

6 საათზე ნაკლები  
 11 საათზე მეტი

**ძილი „ნათელ“ პერიოდში:**  ნორმალური

<input type="checkbox"/> ხშირი გამოღვივება	<input type="checkbox"/> უძილობა
<input type="checkbox"/> ადრე გაღვივება	<input type="checkbox"/> ძილიანობა

**ძილი შეტევაების დროს:**  ნორმალური

<input type="checkbox"/> ხშირი გამოღვივება	<input type="checkbox"/> უძილობა
<input type="checkbox"/> ადრე გაღვივება	<input type="checkbox"/> ძილიანობა

**შეტევის დაწყება:**

<input type="checkbox"/> ძილში	<input type="checkbox"/> დაძინებისას	<input checked="" type="checkbox"/> გამოღვივებისას
--------------------------------	--------------------------------------	--

**ქცევა „ნათელ“ პერიოდში:**  ნორმალური

<input type="checkbox"/> ადვილად აგზნებადი	<input type="checkbox"/> ნორმალური
<input checked="" type="checkbox"/> თავშეუკავებელი	<input type="checkbox"/> დეპრესიული
<input type="checkbox"/> ატვს გუნება-განწყობის მკვეთრი მერყეობა	<input type="checkbox"/> ცდილობს იყოს წყნარად
	<input type="checkbox"/> აგზნებულია

**ქცევა შეტევის დროს:**

<input checked="" type="checkbox"/> ფიზიკური ვარჯიში	<input checked="" type="checkbox"/> საყოფაცხოვრებო პირობები
--	---

**სტრესი:**  გააღებანია

<input checked="" type="checkbox"/> მსუბუქი	<input type="checkbox"/> ერთხელ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> რამოდენიმეჯერ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> ხშირად გადაიტანა
<input type="checkbox"/> ზომიერი	<input type="checkbox"/> ერთხელ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> რამოდენიმეჯერ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> ხშირად გადაიტანა
<input type="checkbox"/> მძიმე	<input type="checkbox"/> ერთხელ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> რამოდენიმეჯერ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> ხშირად გადაიტანა
<input type="checkbox"/> კატასტროფული	<input type="checkbox"/> ერთხელ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> რამოდენიმეჯერ გადაიტანა	<input type="checkbox"/> ხშირად გადაიტანა

**სოციალური სტატუსი:**

<input checked="" type="checkbox"/> ურთიერთობა	<input type="checkbox"/> გართობა	<input type="checkbox"/> სპორტი
--	----------------------------------	---------------------------------

**ანალოგიური თავის ტკივილები ოჯახში, მემკვიდრეობაში:**

<input checked="" type="checkbox"/> ანალოგიური თავის ტკივილები აღინშნებოდა ოჯახში
<input type="checkbox"/> ანალოგიური თავის ტკივილები ჰქონდა დედას
<input type="checkbox"/> ანალოგიური თავის ტკივილები ჰქონდა მამას
<input type="checkbox"/> ანალოგიური თავის ტკივილები ჰქონდა დამამს
<input type="checkbox"/> ანალოგიური თავის ტკივილები ჰქონდა რომელიმე სხვა სისხლთი ნათესავს

Рис. 5

каналов и т.д.



სოცალი ინფორმაცია მპროფესიონალი, დამამხმებელი და სხვ. შექმნილი ფაქტორები	თავის ტკივილის მახასიათებლები ფსიქო-სოციალური სტატუსი	ტკივილის შეტვის წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები ქალებსათვის
---	--	---

**ქალებსათვის** პაციენტის კოდი: 16

აქვს მენსტრუაცია  
 მენსტრუაციის რეგულარობა  
 თავის ტკივილს უკავშირებს მენსტრუაციას

გათხოვილია  
 თავის ტკივილს უკავშირებს გათხოვბას

აქონდა ორსულობა  
 თავის ტკივილს უკავშირებს ორსულობას

Рис. 6

სოცალი ინფორმაცია მპროფესიონალი, დამამხმებელი და სხვ. შექმნილი ფაქტორები	თავის ტკივილის მახასიათებლები ფსიქო-სოციალური სტატუსი	ტკივილის შეტვის წინსწრები, თანმხლები და პოსტდრომალური პერიოდის ფაქტორები ქალებსათვის
---	--	---

**ფარმოკლდეური საშუალებები** პაციენტის კოდი: 16

ანალგეტიკები (პარაცეტამოლი, კოდეინი)  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

კომბინირებული პრეპარატები (კოფერგოტი, კოფეტამინი, სინკაპტონი, სარდონი, სოლპადეინი)  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

არასტეროიდული ანთების საწინააღმდეგო საშუალებები (ასპირინი, იბუპროფენი, ინდომეტაცინი, ფიკლოფენაკი, კეტაროფენი, ნაპროქსენი)  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

სელექციური 5-ჰტ - რეცეპტორ აგონისტები (ფრეგუტამინი, ფიციფროფრეტამინი)  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

კალციუმის არსების ბლოკატორები  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

სფლავტიური საშუალებები  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

ანტიკონველსანტები  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  
 მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

პროლიპტიკური სამკურნალო საშუალებები (ფრამაზილილითიმის კარბონატი, ვალპროვის მცვა, პრეფნიზოლონი, ტოპირამათი, გამაბენტინი, მელატონინ)  
 სრულიად გაუფლის ტკივილი  მცირდება ინტენსივობა  მცირდება ხანგრძლივობა  საერთოდ არ მოქმედებს

Рис. 7

Следует обратить внимание на то, что некоторые признаки образуют дерево понятия лингвистического признака [1]. Для таких случаев разработаны специальные функции программы.

В этих функциях устанавливается переключатель (если – то). Например, в случае локализации головной боли (рис. 2), при выборе одной из двух верхних радиокнопок *ხან ცალმხრივი*, *ხან ორმხრივი*, *ყოველთვის ორმხრივი*, нижние две радиокнопки оказывается неактивными. При выборе самой нижней радиокнопки *ყოველთვის ცალმხრივი*, две нижние радиокнопки *ცალმხრივი*, *ყოველთვის ერთ და იმავე მხარეს* и *ცალმხრივი*, *მხარე პერიოდულად იცვლება* становятся активными (рис. 8).

<p><b>ტკივილის ლოკალიზაცია (მხარე):</b></p> <p><input type="radio"/> ხან ცალმხრივი, ხან ორმხრივი</p> <p><input checked="" type="radio"/> ყოველთვის ორმხრივი</p> <p><input type="radio"/> ყოველთვის ცალმხრივი</p> <p><input type="radio"/> ცალმხრივი, ყოველთვის ერთ და იმავე მხარეს</p> <p><input type="radio"/> ცალმხრივი, მხარე პერიოდულად იცვლება</p>	<p><b>ტკივილის ლოკალიზაცია (მხარე):</b></p> <p><input type="radio"/> ხან ცალმხრივი, ხან ორმხრივი</p> <p><input type="radio"/> ყოველთვის ორმხრივი</p> <p><input checked="" type="radio"/> ყოველთვის ცალმხრივი</p> <p><input checked="" type="radio"/> ცალმხრივი, ყოველთვის ერთ და იმავე მხარეს</p> <p><input checked="" type="radio"/> ცალმხრივი, მხარე პერიოდულად იცვლება</p>
---	---

Рис. 8

*ყოველთვის ერთ და იმავე მხარეს* и *ცალმხრივი*, *მხარე პერიოდულად იცვლება* становятся активными (рис. 8). Аналогичные деревья признаков представлены



в программе на страницах *ფსიქო-სოციალური სტატუსი, ქალებისთვის u ფარმაკოლოგიური საშუალებები* (рис. 5 – 7). На странице *ფსიქო-სოციალური სტატუსი* в пункте *სტრესი* используется более сложное, трёхступенчатое дерево признаков (рис. 5). Первая ступень – выбор флажка *გაუტანია*, т.е. перенёс пациент стресс или нет. В случае выбора этого флажка становится активным вторая ступень – *მსუბუქი, ზომიერი, მძიმე, კატასტროფული*. Выбор одного или нескольких флажков делает активным третью ступень – выбор одной из радиокнопок рядом с флажком: *ერთხელ გადაიტანა, რამოდენიმეჯერ გადაიტანა, ხშირად გადაიტანა*.

Программа была разработана и протестирована в C++ Builder 2007.

## პირველადი თავის ტკივილის დიაგნოსტიკის ექსპერტულ სისტემაში მონაცემთა შეტანის პროგრამა

*დიმიტრი რადიევსკი*

*რეზიუმე*

პირველადი თავის ტკივილის დიაგნოსტიკის ექსპერტული სისტემა წარმოადგენს პროგრამას, რომელსაც გააჩნია უნარი ისეთი დაავადებების დიაგნოსტიკის, როგორც არის შაკივი, დაძაბულობის თავის ტკივილი და კლასტერული თავის ტკივილი. პირველადი თავის ტკივილი ეწოდება თავის ტკივილს, რომელიც არ არის ასოცირებული სხვა გამომწვევ პათოლოგიასთან. პროგრამა შედგება ორი ნაწილისაგან – დასწავლის ნაწილისაგან და დიაგნოსტიკის სისტემისაგან. სამუშაოში აღიწერება სისტემის ლოკალურ მონაცემთა ბაზაში მონაცემთა შეტანის პროგრამის სასწავლო ნაწილი. განიხილება მონაცემთა შეტანის ფუნქციები იერარქიულ ნიშანთა ხეებისთვის C++ ენაზე. აღიწერება მონაცემთა შეტანის თავისებურება ტრიპლეტური ნიშნებისთვის Windows -ის სტანდარტული რესურსების გამოყენებით.

## Data entry program in expert diagnostic system of primary headaches

*Dimitri Radzievski*

### Summary

Expert diagnostic system of primary headaches is a program that can diagnose diseases such as migraine, tension headache and cluster headache. Primary headaches are called headaches that are not associated with other pathologies causing them. The program consists of two parts - training and diagnostic systems. The paper describes the educational part of the program data input in a local database system. The functions of the data input for the hierarchical tree features in C++ are considered. The features of data input for the triplet indication by using standard Windows resources are described.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. მაია მიქელაძე. თავის ტკივილის სინდრომზე დაფუძნებული ექიმის გადაწყვეტილებების მხარდამჭერი ექსპერტული სისტემა. წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0175, საქართველო იანვარი, 2009.
2. Табеева Г.Р. Головная боль. Руководство для врачей. Москва. Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа» 2014.

---

## უმაღლესი მათემატიკის სწავლების პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურა

ლია გაჩეჩილაძე, მზია კიკნაძე  
lia.gachechiladze@mail.ru, m.kiknadze@gtu.ge

### რეზიუმე

სტატიაში შემოთავაზებულია უმაღლესი მათემატიკის საკითხების ეფექტური სწავლების მიზნით შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც საფუძვლად უდევს უმაღლესი მათემატიკის სწავლების პროგრამული საწვრთნელის მუშაობას. პროგრამული უზრუნველყოფა შედგება მართვის ბლოკისა და მონაცემთა ბაზისაგან. ბაზა შედგება რამდენიმე ცხრილისაგან, რომლებშიც მოთავსებულია თემატურად და სირთულის მიხედვით დალაგებული ამოცანები თავიანთი ამოხსნებით. მართვის ბლოკი შესასწავლი თემატიკიდან გამომდინარე შემთხვევითი მეთოდით ირჩევს შესაბამის ცხრილს და ამოცანებს სირთულის შესაბამისი დონიდან.

**საკვანძო სიტყვები:** პროგრამული საწვრთნელი, უმაღლესი მათემატიკა, ვექტორისა და მატრიცის ნამრავლი, განსაზღვრული და განუსაზღვრელი ინტეგრალი.

#### 1. შესავალი

ამჟამად, საინფორმაციო ტექნოლოგიები ფართოდ გამოიყენება ადამიანის საქმიანობის მრავალ სფეროში [1, 2]. ერთ-ერთი ასეთი სფეროა განათლება. შექმნილია და წარმატებით გამოიყენება ათასობით კომპიუტერული მასწავლებლის სისტემა სხვადასხვა დისციპლინების შესწავლის მიზნით, როგორცაა ფიზიკა, მათემატიკა, ქიმია, უცხოური ენები და ა.შ. ასეთი სისტემების ძირითადი ნაწილი შემუშავებულია საჯარო სკოლების მოსწავლეებისთვის. გაცილებით ნაკლები ყურადღება ეთმობა კომპიუტერული მასწავლებლის სისტემის შემუშავებასა და გამოყენებას უმაღლეს სასწავლებლებში. ერთ-ერთი მიმართულება, სადაც მკვეთრად იგრძნობა ასეთი სისტემების ნაკლებობა, არის უმაღლესი მათემატიკის სწავლება. აქედან გამომდინარე, საკმაოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს კომპიუტერული მასწავლებლის სისტემების შემუშავებას, დანერგვასა და აქტიურად გამოყენებას უმაღლესი მათემატიკის სწავლების პროცესში.

#### 2. ძირითადი ნაწილი

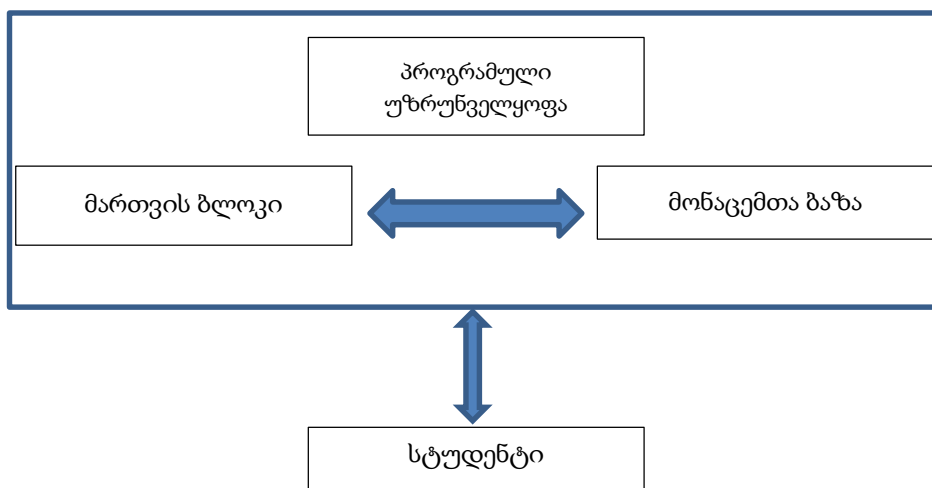
ზემოთ აღნიშნული ხარვეზის გამოსწორების მიზნით შემუშავებულია პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც სტუდენტს საშუალებას აძლევს შეისწავლოს უმაღლესი მათემატიკის სხვადასხვა საკითხები და ამოხსნას შესაბამისი მაგალითები. მაგალითად, განუსაზღვრელი ინტეგრალის შესწავლისას, სტუდენტმა შეიძლება ამოხსნას  $\int x dx = \frac{x^2}{2} + C$  სახის მაგალითები. ელემენტარული ფუნქციის წარმოებულის შესწავლისას სტუდენტმა შეიძლება ამოხსნას  $-(x^2)' = 2x$  სახის მაგალითები. მატრიცის დეტერმინანტის შესწავლისას სტუდენტმა შეიძლება ამოხსნას  $\begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$ ,  $d = -7$  ხასიათის ამოცანები.

წარმოდგენილი მაგალითების მიხედვით, შემუშავებულია მონაცემთა ბაზა, რომელიც შედგება რამდენიმე ცხრილისაგან. ისინი განთავსებულია SQL სერვერზე. ცხრილებში მოთავსებულია მაგალითები თემების მიხედვით: მატრიცის დეტერმინანტის გამოთვლა, შებრუნებული მატრიცის გამოთვლა, მატრიცის ტრანსპონირება, განსაზღვრული ინტეგრალის გამოთვლა, განუსაზღვრელი ინტეგრალის გამოთვლა, მარტივი ფუნქციების წარმოებულის გამოთვლა და ა.შ. პროგრამული უზრუნველყოფის მართვის ბლოკი რეალიზებულია დაპროგრამების C# ენაზე. ის კომპიუტერული ქსელის საშუალებით უკავშირდება SQL სერვერს და მასთან ახდენს მონაცემების გაცვლას.

მატრიცის დეტერმინანტის გამოთვლის სწავლისთვის შემუშავებულ ცხრილს (Matrix\_Determinant) შემდეგი სტრუქტურა აქვს:

ცხრილი 1.

სვეტის სახელი	მონაცემის ტიპი	დანიშნულება
Matrix_DeterminantID	INT	პირველადი გასაღები
str_raodenoba	INT	მატრიცის სტრიქონების რაოდენობა
sv_raodenoba	INT	მატრიცის სვეტების რაოდენობა
M11	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (1,1)
M12	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (1,2)
M13	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (1,3)
M14	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (1,4)
M21	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (2,1)
M22	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (2,2)
M23	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (2,3)
M24	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (2,4)
M31	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (3,1)
M32	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (3,2)
M33	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (3,3)



ნახ. 1. პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურა

M34	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (3,4)
M41	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (4,1)
M42	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (4,2)
M43	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (4,3)
M44	INT	მატრიცის ელემენტი, რომლის ინდექსია (4,4)
pasuxi	INT	სწორი პასუხი

განსაზღვრული ინტეგრალის გამოთვლის სწავლისთვის შემუშავებულ ცხრილს (Integrალი\_Gansazgvruლი) შემდეგი სტრუქტურა აქვს:

ცხრილი 2.

სვეტის სახელი	მონაცემის ტიპი	დანიშნულება
Integrალი_GansazgvruლიID	INT	პირველადი გასაღები
qveda_zgvari	INT	ინტეგრალის ქვედა ზღვარი
zeda_zgvari	INT	ინტეგრალის ზედა ზღვარი
parametrბის_raodenoba	INT	პარამეტრების რაოდენობა
parametri_1	INT	პირველი პარამეტრის მნიშვნელობა
parametri_2	INT	მეორე პარამეტრის მნიშვნელობა
parametri_3	INT	მესამე პარამეტრის მნიშვნელობა
pasuxi	INT	სწორი პასუხი

განუსაზღვრელი ინტეგრალის გამოთვლის სწავლისთვის შემუშავებულ ცხრილს (Integrალი\_Ganusazgvreლი) შემდეგი სტრუქტურა აქვს:

ცხრილი 3.

სვეტის სახელი	მონაცემის ტიპი	დანიშნულება
Integrალი_GanusazgvreლიID	INT	პირველადი გასაღები
parametrბის_raodenoba	INT	პარამეტრების რაოდენობა
parametri_1	INT	პირველი პარამეტრის მნიშვნელობა
parametri_2	INT	მეორე პარამეტრის მნიშვნელობა
parametri_3	INT	მესამე პარამეტრის მნიშვნელობა
pasuxi	INT	სწორი პასუხი

დიფერენციალური აღრიცხვის სწავლისთვის შემუშავებულ ცხრილს (Diferencialური\_Agricxva) შემდეგი სტრუქტურა აქვს:

ცხრილი 4.

სვეტის სახელი	მონაცემის ტიპი	დანიშნულება
Diferencialური_AgricxvaID	INT	პირველადი გასაღები
parametrბის_raodenoba	INT	პარამეტრების რაოდენობა
parametri_1	INT	პირველი პარამეტრის მნიშვნელობა
parametri_2	INT	მეორე პარამეტრის მნიშვნელობა

parametri_3	INT	მესამე პარამეტრის მნიშვნელობა
pasuxi	INT	სწორი პასუხი

მართვის ბლოკი უზრუნველყოფს ცხრილების შევსებას შესაბამისი მონაცემებით, მათ მოწესრიგებას სირთულის დონეების მიხედვით და რედაქტირებას. სწავლების პროცესში ის თვლის სტუდენტის მიერ სწორად ამოხსნილი ამოცანებისა და არასწორად ამოხსნილი ამოცანების რაოდენობას შემდგომი ანალიზის მიზნით. ამ ფუნქციების რეალიზებისთვის შემუშავებულია შესაბამისი პროგრამული ინტერფეისი და შესაბამისი ფანჯრები.

### 3. დასკვნითი ნაწილი

ამრიგად, სტატიაში შემოთავაზებულია პროგრამული უზრუნველყოფა შემუშავებული სტუდენტების მიერ უმაღლესი მათემატიკის თემების ეფექტურად შესწავლების მიზნით. მის ბაზაზე აგებულია პროგრამული საწვრთნელი. პროგრამული უზრუნველყოფა მოიცავს მართვის ბლოკსა და მონაცემთა ბაზას. მონაცემთა ბაზა შედგება ცხრილებისაგან, რომლებშიც მოთავსებულია თემატურად და სირთულის მიხედვით დალაგებული ამოცანები თავიანთი ამოხსნებით. მართვის ბლოკი უზრუნველყოფს ამ ცხრილების შევსებას ამოცანებით, მათ რედაქტირებას, ამოცანების გენერირებას შემთხვევითი მეთოდით, სირთულის ერთი დონიდან სტუდენტის გადაყვანას მომდევნო დონეზე.

## **Структура программного обеспечения обучения высшей математики**

*Лиа Гачечиладзе, Мзия Кикнадзе*

### **Резюме**

В статье предложена структура программного обеспечения, разработанного для совершенствования процесса обучения высшей математики в высших учебных заведениях. Она состоит из блока управления и базы данных. База данных состоит из нескольких таблиц, в которых помещены задачи по темам, которые упорядочены по сложности. База данных, также содержит решения всех задач. Блок управления, исходя из изучаемой тематики, выбирает соответствующую таблицу и задачи из соответствующего уровня сложности. Такой подход позволяет студенту на каждом уровне программного обучения максимально выявлять свои интеллектуальные возможности, менять параметры любой задачи и заново решать ее, и т.д. Использование тренажера значительно повышает качество обучения высшей математики и облегчает студенту освоение любой темы данной дисциплины.

## **The software structure of higher mathematics teaching**

*Lia Gachechiladze, Mzia Kiknadze*

### **Summary**

The paper proposes a software framework designed to improve the learning process of higher mathematics in higher education schools. It consists of a control unit and a database. The database consists of several tables in which tasks are placed by topics that are ordered by difficulty. The database

also contains decisions of all tasks. The control unit on the bases of the study subjects, choose the appropriate table and tasks of an appropriate level of complexity. This approach allows the student at every level of the program learning maximally identify their intellectual abilities, change the parameters of any problem and solve it again, etc. Using the simulator significantly improves the quality of teaching the higher mathematics and facilitates student mastery of any topic of the discipline.

### ლიტერატურა – References – Литература

1. რ. სამხარაძე, ლ. ნაზლაძე. პროცესების მდგომარეობების ცვლილების მოდელი. საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი. საერთაშორისო პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“. 1(36). თბილისი. 2010. ISSN 1512-0333. გვ. 52-53.
2. რ. სამხარაძე, ლ. ნაზლაძე, ლ. გაჩეჩილაძე. პროგრამული საწვრთნელების მიმოხილვა და ანალიზი. თბილისი, "საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი", შრომები. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. N2(11). 2011. ISSN 1512-3979. გვ.111-115.

## ჰიპერვიზორები და ინფორმაციის უსაფრთხოება

*ნინო ნარიმანიძე, თამარ ბურჭულაძე, მაკა ოდილაძე*

*ninonarimanidze9@gmail.com, tamarburchuladze@gmail.com, maka.odiladze@yahoo.com*

### რეზიუმე

ჰიპერვიზორი გვევლინება ვირტუალიზაციის ბაზისად, უზრუნველყოფს რა ინფორმაციის უსაფრთხოებას და მართავს ვირტუალურ მანქანას. პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია ვირტუალიზაციის უსაფრთხოებასთან ღრუბლოვანი გამოთვლებში, მოითხოვს ანალიზს და შესაბამის გადაწყვეტილებებს.

ნაშრომში განხილულია ჰიპერვიზორის ტექნიკური მახასიათებლების გავლენა ინფორმაციის უსაფრთხოებაზე. მოცემულია ჰიპერვიზორების ტიპების დახასიათება სხვადასხვა პარამეტრებით მათი წარმადობის გათვალისწინებით. მოცემულია რეკომენდაციები.

*საკვანძო სიტყვები: ღრუბლოვანი გამოთვლები, ჰიპერვიზორი, ინფორმაციის უსაფრთხოება.*

ინფორმაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, გადაცემული „ღრუბელზე“, ერთ-ერთ ყველაზე აქტუალურ და რთულ პრობლემად გვევლინება, რომელიც დაკავშირებულია ღრუბლოვანი გამოთვლებთან. ასეთი სისტემის ერთ-ერთ კომპონენტად გვევლინება ვირტუალიზაცია, რომელიც ერთი და იგივე ფიზიკურ სერვერზე სხვადასხვა პლატფორმის რეალიზაციის საშუალებას იძლევა.

„ღრუბლის“ აგებისას ვირტუალიზაცია არ გვევლინება აუცილებელ პარამეტრად, მაგრამ სწორედ ის იძლევა დინამიური და მასშტაბური სისტემის შექმნის შესაძლებლობას, ასევე ვირტუალური მანქანების განთავსების ადგილმდებარეობის შეცვლის შესაძლებლობას ერთი ფიზიკური სერვერიდან მეორეზე. ამის გამო მასშტაბური ღრუბლოვანი სისტემის არქიტექტურის შესაქმნელად, რომელსაც გააჩნია დიდი რაოდენობის სერვერები და მომხმარებლები, ვირტუალური კომპონენტი ხდება არსებითი ელემენტი, რათა შესაძლებელი იყოს ტექნოლოგიის რეალიზაცია.

ვირტუალიზაციის სქემის რეალიზაციის საფუძველი არის ჰიპერვიზორი - ვირტუალური მანქანის მონიტორი - პროგრამულ-აპარატურული სისტემა ოპერაციების შესასრულებლად სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემაში ერთი და იგივე ფიზიკურ სერვერზე. ამის გარდა, ღრუბლოვანი გამოთვლის ვირტუალური კომპონენტი თავისთავში მოიცავს ვირტუალურ მანქანას ემულატორული მოწყობილობით და მართვის განსაკუთრებულ სქემებს ვირტუალიზაციის ცალკეული პარამეტრების გამოსაყენებლად.

სქემის რეალიზაციისას ღრუბლოვანი გამოთვლების საფუძველზე ჰიპერვიზორი გვევლინება არა მხოლოდ ვირტუალიზაციის ბაზისად, არამედ ასევე ასრულებს რამდენიმე სპეციფიკურ ამოცანას, რომელიც დაკავშირებულია ინფორმაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან და მათთან მუშაობის პროცესებთან. წარმოადგენს რა თვითონ ცალკე ოპერაციულ სისტემას, ჰიპერვიზორი მართავს ვირტუალურ მანქანებს, იზოლაციას უკეთებს ერთმანეთისაგან და ანაწილებს ცალკეულ გამოთვლით რესურსებს გაშვებულ პროცესებს შორის.

დღეისთვის არსებობს ორი მიდგომა, რომელიც გამოიყენება ღრუბლოვანი გამოთვლებისთვის ვირტუალური კომპონენტების რეალიზაციისას: მონოლითური და მრავალბირთვიანი.

ჰიპერვიზორის მონოლითურ ტიპში მოიაზრება შემდეგი: ვირტუალური მანქანების ოპერაციული სისტემები მუშაობენ მისი გვერდის ავლით, მიმართავენ ვირტუალიზაციის ბაზისს მხოლოდ მოწყობილობაზე წვდომისას (ნახ.1). უსაფრთხოების თვალსაზრისით,

ვირტუალური კომპონენტის „ღრუბლის“ რეალიზაციის ასეთი სქემა უპირატესობას იძლევა უსაფრთხოების სფეროში. ამრიგად, შეუძლებელია მოხდეს წვდომა ჰიპერვიზორთან დაყენების მცდელობისას ან დრაივერების განახლებისას. მეორეს მხრივ, ასეთი მიდგომა მოწყობილობაზე წვდომისათვის არ იძლევა საშუალებას მიერთებული იყოს მოწყობილობა, რომელსაც არ გააჩნია დაყენებული მოდელის ჰიპერვიზორის დრაივერები. ამასთან ერთად, ყველა დამუშავებული ინფორმაციის უსაფრთხოების დარღვევა შესაძლებელია მოხდეს ჰიპერვიზორში დრაივერების ნაცვლად დრაივერების სახით მავნე პროგრამების ჩანერგვისას.

მრავალბირთვიანი მიდგომა ჰიპერვიზორის რეალიზაციისას მოიაზრებს „თხელი ჰიპერვიზორის“ გამოყენებას, რომლის დროსაც დრაივერები მუშაობენ ცალკეული მომხმარებლის ყოველ ოპერაციულ სისტემასთან. ამასთან ვირტუალიზაციის სტეკი განთავსდება დანიშნულ მშობელ განყოფილებაში, რომლისთვისაც მითითებულია განსაზღვრული აპარატურული რესურსების პარამეტრები და განსაზღვრულია იმ შთამომავლობითი განყოფილებების მართვის უფლებები, რომლებიც ურთიერთობენ „ღრუბლებთან“.

ვირტუალური კომპონენტის ბაზისის რეალიზაციის ასეთი მიდგომის უპირატესობებს შორის უნდა აღინიშნოს სისტემის მდგრადობის მომატება, ჰიპერვიზორის ხშირი განახლების აუცილებლობის არარსებობა (მონოლითურ რეალიზაციასთან შედარებით), ჰიპერვიზორის ზომის შემცირება, რომელიც მონაცემების უსაფრთხოების უფრო მაღალი დონის უზრუნველყოფის საშუალებას იძლევა. სხვა მხრივ, ჰიპერვიზორიდან სტეკისა და დრაივერების ჩამოშორება უარყოფითად მოქმედებს ღრუბლის წარმადობაზე და ჯობნის მონოლითური მოდელი.

ზემოთ აღწერილი ვირტუალური კომპონენტის „ღრუბლის“ ორი ტიპის დახასიათების საფუძველზე გამოვლინდა სამი არსებითი პარამეტრი, რომელიც გავლენას ახდენს უსაფრთხოების უზრუნველყოფაზე: ჰიპერვიზორის ზომა, დრაივერების უსაფრთხოება და სისტემის დაუცველობა ცალკეული კომპონენტების განახლებისას. ჰიპერვიზორის აღწერილი ტიპების დახასიათება მოცემული პარამეტრებით მათი წარმადობის გათვალისწინებით მოყვანილია ცხრილში.

***ცხრილი 1. სხვადასხვა ტიპის ჰიპერვიზორის უსაფრთხოების პარამეტრები***

<b>პარამეტრები</b>	<b>მონოლითური მოდელი</b>	<b>მრავალბირთვიანი მოდელი</b>
წარმადობა	შედარებით მაღალი; მიიღება დრაივერების განლაგებით და უშუალოდ ჰიპერვიზორში განთავსებული სტეკის ხარჯზე.	შედარებით დაბალი, რომელიც დაკავშირებულია დრაივერების განთავსების გაყოფასთან და სტეკის გადატანით ცალკე განყოფილებაში.
ჰიპერვიზორის ზომა	შესაძლებელია მიაღწიოს ასეულობით მბ.	1,5 მბ-ზე ნაკლები
დრაივერების უსაფრთხოება	დრაივერები ჩაშენებულია ჰიპერვიზორში, მათი შეცვლა შეუძლებელია	დრაივერები გამოყოფილია ჰიპერვიზორიდან, შესაძლებელია მათი განახლება და შეცვლა
ჰიპერვიზორის დაუცველობა განახლებისას	განახლება ხდება საკმაოდ ხშირად; ინფორმაცია შეცვლაზე ღიაა და შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ბოროტმზრახველების მიერ.	თვითონ ჰიპერვიზორის განახლება ხორციელდება იშვიათად, ვიდრე მონოლითურ მოდელში; პროგრამული კოდი არ შეიცავს დრაივერებს და სხვა დამატებით პროგრამებს

ამგვარად, გადავხედავთ რა ჰიპერვიზორის პარამეტრების შედარებით მახასიათებლებს, რომლებიც უშუალოდ ახდენენ გავლენას ინფორმაციის უსაფრთხოებაზე ღრუბელში, შესაძლებელია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მონაცემების დაცვა ვირტუალური კომპონენტის



გამოყენებისას შეუძლებელია მხოლოდ ჰიპერვიზორის საშუალებით, გამომდინარე მისი ცალკეული კვანძების დაუცველობის გამო, რომლებიც იყენებენ ვირტუალიზაციის ბაზისის სხვადასხვა ტიპებს. ამჟამად ინფორმაციის უსაფრთხოების დონის მატება ჰიპერვიზორის გამოყენებისას შესაძლებელია მიღწეული იყოს „დრუბლის“ მოცემული კომპონენტების მთლიანობაში სრულყოფილებით.

### **Hypervisors and safety of information**

*Nino Narimanidze, Tamar Burchuladze, Maka Odiladze*

#### **Summary**

The hypervisor is basis of virtualization, ensuring safety of information and operates the virtual computer. The problems connected with safety of virtualization in cloud computing demand the analysis and the relevant decisions.

In the paper influence of technical characteristics of a hypervisor on safety of information is considered. Characteristics of types of a hypervisor with different parameters providing their efficiency are presented. Recommendations are provided.

### **Гипервизоры и безопасность информации**

*Нино Нариманидзе, Тамар Бурчуладзе, Мака Одиладзе*

#### **Резюме**

Гипервизор является базисом виртуализации, обеспечивая безопасность информации и управляет виртуальной машиной. Проблемы, связанные с безопасностью виртуализации в облачных вычислениях, требуют анализ и соответствующие решения.

В работе рассмотрено влияние технических характеристик гипервизора на безопасность информации. Приведены характеристики типов гипервизора с разными параметрами предусматривая их продуктивность. Приведены рекомендации.

### **ლიტერატურა – References – Литература**

1. Малков Н.В. Основные проблемы информационной безопасности облачных вычислений // Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем / Под ред. Ю.А. Гатчина. – 2011. – С. 19–20.
2. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П. Анализ проблем и перспективы создания интеллектуальной системы обнаружения и предотвращения сетевых атак на облачные вычисления / Ю.Г. Емельянова, В.П. Фраленко // Программные системы: теория и приложения. – 2011. – № 4. – С. 17–31.

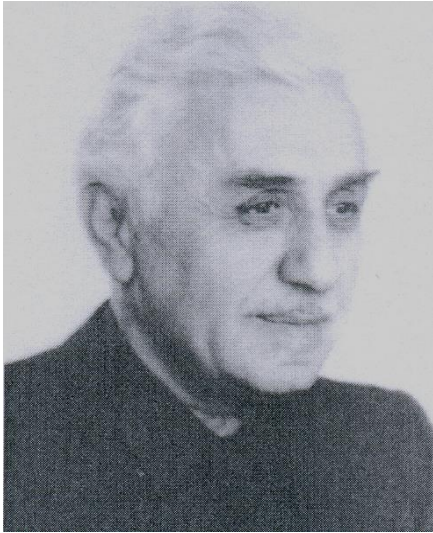
ხსოვნა

**MEMORY**

**ПАМЯТЬ**



## ვახტანგ ჭიჭინაძე



გარდაიცვალა ქართული სამეცნიერო-ტექნიკური ინტელიგენციის თვალსაჩინო წარმომადგენელი, აკადემიკოსი ვახტანგ ჭიჭინაძე.

ვახტანგ ჭიჭინაძე დაიბადა 1918 წლის 23 სექტემბერს ქ.თბილისში. მამა - კონსტანტინე ჭიჭინაძე, იყო ცნობილი ექიმი, დედა - ალექსანდრა გოცირიძე - დიასახლისი.

ბატონმა ვახტანგმა 1936 წელს დაამთავრა თბილისის პირველი საცდელ-საჩვენებელი სკოლა. იმავე წელს იგი საქარ-თველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ელექტროტექნიკური ფაკულტეტის სტუდენტი გახდა.

ბატონი ვახტანგი ჯერ კიდევ სტუდენტი იყო, როდესაც მეორე მსოფლიო ომი დაიწყო. იგი სამხედრო

სამსახურში გაიწვიეს ქ. ბაქოში, სადაც მან საზენიტო არტილერიის სამხედრო სკოლა დაამთავრა და ლეიტენანტის წოდება მიიღო.

ბატონი ვახტანგი ოთხი წელი თავდადებით იბრძოდა სამამულო ომის ფრონტზე, საბრძოლო ნათლობა კი ქ.ბრიანსკში მიიღო. იგი გერმანულ ფაშისტ დამპყრობლებს ებრძოდა ქ. ორიოლთან, ბრძოლით გაიარა ბელორუსია, პოლონეთის მიწა-წყალი და შემდეგ გერმანია, აგრეთვე იბრძოდა ბერლინის მისადგომებთან, მდინარე ოდერზე.

აი, რას წერდა 1945 წლის 20 ნოემბერს გაზეთი “კომუნისტი” სტატიამი “სახელოვანი მეზენიტე”: „ეს მოხდა ფაშისტი მხედის ბუნაგზე უკანასკნელი იერიშის დღეებში. გერმანელთა თვითმფრინავები ბომბებს უშენდნენ, ცდილობდნენ გაენადგურებინათ გადასასვლელი, რომელსაც უფროსი ლეიტენანტი ვახტანგ ჭიჭინაძის ბატარეა იცავდა. ჩვენმა მეზენიტეებმა წარმატებით მოიგერიეს ფაშისტი ავაზაკების რამდენიმე იერიში.

მამაცობის გამოჩენისათვის უფროსი ლეიტენანტი ვახტანგ ჭიჭინაძე სარდლობამ დააჯილდოვა წითელი ვარსკვლავის ორდენით. უმაღლესმა ჯილდომ ალაფრთოვანა ახალგაზრდა ქართველი მეომარი...”

ომის დამთავრების შემდეგ ბატონმა ვახტანგმა სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, რომელიც 1946 წელს დაამთავრა. იმავე წლის სექტემბერში მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ენერგეტიკის ინსტიტუტში.

ბატონმა ვახტანგმა 1949 წელს წარმატებით ჩააბარა გამოცდები საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის მოსკოვის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (ამჟამად მართვის პრობლემების) ინსტიტუტის ასპირანტურაში. ასპირანტურის დამთავრებისთანავე, 1952 წელს, ბატონმა ვახტანგმა წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. სადისერტაციო ნაშრომი ამპრავის ელექტრონული რეგულირების საკითხებს შეეხებოდა.

1952 წელს ვახტანგ ჭიჭინაძე დაბრუნდა საქართველოში და მუშაობა გააგრძელა ენერგეტიკის ინსტიტუტში.

1956 წელს ბატონი ვახტანგი გადაიყვანეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ახლად დაარსებულ ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების)

ინსტიტუტში, რომლის დამაარსებელი და პირველი დირექტორი იყო ცნობილი მეცნიერი და ჭეშმარიტი მამულიშვილი არჩილ ელიაშვილი. ბატონი ვახტანგი დაინიშნა დირექტორის მოადგილედ სამეცნიერო მუშაობის დარგში. სწორედ ამ ორი პიროვნების ძალისხმევით ინსტიტუტი ჩამოყალიბდა როგორც ერთ-ერთი გამორჩეული სამეცნიერო - კვლევითი ცენტრი საქართველოში, რომლის წარმატებებიც ოპტიმალურ სისტემებში, სტოქასტურ პროცესებში, სამეტყველო სახეთა გამოცნობასა და მანქანურ თარგმანში გასცდა რესპუბლიკის ფარგლებს და მათ უცხოელ სპეციალისტთა მაღალი შეფასებები დაიმსახურეს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ახალი ინსტიტუტის ფორმირებისას კარგად გამოჩნდა ბატონი ვახტანგის ნიჭი და შემართება ინსტიტუტში ახალი სამეცნიერო მიმართულებების დანერგვასა და განვითარების საქმეში.

1968 წელს ბატონმა ვახტანგმა მოსკოვის მართვის პრობლემების ინსტიტუტში წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად, რომელიც ძირითადად მართვის თეორიის ოპტიმალური ამოცანების გადაწყვეტის ახალ მეთოდს მიეძღვნა. 1968 წელს მიენიჭა პროფესორის წოდება.

1971 წელს ბატონი ვახტანგი დაინიშნა ყოფილი საბჭოთა კავშირის ელექტრონული მრეწველობის დაქვემდებარებაში მყოფი სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება "მიონის" დირექტორად, სადაც მან სამი წელი იმუშავა. იგი ენერგიულად შეუდგა ორგანიზატორულ - ტექნიკური საკითხების გადაწყვეტას, რომლებიც სამინისტროს მთავარი მოთხოვნის - ინტეგრალური მიკროსქემების დამუშავებაზე იყო ორიენტირებული. გაერთიანებასთან არსებული ქარხნის სასწრაფოდ ექსპლუატაციაში შეყვანისათვის მიღებულ იქნა ზომები და მართლაც, სულ მალე სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება "მიონი" მთელი ძალით ამუშავდა და ქარხანამაც დაიწყო სერიული პროდუქციის გამოშვება.

1972 წელს ბატონი ვახტანგი დაინიშნა დოქტორი ვახტანგ ჭიჭინაძე აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტად.

1974 წელს ბატონი ვახტანგი დანიშნეს საქართველოს უმაღლესი და საშუალო განათლების მინისტრის პირველ მოადგილედ, საიდანაც 1978 წელს იგი საკუთარი სურვილით სამუშაოდ გადავიდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამოთვლით ცენტრში მანქანური დაპროექტების განყოფილების გამგედ.

1982 წელს ბატონი ვახტანგი დაბრუნდა თავის მშობლიურ ინსტიტუტში, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტში, დირექციის მრჩეველად. 2006 წლიდან კი სიცოცხლის ბოლომდე იგი ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი იყო.

1983 წელს ბატონი ვახტანგ ჭიჭინაძე აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილ წევრად, აკადემიკოსად.

აკადემიკოს ვახტანგ ჭიჭინაძის სამეცნიერო ინტერესების სფერო მრავალმხრივი და მრავალფეროვანი იყო. სამეცნიერო ასპარეზზე მისი მოღვაწეობა ძირითადად სამ პერიოდს მოიცავს. პირველ ეტაპზე მან, მსოფლიოში ერთ-ერთმა პირველმა, შეისწავლა მართვის სისტემებისა და დანადგარების მანქანური დაპროექტების განხორციელების შესაძლებლობა, რის შედეგადაც შემუშავებული და პრაქტიკულად რეალიზებული იქნა სპეციალიზებული გამომთვლელი მანქანა - ჰომოსტატი, რომელიც შემთხვევითი ძებნის საფუძველზე ახორციელებდა მართვის ახალი სისტემების დაპროექტების პროცედურებს. აღნიშნული სამუშაო მან 1960 წელს წარადგინა IFAC - ის I მსოფლიო კონგრესზე ქ. მოსკოვში.

1962 წელს ბატონი ვახტანგი ქ.რომში საერთაშორისო სიმპოზიუმზე გამოვიდა მოხსენებით, რომელიც ეხებოდა მართვის ოპტიმალური და ადაპტური სისტემების

პრობლემებს. სამუშაოდ დიდი ინტერესი გამოიწვია უცხოელ სპეციალისტებს შორის. მათი ინიციატივით 1964 წელს ბატონი ვახტანგი ამერიკის შეერთებული შტატების სამეცნიერო ცენტრებსა და პრობლემურ ლაბო-რატორიებში ლექციების წასაკითხად მიიწვიეს.

პირველი შეხვედრა ამერიკელ მეცნიერებთან და ინჟინრებთან შედგა იმ დროისათვის ამერიკის უმსხვილესი ფირმის "ბელ-ლაბორატორის" სამეცნიერო ცენტრში, სადაც ავტომატური მართვის სისტემების მანქანური დაპროექტების საკითხებზე ბატონმა ვახტანგმა ლექცია ინგლისურ ენაზე წაიკითხა.

ანალოგიური ლექციებით ბატონი ვახტანგი გამოვიდა ამერიკის სხვადასხვა მნიშვნელოვან სამეცნიერო ცენტრში, როგორცაა მასაჩუსეტსის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, კლივლენდის კეიზის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, პიტსბურგის კარნეგის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, კალიფორნიის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, ნიუ-იორკის უნივერსიტეტი, ბრუკლინის პოლიტექნიკური ინს-ტიტუტი და სხვა.

ბატონი ვახტანგ ჭიჭინაძის სამეცნიერო მოღვაწეობის მეორე პერიოდი მიემდგნა ოპტიმალური პრობლემების გადაწყვეტის სრულიად ახალი, ორიგინალური მათემატიკური მეთოდის შექმნას. მან შეიმუშავა ცნობილი  $\psi$ -გარდაქმნის მეთოდი, რომელიც გლობალური ექსტრემუმის მოძებნის საშუალებას იძლევა. მისი გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ისეთი ამოცანების ამოხსნა და შესაბამისი ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღება, რომელთა ამოხსნაც მანამდე არსებული მეთოდების საშუალებით შეუძლებელი იყო. რთული ოპტიმალური ამოცანების "ჭიჭინაძის მეთოდით", ანუ  $\psi$ -გარდაქმნის მეთოდით გადაწყვეტის შესაძლებლობამ უცხოელ მეცნიერთა შორის დიდი ინტერესი გამოიწვია და აღნიშნული მეთოდი მათი დაწვრილებით შესწავლისა და განხილვის საგანი გახდა.

$\psi$ -გარდაქმნის მეთოდთან დაკავშირებით ორი მეტად არაორდინარული ფაქტია აღსანიშნავი:

1) კალიფორნიის უნივერსიტეტის ცნობილი პროფესორის მ. აოკის სახელმძღვანელოში "შესავალი ოპტიმიზაციაში" დაწვრილებითაა აღწერილი "ჭიჭინაძის მეთოდი". როგორც ავტორი აღნიშნავს, სახელმძღვანელო შედგენილია იმ ლექციების საფუძველზე, რომლებსაც ბატონი ვახტანგი კალიფორნიის უნივერსიტეტის სტუდენტებს უკითხავდა. მსგავსი შემთხვევა, რომ ქართველი მეცნიერის მიერ მიღებულ შედეგებზე ლექციებს უკითხავდნენ ამერიკელ სტუდენტებს, იშვიათი მოვლენაა.

2) "ჭიჭინაძის მეთოდს" კარგად იცნობენ იტალიაშიც. იტალიელი მეცნიერების ნაშრომების განხილვის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მილანის უნივერსიტეტის მათემატიკის ინსტიტუტის თემატიკა გლობალურ ოპტიმიზაციაში ეყრდნობა ბატონი ვახტანგის შრომებს.

აკადემიკოს ვახტანგ ჭიჭინაძის სამეცნიერო მოღვაწეობის მესამე პერიოდი ადმინისტრაციული სისტემების მართვის საკითხებს შეეხება. მის მიერ შემუშავებული მათემატიკური აპარატი გამოყენებულ იქნა ისეთი რთული სისტემების მართვისათვის, როგორცაა სახელმწიფო, კომპანია, ფირმა ან ნებისმიერი დაწესებულება. ამავე დროს, თამაშთა თეორიისა და სისტემური ანალიზის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე, ბატონმა ვახტანგმა შეისწავლა კონფლიქტის პროცესები, რის შედეგადაც შესაძლებელია ამ კონფლიქტების მართვა და სათანადო ოპტიმალური და სუბოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღება. მან განიხილა მსოფლიოში სხვადასხვა სახელ-მწიფოებსა თუ ცალკეული სახელმწიფოების ეთნიკურ ჯგუფებს შორის მიმდინარე კონფლიქტების კონკრეტული მაგალითები და დაადგინა მოქმედებების ოპტიმალური კანონები ისეთი

კონფლიქტებისათვის, როგორებიც იყო კუბის კრიზისი, სუეცის არხის კონფლიქტი და თეირანის კონფლიქტი აფხაზეთში.

ბატონ ვახტანგს გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი ავტომატური მართვის სისტემების ანალიზისა და სინთეზის, ოპტიმალური და ადაპტური სისტემების თეორიისა და პრაქტიკის, სტატისტიკური და დინამიკური ოპტიმიზაციის, თამაშთა თეორიის, ადმინისტრაციული მართვისა და კონფლიქტური სიტუაციების ანალიზის საკითხებზე, აგრეთვე ექვსი მონოგრაფია და ოთხი სახელმძღვანელო (თანაავტორებთან ერთად) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტებისათვის.

სახელმძღვანელოსათვის "ოპტიმალური და ადაპტური სისტემები" (სამტომეული, 1000 გვერდზე მეტი) ბატონ ვახტანგს თანაავტორებთან (პროფ. ა.გუგუშვილი, აკად. მ.სალუქვაძე) ერთად 2004 წელს მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში საქართველოს სახელმწიფო პრემია მიენიჭა.

ბატონი ვახტანგი წლების მანძილზე ეწეოდა პედაგოგიურ მოღვაწეობას სახელმწიფო უნივერსიტეტში, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში და სახალხო მეურნეობის მართვის ინსტიტუტში. იგი იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სადისერტაციო საბჭოს წევრი.

აკად. ვახტანგ ჭიჭინაძის ხელმძღვანელობით დაცულია მრავალი სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაცია.

ბატონი ვახტანგი დიდი პოპულარობით სარგებლობდა საზღვარგარეთ. მას ხშირად მიმართავდნენ კონსულტაციებისათვის. მის შესახებ ინფორმაცია განთავსებულია მარკუსის ცნობილ ცნობარში "Who is Who in the World", რომელიც შეერთებულ შტატებში გამოდის. იგი იყო ამერიკის ელექტრონიკისა და ელექტროტექნიკის ინსტიტუტის საპატიო წევრი, ამერიკის პლანეტარული საზოგადოებისა და ბიოგრაფიული საზოგადოების საპატიო წევრი.

ბატონი ვახტანგი არჩეული იყო საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილ წევრად, აკადემიკოსად, სადაც იგი ნაყოფიერად მოღვაწეობდა.

სიკეთით, დიდსულოვნებითა და პრინციპულობით გამორჩეულ კაცს ჰყავდა ასეთივე ბუნების ერთგული და მზრუნველი მეუღლე - ქეთევან გაჩეჩილაძე, ექიმი-მიკრობიოლოგი, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, რომელიც მუშაობდა თბილისის ვაქცინებისა და შრატების სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში ("ბაქტერიოფაგი"). მას დარჩა ორი შვილი: ელისო - მიკრობიოლოგი და რევაზი - კომპანიებისა და ფირმების საფინანსო მოღვაწეობის ანალიზის სპეციალისტი. მისი შვილიშვილი ვახტანგი ახალგაზრდა სპეციალისტია მართვის დარგში.

ბატონი ვახტანგი დაჯილდოებული იყო ღირსების ორდენით, მრავალი სიგელითა და დიპლომით.

ბატონი ვახტანგ ჭიჭინაძის სახელი არასოდეს წაიშლება მისი კოლეგებისა და მოწაფეების ხსოვნაში.

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია.  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.