

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



ISSN 0135-0765

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

№16, 2012

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებული მოიცავს ინსტიტუტის მეცნიერ-მუშაკთა მიერ 2012 წელს ჩატარებული კვლევების შედეგებს. შრომები ეხება ძირითადად 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, როგორცაა ენერგეტიკა.

დიდი ადგილი ეთმობა შრომებში ინფორმატიკას. აქ წარმოდგენილია მანქანური ინტელექტის პრობლემასთან დაკავშირებული საკითხები, სხვადასხვა ტიპის ინფორმაციული სისტემები, ლინგვისტიკური ცოდნის კომპიუტერული წარმოდგენის ამოცანები და სხვ.

აგრეთვე წარმოდგენილია სადისკუსიო ნაშრომი თემაზე “ახალი მიმართულება მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის აგებაში და ტროპიკული კრიპტოგრაფია“ და სტატია მეცნიერების ისტორიისთვის.

The research results carried out by the Institute’s scientists through 2012 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.

A considerable attention is devoted to informatics. Some problems connected with machine intelligence, informational systems of different types, computer representation of linguistic knowledge are considered.

The work “New direction in construction of matrix one-way function and tropical cryptography” for discussion and an article for history of sciences are presented as well.

Настоящий сборник трудов содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2012 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.

Большое место в трудах уделено информатике. Рассмотрены вопросы, связанные с проблемой машинного интеллекта, информационные системы различного типа, задачи компьютерного представления лингвистических знаний и др.

А также представлены дискуссионная работа на тему «Новое направление в построении матричной односторонней функции и тропическая криптография» и статья об истории науки.

შრომათა კრებული გამოდის წელიწადში ერთხელ.

კრებული იბეჭდება ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

მ თ ა ვ ა რ ი რ ე დ ა ქ ტ ო რ ი

აკად. მ. სალუქვაძე

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

- ტ.მ.დ. აბარდაველიძე, ტ.მ.კ. გვაბისონია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ტ.მ.დ. ზ. გასიტაშვილი, მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი), ტ.მ.დ. ო. ლაბაძე, ტ.მ.დ. თ. მაგრაქველიძე,
- ფ.მ.დ. ლ. მარგველანი, ფ.-მ.მ.კ. ვ. მაისურაძე, ტ.მ.კ. მ. მიქელაძე, დ. სისარულიძე (ტექ. რედაქტორი),
- ტ.მ.კ. თ. ტროყაშვილი, აკადემიის წ/კ ა. ფრანგიშვილი, ტ.მ.კ. ნ. ყავლაშვილი, ტ.მ.დ. ბ. შანშიაშვილი,
- ფ.მ.დ. გ. ჩიკოიძე, ტ.მ.კ. ზ. წვერაიძე, აკად. ვ. ჭიჭინაძე, ნ. ჯავაშვილი, ტ.მ.დ. ნ. ჯიბლაძე.

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე.მინდელის ქ. №10

ტელ.: (+995 32) 319871

ფაქსი: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: ics@gtu.com

სარჩევნო – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

მართვის თეორია – CONTROL THEORY - ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

არასუცილებლად ამოწმებულ სიმრავლეთა განცალკევება..... 7 გ. მაისურაძე, მ. სალუქვაძე, ვ. გაბისონია	7
STRUCTURAL IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEMS USING BLOCK-ORIENTED MODELS 31 B. Shanshiashvili, M .Salukvadze	31
PARAMETRIC IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF THE LINEAR NONSTATIONARY SYSTEMS 37 B. Shanshiashvili	37
ON ITERATIVE ALGORITHMS FOR SOLVING HIGH-DIMENSIONAL LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS 43 N. Jibladze, A. Topchishvili, M.Andguladze	43
საუპირობო ვარიანტის კვლევის ერთი ალგორითმის შესახებ ორიენტირებულ ბრძოლაში..... 50 ქ. კუთხაშვილი	50
თბილისი დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია რეკონსტრუქციის და რეკონსტრუქციის მეთოდებით..... 55 ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე	55
სამონტაჟის მართვის დაგეგმვის მრავალკრიტიკული ამოცანის ანალიზური ამოხსნის შესახებ 60 დ. სისარულიძე	60
უმოკლესი გზის ძიება ბრძოლაში და რეალიზაციასთან დაკავშირებული ანონსი..... 66 ნ. ანანიაშვილი, ნ. ოთხოხორია	66

მართვის სისტემები - CONTROL SYSTEMS - СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ინტეგრალურ-ობიექტური კონტროლი 4x4 71 ზ. ბუაჩიძე, ა. გიგინეიშვილი, ა. ჭირაქაძე, ნ. ყავლაშვილი	71
ხელმძღვანელი მოკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების დამუშავება თანამდევრულ სამართლებრივ საშუალებების გამოყენებით 75 ნ. ყავლაშვილი, ო. ლაბაძე, ლ. გვარამაძე, გ. კიკნაძე, თ. საანიშვილი	75
მუდმივი მანძილის სტაციონარული ველის განაწილების კვლევა, მათი თავისებურებანი და გამოყენების სფეროების დადგენა 79 ო. ლაბაძე, ა. ლომია, დ. ერემიანი, ვ. ბახტაძე, თ. ხუციშვილი	79
უკონტაქტო სამოციციური დინამიური ობიექტის აბევის ფიზიკური საშუალებები და თავისებურებანი..... 83 ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, თ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე	83
უპრობლემური ბარდამქმნელის იდენტიფიკაცია და მისი რეგულაცია ავტომატური მართვის სისტემების რბოლის მოდელის დადგენა 89 ო. ლაბაძე	89
მიმდებარე-გადამცემი უპრობლემური ტიპის ანტიმანქანის აბევის ფიზიკური საშუალებები, თავისებურებანი და გამოყენების სფეროები 93 ო. ლაბაძე, თ. მახარაშვილი, ვ. მალლაკელიძე	93
სამკროტინატული ინფორმაციის პირველადი ბარდამქმნელის აბევის ზოგადი პრინციპები 99 ო. ლაბაძე	99
მდინარე ვეზურის ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისების აუცილებლობისა და მასთან დაკავშირებული სოციალური და ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ..... 105 თ. მაგრაქველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, ი. არჩუაძე, მ. ჯანიკაშვილი	105
პარამანის მუდმივად შესახებ ტრეკინგის ნაკლები სიჩქარითა განაწილების ლობარითმულ ფორმულაში 112 თ. მაგრაქველიძე	112
პრანდტლის რიცხვის გავლენა თბობაცემისა სარმინან აბატატში..... 116 თ. მაგრაქველიძე, ნ. ბანცაძე, ნ. ლეკვიშვილი, ხ. ლომიძე, ა. მიქაშვილი, ჯ. რუსიშვილი	116
პრავებისა და გენერატორების მართვის საკითხები..... 121 თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე	121
დაბალი სიხშირის სიბნელის პირველი და მეორე რიგის წარმომავლის განსაზღვრა 124 თ. ტროყაშვილი, დ. ცინცაძე	124

თხემი აირის მასის განსაზღვრა ჩაკეტილ რემერვზარში.....	128
ბ. აზმაიფარაშვილი, ნ. ოთხოზორია, ვ. ოთხოზორია, მ. ნარჩემაშვილი	
ჰიდრომატიული ტუმბოს დამუშავება.....	133
დ. ფურცხვანიძე	
მომხდომი მანქანების „სოტუმის“ აღაბურთი მართვის სისტემა.....	136
დ. ფურცხვანიძე	
ავტომატიზებული დანადგარი ნაღველის მეთაღრბიული თვისებების შესწავლისათვის	140
ბ. გიქელიშვილი, ქ. წერეთელი, ნ. მირიანაშვილი, ვ. ხათაშვილი	

ინფორმატიკა – INFORMATICS - ИНФОРМАТИКА

СЕМАНТИКА ДВУХ ГРУЗИНСКИХ ПАДЕЖЕЙ: ТВОРИТЕЛЬНОГО И ОБСТОЯТЕЛЬСТВЕННОГО.....	145
Е. Доквадзе, Г. Чикоидзе	
GEORGIAN “ANCESTORS” OF THE LOGICAL IMPLICATION	158
G. Chikoidze, N. Amirezashvili, N. Javashvili	
კომპიუტერული საკომუნიკაციო სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის მომხმარებელთათვის.....	166
ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე	
ლექსიკა „თოვლის“ აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით.....	171
ე. დოკვაძე	
ქართული ენის კომპიუტერიზაციის კონცეფციები.....	177
ლ. მარგველანი	
0 თემისნოშინანი მდროატივების ზმნური მდღელები ელექტრონული ლექსიკონისთვის.....	181
ნ. ჯავაშვილი	
წინადადების უშუალო შემადგენლური სტრუქტურა და სინონიმური ჩანაცვლებები სახელურ ფრაზაში.....	185
ა. ჩუტკერაშვილი	
ქმნის აღაბურთილი ქვანთური პარალელური აღბურთიები.....	189
მ. არჩუაძე, ვ. ბესიაშვილი, მ. ხაჩიძე	
РОЛЬ И МЕСТО СБОЕВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ.....	197
М. Сургуладзе	
ღრუბლოვანი ბამოთვლები, კონცეფცია და არსი.....	203
თ. ბახტაძე, ი. მარგალიტაძე, მ. გეგეჭკორი, თ. კაიშაური	
თავისუფალი პროგრამები საბანანათლებლო და სამეცნიერო საქმიანობაში	207
მ. გეგეჭკორი, ვ. ბახტაძე, თ. ჟვანია, ჯ. გაგლოშვილი, ნ. ნარიშანიძე, თ. ბურჭულაძე	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ.....	212
В. Радзиевский, Н. Джалябова Д. Радзиевский	
დაავადებათა დიფერენცირება ინტელექტუალური სისტემის მშვენივრით.....	219
ნ. ჯალიაბოვა ვ. რადიევსკი	
ეკოლოგიური სისტემის დინამიკის აღწერა წინასწორების თვალსაზრისით და მისი უსაძლო	
დადგენების მიზეზობრივი ანალიზი.....	226
ვ. რადიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, მ. მიქელაძე, დ. რადიევსკი	
ПРОГРАММА РАСПОЗНАВАНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ЕЁ	
КОМПОНЕНТАМ – ВОЗДУХУ, ВОДЕ И ПОЧВЕ.....	233
Д. Радзиевский	
<u>რუბრიკა: მეცნიერების ისტორიისთვის</u>	
მათემატიკის როლის შესახებ ფიზიკაში	239
ა. გიგინეიშვილი, ვ. გოდერძიშვილი, თ. გეგეჭკორი	
<u>რუბრიკა: თემა დისკუსიისთვის</u>	
NEW DIRECTION IN CONSTRUCTION OF MATRIX ONE-WAY FUNCTION AND TROPICAL	
CRYPTOGRAPHY.....	244
R. Megrelishvili	

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

არააუცილებლად ამოზნექილ სიმრავლეთა ბანცალგებლობა

ვ. მაისურაძე, მ. სალუქვაძე, ვ. ბაბოსონია

wmaisuradze@yahoo.com

1. ძირითადი ფაქტები

ვთქვათ, Y არის წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, ხოლო $f : Y \rightarrow \bar{R}$ - მოცემული ნამდვილი ფუნქცია. აღნიშნული ფუნქციის ეფექტურობის არე და ეპიგრაფი შესაბამისად განისაზღვრება ტოლობებით:

$$\text{dom}f = \{y \in Y \mid f(y) < \infty\},$$

$$\text{epif} = \{(y, t) \in Y \times R \mid f(y) \leq t\}.$$

განსაზღვრა 1.1. $f : Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება ამოზნექილი, თუ epif არის ამოზნექილი ქვესიმრავლე $Y \times R$ დეკარტულ ნამრაველში.

განსაზღვრა 1.2. $f : Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება საკუთრივი, თუ ის არ ღებულობს $-\infty$ მნიშვნელობას და $\text{dom}f \neq \emptyset$, ე.ი. სრულდება პირობები:

$$\begin{aligned} f(y) &\neq -\infty, \forall y \in Y, \\ \exists y \in Y : f(y) &< \infty. \end{aligned} \tag{1.1}$$

შენიშვნა 1.1. თუ f ფუნქცია საკუთრივი არ არის, მაშინ $\alpha, \beta \in [0, \infty)$ რიცხვებისათვის ჯამი $\alpha f(y_1) + \beta f(y_2)$ შეიძლება აღმოჩნდეს უსასრულოდ მცირე. მაგალითად თუ $f(y_1) = -\infty$, $f(y_2) = -\infty$ ან ორივე ტოლობა სრულდება ერთდროულად, მაშინ $\alpha f(y_1) + \beta f(y_2) = -\infty$. თუ f საკუთრივია, მაშინ

$$\alpha f(y_1) + \beta f(y_2) \neq -\infty, \forall \alpha, \beta \in [0, \infty).$$

ლემა 1.1. თუ $f : Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქცია საკუთრივია, მაშინ მისი ამოზნექილობისათვის აუცილებელია და საკმარისი, რომ სრულდებოდეს პირობა:

$$f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda f(y_1) + (1-\lambda)f(y_2), \forall y_1, y_2 \in Y, \forall \lambda \in [0, 1]. \tag{1.2}$$

დამტკიცება. ვთქვათ, f ამოზნექილია. მაშინ epif არის ამოზნექილი, ამიტომ მართებულია ჩართვა:

$$\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) \in \text{epif}, \forall (y_1, t_1), (y_2, t_2) \in \text{epif}, \forall \lambda \in [0, 1].$$

მეორე მხრივ

$$\begin{aligned} \lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) &= (\lambda y_1, \lambda t_1) + ((1-\lambda)y_2, (1-\lambda)t_2) = \\ &= (\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2), \end{aligned}$$

ამიტომ $(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2) \in \text{epif}$, ანუ $f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2$, სადაც t_1, t_2 ნამდვილი რიცხვებისათვის მართებული უნდა იყოს $f(y_1) \leq t_1, f(y_2) \leq t_2$ არამკაცრი უტოლობები. რადგან $t_1 = f(y_1), t_2 = f(y_2)$ აღნიშნულ პირობებს აკმაყოფილებს, ამიტომ

$$f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda f(y_1) + (1-\lambda)f(y_2), \forall y_1, y_2 \in Y, \forall \lambda \in [0, 1].$$

ვთქვათ ახლა, რომ სრულდება (1.2) პირობა და ვაჩვენოთ, რომ epif არის ამოზნექილი. განვიხილოთ ნებისმიერი $(y_1, t_1), (y_2, t_2) \in \text{epif}$ ორი ელემენტი. მაშინ $\forall \lambda \in [0, 1]$ ნამდვილი რიცხვისთვის გვაქვს:

$$\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) = (\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2) \in Y \times R.$$

(12) - დან გამოდინარეობს, რომ, $f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda f(y_1) + (1-\lambda)f(y_2)$. რადგან $(y_1, t_1), (y_2, t_2) \in epif$, ამიტომ $f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ

$$(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2) \in epif,$$

ანუ $\lambda epif + (1-\lambda)epif \subset epif, \forall \lambda \in [0,1]$. უკანასკნელი ნიშნავს $epif$ სიმრავლის, ანუ f ფუნქციის ამოზნექილობას #

ლემა 12. თუ $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქცია არის ამოზნექილი, მაშინ მისი ეფექტურობის არე $domf$ აგრეთვე არის ამოზნექილი.

დამტკიცება. თუ $y_1, y_2 \in domf$, მაშინ არსებობს $t_1, t_2 \in R$, რომელთათვისაც სრულდება უტოლობები $f(y_1) \leq t_1, f(y_2) \leq t_2$, ანუ $(y_1, t_1), (y_2, t_2) \in epif$. ამიტომ $\forall \lambda \in [0,1]$ რიცხვისათვის $\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) \in \lambda epif + (1-\lambda)epif$. რადგან f ამოზნექილია, ამიტომ $\lambda epif + (1-\lambda)epif \subset epif$. მეორე მხრივ მართებულია ტოლობა

$$\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) = (\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2),$$

ამიტომ $(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2) \in epif$, ანუ $f(\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2) \leq \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2$.

რადგან $\lambda t_1 + (1-\lambda)t_2 \in R$, ამიტომ $\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2 \in domf, \lambda \in [0,1]$ #

შენიშვნა 12. $domf$ შეიძლება იყოს ამოზნექილი იმ შემთხვევაშიც, როდესაც f ამოზნექილი ფუნქცია არ არის საკუთრივი.

ლემა 13. თუ $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქცია არის ამოზნექილი, არსებობს ელემენტი $y \in Y$, რომლისთვისაც $f(y) = -\infty$ და $\text{int } domf \neq \emptyset$, მაშინ მართებულია ტოლობა

$$f(x) = -\infty, \forall x \in \text{int } domf.$$

დამტკიცება. ცხადია, რომ $y \in domf$. რადგან $domf$ ამოზნექილია, ამიტომ $\text{int } domf$ არის ამოზნექილი და ნებისმიერი $z \in \text{int } domf$ ელემენტისათვის ნახევარ ინტერვალში $[z, y)$ აკმაყოფილებს $[z, y) = \{x \in Y \mid x = \lambda z + (1-\lambda)y, \lambda \in (0,1]\} \subset \text{int } domf$ პირობას [1]. ამიტომ თუ $x \in [z, y)$, მაშინ $x \in \text{int } domf$. ეს ნიშნავს, რომ არსებობს Y სივრცის ნულის დია მიდამო V , რომლისთვისაც $x+V \subset domf$. მეორე მხრივ, ყოველთვის მოინახება იმდენად მცირე $\tau > 0$, რომლისთვისაც $\tau(x-y) \in V$, ანუ შესრულდება პირობა $u = x + \tau(x-y) \in domf$. რადგან $u = (1+\tau)x - \tau y, x = (1+\tau)^{-1}u + \tau(1+\tau)^{-1}y$. თუ $\lambda = (1+\tau)^{-1}$, მაშინ $\lambda \in [0,1]$ და $x = \lambda u + (1-\lambda)y$. მეორე მხრივ, $u \in domf$ ხართვიდან ვასკვნი, რომ მოიძებნება ნამდვილი რიცხვი t , რომლისთვისაც მართებული იქნება უტოლობა $f(u) \leq t$, ანუ $(u, t) \in epif$. რადგან $f(y) = -\infty$, ამიტომ ნებისმიერი უსასრულოდ მცირე $\{t_n\} \subset R$ მიმდევრობის წევრებისათვის მართებულია $f(y) \leq t_n$ უტოლობა, ანუ $(y, t_n) \in epif$. რადგან $domf$ არის ამოზნექილი, ამიტომ

$$\lambda(u, t) + (1-\lambda)(y, t_n) = (\lambda u + (1-\lambda)y, \lambda t + (1-\lambda)t_n) \in epif,$$

ე.ი. $f(x) \leq \lambda t + (1-\lambda)t_n, n=1,2,\dots$ რადგან $t_n \rightarrow -\infty, n \rightarrow \infty$, უკანასკნელ უტოლობაში ზღვარზე გადასვლით ვღებულობთ, რომ $f(x) = -\infty, \forall x \in \text{int } domf$ #

frD - თი აღვნიშნოთ $D \subset Y$ სიმრავლის საზღვარი, ანუ $frD = clD \setminus \text{int } D$.

შენიშვნა 13. ლემა 13-დან უშუალოდ გამოდინარეობს, რომ არასაკუთრივ ამოზნექილ ფუნქციას სასრული მნიშვნელობები შეუძლია მიიღოს მხოლოდ საკუთარი ეფექტურობის არის საზღვარზე ე.ი, თუ $y \in domf$, მაშინ $y \in frdomf$.

განსაზღვრა 13. ვთქვათ, B არის არაცარიელი ქვესიმრავლე Y სივრცეში. $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება B - მონოტონური, თუ ნებისმიერი ორი $y_1, y_2 \in Y$ ელემენტისათვის, რომელთათვისაც აზრი აქვს $f(y_2) - f(y_1)$ სხვაობას, მართებულია იმპლიკაცია:

$$y_2 - y_1 \in B \Rightarrow f(y_1) \leq f(y_2). \quad (13)$$

განსაზღვრა 14. $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება სუბადიტიური, თუ ნებისმიერი $y_1, y_2 \in Y$ ორი ელემენტისათვის, რომელთათვისაც აზრი აქვს $f(y_1) + f(y_2)$ ჯამს, მართებულია უტოლობა

$$f(y_1 + y_2) \leq f(y_1) + f(y_2). \quad (14)$$

განსაზღვრა 15. $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება დადებითად ერთგვაროვანი, თუ ნებისმიერი $y \in Y$ და $\lambda > 0$ ორი ელემენტისათვის მართებულია ტოლობა

$$f(\lambda y) = \lambda f(y). \quad (15)$$

ცნობილი ფაქტის თანახმად, ფუნქცია $f: Y \rightarrow \bar{R}$ არის ნახევრად უწყვეტი ქვემოდან მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც *epif* არის ჩაკეტილი $Y \times R$ სივრცის ტოპოლოგიაში [2].

$D \subset Y$ ქვესიმრავლე არის საკუთრივი, თუ $Y \setminus D \neq \emptyset$, ანუ $D \neq Y$. ქვემოთ, განსაკუთრებული შენიშვნის გარეშე, ჩავთვალოთ, რომ D არის არაცარიელი და საკუთრივი ქვესიმრავლე Y სივრცეში და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორი აკმაყოფილებენ პირობას

$$D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0. \quad (16)$$

ასეთი ფიქსირებული D სიმრავლისა და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორისათვის $D' \subset Y \times R$ სიმრავლე განვსაზღვროთ ტოლობით:

$$D' = \{(y, t) \in Y \times R \mid y \in tk^0 - D\}. \quad (17)$$

ლემა 14. მართებულია იმპლიკაცია:

$$(y, t) \in D', t \leq \tau \Rightarrow (y, \tau) \in D'. \quad (18)$$

დამტკიცება. $(y, t) \in D'$ ჩართვიდან გამომდინარეობს, რომ

$$y \in tk^0 - D = \tau k^0 - (D + (\tau - t)k^0).$$

რადგან $\tau - t \geq 0$, (16) - ის თანახმად, $-(D + (\tau - t)k^0) \subset -D$, ამიტომ $y \in \tau k^0 - D$, ე.ი. მართებულია ჩართვა $(y, \tau) \in D' \#$

$T: Y \times R \rightarrow Y$ ასახვა განვსაზღვროთ ტოლობით: $T(y, t) = tk^0 - y$, $(y, t) \in Y \times R$. მარტივად შეიძლება შემოწმდეს, რომ T არის წრფივი და უწყვეტი ოპერატორი $Y \times R$ ტოპოლოგიური სივრციდან Y ტოპოლოგიურ სივრცეში. განვიხილოთ სიმრავლეები:

$$T(D') = \{T(y, t) \in Y \mid (y, t) \in D'\} \subset Y, \quad (19)$$

$$T^{-1}(D) = \{(y, t) \in Y \times R \mid T(y, t) \in D\} \subset Y \times R.$$

ლემა 15. მართებულია ტოლობა $T(D') = D$.

დამტკიცება. თუ $z \in T(D')$, მაშინ $\exists (y, t) \in D'$, რომლისთვისაც $z = T(y, t)$, ანუ $z = tk^0 - y$. რადგან $y \in tk^0 - D$, $\exists h \in D$, რომლისთვისაც $-y = -tk^0 + h$, ანუ მართებულია ტოლობა $z = tk^0 - tk^0 + h = h \in D$. ამრიგად, $T(D') \subset D$. ვთქვათ, რომ $z \in D$ და $y = tk^0 - z$. მაშინ $y \in tk^0 - D$, ანუ $(y, t) \in D'$. ამიტომ $T(y, t) \in T(D')$. მაგრამ $T(y, t) = tk^0 - y = z$, ამიტომ $D \in T(D') \#$

ლემა 16. სამართლიანია შემდეგი დებულებები:

1. თუ $D \subset Y$ არის ჩაკეტილი, მაშინ $D' \subset Y \times R$ არის ჩაკეტილი;

2. თუ $D \subset Y$ არის ამოზნექილი, მაშინ $D' \subset Y \times R$ არის ამოზნექილი;
3. თუ $D \subset Y$ არის კონუსი, მაშინ $D' \subset Y \times R$ არის კონუსი.

დამტკიცება.

1. D ლემა 1.5-დან გამომდინარეობს, რომ $T^{-1}(D) = D'$. ცნობილი ფაქტის თანახმად, ჩაკეტილი სიმრავლის წინასახე უწყვეტი ასახვის შემთხვევაში არის ჩაკეტილი [3]. რადგან T არის უწყვეტი, D - ჩაკეტილი, ხოლო D' არის D სიმრავლის წინა სახე T ასახვისათვის, ამიტომ D' არის ჩაკეტილი.

2. ვთქვათ, რომ $(y_1, t_1), (y_2, t_2) \in T^{-1}(D)$. მაშინ $T(y_1, t_1), T(y_2, t_2) \in D$. რადგან D ამოზნექილია, ამიტომ $\lambda T(y_1, t_1) + (1-\lambda)T(y_2, t_2) \in D, \forall \lambda \in [0, 1]$. რადგან T არის წრფივი ოპერატორი, გვაქვს:

$$\lambda T(y_1, t_1) + (1-\lambda)T(y_2, t_2) = T(\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2)) \in D. \quad (1.10)$$

რადგან $\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) = (\lambda y_1 + (1-\lambda)y_2, \lambda t_1 + (1-\lambda)t_2) \in Y \times R$ და სრულდება (1.9), $\lambda(y_1, t_1) + (1-\lambda)(y_2, t_2) \in T^{-1}(D), \forall \lambda \in [0, 1]$. ეს ნიშნავს, რომ $T^{-1}(D)$ არის ამოზნექილი, ანუ D' არის ამოზნექილი.

3. ნებისმიერი $(y, t) \in T^{-1}(D)$ - სწავილეთ $T(y, t) \in D$. რადგან T წრფივი ოპერატორია, ხოლო D - კონუსი, ამიტომ $\lambda T(y, t) = T\lambda(y, t) \in \lambda D \subset D, \forall \lambda > 0$, ე.ი. $T\lambda(y, t) \in D$. რადგან $\lambda(y, t) = (\lambda y, \lambda t) \in Y \times R$, ამიტომ $\lambda(y, t) \in T^{-1}(D)$, ანუ $\lambda T^{-1}(D) \subset T^{-1}(D), \forall \lambda > 0$. ამრიგად, $T^{-1}(D)$ არის კონუსი. რადგან $T^{-1}(D) = D'$, ამიტომ D' არის კონუსი #

ფიქსირებული $D \subset Y$ არაცარიელი ქვესიმრავლისა და $k^0 \subset Y \setminus \{0\}$ ვექტორისათვის ფუნქციონალი $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ განვსაზღვროთ ტოლობით [4]:

$$\varphi(y) = \inf \{t \in R \mid (y, t) \in D'\} = \inf \{t \in R \mid y \in tk^0 - D\}. \quad (1.11)$$

ლემა 1.7. თუ D არის ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y სივრცეში, მაშინ სამართლიანია ტოლობა

$$dom\varphi = Rk^0 - D. \quad (1.12)$$

დამტკიცება. თუ $y \in Rk^0 - D$, მონახება $t \in R$, ისეთი, რომ $y \in tk^0 - D$. φ ფუნქციონალის (1.11) განსაზღვრის თანახმად, $\varphi(y) \leq t < \infty$. ეს ნიშნავს, რომ $y \in dom\varphi$, ანუ $Rk^0 - D \subset dom\varphi$. ვთქვათ, $y \in dom\varphi$. მაშინ მოიძებნება $t \in R$, რომლისთვისაც $\varphi(y) \leq t$. (1.11) ტოლობის თანახმად, ნებისმიერი ნატურალური n -სთვის მოიძებნება წყვილი $(y, t_n) \in D'$, რომლის მეორე კომპონენტაც აკმაყოფილებს პირობას $\varphi(y) \leq t_n < \varphi(y) + n^{-1}$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $t_n < t + n^{-1}$. ლემა 1.4-ის თანახმად, ნებისმიერი ნატურალური n -სთვის მართებულია ჩართვა $(y, t + n^{-1}) \in D'$. რადგან მართებულია კრებადობა $(y, t + n^{-1}) \rightarrow (y, t), n \rightarrow \infty$, ხოლო D' ჩაკეტილია D სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო, ამიტომ $(y, t) \in D'$, ე.ი. $y \in tk^0 - D \subset Rk^0 - D$. ამით დამტკიცდა რომ $y \in Rk^0 - D$, ე.ი. $dom\varphi \subset Rk^0 - D$. უკანასკნელი, ზემოთ უკვე დასაბუთებულ შემრუნებულ ჩართვასთან ერთად ნიშნავს, რომ სამართლიანია ტოლობა (1.12) #

ლემა 1.8. სამართლიანია ჩართვები:

$$D' \subset epi\varphi \subset clD' \quad (1.13)$$

დამტკიცება. თუ $(y, t) \in D'$, მაშინ $(y, t) \in Y \times R$ და $y \in tk^0 - D$. φ ფუნქციონალის (1.11) განსაზღვრის თანახმად, სამართლიანია უტოლობა $\varphi(y) \leq t$, ეს უკვე ნიშნავს, რომ $(y, t) \in \text{epi}\varphi$, ე.ი. $D' \in \text{epi}\varphi$. ვთქვათ, რომ $(y, t) \in \text{epi}\varphi$. მაშინ $(y, t) \in Y \times R$ და $\varphi(y) \leq t$. ზუსტი ქვედა საზღვრის განსაზღვრის თანახმად, ნებისმიერი ნატურალური n სათვის მოიძებნება $t_n \in R$ რიცხვი, ისეთი, რომ $t_n < \varphi(y) + n^{-1}$ და $y \in t_n k^0 - D$. ეს ნიშნავს, რომ $\{(y, t_n)\} \subset D'$. რადგან $\varphi(y) \leq t$, ამიტომ $t_n < t + n^{-1}$. აქედან გამომდინარეობს, რომ $(y, t_n) \rightarrow (y, t), n \rightarrow \infty$. მაგრამ $(y, t) \in \text{cl}D'$, ამიტომ სამართლიანია $\text{epi}\varphi \subset \text{cl}D'$ ჩართვაც. ამით საბოლოოდ დადგინდა, რომ სამართლიანია (1.13) #

ლემა 19. თუ D ჩაკეტილია, მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის ქვემოდან ნახევრად უწყვეტი Y სივრცეზე.

დამტკიცება. რადგან D ჩაკეტილია და $D' = T^{-1}(D)$, ამიტომ D' აგრეთვე არის ჩაკეტილი, ე.ი. $\text{cl}D' = D'$. (1.13) - დან გამომდინარეობს, რომ $D' \subset \text{epi}\varphi \subset D'$, ანუ $\text{epi}\varphi = D'$. ეს ნიშნავს, რომ $\text{epi}\varphi$ არის ჩაკეტილი ქვესიმრავლე $Y \times R$ სივრცეში, რაც, თავის მხრივ, ნიშნავს, რომ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის ქვემოდან ნახევრად უწყვეტი Y სივრცეზე #

თეორემა 11. $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალისათვის სამართლიანია ტოლობა:

$$\varphi(y + \lambda k^0) = \varphi(y) + \lambda, \forall y \in Y, \forall \lambda \in R. \quad (1.14)$$

დამტკიცება. გვაქვს:

$$\begin{aligned} \varphi(y + \lambda k^0) &= \inf \{t \in R \mid y + \lambda k^0 \in tk^0 - D\} = \\ &= \inf \{t \in R \mid y \in (t - \lambda)k^0 - D\} = \inf \{s + \lambda \in R \mid y \in sk^0 - D\} = \\ &= \inf \{s \in R \mid y \in sk^0 - D\} + \lambda = \varphi(y) + \lambda. \end{aligned}$$

ამით (1.14) ტოლობა დამტკიცდა. #

თეორემა 12. $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი ამოხსნეკილია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც D არის ამოხსნეკილი; თუ D არის კონუსი Y სივრცეში, მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ არის დადებითად ერთგაროვანი, ე.ი. ნებისმიერი $y \in Y$ ელემენტისა და $\lambda > 0$ რიცხვისთვის მართებულია ტოლობა

$$\varphi(\lambda y) = \lambda \varphi(y). \quad (1.15)$$

დამტკიცება. ვთქვათ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ არის ამოხსნეკილი. მაშინ $\text{epi}\varphi = D'$ არის ამოხსნეკილი. რადგან $T(D') = D$ და წრფივი ოპერატორი ინვარიანტულია ამოხსნეკილობის მიმართ, ამიტომ D არის ამოხსნეკილი. პირიქით, თუ D არის ამოხსნეკილი, მაშინ $D' = T^{-1}(D)$ არის ამოხსნეკილი. რადგან $D' = \text{epi}\varphi$, ამიტომ $\text{epi}\varphi$ არის ამოხსნეკილი. ეს კი ნიშნავს, რომ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ არის ამოხსნეკილი. ვთქვათ, ახლა D არის კონუსი. მაშინ ნებისმიერი $y \in Y$ და $\lambda > 0$ ელემენტებისთვის გვაქვს:

$$\begin{aligned} \varphi(\lambda y) &= \inf \{t \in R \mid \lambda y \in tk^0 - D\} = \\ &= \inf \left\{ t \in R \mid y \in \frac{t}{\lambda} k^0 - \frac{1}{\lambda} D \right\} = \inf \left\{ \lambda s \in R \mid y \in sk^0 - \frac{1}{\lambda} D \right\}. \end{aligned}$$

რადგან D არის კონუსი და $\lambda^{-1} > 0$, ამიტომ $\lambda^{-1}D = D$, ე.ი. სრულდება ტოლობა:

$$\varphi(\lambda y) = \inf \{ \lambda s \in R \mid y \in sk^0 - D \} = \lambda \inf \{ s \in R \mid y \in sk^0 - D \} = \lambda \varphi(y).$$

ამით (1.15) დამტკიცდა #

შენიშვნა 1.4. რადგან $k^0 \in Y \setminus \{0\}$, ამიტომ აღნიშნული ვექტორის პარალელური და $z \in Y$ წერტილზე გამავალი წრფე განისაზღვრება ტოლობით:

$$l(z, k^0) = \{y(t) \mid y(t) = z + tk^0, t \in R\}.$$

ცხადია, რომ ნებისმიერი $z \in Y$ -სთვის $l(z, k^0) \subset Y$. $D \subset Y$ სიმრავლე არ შეიცავს $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორის პარალელურ წრფეს, თუ $l(z, k^0) \not\subset D, \forall z \in Y$, ანუ არსებობს ელემენტი $y(t) \in l(z, k^0), t \in R$, რომლისთვისაც $y(t) \notin D$. ამრიგად, $D \subset Y$ სიმრავლე არ შეიცავს k^0 არანულოვანი ვექტორის პარალელურ წრფეს მაშინ და მხოლოდ მაშინ, თუ სრულდება პირობა:

$$\forall z \in Y, \exists t \in R: z + tk^0 \notin D. \quad (1.16)$$

თეორემა 1.3. თუ $D \subset Y$ ჩაკეტილია, $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის საკუთრივი მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც D არ შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს, ანუ სრულდება პირობა (1.16).

დამტკიცება. რადგან $D \subset Y$ ჩაკეტილია, ამიტომ სამართლიანია ტოლობა (1.12), ანუ $dom\varphi = Rk^0 - D$, ამიტომ $dom\varphi \neq \emptyset$. ამრიგად, დებულების დასამტკიცებლად საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ $\varphi(y) \neq -\infty, \forall y \in Y$. დავუშვათ, რომ φ ფუნქციონალი არ არის საკუთრივი. მაშინ მოიძებნება $y \in Y$ ელემენტი, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობას $\varphi(y) = \inf \{t \in R \mid y \in tk^0 - D\} = -\infty$. მაშინ ნებისმიერი $t \in R$ - სთვის $\varphi(y) < t$. (1.12)

ტოლობის გათვალისწინებით უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $y \in tk^0 - D$, ე.ი. სამართლიანია იმპლიკაცია:

$$\varphi(y) = -\infty \Rightarrow y \in tk^0 - D, \forall t \in R.$$

პირიქით, თუ ნებისმიერი $t \in R$ - სთვის $y \in tk^0 - D$, მაშინ ისევ (1.12)-ის თანახმად სამართლიანია უტოლობა $\varphi(y) \leq t, \forall t \in R$, რომელიც შეიძლება შესრულდეს ერთადერთ შემთხვევაში - როდესაც $\varphi(y) = -\infty$. ამრიგად, $y \in tk^0 - D, \forall t \in R \Rightarrow \varphi(y) = -\infty$. რადგან $z = -y \in Y$ და $y \in tk^0 - D \Leftrightarrow -y + tk^0 \in D$, შეიძლება დავასკვნათ, რომ სამართლიანია ექვივალენტობა

$$\varphi(y) = -\infty \Leftrightarrow z + tk^0 \in D, \forall t \in R. \quad (1.17)$$

რადგან სიმრავლე $\{z + tk^0 \mid t \in R\}$ არის k^0 ვექტორის პარალელური წრფე Y -ში, (1.17) ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი არ არის საკუთრივი მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც D შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს. ამრიგად, φ ფუნქციონალი საკუთრივია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც D სიმრავლე არ შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს, ანუ სრულდება პირობა (1.16) #

თეორემა 1.4. თუ $D \subset Y$ ჩაკეტილია, მაშინ: $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის სასრული მნიშვნელობების მქონე მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც D არ შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს და სრულდება პირობა

$$Rk^0 - D = Y. \quad (1.18)$$

დამტკიცება. დაცულია თეორემა 1.3-ის პირობები, ე.ი. $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის საკუთრივი. ეს ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი არ დებულებს $-\infty$ მნიშვნელობას და $dom\varphi \neq \emptyset$. რადგან $D \subset Y$ ჩაკეტილია, (1.12) ტოლობის თანახმად $dom\varphi = Rk^0 - D$. პირობა (1.18) -ს თანახმად მართებულია $dom\varphi = Y$ ტოლობა. ამრიგად, თუ დაცუ-

ღია თეორემა 14 -ის პირობები, მაშინ $\varphi(y) \neq -\infty, \forall y \in Y$ და $\varphi(y) < \infty, \forall y \in \text{dom}\varphi = Y$. ეს ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს ღებულობს, ანუ სინამდვილეში სამართლიანია ასახვა $\varphi: Y \rightarrow \mathbb{R}$. პირიქით, თუ φ ფუნქციონალი მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს ღებულობს, ანუ სამართლიანია ასახვა $\varphi: Y \rightarrow \mathbb{R}$, მაშინ ცხადია, რომ, ერთი მხრივ, φ ფუნქციონალი არის საკუთრივი, ანუ თეორემა 13-ის თანახმად D არ შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს, ხოლო, მეორე მხრივ, $\text{dom}\varphi = Y$. რაც (1.12) ტოლობის თანახმად ნიშნავს, რომ $Rk^0 - D = Y \#$

თეორემა 15. ვთქვათ, $D \subset Y$ ჩაკეტილია. მაშინ $B \subset Y$ -არაცარიელი ქვესიმრავლისათვის $\varphi: Y \rightarrow \bar{\mathbb{R}}$ ფუნქციონალი არის B - მონოტონური მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც სრულდება პირობა

$$D + B \subset D. \quad (1.19)$$

დამტკიცება. წინასწარ შევნიშნოთ, რომ რადგან D ჩაკეტილია, ამიტომ ღემა 17 - ის თანახმად, $\text{dom}\varphi = Rk^0 - D$, ხოლო (1.13) -ის თანახმად $\text{epi}\varphi = D'$. ამიტომ აღნიშნულ სიმრავლეთა პროექციები Y სივრცეზე ერთმანეთს ემთხვევა. რადგან ნებისმიერი, მაგრამ ფიქსირებული $t \in \mathbb{R}$ -სთვის აღნიშნულ სიმრავლეთა პროექციები Y სივრცეზე შესაბამისად არის $\{y \in Y \mid \varphi(y) \leq t\}$ და $tk^0 - D$, ამიტომ სამართლიანია ტოლობა

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) \leq t\} = tk^0 - D, \forall t \in \mathbb{R}. \quad (1.20)$$

კერძოდ, $t = 0$ - სთვის გვაქვს:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) \leq 0\} = -D. \quad (1.21)$$

ვთქვათ, რომ მართებულია (1.19). ვაჩვენოთ (1.3) -ის მართებულობა. განვიხილოთ ორი ელემენტი $y_1, y_2 \in Y$, რომელთათვისაც $y_2 - y_1 \in B$. თუ $\varphi(y_2) = \infty$, მაშინ ყოველთვის მართებულია $\varphi(y_1) \leq \varphi(y_2)$ უტოლობა. ვთქვათ ახლა, რომ $\varphi(y_2) < \infty$. მაშინ $y_2 \in \text{dom}\varphi$. ამიტომ არსებობს სასრული $t \in \mathbb{R}$, რომლისთვისაც $\varphi(y_2) = t$, ანუ (1.20) - ის თანახმად, $y_2 \in tk^0 - D$. მეორე მხრივ, $y_1 \in y_2 - B$, ამიტომ მართებულია ჩართვები: $y_1 \in tk^0 - D - B = tk^0 - (D + B) \subset tk^0 - D$. ამით დამტკიცდა, რომ $y_1 \in tk^0 - D$, ანუ $\varphi(y_1) \leq t$. რადგან $\varphi(y_2) = t$, ამიტომ $\varphi(y_1) \leq \varphi(y_2)$. ამით საბოლოოდ დამტკიცდა, რომ (1.19) \Rightarrow (1.3).

ვთქვათ, რომ φ ფუნქციონალი არის B - მონოტონური, ე.ი. სრულდება (1.3), ვაჩვენოთ, რომ სამართლიანია (1.19). ვთქვათ, რომ $y \in D$ და $b \in B$. რადგან $-y \in -D \subset Y$, ამიტომ (1.21) ტოლობიდან ვასკენით, რომ $\varphi(-y) \leq 0$. მეორე მხრივ გვაქვს: $b = (-y) - (-y - b) \in B$. ამიტომ (1.3) -დან ვასკენით, რომ $\varphi(-y - b) \leq \varphi(-y)$. რადგან $\varphi(-y) \leq 0$, ამიტომ $\varphi(-y - b) \leq 0$. რადგან $-y - b \in Y$, ამიტომ (1.21) -ის თანახმად $-y - b \in -D$, ე.ი. $y + b \in D$. რადგან $y + b$ არის ნებისმიერი ელემენტი $D + B$ სიმრავლიდან, ამიტომ $D + B \subset D$, ე.ი. (1.3) \Rightarrow (1.19) #

თეორემა 16. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ ჩაკეტილია. მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{\mathbb{R}}$ ფუნქციონალი არის სუბადიტიური მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც სრულდება პირობა

$$D + D \subset D. \quad (1.22)$$

დამტკიცება. ვაჩვენოთ, რომ (1.22) \Rightarrow (1.4). განვიხილოთ ნებისმიერი ორი ელემენტი $y_1, y_2 \in Y$. ცხადია, რომ თუ $\varphi(y_1), \varphi(y_2)$ მნიშვნელობებიდან ერთი მაინც არის ∞ , მაშინ ყოველთვის სამართლიანია $\varphi(y_1 + y_2) \leq \varphi(y_1) + \varphi(y_2)$ უტოლობა. ამიტომ

დებულების დასამტკიცებლად საკმარისია ჩავთვალოთ, რომ $y_1, y_2 \in \text{dom} f$. მაშინ მოიძებნება $t_1, t_2 \in \mathbb{R}$ რიცხვები, რომელთათვისაც $\varphi(y_1) = t_1, \varphi(y_2) = t_2$. რადგან დაცულია თეორემა 1.5 - ის პირობები, ამიტომ სამართლიანია (1.20) და (1.21) ტოლობები. ამიტომ აღნიშნულ პირობებში (1.20) - დან ვღებულობთ, რომ $y_1 \in t_1 k^0 - D, y_2 \in t_2 k^0 - D$, ე.ი. $y_1 + y_2 \in (t_1 + t_2)k^0 - D - D$. რადგან სრულდება (1.22), ამიტომ $-D - D \subset -D$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $y_1 + y_2 \in (t_1 + t_2)k^0 - D$. (1.20) - ის თანახმად, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $\varphi(y_1 + y_2) \leq t_1 + t_2$. რადგან $t_1 = \varphi(y_1), t_2 = \varphi(y_2)$, ამიტომ მართებულია უტოლობა $\varphi(y_1 + y_2) \leq \varphi(y_1) + \varphi(y_2)$. ამით საბლოდ დამტკიცდა, რომ (1.22) \Rightarrow (1.4).

ვთქვათ, რომ φ ფუნქციონალი არის სუბადიტიური, ე.ი. სრულდება (1.4), ვაჩვენოთ, რომ მართებულია (1.22). განვიხილოთ ნებისმიერი ელემენტი $y_1 + y_2 \in D + D$. მაშინ ცხადია, რომ $-y_1, -y_2 \in -D \subset Y$, ამიტომ (1.21) ტოლობიდან ვასკვნით, რომ

$$\varphi(-y_1) \leq 0, \varphi(-y_2) \leq 0.$$

რადგან φ სუბადიტიურია, ამიტომ $\varphi(-y_1 - y_2) = \varphi((-y_1) + (-y_2)) \leq \varphi(-y_1) + \varphi(-y_2)$. ამ უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $\varphi(-y_1 - y_2) \leq 0$. რადგან $-y_1 - y_2 \in Y$, ამიტომ უკანასკნელი უტოლობიდან (1.21) - ის გათვალისწინებით ვასკვნით, რომ $-y_1 - y_2 \in -D$, ანუ სამართლიანია ჩართვა $y_1 + y_2 \in D$. ეს, ცხადია, ნიშნავს რომ მართებულია ჩართვა $D + D \subset D$, ანუ (1.4) \Rightarrow (1.22) #

თეორემა 1.7. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ ჩაკეტილია და სრულდება პირობა:

$$D + tk^0 \subset \text{int} D, \forall t \in (0, \infty). \quad (1.23)$$

მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{\mathbb{R}}$ ფუნქციონალი არის უწყვეტი Y - ზე და მართებულია ტოლობები:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < t\} = tk^0 - \text{int} D, \forall t \in \mathbb{R}, \quad (1.24)$$

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) = t\} = tk^0 - \text{Fr} D, \forall t \in \mathbb{R}. \quad (1.25)$$

დამტკიცება. განვიხილოთ ნებისმიერი $t \in \mathbb{R}$, რომლისთვისაც $z \in Y$ ელემენტი აკმაყოფილებს $\varphi(z) < t$ პირობას. ეს ნიშნავს, რომ $z \in \{y \in Y \mid \varphi(y) < t\}$ და მონახება ნამდვილი რიცხვი $\tau < t$, რომელიც დააკმაყოფილებს $\varphi(z) \leq \tau$ პირობას. აქედან ვასკვნით, რომ $z \in \tau k^0 - D$. რადგან $t - \tau > 0$, ამიტომ $y \in \tau k^0 - D = tk^0 - (D + (t - \tau)k^0) \subset tk^0 - \text{int} D$, ე.ი. $z \in tk^0 - \text{int} D$. ეს ნიშნავს, რომ

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < t\} \subset tk^0 - \text{int} D, \forall t \in \mathbb{R}. \quad (1.26)$$

ვთქვათ ახლა, რომ $z \in tk^0 - \text{int} D$. მაშინ $tk^0 - z \in \text{int} D$. განვიხილოთ $k^0 \neq 0$ ვექტორის შემცველი $0 \in Y$ წერტილის ნებისმიერი V მიდამო. რადგან $\text{int} D$ ღიაა, ყოველთვის მონახება $\varepsilon > 0$ რიცხვი ისეთი, რომ $tk^0 - z - \varepsilon V \in \text{int} D$. მეორე მხრივ, რადგან $\varepsilon k^0 \in \varepsilon V$, ამიტომ $tk^0 - z - \varepsilon k^0 \in \text{int} D \subset D$, ე.ი. $(t - \varepsilon)k^0 - z \in D$, ანუ მართებულია ჩართვა $z \in (t - \varepsilon)k^0 - D$. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $\varphi(z) \leq t - \varepsilon$, ანუ $\varphi(z) + \varepsilon \leq t$. რადგან $\varepsilon > 0$, ამიტომ $\varphi(z) < t$. ეს ნიშნავს, რომ $tk^0 - \text{int} D \subset \{y \in Y \mid \varphi(y) < t\}, \forall t \in \mathbb{R}$. უკანასკნელიდან, (1.26) - ის გათვალისწინებით ვასკვნით, რომ მართებულია ტოლობა (1.24), საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ნებისმიერი $t \in \mathbb{R}$ - სთვის $A(t) = \{y \in Y \mid \varphi(y) < t\}$ არის ღია ქვესიმრავლე Y - ში, რადგან

$tk^0 - \text{int } D$ სიმრავლე არის ღია. მეორე მხრივ, თუ $B(t) = \{y \in Y \mid t \leq \varphi(y)\}$, მაშინ $A(t) \cap B(t) = \emptyset, \forall t \in R$ და მართებულია ტოლობა $B(t) = Y \setminus A(t), \forall t \in R$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ნებისმიერი $t \in R$ - სთვის $B(t) \subset Y$ არის ჩაკეტილი. რადგან $B(t) = \{y \in Y \mid (-\varphi)(y) \leq -t\}, \forall (-t) \in R$, ამიტომ $(-\varphi): Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციის ეპიგრაფი $\text{epi}(-\varphi) = \{(y, -t) \in Y \times R \mid (-\varphi)(y) \leq -t\}$ არის ჩაკეტილი, ანუ $(-\varphi): Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქცია არის ნახევრად უწყვეტი ქვემოდას Y -ზე. ეს, ცხადია, ნიშნავს, რომ $\varphi = -(-\varphi)$ ფუნქცია არის ზემოდან ნახევრად უწყვეტი Y -ზე. ლემა 1.9 - ის თანახმად, φ არის ქვემოდას ნახევრადუწყვეტიც Y -ზე, ამიტომ საბოლოოდ დადგინდა, რომ φ არის უწყვეტი Y -ზე.

ვაჩვენოთ (1.25) ტოლობის მართებულობა. ვთქვათ, რომ $z \in \{y \in Y \mid \varphi(y) = t\}$. რადგან, $\{y \in Y \mid \varphi(y) = t\} \subset \{y \in Y \mid \varphi(y) \leq t\}$, ამიტომ $z \in \{y \in Y \mid \varphi(y) \leq t\}$. $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო მართებულია (1.20), ამიტომ $z \in tk^0 - D$. ეს ნიშნავს, რომ $tk^0 - z \in D$. ცხადია, რომ $tk^0 - z \notin \text{int } D$, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში, (1.24) -ის თანახმად, შესრულდებოდა მკაცრი უტოლობა $\varphi(y) < t$. ამრიგად, $tk^0 - z \in D \setminus \text{int } D$. რადგან $D \subset Y$ ჩაკეტილია, $\text{cl } D = D$, ამიტომ $tk^0 - z \in \text{cl } D \setminus \text{int } D = \text{fr } D$. ეს ნიშნავს, რომ $z \in tk^0 - \text{fr } D$. ამით დამტკიცდა ჩართვა:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) = t\} \subset tk^0 - \text{fr } D, \forall t \in R. \quad (1.27)$$

ვთქვათ, რომ $z \in tk^0 - \text{fr } D$, ანუ $tk^0 - z \in \text{fr } D$. $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო $\text{fr } D \subset D$, ამიტომ $tk^0 - z \in D$. (1.20) - ის თანახმად სამართლიანი უნდა იყოს უტოლობა $\varphi(y) \leq t$. უკანასკნელში არ შეიძლება სრულდებოდეს მკაცრი უტოლობა, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში (1.24) - ის თანახმად მართებული იქნებოდა ჩართვა $tk^0 - z \in \text{int } D$. რადგან $\text{int } D \cap \text{fr } D = \emptyset$, ამიტომ ადგილი აქვს მკაცრ ტოლობას $\varphi(y) = t$. ამით დამტკიცდა, რომ $tk^0 - \text{fr } D \subset \{y \in Y \mid \varphi(y) = t\}, \forall t \in R$. (1.27) - ის გათვალისწინებით, უკანასკნელი ჩართვიდან ვასკენით. რომ მართებულია (1.25) #

განსაზღვრა 1.6. ვთქვათ, რომ B არის არაცარიელი ქვესიმრავლე Y -ში. $f: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციას ეწოდება მკაცრად B - მონოტონური, თუ ნებისმიერი ორი $y_1, y_2 \in Y$ ელემენტისათვის, რომელთათვისაც აზრი აქვს $f(y_2) - f(y_1)$ სხვაობას, მართებულია იმპლიკაცია:

$$y_2 - y_1 \in B \setminus \{0\} \Rightarrow f(y_1) < f(y_2). \quad (1.28)$$

თეორემა 1.8. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ ჩაკეტილია. მაშინ $B \subset Y$ -არაცარიელი ქვესიმრავლისა და $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ საკუთრივი ფუნქციონალისათვის მართებულია ექვივალენტობა:

$$\varphi \text{ არის } B\text{- მონოტონური} \Leftrightarrow \text{fr } D + B \subset D. \quad (1.29)$$

დამტკიცება. 1. თეორემა 1.5 მართებულია φ ფუნქციონალის საკუთრივობის მოთხოვნის გარეშე, ამიტომ თეორემა 1.5 სამართლიანია საკუთრივი φ ფუნქციონალის შემთხვევაში. აღნიშნული თეორემის თანახმად, თუ φ საკუთრივი ფუნქციონალი არის B - მონოტონური, მაშინ $D + B \subset D$. რადგან $\text{fr } D \subset D$, ამიტომ $\text{fr } D + B \subset D + B \subset D$. აქედან გამომდინარეობს, რომ მართებულია იმპლიკაცია:

$$\varphi \text{ არის } B\text{- მონოტონური} \Rightarrow \text{fr } D + B \subset D.$$

ვთქვათ, რომ $frD+B \subset D$ და $y_1, y_2 \in Y$ ელემენტები აკამაყოფილებენ $y_2 - y_1 \in B$ პირობას. ვაჩვენოთ, რომ საკუთრივი φ ფუნქციონალი არის B - მონოტონური. მართლაც, თუ $\varphi(y_2) = \infty$, მაშინ ყოველთვის სამართლიანი $\varphi(y_1) \leq \varphi(y_2)$ უტოლობა. დაეუშვათ, რომ $\varphi(y_2) < \infty$. რადგან φ ფუნქციონალი არის საკუთრივი, ამიტომ $\varphi(y_2) \neq -\infty$. ეს ნიშნავს, რომ არსებობს რიცხვი $t \in R$, რომლისთვისაც $\varphi(y_2) = t$. დაცულია თეორემა 1.7 -ის პირობები, ამიტომ, (1.25) - ის თანახმად, $y_2 \in tk^0 - frD$. მეორე მხრივ, $y_1 \in y_2 - B$, ამიტომ $y_1 \in tk^0 - (frD+B)$. რადგან $frD+B \subset D$, ამიტომ $y_1 \in tk^0 - (frD+B) \subset tk^0 - D$, ე.ი. $y_1 \in tk^0 - D$, რაც, თავის მხრივ, ნიშნავს, რომ $\varphi(y_1) \leq t$. რადგან $\varphi(y_2) = t$, ამიტომ $\varphi(y_1) \leq \varphi(y_2)$. ამრიგად, დამტკიცდა იმპლიკაცია

$$frD+B \subset D \Rightarrow \varphi \text{ არის } B\text{- მონოტონური.}$$

უკანასკნელი, ზემოთ უკვე დადგენილ იმპლიკაციასთან ერთად, ნიშნავს (1.28) ექვივალენტობის მართებულობას #

თეორემა 19. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ ჩაკეტილია. მაშინ $B \subset Y$ არაცარიელი ქვესიმრავლისა და $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ სასრული მნიშვნელობების მქონე ფუნქციონალისათვის სამართლიანია იმპლიკაციები:

$$\begin{aligned} & \varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური} \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow D+(B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Leftrightarrow frD+(B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D. \end{aligned}$$

დამტკიცება. ვთქვათ, რომ φ არის მკაცრად B - მონოტონური. განვიხილოთ ნებისმიერი ორი ელემენტი $y \in D, b \in B \setminus \{0\}$. თუ $y_2 = -y$ და $y_1 = -y - b$, მაშინ მართებულია ტოლობა $b = -y - (-y - b) = y_2 - y_1 \in B \setminus \{0\}$. რადგან φ არის მკაცრად B - მონოტონური, უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ მართებულია მკაცრი უტოლობა $\varphi(y_1) < \varphi(y_2)$. რადგან $y_2 \in -D$ და მართებულია (1.21) $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო, მართებულია უტოლობა $\varphi(y_1) < \varphi(y_2)$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $\varphi(-y-b) < 0$. ისევ $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო მართებულია (1.24) ტოლობა, რომელიც $t = 0$ შემთხვევაში დებულობს სახეს

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < 0\} = -\text{int } D. \quad (1.30)$$

აქედან ვასკენით, რომ $y+b \in \text{int } D$. რადგან $y+b$ იყო ნებისმიერი ელემენტი $D+B \setminus \{0\}$ სიმრავლიდან, მართებულია ჩართვა $D+B \setminus \{0\} \subset \text{int } D$. მეორე მხრივ, $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო, $frD \subset D$, ამიტომ $frD+B \setminus \{0\} \subset D+B \setminus \{0\}$. ამრიგად, $D+B \setminus \{0\} \subset \text{int } D$ პირობიდან გამომდინარეობს, რომ $frD+B \setminus \{0\} \subset \text{int } D$. ამით დამტკიცდა იმპლიკაციები:

$$\begin{aligned} & \varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური} \Rightarrow \\ & \Rightarrow D+(B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Rightarrow frD+(B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D. \end{aligned} \quad (1.31)$$

ვაჩვენოთ, რომ მართებულია იმპლიკაცია

$$D+(B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Rightarrow \varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური.} \quad (1.32)$$

განვიხილოთ ნებისმიერი ორი ელემენტი $y_1, y_2 \in Y$, რომელთათვისაც $y_2 - y_1 \in B \setminus \{0\}$. რადგან φ მხოლოდ სასრულ, მნიშვნელობებს დებულობს, ამიტომ 1.3 და 1.4 თეორემების თანახმად, φ არის საკუთრივი და მართებულია ტოლობა $\text{dom } \varphi = Y$, ე.ი. $y_1, y_2 \in \text{dom } \varphi$. ამრიგად, $\varphi(y_2) - \varphi(y_1)$ სხვაობას აზრი აქვს ნებისმიერი $y_1, y_2 \in Y$ - სთვის. რადგან $y_2 \in \text{dom } \varphi$, ამიტომ არსებობს $t \in R$, რომლისთვისაც $\varphi(y_2) = t$, ანუ,

(1.20) – ის თანახმად, $y_2 \in tk^0 - D$. მეორე მხრივ $y_1 \in y_2 - B \setminus \{0\}$, ამიტომ მართებულია ჩართვები:

$$y_1 \in tk^0 - D - B \setminus \{0\} = tk^0 - (D + B \setminus \{0\}) \subset tk^0 - D.$$

ვთქვათ, რომ სრულდება პირობა $D + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D$. მაშინ მართებულია ჩართვა $y_1 \in tk^0 - \text{int } D$. ამიტომ, (1.24) – ის თანახმად, მართებულია მკაცრი უტოლობა $\varphi(y_1) < t$. არადგან $\varphi(y_2) = t$, ამიტომ $\varphi(y_1) < \varphi(y_2)$. ეს უკვე ნიშნავს, რომ φ არის მკაცრად B - მონოტონური, ანუ დადგინდა იმპლიკაცია (1.32). უკანასკნელიდან (1.31) – ის გათვალისწინებით ვასკენით, რომ მართებულია ექვივალენტობა

$$\varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური} \Leftrightarrow D + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D. \quad (1.33)$$

ვაჩვენოთ, რომ მართებულია იმპლიკაცია

$$frD + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Rightarrow \varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური}. \quad (1.34)$$

განვიხილოთ ნებისმიერი ორი ელემენტი $y_1, y_2 \in Y$, რომელთათვისაც $y_2 - y_1 \in B \setminus \{0\}$. რადგან φ მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს ღებულობს, φ არის საკუთრივი და მართებულია ტოლობა $dom \varphi = Y$, ამიტომ $y_1, y_2 \in dom \varphi$, ე.ი. $\varphi(y_2) - \varphi(y_1)$ სხვაობას ყოველთვის აქვს აზრი და არსებობს სასრული ნამდვილი რიცხვი $t \in \mathbb{R}$, რომლისთვისაც $\varphi(y_2) = t$. $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო მართებულია ტოლობა (1.25), ამიტომ $y_2 \in tk^0 - FrD$. მეორე მხრივ, გვაქვს:

$$y_1 \in tk^0 - FrD - B \setminus \{0\} = tk^0 - (FrD + B \setminus \{0\}).$$

თუ სრულდება პირობა $frD + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D$, მაშინ $y_1 \in tk^0 - \text{int } D$. ისევე $D \subset Y$ სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო მართებულია ტოლობა (1.24), ამიტომ $\varphi(y_1) < t$. რადგან $t = \varphi(y_2)$, მართებულია მკაცრი უტოლობა $\varphi(y_1) < \varphi(y_2)$. ამით დამტკიცდა რომ მართებულია (1.34), რომლიდანაც, (1.31) – ის გათვალისწინებით ვასკენით, რომ მართებულია ექვივალენტობა:

$$\varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური} \Leftrightarrow frD + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D. \quad (1.35)$$

(1.33) და (1.35) – დან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ მართებულია იმპლიკაციები:

$$\begin{aligned} &\varphi \text{ არის მკაცრად } B\text{- მონოტონური} \\ &\Leftrightarrow D + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Leftrightarrow frD + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \# \end{aligned}$$

თეორემა 1.10. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ ჩაკეტილია. მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{\mathbb{R}}$ საკუთრივი ფუნქციონალისათვის მართებულია ექვივალენტობები:

$$\varphi \text{ არის სუბადიტიური} \Leftrightarrow D + D \subset D \Leftrightarrow frD + frD \subset D. \quad (1.36)$$

დამტკიცება. თეორემა 1.6 – ის თანახმად, მართებულია ექვივალენტობა:

$$\varphi \text{ არის სუბადიტიური} \Leftrightarrow D + D \subset D. \quad (1.37)$$

ამიტომ დებულების დასაბუთებისათვის საკმარისია დამტკიცდეს, რომ მართებულია ექვივალენტობა:

$$\varphi \text{ არის სუბადიტიური} \Leftrightarrow frD + frD \subset D. \quad (1.38)$$

ვთქვათ, რომ სრულდება პირობა $frD + frD \subset D$. განვიხილოთ ნებისმიერი ორი ელემენტი $y_1, y_2 \in Y$. რადგან φ არის საკუთრივი, ამიტომ $\varphi(y_1) \neq -\infty, \varphi(y_2) \neq -\infty$. თუ $\varphi(y_1), \varphi(y_2)$ რიცხვებიდან ერთი, ან ორივე ერთად ღებულობს ∞ მნიშვნელობას, მაშინ ყოველთვის მართებულია უტოლობა $\varphi(y_1 + y_2) \leq \varphi(y_1) + \varphi(y_2)$. ამიტომ საკმარისია ჩავთვალოთ, რომ $y_1, y_2 \in dom \varphi$. მაშინ არსებობს $t_1, t_2 \in \mathbb{R}$ რიცხვები, რომელთათვისაც $\varphi(y_1) = t_1, \varphi(y_2) = t_2$, რადგან $D \subset Y$ ჩაკეტილია, ამიტომ (1.25) ტოლობის თანახმად

მართებულია ჩართვები $y_1 \in tk^0 - FrD, y_2 \in t_2k^0 - FrD$, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $y_1 + y_2 \in (t_1 + t_2)k^0 - (FrD + FrD)$. უკანასკნელიდან ცხადია, რომ მართებულია ჩართვა $y_1 + y_2 \in (t_1 + t_2)k^0 - D$, ანუ $\varphi(y_1 + y_2) \leq \varphi(y_1) + \varphi(y_2)$. ამით სინამდვილეში დამტკიცდა იმპლიკაცია

$$frD + frD \subset D \Rightarrow \varphi \text{ არის სუბადიტიური.} \quad (139)$$

ვთქვათ, რომ φ ფუნქციონალი არის სუბადიტიური. განვიხილოთ ნებისმიერი ელემენტი $y_1 + y_2 \in frD + frD$, სადაც $y_1, y_2 \in frD$. $D \subset Y$ ჩაკეტილია, ამიტომ $frD \subset D$, ანუ $-y_1, -y_2 \in -D$. რადგან მართებულია (121), ამიტომ მართებულია უტოლობები $\varphi(-y_1) \leq 0, \varphi(-y_2) \leq 0$. რადგან φ ფუნქციონალი სუბადიტიურია, მართებულია უტოლობა $\varphi(-y_1 - y_2) = \varphi((-y_1) + (-y_2)) \leq \varphi(-y_1) + \varphi(-y_2) \leq 0$. რადგან $-y_1 - y_2 \in Y$, ამიტომ უკანასკნელი უტოლობიდან (121) - ის გათვალისწინებით ვასკვნით, რომ $-y_1 - y_2 \in -D$, ანუ სამართლიანია ჩართვა $y_1 + y_2 \in D$. რადგან $y_1 + y_2$ არის ნებისმიერი ელემენტი $frD + frD$ ჯამიდან, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $frD + frD \subset D$. ამით რიგად, მართებულია იმპლიკაცია

$$\varphi \text{ არის სუბადიტიური} \Rightarrow frD + frD \subset D. \quad (140)$$

(139) და (140) - დან ვასკვნით, რომ მართებულია (138) ექვივალენტობა, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს დებულების მართებულობა #

შენიშვნა 1.5. ცხადია, რომ ზემოთ მოთხოვნილი პირობები $D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0, \forall z \in Y, \forall z \in Y, \exists t \in R: z + tk^0 \notin D, Rk^0 - D = Y$ და $D + tk^0 \subset \text{int } D, \forall t > 0$ ინვარიანტულია D სიმრავლის მიმართ, ანუ მათი შესრულებადობა არ არის დამოკიდებული D სიმრავლის სტრუქტურაზე. ამას ვერ ვიტყვით $D + D \subset D$ და $frD + frD \subset D$ პირობებზე, რადგან აღნიშნულ პირობებს ნებისმიერი D სიმრავლე შეიძლება არ აკმაყოფილებდეს. გარდა აღნიშნულისა, თუ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი დებულობს ერთ სასრულ მნიშვნელობას მაინც, მაშინ მართებულია ჩართვა $R \subset \text{Im } \varphi = \varphi(Y)$. მართლაც, თუ არსებობს $y \in Y$, რომლისთვისაც $\varphi(y) \in R$, მაშინ ნებისმიერი $t \in R$ სთვის $z = (t - \varphi(y))k^0 + y \in Y$, ამიტომ თეორემა 1.1 -ის თანახმად, მართებულია ტოლობა $\varphi(z) = \varphi((t - \varphi(y))k^0 + y) = t - \varphi(y) + \varphi(y) = t$. ეს უკვე ნიშნავს, რომ $\varphi(z) = t$, ანუ $t \in \text{Im } \varphi$. რადგან t იყო ნებისმიერი ელემენტი R - დან, ამიტომ $R \subset \text{Im } \varphi$.

შენიშვნა 1.6. თუ $D \subset Y$ ქვესიმრავლისა და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორისათვის სრულდება პირობა

$$clD + tk^0 \subset \text{int } D, \forall t > 0, \quad (141)$$

მაშინ $cl(\text{int } D) = clD$ და $\text{int}(clD) = \text{int } D$. მართლაც, თუ $y \in D$, მაშინ $y \in clD$, ამიტომ, (141) -ის თანახმად, ნებისმიერი $t = n^{-1}, n = 1, 2, \dots$ რიცხვისათვის გვაქვს: $\{y + n^{-1}k^0\}_1^\infty \subset \text{int } D$. რადგან $y + n^{-1}k^0 \rightarrow y, n \rightarrow \infty, y \in cl(\text{int } D)$, ე.ი. $D \subset cl(\text{int } D)$, საიდანაც ვღებულობთ, რომ $clD \subset cl(cl(\text{int } D)) = cl(\text{int } D)$, ანუ $clD \subset cl(\text{int } D)$. მეორე მხრივ, $\text{int } D \subset clD$, ამიტომ $cl(\text{int } D) \subset clD$, ანუ $cl(\text{int } D) = clD$. რადგან $D \subset clD$, ამიტომ $\text{int } D \subset \text{int}(clD)$. ვთქვათ, რომ $y \in \text{int}(clD)$. ცხადია, რომ არსებობს $0 \in Y$ წერტილის ღია მიდამო V , რომლისთვისაც $k^0 \in V$. ამიტომ მონახება $t > 0$, რომელიც დააკმაყოფილებს $y + tV \subset clD$ პირობას, რადგან $-tk^0 \in tV$, ამიტომ $y - tk^0 \in clD$, ე.ი. $y \in clD + tk^0$. (141) -ის თანახმად, $y \in \text{int } D$. ამით დამტკიცდა, რომ

$\text{int}(clD) \subset \text{int } D$. ამრიგად, მართებულია $\text{int}(clD) = \text{int } D$ ტოლობაც. ცხადია აგრეთვე, რომ მართებულია იმპლიკაცია

$$D + tk^0 \subset \text{int } D, \forall t > 0 \Rightarrow D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0, \quad (142)$$

რადგან $\text{int } D \subset D$ და $D + tk^0 \subset D, \forall t > 0$ ჩართვა მართებულია $t = 0$ შემთხვევაშიც.

ლემა 1.10. ვთქვათ, რომ D არის საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y -ში. მართებულია შემდეგი დებულებები:

1. თუ არსებობს კონუსი $C \subset Y$, რომლისთვისაც $k^0 \in \text{int } C$ და $D + \text{int } C \subset D$, მაშინ სრულდება (1.16), (1.18) და (1.23) პირობები;
2. თუ D არის ამოხსნილი, $\text{int } D \neq \emptyset$ და დაცულია (1.6), (1.18) პირობები. მაშინ სრულდება (1.16) და (1.23) პირობებიც.

დამტკიცება. 1. რადგან D არის საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y სივრცეში, ამიტომ $Y \setminus D$ არის არაცარიელი და ღია ქვესიმრავლე Y -ში. $k^0 \in \text{int } C$ პირობიდან გამომდინარეობს, რომ $k^0 \in Y \setminus \{0\}$. ამიტომ ნებისმიერ, მაგრამ ფიქსირებულ $z \in Y$ წერტილზე გამავალი k^0 ვექტორის პარალელური $I(z, k^0) = \{y(t) \mid y(t) = z + tk^0, t \in \mathbb{R}\}$ წრფის თანაკვეთა $Y \setminus D$ სიმრავლესთან არის არაცარიელი ღია ქვესიმრავლე $Y \setminus D$ -ში. ეს ნიშნავს, რომ D არ შეიცავს k^0 ვექტორის პარალელურ წრფეს, ანუ სრულდება პირობა (1.16).

რადგან $k^0 \in \text{int } C$, ამიტომ $0 \in \text{int } C - k^0$, ე.ი. $\text{int } C - k^0$ არის $0 \in Y$ ვერტიკალური მართობი ნებისმიერი $y \in Y$ ვერტიკალური მართობი $t > 0$, რომლისთვისაც $Sesruldeba \quad ty \in \text{int } C - k^0$ პირობა, ე.ი. $y \in t^{-1} \text{int } C - t^{-1}k^0$. რადგან $C \subset Y$ არის კონუსი და $t^{-1} > 0$, ამიტომ $t^{-1} \text{int } C - t^{-1}k^0 \subset \text{int } C - k^0$, ანუ $Y \subset \text{int } C - k^0$. რადგან $\text{int } C - k^0 \subset Y$, ამიტომ $\text{int } C + k^0 = \text{int } C - k^0 + 2k^0 = Y$. უკანასკნელიდან, $D + \text{int } C \subset D$ პირობის გათვალისწინებით, გამომდინარეობს, რომ

$$D + Y = D + \text{int } C - k^0 \subset D - k^0. \quad (143)$$

რადგან $D + Y = Y$, ამიტომ (143) ნიშნავს, რომ $Y \subset D - k^0$. რადგან მართებულია შებრუნებული $D - k^0 \subset Y$ ჩართვაც, ამიტომ მართებულია ტოლობა $D - k^0 = Y$. რადგან $Y = -Y$, ამიტომ $Rk^0 - D = Y$, ე.ი. სრულდება პირობა (1.18).

რადგან $k^0 \in \text{int } C$, ამიტომ ნებისმიერი $t \in (0, \infty)$ -სთვის $tk^0 \in t \text{int } C \subset \text{int } C$, ე.ი. $(0, \infty)k^0 \subset \text{int } C$. მეორე მხრივ, $D + \text{int } C \subset D$, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $D + (0, \infty)k^0 \subset D + \text{int } C \subset D$. რადგან $D + \text{int } C$ ღია ქვესიმრავლეა D -ში. ხოლო $\text{int } D$ - მაქსიმალური ღია ქვესიმრავლე D -ში, ამიტომ უკანასკნელი ჩართვიდან ვასკენით, რომ $D + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } D$, ანუ $D + tk^0 \subset \text{int } D, \forall t \in (0, \infty)$. ამრიგად, სრულდება (1.23) პირობაც.

2. ვაჩვენოთ, რომ სრულდება პირობა (1.16). დაგუშვათ საწინააღმდეგო. მაშინ მოიძებნება $y \in Y$, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობას: $y - sk^0 \in D, \forall s = -t \in \mathbb{R}$. განვიხილოთ ნებისმიერი $d \in D$ ელემენტი. რადგან D ამოხსნილია, ამიტომ ნებისმიერი ნატურალური n - სა და ნებისმიერი $s \in \mathbb{R}$ - სთვის მართებულია ჩართვა

$$u_n(t) = (1 - n^{-1})d + n^{-1}y - sk^0 \in D.$$

ცხადია, რომ $\{u_n(s)\}_1^\infty \subset D, \forall s \in \mathbb{R}$ და $u_n(s) \rightarrow d - sk^0, n \rightarrow \infty, \forall s \in \mathbb{R}$. რადგან D არის ჩაკეტილი, ამიტომ $d - sk^0 \in D, \forall s \in \mathbb{R}$. ეს ნიშნავს, რომ $D - k^0 \subset D$. რადგან სრულდება პირობა (1.18), ამიტომ $Rk^0 - D = D - k^0 = Y$, ე.ი. მართებული უნდა იყოს ჩართვა $Y \subset D$. ეს უკანასკნელი ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ D არის

საკუთრივი ქვესიმრავლე Y -ში და, თავის მხრივ, ამტკიცებს, რომ სრულდება (1.16) პირობა.

ვანგვით, რომ სრულდება პირობა (1.23). დაეუშვათ საწინააღმდეგო. მაშინ მოინახება ორი ელემენტი $\bar{y} \in D, \bar{t} \in (0, \infty)$, რომელთათვისაც $\bar{y} + \bar{t}k^0 \notin \text{int } D$. რადგან D არის ამოზნექილი, ხანი - ბანახის თეორემის ერთერთი შედეგის თანახმად [2], არსებობს წრფივი და უწყვეტი ფუნქციონალი $y^* \in Y^* \setminus \{0\}$, რომელიც განაცალკებს $\bar{y} + \bar{t}k^0$ წერტილს D სიმრავლისაგან, ანუ უნდა სრულდებოდეს უტოლობა:

$$\langle y^*, \bar{y} + \bar{t}k^0 \rangle \leq \langle y^*, y \rangle, \forall y \in D. \quad (1.44)$$

რადგან სრულდება (1.6), ამიტომ $y(t) = \bar{y} + tk^0 \in D, \forall t \in [0, \infty)$. ეს ნიშნავს, რომ მართებული უნდა იყოს უტოლობა $\langle y^*, \bar{y} + tk^0 \rangle \leq \langle y^*, \bar{y} + tk^0 \rangle, \forall t \in [0, \infty)$, საიდანაც ვასკვნი, რომ $(\bar{t} - t)\langle y^*, k^0 \rangle \leq 0, \forall t \in [0, \infty)$. ვთქვათ, რომ $\langle y^*, k^0 \rangle > 0$. რადგან $\bar{t} > 0$, ნებისმიერი $0 < t < \bar{t}$ უნდა სრულდებოდეს უტოლობა $(\bar{t} - t)\langle y^*, k^0 \rangle \leq 0$, რაც შეუძლებელია, რადგან $\langle y^*, k^0 \rangle > 0$ და $\bar{t} - t > 0$. ვთქვათ, რომ $\langle y^*, k^0 \rangle < 0$. მაშინ ნებისმიერი $0 < \bar{t} < t$ - სთვის შესრულდება უტოლობა $(\bar{t} - t)\langle y^*, k^0 \rangle \leq 0$, რაც შეუძლებელია, რადგან $\langle y^*, k^0 \rangle < 0$ და $\bar{t} - t < 0$. ამრიგად, $(\bar{t} - t)\langle y^*, k^0 \rangle \leq 0, \forall t \in [0, \infty)$ უტოლობა შეიძლება სრულდებოდეს ერთადერთ შემთხვევაში - როდესაც $\langle y^*, k^0 \rangle = 0$. უკანასკნელი ტოლობის გათვალისწინებით, (1.44) - დან ვღებულობთ:

$$\langle y^*, \bar{y} \rangle \leq \langle y^*, y - tk^0 \rangle, \forall y \in D, \forall t \in R \quad (1.45)$$

მეორე მხრივ, (1.18) პირობის თანახმად, $Rk^0 - D = Y = D - Rk^0$, ამიტომ ნებისმიერი $x \in Y$ ელემენტი შეიძლება წარმოვადგინოთ ტოლობით $x = y - tk^0, y \in D, t \in R$. აღნიშნულიდან, (1.45) - ის გათვალისწინებით, გამომდინარეობს, რომ ნებისმიერი $x \in Y$ ელემენტისათვის მართებულია უტოლობა $\langle y^*, \bar{y} \rangle \leq \langle y^*, x \rangle$, ანუ $\langle y^*, z \rangle \leq 0, \forall z = \bar{y} - x \in Y$. უკანასკნელი შეიძლება სრულდებოდეს მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც y^* არის Y^* სივრცის ნულოვანი ელემენტი. უკანასკნელი ეწინააღმდეგება იმ ფაქტს, რომ $y^* \in Y^* \setminus \{0\}$, ამიტომ სრულდება პირობა (1.23) #

შენიშვნა 1.7. ლემა 1.10 - დან კერძოდ გამომდინარეობს, რომ პირველი პუნქტის პირობებში სრულდება (1.16) და (1.18) პირობები. რადგან D არის ჩაკეტილი, ამიტომ თეორემა 1.4 - ის თანახმად φ არის სასრული მნიშვნელობების მქონე. რადგან აღნიშნულ პრობებში სრულდება (1.23) პირობაც, ამიტომ φ ფუნქციონალი არის უწყვეტიც Y -ზე. ლემა 1.10 - ის მეორე პუნქტის პირობებში φ ფუნქციონალი არის ამოზნექილი.

ხემთ დასაბუთებული ფაქტების საფუძველზე ვასკვნი, რომ სინამდვილეში მართებულია შემდეგი დებულება.

თეორემა 1.11. ჩავთვალოთ, რომ D არის არაცარიელი საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y -ში, $B \subset Y, B \neq \emptyset$ და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორი აკმაყოფილებენ პირობას

$$D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0.$$

მაშინ $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ არის ქვემოდან ნახევრად უწყვეტი Y სივრცეზე, $\text{dom } \varphi = Rk^0 - D$ და მართებულია ტოლობები :

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) \leq t\} = tk^0 - D, \forall t \in R,$$

$$\varphi(y + \lambda k^0) = \varphi(y) + \lambda, \forall y \in Y, \forall \lambda \in R.$$

გარდა აღნიშნულისა, მართებულია დებულებები:

- (a) 1. $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ამონეჰილია $\Leftrightarrow D$ არის ამონეჰილი;
 2. $\varphi(\lambda y) = \lambda \varphi(y), \forall y \in Y, \forall \lambda > 0 \Leftrightarrow D$ არის კონუსი Y - ში.
 (b) φ არის საკუთრივი $\Leftrightarrow \forall z \in Y, \exists t \in R: z + tk^0 \notin D$.
 (c) φ არის ასრული მნიშვნელობის მქონე $\Leftrightarrow \varphi$ არის საკუთრივი და $Rk^0 - D = Y$.
 (d) φ არის B - მონოტონური $\Leftrightarrow D + B \subset D$.
 (e) φ არის სუბადიტიური $\Leftrightarrow D + D \subset D$.

თუ სრულდება პირობა. $D + tk^0 \subset \text{int } D, \forall t \in (0, \infty)$. მაშინ:

(f) φ არის უწყვეტი Y - ზე და მართებულია ტოლობები:

$$\begin{aligned} \{y \in Y \mid \varphi(y) < t\} &= tk^0 - \text{int } D, \forall t \in R, \\ \{y \in Y \mid \varphi(y) = t\} &= tk^0 - \text{Fr } D, \forall t \in R. \end{aligned}$$

(g) 1. φ საკუთრივი ფუნქციონალი არის B - მონოტონური \Leftrightarrow

$$\Leftrightarrow D + B \subset D \Leftrightarrow \text{fr } D + B \subset D;$$

2. φ სასრული მნიშვნელობების მქონე ფუნქციონალი არის მკაცრად B - მონოტონური $\Leftrightarrow D + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D \Leftrightarrow \text{fr } D + (B \setminus \{0\}) \subset \text{int } D$.

(h) φ საკუთრივი ფუნქციონალი არის სუბადიტიური \Leftrightarrow

$$\Leftrightarrow D + D \subset D \Leftrightarrow \text{fr } D + \text{fr } D \subset D.$$

თეორემა 1.12. ვთქვათ, რომ C არის არაცარიელი შიგა ნაწილის მქონე საკუთრივი, ამონეჰილი და ჩაკეტილი კონუსი Y - ში, ხოლო $k^0 \in \text{int } C$. მაშინ ტოლობით

$$\varphi(y) = \inf \{t \in R \mid y \in tk^0 - C\} \quad (1.46)$$

კორექტულად განისაზღვრება უწყვეტი სუბადიტიური ფუნქციონალი $\varphi: Y \rightarrow R$, რომელიც ნებისმიერი $\lambda \in R$ - სთვის აკმაყოფილებს პირობებს:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) \leq \lambda\} = \lambda k^0 - C, \quad (1.47)$$

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < \lambda\} = \lambda k^0 - \text{int } C. \quad (1.48)$$

გარდა აღნიშნულისა, $\varphi: Y \rightarrow R$ არის $\text{int } C$ - მონოტონური.

დამტკიცება. მოცემულობის თანახმად, C არის არაცარიელი, საკუთრივი, ამონეჰილი და ჩაკეტილი კონუსი Y - ში, ამასთან $\text{int } C \neq \emptyset$ და $k^0 \in \text{int } C$. აქედან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ მართებულია $C + tk^0 \subset C, \forall t \geq 0$ და $C + \text{int } C \subset \text{int } C$ ჩართვები. მეორე მხრივ, $\text{int } C \subset C$, ამიტომ მართებულია აგრეთვე ჩართვა $C + \text{int } C \subset C$. მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარეობს, რომ თუ D სიმრავლეს გავაიგივებთ C კონუსთან, მაშინ აღნიშნული სიმრავლე D , ანუ C კონუსი აკმაყოფილებს ლემა 1.10 და თეორემა 1.11 - ში მოთხოვნილ ყველა პირობას. ამიტომ, ლემა 1.10 - ის პირველი პუნქტის თანახმად სრულდება პირობები:

$$\forall z \in Y, \exists t \in R: z + tk^0 \notin C, \quad (1.49)$$

$$Rk^0 - C = Y. \quad (1.50)$$

რადგან სრულდება (1.49), ამიტომ თეორემა 1.11 -ის (b) პუნქტის თანახმად, φ არის საკუთრივი. რადგან φ არის საკუთრივი და მართებულია პირობა (1.50), ამიტომ ამავე თეორემის (c) პუნქტის თანახმად φ ფუნქციონალი მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს დებულობს. ეს ნიშნავს, რომ სინამდვილეში (1.46) ტოლობით კორექტულად არის განსაზღვრული ფუნქციონალი $\varphi: Y \rightarrow R$. აღნიშნული ფუნქციონალის გან-

საზღვრიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ მართებულია (1.47) ტოლობა. 1.11 –ის (f) პუნქტის თანახმად φ არის უწყვეტი და სრულდება ტოლობები (1.48). რადგან C არის ამოხსნილი კონუსი, ამიტომ $C+C \subset C$. ამიტომ თეორემა 1.11 –ის (e) პუნქტის თანახმად φ არის სუბადიტიური. რადგან $C+\text{int } C \subset C$, ამიტომ თეორემა 1.11 –ის (d) პუნქტის თანახმად φ არის $\text{int } C$ - მონოტონური #

1. დებულებები სიმრავლეთა განცალკეებადობის შესახებ

წინამდებარე პარაგრაფში დადგენილი ფაქტების საფუძველზე აქ განვიხილავთ საკითხს არა აუცილებლად ამოხსნილ სიმრავლეთა განცალკეებადობის შესახებ.

თეორემა 2.1. ვთქვათ, $k^0 \in Y \setminus \{0\}$, ხოლო $D \subset Y$ და $A \subset Y$ სიმრავლეები აკმაყოფილებენ პირობებს: D არის საკუთრივი, ჩაკეტილი ქვისიმრავლე Y - ში და $\text{int } D \neq \emptyset$; A არის არაცარიელი ქვისიმრავლე Y - ში და $A \cap (-\text{int } D) = \emptyset$. ჩავთვალოთ, რომ სრულდება ერთი მაინც შემდეგი ორი პირობიდან:

1. არსებობს კონუსი $C \subset Y$, რომლისთვისაც $k^0 \in \text{int } C$ და $D+\text{int } C \subset D$;
 2. D არის ამოხსნილი და დაცულია (1.6), (1.18) პირობები.
- მაშინ φ არის სასრული მნიშვნელობების მქონე უწყვეტი ფუნქციონალი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს:

$$\varphi(-y) < 0 \leq \varphi(x), \forall y \in \text{int } D, \forall x \in A. \quad (2.1)$$

გარდა აღნიშნულისა, თუ $\text{int } A \neq \emptyset$, სამართლიანია მკაცრი უტოლობა

$$\varphi(x) > 0, \forall x \in \text{int } A. \quad (2.2)$$

დამტკიცება. ვთქვათ, რომ სრულდება პირველი პუნქტის პირობები. მაშინ ლემა 1.10 –ის პირველი პუნქტის თანახმად, სრულდება (1.16), (1.18) და (1.23) პირობები. ამიტომ თეორემა 1.11-ის (b), (c) და (f) პუნქტების თანახმად, φ არის სასრული მნიშვნელობების მქონე Y - ზე უწყვეტი ფუნქციონალი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < t\} = tk^0 - \text{int } D, \forall t \in \mathbb{R}, \quad (2.3)$$

თუ სრულდება მეორე პუნქტის პირობები. მაშინ ლემა 1.10 –ის მეორე პუნქტის თანახმად, სრულდება (1.16) და (1.23) პირობები. ამიტომ ისევ თეორემა 1.11-ის (b), (c) და (f) პუნქტების თანახმად, φ არის სასრული მნიშვნელობების მქონე Y - ზე უწყვეტი ფუნქციონალი, რომელიც აკმაყოფილებს (2.3) პირობას. ცხადია, რომ აღნიშნული დასკვნა მართებულია 1 და 2 პირობების ერთდროულად შესრულების შემთხვევაშიც. ამრიგად, ყველა შემთხვევაში φ არის სასრული მნიშვნელობების მქონე Y - ზე უწყვეტი ფუნქციონალი, რომელიც აკმაყოფილებს (2.3) პირობას. კერძოდ, აღნიშნული პირობა მართებულია $t = 0$ შემთხვევაშიც, ე.ი. ადგილი აქვს ტოლობას:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < 0\} = -\text{int } D, \quad (2.4)$$

(2.5) დან გამომდინარეობს, რომ $\varphi(y) < 0$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც $y \in -\text{int } D$. რადგან $A \cap (-\text{int } D) = \emptyset$, ამიტომ ნებისმიერი $x \in A$ არ შეიძლება იყოს ელემენტი $(-\text{int } D)$ –ში, ანუ უნდა სრულდებოდეს უტოლობა $\varphi(x) \geq 0, \forall x \in A$. აღნიშნულიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ სრულდება პირობები:

$$\varphi(-y) < 0, \forall y \in \text{int } D, \varphi(x) \geq 0, \forall x \in A.$$

ეს ნიშნავს, რომ მართებულია (2.1).

ვთქვათ ახლა, რომ $\text{int } A = \emptyset$. რადგან $A \cap (-\text{int } D) = \emptyset$ და $\text{int } A \subset A$, ამიტომ მართებულია $\text{int } A \cap (-\text{int } D) = \emptyset$ ტოლობაც. ვაჩვენით, რომ $\text{int } A \cap (\text{cl}(-\text{int } D)) = \emptyset$. დავუშვათ საწინააღმდეგო. მაშინ არსებობს ელემენტი $z \in \text{int } A$ ისეთი, რომ $z \in \text{cl}(-\text{int } D)$. შენიშვნა 1.6 –ის თანახმად, $\text{cl}(-\text{int } D) = \text{cl}(-D)$, ამიტომ $z \in \text{cl}(-D)$.

თუ დავეუშვებთ, რომ $z \in -\text{int } D$, მაშინ ირდღვევა პირობა $A \cap (-\text{int } D) = \emptyset$, რადგან $z \in \text{int } A \subset A$. აქედან ვასკენით, რომ $z \in -\text{fr } D$. რადგან $z \in \text{int } A$, ამიტომ არსებობს z წერტილის არაცარიელი ღია მიდამო V_z , ისეთი რომ $V_z \subset A$. მეორე მხრივ, $z \in -\text{fr } D$ ჩართვიდან უშუალოდ ვასკენით, რომ $V_z \cap (-\text{int } D) \neq \emptyset$. ამრიგად, არსებობს ელემენტი $v \in V_z \cap (-\text{int } D)$. უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $v \in A \cap (-\text{int } D)$, ანუ $A \cap (-\text{int } D) \neq \emptyset$. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ $\text{int } A \cap (\text{cl}(-\text{int } D)) = \emptyset$. რადგან D არის ჩაკეტილი, ამიტომ $\text{int } A \cap (-D) = \emptyset$. მეორე მხრივ, თვით φ ფუნქციონალის განსაზღვრიდან გამომდინარეობს, რომ $\varphi(-y) \leq 0, \forall y \in D$. რადგან $\text{int } A \cap (-D) = \emptyset$, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $\varphi(x) > 0, \forall x \in \text{int } A$. ამით დამტკიცდა (2.2) უტოლობაც #

შენიშვნა 2.1. თეორემა 2.1 სინამდვილეში არის დებულება A და $(-\text{int } D)$ სიმრავლეთა განცალკევების შესახებ A და D სიმრავლეების მიმართ გარკვეული მოთხოვნების შემთხვევაში. გასაგებია, რომ D სიმრავლეზე სხვა მოთხოვნების შემთხვევაში, თეორემა 1.11 – ის საფუძველზე შეიძლება ჩამოყალიბდეს განმაცალკებელი φ ფუნქციონალის სხვა თვისებებიც. თეორემა 2.1 განსხვავდება განცალკევების კლასიკური დებულებებისაგან, რადგან ამ უკანასკნელში აუცილებლობის სახით არ მოითხოვება A და $(-\text{int } D)$ სიმრავლეთა ამოხსნილობა, ხოლო განმაცალკებელი უწყვეტი ფუნქციონალი φ კონსტრუქციულად არის განსაზღვრული ცხადი სახით მაშინ, როდესაც განცალკევების კლასიკურ დებულებებში მტკიცდება მხოლოდ განმაცალკებელი არანულოვანი, წრფივი და უწყვეტი ფუნქციონალის არსებობა.

ლემა 1.10 – ის თანახმად, თუ D არის საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y -ში, არსებობს კონუსი $C \subset Y$, რომლისთვისაც $k^0 \in \text{int } C$ და $D + \text{int } C \subset D$, მაშინ სრულდება პირობა (1.18), ანუ მართებულია ტოლობა $Rk^0 - D = Y$. ქვემოთ ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ გარკვეულ პირობებში შესაძლებელია აღნიშნული დებულების შებრუნებული დებულების დასაბუთებაც.

განსაზღვრა 2.1. U ქვესიმრავლეს Y წრფივ სივრცეში ეწოდება მშთანთქმელი, თუ ნებისმიერი $y \in Y$ ელემენტისათვის მოიძებნება რიცხვი $\delta > 0$, რომლისთვისაც $[-\delta, \delta]y \subset U$.

განსაზღვრა 2.2. ვთქვათ, რომ A არის ქვესიმრავლე Y წრფივ სივრცეში. A სიმრავლის ალგებრული შიგა ნაწილი $a \text{int } A$ ეწოდება Y სივრცის იმ a ელემენტთა ერთობლიობას, რომელთათვისაც სიმრავლე $A - a$ არის მშთანთქმელი.

შენიშვნა 2.2. ცხადია, რომ Y სივრცის ნული ყოველთვის არის მშთანთქმელი სიმრავლის ელემენტი, რადგან $0 \in [-\delta, \delta]$. ამიტომ, თუ $a \in a \text{int } A$, მაშინ $0 \in A - a$, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $a \in A$, ე.ი. ყოველთვის მართებულია ჩართვა $a \text{int } A \subset A$.

განსაზღვრა 2.3. ვთქვათ, რომ A არის მშთანთქმელი ქვესიმრავლე Y წრფივ სივრცეში. მაშინ μ_A ნამდვილ ფუნქციას Y წრფივ სივრცეზე, განსაზღვრულს ტოლობით $\mu_A(y) = \inf\{t > 0 \mid y \in tA\}, y \in Y$, ეწოდება A სიმრავლის მინკოვსკის ფუნქციონალი.

ვაჩვენოთ, რომ μ_A ფუნქციონალი მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს დებულობს. პირველ რიგში შევნიშნოთ, რომ, განსაზღვრის თანახმად, μ_A არის არაურყოფითი ფუნქციონალი Y სივრცეზე. რადგან A არის მშთანთქმელი, ამიტომ ყოველი ფიქსირებული $y \in Y$ ელემენტისათვის მოიძებნება $\delta > 0$, რომლისთვისაც $[-\delta, \delta]y \subset A$. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ მართებულია ჩართვა $(0, \delta]y \subset A$. ამიტომ. თუ

$t^{-1} \in (0, \delta]$, მაშინ $t^{-1}y \in A$, ანუ $y \in tA$. რადგან $t^{-1} \in (0, \delta]$, ამიტომ $\delta^{-1} \leq t$. ცხადია, რომ მართებულია უტოლობა:

$$\mu_A(y) = \inf\{t > 0 \mid y \in tA\} \leq \inf\{t \geq \delta^{-1} \mid y \in tA\} = \delta^{-1},$$

ამიტომ $\mu_A(y) \leq \delta^{-1}$, ანუ $\mu_A(y) < \infty$. ამით ფაქტიურად დამტკიცდა, რომ სინამდევლეში μ_A ფუნქციონალი Y წრფივ სივრცეზე მხოლოდ სასრულ არაურყოფით მნიშვნელობებს ღებულობს, ე.ი. კორექტულადაა განსაზღვრული ასახვა $\mu_A: Y \rightarrow \mathbf{R}_+$. რადგან მშთანთქმელი ქვესიმრავლე ყოველთვის შეიცავს ნულოვან ელემენტს, ამიტომ $\mu_A(0) = \inf\{t > 0 \mid 0 \in tA\} = \inf\{t > 0 \mid 0 \in A\} = \inf\{t > 0\} = 0$, ანუ მართებულია ტოლობა $\mu_A(0) = 0$.

თეორემა 2.2. ვთქვათ, რომ Y არის წრფივი სივრცე, A – მშთანთქმელი ქვესიმრავლე Y -ში, ხოლო $A \subset B \subset Y$ და $\lambda > 0$. მაშინ:

1. $\mu_A(ty) = t\mu_A(y), \forall t \geq 0, \forall y \in Y$;
 2. $\mu_B(y) \leq \mu_A(y), \forall y \in Y$;
 3. $\mu_{\lambda A} = \lambda^{-1}\mu_A$;
 4. თუ $A = -A$, მაშინ $\mu_A(y) = \mu_A(-y), \forall y \in Y$.
- თუ A არის ამოზნექილი, მაშინ:
5. $\mu_B(x+y) \leq \mu_A(x) + \mu_A(y), \forall x, y \in Y$;
 6. $\text{aint } A = \{y \in Y \mid \mu_A(y) < 1\}$;
 7. $A \subset \{y \in Y \mid \mu_A(y) \leq 1\}$.

დამტკიცება. 1. გვაქვს $\mu_A(y) = \inf\{s > 0 \mid y \in sA\}$. თუ $t = 0$, მაშინ მართებულია ტოლობები $\mu_A(ty) = \mu_A(0) = 0 = t\mu_A(y)$. ვთქვათ, რომ $t > 0$ მაშინ:

$$\mu_A(ty) = \inf\{s > 0 \mid ty \in sA\} = t \inf\{st^{-1} > 0 \mid y \in st^{-1}A\} = t\mu_A(y).$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ $\mu_A(ty) = t\mu_A(y), \forall t \geq 0, \forall y \in Y$.

2. რადგან A მშთანთქმელი სიმრავლეა და $A \subset B$, ამიტომ B სიმაველც არის მშთანთქმელი. მეორე მხრივ, მართებულია ჩართვა $\{t > 0 \mid y \in tA\} \subset \{t > 0 \mid y \in tB\}$, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $\inf\{t > 0 \mid y \in tB\} \leq \inf\{t > 0 \mid y \in tA\}, \forall y \in Y$. ე.ი. $\mu_B(y) \leq \mu_A(y), \forall y \in Y$.

3. გვაქვს:

$$\begin{aligned} \mu_{\lambda A}(y) &= \inf\{t > 0 \mid y \in t\lambda A\} = \lambda^{-1} \inf\{\lambda t > 0 \mid y \in t\lambda A\} = \\ &= \lambda^{-1} \inf\{s > 0 \mid y \in sA\} = \lambda^{-1} \inf\{s > 0 \mid y \in sA\} = \lambda^{-1} \mu_A(y), \forall y \in Y. \end{aligned}$$

უკანასკნელი ტოლობა ნიშნავს, რომ $\mu_{\lambda A} = \lambda^{-1}\mu_A$.

4. რადგან $A = -A$, ამიტომ $\mu_A(y) = \mu_{-A}(y), \forall y \in Y$. მეორე მხრივ, მართებულია ტოლობა

$$\mu_{-A}(y) = \inf\{t > 0 \mid y \in -tA\} = \inf\{t > 0 \mid -y \in tA\} = \mu_A(-y), \forall y \in Y,$$

ე.ი. $\mu_A(y) = \mu_A(-y), \forall y \in Y$.

5. რადგან μ_A მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს ღებულობს, ამიტომ ნებისმიერი $x, y \in Y$ ორი ელემენტისა და ნებისმიერი n ნატურალური რიცხვისათვის არსებობს ნამდვილი რიცხვები $s > 0, t > 0$, რომელთათვისაც შესრულდება უტოლობები $\mu_A(x) < s < \mu_A(x) + (2n)^{-1}, \mu_A(y) < t < \mu_A(y) + (2n)^{-1}$, საიდანაც უშუალოდ გამომდი-

ნარეობს, რომ $x \in sA, y \in tA$. უკანასკნელიდან ვასკვნით, რომ მართებულია ჩართვები $(s+t)^{-1}x \in s(s+t)^{-1}A, (s+t)^{-1}y \in t(s+t)^{-1}A$. რადგან A არის ამოხსნილი, ამიტომ უკანასკნელიდან ვღებულობთ, რომ $(s+t)^{-1}(x+y) \in s(s+t)^{-1}A+t(s+t)^{-1}A \subset A$, ანუ $x+y \in (s+t)A$, ე.ი. $\mu_A(x+y) < s+t$. ეს ნიშნავს, რომ ნებისმიერი ნატურალური n -სთვის მართებულია უტოლობა $\mu_A(x+y) < \mu_A(x) + \mu_A(y) + (n)^{-1}$. უკანასკნელში $n \rightarrow \infty$ ზღვარზე გადასვლით ვასკვნით, რომ $\mu_A(x+y) \leq \mu_A(x) + \mu_A(y), \forall x, y \in Y$.

6. ვთქვათ, რომ $y \in \text{aint } A$. მაშინ $A-y$ არის მშთანთქმელი ქვესიმრავლე Y -ში, ამიტომ $y \in Y$ ელემენტისათვის მოიძებნება $\delta > 0$, ისეთი, რომ $[-\delta, \delta]y \in A-y$. აქედან გამომდინარეობს, რომ $(1+\delta)y \in A$, ანუ $y \in (1+\delta)^{-1}A$. ეს ნიშნავს, რომ $\mu_A(y) \leq (1+\delta)^{-1}$. რადგან $(1+\delta)^{-1} < 1$, ამიტომ $\mu_A(y) < 1$. ეს, ცხადია, ნიშნავს, რომ $\text{aint } A \subset \{y \in Y \mid \mu_A(y) < 1\}$. ვთქვათ, რომ $y \in Y$ ელემენტი აკმაყოფილებს უტოლობას $\mu_A(y) < 1$. მაშინ, 1 და 5 პუნქტების თანახმად, ნებისმიერი $x \in Y, t \geq 0$ ელემენტებისათვის მართებულია უტოლობები:

$$\begin{aligned} \mu_A(y+tx) &\leq \mu_A(y) + t\mu_A(x), \\ \mu_A(y-tx) &\leq \mu_A(y) + t\mu_A(-x). \end{aligned}$$

რადგან $\mu_A(x), \mu_A(-x)$ არის სასრული არაუყოფილი რიცხვები, ამიტომ არსებობს $\delta_1 > 0, \delta_2 > 0$ ნამდვილი რიცხვები, რომელთათვისაც:

$$\begin{aligned} \mu_A(y) + t\mu_A(x) &< 1, \forall t \in [0, \delta_1], \\ \mu_A(y) + t\mu_A(-x) &< 1, \forall t \in [0, \delta_2], \end{aligned}$$

საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $\mu_A(y+tx) < 1, \forall t \in [0, \delta_1], \mu_A(y-tx) < 1, \forall t \in [0, \delta_2]$, ანუ $y+tx \in A, \forall t \in [0, \delta_1], y-tx \in A, \forall t \in [0, \delta_2]$. უკანასკნელი ნიშნავს, რომ თუ $\delta = \min\{\delta_1, \delta_2\}$, მაშინ $\delta > 0$ და $sx \in A-y, \forall s \in [0, \delta], sx \in A-y, \forall s \in [-\delta, 0]$. ამით დამტკიცდა ჩართვა $sx \in A-y, \forall s \in [-\delta, \delta]$, ანუ $[-\delta, \delta]x \subset A-y$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $y \in \text{aint } A$, ანუ $\{y \in Y \mid \mu_A(y) < 1\} \subset \text{aint } A$, რადგან მართებულია შებრუნებული ჩართვაც, ამიტომ $\text{aint } A = \{y \in Y \mid \mu_A(y) < 1\}$.

7. თუ $y \in A$, ე.ი. $y \in 1 \cdot A$ მაშინ μ_A ფუნქციონალის განსაზღვრიდან გამომდინარეობს, რომ $\mu_A(y) \leq 1$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $A \subset \{y \in Y \mid \mu_A(y) \leq 1\} \#$

თეორემა 2.3. ვთქვათ, რომ D არის ამოხსნილი ქვესიმრავლე Y წრფივ სივრცეში, $\text{aint } D \neq \emptyset$ და $\{k^0\} \cap \text{aint } D = \emptyset$. მაშინ არსებობს წრფივი არანულოვანი ფუნქციონალი Y წრფივ სივრცეზე χ ისეთი, რომ

$$\chi(y) \leq \chi(k^0), \forall y \in D.$$

დამტკიცება. ვთქვათ, რომ $Y_0 = Rk^0$. ცხადია რომ Y_0 არის ქვესივრცე Y წრფივ სივრცეში. განვსაზღვროთ ფუნქციონალი $p: Y_0 \rightarrow R$ ტოლობით $p(tk^0) = t\mu_A(k^0), \forall t \in R$, ცხადია, რომ p არის წრფივი ფუნქციონალი $Y_0 \subset Y$ ქვესივრცეზე, ამასთან $p(-k^0) = -\mu_A(k^0)$. რადგან $\mu_A(k^0) \geq 0, \mu_A(-k^0) \geq 0$, ამიტომ $-\mu_A(k^0) \leq 0 \leq \mu_A(-k^0)$, ე.ი. $p(-k^0) \leq \mu_A(-k^0)$. თუ $t \geq 0$, მაშინ $tp(-k^0) \leq t\mu_A(-k^0)$. თეორემა 2.3 -ის 1 პუნქტის თანახმად უკანასკნელიდან გამომდი-

ნარეობს, რომ $p(-tk^0) \leq \mu_A(-tk^0)$. თუ $t < 0$, მაშინ $t\mu_A(-k^0) \leq tp(-k^0)$, ე.ი. $-(-t)\mu_A(-k^0) \leq -(-t)tp(-k^0)$. რადგან $(-t) > 0$, ამიტომ $-\mu_A(tk^0) \leq -tp(tk^0)$, ანუ $tp(tk^0) \leq \mu_A(tk^0)$. ამით დამტკიცდა, რომ თუ $s = -t \in -R_+$, მაშინ $p(sk^0) \leq \mu_A(sk^0)$, ხოლო თუ $s = -t \in R_+ \setminus \{0\}$, მაშინ $p(tk^0) \leq \mu_A(tk^0)$. ამრიგად, ნებისმიერი $y = tk^0 \in Y_0$ -სთვის სრულდება უტოლობა $p(y) \leq \mu_A(y), \forall y \in Y_0$. რადგან μ_A ფუნქციონალი აკმაყოფილებს თეორემა 2.2 -ის 1 და 5 და პუნქტებს, ამიტომ ხანი-ბანახის თეორემის თანახმად, არსებობს წრფივი არანულოვანი ფუნქციონალი $\chi: Y \rightarrow R$, რომლისთვისაც შესრულდება პირობები:

$$\begin{aligned} \langle \chi, y \rangle &\leq \mu_A(y), \forall y \in Y, \\ \langle \chi, y \rangle &= p(y), \forall y \in Y_0. \end{aligned}$$

რადგან D ამოხსნეილია, ამიტომ თეორემა 2.2 -ის 7 პუნქტის თანახმად მართებულია ჩართვა $D \subset \{y \in Y \mid \mu_A(y) \leq 1\}$, ამიტომ $\mu_A(y) \leq 1, \forall y \in D$, ანუ $\langle \chi, y \rangle \leq 1, \forall y \in D$. რადგან $a \operatorname{int} D \neq \emptyset$, 2.2 თეორემის 6 პუნქტის თანახმად $\mu_A(y) < 1, \forall y \in a \operatorname{int} D$. მეორე მხრივ, $\{k^0\} \cap a \operatorname{int} D = \emptyset$, ამიტომ ან $k^0 \in D \setminus a \operatorname{int} D$, ან $k^0 \in Y \setminus D$. რადგან $k^0 \in Y_0$, ამიტომ $\langle \chi, k^0 \rangle = p(k^0) = \mu_A(k^0)$. თუ $k^0 \in D \setminus a \operatorname{int} D$, მაშინ სრულდება ტოლობები $\langle \chi, k^0 \rangle = \mu_A(k^0) = 1$ და უტოლობა $\langle \chi, y \rangle \leq \langle \chi, k^0 \rangle, \forall y \in D$. თუ $k^0 \in Y \setminus D$, მაშინ $\langle \chi, k^0 \rangle = \mu_A(k^0) > 1$ და მართებულია მკაცრი უტოლობა $\langle \chi, y \rangle < \langle \chi, k^0 \rangle, \forall y \in D$ #

თეორემა 2.4. ვთქვათ, რომ D არის ამოხსნეილი კონუსი ისეთი, რომ $D \neq -D$, ხოლო $k^0 \in Y \setminus \{0\}$. მაშინ მართებულია ექვივალენტობა:

$$D + Rk^0 = Y \Leftrightarrow \{k^0, -k^0\} \cap a \operatorname{int} D \neq \emptyset. \quad (2.5)$$

დამტკიცება. ვთქვათ, რომ $\{k^0, -k^0\} \cap a \operatorname{int} D \neq \emptyset$. ეს ნიშნავს, რომ ან $k^0 \in a \operatorname{int} D$, ან $-k^0 \in a \operatorname{int} D$. ჯერ ჩავთვალოთ, რომ $k^0 \in a \operatorname{int} D$. უნდა ვაჩვენოთ, რომ $D + Rk^0 = Y$. რადგან $k^0 \in a \operatorname{int} D$, ამიტომ $D - k^0$ სიმრავლე არის მშთანთქმელი, ე.ი. ნებისმიერი $y \in Y$ ელემენტისათვის მოიძებნება რიცხვი $\delta > 0$, რომლისთვისაც $[-\delta, \delta]y \subset D - k^0$. ამიტომ არსებობს დადებითი რიცხვი $t \in (0, \delta]$, რომლისთვისაც $ty \in D - k^0$. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $y \in t^{-1}D - t^{-1}k^0$. რადგან D არის კონუსი, $t^{-1} > 0$ და $-t^{-1} \in R$, ამიტომ $y \in t^{-1}D - t^{-1}k^0 \subset D + Rk^0$. ეს ნიშნავს, რომ $Y \subset D + Rk^0$. რადგან $D + Rk^0 \subset Y$, ამიტომ მართებულია ტოლობა $D + Rk^0 = Y$. ანალოგიურად მტკიცდება, რომ თუ $-k^0 \in a \operatorname{int} D$, მაშინ $D + Rk^0 = Y$. ამით დამტკიცდა იმპლიკაცია

$$\{k^0, -k^0\} \cap a \operatorname{int} D \neq \emptyset \Rightarrow D + Rk^0 = Y. \quad (2.6)$$

ვთქვათ, რომ სრულდება პირობა $D + Rk^0 = Y$. ვაჩვენოთ, რომ $\{k^0, -k^0\} \cap a \operatorname{int} D \neq \emptyset$. რადგან D არის კონუსი, ამიტომ $Y_0 = D - D$ არის წრფივი ქვესივრცე Y -ში. მართლაც: $0 \in Y_0$; მეორე მხრივ, ნებისმიერი $\alpha, \beta \in R$ ორი ნამდვილი რიცხვისთვის მართებულია ტოლობა

$$\alpha Y_0 + \beta Y_0 = (\alpha + \beta)D - (\alpha + \beta)D.$$

თუ $\alpha + \beta \geq 0$, მაშინ $(\alpha + \beta)D - (\alpha + \beta)D \subset D - D$. თუ $\alpha + \beta < 0$, მაშინ $-(\alpha + \beta) > 0$ და $-(\alpha + \beta)(-D) - (\alpha + \beta)D = -D + D = D - D$, ე.ი. ორივე შემთხვევაში

$\alpha Y_0 + \beta Y_0 \subset Y_0$. ეს უკვე ნიშნავს, რომ $Y_0 = D - D$ არის წრფივი ქვესივრცე Y -ში [5]. რადგან $D + Rk^0 = Y$, ამიტომ $Y - D = (D - D) + Rk^0$, ცხადია, რომ $Y - D = Y$, ამიტომ მართებულია ტოლობა $Y = Y_0 + Rk^0$. დაეუშვათ, რომ $Y \neq Y_0$. განვიხილოთ ელემენტი $y \in Y_0 \subset Y$, რადგან $Y = D + Rk^0$, ამიტომ მოიძებნება $v \in D$ და $\lambda \in R$ ელემენტები, რომელთათვისაც $y = v + \lambda k^0$. რადგან D არის ამოხსნილი კონუსი, ამიტომ უკანასკნელი ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\lambda k^0 = y - v \in Y_0 - D = D - (D + D) \subset D - D = Y_0,$$

ე.ი. $\lambda k^0 \in Y_0$. შევნიშნოთ, რომ თუ $k^0 \in R \setminus \{0\}$ არის Y_0 ქვესივრცის ელემენტი, მაშინ მართებულია ტოლობა $Y_0 + Rk^0 = Y_0$. რადგან $Y = D + Rk^0$, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $Y = Y_0$, რაც, თავის მხრივ, ეწინააღმდეგება დაშვებას იმის შესახებ, რომ Y_0 ქვესივრცე არ ემთხვევა Y სივრცეს. აქედან გამომდინარეობს, რომ $k^0 \notin Y_0$. რადგან მართებულია ჩართვა $\lambda k^0 \in Y_0$ და $k^0 \in R \setminus \{0\}$, ამიტომ შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ $\lambda = 0$. მეორე მხრივ, ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან ვასკენით, რომ $Y_0 + Rk^0 = D + Rk^0$. რადგან $\lambda = 0$, ამიტომ $D = Y_0$. რადგან Y_0 არის ქვესივრცე, ამიტომ $Y_0 = -Y_0$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $D = -D$. უკანასკნელი ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ $D \neq -D$. ამით დამტკიცდა, რომ მართებულია ტოლობა $Y = Y_0 = D - D$.

ვაჩვენოთ, რომ $a \text{int } D \neq \emptyset$. პირველ რიგში შევნიშნოთ, რომ რადგან $Y = Y_0$, ამიტომ $k^0 \in (D - D) \setminus \{0\}$, ე.ი. მოიძებნება ორი ელემენტი $v_1, v_2 \in D$, რომელთათვისაც $k^0 = v_1 - v_2 \neq 0$. რადგან D არის ამოხსნილი კონუსი და $v_1, v_2 \in D$, ამიტომ

$$\bar{v} = v_1 + v_2 \in D \setminus \{0\}.$$

ვთქვათ, რომ $\lambda \geq 0, \mu \geq 0$. რადგან $\lambda k^0 = 2\lambda v_1 - \lambda \bar{v}, -\mu k^0 = 2\mu v_2 - \mu \bar{v}$, მართებულია ტოლობები:

$$D + \lambda k^0 = D + 2\lambda v_1 - \lambda \bar{v},$$

$$D - \mu k^0 = D + 2\mu v_2 - \mu \bar{v}.$$

რადგან D არის კონუსი, $v_1, v_2 \in D$ და $\lambda \geq 0, \mu \geq 0$, ამიტომ მართებულია ჩართვები $D + 2\lambda v_1 \subset D, D + 2\mu v_2 \subset D$. ეს ნიშნავს, რომ

$$D + \lambda k^0 \subset D - \lambda \bar{v} \subset D - R_+ \bar{v},$$

$$D - \mu k^0 \subset D - \mu \bar{v} \subset D - R_+ \bar{v},$$

$$R_+ = \{t \in R \mid t \geq 0\}.$$

უკანასკნელი ტოლობებიდან გამომდინარეობს, რომ $Y = D + Rk^0 \subset D - R_+ \bar{v}$. რადგან მართებულია ჩართვაც $D - R_+ \bar{v} \subset Y$, ამიტომ $Y = D - R_+ \bar{v}$. ცხადია, რომ ნებისმიერი $y \in Y$ -სთვის $y + \bar{v} \in Y$, ე.ი. მოიძებნება $\lambda \in R_+$, რომლისთვისაც $y + \bar{v} \in D - \lambda \bar{v}$, ანუ $y + (1 + \lambda)\bar{v} \in D$. აქედან გამომდინარეობს ჩართვა $(1 + \lambda)^{-1} y + \bar{v} \in (1 + \lambda)^{-1} D \subset D$, ანუ $(1 + \lambda)^{-1} y + \bar{v} \in D$. რადგან მართებულია ჩართვაც $(-y) \in Y$, ანალოგიური მსჯელობით ვღებულობთ, რომ მოიძებნება $\eta \in R_+$ რომლისთვისაც შესრულდება პირობა $(1 + \mu)^{-1} (-y) + \bar{v} \in D$. D სიმრავლის ამოხსნილობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\begin{aligned} & \alpha((1+\lambda)^{-1}y + \bar{v}) + (1-\alpha)((1+\eta)^{-1}(-y) + \bar{v}) = \\ & = (\alpha(1+\lambda)^{-1} - (1-\alpha)(1+\eta)^{-1})y + \bar{v} \in D, \forall \alpha \in [0, 1]. \end{aligned}$$

უკანასკნელი ტოლობა ნიშნავს, რომ მართებულია $[-(1+\eta)^{-1}, (1+\lambda)^{-1}]y + \bar{v} \subset D$ ჩართვა. ვთქვათ, რომ $\delta = \{(1+\eta)^{-1}, (1+\lambda)^{-1}\}$. მაშინ ცხადია, რომ $\delta > 0$ და $[-\delta, \delta] \subset [-(1+\eta)^{-1}, (1+\lambda)^{-1}]$. ამრიგად, $[-\delta, \delta]y + \bar{v} \subset [-(1+\eta)^{-1}, (1+\lambda)^{-1}]y + \bar{v} \subset D$, ანუ $[-\delta, \delta]y \subset D - \bar{v}$. ეს ნიშნავს, რომ $\bar{v} \in \text{aint } D$, ე.ი. $\text{aint } D \neq \emptyset$. დავეუშვათ, რომ $\{k^0, -k^0\} \cap \text{aint } D = \emptyset$. მაშინ $\{k^0\} \cap \text{aint } D = \emptyset, \{-k^0\} \cap \text{aint } D = \emptyset$. რადგან D ამოზნექილია, ამიტომ თეორემიდან ამოზნექილ სიმრავლეთა განცალკევადობის შესახებ წრფივ სივრცეში [6], ანუ თეორემა 2.3 -ს თანახმად, მოიძებნება წრფივი და არანულოვანი ფუნქციონალები $p, q: Y \rightarrow \mathbb{R}$, რომლებიც დააკმაყოფილებენ პირობებს:

$$p(k^0) \leq 0 \leq p(y), q(-k^0) \leq 0 \leq q(y), \forall y \in D. \quad (2.7)$$

თუ $p(k^0) = 0$, მაშინ იმის გათვალისწინებით, რომ p არის წრფივი ფუნქციონალი, ნებისმიერი $y + \lambda k^0 \in D + Rk^0$ ელემენტისათვის მართებულია $p(y + \lambda k^0) = p(y)$ ტოლობა. ამიტომ (2.7) - დან უშუალოდ ვდებულობთ, რომ $p(y + \lambda k^0) \geq 0$. რადგან $Y = D + Rk^0$, ამიტომ უკანასკნელი უტოლობა ნიშნავს, რომ $p(z) \geq 0, \forall z \in Y$, კერძოდ $p(-z) \geq 0, \forall z \in Y$, ანუ $p(z) = 0, \forall z \in Y$, ანუ p არის ნულოვანი ფუნქციონალი Y სივრცეზე. მიღებული წინააღმდეგობა ამატკიცებს, რომ მართებული უნდა იყოს მხოლოდ მკაცრი უტოლობა $p(k^0) < 0$. ანალოგიურად მტკიცდება, რომ მართებულია $q(-k^0) < 0$ მკაცრი უტოლობაც. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ რადგან q არის წრფივი ფუნქციონალი, ამიტომ $q(k^0) > 0$. რადგან $p(k^0) < 0$ და $q(k^0) > 0$, ყოველთვის მოინახება დადებითი რიცხვი β , რომელიც დააკმაყოფილებს ტოლობას $p(k^0) + \beta q(k^0) = 0$, ანუ $\alpha p(k^0) + q(k^0) = (\alpha p + q)(k^0) = 0$, სადაც $\alpha = \beta^{-1}$. მეორე მხრივ, (2.7) -დან უშუალოდ გამომდინარეობს უტოლობა $(\alpha p + q)(y) \geq 0, \forall y \in D$. ამიტომ ნებისმიერი $z = y + \lambda k^0, y \in D, \lambda \in \mathbb{R}$ ელემენტისათვის მართებული იქნება ტოლობები $(\alpha p + q)(z) = (\alpha p + q)(y + \lambda k^0) = (\alpha p + q)(y) \geq 0$. რადგან $Y = D + Rk^0$, ეს უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $(\alpha p + q)(z) \geq 0, (\alpha p + q)(-z) \geq 0, \forall z \in Y$, ანუ $\alpha p + q$ წრფივი ფუნქციონალი არის ნულოვანი Y სივრცეზე. ეს ნიშნავს, რომ $(p + \alpha^{-1}q)(z) = 0, \forall z \in Y$. კერძოდ, ნებისმიერი $z = u - v \in D - D, u, v \in D$ ელემენტისათვის გვაქვს: $p(u - v) = \alpha^{-1}q(v - u) = \alpha^{-1}q(-u) + \alpha^{-1}q(v)$. მეორე მხრივ, $(p + \alpha^{-1}q)(-u) = 0$, ამიტომ $p(-u) = -\alpha^{-1}q(-u)$, ანუ $\alpha^{-1}q(-u) = p(u)$, ამიტომ მართებულია ტოლობა $p(u - v) = \alpha^{-1}q(v - u) = p(u) + \alpha^{-1}q(v), \forall u, v \in D$. რადგან $p(u) \geq 0, q(v) \geq 0, \forall u, v \in D$, ამიტომ უკანასკნელი ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ $p(u - v) \geq 0, \forall u - v \in D - D$, რადგან $Y = D - D$, ამიტომ $p(y) \geq 0, \forall y \in Y$. რადგან მართებულია უტოლობაც $p(-y) \geq 0, \forall y \in Y$, ამიტომ $p(y) = 0, \forall y \in Y$. ეს ნიშნავს, რომ აღნიშნულ შემთხვევაშიც p არის ნულოვანი ფუნქციონალი Y -ზე. მიღებული წინააღმდეგობა ამატკიცებს, რომ $\{k^0, -k^0\} \cap \text{aint } D \neq \emptyset$. ამით დამტკიცდა იმპლიკაცია

$$D + Rk^0 = Y \Rightarrow \{k^0, -k^0\} \cap \text{aint } D \neq \emptyset. \quad (2.8)$$

(2.6) და (2.8) ერთობლივად ნიშნავს, რომ მართებულია ექვივალენტობა (2.5) #

არააუცილებლად ამოხსნედილ სიმრავლეთა განცალკევება

ვ. მაისურაძე, მ. სალუკვაძე, ვ. გაბისონია

რეზიუმე

ფუნქციონალური ანალიზიდან ფართოდ არის ცნობილი ხანი-ბანახის თეორემა მოცემული სივრცის ქვესიმრავლეზე განსაზღვრული წრფივი ფუნქციონალის მთელ სივრცეზე განვრცობის შესახებ. აღნიშნული თეორემიდან გამომდინარეობს ფუნდამენტური დებულებები წრფივ სივრცეში ამოხსნედილ სიმრავლეთა განცალკევების შესახებ. თვით აღნიშნული თეორემა და მისგან გამომდინარე გეომეტრიული შედეგები უდიდეს როლს თამაშობს მათემატიკის მრავალ დარგში, კერძოდ, ოპტიმიზაციის თეორიაში. წარმოდგენილ ნაშრომში ერთიანი პოზიციიდან არის განხილული ხანი-ბანახის თეორემის გეომეტრიული ფორმის შესაძლო გაფართოება არააუცილებლად ამოხსნედილ სიმრავლეების განცალკევების შესახებ არააუცილებლად წრფივი ფუნქციონალის საშუალებით. აღნიშნული არაწრფივი ფუნქციონალი აგებულია კონსტრუქციულად. შედეგების გამოყენება შეიძლება ვექტორული და არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების, კერძოდ არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების სკალარიზაციისა და სხვა საკითხების შესწავლისათვის.

SEPARABILITY OF NOT NECESSARILY CONVEX SETS

V. MAISURADZE, M. SALUKVADZE, V.GABISONIA

Summary

The Khan-Banah theorem about extension of linear functional defined on the subspace of given space on the whole space is widely known from the functional analysis. Fundamental statements about separability of subsets of linear space follow from the mentioned theorem. The theorem independently and geometric corollaries following from it play a large part in many sections of mathematics, particularly in the optimization theory. The possible expansion of geometrical form of the Khan –Banah theorem about separability of not necessarily convex sets by not necessarily linear functional from the single point of view is considered in the presented article. Mentioned nonlinear functional has been built constructively. Results can be applied to the problems of vector and nonscalar optimization, namely to study the scalarisation of nonscalar optimization tasks and other problems.

РАЗДЕЛИМОСТЬ НЕОБЯЗАТЕЛЬНО ВЫПУКЛЫХ МНОЖЕСТВ

В. МАЙСУРАДЗЕ, М.САЛУКВАДЗЕ, В.ГАБИСОНИЯ

Резюме

Из функционального анализа широко известна теорема Хана-Банаха о продолжении линейного функционала, определенного на подпространстве данного пространства, на все пространство. Из указанной теоремы следуют фундаментальные предложения о разделимости выпуклых подмножеств линейного пространства. Сама теорема и вытекающие из нее геометрические следствия играют большую роль в многих разделах математики, в частности, в теории оптимизации. В представленной работе с единой точки зрения рассмотрено возможное расширение геометрической формы теоремы Хана-Банаха о разделимости необязательно выпуклых множеств необязательно линейным функционалом. Указанный нелинейный

функционал построен конструктивно. Результаты могут быть применены к задачам векторной и нескаллярной оптимизации, в частности, для скаляризации нескаллярных задач и для изучения других вопросов.

წიტირებუბა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

- 1 **Алексеев В. М., Тихомиров В.М., Фомин С.В.** Оптимальное управление. Москва, Наука, 1979.
- 2 **И. Экландб, Р. Темам.** Выпуклый анализ и вариационные проблемы. Москва, Мир, 1979.
- 3 **Дж. Варга.** Оптимальное управление дифференциальными и функциональными уравнениями. Москва, Наука, 1977.
- 4 **Tammer Chr., Weidner P.** Nonconvex separation theorems and some applications in vector optimization. J. Optim. Theory Appl., **67**, 1990.
- 5 **У. Рудин.** Функциональный анализ. Москва, Мир, 1975.
- 6 **А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин.** Элементы Теории функции и функционального анализа. Москва, Наука, 1972.

STRUCTURAL IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEMS USING BLOCK-ORIENTED MODELS

B. SHANSHIASHVILI, M. SALUKVADZE

besoshan@hotmail.com, msaluk@science.org.ge

1. Introduction

The systems identification is connected with the solution of different problems depending on the a priori information about the system. The construction of the system's optimal model in many respects is determined by the structural identification problem solving.

The majority of real systems are nonlinear. They are generally represented by block-oriented (for example [1-4]) or general models, in particular, the Volterra's functional series (for example [5-7]) and the Kolmogorov-Gabor's continuous and discrete polynomials [8-10].

When representing nonlinear systems by block-oriented models the basic results in the sphere of structural identification are obtained at the identification by discrete models. The determination of the structure of the model for continuous nonlinear systems is usually carried out on the certain sets of block-oriented models consisting of different modifications of the Hammerstein and Wiener models.

In that work [11] the problem of structural identification of nonlinear continuous systems was considered on the set of continuous block-oriented models which is "greater" than the one considered earlier at the input sinusoidal influences.

In this work the problem of structural identification of nonlinear continuous stationary systems is considered on the "great" set of continuous block-oriented models, the elements of which are: the Hammerstein models - simple and generalized, the Wiener models - simple, generalized and expanded, the Wiener-Hammerstein cascade models - simple, generalized and expanded, the Hammerstein-Wiener cascade model at input periodical influences having Fourier's uniformly and absolutely convergent series.

The problem of structural identification is brought in correspondence with the L. Zadeh classical determination of identification, i.e. it is implied that the classes of models and input signals are set. A criterion determining the model structure from the class of models is needed to be developed.

2. Classes of models and input signals

2.1. Class of models

The model structure is determined by the following class of continuous block-oriented models:

$$L = \{s_i | i = 1, 2, \dots, 9\}, \quad (1)$$

where s_1 and s_2 - the simple and generalized Hammerstein models, s_3 and s_4 - the simple and generalized Wiener models, s_5 - the simple Wiener- Hammerstein cascade model, s_6 - the expanded Wiener model, s_7 and s_8 - the generalized and expanded Wiener-Hammerstein cascade models, s_9 - the simple Hammerstein- Wiener cascade model (Fig. 1).

The models of the set L are described by the following equations:

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 W(0) + c_1 W(p)u(t) + c_2 W(p)u^2(t); \quad (2)$$

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + W_1(p)u(t) + W_2(p)u^2(t); \quad (3)$$

- **Simple Wiener model**

$$y(t) = c_0 + c_1 W(p)u(t) + c_2 [W(p)u(t)]^2; \quad (4)$$

- **Generalized Wiener model**

$$y(t) = c_0 + c_1 W_1(p)u(t) + c_2 [W_2(p)u(t)]^2; \quad (5)$$

- **Simple Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 W(0) + c_1 W_1(p)W_2(p)u(t) + c_2 W_2(p)[W_1(p)u(t)]^2; \quad (6)$$

- **Expanded Wiener model**

$$y(t) = c_0 + c_1 W_1(p)u(t) + [W_2(p)u(t)][W_3(p)u(t)]; \quad (7)$$

- **Generalized Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 + W_1(p)u(t) + W_3(p)[W_2(p)u(t)]^2; \quad (8)$$

- **Expanded Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 + c_1W_1(p)u(t) + W_4(p)\{[W_2(p)u(t)][W_3(p)u(t)]\}; \quad (9)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

$$y(t) = d_0 + c_0d_1W(0) + c_0^2d_2W^2(0) + [c_1d_1W(p) + 2c_0c_1d_2W(0)W(p)]u(t) + [c_2d_1W(p) + c_1^2d_2W^2(p) + 2c_0c_2d_2W(0)W(p)]u^2(t) + 2c_1c_2d_2W^2(p)u^3(t) + c_2^2d_2W^2(p)u^4(t). \quad (10)$$

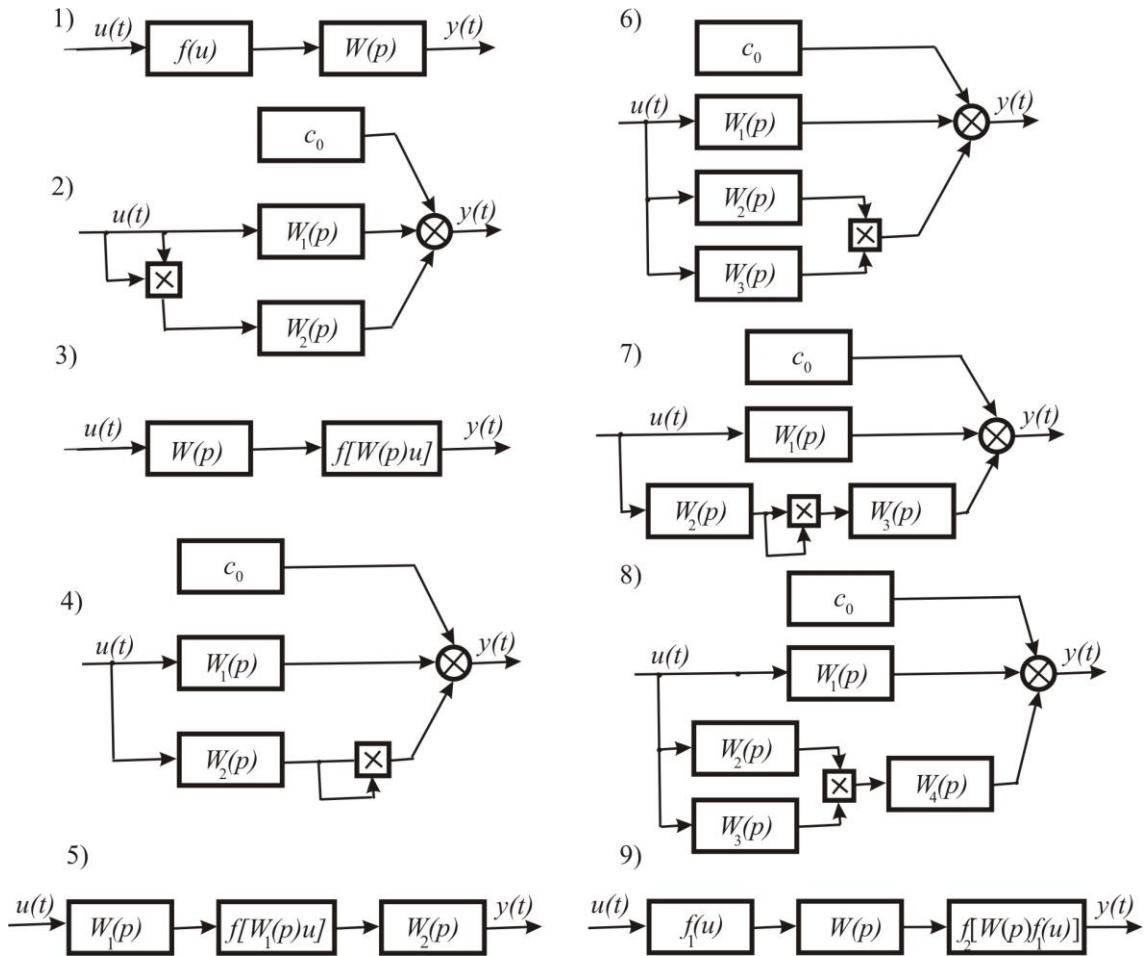


Fig.1. The block-oriented models: 1) simple Hammerstein model; 2) generalized Hammerstein model; 3) simple Wiener model; 4) generalized Wiener model; 5) simple Wiener-Hammerstein cascade model; 6) expanded Wiener model; 7) generalized Wiener- Hammerstein cascade model; 8) expanded Wiener- Hammerstein cascade model; 9) simple Hammerstein -Wiener cascade model.

In the formulas (2) - (10) $u(t)$ and $y(t)$ are input and output variables, correspondingly. The non-linear static elements forming the models are described by the second order polynomial functions:

$$f_1[x(t)] = c_0 + c_1x(t) + c_2x^2(t), \quad (11)$$

$$f_2[x(t)] = d_0 + d_1 x(t) + d_2 x^2(t), \quad (12)$$

where c_i , d_i ($i=0,1,2$) - constant coefficients, $W(p)$ and $W_i(p)$ ($i=1,2,3,4$) - transfer functions of linear dynamic systems in the operational form, i.e. p denotes the differentiation operation $p \equiv \frac{d}{dt}$.

The linear dynamic elements included in the class of block-oriented models are assumed to be steady, i.e. the roots of their characteristic equations are placed in left half plane of the roots plane.

2.2. Class of input signals

For solving the problem of structural identification of the nonlinear systems it is supposed that the input variable of the system $u(t)$ - a real periodic function with the period T for which the integral

$$\int_{-T/2}^{T/2} |u(\tau)| d\tau \text{ exists. Then on each open interval on which } u(t) \text{ and } u'(t) \text{ are piecewise continuous}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} A_k \sin(k\omega t + \varphi_k) = \begin{cases} u(t), & \text{if it is continuous in } t, \\ \frac{u(t-0) + u(t+0)}{2} & \text{on contrary} \end{cases}, \quad (13)$$

where

$$A_0 = \frac{a_0}{2}, \quad \varphi_0 = \frac{\pi}{2},$$

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad \varphi_k = \arctg \frac{a_k}{b_k} \quad (k=1,2,\dots), \quad \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

a_k ($k=0,1,2,\dots$), b_k ($k=1,2,\dots$) - are the Fourier coefficients.

Besides, the series $\sum_{k=1}^{\infty} A_k$ are meant to satisfy the conditions of absolute convergence of infinite series.

In this case the class of input signals (13) includes such signals as a symmetric triangular impulse, symmetric trapezoidal impulse, half-sine impulse, etc.

3. Mathematical description of forced oscillations

When a harmonic action enters the input of the nonlinear system, then the forced oscillation, having characteristic features for different models of the set (1), is obtained at the output of the system after the termination of the transient process in the steady state.

Let's consider analytical expressions of the forced oscillations, obtained at the output of each model of the set (1):

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = \left(c_0 + c_1 A_0 + c_2 A_0^2 + \frac{1}{2} c_2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 \right) |W(0)| + H_1(t); \quad (14)$$

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + \left(A_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 \right) |W_2(0)| + H_2(t); \quad (15)$$

- **Simple Wiener model**

$$y(t) = c_0 + c_1 A_0 |W(0)| + c_2 A_0^2 |W(0)|^2 + \frac{1}{2} c_2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W(nj\omega)|^2 + H_3(t); \quad (16)$$

- **Generalized Wiener model**

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + A_0^2 |W_2(0)|^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)|^2 + H_4(t); \quad (17)$$

- **Simple Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 |W_2(0)| + c_1 A_0 |W_1(0)| |W_2(0)| + c_2 A_0^2 |W_1(0)|^2 |W_2(0)| + \frac{1}{2} c_2 |W_2(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_1(nj\omega)|^2 + H_5(t); \quad (18)$$

- **Expanded Wiener model**

$$y(t) = c_0 + A_0^2 |W_2(0)| |W_3(0)| + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)| |W_3(nj\omega)| \times \cos[\mathcal{G}_3(n\omega) - \mathcal{G}_2(n\omega)] + H_6(t); \quad (19)$$

- **Generalized Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + A_0^2 |W_2(0)|^2 |W_3(0)| + \frac{1}{2} |W_3(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)| + H_7(t); \quad (20)$$

- **Expanded Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + A_0^2 |W_2(0)| |W_3(0)| |W_4(0)| + \frac{1}{2} |W_4(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)| |W_3(nj\omega)| \cos[\mathcal{G}_3(n\omega) - \mathcal{G}_2(n\omega)] + H_8(t); \quad (21)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

$$y(t) = d_0 + d_1 \left(c_0 + c_1 A_0 + c_2 A_0^2 + \frac{1}{2} c_2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 \right) |W(0)| + d_2 \left(c_0 + c_1 A_0 + c_2 A_0^2 + \frac{1}{2} c_2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 \right)^2 |W(0)|^2 + \frac{1}{2} d_2 c_1^2 \sum_{k=1}^{\infty} |W(kj\omega)|^2 A_k^2 + \frac{1}{8} d_2 c_2^2 \sum_{k=1}^{\infty} |W(2kj\omega)|^2 A_k^4 + H_9(t). \quad (22)$$

In expressions (14) - (22) $|W(kj\omega)|$, $|W_i(kj\omega)|$ - modules of frequency transfer functions of models, and $\mathcal{G}_i(k\omega)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) - phase shift of an output signal of a linear part concerning an input signal at k harmonious frequency. $H_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, 9$) - the sums of harmonics of the output forced oscillations of s_i model, expressions of which are not presented here because of their greater volume.

At the analytical reception of expressions (14) - (22) the following facts have been considered:

- The series (13) converges uniformly and absolutely on interval, $\left(-\frac{T}{2}, \frac{T}{2}\right)$ and while its squaring it is possible to apply rule Cauchy;
- Because of stability of a linear dynamic part, $|W(kj\omega)|$ is the limited function on interval $\left(-\frac{T}{2}, \frac{T}{2}\right)$, therefore the obtained series on its output converges uniformly.

4. Criterion determining the model structure

The analysis of the expressions of output variables (14) - (22) of the models s_i ($i = 1, 2, \dots, 9$) allow to determine the selection criteria of the model structure on the set (1):

- **Hammerstein models (simple and generalized)** - the constant component of the output periodic signal does not depend on the frequency variation of the input action;
- **Wiener models (simple and generalized) and Wiener-Hammerstein models (simple cascade and generalized cascade)** - the constant component of the output periodic signal depends on the frequency variation of the input action;
- **Expanded Wiener model and expanded Wiener-Hammerstein cascade model** - the constant component of the output periodic signal represents a trigonometric function of the frequency;
- **Simple Hammerstein -Wiener cascade model** - the constant component of the output periodic signal represents a function of the fourth degree of input signal's amplitude. . .

The above listed values - constant components, amplitudes of harmonics of the output forced oscillation of the system can be defined by means of the numerical harmonic analysis [12 - 13].

The developed criterion of the structural identification gives possibility to choose a certain subset from the models' set for representing the model structure of the nonlinear system.

5. Accuracy of the achieved results

The reliability of the achieved results at the structural identification of nonlinear systems in the industrial conditions under noise and disturbances depends on the measurement accuracy of the system's output signals and on the mathematical processing of the experimental data. When running experiments it is recommended to use in the system registering apparatuses, the inertance of which is much less than the one of the object. When using various schemes of the numerical harmonic analysis, for example, the Runge's schemes [12], it is recommended to accept

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i ,$$

as the value of the output signal at the certain time moment, where \bar{y} is an estimation of the mathematical expectation of the value of the output function at the present time moment, n is a number of the experiments or the processing periods. In the industrial conditions it is possible to use the calculators realizing the algorithm of the Furrier coefficients calculation using the integration operation (for example [14]) for carrying out the numerical harmonic analysis. It is well-known that, theoretically, increasing the integration time, we can decrease the interference effect to the minimum.

**არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაცია
ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების გამოყენებით**

ბ. შანშიაშვილი, მ. სალუკვაძე

რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა უწყვეტ ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების, ადრე განხილულთან შედარებით უფრო "დიდ", სიმრავლეზე სისტემის შესავალი პერიოდული ზემოქმედებების დროს. შემუშავებულია მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის კრიტერიუმი.

**STRUCTURAL IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEMS
USING BLOCK-ORIENTED MODELS**

B. SHANSHIASHVILI, M. SALUKVADZE

Summary

The problem of structural identification of nonlinear continuous dynamical systems is considered on the set of continuous block-oriented models, which is "greater" than the one considered earlier, under input periodical influences of the system. The criterion determining the model structure is developed.

**СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ
С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ**

В. ШАНШИАШВИЛИ, М. САЛУКВАДЗЕ

Резюме

Рассматриваются задача структурной идентификации нелинейных динамических систем на более «большем», чем рассматривался ранее, множестве непрерывных блочно-ориентированных моделей, при входных периодических воздействиях системы. Разработан критерий определения структуры модели.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Billings S.A., Fakhouri S.Y. Identification of systems containing linear dynamic and static nonlinear elements. *Automatica*. 1982. Vol. 18, No. 1, pp. 15-26.
2. Haber R., Unbehauen H. Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. *Automatica*. 1990. Vol. 26, No. 4, pp. 651-667.
3. Shanshiashvili B.G. Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous – time systems. Preprints of the 9 th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation. Budapest.: Pergamon Press, 1991. Vol. 1, pp. 640 – 643.
4. Рурца А.А., Шаншиашвили В.Г. Структурная идентификация нелинейных непрерывных стационарных систем // Труды II международной конференции “Идентификация систем и задачи управления”. М.: Институт проблем управления, 2003к с. 583-592.
5. Пупков К.А., Капалин В.И., Ющенко А.С. Функциональные ряды в теории нелинейных систем. М.: Наука, 1976. 448 с.
6. Parker G.A., Moore E.L. Practical nonlinear system identification using a modified Volterra series approach. *Automatica*. 1982. Vol. 18, No. 1, pp. 85-91.
7. Alper P. A consideration of the discrete Volterra series. *IEEE Trans. Automat Control*. 1965. AC-10, pp. 322-327.
8. Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей. Изв. АН СССР, серия математическая. 1941. т. 5, № 1, с. 3-14.
9. Gabor D., Wilby P.L., Woodcook R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. *IEE Proc*. 1961. Vol.108, Part B, pp. 422-433.
10. Kortmann M., Unbehauen H. Structure detection in the identification of nonlinear systems // *APII*. 1988. Vol. 22, No. 1, pp. 5-25.
11. Shanshiashvili B., Salukvadze M. Structural identification of nonlinear continuous dynamic systems. Archil Eliashvili Institute of control systems. Proceedings. Tbilisi, 2009, № 13, pp. 40-45..
12. Кругликова Л.Г., Крылов В.И. Справочная книга по численному гармоническому анализу.. Минск, Наука и техника. 1968. 166 с.
13. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. М.:Наука. 1966. Т. I. 632 с.
14. Атаманенко В.Г. Анализатор передаточных функций // Аналоговая и аналого-цифровая вычислительная техника. М.: Машиностроение. 1965, с. 169-181.

PARAMETRIC IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF THE LINEAR NONSTATIONARY SYSTEMS

B. SHANSHIASHVILI

besoshan@hotmail.com

1. Introduction

Identification of systems is based basically on linear stationary models which are widely applied to production processes. At the same time, 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 [3-9]).

In the given work the problem of parametric 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 linear dynamic systems.

The problem of parametric identification is set as inverse problem of Cauchy's problem [10-11], in certain sense, for linear ordinary differential equations with variable coefficients. It is supposed that by the results of the observation of the system's input-output, the input vector and the output vectors, which are the solutions of the matrix differential equation at different initial conditions, are known. It is required to determine unknown matrix of coefficients. Thus, it is meant that fundamental matrix of the solutions of homogeneous system which corresponds to non-homogeneous system of equations, is unknown.

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.

2. Parametrical identification

Let's consider the observable dynamic system which is described by the following system of linear ordinary differential equations of a normal form:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= \sum_{k=1}^n a_{ik}(t)x_k + u_i(t) \quad (i=1,2,\dots,n), \\ y_i &= \sum_{k=1}^n c_{ik}x_k \quad (i=1,2,\dots,n), \end{aligned} \tag{1}$$

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

Let's rewrite system (1) in the state space equations form:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{u}(t), \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}\mathbf{x}, \end{aligned} \tag{2}$$

where

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(t) &= (u_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{x}(t) &= (x_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{y}(t) &= (y_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{A}(t) &= (a_{ik}(t))_{i,k=1}^n, \\ \mathbf{C} &= (c_{ik})_{i,k=1}^n. \end{aligned} \tag{3}$$

If \mathbf{C} is nonsingular matrix, then

$$\mathbf{x} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{y}. \tag{4}$$

Considering (4) in (1), we shall receive:

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} + \mathbf{u}^*(t), \quad (5)$$

where

$$\begin{aligned} \mathbf{A}^*(t) &= \mathbf{C}\mathbf{A}(t)\mathbf{C}^{-1}, \\ \mathbf{u}^*(t) &= \mathbf{C}\mathbf{u}(t). \end{aligned} \quad (6).$$

Admit that by the results of a priori information and observation of the system's input – output are known: matrix \mathbf{C} , 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 (5) 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 (5)

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} \quad (5_0)$$

is unknown.

As $\mathbf{y}_k : I \rightarrow R^n$ ($k=1,2,\dots,n$) - the solution of the equation (5), we have:

$$\dot{\mathbf{y}}_k = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y}_k + \mathbf{u}^*(t) \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (6).$$

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

$$\mathbf{Y}(t) = (y_{k,i}(t))_{k,i=1}^n \quad (7)$$

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

$$\mathbf{U}^*(t) = (u_{ik}^*(t))_{i,k=1}^n \quad (u_{ik}^*(t) = u_i^*(t)). \quad (8)$$

Then the system (3) can be rewritten as the matrix algebraic equation:

$$\dot{\mathbf{Y}}(t) = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{Y}(t) + \mathbf{U}^*(t). \quad (9)$$

For determining $\mathbf{A}(t)$ from (9) it is enough, that $\mathbf{Y}(t)$ matrix be nonsingular.

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 $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0 \quad \forall t \in I_0$, and in I_0 the matrix $\mathbf{A}(t)$ is determined single-valued, in particular

$$\mathbf{A}(t) = \mathbf{C}^{-1} \left((\dot{\mathbf{Y}}(t) - \mathbf{U}^*(t)) \mathbf{Y}^{-1}(t) \right) \mathbf{C}, \quad \forall t \in I_0. \quad (10)$$

Proof. Let's admit that $\mathbf{y}_k(t)$ ($k=1,2,\dots,n$) is the solution of system (5) at initial conditions:

$$\mathbf{y}_k(t_0) = \mathbf{c}_k, \quad t_0 \in I_0, \quad \mathbf{c}_k \in R^n \quad (k=1,2,\dots,n). \quad (11)$$

It is known [12] that the solution of the problem (5), (11) is defined by Cauchy's formula:

$$\mathbf{y}_k(t) = \mathbf{C}(t, t_0)\mathbf{c}_k + \int_{t_0}^t \mathbf{C}(t, \tau)\mathbf{u}^*(\tau)d\tau, \quad (12)$$

where the matrix function $\mathbf{C} : I \times I \rightarrow R^{n \times n}$ is Cauchy's matrix of the system (5₀).

As constants \mathbf{c}_k ($k=1,2,\dots,n$) we shall take linearly independent vectors, in particular

$$\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{c}_k = \mathbf{e}_k \quad (k=1,2,\dots,n), \quad (13)$$

where

$$\mathbf{e}_k = (\delta_{ik})_{i=1}^n \quad (k=1,2,\dots,n), \quad (14)$$

δ_{ik} is Kronecker's symbol.

Taking into account definition of Cauchy's matrix, we shall receive:

$$\det \mathbf{Y}(t_0) = \det \mathbf{C}(t_0, t_0) = \det \mathbf{E} = 1 \neq 0, \quad (15)$$

where \mathbf{E} is unity $n \times n$ matrix.

Because $\mathbf{Y}(t)$ is continuous matrix, and a determinant of a continuous matrix is continuous function, therefore there exists such interval $I_0 \subset I$, such that $t_0 \in I_0$ $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0 \quad \forall t \in I_0$. Therefore, for $\forall t \in I_0$ there exists inverse matrix $\mathbf{Y}^{-1}(t)$, and the matrix $\mathbf{A}(t)$ can be determined by the formula (10), and this definition will be single-valued because Cauchy's problem (5), (11) for $\forall k \in \{1,2,\dots,n\}$ has unique solution according to uniqueness and existence theorem.

The algorithm of identification of variable parameters of the linear dynamic systems described by the system of differential equations (2) 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 (7), and matrix $\mathbf{U}^*(t)$ as (8);
- 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 (10).

3. Parametrical identification of second order systems

Let's consider peculiarities of the parametrical identification by the developed algorithm on the example of a system of the second order.

Assume that a system with two inputs and two outputs is described by the following system of the differential equations:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)z + u_1(t), \\ \dot{x}_2 &= a_{21}(t)x_2 + a_{22}(t)z + u_2(t). \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= c_{11}x_1 + c_{12}x_2, \\ y_2 &= c_{21}x_1 + c_{22}x_2. \end{aligned} \quad (17)$$

Here

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) \end{pmatrix}, \quad (18)$$

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Suppose that after system's input - output observation it is received

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} 3 - 2t \\ -4 + 3t \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$\mathbf{y}_1(t) = \begin{pmatrix} 1 + t \\ t + t^2 \end{pmatrix}, \quad (21)$$

$$\mathbf{y}_2(t) = \begin{pmatrix} 2t \\ 1 + t^2 \end{pmatrix}, \quad (22)$$

and a priori is known:

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}. \quad (23)$$

Form matrix $\mathbf{Y}(t)$:

$$\mathbf{Y}(t) = \begin{pmatrix} 1 + t & 2t \\ t + t^2 & 1 + t^2 \end{pmatrix}. \quad (24)$$

Its determinant is

$$\det \mathbf{Y}(t) = (1 + t)(1 - t^2). \quad (25)$$

It is clear, that

$$\det \mathbf{Y}(t) \neq 0, \text{ when } t \neq \pm 1. \quad (26)$$

Thus,

$$I_0 =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[. \quad (27)$$

Inverse matrixes of the matrixes $\mathbf{X}(t)$ and \mathbf{C} are defined by the expressions:

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

$$\mathbf{C}^{-1} = \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -4 & 3 \end{pmatrix}. \quad (29)$$

Using the formula (10), as a result of some calculations, we receive, that:

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{6+t}{1-t^2} & \frac{5}{1-t^2} \\ \frac{7}{1-t^2} & \frac{6-t}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (30)$$

Thus, the required system has the following form:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{6+t}{1-t^2}x_1 + \frac{5}{1-t^2}x_2 + u_1(t), \\ \dot{x}_2 &= -\frac{7}{1-t^2}x_1 + \frac{6-t}{1-t^2}x_2 + u_2(t), \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= 3x_1 + 2x_2, \\ y_2 &= 4x_1 + 3x_2. \end{aligned} \quad (32)$$

The homogeneous system (5₀) of the differential equations corresponding to the non-homogeneous system (5) under conditions (20) – (23) has the following fundamental system of solutions:

$$y_1(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}, \quad y_2(t) = \begin{pmatrix} t \\ 1 \end{pmatrix} \quad (33)$$

and the fundamental matrix:

$$\mathbf{X}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix}. \quad (34)$$

Since

$$\det \mathbf{X}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (35)$$

therefore

$$I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[. \quad (36)$$

In this case

$$I_0 = I. \quad (37)$$

Thus, the mathematical model of the non-stationary dynamic system, the model's structure of which is defined by the system of differential equations (16), and input and output variables – by expressions (20) - (22), is represented by the system of linear ordinary differential equations with variable coefficients of the kind (31).

5. Conclusion

Solution of the problems of parametric identification of non-stationary linear dynamic systems is frequently connected with knowledge of the fundamental system of solutions of homogeneous differential equations corresponding to the linear non-homogeneous ordinary differential equations with variable coefficients that, in the majority of practical systems is impossible.

The submitted method of parametric identification of non-stationary systems, as a model's structure of which is considered a system of linear non-homogeneous ordinary differential equations of a normal kind, which is represented in the state space equations form, does not demand knowledge of the fundamental system of solutions of the corresponding system of homogeneous equations.

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. Application of the algorithm of parametric identification, made by the given method, for non-stationary system of the second order has shown.

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 A.N.Tikhonov's [13] regularization method.

**ერთი კლასის წრფივი არასტაციონარული სისტემების
პარამეტრული იდენტიფიკაცია**

ბ. შანშიაშვილი

რეზიუმე

განხილულია წრფივი არასტაციონარული დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია როგორც წრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების კოშის ამოცანის გარკვეული აზრით შებრუნებული ამოცანა. სისტემის პარამეტრებზე, და შესავალ და გამოსავალ ცვლადებზე ზოგიერთი შეზღუდვების დროს ფორმულირებულია და დამტკიცებულია თეორემა ისეთი ინტერვალის არსებობის შესახებ სადაც კოეფიციენტების უწყვეტი მატრიცა იდენტიფიცირებადია. პარამეტრების შეფასების ალგორითმი გამოკვლეულია მეორე რიგის სისტემების იდენტიფიკაციის მაგალითზე.

**PARAMETRIC IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF THE LINEAR
NONSTATIONARY SYSTEMS**

B. SHANSHIASHVILI

Summary

The problem of parametric identification of linear nonstationary dynamical systems is considered. Stated is the problem of parametric identification as, in a certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary equations. Under some restrictions on the system's parameters, and input and output variables the existence theorem of such interval, in which a continuous matrix of coefficients is identified, is formulated and proved. The parameter estimation algorithm is investigated on the example of the second order system identification.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОДНОГО КЛАССА ЛИНЕЙНЫХ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ**

В. ШАНШИАШВИЛИ

Резюме

Рассматривается задача параметрической идентификации линейных нестационарных динамических систем. Задача параметрической идентификации ставится как, в определенном смысле, обратная задача задачи Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. При некоторых ограничениях на параметры и входные и выходные переменные системы, сформулирована и доказана теорема существования такого интервала, где непрерывная матрица коэффициентов идентифицируема. Алгоритм оценивания параметров подтверждения модели исследованы на примере идентификации системы второго порядка.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Клейман Е.Г., Мочалов Н.А. Идентификация нестационарных объектов // *АиТ*. 1994. № 2, с. 3-22.
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. Intellecti*. 1999. No. 3(6), pp. 64-71.
3. Deller J.R., Nageri M., Odeh S.F. Least-square identification with error bounds for real-time processing and control // *Proc. IEEE*. 1993. Vol. 81. No. 6., pp. 815-849.
4. Kuntsevich A.V., Kuntsevich V.M. Linear adaptive control for nonstationary uncertain system under bounded noise // *Syst. and Control Letters*. 1997. Vol. 31. No. 1, pp. 33-40.
5. 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.
6. Lorito F. Dynamical properties of the recursive maximum likelihood algorithm for frequency estimation // *Proc. 5th IFAC Symp. on Adaptive Systems in Control and Signal Proc. Budapest, 1995. Vol.I*, pp. 143-148.
7. Tsyarkin Ya. Z., Polyak B.T. Optimal recurrent algorithms for identification of nonstationary plants // *Comput. and Electr. Eng.* 1992. Vol. 18. No. 5, pp. 365-371.
8. Wang Z.-O., Zhang J. A Kalman filter algorithm using a moving window with applications // *Int. J. Syst. Sci.* 1995. Vol. 26. No. 8, pp.1465-1478.
9. Гайшун И. В. Идентификация линейных нестационарных систем по реакции на обобщенные управления Дифференциальные уравнения. 2008. Т. 44. № 3, с. 301-307.
10. Shanshiashvili B.G. On identification of linear multidimensional non-stationary systems // *Bulletin of the Georgian Academy of Sciences*. 1998. 158. No. 3, pp. 482-484.
11. Шаншиашвили В.Г. Идентификация одного класса нестационарных линейных динамических систем. Труды VI международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” (Москва, Россия, 29 января -1 февраля 2007). SICPRO '07. М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2007, с. 370-378.
12. Кигурадзе И. Начальная и краевые задачи для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Том I. Линейная теория. Тбилиси: Мецниереба, 1997. 214 с.
13. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 286 с.

**ON ITERATIVE ALGORITHMS FOR SOLVING
HIGH-DIMENSIONAL LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS**

N. JIBLADZE, A. TOPCHISHVILI, M. ANDGULADZE

dep71@gtu.ge, alectopchi@gmail.com

1. Preliminary discussions.

Solving different control and engineering design problems, many problems of economics and organization of production are connected with static optimization problems, such that their valuable part is presented by linear programs.

General linear programming problem can be formulated as follows [1]:

Find values of independent variables x_1, x_2, \dots, x_n such that

i) they satisfy a system of linear inequalities

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \tag{1}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2,$$

$$\dots\dots\dots,$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m;$$

ii) all of them are nonnegative

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad \dots, \quad x_n \geq 0; \tag{2}$$

iii) they provide an objective function maximal (minimal) value, i.e.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max. \tag{3}$$

An arbitrary solution, which satisfies the inequality system (1)-(2) is referred to a **feasible solution**, and a feasible solution such that the objective function (3) obtains a maximal value is an **optimal solution**.

A characteristic specificity of linear programming problems is the fact that a set of feasible solutions given by means of constraints (1), (2)

$$\Omega = \left\{ x \mid \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \right\} \tag{4}$$

is a convex polyhedron and an optimal point is located in one of its vertices. The mentioned peculiarity points out, that to find an optimal solution it is necessary

- to sort out the vertices of the polyhedron (4);
- to calculate values of the objective function in each vertex and
- to select the best one among them.

Solving linear programming problems is not a simple task, as it could seem at a first glance. The difficulty is that real problems (especially economic problems) have a great number of design parameters, which are equal to hundreds and thousands. Therefore, when dealing with high-dimensional problems the convex polyhedron Ω can possess a huge number of vertices, so that it will be practically impossible to sort out each vertex and to calculate values of the objective function in all these points.

It is well known, that one of the most effective and common method for solving linear programs is simplex method. This method needs rather less operations to find an optimal solution, when compared to sorting method, in particular, we find an optimal solution after finite number of iterations k . In the given case it has the order n , i.e. it is significantly less, than the number of iterations in the simple sorting method of vertices, where k can be of the order 2^n . Despite of this fact, it is well known that solving high-dimensional linear programming problems by means of simplex method are connected with some difficulties.

To solve high-dimensional linear programming problems we propose in the current paper an iterative algorithm based on the gravitation centers method [2, 3]. It provides a significant reduction of expenditures, when searching an extremum.

Now consider the linear program (1)-(3). Suppose that the set (4), which is given by means of the constraints (1), (2), is bounded and in addition the given problem has a unique optimal solution.

The function $f(x)$ in linear programming is unimodal and Ω compact, then based on the gravitation centers method [2, 3], resulting from Lebesgue's partition of the value area of the objective function $[\inf f(x), \sup f(x)]$, we obtain nested sets $\Omega_p \subset \Omega$, $p = 1, 2, \dots, \mathfrak{R}$, which satisfy the relation:

$$\bigcap_p \Omega_p = x^* , \tag{5}$$

where x^* is an optimal point, and for the sequence of gravitation centers of the obtained sets the relation

$$\lim_{p \rightarrow \mathbb{R}} x^{(p)} = x^* . \tag{6}$$

holds.

Note, that we can apply gravitation centers method to linear programming problems only in the case, when random generation of independent variables x is realized in the set of feasible solutions (4). The simplest way of the practical realization of the mentioned statement could be sorting those random variables x , that satisfy the constraints (1), (2). Then to define possible values of variables in such a way is connected with a great number of statistical experiments and with significant losses of computer time.

To decrease losses and to increase efficiency of the method we can use an auxiliary algorithm [4]. In this case we use an arbitrary point of the n -dimensional Euclidean space to define feasible solutions.

2. Auxiliary Method for Determining Feasible Solutions – General Steps.

The idea of the auxiliary algorithm is as follows. We treat each inequality of the constraints system of the given problem as a subspace of the n -dimensional Euclidean space. It is bounded by a corresponding hyperplane. We carry out consequentially orthogonal projection from an arbitrary point $x^{(0)} \notin \Omega$ of the mentioned space, which is not located in the set of feasible solutions, on all those hyperplanes, such as that its corresponding inequality is not satisfied. Thus, we get points on the surface of feasible solutions polyhedron, that satisfy the given constraints system. Now we derive an analytical presentation of the mentioned procedure.

An equation of the corresponding to the i -th inequality of the constraints system (1) hyperplane is as follows

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i = 0 . \tag{7}$$

Now reduce the equation (7) to a normal form. For this we multiply it by a norming factor/multiplier

$\frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}}$. Then we obtain

$$\sum_{j=1}^n x_j \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} - \frac{b_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} = 0 . \tag{8}$$

It is well known from analytic geometry that values

$$\frac{b_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} = d, \quad \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} = \cos \alpha_j$$

represent correspondingly the length of the perpendicular from the origin of the coordinate plane on the given hyperplane and cosines of the angle between this perpendicular and the coordinate axes.

Suppose, that based on gravitation centers method we obtained a random point $x^{(0)} \notin \Omega$, which does not belong to the feasible solutions area, that is defined by the given constraints and it does not satisfy the i -th constraint. Now let us apply the direction cosines and draw a normal/perpendicular vector from the point $x^{(0)}$ on the corresponding hyperplane. Next we insert the coordinates of the point $x^{(0)}$ into the equation (8), then we get the perpendicular's length:

$$d = \sum_{j=1}^n x_j^{(0)} \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} - \frac{b_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} . \tag{9}$$

Besides, if we take into account that $\cos \alpha_j$ is a directing coefficient, then we can present the perpendicular's equation in the following parametric form:

$$x_j^{(0)} - x_j^{(1)} = d \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

where $x^{(1)}$ is an intersection point of the perpendicular (7) with the hyperplane.

Solving (9) and (10) together and performing primitive transformations we get

$$x_j^{(1)} = x_j^{(0)} - \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(0)} - b_i}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2} a_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

From the latter equation we can derive based on the point $x^{(0)}$ the point $x^{(1)}$ with its coordinates, which lies on the hyperplane (7) and thus it satisfies the corresponding inequality.

Note that, when solving linear program by means of gravitation centers method, a case can occur, when a randomly generated point $x^{(0)} \notin \Omega$ does not satisfy both one and more inequalities of the constraint system. Then it is necessary to use consequently the equation (11) in regard to each unsatisfied inequality to construct a feasible point.

Based on the above-mentioned, we can present algorithm for determining feasible solutions of the given problem by means of the following recurrence formula:

$$x_j^{(i+1)} = x_j^{(i)} - \delta_i \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(i)} - b_i}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2} a_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

where

$$\delta_i = \begin{cases} 0, & \text{if } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(i)} \leq b_i, \\ 1, & \text{if } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{(i)} > b_i. \end{cases} \quad (13)$$

Thus based on the formulas (12) and (13) we have developed an auxiliary algorithm for determining feasible solutions, which is presented below by means of an independent procedure (subprogram).

3. Auxiliary Algorithm for Determining Feasible Solutions.

The auxiliary algorithm is given by means of a sequence of the following operations and procedures.

- Step 1.** Select a point $x^{(0)} \in R^n$ by means of equally distributed random number software generator.
- Step 2.** Check the obtained point $x^{(0)}$ for the i -th constraint of the constraint system. If the inequality holds, then $\delta_i = 0$, otherwise we get that $\delta_i = 1$.
- Step 3.** Define a value of an independent variable $x^{(i)}$ by means of the recurrence formula (12), which satisfies the i -th constraint.
- Step 4.** Now repeat the operations from Steps 2-3 for each constraint $i = 1, 2, \dots, m$. When $i = m$, then we go to Step 5.
- Step 5.** Check the obtained value of the independent variable vector with respect to the given constraint system. If all inequalities are satisfied then we move to Step 6, otherwise we repeat once more all operations described in Steps 2-4.
- Step 6.** Thus, we get a feasible solution $x \in \Omega$, such that it is located on the surface of feasible solutions polyhedron or in the area, which is bounded by means of the polyhedron's surfaces.

4. First Iterative Algorithm.

Based on the auxiliary algorithm for determining feasible solutions and gravitation centers method we developed first iterative algorithm, which gives us possibility to solve linear optimization problems from engineering practice with the feasible accuracy simply.

The first iterative algorithm is presented by means of the sequence of the following operations and procedures:

- Step 1.** Select program parameters:
- Number N of statistical experiments;
 - Number \mathfrak{R} of Lebesgue's levels;
 - Absolute limit value of the feasible accuracy error ε .
- Step 2.** Launching $S = 0.1N$ prior statistical tests.
- Step 3.** Generate $x^{(i)} \in \Omega$ based on the auxiliary algorithm for determining feasible solutions. Calculate the objective function $f_i = f(x^{(i)})$.
- Step 4.** Repeat all operations from Step 3 S times.
- Step 5.** Based on the obtained values f_1, f_2, \dots, f_S define $f_H = \min_i \{f_i\}$ and $f_B = \max_i \{f_i\}$
- Step 6.** Determine a step for Lebesgue's levels and their values $\varsigma_1, \varsigma_2, \dots, \varsigma_{\mathfrak{R}}$ by means of the following formulas:

$$\Delta\varsigma = \frac{1}{\mu}(f_B - f_H),$$

$$\varsigma_p = \frac{f_B + f_H}{2} + p\Delta\varsigma, \quad p = 1, 2, \dots, \mathfrak{R}.$$

- Step 7.** Launching N main statistical tests.
- Step 8.** By means of the auxiliary algorithm for determining feasible solutions construct $x^{(i)} \in \Omega$. Calculate the objective function $f(x^{(i)})$.
- Step 9.** Check, if the value of the function $f(x^{(i)})$ satisfies a constraint $f(x) \geq \varsigma_p$. If the inequality holds, then $\theta(x^{(i)}, \varsigma_p) = 1$ and go to Step 10, otherwise $\theta(x^{(i)}, \varsigma_p) = 0$ and go to Step 12.
- Step 10.** Calculate and sum up

$$\sum_{i=1} \left[f(x^{(i)}) - \varsigma_p \right]^2 \theta(x^{(i)}, \varsigma_p),$$

$$\sum_{i=1} x_j^{(i)} \left[f(x^{(i)}) - \varsigma_p \right]^2 \theta(x^{(i)}, \varsigma_p), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

- Step 11.** Repeat the operations from Steps 9-10 for different values of ς_p , $p = 1, 2, \dots, \mathfrak{R}$.
- Step 12.** Repeat the operations from Steps 8-11 N times. When $i = N$, then go to Step 13.
- Step 13.** Determine by means of Monte Carlo method empirical values of gravitation centers coordinates of sets corresponding to each Lebesgue's level:

$$\overline{x_p}(\varsigma) = \frac{\sum_{i=1} x^{(i)} \left[f(x^{(i)}) - \varsigma_p \right]^2 \theta(x^{(i)}, \varsigma_p)}{\sum_{i=1} \left[f(x^{(i)}) - \varsigma_p \right]^2 \theta(x^{(i)}, \varsigma_p)}, \quad p = 1, 2, \dots, \mathfrak{R}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

- Step 14.** By means of a sequence of empirical points systems $\left\{ \overline{x_1(\varsigma_p)}, p \right\}, \left\{ \overline{x_2(\varsigma_p)}, p \right\}, \dots, \left\{ \overline{x_n(\varsigma_n)}, p \right\}$, $p = 1, 2, \dots, \mathfrak{R}$, based on the parabolic approximation on the basis of least square method determine approximation polynoms

$$x_j(p) = \alpha_j p^2 + \beta_j p + \gamma_j, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

- Step 15.** When $p = \mathfrak{R}$, by means of approximation polynomials calculate estimated coordinates of extremum:

$$\overline{x_j^*} = x_j(\mathfrak{R}) = \alpha_j \mathfrak{R}^2 + \beta_j \mathfrak{R} + \gamma_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

and a corresponding value of the optimization function: $\overline{f^*} = f \left[\overline{x_1^*}, \overline{x_2^*}, \dots, \overline{x_n^*} \right]$.

- Step 16.** Solve singlecriterion optimization problem:

$$\max \left\{ f[x(p)] \mid p \in [\mathfrak{R} - \Delta\mathfrak{R}, \mathfrak{R} + \Delta\mathfrak{R}] \right\}$$

and determine maximal p^* , such that when substituting it into the polynomials of Step 15 we get an optimal solution $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ of the initial problem and $f^* = f(x^*)$.

Step 17. End of search.

5. Second Iterative Algorithm.

We propose in the paper second iterative algorithm as well, which is based on constant step gradient method, for solving linear programming problems. This method is characterized by the realization simplicity.

Consider linear program (1)-(3). Assume that the set (4), which is defined by means of the constraints (1), (2), is bounded and at the same time the given problem has a unique solution.

The essence of the second iterative algorithm follows. By means of the auxiliary algorithm for determining feasible solutions construct a feasible initial point $x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})$, where we determine direction towards an optimal solution of the problem by means of a gradient of the objective function $f(x)$. Then we perform the movement by means of the following recurrence formula:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \lambda \frac{\nabla f(x^{(k)})}{\sqrt{\nabla f(x^{(k)})^T \nabla f(x^{(k)})}}, \quad (14)$$

where $\lambda > 0$ is some positive number and $k = 0, 1, 2, \dots$ is an iteration number.

Now take into account, that partial derivatives of the linear function (3) are equal to the corresponding variables coefficients of the objective function, i.e. $\frac{df}{dx_1} = c_1, \frac{df}{dx_2} = c_2, \dots, \frac{df}{dx_n} = c_n$, then the expression (14) can be simplified and transformed to the following one:

$$x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + \lambda \frac{c_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n c_j^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (15)$$

According to the algorithm, on each step of the movement, it is necessary to check an obtained point on constraints. If the obtained point satisfies the given constraints, i.e. is located in the feasible solutions area, then we continue moving towards the extremum by means of recurrence formula (15). Otherwise, we have to move in the direction of antigradient of the function; for this we have to apply the auxiliary algorithm for determining feasible solutions (12)-(13). Defined point by means of the letter returns into the feasible area (more precisely, on the surface of the feasible area), where from by means of the formula (15) we perform once more movement in the direction of a gradient of the function $f(x)$ and so on. This process will be continued until values of the objective function increase. As soon as value of the objective function decreases, the algorithm provides return to the point $x^{(k)}$ and starting new movement from this point with a decreased step $\lambda/2$. We have to decrease a step until its value becomes less than a very small value $\delta > 0$.

Thus, second iterative algorithm is presented by means of the sequence of the following operations and procedures:

- Step 1.** Select program parameters:
 - Proportionality coefficient of movement step $\lambda > 0$;
 - limit values of feasible error $\varepsilon > 0$ and $\delta > 0$.
- Step 2.** Construct $x^{(k)} \in \Omega$, where $k = 0$, based on the auxiliary algorithm for determining feasible solutions.
- Step 3.** Calculate the objective function $f(x^{(k)})$.
- Step 4.** Based on the recurrence formula (15) determine a new point $x^{(k+1)}$, which will be checked on the constraints (1)-(2).
- Step 5.** If the constraints are satisfied, then calculate the objective function $f(x^{(k+1)})$, perform an algorithmic summation $k = k + 1$ and go to Step 4; otherwise go to Step 6.
- Step 6.** By means of the auxiliary algorithm for determining feasible solutions determine a point $x^{(k+2)}$.

- Step 7.** Calculate the objective function $f(x^{(k+2)})$.
- Step 8.** Check the inequality $|f(x^{(k+2)}) - f(x^{(k+1)})| \leq \varepsilon$; if it holds, then go to Step 9, otherwise perform an algorithmic summation $k = k + 1$ and go to Step 4.
- Step 9.** Decrease now proportionality coefficient of step λ 2-fold and check the relation: $\lambda < \delta$. If the inequality holds, then go to Step 10; otherwise perform an algorithmic summation $k = k + 1$ and go to Step 4.
- Step 10.** Print an optimal solution x^* , $f^* = f(x^*)$ and the number of iterations k ;
- Step 11.** End of search.

6. Numerical Example.

By means of developed iterative algorithms we solved a great number of linear programming problems. Below we present an illustrative example.

Example. Solve a linear programming problem:

$$\begin{aligned} f &= 3x_1 - x_2 + 8x_3 + 2x_4 - x_5 + 9x_6 \rightarrow \max \\ -6x_1 + 9x_2 + 3x_3 - 2x_5 - x_6 &\leq 12, \\ -4x_2 + 3x_3 - 3x_4 + x_5 - x_6 &\leq 5, \\ 2x_1 + 8x_2 - 5x_3 - 6x_4 - 8x_5 + 4x_6 &\leq 20, \\ -x_1 - 3x_2 - 4x_3 - 8x_4 + 4x_6 &\leq 10, \\ 5x_1 + x_2 + 2x_3 + 4x_4 + 9x_5 + 5x_6 &\leq 24, \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 &\geq 0. \end{aligned}$$

Solution procedure.

First of all we have to select values of program parameters to find an optimal solution of the given problem by means of iterative algorithms. In particular, for

first iterative algorithm:

- number of statistical experiments $N = 200$;
- number of Lebesgue's levels $\mathfrak{R} = 10$;
- absolute limit value $\varepsilon = 0.01$.

second iterative algorithm:

- proportionality coefficient $\lambda = 1$;
- limit values of feasible error: $\varepsilon = 0.01$ and $\delta = 0.00001$.

We got the following optimal solution of the problem:

$$\begin{aligned} x_1^* &= 0.16 \cdot 10^{-8}, & x_2^* &= 0.54, & x_3^* &= 3.48, \\ x_4^* &= 0.28 \cdot 10^{-8}, & x_5^* &= 0.11 \cdot 10^{-8}, & x_6^* &= 3.30, & f^* &= 57.0. \end{aligned}$$

The given problem was also solved by means of simplex method, and the optimal solution is

$$\begin{aligned} x_1^* &= 0, & x_2^* &= 0.538, & x_3^* &= 3.484, \\ x_4^* &= 0, & x_5^* &= 0, & x_6^* &= 3.299, & f^* &= 57.023. \end{aligned}$$

Thus, compared to simplex method the error, when solving this problem by means of iterative algorithms is about 0.05%.

7. Conclusions.

Based on the numerous tests for linear optimization problems we can conclude. Despite of the fact, that the developed iterative algorithms are approximate, it is rather worth-while in most cases to apply them, when solving high-dimensional linear problems, as they are characterized by positive properties, such as simplicity of the algorithm and the program, high-speed performance and the most important is the fact, that the appropriate software is free of an unpleasant specific for simplex method event such as "loop".

ON ITERATIVE ALGORITHMS FOR SOLVING HIGH-DIMENSIONAL LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS

N. JIBLADZE, A. TOPCHISHVILI, M. ANDGULADZE

Summary

Two developed iterative algorithms for solving high-dimensional linear programming problems are proposed: the first one is based on the gravitation centers method, and the second one is realized on the basis of the constant step gradient method. Though the developed iterative algorithms are approximate, in most cases they are worth being applied while solving high-dimensional linear problems, as they are characterized by positive properties, such as simplicity of the algorithm and the program, high-speed performance and the most important, the appropriate software is free of such an unpleasant, specific for simplex method event as a “loop”.

**წრფივი დაპროგრამების დიდი განზომილების ამოცანების გადასაწყვეტად ნაშრომში
გამოყენებულია ორი იტერაციული ალგორითმისა, რომლებიც შემუშავებულია:**

ბ. ჯიბლაძე, ა. თოქიშვილი, მ. ანდგულაძე

რეზიუმე

წრფივი დაპროგრამების დიდი განზომილების ამოცანების გადასაწყვეტად ნაშრომში შემოთავაზებულია გამოყენება ორი იტერაციული ალგორითმისა, რომლებიც შემუშავებულია: პირველი – სიმძიმის ცენტრების მეთოდის ბაზაზე, მეორე – მუდმივი ნაბიჯის გრადიენტული მეთოდის ბაზაზე. მიუხედავად იმისა, რომ შემუშავებული იტერაციული ალგორითმები მიახლოებითია, დიდი განზომილების ამოცანებში მათი გამოყენება, ხშირ შემთხვევაში, გამართლებულია, ვინაიდან ხასიათებიან ისეთი დადებითი თვისებებით, როგორცაა ალგორითმისა და პროგრამის სიმარტივე, სწრაფქმედება და, რაც მთავარია, შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა თავისუფალია სიმპლექს-მეთოდისათვის დამახასიათებელი ისეთი არასასიამოვნო მოვლენისაგან, როგორცაა “ჩაკეცვა”.

ИТЕРАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Н.ДЖИБЛАДЗЕ, А.ТОПЧИШВИЛИ,М.АНДГУЛАДЗЕ

Резюме

Для решения задач линейного программирования большой размерности в работе предложены два итерационных алгоритма, которые соответственно разработаны на базе метода центров тяжести и градиентного метода с постоянным шагом. Несмотря на то, что разработанные методы являются приближенными, их применение в задачах большой размерности, зачастую оправдано, так как они характеризуются такими положительными свойствами, как простота алгоритма и программы, быстродействие и, что главное, в программном обеспечении отсутствует такое неприятное для симплекс-метода явление, как “зацикливание” .

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. A. Topchishvili. Introduction into Static Linear Linear Optimization. Tbilisi, Technical University, 2001.
2. N. Jibladze, A. Topchishvili A. Numerical Methods of Static Optimization (in Georgian). Tbilisi, A. Eliashvili Institute of Control Systems of Georgian Academy of Sciences, 2001.
3. M. Salukvadze, N. Jibladze, V. Maisuradze, A. Topchishvili. Multicriteria Optimal Design Problems of Ecologically Dangerous Objects and Numerical Methods Their Solving. In: P. Knopov and P. Pardalos (Eds.). Simulation and Optimization Methods in Risk and Reliability Theory. New York, Nova Science Publishers, 2009, pp. 239-274.
4. N. Jibladze, N. Kurkumuli. On Approximate Solution of Linear Optimization Problems (in Georgian). Proceedings of A. Eliashvili Institute of Control Systems, Nr. 15, Tbilisi, 2011, pp. 67-72.

**საუპიტილო ვარიანტის კაზნის ერთი ალგორითმის შესახებ
ორიენტირებულ ბრავში**

ქ.კუთხაშვილი

kkutkhashvili@yahoo.com

ამოცანის დასმა. განვიხილავთ ოპტიმიზაციის შემდეგ ამოცანას: მოცემული გვაქვს n ელემენტური სიმრავლე $\{\xi_i\}_{i=1, \dots, n}$, რომლის ელემენტებიც წარმოადგენენ დავალებათა სისტემას. თითოეული i -ური დავალების შესასრულებლად საჭიროა r_i რაოდენობის რესურსი და აგრეთვე τ_{ξ_i} დრო. მოცემულია, აგრეთვე, რაღაც T პერიოდი, რომელიც

შეიძლება დაყოფილი იყოს თანაბარ ინტერვალებად $T = \sum_{j=1}^k T_j$, ამასთან $T \geq \sum_{j=1}^k t_j$

(1). თითოეული T_k არის სიმრავლე $[t'_{\xi_j}, t''_{\xi_j}]$ ინტერვალებისა, $[t'_{\xi_j}, t''_{\xi_j}] \subset T_k$, $|t''_{\xi_j} - t'_{\xi_j}| \leq \tau_{\xi_j}$, სადაც τ_{ξ_j} -ური ობიექტის შექმნისათვის საჭირო დროითი პერიოდი; t'_{ξ_j} – განრიგით მიღებული დროითი მომენტი, როდესაც შეიძლება დაწყებული იქნეს j -ური ობიექტის შექმნა; t''_{ξ_j} – დროითი მომენტი, რომელშიც მთავრდება j -ური ობიექტის შექმნა. გარდა ამისა, თითოეულ T_k პერიოდში $\sum_{j \in I_k} r_j^l = W_{T_k}^l$ შემოსაზღვრული სიდიდეა,

ე.ი. $W_{T_k}^l \leq A_{T_k}^l$ (2), სადაც $A_{T_k}^l$ რაიმე წინასწარ მოცემული მუდმივია. I_k არის იმ ობიექტების სიმრავლე, რომელთა შექმნა T_k პერიოდის განმავლობაში შეიძლება იყოს დაწყებული.

საჭიროა მოცემული სიმრავლიდან გამოიყოს მაქსიმალური ქვესიმრავლე და ამ ქვესიმრავლის ელემენტები დალაგებული იყოს დროში მათი შესრულების თანმიმდევრობის მიხედვით, ანუ ყოველი T_k -სთვის უნდა აიგოს I_k ქვესიმრავლე და ამ ქვესიმრავლის ყოველი ელემენტისათვის მოიძებნოს t'_{ξ_j} და t''_{ξ_j} სიდიდეები ისე, რომ შესრულდეს შემდეგი პირობები: $\cup I_k \subseteq \{\xi_i\}_{i=1, \dots, n}$ და $I_k \cap I_l \neq \emptyset$,

$Q(t) = \left\{ \xi_j \in X, t'_{\xi_j}, t''_{\xi_j} \mid \xi_j \in I_k, |t'_{\xi_j} - t''_{\xi_j}| \leq T_k \right\}$, $W_{T_k}^l \leq A_{T_k}^l$, $l=1, \dots, L$, $k=1, \dots, K$. ამასთან, აგებული სისტემა უნდა იყოს საუკეთესო. ეს იმას ნიშნავს, რომ უნდა შესრულდეს ერთერთი პირობა $\min_{x \in Q(t)} T(x) = \min_{x \in Q(t)} \max_{I_k} \{t''_{\xi_j} \mid \xi_j \in I_k\}$ (3) (სისტემის შექმნის დროს

მინიმიზაცია) ან $\min_{\xi_j} \Delta = (A_{T_k}^l - \sum_{\xi_j \in I_k} \omega_{\xi_j}^l(t_{\xi_j})) / A_{T_k}^l$, $k=1, \dots, K$, $l=1, \dots, L$ (4) (გამოყოფილი

რესურსების ხარჯვის ხარისხი).

თუ მოცემულ სისტემას წარმოვადგენთ ბმული, ორიენტირებული გრაფის სახით, რომელიც შედგება n წვეროსაგან და არ შეიცავს მარყუჟებს, ამასთან თითოეულ წვეროს შეესაბამება ორი სიდიდე: τ_{ξ_j} და r_i , მაშინ პირველ რიგში უნდა ავაგოთ მაქსიმალური ქვესიმრავლე, რომელიც დააკმაყოფილებს (1) და (2) პირობებს. ამ მიზნით საჭიროა ავაგოთ ბინარული ხე, რომლის ფესვი არ იქნება სიმრავლის რომელიმე ელემენტი, არამედ იქნება ფსევდოელემენტი, რომელიც ფორმალურად დაემატება მოცემულ სიმრავლეს და რომლის პარამეტრებიც ნულის ტოლია. შემოვიღოთ სიდიდე $T1$, რომლის მნიშვნელობა საწყისი წვეროში ნულის ტოლია, ხოლო ყოველ i -ურ

წვეროში გადაადგილების დროს იზრდება τ_{ξ_j} სიდიდით, $T1 = \sum_{j=1}^i \tau_j$, საბოლოო

წვეროსთან მისვლის შემდეგ უნდა შესრულდეს უტოლობა $T1 \leq T$.

ფესვი წვეროს შვილობილი კვანძები განისაზღვრება შემდეგნაირად: მარცხენა კვანძი შეიცავს მოცემული სიმრავლის ξ_1 ელემენტს, ხოლო მარჯვენა კვანძი ξ_1 -ის გარდა

ყველა დანარჩენ ელემენტებს. მარცხენა რკალის წონები იქნება τ_{ξ_1} და r_1 , ხოლო მარჯვენა რკალის წონები ნულის ტოლია. შემდეგ შრეზე გადასვლა ხდება შემდეგნაირად, მარცხენა კვანძის შვილობილი ორი კვანძიდან მარცხენა იქნება მოცემული სიმრავლის ξ_2 ელემენტი და მისი შესაბამისი რკალის წონები გახდება $\tau_{\xi_1} + \tau_{\xi_2}$ და $r_1 + r_2$. მარჯვენა კვანძის ელემენტები იქნებიან მოცემული სიმრავლის ყველა ელემენტი, გარდა ξ_1 და ξ_2 ელემენტებისა და შესაბამისი რკალის წონები გახდება τ_{ξ_1} და r_1 . წინა შრის მარჯვენა კვანძის (რომელიც არ შეიცავდა ξ_1 ელემენტს) შვილობილი ორი კვანძიდან მარცხენა კვანძის ელემენტი იქნება მოცემული სიმრავლის ξ_2 ელემენტი და მისი შესაბამისი რკალის წონები გახდება τ_{ξ_2} და r_2 . მარჯვენა კვანძის ელემენტები იქნებიან მოცემული სიმრავლის ყველა ელემენტი, გარდა ξ_1 და ξ_2 ელემენტებისა და შესაბამისი რკალის წონები იქნება ნულის ტოლი. თუ რომელიმე რკალისთვის ირღვევა (1) და (2) უტოლობებიდან ერთი მაინც, მაშინ ამ შტოს გასწვრივ ხის აგება წყდება, რადგან შესაბამისი აგებული ქვესიმრავლე არაკორექტული ქვესიმრავლეა, ხოლო დანარჩენი შტოების გასწვრივ ვაგრძელებთ ბინარული ხის აგებას ანალოგიურად, სანამ მოცემული სიმრავლე არ ამოიწურება ან ყველა შტოს შესაბამისი რკალების წონები არ დაარღვევენ (1) და (2) უტოლობებიდან ერთს მაინც. როდესაც ყველა შტოს აგება შეწყდება ყველაზე გრძელი შტოს გასწვრივ აგებული ქვემიმდევრობა იქნება საძიებელი მაქსიმალური ქვესიმრავლე.

ამის შემდეგ აგებული მაქსიმალური ქვესიმრავლის ელემენტებს დავტოვებთ, ხოლო დანარჩენ წევრობებს ამოვშლით გრაფიდან და ახლა ჩვენი მიზანია ავაგოთ ალგორითმი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შემოვიართო მოცემული გრაფის ყველა წევრობა და ამასთან, თითოეულ წევრობაში მოვხვდეთ მხოლოდ ერთხელ, ისე, რომ შესრულდეს (3) ან (4) პირობები. ამ მიზნის მისაღწევად აგებული ალგორითმი განეკუთვნება დინამიური პროგრამირების და გრაფთა თეორიის, კერძოდ, სივრძეში ძეგნის კომბინირებულ მეთოდს. დინამიური პროგრამირების მეთოდს ოპტიმიზაციის მეთოდებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. ამ მეთოდის ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ დიდი რაოდენობის პარამეტრების ერთდროული განხილვის ნაცვლად, მათი მორიგეობით ამორჩევა ხდება. ამრიგად, ოპტიმიზაციის მრავალგანზომილებიანი ამოცანა მრავალსაფეხურა და ნაკლებგანზომილებიანი ამოცანაზე დაიყვანება.

დასაწყისში X სისტემა დაეყოს J_i ჯგუფებად, $X = \bigcup_i J_i$, “ \subset ” მიმართების დაცვით

და იმის მიხედვით, თუ რომელი ობიექტებია პრიორიტეტული. ვთქვათ ასეთი ჯგუფების რაოდენობა არის IN . როგორც ცნობილია, თითოეული ობიექტი ხასიათდება დროის იმ $t_{\xi_j}^0$ მომენტით, რომელშიც შესაძლებელია დაწყებულ იქნეს ამ ობიექტის შექმნა. თუ დასმული ამოცანის სპეციფიკას გავითვალისწინებთ (პროცესორების რაოდენობა განუსაზღვრელია) ყველა ობიექტის შექმნა შეიძლება დაიწყოს მისი სისტემაში მოხვედრისთანავე. ამიტომ, თავდაპირველად $t'_{\xi_j} = t_{\xi_j}^0$, ხოლო $t''_{\xi_j} = t_{\xi_j}^0 + \tau_{\xi_j}$.

ცხადია, რომ წინააღმდეგ შემთხვევაში ამოცანა ხდება არაკორექტული.

შევადგინოთ I სიმრავლე ყველა ასეთი j -ური ობიექტებისა $\xi_j \in I$ და თავიდან მოცემული X სიმრავლის მაგივრად, განვიხილოთ $X = X \setminus I$ სიმრავლე. J_i ქვესიმრავლეებიდან გამოვყოთ ყველა ისეთი $J_i \subset X$ ($i=1, \dots, IN$) ქვესიმრავლე, რომლის

$$\text{ელემენტებისათვის სრულდება პირობა } \sum_{\xi_j \in J_i} \sum_{t \in I_k} \omega_{\xi_j}^l(t) \leq \sum_{k=1}^K A_{T_k}^l, \quad i=1, 2, \dots, IN. \quad (5)$$

განვიხილოთ მხოლოდ ის J_i , $i=1, \dots, IN$, ჯგუფები, რომლებიც აკმაყოფილებენ (5) პირობას. თითოეული J_i ($i \in IN$) ჯგუფი დაეყოს ისეთ ორ ქვესიმრავლედ, რომ $J_i = J_i^P \cup J_i^{NP}$, და $J_i^P \cap J_i^{NP} = \emptyset$, სადაც J_i^P ($i \in IN$) არის ქვესიმრავლე, რომელიც მოიცავს ისეთ ობიექტებს, რომლებსაც აქვთ პრიორიტეტი, ანუ მათი შესრულების

ვადები შემოსაზღვრული სიდიდეებია, ხოლო $J_i^{NP} (i \in IN)$ ისეთი ქვესიმრავლეა, რომელიც მოიცავს ყველა დანარჩენ ობიექტს $J_i (i \in I)$ სიმრავლიდან.

ცხადია, რომ ალგორითმის აგება ხდება $J_i^{NP} (i \in IN)$ სიმრავლისათვის, დანარჩენ ელემენტებსაც გრაფიდან ამოვშლით. ამრიგად, შევადგენთ ქვეგრაფს, რომლისთვისაც გამოვიყენებთ სიგრძეში ძებნის ალგორითმს.

ალგორითმი “სიგრძეში ძებნა” ახდენს წვეროების გახსნას რაც შეიძლება “დრმად”, რაც ხდება შემდგენიარად: რომელიმე v წვეროს გახსნის შემდეგ გადაადგილება ხდება იმ წიბოების გასწვრივ, რომლებიც ბოლო გახსნილი წვეროდან გამომდინარეობენ. ეს გადაადგილება შეწყდება მაშინ, როდესაც გამოუკვლეველი წიბო აღარ დარჩება. ამის შემდეგ ხდება დაბრუნება იმ ადგილას, საიდანაც მოხდა გადასვლა v წვეროში. პროცედურა მუშაობას დაამთავრებს მაშინ, როდესაც არცერთი გაუხსნელი წვერო აღარ დარჩება, რომლებიც საწყისი s წვეროდან მიიღწევა. თუ ამის შემდეგ კიდევ დარჩებიან გაუხსნელი წვეროები, მაშინ მათ შორის ერთერთი ამოირჩევა როგორც საწყისი წვერო და პროცედურა თავიდან დაიწყება ამ წვეროებისათვის. ალგორითმის მუშაობა შეწყდება მას შემდეგ, როდესაც გრაფის ყველა წვერო აღმოჩნდება გახსნილი.

ამრიგად, ალგორითმის მუშაობა იწყება $G_\pi = (V, E_\pi)$ ქვეგრაფის შექმნით, სადაც $E_\pi = \{(\pi[v], v): v \in V \text{ და } \pi[v] \neq NIL\}$

იმისათვის, რომ მარტივი იყოს დროის ნებისმიერ $t \in T$ მომენტში წონითი ფუნქციების დათვლა, საჭიროა ისინი წარმოვადგინოთ, როგორც მუდმივი ფუნქციები მთელი განსახილველი პერიოდის განმავლობაში შემდგენიარად:

$$\omega_{\xi_j}^l(t) = \begin{cases} \omega_{\xi_j}^l, & t \in [t_{\xi_j}^l, t_{\xi_j}^r], \\ 0, & t \in [0, T], t \notin [t_{\xi_j}^l, t_{\xi_j}^r]. \end{cases}$$

ყველა $\xi_j \in J_i^P$ -თვის შევამოწმოთ $A_T^l - \sum_{t=0}^T \sum_{\xi_j \in J_i^P} \omega_{\xi_j}^l(t) \geq 0$, (6) პირობა. თუ შესრულდება

(6) უტოლობა, მაშინ ასეთი i -ური ნომრის შესაბამისი ქვესიმრავლის განხილვა შესაძლებელია. თუ რომელიმე i -სთვის (6) პირობა არ სრულდება, მაშინ ამ ინდექსის შესაბამისი ქვესიმრავლე ამოვარდება განხილვიდან, ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ ისეთი i ნომერი არ აღმოჩნდა, რომლისთვისაც (6) პირობა სრულდება და i გაირბენს მთელ I სიმრავლეს, მაშინ შეიძლება ითქვას, რომ მონაცემები არაკორექტულია და მათთვის გრაფიკის აგება შეუძლებელია.

სიღრმეში ძებნის ქვეგრაფი ქმნის სიღრმეში ძებნის ტყეს, რომელიც სიღრმეში ძებნის ხეებისაგან შედგება. E_π წიბოებს ხის წიბოები ეწოდებათ.

სიღრმეში ძებნის პროცედურის შესრულების პროცესში ხდება გრაფის წვეროების სხვადასხვა ფრად შეღებვა. თავიდან ყველა წვერო თეთრია. რომელიმე წვეროს გახსნის შემთხვევაში, ის იღებება ნაცრისფრად, ხოლო თუ ამ წვეროს შესაბამისი მისი მეზობელი წვეროების შესაბამისი ცხრილი იქნება ამოწურული, მაშინ ის შეიღებება შავად. ასეთი მეთოდით თითოეული წვერო მხოლოდ ერთ ხეში მოხვდება და არ მოხდება ხეების თანაკვეთა. ამასთან, ხდება წვეროებში ე.წ. დროითი წდების დასმა. ორი ასეთი წდე არსებობს. პირველი არის $d[v]$, რომელშიც ინახება ინფორმაცია, თუ ეს წვერო როდის გაიხსნა და მაშასადამე, მოხდა მისი ნაცრიფრად შეღებვა. მეორე წდე კი არის $f[v]$, რომელიც აფიქსირებს მომენტს, როდესაც ხდება v წვეროს შესაბამისი მეზობელი წვეროების სიის ამოწურვა და შესაბამისად, v წვეროს შავად შეღებვა.

DSF პროცედურა $d[u]$ ველში ახდენს u წვეროს გახსნის მომენტის ჩაწერას, ხოლო $f[u]$ ველში კი იმ მომენტს აფიქსირებს, როდესაც წდება u წვეროს დამუშავება. ეს ჭდეები არიან მთელი რიცხვები 1-დან $2|V|$ -მდე, რადგან ყველა წვეროსათვის ხდება მისი ერთხელ გახსნა და ერთხელ დახურვა. თითოეული უ წვეროსათვის $d[u] < f[u]$.

$d[u]$ მომენტამდე წვეროს აქვს თეთრი (WHITE) ფერი, $d[u]$ და $f[u]$ მომენტებს შორის აქვს ნაცრისფერი (GRAY), ხოლო $f[u]$ მომენტის შემდეგ აქვს შავი (BLACK) ფერი.

თუ ყველა $\xi_j \in J_i^{NP}$ -თვის შეირჩევა შესაბამისი t'_{ξ_j} , მაშინ ასეთი J_i^{NP} ჯგუფი აკმაყოფილებს დასმულ ამოცანას. მინიმალური t'_{ξ_j} -ს შერჩევა ხდება შემდეგნაირად. თავიდან, როგორც უკვე აღინიშნა, t'_{ξ_j} -ის არჩევა ხდება ქვემოთ მოყვანილი პრინციპის გათვალისწინებით: არც ერთი ობიექტი რიგში არ დგას და როგორც კი ობიექტი მოხვდება სისტემაში, მაშინვე დაიწყება მისი დამუშავება. ანუ $t'_{\xi_j} = t_{\xi_j}^0$, ხოლო,

$$\xi_j \in J_i^{NP}. \text{ თუ ასეთი } t'_{\xi_j} \text{ -თვის } \left\| A_T^l - \sum_{t \leq T_k} \sum_{j \in IN1} \omega'_{\xi_j}(t) \right\|_{k=1, \dots, K}^{l=1, \dots, L} \text{ მატრიცის რომელიმე ელემენტი}$$

უარყოფითია, მაშინ $t'_{\xi_j} = t'_{\xi_j} + 1$ და ხელახლა ხდება $IN2$ სიმრავლის ფორმირება. ეს პროცესი მანამ გრძელდება, სანამ შესრულდება პირობა $t''_{\xi_j} + \tau_j > T$ ან შეირჩევა $IN2$ სიმრავლე ისე, რომ ის არაცარიელია. თუ სიმრავლე $IN2$ ცარიელი აღმოჩნდა, მაშინ განხილულ ამოცანას არ გააჩნია ამონახსნი. თუ იგი შედგება მხოლოდ ერთი ელემენტისაგან, მაშინ მიღებული შესაბამისი ჯგუფი J_i უნდა იყოს დასმული ამოცანის ოპტიმალური ამონახსნი და საჭიროა გადასვლა ეფექტურობის იმ კრიტერიუმების განხილვაზე, რომლებიც იძლევიან ოპტიმალურ ამონახსნს. ანუ უნდა შეირჩეს ის ჯგუფები, რომლებიც აკმაყოფილებენ (3) ან (4)- პირობებს.

**საშუალო ვარიანტის კმბნის ერთი ალგორითმის შესახებ
ორიენტირებულ გრაფში**

ქ.კუთხაშვილი

რეზიუმე

მრავალი პრაქტიკული ამოცანის ამოხსნა მოითხოვს ისეთი ალგორითმების აგებას, რომლებსაც საფუძვლად უდევს გრაფთა თეორიის მეთოდები.

განიხილება ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი ორიენტირებულ გრაფზე. კერძოდ, მოცემულია n წვეროსაგან შედგენილი ბმული ორიენტირებული გრაფი, რომლის რკალებზეც განსაზღვრულია წონითი ფუნქციები $T(n)$ და $R(n)$. საჭიროა ავაგოთ ალგორითმი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ვიპოვოთ გზა, რომლის საშუალებითაც შემოვივლით გრაფის ყველა წვეროს, ამასთან, თითოეულ წვეროში უნდა მოვხვდეთ ზუსტად ერთხელ, ისე, რომ შესრულდეს წონით ფუნქციებზე დადებული გარკვეული შეზღუდვები და ეს გზა იყოს საუკეთესო ერთი რომელიმე კრიტერიუმის თვალსაზრისით.

ON AN ALGORITHM OF FINDING THE BEST VARIANT OF THE ORIENTED GRAPH

K.KUTKHASHVILI

Summary

Various practical problems need algorithms to be written that are based on the methods of Graph Theory. Solution of the optimization problem by an algorithm of oriented Graph will be considered here. Namely, there is a given n vertex linked oriented Graph on which arcs there are defined weighted functions $T(n)$ and $R(n)$. We need to construct an algorithm, which enables us to find a way, by which we can rout all the vertices only each time, so that definite restrictions are attached to the weighted functions and this way is the best in terms of one of any criteria.

**ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ НАХОЖДЕНИЯ НАИЛУЧШЕГО ВАРИАНТА В
ОРИЕНТИРОВАННОМ ГРАФЕ**

К.КУТХАШВИЛИ

Резюме

Многие практические задачи решаются с помощью алгоритмов, которые основаны на методах теории графов. В статье рассмотрен алгоритм одной задачи оптимизации на ориентированном графе. В частности, задан связной ориентированный граф, состоящий из n вершин, на дугах которого определены весовые функции $T(n)$ и $R(n)$. Надо построить алгоритм, который даст возможность найти наилучший путь обхода всех вершин, так, чтобы удовлетворялись некоторые ограничения, наложенные на весовые функции, а также некоторые критерии оптимальности.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Теория расписаний и вычислительные машины (под редакцией Э.Г.Коффмана). - М.: Наука. - 1984.
2. Левитин А. «Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. Изд. «Вильямс», 2006г.
3. ვაბისონია, ქკუთხაშვილი გრძელვადიანი პროექტების დაგეგმვა შეზღუდული რესურსების პირობებში \ \ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. - საქართველო, თბილისი, გამომცემლობა "მოდესტა". - 2006.
4. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М., Теория расписаний. М.: Наука. - 1983.

თბუში დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია რეგრესიული და რეკონსტრუქციული მეთოდებით

ბ. ბარდაველიძე, ა. ბარდაველიძე

bardaveli_x@yahoo.com, bardaveli@yandex.ru

მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში დინამიკური ობიექტების სიზუსტის და საიმედოების ამაღლება თხოვლობს იდენტიფიკაციის მეთოდების განვითარებას და სრულყოფას. დღეისათვის ყველაზე მეტად მოთხოვნილია ექსპერიმენტული მონაცემების შეფასების ისეთი მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ სწრაფქმედების, საიმედოობის, მოხმარებული ენერჯის ეკონომიის და მესხიერების მოცულობის მაღალ მაჩვენებლებს. წრფივ დინამიკურ ობიექტებში შემავალი სიგნალებისა და პარამეტრების შეფასების რიცხვითი ალგორითმების დამუშავების პრობლემების გადაწყვეტა საშუალებას მოგვცემს სრული მოცულობით გადავწყვიტოთ პრაქტიკაში წამოჭრილი ამოცანები.

ობიექტების იდენტიფიკაციის ყველაზე გავრცელებული ამოცანაა სამართავი ობიექტის გადამცემი ფუნქციის განსაზღვრა მისი გარდამავალი მახასიათებლით, როგორც რეაქცია შესასვლელზე საფესურეობრივი ზემოქმედებით.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს MatLab პროგრამული პაკეტის საშუალებით თბური დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია უმცირეს კვადრატთა მეთოდის (შპმ) რეგრესიული და რეკონსტრუქციული მიდგომით.

ავლნიშნოთ, რომ თბური ობიექტი სტაციონალური და წრფივია შემავალი სიგნალის ამპლიტუდის ცვლილების დიაპაზონში, მუშა რეჟიმის არეში. იდენტიფიკაციისათვის საწყის მონაცემებს წარმოადგენს ობიექტის გაქანების მრუდის y_j ექსპერიმენტული მნიშვნელობები, რომელიც მიღებულია დისკრეტული $t_j, j=1, 2, \dots, N$ დროის მომენტში. მოდელისა და ობიექტის საუკეთესო შესაბამისობის პირობიდან გამომდინარე გადამცემი ფუნქციის კოეფიციენტების მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდი, წინასწარ დადგენილი გარდამავალი ფუნქციის და დინამიკური თვისებების საფუძველზე.

აქტიური ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული y_j მონაცემები შეიძლება აპროქსიმირდეს აპერიოდული რგოლის დინამიკური მახასიათებლით, შემდეგი გადამცემი ფუნქციით:

$$W_0(P) = \frac{K_0}{(T_1P + 1)(T_2P + 1)}. \tag{1}$$

დავსვათ ობიექტის მოდელის K_0, T_1, T_2 პარამეტრების განსაზღვრის ამოცანა, რომელიც უზრუნველყოფს მოდელური აღწერისა და ექსპერიმენტული მონაცემების საუკეთესო შესაბამისობას.

იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტისათვის ობიექტის მოდელიდან გადავიდეთ (1) გადამცემი ფუნქციის ფორმაზე $h(t)$ გაქანების მრუდის დროით მახასიათებელზე, ლაპლასის უკუგარდასახვის გამოთვლებით [1]:

$$h(t) = K_0 \left[1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_2}} \right]. \tag{2}$$

$h(t)$ გარდამავალი ფუნქცია განვიხილოთ, როგორც K_0, T_1, T_2 კოეფიციენტებზე პარამეტრულად დამოკიდებული და დროზე დამოკიდებული ფუნქცია.

გარდამავალი მახასიათებლის პარამეტრების პოვნისათვის შევადგინოთ y_j ექსპერიმენტული მონაცემებისა და საანგარიშო მნიშვნელობების კვადრატული შეუთავსებლობის ფუნქციონალი (2)-ის მიხედვით $t=t_j$ დროის მომენტისთვის და მოვახდინოთ მისი მინიმიზაცია:

$$\min_{K_0, T_1, T_2} j(K, T_1, T_2) = \min_{K_0, T_1, T_2} \sum_{j=1}^N \left[k_0 \left[1 - \frac{1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t_j}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t_j}{T_2}} \right] - y_j \right]^2. \tag{3}$$

K_0, T_1, T_2 საძიებელი პარამეტრების შეფასების მისაღებად უმცირეს კვადრატთა

მეთოდით, (3) ფუნქციის მინიმუმის პირობისათვის ვექტორული ფორმით ვწერთ:

$$\frac{\partial J}{\partial(k_0, T_1, T_2)} = 0. \quad (4)$$

(4) სისტემის ამოხსნის კონკრეტულ ხერხებს მივყავართ უმცირეს კვადრატთა მეთოდის (შპმ) გამოყენების სხვადასხვა ვარიანტებთან.

(4) განტოლების ამოხსნა, რომელიც შედგენილია (2) ობიექტის უწყვეტი მოდელისათვის დაკავშირებულია ანალიზური გამოთვლების განსაზღვრულ სიძნელეებთან. გარდა ამისა, ვითვალისწინებთ, რომ საწყის მონაცემებს წარმოადგენენ შემაჯავლი და გამომაჯავლი სიგნალების მნიშვნელობათა მასივი, რომელიც მიღებულია დისკრეტული დროის მომენტში გარკვეული Δt კვანტირების პერიოდით, ხშირად მოხერხებულია გამოვიყენოთ ობიექტის დისკრეტული მოდელი [2].

განვიხილოთ შპმ-ის გამოყენება მეორე რივის ციფრული მოდელის იდენტიფიკაციისათვის, რომელიც აპროქსიმირებულია ზემოთ მოყვანილი მეორე რივის აპერიოდულ ობიექტად და აღიწერება შემდეგი სახის უწყვეტი მოდელით:

$$T_1 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_2 \frac{dy}{dt} + y(t) = k_0(u(t)). \quad (5)$$

(5) მოდელის დისკრეტიზაციის პროცედურას მივყავართ წრფივი რეგრესიის განტოლებასთან [2], რომლისთვისაც განსაზღვრულია რივი $n=2, m=2$

$$y(k) = a_1 y(k-1) + a_2 y(k-2) + bu(k-1), \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

სადაც

$$a_1 = \frac{2T_1 - T_2 \Delta t}{T_1}; \quad a_2 = \frac{(T_2 - \Delta t) \Delta t - T_1}{T_1}; \quad b = \frac{k_0 \Delta t^2}{T_1} \quad (7)$$

- შეფასებას დაქვემდებარებული დისკრეტული მოდელის პარამეტრებია; Δt - კვანტირების პერიოდი. (6) მოდელის პარამეტრების შეფასებისათვის გამოვიყენოთ რეგრესიული პროცედურა.

თუ მოცემულია ობიექტის შემაჯავლი და გამომაჯავლი სიგნალები გაზომვის N რიცხვი, დისკრეტული მოდელის რივის გათვალისწინებით ($n=2$), მაშინ იდენტიფიკაციის კვადრატული შეცდომის მამინიზაციის ფუნქციონალს ექნება სახე:

$$J = \sum_{k=3}^N [y(k) - (a_1 y(k-1) + a_2 y(k-2) + bu(k-1))]^2 \rightarrow \min. \quad (8)$$

a_1, a_2, b უცნობი პარამეტრების საძიებელ განტოლებათა სისტემას აქვს სახე:

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial a_1} &= -2 \sum_{k=3}^N [y(k) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - bu(k-1)] y(k-1) = 0; \\ \frac{\partial J}{\partial a_2} &= -2 \sum_{k=3}^N [y(k) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - bu(k-1)] y(k-2) = 0; \\ \frac{\partial J}{\partial b} &= -2 \sum_{k=3}^N [y(k) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - bu(k-1)] u(k-1) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

გარკვეული აღნიშვნების და გარდაქმნების შემდეგ (9) განტოლებათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial a_1} &= -2S_2 + 2a_1 S_3 + 2a_2 S_6 + 2bS_7 = 0; \\ \frac{\partial J}{\partial a_2} &= -2S_4 + 2a_1 S_6 + 2a_2 S_8 + 2bS_9 = 0; \\ \frac{\partial J}{\partial b} &= -2S_5 + 2a_1 S_7 + 2a_2 S_9 + 2bS_9 = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

სადაც S_i - ცალკეულ გაზომვათა შესაბამის ნამრავლთა ჯამია, $t = k\Delta t$ დისკრეტული დროის მომენტში.

(10) წარმოვიდგინოთ მატრიცული ფორმით:

$$\begin{bmatrix} S_3 & S_6 & S_7 \\ S_6 & S_8 & S_9 \\ S_7 & S_9 & S_{10} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_2 \\ S_4 \\ S_5 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

(11) მატრიცული გამოსახულებიდან უკმ-ით რეგრესიული პროცედურის საშუალებით, ვიპოვოთ შესაფასებელი პარამეტრების ვექტორის დისკრეტულ მოდელს:

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_3 & S_6 & S_7 \\ S_6 & S_8 & S_9 \\ S_7 & S_9 & S_{10} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} S_2 \\ S_4 \\ S_5 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

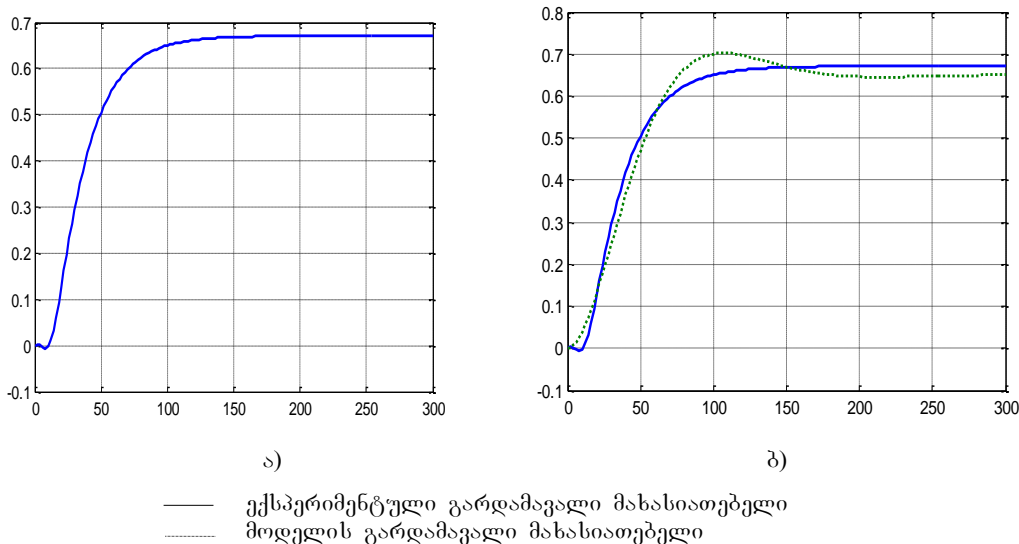
(12) სისტემის ამოხსნის საფუძველზე, (7) თანაფარდობების გათვალისწინებით განვსაზღვრავთ უწყვეტი მოდელის K_0, T_1, T_2 პარამეტრებს, რომლებიც ერთსახად არის დაკავშირებული დისკრეტული მოდელის a_1, a_2, b საიდენტიფიკაციო პარამეტრებთან:

$$T_1 = \frac{\Delta t^2}{1 - a_1 - a_2}; \quad T_2 = \frac{(a_2 + 1)T_1 + \Delta t^2}{\Delta t}; \quad k_0 = \frac{bT_1}{\Delta t^2}.$$

თბუში ობიექტების დისკრეტულ და უწყვეტ მოდელთა პარამეტრების შეფასების რეგრესიული პროცედურის რეალიზაციისათვის განვიხილოთ საშრობი აპარატის მოდელი კოეფიციენტებით: $K_0 = 0,671$, $T_1 = 24$, $T_2 = 5,7$.

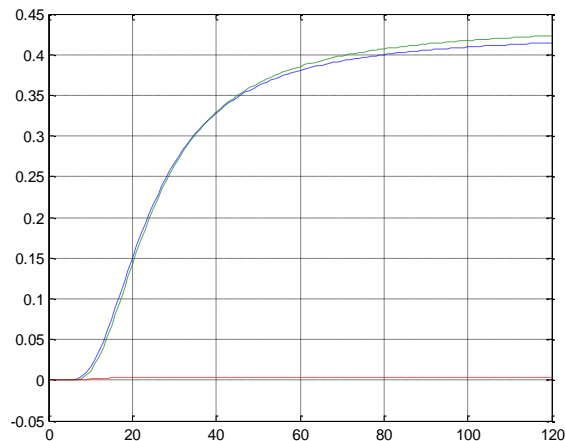
ნაშრომში ჩატარებული სამუშაოს შესასრულებლად გამოთვლებისათვის გამოყენებულია Matlab პროგრამული პაკეტი [3].

ობიექტისა და მოდელის გარდამავალი მახასიათებლის შედარება, შემთხვევითი შეშფოთების გარეშე, გვიჩვენებს შეფასების მაღალ სიზუსტეს. ობიექტის საიდენტიფიკაციო და ჭეშმარიტი მახასიათებლების გრაფიკული ანალიზი (ნახ. 1) გვიჩვენებს პრაქტიკულ შედეგთა ზუსტ დამთხვევას.



ნახ. 1 საშრობი აპარატის გარდამავალ მახასიათებელთა შედარება (ა) შეფერხების გარეშე და (ბ) შეფერხებით.

ზემოთ აღნიშნული მაგალითი - საშრობი აპარატის იდენტიფიკაცია განვიხილოთ უკმ-ის რეკურენტულ დისკრეტულ შემთხვევაში [2, 4], რომლისთვისაც შედგენილი იქნა Matlab პროგრამა M-ფაილის სახით. მიღებული შედეგები კი გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე - პარამეტრების თავსებადობის პროცესი განხილული საშრობი აპარატის მოდელის შესაბამისი კოეფიციენტებისათვის.



ნახ. 2 საშრობი აპარატის დისკრეტული მოდელის პარამეტრების შეფასება უმცირეს კვადრატთა რეკურენტული მეთოდით.

ანგარიშით მიღებული შედეგებიდან ჩანს ობიექტის ყველა პარამეტრის შეფასების მაღალი დონე. საანგარიშო პრაქტიკამ გვინვენა, რომ დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია უკმ-ის რეკურენტული პროცედურებით უკმ-ის რეგრესიულ პროცედურებთან შედარებით ფლობს უკეთეს თავსებადობას და იგივე სიზუსტის მიღწევის შესრულებისას თხოულობს მცირე ბიჯთა რაოდენობას და მცირე საანგარიშო დროს.

თბური დინამიკური ობიექტების იდენტიფიკაცია რეგრესიული და რეკურენტული მეთოდებით

ბ. ბარდაველიძე, ა. ბარდაველიძე
რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია თბური დინამიკური ობიექტის იდენტიფიკაციის ამოცანის დასმა. კერძოდ, ობიექტის გადამცემი ფუნქციის კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის გამოყენებულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდი. აქტიური ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მრუდი აპროქსიმირებულია მეორე რიგის აპერიოდული რგოლით. გარდამავალი მახასიათებელი განიხილება, როგორც მოდელის კოეფიციენტებზე პარამეტრული დამოკიდებულება. დადგენილია, რომ ობიექტის უწყვეტი მოდელი იწვევს განსაზღვრულ სიძნელეებს და უფრო მოხერხებულია ობიექტის დისკრეტული მოდელის გამოყენება.

ობიექტის იდენტიფიკაცია გამოკვლეულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდის რეგრესიული და რეკურენტული პროცედურებით. დადგენილია, რომ რეკურენტული მეთოდი ფლობს უკეთეს თავსებადობას ობიექტის ჭეშმარიტ მახასიათებელთან, ვიდრე რეგრესიული მეთოდით მიღებული მახასიათებელი.

IDENTIFICATION OF THERMAL DYNAMICAL OBJECTS BY REGRESSION AND RECURSION METHODS

KH. BARDAVELIDZE, A. BARDAVELIDZE

Summary

In the work is discussed the task definition of identification for thermal dynamic object. For determination coefficients object's of transfer function is used the least squares method. In resulting of active identification received curve is approximated by aperiodic element of second order. The transient response is considered as parametrical dependence on model's coefficient. It's established

that continuous model of object causes some determined difficulties, so it's more convenient to use the object discrete model.

Object identification is researched by regression and recursion procedures of the least squares method. It's established that recursion procedure have better accordance to real object response than received response with regression method.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО РЕГРЕССИОННЫМИ И РЕКУРРЕНТНЫМИ МЕТОДАМИ

Х. БАРДАВЕЛИДЗЕ, А. БАРДАВЕЛИДЗЕ

Резюме

В работе рассмотрена постановка задачи идентификации теплового динамического объекта. Для определения коэффициентов объекта передаточной функции применен метод наименьших квадратов. В результате активной идентификации полученная кривая аппроксимированна с апериодическим звеном второго порядка. Переходная характеристика рассматривается как параметрическая зависимость на коэффициентов моделья. Установлено, что непрерывная модель объекта вызывает определенных трудностей и более подходящим является применение дискретной модели объекта.

Идентификация объекта исследованно по регрессионными и рекуррентными процедурами метода наименьших квадратов. Установлено, что рекуррентный метод содержит лучшее соответствие к реальной характеристике объекта, чем принятая характеристика по регрессионным методом.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и томах.; 2-е изд., перераб. и доп. Т2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления/ под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 646с.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. - Москва: Наука, 1991. - 432 с.
3. ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე. კომპიუტერული მოდელირება მართვის სისტემებში. ლაბორატორიული პრაქტიკები, MatLab 7.5. - ქუთაისი: აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2008წ. - გვ. 166
4. П.Эйкхофф. Современные методы идентификации систем. - Москва: Мир, 1983. - 400 с.

საქონლის მარაგის დაგეგმვის მრავალკრიტერიული ამოცანის ანალიზური ამოხსნის შესახებ

დ.სიხარულიძე

dali_sx@yahoo.com

მოდელში განხილულია სავაჭრო ობიექტში რამდენიმე სახის საქონლის მარაგის დაგეგმვის ამოცანა. საგეგმო პერიოდში საქონელზე მოთხოვნა წინასწარაა განსაზღვრული, ხოლო მარაგის დონე თანაბრად მცირდება. საქონლის მიწოდება წარმოებს გეგმის მკაცრი დაცვით. მარაგის მართვის დანახარჯები კი განისაზღვრება მხოლოდ შემოტანისა და შენახვის დანახარჯებით.

შემოვიღოთ შემდეგი სახის აღნიშვნები. ვთქვათ, საჭიროა n სახის საქონლის მარაგის დაგეგმვა. მთლიანი დანახარჯები ჩავთვალოთ მხოლოდ მიწოდების $x_i, i = 1, 2, \dots, n$ ცვლადებზე დამოკიდებულად. Q_i იყოს საგეგმო პერიოდში i -ური საქონლის საქონელბრუნვის მოცულობა, C_i - i -ური საქონლის ერთეულის შენახვაზე დანახარჯები მთელი წლის განმავლობაში, ხოლო K_i - დანახარჯები i -ური საქონლის ერთი პარტიის შემოტანაზე.

საგეგმო პერიოდში მიმდინარე i -ური საქონლის საშუალო მარაგის სრული დანახარჯები შეადგენს $C_i \frac{x_i}{2}$ [1], რადგან იგულისხმება, რომ მისი დონე თანაბრად

ეცემა x_i მაქსიმალური მნიშვნელობიდან კრიტიკულ ძალიან მცირე $\alpha_i > 0$ მნიშვნელობამდე. საგეგმო პერიოდში შემოტანილი i -ური საქონლის პარტიების რიცხვია $\frac{Q_i}{x_i}$, ამიტომ მის შემოტანაზე გაღებული დანახარჯები შეადგენს $K_i \frac{Q_i}{x_i}$, ამრიგად,

მარაგის მართვის ჯამური დანახარჯია $C(x) = \sum_{i=1}^n C_i \frac{x_i}{2} + \sum_{i=1}^n K_i \frac{Q_i}{x_i}$. თუ დავუშვებთ,

რომ საგეგმო პერიოდის (სავარაუდოდ, ერთი წლის) განმავლობაში i -ური საქონლის ყოველი $x_{ik} = x_i, k = 1, \dots, \frac{Q_i}{x_i}$, პარტიის გასაყიდი ფასი p_{ik} მუდმივია, მაშინ ფირმის

წლიური შემოსავალი იქნება $R(x_i) = \sum_{i=1}^n p_i x_i$, სადაც $p_i = \sum_{k=1}^{\frac{Q_i}{x_i}} p_{ik}$, ხოლო წლიური

მოგება იქნება $P(x_i) = \sum_{i=1}^n p_i x_i - \sum_{i=1}^n C_i \frac{x_i}{2} - \sum_{i=1}^n K_i \frac{Q_i}{x_i}$. x_i ცვლადებზე შესაძლებელია

სხვადასხვა შეზღუდვები კერძოდ, შეზღუდვები, გამოწვეული საწყობის ზომით. ვთქვათ, i -ური საქონლის შესანახად გეჭირდება $v_i (მ^3)$ მოცულობის სათავსი, ხოლო საწყობის მთელი მოცულობა შეადგენს $V (მ^3)$. მთელი საქონლის მიწოდების შეზღუდვა განესაზღვროთ შემდეგნაირად:

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

იგი დაემატება შემდეგ შეზღუდვებს :

$$x_i \geq \alpha_i > 0, i = 1, \dots, n.$$

ამგვარად, ვღებულობთ შემდეგ მრავალკრიტერიულ ამოცანას არაწრფივი მიზნის ფუნქციებით და წრფივი შეზღუდვებით:

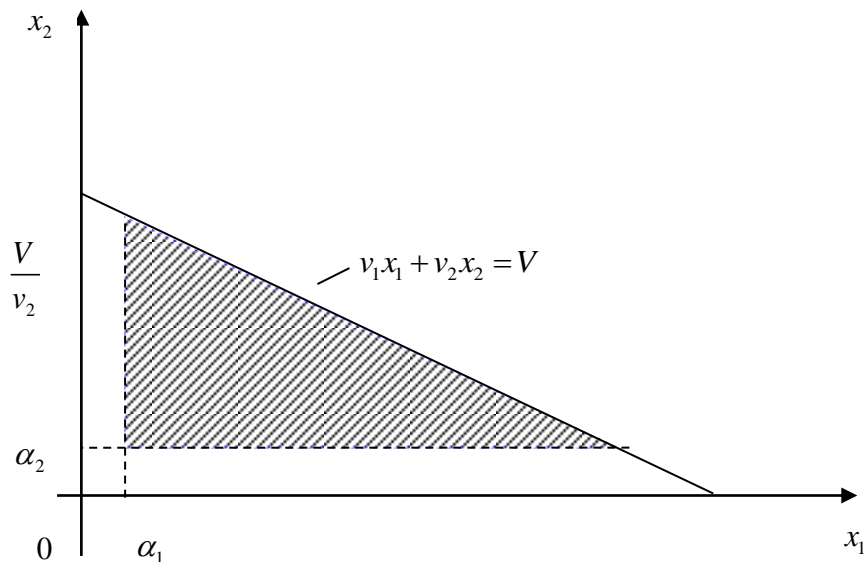
$$\begin{aligned}
 -C(x) &= -\sum_{i=1}^n C_i \frac{x_i}{2} - \sum_{i=1}^n K_i \frac{Q_i}{x_i} \rightarrow \max . \\
 P(x) &= \sum_{i=1}^n p_i x_i - \sum_{i=1}^n C_i \frac{x_i}{2} - \sum_{i=1}^n K_i \frac{Q_i}{x_i} \rightarrow \max . \\
 x_i &\geq \alpha_i > 0, i = 1, \dots, n \\
 \sum_{i=1}^n v_i x_i &\leq V
 \end{aligned} \tag{1}$$

როგორც ვხედავთ, მიზნის ფუნქციები უწყვეტად დიფერენცირებადია განსახილავ არეზე და ამასთან მკაცრად ჩაზნექილიცაა, როგორც წრფივი და მკაცრად ჩაზნექილი ფუნქციების ჯამი, ხოლო დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლე კი $\alpha_i, Q_i, v_i, V, i = 1, \dots, n$, ცვლადების რეალური მნიშვნელობებისათვის ამოზნექილი კომპაქტია არაცარიელი შიგა ნაწილით. ამგვარად, სრულდება ძირითადი განტოლების ამოხსნის პარეტო ოპტიმალობის საკმარისი პირობები (თეორემა 2,[2]), რაც შესაძლებლობას იძლევა განისაზღვროს (1) ამოცანის პარეტო ოპტიმალური ამოხსნა ანალიზურად, როგორც გარკვეულ ინტეგრალურ ტოლობათა სისტემის ამონახსნი.

საილუსტრაციოდ განვიხილოთ მარტივი მაგალითი, როდესაც საუბარია ორი ტიპის საქონლის მარაგზე.

ჩაეწეროთ (1) ამოცანა შესაბამისი სახით:

$$\begin{aligned}
 -C(x) &= -C_1 \frac{x_1}{2} - C_2 \frac{x_2}{2} - \frac{K_1 Q_1}{x_1} - \frac{K_2 Q_2}{x_2} \rightarrow \max \\
 P(x) &= p_1 x_1 + p_2 x_2 - C_1 \frac{x_1}{2} - C_2 \frac{x_2}{2} - \frac{K_1 Q_1}{x_1} - \frac{K_2 Q_2}{x_2} \rightarrow \max \\
 x_1 &\geq \alpha_1 > 0, \quad x_2 \geq \alpha_2 > 0, \\
 v_1 x_1 + v_2 x_2 &\leq V
 \end{aligned} \tag{2}$$



ნახ.1

ბოლო უტოლობიდან ვღებულობთ:

$$x_2 \leq -\frac{v_1}{v_2}x_1 + \frac{V}{v_2}, \quad (3)$$

რადგან v_1, v_2 ცვლადები, ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე, მკაცრად დადებითია, (3) წრფე OX ღერძის დადებით მიმართულებასთან ბლაგვ კუთხეს შექმნის და (2')- (2'') უტოლობებით განსაზღვრულ არეს აქვს ნახ.1-ზე მოყვანილი სახე (იმის გამო, რომ $\frac{V}{v_2} = x_2 \geq \alpha_2$. თუ $\frac{V}{v_2} = \alpha_2$, სისტემა (2')- (2'') არათავსებადია, ამიტომ ვიხილავთ

შემთხვევას, როდესაც $\frac{V}{v_2} > \alpha_2$). თეორემა 2 -ის თანახმად [2], l_1 სივრცის ნორმის

შემთხვევაში ვლესულობთ შემდეგ ინტეგრალურ ტოლობათა სისტემას:

$$\int_{\alpha_1}^{x_1} \left(\left| -\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right| + \left| p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right| \right) dx_1 =$$

$$= \int_{\alpha_1}^{-\frac{v_2 x_2 + V}{v_1}} \left[\left(-\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right)^+ + \left(p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right)^+ \right] dx_1; \quad (4)$$

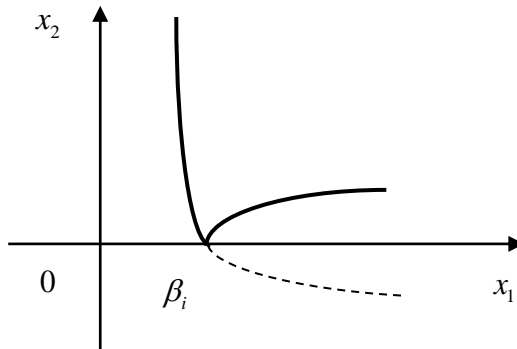
$$\int_{\alpha_2}^{x_2} \left(\left| -\frac{C_2}{2} + \frac{K_2 Q_2}{x_2^2} \right| + \left| p_2 - \frac{C_2}{2} + \frac{K_2 Q_2}{x_2^2} \right| \right) dx_2 =$$

$$= \int_{\alpha_1}^{-\frac{v_1 x_1 + V}{v_2}} \left[\left(-\frac{C_2}{2} + \frac{K_2 Q_2}{x_2^2} \right)^+ + \left(p_2 - \frac{C_2}{2} + \frac{K_2 Q_2}{x_2^2} \right)^+ \right] dx_2; \quad (5)$$

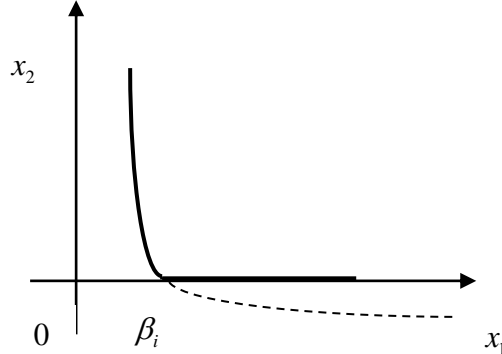
აქ ნიშანი “+” ფრჩხილების თავზე აღნიშნავს ფუნქციის დადებით ნაწილს.

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნის პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ მოდულის და დადებითი ნაწილის ადების ოპერაციები ართულებს ინტეგრალქვეშა ფუნქციებს, ისინი ერთი ანალიზური გამოსახულებით აღარ ჩაიწერება და ამიტომ მოგვიწევს ინტეგრების ინტეგრალის რამდენიმე ნაწილად დაყოფა, თუმცა ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში მიახლოებითი მეთოდებით ამ სისტემის ამოხსნა ხერხდება .

(4)-(5) განტოლებების მარცხენა ნაწილში მდგომ ინტეგრალქვეშა ფუნქციების პირველ შესაკრებს აქვს შემდეგი სახე:



თუ ჩავთვლით, რომ $p_i > \frac{C_i}{2}$ (რაც მოსალოდნელია რენტაბელური ეკონომიკის შემთხვევაში - გასაყიდი ფასი დანახარჯის ნახევარს აღემატება), მაშინ მეორე შესაკრებს მოღული მოეხსნება, ხოლო მარჯვენა ნაწილის პირველ შესაკრებს კი ექნება შემდეგი სახე:



ნახ.3

აქ β_i აღნიშნავს $-\frac{C_i}{2} + \frac{K_i Q_i}{x_i^2}, i=1,2$ ფუნქციების OX_1 ღერძის დადებით ნაწილთან გადაკვეთის წერტილების აბსცისებს:

$$\beta_i = \sqrt{\frac{2K_i Q_i}{C_i}}, i=1,2.$$

გამოვთვალოთ პირველი ტოლობის მარცხენა მხარეში მდგომი ინტეგრალი იმ შემთხვევაში, როდესაც

$$\alpha_1 < \beta_1 < x_1 \leq -\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1}$$

(შემთხვევა, როდესაც

$$\alpha_1 < x_1 < \beta_1 \leq -\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1} \text{ ან } \alpha_1 < x_1 \leq -\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1} < \beta_1$$

ანალოგიურად განიხილება).

$$\begin{aligned} \int_{\alpha_1}^{x_1} \left(\left| -\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right| + \left| p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right| \right) dx_1 &= \int_{\alpha_1}^{\beta_1} \left(-\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 + \int_{\beta_1}^{x_1} \left(\frac{C_1}{2} - \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 + \\ &+ \int_{\alpha_1}^{\beta_1} \left(p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 + \int_{\beta_1}^{x_1} \left(p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 = C_1(\alpha_1 - \beta_1) - \frac{2K_1 Q_1}{\beta_1} + \frac{2K_1 Q_1}{\alpha_1} + \\ &+ p_1 x_1 - p_1 \alpha_1 \end{aligned} \quad (6)$$

მარჯვენა მხარეში:

$$\int_{\alpha_1}^{-\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1}} \left[\left(-\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right)^+ + \left(p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right)^+ \right] dx_1 = \int_{\alpha_1}^{\beta_1} \left(-\frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 +$$

$$\begin{aligned}
 + \int_{\alpha_1}^{\frac{v_2 x_2 + V}{v_1}} \left(p_1 - \frac{C_1}{2} + \frac{K_1 Q_1}{x_1^2} \right) dx_1 = & -\frac{C_1 \beta_1}{2} - \frac{K_1 Q_1}{\beta_1} + \frac{C_1 \alpha_1}{2} + \frac{2K_1 Q_1}{\alpha_1} + \left(p_1 - \frac{C_1}{2} \right) \left(-\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1} \right) - \\
 & - \frac{K_1 Q_1}{-\frac{v_2}{v_1} x_2 + \frac{V}{v_1}}; \tag{7}
 \end{aligned}$$

(5) განტოლების ორივე მხარის ინტეგრალი ზუსტად ასევე გამოითვლება (აქაც ვგულისხმობთ, რომ

$$\alpha_2 < \beta_2 < x_2 \leq -\frac{v_1}{v_2} x_1 + \frac{V}{v_2}.$$

მათი საბოლოო სახეების მისაღებად შეგვიძლია (6)-(7) ფორმულებში ინდექსი “1” შევცვალოთ “2”-ით და პირიქით.

როგორც ვხედავთ, (4)-(5) განტოლებათა სისტემა დაიყვანება ორუცნობიან მეორე ხარისხის განტოლებათა სისტემაზე:

$$\begin{aligned}
 \frac{C_1 v_2^2}{2v_1^2} x_2^2 - \frac{p_1 v_2}{v_1} x_1 x_2 + \frac{p_1 v}{v_1} x_1 - \left(\frac{C_1 \alpha_1}{2} - \frac{C_1 \beta_1}{2} - \frac{K_1 Q_1}{\beta_1} - p_1 \alpha_1 - \frac{p_1 V}{v_1} + \frac{C_1 V}{v_1} \right) \frac{v_2}{v_1} x_2 + \\
 + \frac{v}{v_1} \left(\frac{C_1 \alpha_1}{2} - \frac{C_1 \beta_1}{2} - \frac{K_1 Q_1}{\beta_1} - p_1 \alpha_1 - \frac{p_1 V}{v_1} + \frac{C_1 V}{2v_1} \right) + K_1 Q_1 = 0 \\
 \\
 \frac{C_2 v_1^2}{2v_2^2} x_1^2 - \frac{p_2 v_1}{v_2} x_1 x_2 + \frac{p_1 V}{v_2} x_2 - \left(\frac{C_2 \alpha_2}{2} - \frac{C_2 \beta_2}{2} - \frac{K_2 Q_2}{\beta_2} - p_2 \alpha_2 - \frac{p_2 V}{v_2} + \frac{C_2 V}{v_2} \right) \frac{v_1}{v_2} x_1 + \\
 + \frac{V}{v_2} \left(\frac{C_2 \alpha_2}{2} - \frac{C_2 \beta_2}{2} - \frac{K_2 Q_2}{\beta_2} - p_2 \alpha_2 - \frac{p_2 V}{v_2} + \frac{C_2 V}{2v_2} \right) + K_2 Q_2 = 0,
 \end{aligned}$$

რომელიც ამოიხსნება მიახლოებითი მეთოდებით.

საქონლის მარაგის დაბეზვების მრავალპროტიპური ამოცანის ანალიზური ამოხსნის შუახსენი

დ.სიხარულიძე

რეზიუმე

განიხილება მარაგის მართვის ერთ-ერთი მოდელი, რომელშიც იგულისხმება, რომ საგემო პერიოდში მუდმივია საქონლის პარტიების მოცულობები, მათზე დანახარჯები და შენახვის ხარჯები, თუმცა თითოეული პარტიის გასაყიდი ფასი ცვალებადია. ამოცანა ყალიბდება, როგორც არაწრფივი ორკრიტერიუმიანი ამოცანა წრფივი შეზღუდვებით. ორი ტიპის საქონლის შემთხვევაში მოყვანილია ანალიზური ამოხსნა.

**ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ
ПЛАНИРОВАНИЯ ТОВАРНЫХ ЗАПАСОВ**

Д. СИХАРУЛИДZE

Резюме

Рассматривается одна из моделей управления запасами, в которой подразумевается, что в планируемый период постоянны объемы партий товаров, затраты на них и расходы на хранение, хотя рыночная цена каждой партии различна. Задача формулируется, как задача с двумя нелинейными критериями и линейными ограничениями. В случае двух типов товаров приводится аналитическое решение.

**TO ANALYTICAL SOLVE OF GOODS RESERVE PLANNING MULTICRITERIA
PROBLEM**

D. SIKHARULIDZE

Summary

One model of goods reserve control is considered in the paper. It implies, that in planning period the scopes of consignments of goods, their costs and storage expenditure are constant, although the prices of all consignments are different. The problem is formulated as a problem with two nonlinear criteria with linear constraints. Analytical solution is given in the case of two types of goods.

ლიტერატურა – REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. იოსავა ჯ., დავითაია ა. ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების გამოყენება ვაჭრობის მართვასა და დაგეგმვაში. თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1985.
2. Майсурадзе В. Об одном аналитическом методе нахождения решения многокритериальных задач. Тбилиси. Сборник трудов ЮЛППИ Института систем управления Арчила Элиашвили, №13, 2009.

ბრაფში უმოკლესი გზის პიკის ალგორითმების შედარებითი ანალიზი

ნ.ანანიშვილი, ნ.ოთხოზორია

natela.ananiashvili@iliauni.edu.ge, notkhozoria@cu.edu.ge

გრაფთა თეორიის ბევრი ამოცანა მოდის პრაქტიკული საჭიროებებიდან. გრაფში უმოკლესი გზების ძიება მეტად მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს საყოფაცხოვრებო თვალსაზრისით. ამდენად მეტად მნიშვნელოვანია შესაბამისი ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა. დღეისათვის არსებობს ბევრი ალგორითმი, რომლებიც რეალურ დროში იძლევიან სასურველ შედეგს. მხოლოდ საჭიროა ამ ალგორითმების მოქნილი რეალიზაცია და სათანადო პროგრამული პაკეტების შექმნა. ალგორითმების ეფექტურობის გათვალისწინებით ჩვენს მიერ ამ ნაშრომში შემოთავაზებულია გრაფში უმოკლესი გზების დათვლის ორი ალგორითმის: დეიქსტრის და ფორდ-ბელმანის დაპროგრამების ენაზე C++ ჩვენეული რეალიზაციის შედეგები. მოვიყვანოთ ეს ალგორითმები ბიჯების სახით: ვთქვათ, მოცემული გვაქვს $G(X, \Gamma)$ გრაფი n წვეროთი, სადაც X წვეროების სიმრავლეა, ხოლო Γ არის X -ის X -ში ასახვა. დეიქსტრის ალგორითმში იგულისხმება რომ წონები $c_{ij} \geq 0$ ($\forall i = 1 \dots n, j = 1 \dots n$).

ვთქვათ, $l(x_i)$ არის x_i წვეროს მონიშვნა.

საწყისი მნიშვნელობების მინიჭება

ბიჯი 1. ავიღოთ $l(s) = 0$ და ჩავთვალოთ ეს მონიშვნა მუდმივად. ავიღოთ $l(x_i) = \infty$, ყოველი $x_i \neq s$ და ჩავთვალოთ ეს მონიშვნები დროებითად. ავიღოთ $p = s$.

მონიშვნების განახლება

ბიჯი 2. ყოველი $x_i \in \Gamma(p)$ -სათვის, რომელთათვისაც მონიშვნები დროებითია, მონიშვნები შეეცვალოთ შემდეგი გამოსახულების შესაბამისად:

$$l(x_i) \leftarrow \min[l(x_i), l(p) + c(p, x_i)] \quad (1)$$

მონიშვნები რომლებიც მუდმივ მონიშვნებად გადაიქცევიან

ბიჯი 3. დროებითი მონიშვნების მქონე წვეროებს შორის ვიპოვოთ ისეთი, რომლისთვისაც:

$$l(x_i^*) = \min[l(x_i)] \quad (2)$$

ბიჯი 4. x_i^* -ის მონიშვნა ჩავთვალოთ მუდმივად და ავიღოთ: $p = x_i^*$.

ბიჯი 5. (i) (თუ საჭიროა ვიპოვოთ უმოკლესი გზა მხოლოდ s -დან t -მდე) თუ $p = t$, მაშინ $l(p)$ არის უმოკლესი გზა. ძეზის დასასრული.

(ii) (თუ საჭიროა s -დან ყველა დანარჩენ წვერომდე გზის მოძებნა)

თუ ყველა წვეროს აქვს მუდმივი მონიშვნა, მაშინ ეს მონიშვნები გვაძლევს უმოკლესი გზების სიგრძეებს. ძეზის დასასრული.

თუ კიდევ გვაქვს წვეროები დროებითი მონიშვნებით, მაშინ გადავიდეთ მე-2 ბიჯზე.

ფორდმა და ბელმანმა შეიმუშავეს ალგორითმი იმ სიტუაციისათვის როდესაც შესაძლებელია, რომ გრაფის წონები იყოს უარყოფითი. ახლა მოვიყვანოთ ფორდ-ბელმანის ალგორითმი ბიჯების სახით:

ვთქვათ $l^k(x_i)$ არის x_i წვეროს მონიშვნა $(k+1)$ -ე იტერაციის შემდეგ.

საწყისი მნიშვნელობების მინიჭება:

ბიჯი 1. ავიღოთ: $S = \Gamma(s)$, $k = 1$, $l^1(s) = 0$, $l^1(x_i) = c(s, x_i)$ ყოველი $x_i \in \Gamma(s)$ და $l^1(x_i) = \infty$ ყველა დანარჩენი x_i წვეროსათვის.

მონიშვნების განახლება

ბიჯი 2. ყოველი $x_i \in \Gamma(s)$ -სათვის ($x_i \neq s$), შეეცვალოთ მისი მონიშვნა შემდეგნაირად:

$$l^{k+1}(x_i) \leftarrow \min \left[l^k(x_i), \min_{x_j \in T_i} \{ l^k(x_j) + c(x_j, x_i) \} \right] \quad (3)$$

სადაც, $T_i = \Gamma^{-1}(x_i) \cap S$ (ახლა უკვე S სიმრავლე შეიცავს ყველა წვეროს, რომელთათვისაც უმოკლესი გზები s -დან შედგებიან k რკალისაგან).

T^i სიმრავლე შეიცავს იმ წვეროებს, რომელთათვისაც მიმდინარე უმოკლესი გზები შედგებიან k რკალისაგან (ე. ი. ის წვეროები, რომლებიც S -ში შედიან) და რომელთათვისაც არსებობს რკალები x_i წვერომდე. აღვნიშნოთ რომ თუ $x_i \in \Gamma(s)$, მაშინ

უმოკლესი გზა s -დან x_i -მდე არ შეიძლება შედგებოდეს $k + 1$ რკალისაგან და ამიტომაც x_i წვეროს მონიშვნის შეცვლა არ არის საჭირო. ავიღოთ $l^{k+1}(x_i) = l^k(x_i)$ (4).

დასრულების შემოწმება

ბიჯი 3. (ა) თუ $k \leq n - 1$ და $l^{k+1}(x_i) = l^k(x_i)$ ყოველი x_i -სათვის, მაშინ მიღებულია ოპტიმალური პასუხი და მონიშვნები უდრის უმოკლესი გზების სიგრძეებს. დასასრული.

(ბ) თუ $k < n - 1$ და $l^{k+1}(x_i) \neq l^k(x_i)$ რომელიღაცა x_i წვეროსათვის, მაშინ გადავიდეთ მე-4 ბიჯზე.

(გ) თუ $k = n - 1$ და $l^{k+1}(x_i) \neq l^k(x_i)$ რომელიღაცა x_i წვეროსათვის, მაშინ გრაფში არსებობს უარყოფითი წონის ციკლი და ამოცანას არა აქვს ამოხსნა. ძებნის დასასრული.

მომდევნო იტერაციის მომზადება

ბიჯი 4. განვაახლოთ სიმრავლე შემდეგნაირად:

$$S = \{x_i | l^{k+1}(x_i) \neq l^k(x_i)\} \quad (3)$$

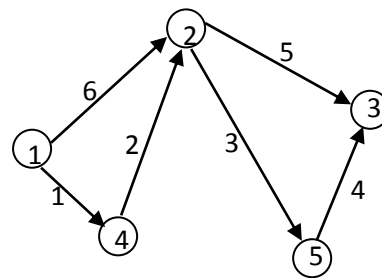
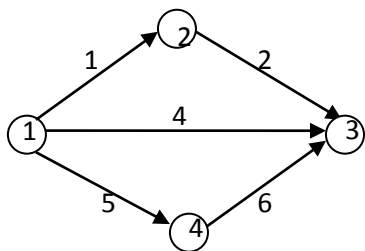
(ახალი S სიმრავლე შეიცავს ყველა წვეროს, რომელთათვისაც უმოკლესი გზები s -დან ამ წვეროებამდე შედგებიან $k + 1$ რკალისაგან).

ბიჯი 5. ავიღოთ $k = k + 1$ და გადავიდეთ მე-2 ბიჯზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დეიქსტრის ალგორითმის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც წონები არაუარყოფითებია $c_{ij} \geq 0$, ყოველი i და j -სათვის. მხოლოდ თუ გვჭირდება s -დან ყველა დანარჩენ წვერომდე უმოკლესი გზის მოძებნა, მაშინ როდესაც c_{ij} -ები შეიძლება იყოს უარყოფითიც, უნდა გამოვიყენოთ ფორდ-ბელმანის ალგორითმი. ამ უკანასკნელის შემთხვევაში გრაფი არ უნდა შეიცავდეს უარყოფით ციკლებს. ფორდ ბელმანის ალგორითმი ყოველ ბიჯზე მოითხოვს წინა იტერაციაზე მიღებული ყველა მონიშვნის დამახსოვრებას. ამავე დროს თუ შევადარებთ (1) და (3) ტოლობებს, (1)-ში თითოეული წვეროსათვის მხოლოდ ერთი შეკრება და ერთი შედარება გვჭირდება (3)-ში კი რამოდენიმე ყველა იტერაციაზე, რაც ზრდის თვლის დროს.

შეაფასოთ ახლა კონკრეტულად ოპერაციების რაოდენობა დეიქსტრის ალგორითმში თავდაპირველად "გადაიხედება" $(n - 1)$ მონიშვნა (შესრულებს შესაბამისად შეკრების ოპერაცია), შემდეგ აირჩევა უმცირესი $(n - 1)$ მონიშვნას შორის (შესრულებს შეკრების ოპერაცია), და ასე ყველა $(n - 1)$ იტერაციაზე. საბოლოო ჯამში გამოვა $3n(n - 1)/2$ ოპერაცია, მაშასადამე შეიძლება ითქვას რომ დეიქსტრის ალგორითმის სირთულე $O(1.5n^2)$ -ია. ვინაიდან დეიქსტრის ალგორითმში თითოეული წვეროს მონიშვნა ხდება ერთხელ, ხოლო ფორდის ალგორითმში $(n - 1)$ -ჯერ აქედან შეიძლება დავასკვნათ რომ ფორდ-ბელმანის ალგორითმის დროითი სირთულე არის $O(1.5n^3)$.

ჩვენ ორივე ალგორითმით დავითვალეთ უმოკლესი გზები 1 წვეროდან 3 წვერომდე შემდეგ გრაფებში:



და შესაბამისად პირველი გრაფისათვის მივიღეთ უმოკლესი გზის სიგრძე 3 და გზა: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$, თვლის დრო დეიქსტრის ალგორითმს დასჭირდა 8.06 მწმ, ფორდ-ბელმანის ალგორითმს 53.41 მწმ.

მეორე გრაფისათვის მივიღეთ უმოკლესი გზის სიგრძე 8 და გზა: $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 3$, თვლის დრო დეიქსტრის ალგორითმით 16.04 მწმ, ფორდ-ბელმანის ალგორითმით 99.1 მწმ.

შევნიშნოთ, რომ დეიქსტრის ალგორითმი მხოლოდ დადებითი წონების შემთხვევაში გამოიყენება. თუ გვაქვს უარყოფითი წონაც, მაშინ უნდა გამოვიყენოთ მოდიფიცირებული ალგორითმი, მაგ. ფორდ-ბელმანის.

ალგორითმების პროგრამული რეალიზაციისათვის შესაბამისი კოდი შედგენილია დაპროგრამების ენა C++-ზე. ტესტირება ჩატარდა სტანდარტული სიმძლავრის პერსონალურ კომპიუტერზე მონაცემებით: Intel(R) Pentium(R) Dual CPU E2220 2.40 GHz, 2.00 GB of RAM.

გრაფში უმოკლესი გზების ძიების ალგორითმების შედარებითი ანალიზი

ნ.ანანიშვილი, ნ.ოთხოზორია

რეზიუმე

გრაფში უმოკლესი გზების დათვლა უმნიშვნელოვანესი და ხშირად გამოყენებადი ამოცანაა. ამ ამოცანების ამოხსნის პრაქტიკული რეალიზაცია შესაძლებელია უკვე არსებული და აპრობირებული მეთოდების გამოყენებით. მნიშვნელოვნად ჩაეთვალიერა ორი მათგანის: დეიქსტრის და ფორდ-ბელმანის ალგორითმების რეალიზაცია, ვინაიდან დროითი სირთულით მნიშვნელოვნად უკეთესია დეიქსტრის ალგორითმი დადებით-წონიანი გრაფების შემთხვევაში უმჯობესია მისი გამოყენება, უარყოფითწონიანი გრაფების შემთხვევაში კი ფორდ-ბელმანის.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEARCHING FOR THE SHORTEST ROUTS OF GRAPH

Summary

N.ANANIASHVILI, N.OTKHOZORIA

Counting the shorrest routs in graphs is very useful and important task. The practical realization of the taks is possible due to already existed and tested approaches. We thought algorithm realizations of two – Deixtry and Ford-Belman important. We considered algorithm of Deixtry in case of positive-weighted graphs to be preferable as it it much better by complexity of time. As for in case of negative-weighted graphs we prefer algorithm of Ford-Belman.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В ГРАФЕ

Н.АНАНИАШВИЛИ, Н.ОТХОЗОРИЯ

Резюме

Расчет кратчайшего пути в графе является важнейшей и часто встречающейся задачей. Практическая реализация решения этой задачи возможна с использованием существующих и апробированных уже методов. Мы сочли важным реализацию двух из них: алгоритмов Дейкстра и Форда-Беллмана. Так как по временной сложности значительно лучше алгоритм Дейкстра, его выгоднее использовать в случае графов с положительными весами, а в случае графов с отрицательными весами лучше использовать алгоритм Форда-Беллмана.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. -М.: Мир, 1961. -321с.
2. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. -М.: Мир, 1978. -432с.
3. Свами М., Тхуласираман К., Графы, сети и алгоритмы. -М.: Мир, 198". - 444с.

მართვის სისტემები

CONTROL SYSTEMS

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ინტეგრალურ-ოპტიკური კომუტატორი 4x4

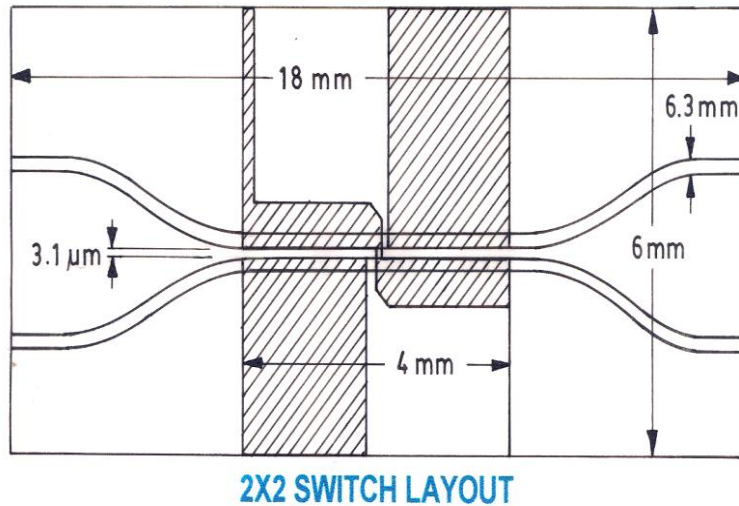
ზ. ბუაჩიძე, ა. ბიბინიძე, ა. ჭირაქაძე, ნ. ჭავჭავაძე

zbuachidze@yahoo.com, achiraqadze@yahoo.com, nkavlash@gmail.com

გადასაცემი და დასამუშავებელი ინფორმაციების მოცულობის მკვეთრად გაზრდა მოითხოვს საინფორმაციო ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარება, რაც გამოიხატება კავშირგაბმულობის ახალი საშუალებებისა და ალგორითმების შექმნაში. მიუხედავად იმისა, რომ აშკარაა ციფრული მიკროელექტრონიკის სწრაფი განვითარება და მნიშვნელოვანი მიღწევები, არსებობს პრობლემები, რომელთა გადაჭრა მიკროელექტრონული ტექნოლოგიებით ვერ ხერხდება. საინფორმაციო ტექნოლოგიების თანამედროვე მოთხოვნილებებს მნიშვნელოვანწილად აკმაყოფილებს მონაცემთა გადაცემის, დამუშავებისა და შენახვის ოპტოელექტრონული სისტემები. ამ მიმართულებით ფართოდ არის გამოყენებული ბოჭკოვან-ოპტიკური კავშირგაბმულობის სისტემები. ამ სისტემებს შეუძლიათ არსების სპექტრალური შემჭიდროვების გამოყენებით, რეგენერაციის გარეშე ინფორმაციის გადაცემა 5 ტერაბიტი/წმ-მდე სიჩქარით 1000 კმ-მდე მანძილზე.

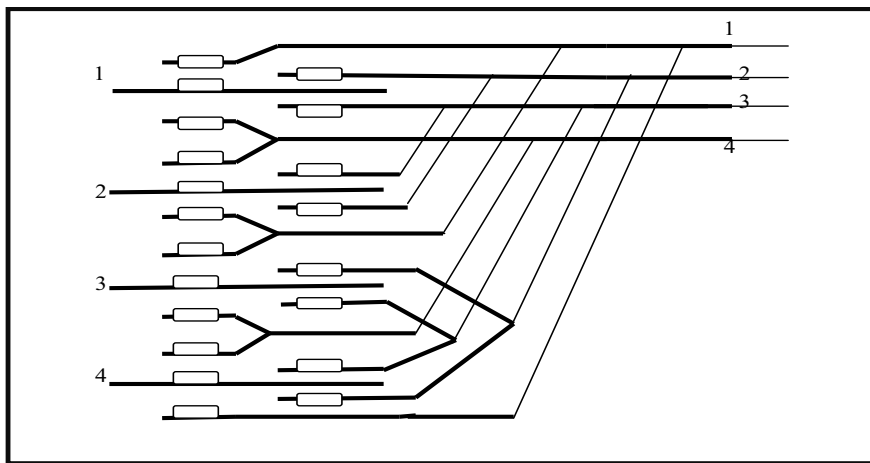
ოპტოელექტრონული სისტემების უპირატესობების სრული რეალიზაცია შესაძლებელია შესაბამისი ელემენტური ბაზის არსებობის შემთხვევაში. ამასთან დაკავშირებით დიდ სამეცნიერო და პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს ინტეგრალური ოპტიკის [1] ფუნქციონალური ელემენტები და მოწყობილობები, რომლებშიც ელექტრული სიგნალები გარდაიქმნებიან ოპტიკურ სიგნალებში და პირიქით. გარდა ამისა, ისინი საშუალებას იძლევიან ინფორმაცია დამუშავდეს ოპტიკურ დონეზე. ინტეგრალურ-ოპტიკური ელემენტები ხასიათდებიან: მუშა სიხშირეების ფართო დიაპაზონით, მცირე წონით და გაბარიტებით, დაბალი ენერგომოხმარებით (მოხმარებული სიმძლავრე მკვტ-ების რიგის), მაღალი საიმედოობით და მარტივი შეთავსებადობით ბოჭკოვან-ოპტიკურ ხაზებთან. თანამედროვე ეტაპზე ინტეგრალურ-ოპტიკური პასიური და აქტიური ელემენტები, როგორცაა ტალღამტარული პასიური (ლინზები, განმშტოვებლები, არსების შემკრებები, სელფოკები და ა.შ.) და აქტიური (მოდულატორები, დეფლექტორები, გადამრთველები, ნახევარგამტარული ლაზერები, ფოტომოდულატორები და ა.შ.) იწარმოება დიდი რაოდენობით და გამოიყენება ბოჭკოვან-ოპტიკურ კავშირგაბმულობის სისტემებში, რომელთა საფუძველზეც შექმნილია ინტერკონტინენტარული და გლობალური კავშირგაბმულობის თანამედროვე სისტემების უმრავლესობა. მიუხედავად ამისა, არსებობს მრავალი პრობლემა, რომელიც მოითხოვს ამ სისტემების როგორც ფიზიკო-ტექნიკურ, ასევე კონსტრუქციულ დახვეწას და გაუმჯობესებას.

წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია ინტეგრალურ-ოპტიკური აქტიური ელემენტი, კოპერენტული სინათლის ტალღამტარული კომუტატორ-გადამრთველი. ასეთი სახის კომუტატორ-გადამრთველები ფართოდ არის მოთხოვნილი ბოჭკოვან-ოპტიკურ კავშირგაბმულობის სისტემებში. დღესდღეობით ინტენსიურად მიმდინარეობს კვლევები ახალი გაუმჯობესებული მახასიათებლების მქონე კომუტატორ-გადამრთველების 2x2, 4x4 და 32x32 შესაქმნელად. გამოქვეყნებულ შრომებში [2-11] განხილულია სხვადასხვა კონფიგურაციისა და მახასიათებლების კომუტატორ-გადამრთველები. მაგალითად, სურ. 1-ზე ნაჩვენებია ზოლოვანი ტალღამტარული კომუტატორი 2x2-ზე [2]. მოცულობით ელექტროოპტიკურ კრისტალში მიღებულია 2 ზოლოვანი ტალღამტარი, რომელთა შორისაც მანძილი 3.1 მკმ-ია (დაშტრიხული უბნები ელექტროდებია). მათზე 30 ვ. ძაბვის მოდებით TM მოდის სინათლის სხივი ტალღის სიგრძით $\lambda=1.3$ მკმ ერთი არხიდან გადადის მეორეში. ნაშრომში [3] განხილულია სინათლის გადამრთველი 4x4-ზე და 32x32-ზე. გადამრთველი 32x32-ის საბაზო ელემენტია გადამრთველი 2x2-ზე. ამ შემთხვევაში სქემის სირთულის გამო (ზოლოვანი ოპტიკური არსების ურთიერთგადაკვეთის თავიდან აცილებისათვის) გამოყენებულია ერთმოდინი ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზები, რომლებიც საბოლოოდ ერთიანდებიან ინფორმაციის გადამტან ოპტიკურ კაბელში.



სურ.1 ინტეგრალურ-ოპტიკური გადამრთველი 2x2-ზე

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ინტეგრალურ-ოპტიკური გადამრთველის 4x4-ზე სქემა ნაჩვენებია სურ. 2-ზე. მოცულობითი კრისტალურ საფენად გამოყენებულია ელექტროოპტიკური კრისტალი LiNbO_3 , რომლის ელექტროოპტიკური კოეფიციენტი საკმაოდ მაღალია ($r_{33}=31\text{კმ/ვ}$, $r_{13}=9\text{კმ/ვ}$). მოცულობით კრისტალში ტალღგამტარული ფენის შესაქმნელად ფოტოლიტოგრაფიული ტექნოლოგიის გამოყენებით და Ti-ის თერმული დიფუზიით მიიღება $\text{LiNbO}_3:\text{Ti}$ ზოლოვანი ტალღგამტარები [5-6], რომელთა ზომებია: სიგანე 1.5 მკმ, სიღრმე ≈ 2 მკმ. მანძილი ზოლებს შორის შეადგენს 1.5 მკმ. ოპტიკური არხების ასეთი კონფიგურაცია უზრუნველყოფს $\lambda=1.3$ მკმ ტალღის სიგრძის სინათლის 1 TM მოდის გავრცელებას. მმართველი ძაბვა შეადგენს $\approx 15\text{ვ}$. გადართვის სიჩქარე დამოკიდებულია ელექტროდების კონფიგურაციაზე და შესრულების ტექნოლოგიაზე (ჩვენს შემთხვევაში შეადგენს $\approx 40\text{-}50$ პიკოწმ).



სურ. 2 ინტეგრალურ - ოპტიკური გადამრთველი 4x4

ელექტროდები, ერთმოდინი ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზი
 ზოლოვანი ტალღგამტარი

სურ. 2-ზე ნაჩვენებია მმართველი მეტალური (Au-ის ფენა) ელექტროდების ზოლოვან ტალღამტარებზე განლაგების სქემა. ტალღამტარებში გავრცელებული სინათლის ენერჯის მეტალურ ელექტროდებზე დანაკარგების მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით ტალღამტარებსა და ელექტროდებს შორის თავსდება თხელი (ტალღის სიგრძის რიგის) დიელექტრიკული (SiO_2) ბუფერული ფენა, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი ნაკლებია ტალღამტარის გარდატეხის მაჩვენებელზე. სურათზე ნაჩვენებია აგრეთვე ერთმოდინი ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზები, რომლებიც ცნობილი ტექნოლოგიებით [9] დაკავშირებულია ზოლოვან ტალღამტარებთან. ისინი გამოყენებულია ტალღამტარების ურთიერთგადაკვეთის თავიდან ასაცილებლად და ამასთანავე ქმნიან შორ მანძილებზე საინფორმაციო მონაცემთა გადაცემის ოპტიკურ კაბელებს.

ოპტიკური სიგნალების გადართვა-კომუტაცია წარმოდგენილ სქემაში ხორციელდება ელექტროდებზე ელექტრული სიგნალების მიწოდებით წინასწარ მოთხოვნილი არხების დასაკავშირებლად. კომუტატორში შემავალი 4 არხი შესაბამის ელექტროდებზე ძაბვის მოდებით უკავშირდება კომუტატორიდან გამომავალ ნებისმიერ არხს. მაგალითად, შემავალი პირველი არხი გვინდა დაუკავშიროთ გამომავალ მეოთხე არხს. ამისათვის საჭიროა ელექტრული სიგნალი მიეწოდოს ზემოდან მეორე და მარცხენიდან პირველი ელექტროდების წყვილს. ამ დროს $LiNbO_3$ კრისტალის შესაბამის ზოლოვან ტალღამტარებს შორის არსებული ზედაპირული ზოლის გარდატეხის მაჩვენებელი იზრდება ცენტრალური (არხი 1) არხის TM მოდის სინათლის სხივისათვის, რაც იწვევს ტალღამტარებს შორის არსებული ოპტიკური კავშირის კოეფიციენტის ზრდას და ოპტიკური სიგნალის მეზობელ არხში (კომუტატორიდან გამომავალი არხი 4) გადართვას.

წარმოდგენილი ოპტიკური კომუტატორ-გადამრთველის უპირატესობა არსებულ ანალოგებთან არის:

1. იგი ხასიათდება ყველა იმ უპირატესობებით, რაც გააჩნიათ ინტეგრალურ-ოპტიკურ აქტიურ ელემენტებს;

2. თითოეული ოპერაციის (სინათლის სხივის არხიდან არხში გადართვა) შერულებისათვის საკმარისია ერთი ელექტრული სიგნალის მიწოდება შესაბამის ელექტროდებზე, განსხვავებით არსებული სქემებისაგან, რომლებშიც იმავე ოპერაციის შესრულებას საშუალოდ 2 ელექტრული სიგნალი ესაჭიროება. სქემის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ერთმოდინი ზოლოვანი ტალღამტარებისა და ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზების კავშირების რაოდენობის გაზრდა, რაც იწვევს შეერთების წერტილებში ოპტიკური სიგნალის სიმძლავრის დანაკარგებს.

განხილული კომუტატორ-გადამრთველი შეიძლება გამოყენებულ იქნას საბაზო ელემენტად მონაცემთა გადაცემის ბოჭკოვან-ოპტიკურ გლობალურ ქსელებში, კომუტატორების (32 x32, 64 x64, 128 x128 და ა.შ.) შესაქმნელად, მისი მრავალჯერადი გამოყენებით. ჩვეულებრივ ამ ტიპის კომუტატორებს ემატება ოპტიკური გამამკლიერებლები, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია ინფორმაციის გადაცემის მანძილზე.

ინტეგრალურ-ოპტიკური კომუტატორი 4x4

ზ.ბუაჩიძე, ა.ბიბინიშვილი, ა.ჭირაქაძე, ნ.ყავლაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია კომუტატორ-გადამრთველი, შექმნილი $LiNbO_3:Ti$ ზოლოვან ტალღამტარის საფუძველზე. კომპერენტული ოპტიკური გამოსხივების გადართვა ზოლოვანი ტალღამტარიდან მეზობელ ტალღამტარში ხდება პოკელის წრფივი

ელექტროოპტიკური ეფექტის საფუძველზე. გადართვის სიჩქარე არის π ს რიგის, ხოლო გადამრთველი ელექტრული სიგნალის სიმძლავრე- μ ვ-რიგის.

INTEGRATE-OPTIC SWITCHER 4×4

Z.BUACHIDZE, A.GIGINEISHVILI, A.CHIRAKADZE, N.KAVLASHVILI

Summary

This article describes the commutating switcher 4x4 based on an integrated-optical strip waveguide. Switching of coherent light emission from one channel to another is performed due to linear electro-optic effect. Switching speed is of the order of π s and control voltage power - of the order of μ W.

ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ КОММУТАТОР 4×4

З. БУАЧИДЗЕ, А. ГИГИНЕИШВИЛИ, А. ЧИРАКАДЗЕ, Н. КАВЛАШВИЛИ

Резюме

В статье рассмотрен коммутатор-переключатель созданный на основе полоскового волновода $\text{LiNbO}_3:\text{Ti}$. Переключение когерентного оптического излучения с полоскового волновода в соседний полосковой волновод происходит на основе линейного электрооптического эффекта По克尔са. Скорость переключения - порядка π -ов. Мощность переключающего электрического сигнала- порядка μ вт-ов.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

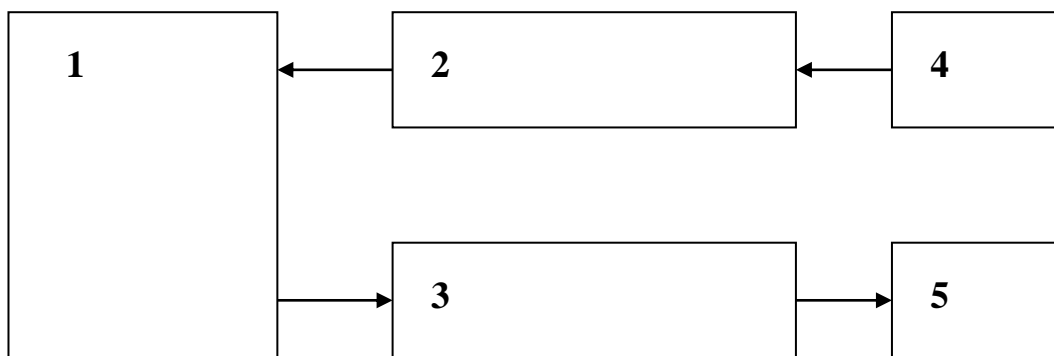
1. Ансперджер Р. Интегральная оптика: Теория и технология. – М.: Мир, 1985.
- 2.S.K. Lahiri and P. Ganguly LITHIUM NIOBATE INTEGRATED OPTICS: MODELING, SIMULATION AND EXPERIMENTS. Integrated Optics Laboratory Advanced Technology Development Centre Indian Institute of Technology Kharagpur-721 302, India. Pran@ece.iitkgp.ernet.in [Http://library.tuit.uz/skanir_knigi/book/volokonno_optich_seti](http://library.tuit.uz/skanir_knigi/book/volokonno_optich_seti)
3. ოპტიკური არხების გადამრთველი <http://www.computerra.ru/offline/1998/232/1055/>
4. A.Boyland, S. Mailis, J. M. Hendricks, P. G. R. Smith et al. Electro-optically controlled beam switching via total internal reflection at a domain-engineered interface in linbo_3 // Optical Communications - 2001. - v. 197 - p. 193-200.
5. Ju-Feng Liu, Yih-Bin Lin, Way-Seen Wang. Fine adjustment of the coupling length of a Ti-diffused linbo_3 directional coupler with a groove structure // Optical Technology Letters - 2001. - v. 29 - p. 301-303.
6. Геокчаев Ф. Г. Номер патента: 2107318 Класс(ы) патента: G02F1/295, G02F1/315 Номер заявки: 96107292/25 Дата подачи заявки: 09.04.1996 Дата публикации: 20.03.1998
7. Божевольный С.И., Бурицкий К.С., Золотов Е.М. и др. Исследование электрооптического модулятора на связанных канальных диффузных волноводах. Квантовая электроника, 1982, т. 9, № 9, стр. 1809-1816.
8. Fukuma M., Noda J. Optical properties of titanium-diffused linbo_3 waveguides and their coupling-to-fiber characteristics. Applied Optics, 1980, v. 19, No 4, pp. 591-597.
9. 10.Ramaswamy V., Divino M.D., Standley R.D. Balanced bridge modulator switch using Ti-diffused linbo_3 strip waveguides. Appl. Phys. Lett., 1978, v. 32, No 10, pp. 644 -646.
10. Suzuki S. Optical wavelength-divission multiplex transmission network device using transceiver having 2-input/ 2-output optical path switch. Patent EP 1043847, 2000 y.

**ხელოვნური მოკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების
დამუშავება თანამედროვე სემიოტაქნიკური საშუალებების გამოყენებით**
ნ. ჯავლაშვილი, ო. ლაბაძე, ლ. ბგარამაძე, ბ. პიძნაძე, თ. საანიშვილი

tapesa@mail.ru

ხელოვნური მოკროკლიმატის მართვის სისტემების დამუშავება და შექმნა წარმოადგენს რთულ კოპლექსურ ამოცანას, რომელიც მოიცავს რამდენიმე ეტაპს. მათ შორის ძირითადებია: სისტემის პროექტირება, დამზადება, ტესტირება და საბოლოო კორექტირება. სისტემის პროექტირება და დამზადება ერთმანეთთან დაკავშირებული ამოცანებია. მათი გადაწყვეტა დამოკიდებულია როგორც ობიექტის სირთულეზე, მის სტრუქტურასა და დამკვეთის მოთხოვნებზე, ასევე იმ მატერიალურ საშუალებებზე, რომლის დახარჯვაზე თანხმად დამკვეთი ამოცანიჯს გადასაწყვეტად. პრაქტიკულად ის წარმოადგენს კომპრომისულ ამოცანას რომლის კორექტული გადაწყვეტა ბევრადაა დამოკიდებული სწორი კომპრომისული პოლიტიკის არჩევაზე.

ხელოვნური მოკროკლიმატის მართვის სისტემის ტრადიციული სტრუქტურა [1,2] მოიცავს ცენტრალურ კომპიუტერს 1 და მასთან სხვადასხვა ტიპის ინტერფეისებით 2,3 დაკავშირებულ პირველადი ინფორმაციის გარდამქმნელებსა 4 და ობიექტზე ზემოქმედების მოწყობილობებს 5. ნახ.1



ნახ. 1

ცენტრალურ კომპიუტერზე რეალიზებულია სისტემის მართვის ალგორითმი. ასეთი მიდგომა არის უნივერსალური, რადგანაც ცენტრალური კომპიუტერზე ადვილად შესაძლებელია პრაქტიკულად ნებისმიერი სირთულის ალგორითმის რეალიზაცია და თანამედროვე მაღალი დონის ენების საშუალებით მომხმარებელთან ურთიერთობისათვის კომფორტული ინტერაქტიული სისტემის აგება. სირთულეს ამ შემთხვევაში წარმოადგენს ინტერფეისების აგება კომპიუტერსა და გარდამქმნელებსა და კომპიუტერსა და ობიექტზე ზემოქმედების მოწყობილობებს შორის. ეს გარემოება გამოწვეულია თანამედროვე უნივერსალური კომპიუტერის პორტების ჩამონათვალის სიმწირით (პრაქტიკულად მარტო USB პორტი), რომლებიც შეიძლება გამოვიყენოთ ზემოთ ჩამოთვლილ პერიფერიულ მოწყობილობებთან ციფრული ინფორმაციის გაცვისათვის. ანალოგიური ინფორმაციის გაცვლისათვის აუცილებელი ხდება აპარატურული საშუალებების დამატებაც ინტერფეისის სტრუქტურაში ანალოგიური და ციფრული ანალოგიური გარდამქმნელების სახით. ამასთან ორივე შემთხვევაში აუცილებელი ხდება სპეციალური პროგრამული დრეივერების შექმნაც USB პორტებთან ურთიერთობისათვის, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად ართულებს ამოცანას.

ხელოვნური მოკროკლიმატის მართვის სისტემის ინტერფეისების აგებისათვის აპარატურული პრობლემების გადაჭრის გამარტივებისათვის შესაძლებელია თანამედროვე მიკროკონტროლერების გამოყენება. მიკროკონტროლერები თავის სტრუქტურაში მოიცავენ, როგორც ანალოგიური და ციფრული სიგნალების შეტანა/გამოტანის შესაძლებლობებს, აგრეთვე სხვადასხვა ტიპის სტანდარტული ინტერფეისების რეალიზაციის აპარატურულ შესაძლებლობებს. მიკროკონტროლერების გამოყენების

სირთულე განპირობებულია მათი დაპროგრამირებისათვის დაბალი დონის ენის (ASSEMBLER) გამოყენების აუცილებლობით. ამასთან მიკროკონტროლერის ASSEMBLER-ზე პროგრამირებისათვის აუცილებელია სპეციალური მოწყობილობა – პროგრამატორი. თავად პროგრამირების პროცესი შრომატევადია და ითხოვს შემსრულებლისაგან მიკროკონტროლერის სტრუქტურის და შესაძლებლობების ზედმიწევნით ცოდნას.

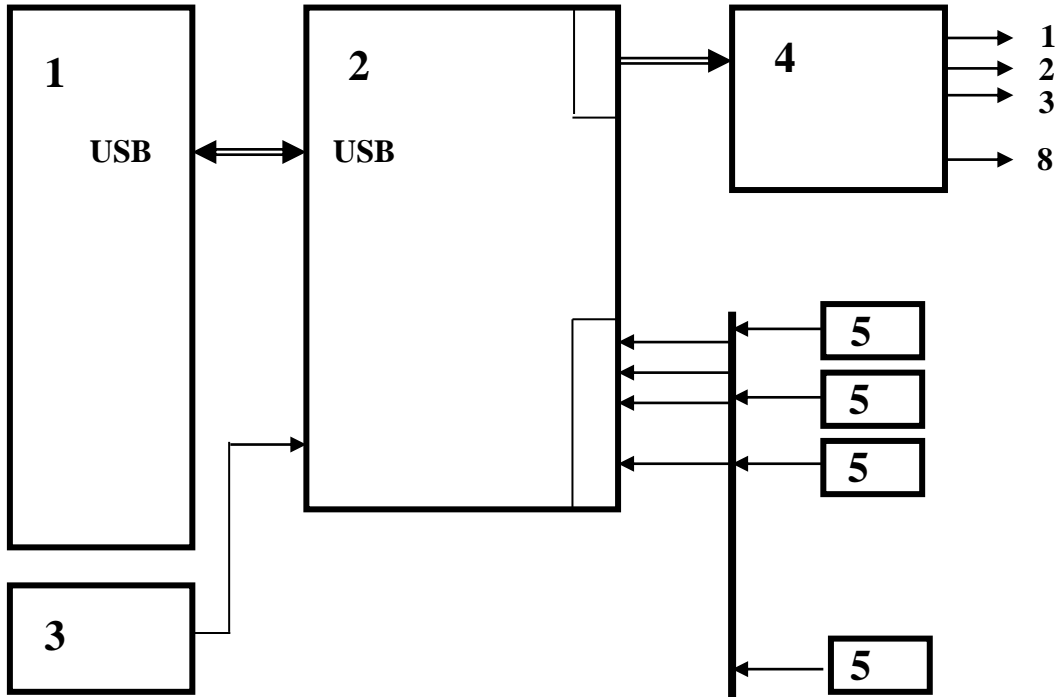
ბოლო წლებში ტექნიკური სისტემების სქემოტექნიკაში ერთერთ პერსპექტიულ მიმართულებათ ჩამოყალიბდა მათი კონსტრუირების დროს სხვადასხვა ფორმის მიკროკონტროლერების საფუძველზე აგებული ფუნქციონალურად დასრულებული ბლოკების გამოყენება, რომლებსაც გააჩნიათ ანალოგური და ციფრული სიგნალების შეტანა/გამოტანის შესაძლებლობები და სხვადასხვა ტიპის ინტერფეისები სხვა ბლოკებთან ინფორმაციის გაცვლისათვის. ბლოკში არსებული მიკროკონტროლერების დაპროგრამირებისათვის გამოიყენება სპეციალური ინტერაქტიული სისტემები რომელთა პროგრამულ საფუძველს წარმოადგენს პროგრამირების მაღალი დონის ენები ან მათი დიალექტები.

ნაშრომში განხილულია ერთერთ ასეთ პლატფორმის (Arduino) [3] გამოყენების შესაძლებლობა ხელოვნური მოკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების აგებისათვის. Arduino არის აპარატურული გამოთვლითი პლატფორმა, რომლის ძირითად კომპონენტებს წარმოადგენს ფირმა Atmel-ის Atmega328 ტიპის მიკროკონტროლერზე შესრულებული შეტანა/გამოტანის მარტივი დაფა და დამუშავების გარემო ენაზე Processing/Wiring, რომელიც წარმოადგენს C -ს დიალექტს. Arduino-ს დაფები იძლევა საშუალებას გამოვიყენოთ სისტემაში მიკროკონტროლერის შეტანა/გამოტანის გამოყენების დიდი ნაწილი. მაგალითად Arduino UNO-ს დაფაზე მისაწვდომია 14 ციფრული შესავალ/გამოსავალი, 6 მათგანს შეუძლიათ განივი იმპულსების გენერირებით ანალოგური სიგნალის გამოსავალის უზრუნველყოფა. 6 ანალოგური შესასვლელი უზრუნველყოფს შემაგალი სიგნალის დაქვანტვას 10 თანრიგიანი ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელით.

Arduino-ს დაფები დაპროექტებულია ისეთნაირად, რომ ისინი ქმნიან გაფართოებათ სისტემას ე.ი. მოთხოვნილების მიხედვით ისინი შეიძლება გავაფართოვოთ ახალი კომპონენტების დამატებით. ეს კომპონენტები წარმოადგენს ე.წ. გაფართობის დაფებს «shields». ისინი უერთდებიან ძირითად დაფას მასზე განლაგებული სპეციალური გასართების საშუალებით. არსებობს სხვადასხვა ფორმების მიერ შესრულებული სხვადასხვა ფუნქციებით დატვირთული ასეთი დაფები. ჩვენი სისტემის აგების დროს მიკროკლიმატის პარამეტრების (ტემპერატურისა და ტენიანობის) სამართი მოწყობილობებთან ინტერფეისის რეალიზაციისათვის გამოიყენებულია დაფა, რომელიც წარმოადგენს SainSmart ფირმის მოდულს SainSmart 8-Channel 5V Relay Module for Arduino DSP AVR PIC ARM-ის გამოიყენება Arduino-ს დაფის გამომავალი ციფრული სიგნალების გაძლიერებისათვის. ის ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით: შემაგალი სიგნალები 5ვ., 20მა., გამომავალი პარამეტრები AC250V 10A , DC30V 10A. მოდული უზრუნველყოფს 8 სიგნალის გაძლიერებას, რომლებიც გამოიყენება ტემპერატურის, ტენიანობის, ჰაერის ნაკადების მიმართულების შეცვლის მოწყობილობების მართვისათვის. მიკროკლიმატის პარამეტრების (ტენიანობის და ტემპერატურის) გაზომვისათვის სისტემაში გამოიყენებულია DHT-22 გარდამქმნელები, რომლებიც ხასიათდებიან შემდეგი პარამეტრებით: ტემპერატურა დიაპაზონი -40°C - $+120^{\circ}\text{C}$, ცდომილება $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; ტენიანობა 0-100% სიზუსტე 2-5%; მოხმარებული დენი 2,5მა; კვების ძაბვა 3,5-5ვ.

შემოთავაზებული სქემოტექნიკური გადაწყვეტილების საფუძველზე ქვემოთ მოყვანილია ხელოვნური მოკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემის სტრუქტურის რეალიზაცია. (ნახ.2.) სისტემა შედგება:

1. სტანდარტული PC კომპიუტერისაგან;
2. Arduino UNO ბლოკისაგან;
3. კვების ადაპტერისაგან;
4. SainSmart 8-Channel 5V Relay Module რელეების მოდულისაგან;
5. DHT-22 ტიპის შეთავსებულ ტემპერატურისა და ტენიანობის გარდამქმნელებისაგან.



ნახ.2

Arduino UNO ბლოკი USB გასართით შეერთებულია კომპიუტერის ერთსახელა პორტთან. ღია პროგრამული პლატფორმა იძლევა საშუალებას მარტივად მოვახდინოთ სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმის შესაბამისად აუცილებელი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა და გამართვა. კომპიუტერის მონიტორი გამოიყენება სისტემის მართვისას აუცილებელი მონაცემების შეტანისათვის და ასევე ტემპერატურისა და ტენიანობის მიმდინარე მნიშვნელობების ინდიკაციისათვის. სისტემაში შემავალი ბლოკები ჩვეულებრივად ფუნქციონირებისათვის აუცილებელ ენერჯიას იღებენ კომპიუტერის USB პორტიდან. 3 კვების ადაპტერი იძლევა საშუალებას ვამუშავოთ სისტემა ავტონომიურ რეჟიმში კომპიუტერისაგან დამოუკიდებლად.

შემოთავაზებული სისტემა გამოირჩევა რეალიზაციის სიმარტივით და მცირე ეკონომიკური დანახარჯებით აპარატურის შექმნაზე და მარტივია დაპროგრამირებისათვის.

ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების დამუშავება თანამედროვე სემიოტექნიკური საშუალებების გამოყენებით

ნ. ყავლაშვილი, ო. ლაბაძე, ლ. გვარამაძე, ბ. პიპნაძე, თ. საანიშვილი

რეზიუმე

განხილულია ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების კონტროლისა და მართვის სისტემების აგების თავისებურებები.

მოცემულია მართვის ტექნიკური სისტემების კონსტრუირების ერთერთი თანამედროვე საშუალების ფორმა Arduino-ს მოწყობილობების გამოყენების შესაძლებლობები.

ამ სექტორში გადაწყვეტილების საფუძველზე შემოთავაზებულია სისტემის სტრუქტურის რეალიზაცია რომელიც იძლევა საშუალებას 2-5 დისკრეტული წერტილიდან ორი პარამეტრის (ტემპერატურა, ტენიანობა) მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ობიექტზე განვახორციელოთ 8 სამართ ზემოქმედებამდე.

DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEMS OF THE PARAMETERS OF THE ARTIFICIAL MICROCLIMATE BY MEANS OF MODERN OPPORTUNITIES OF CIRCUITRY

N. KAVLASHVILI, O. LABADZE, L. GVARAMADZE, G. KIKNADZE, T. SAANISHVILI

Summary

The features of the construction of control systems of the parameters of the artificial microclimate are considered.

Possibilities of using Arduino platform in the design of technical control systems are presented.

Using such circuit solutions proposed implementation of a control system of artificial climate parameters, which on the basis of information received from 2-5 discrete points (temperature, humidity) allows to sell up to 8 control actions on the object.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ИСККУСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СХЕМОТЕХНИКИ

Н. КАВЛАШВИЛИ, О. ЛАБАДЗЕ, Л. ГВАРАМАДЗЕ, Г. КИКНАДЗЕ, Т. СААНИШВИЛИ

Резюме

Рассмотрены особенности построения систем контроля и управления параметрами искусственного микроклимата.

Представлены возможности использования платформы Arduino при конструировании технических систем управления.

На основе использования таких схемотехнических решений предложена реализация системы управления параметрами искусственного микроклимата, которая позволяет на основе полученной информации с 2-5 дискретных точек (температура, влажность) реализовать до 8 управляющих воздействий на объект.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. ბახტაძე, ლ. გვარამაძე, გ. კიკნაძე, ო. ლაბაძე. დიდი მოცულობის სათავსოებში მიკროკლიმატის პარამეტრების გადამწოდების სივრცეში განთავსების საკითხები. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომების კრებული, 2010, №14, გვ. 113-117.
2. ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, ლ. გვარამაძე. ინფორმაციის გარდაქმნის თანამედროვე მეთოდების გამოყენება თვითაწყობადი ადაპტური მართვის სისტემების აგების პრინციპების დამუშავებაში. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2010, №14, გვ. 118-126.
3. Massimo Banzi. Getting Started with Arduino. Released: December 2008, Pages: 128.

**მუღმივი მაგნიტუბის სტაციონარული ველის განაწილების კვლევა, მათი
თავისებურებანი და გამოყენების სფეროების დადგენა**

ო. ლაბაძე, ა. ლომია, ღ. ერემიანი, ვ. ბახტაძე, თ. ხუციშვილი

olabadze@gmail.com

მართვის სისტემების ასაგებად მნიშვნელოვანია ისეთი ენერჯის წყაროების გამოყენება, რომლებიც საიმედოდ უზრუნველყოფენ ქმედითი და შესატყვისი მექანიკური უკონტაქტო ოპერაციის ჩატარებას. მათ რიცხვს მიეკუთვნება მაგალითად, მიზიდვა, განზიდვა, აწევა, დაწევა, შემობრუნება და სხვა. ასეთი სახის ძალური მოქმედების ჩასატარებლად ხშირად იყენებენ მუდმივ მაგნიტს, ელექტრომაგნიტს, ან მაგნიტ-ელექტრომაგნიტიდან შედგენილ კომბინირებულ სისტემას [1,2].

უკონტაქტო ორპოზიციური მართვის სისტემის დამუშავებისას შესწავლილი იყო ორპოლუსა მაგნიტური ველების სივრცული განაწილება გარე სრული და სიმეტრულად შესრულებული ცილინდრული ფორმის (ზოგ შემთხვევაში სიმეტრულად ჩატრილი), ხოლო შიდა სხვადასხვა სახის ღრუების (ცილინდრის და ელიფსის ფორმის) მქონე მაგნიტებზე [3].

მიზაშეწონილად მივიჩნიეთ დამატებით გამოგვეკვლია ღრუების გარეშე მაგნიტების მაგნიტური ძალწირების განაწილების სახეები სრული ორპოლუსა სფეროსათვის და სრული პრიზმული ფორმის მაგნიტებისათვის. ამ მიზნით კვლევები ჩატარდა ჩვენს მიერ დამზადებული 37 მმ დიამეტრის მქონე ორ ნახევარსფერულ და რადიალურად (კერძოდ, გეომეტრიული ცენტრის გავლით) დამაგნიტებული ერთ ნახევარსფერულ, სრული სფერული ფორმის სახით შედგენილ და სრული პრიზმული ფორმის მაგნიტებზე.

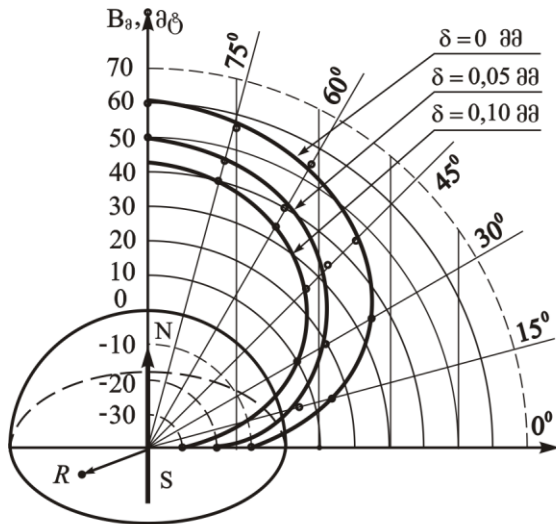
ნახ.1 და ნახ.2-ზე მოყვანილია ჩვენს მიერ დამზადებული ნახევარსფერული და სფერული ფორმის მაგნიტებზე ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების (ცხრილი 1) მრუდები. მოყვანილი რიცხობრივი მნიშვნელობები ასახავენ მაგნიტური ველის პოტენციალის ცვლილებას მაგნიტის ნახევარ და სრული სფეროს ზედაპირებზე სხვადასხვა არა მარტო α კუთხით წანაცვლებისას, არამედ ზედაპირიდან d მანძილით დაშორებით, შესაბამისად. მოყვანილი მახასიათებლებიდან ჩანს, რომ ნახევარსფეროს ფუძის პერიმეტრთან მიახლოებისას მაგნიტური ველის ძალწირები იცვლიან ნიშანს საპირისპიროდ, რაც ნიშანდობლივია, ვინაიდან მაგნიტური ველის ძალწირები სივრცეში ან თვით მაგნიტში გავლისას განაწილდებიან მაგნიტური წინაღობის მინიმალური მნიშვნელობების მქონე მაგნიტის და/ან საპარო უბნების გავლით. ეს მიუთითებს იმ გარემოებაზე, რომ მაგნიტურ ძალწირებს აქვს უნარი შეადწიოს მაგნიტის გულარში, რაც გამოიხატება გაზომვით მიღებული უარყოფითი მნიშვნელობებით.

ცხრილი 1

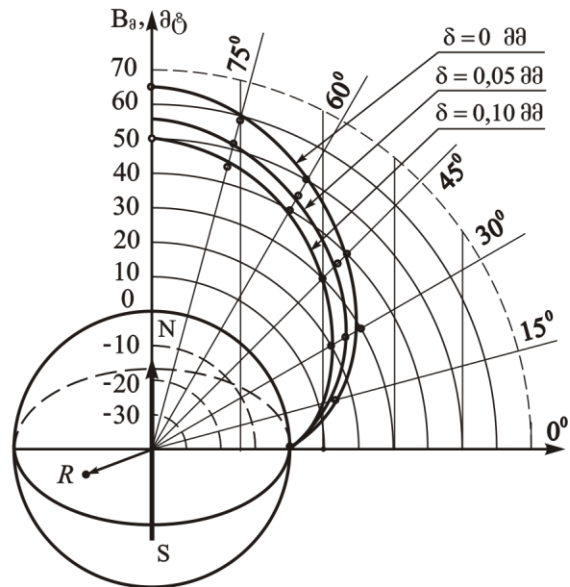
მექანიკური პარამეტრები						
მაგნიტის დიამეტრი პოლუსების გამყოფ ხაზზე						35.70, მმ
მაგნიტის დიამეტრი პოლუსებს შორის						36.00, მმ
იზოლაციის სისქე, d						
კუთხე გრადუსებში, $\alpha,^\circ$	$d=0$, მმ		$d=0.05$, მმ		$d=0.1$, მმ	
	<i>B</i> , მლტ ნახევარი სფერო	<i>B</i> , მლტ სრული სფერო	<i>B</i> , მლტ ნახევარი სფერო	<i>B</i> , მლტ სრული სფერო	<i>B</i> , მლტ ნახევარი სფერო	<i>B</i> , მლტ სრული სფერო
0°	-10	0	-20	0	-30	0
15°	15	15	5	15	-10	22
30°	35	30	18	25	10	20
45°	45	40	32	35	25	30
60°	52	50	40	45	34	40
75°	58	60	45	52	40	45
90°	60	65	50	56	45	50

არანაკლებ მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მაგნიტების გარემოცვის განსხვავებულ გეომეტრიულ წერტილებში მაგნიტური ველის ინდუქციის ცვლილება თვალსაჩინოა.

რაც მიუთითებს, რომ ერთის მხრივ, მაგნიტის ველი არ არის ერთგვაროვანი, მეორეს მხრივ კი მას შეუძლია აღძრას ელექტრომაგნიტური ძალა სხვა სახის ჩაკეტილ მოძრავ გამტარებში და ამის შედეგად მოხდეს მექანიკური ზემოქმედება ერთმანეთზე, მაგალითად მიზიდვა, განზიდვა ან სრული გაჩერება.



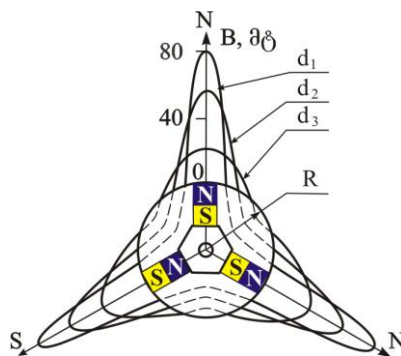
ნახ. 1



ნახ. 2

მნიშვნელოვანი იყო პრიზმული ფორმის მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის განაწილება სივრცის ისეთ გარემოში, რომელშიც ველი შეიქმნებოდა სამი იდენტური პრიზმული ფორმის მაგნიტისაგან, რომლებიც მდებარეობენ წესიერი ექვსწახნაგა ფორმის მქონე გამტარზე 120° წანაცვლებით (იხ. ნახ.3). მაგნიტები განლაგებულია წახნაგებზე თითო წახნაგის გამოტოვებით, წახნაგის გრძივი სიმეტრიის ღერძიდან სიმეტრიულად, რაც უზრუნველყოფს ფორმით სიმეტრიულ სამპოლუსა მაგნიტის შექმნას. ზემოაღწერილის ანალოგური გამოკვლევების ჩასატარებლად ნებისმიერ ცილინდრული ფორმის მაგნიტორბილ გამტარში (მაგალითად, სპილენძი, თითბური ან სხვა მასალა) იდენტური ზომის და თვისებების მქონე პრიზმული ფორმის მაგნიტები განთავსდა ჩაშენებით გამტარის ტანში ისე, რომ არ დაირღვა სიმეტრიულობა და აქედან გამომდინარე მაგნიტური ველის განაწილების განზოგადოებული სურათი.

შესაძლებელი იყო, რომ შევჩერებულიყავით მაგნიტების განთავსებით ექვსწახნაგა გამტარზე, მაგრამ გამოკვლევის სიზუსტისათვის გამოვიყენეთ ზემოთ აღწერილი ჩაშენების ხერხი, რომელიც უზრუნველყოფს 120° კუთხის მაღალი სიზუსტით დაფიქსირებას.



ნახ. 3

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია პრიზმული ფორმის მაგნიტების განთავსება არამაგნიტური, მაგრამ მაგნიტოგამტარი (სასურველია, მაგნიტორბილი) მასალისაგან დამზადებულ ცილინდრში.

ნახ. 3-ზე მოცემული ღერძები - შესაბამისი მაგნიტების მიერ შექმნილი პოლუსებია (N-S-N). პუნქტირის ხაზი - მაგნიტური ველის ამსახველი ძალწირების გაგრძელება ცილინდრის ტანში. მაგნიტები გარემოცვაში ცვლის მაგნიტური ველების სივრცეში გაგრძელების სურათს. ცილინდრის განივ ჭრილში ცვლით დადგენილი ძალწირების განაწილების სურათი ასახულია ცხრილ 2-ში. ვინაიდან ცილინდრის ტანში გაგრძელებული მაგნიტური ველის ძალწირები გაზომვას არ ექვემდებარებიან, ისინი ცხრილში აღნიშნულია ნულებით.

ცხრილი 2

$\alpha,^{\circ}$	$d_1=0,00\text{მმ}$	$d_2=0,37\text{მმ}$	$d_3=0,68\text{მმ}$	$d_4=0,90\text{მმ}$	$d_5=1,25\text{მმ}$	$d_6=1,55\text{მმ}$
0	80	52	40	32	22	22
2	72	50	40	30	20	20
4	62	45	36	28	18	18
6	50	45	36	28	18	18
8	32	28	22	15	12	12
10	12	12	15	10	10	10
12	0	6	6	7	7	8
14	0	0	4	5	6	7
16	0	0	0	0	3	3
18	0	0	0	0	2	2
20	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	1	2
106	0	0	0	2	4	4
108	8	5	4	3	6	6
110	32	10	8	7	8	8
112	45	16	15	14	13	11
116	68	40	25	20	15	14
120	70	46	36	31	22	18
122	57	46	36	31	20	18
124	50	41	35	30	19	18
126	43	37	32	25	17	15
128	30	28	25	20	15	12
130	8	17	18	13	11	10
134	0	1	6	5	5	4
138	0	0	4	5	5	4
140	0	0	0	2	2	2
142	0	0	0	0	0	0

გამოკვლევების შედეგების ანალიზით დადგინდა მაგნიტური ველის გაგრძელების თავისებურებანი. როგორც მოსალოდნელი იყო, შემოადწერილი მაგნიტებით შექმნილი გარე მაგნიტური ველი არ არის ერთგვაროვანი. ანათვლებით თუ ვიმსჯელებთ, ცილინდრის ზედაპირიდან დაშორებისას სარძობლად მცირდება მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის ინდუქცია, რაც ასევე მოსალოდნელი იყო.

ამ გარემოებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ასეთი სახის ველები შესაძლებელია გამოყენებელი იქნეს გარე მაგნიტური ველის შემოქმედებისას ბრუნვადი სხეულების წანაცვლების, მობრუნების, დაფიქსირების ან უცვლელ მდგომარეობაში გაჩერების დროს. მბრუნავი ან უძრავი მაგნიტების ველები იმოქმედებენ გამტარებზე, მაშინაც კი, როდესაც გარე მავალელები მართვის იმპულსები (იმპულსი) იქნება მოხსნილი, ხოლო მაგნიტური ძალწირები იქნება გადანაწილებული გარე მაგნიტურ მასალებში, ან მართვად ელექტრომაგნიტების გულარებში.

ამასთან, მაგნიტების პოლუსების ტორსების სიბრტყეში ველი კვაზიერთგვაროვანია, ხოლო გარეთ - არაერთგვაროვანი. ბოლო დასკენიდან გამომდინარეობს, რომ მაგნიტების გარშემო სივრცეში განაწილებული ველის ძალწირების სიმკვრივე ბევრად შესუსტებულია და ამიტომ ის ვერ იქონიებს გავლენას სისტემის (მაგნიტი-მაგნიტოგამტარი, ან მაგნიტი-ელექტრომაგნიტის გულარი) წონასწორობიდან გამოყვანაზე. ვინაიდან, მაგნიტის და ელექტრომაგნიტის გულარის ტორსებს შორის ველი ერთგვაროვანია, ხოლო საპირველი გარე ველის გრადიენტი პოლუსის ორივე მხარეს უარყოფითი ნიშნისაა (ანუ მისი ველის სიმკვრივე მცირდება), არ მოხდება წონასწორობის დარღვევა. ამიტომ საწარმოო პირობებში ვიბრაციების დროს სისტემა დამატებით უზრუნველყოფს სტაციონარულ რეჟიმში მყოფი მბრუნავი მაგნიტის საწყისი, ან შეცვლილი მდებარეობის შენარჩუნებას.

სამი დამოუკიდებელი კვანძისაგან შემდგარი სისტემა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სამპოზიციური მართვის სისტემის განხორციელებისათვის, რომლის ადგილმდებარეობა უცვლელი დარჩება მართვადი იმპულსის მოხსნის შემდეგ.

მუდმივი მაგნიტების სტაციონარული ველის განაწილების კვლევა, მისი თავისებურებების და გამოყენების სფეროების დადგენა

ო. ლაბაძე, ა. ლომია, დ. ერემიანი, ვ. ბახტაძე, თ. ხუციშვილი

რეზიუმე

მიღებულია ნახევარსფერული, სფერული და პრიზმული ფორმის მაგნიტებისგან შედგენილი სამპოლუსა მუდმივი მაგნიტების მაგნიტური ველის ძალწირების განაწილება მათ ზედაპირზე. დადგენილია მათი თავისებურებანი, თვისებები და გამოყენების სფეროები.

RESEARCH OF DISTRIBUTIONS OF STATIONARY MAGNETIC FIELD, THEIR PROPERTIES AND SCOPE OF APPLICATION

O. LABADZE, A. LOMIA., D. EREMYAN, V. BAKHTADZE, T. KHUTSISHVILI

Summary

Distribution of magnetic field lines on the surface of the tripole permanent magnets made from hemispherical, spherical and prism magnets are obtained. Their characteristics, properties and scope of application are established.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ЕГО ОСОБЕННОСТИ И УСТАНОВЛЕНИЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

О. ЛАБАДЗЕ, А. ЛОМИА, Д. ЕРЕМЯН, В. БАХТАДЗЕ, Т. ХУЦИШВИЛИ

Резюме

Получены распределения магнитных силовых линий на поверхности трехполюсных постоянных магнитов, составленных из магнитов, имеющих форму призм, полусфер и сфер. Установлены их характеристики, свойства и области их применения.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. ო. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე. ერთ სიბრტყეში მწკრივად განლაგებულ მაგნიტებზე დინამიური ძალების მოქმედების ანალიზი. საქართველოს მეცნ. აკად. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №5, 2001წ. გვ. 95-97.
2. ო. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე. ინდიკატორი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი” პატენტი P 3220. განცხადებულია 16.01.2002 წ., გამოქვეყნებულია 10.09.2003 წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საიფონრმაციო ბიულეტენი 2003 წ., № 17, გვ. 12.
3. ო. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე. უკონტაქტო ორხედური ინდიკატორის აგების ფიზიკური საფუძვლები. საქართველოს მეცნ. აკად. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. 1999წ. გვ. 109-112.

**უპონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის აბეზის ფიზიკური
საფუძვლები და თავისებურებანი**

ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, თ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე

olabadze@gmail.com

მასობრივი და კოლექტიური სარგებლობის ინფორმაციის ასახვის მრავალი ხერხი არსებობს: მექანიკური, ელექტრომექანიკური, ოპტიკური, ელექტრული, მაგნიტური და ელექტრომაგნიტური. ყველაზე სრულყოფილად მიიჩნევა ელექტრომაგნიტური მოვლენების გამოყენებით აგებული ინფორმაციის წყაროები ცვალებადი ნიშნით, ისეთი, როგორცაა ინდიკატორი [1], მარტივული ინდიკატორული ხელსაწყო [2], ცვლადი საინფორმაციო ნიშანი [3], ტაბლო [4], მრავალფეროვანი ინდიკაციის ხელსაწყო [5], მაგნიტური ველის ზემოქმედების გამოყენების საშუალებით აგებული მბრუნავი ინდიკატორი [6].

სამპოზიციური ინდიკატორი გამოიყენება სარეკლამო ინდუსტრიაში ან მართვადი საგზაო ნიშნების ასაგებად. ისინი უზრუნველყოფენ არა მარტო უსაფრთხო მოძრაობას საავტომობილო მაგისტრალზე ბუნებრივი პირობების შეცვლის დროს (წვიმა, ქარი და სხვა) სინქარეზე შეზღუდვების დაწესებით [7], არამედ, პიკის საათებში, რიგების რაოდენობის პერიოდული ცვლილებით.

მოქნილი დინამიური სისტემის შექმნა იძლევა საშუალებას მომავალში დავამუშაოთ საგზაო ნაკადების მართვის (გადანაწილების სახით) დინამიური ალგორითმები, რაც საშუალებას მოგვცემს მაქსიმალურად გამოვიყენოთ ხელთ არსებული ტექნიკური რესურსები და თავიდან ავაციოთ გარემოს დაბინძურებას გამონახობილების სახით.

ტერმინი “სამპოზიციური დინამიური ობიექტი” ძირითადად დაკავშირებულია სამპოზიციური ინფორმაციის ამსახველ მოწყობილობებთან, რომლებშიც წინასწარ მიცემული დროის შუალედის გავლის შემდეგ, ხედური ინფორმაციები პერიოდულად ენაცვლებიან ერთმანეთს. ასეთი სახის სისტემა შედგება რამდენიმე (3-დან 100-მდე ან მეტი) იდენტური მბრუნავი კვანძისგან და განლაგებულია ერთ სიბრტყეში. მონაცვლე ხედური ინფორმაციის შეცვლა შესაძლებელია მმართველი კვანძების 120⁰-იანი კუთხით შემობრუნებით ერთდროული, მიმდევრობითი ან უბან-უბან ერთდროული ან სხვა კომბინირებული ხერხის გამოყენებით. ასეთი ტექნიკური ამოცანის გადასატრედად იყენებენ შემობრუნების გადაცემის მექანიკურ ან ელექტრომაგნიტურ ხერხს. ცნობილი ელექტრომაგნიტური ხერხის გამოყენებით ინფორმაციის მატარებელი ფირფიტა შემობრუნდება არა თავისი სიმეტრიის ღერძის, არამედ ერთ-ერთი პირობითად დაფიქსირებული და წიბოსთან დაკავშირებული ღერძის გარშემო, რაც უმეტეს შემთხვევაში პრაქტიკაში გამოიყენებელია. ბრუნვის განხორციელების მექანიკურ ხერხებს შორის გამოიყენება სამი ტიპის შემსრულებელი მოწყობილობები, რომლებიც კინემატიკურად დაკავშირებულია ერთმანეთთან ღვედური, ჯაჭვური ან კბილანური გადაცემით, შესაბამისად. აქედან გამომდინარეობს, რომ ინფორმაციის შეცვლისათვის არსებობს სამი მიდგომა. ტექნიკის განვითარების დღევანდელ პირობებში ბრუნვის გადაცემა ძირითადად ექვსწახნაგას გამოყენებით ხორციელდება, რომელიც ბიჯური ამძრავის ზემოქმედებით შეუჩერებელი ბრუნავს, ხოლო მასზე განთავსებული ერთნაირი გეომეტრიული ფორმის, მაგრამ პერიმეტრზე განთავსებული სხვადასხვა ოდენობის მავალბელი კბილანები შედიან რა მექანიკურ კავშირში მათ მიმართ 90⁰-ით განლაგებული ფირფიტის მოსაბრუნებელ კბილანებთან, აიძულებენ მას მობრუნდნენ მავალბელი კბილანებით განსაზღვრული კუთხით. ექვსწახნაგას მიერ სრული მობრუნების შემდეგ ფირფიტის მობრუნება განმეორდება.

განხილული მექანიკური შემობრუნების მეთოდის ღირსებებია: კბილანური მექანიკური გადაცემა, რომელიც ამოორიცხავს ბრუნვით გამოწვეული მიღვევადი რხევების გამოწვევას და ხედური ინფორმაციის შეცვლის საიმედოობა. ნაკლოვანებების რიცხვს მიეკუთვნება: აუცილებელი კინემატიკური კავშირი, ანუ ის, რომ მექანიკური კონტაქტის გარეშე მისი ფუნქციონირება შეუძლებელია; ინფორმაციის განახლების (შეცვლის) და პერიოდულობის შუალედები პირდაპირ დაკავშირებულია მბრუნავი ღერძის კუთხურ სინქარეზე და არჩეული კბილანების რიცხვზე; ენერჯის დიდი მოხმარება (ექვსწახნაგა ღერძი გაუჩერებლად ბრუნავს სადღეამისო რეჟიმში გამორთვამდე); ინფორმაციის ამსახველი ღრუ სამკუთხა პრიზმის ფორმის ელემენტები ვერ შექმნიან, მაგალითად, წრიულ, ელიფსურ ან ოვალურ ხედურ სიბრტყეს, ვინაიდან ბრუნვის მავალბელი ღერძი

ექსპლანაგაა და შეუძლია იბრუნოს მხოლოდ ერთი წრფის გასწვრივ. შესაძლებელია შეიქმნას უბან-უბან წრფივი უბნები, მაგრამ მაშინ ბრუნვის გადაცემა შეუძლებელი იქნება, თუ დამატებით არ გამოვიყენებთ სპეციალურ კბილანურ ან სხვა სახის მოქნილ ბრუნვის გადამცემ მოწყობილობას, რაც ამცირებს საიმედოობას და ზრდის არა მარტო მოხმარებული ელექტრული ენერჯის ხარჯს, არამედ შემოაქვს დამატებითი ხარჯები კინემატიკურ ელემენტების დამზადებაზე, მის მონტაჟზე და გაწობაზე.

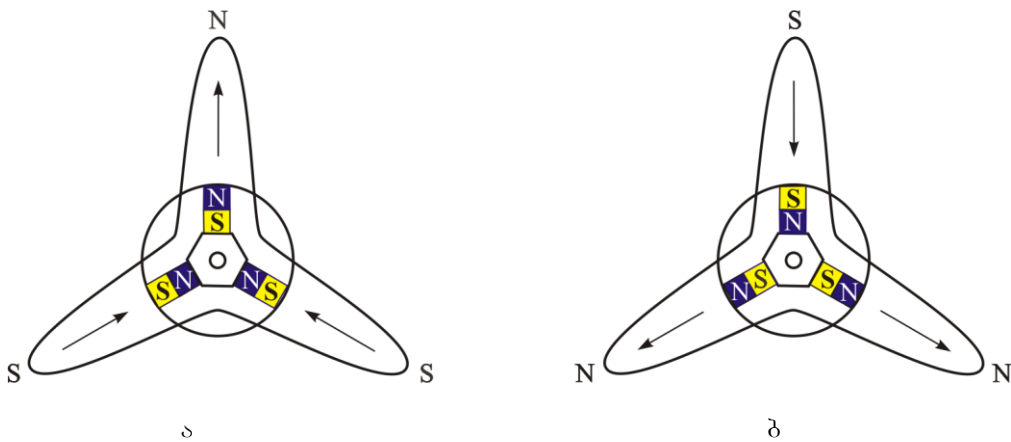
უკონტაქტო სამპოლიციური დინამიური ობიექტის მართვის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელია დადგინდეს ძალური ზემოქმედების ფიზიკური საფუძვლები და შემდეგ გამოვლინდეს თავისებურებანი, რომელთა გათვალისწინებით აიგება მართვის ალგორითმი და სისტემა.

ამოცანის გადაწყვეტას საფუძვლად უდევს ელექტრომაგნიტების და მუდმივი მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველების ურთიერთმოქმედება როგორც სტატიკაში, ასევე დინამიკაში.

განვიხილოთ ცილინდრული ფორმის მაგნიტოგამტარი (მაგალითად, სპილენძი ან თითბერი), რომელშიც განთავსებულია (ჩაშენებულია) სამი ფორმით, ზომით და შემადგენლობით იდენტური წესიერი პრიზმული ფორმის მაგნიტები. მაგნიტები ერთმანეთის მიმართ განთავსებულია ისე, რომ მათი გრძივი სიმეტრიის ღერძები და სიბრტყეები ერთმანეთის მიმართ შეადგენენ 120° -იან კუთხეებს (იხ. ნახ.3ა და ნახ.3ბ), ხოლო პოლუსების თავები იმყოფებიან ცილინდრის გარე ზედაპირზე.

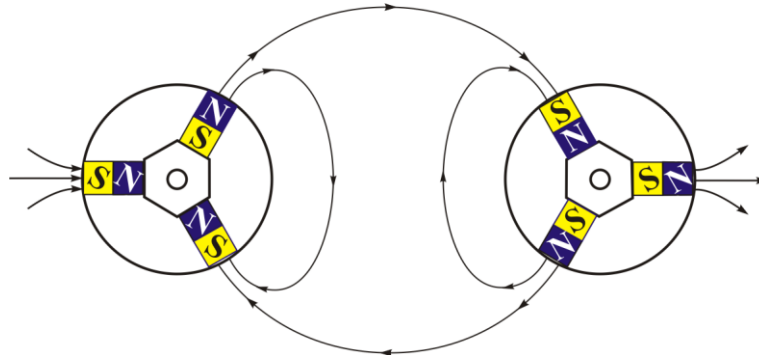
მართვის განხორციელებისათვის აუცილებელია, რომ ერთი სახის პოლუსი იყოს განთავსებული ორ სხვა პოლუსს შორის, ვინაიდან ორი სახის პოლუსის არსებობის შემთხვევისას განსხვავებული სამპოლუსა მაგნიტების შექმნა შესაძლებელია სულ ორი ხერხით (S-N-S) და (N-S-N).

იდენტური ზომის და თვისებების მქონე პრიზმული ფორმის მაგნიტები ჩაშენებით განთავსდებიან ცილინდრის ტანში ისე, რომ არ დაირღვევა სიმეტრიულობა და აქედან გამომდინარე მაგნიტური ველის განაწილების განზოგადოებული სურათი.



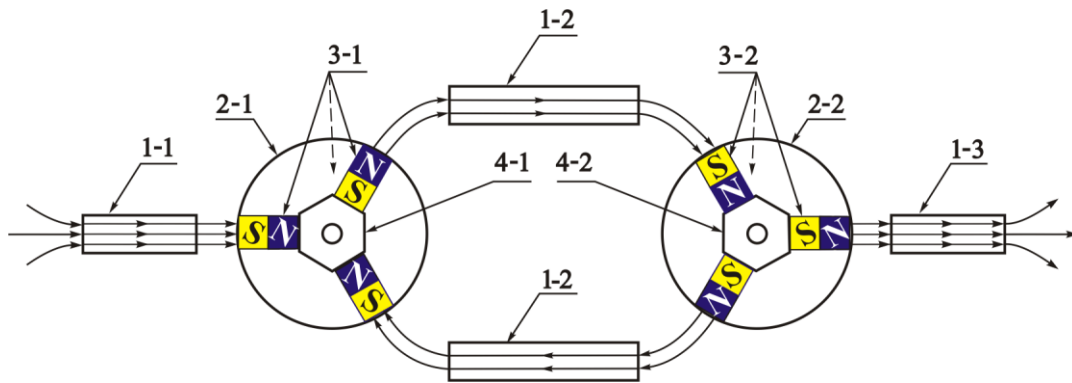
ნახ. 3

ნახ. 3ა და 3ბ მოყვანილია იდენტური პრიზმული ფორმის ერთნაირი მაგნიტების განთავსება (ჩაშენება) არამაგნიტურ, მაგრამ მაგნიტოგამტარი (სასურველია, მაგნიტობილ), მასალისაგან დამზადებულ ცილინდრში. ერთმანეთისაგან განსხვავებული სამპოლუსების (S-N-S) და (N-S-N) მაგნიტები გარემოცვაში ცვლის მაგნიტური ველების სივრცეში გავრცელების სურათს. სიბრტყულ ჭრილში ძალწირების განაწილების სურათი მოყვანილია ნახ. 4-ზე იმის გათვალისწინებით, რომ სივრცეში მაგნიტური ველის ძალწირები განთავსდებიან ისე, რომ ისინი პოულობენ უმცირესი წინააღობის მქონე უმოკლეს მანძილებს აირში. ცნობილია, რომ ძალწირები არ გადაიკვეთებიან (ეს დასტურდება ექსპერიმენტალურად).



ნახ. 4

მოყვანილი მაგნიტური ველის განაწილების სურათი საშუალებას იძლევა განვასორცელოთ მათზე ქმედითი ზემოქმედება ელექტრომაგნიტების გამოყენებით. ერთის მხრივ ცნობილია, რომ თვით ელექტრომაგნიტების მაგნიტოგამტარი გულარები ახდენენ მის გარემოცვაში მაგნიტური ველების კონცენტრირებას იმისდა მიუხედავად, არის ჩართული ელექტრომაგნიტი თუ არა. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ველები მიმართულია თანხვედრად. საპირისპირო მიმართულების ველების არსებობის შემთხვევაში მაგნიტოგამტარში ველები პირობით “ეჯახებიან” ან ავიწროებენ ერთმანეთს და ამიტომ მაგნიტური ველის გატარებას ადგილი თითქმის არა აქვს. თუ ველი იპოვის ნაკლები წინააღმდეგობის გამტარს (გარემოს), მაშინ შესაძლებელია მაგნიტური ველი გადანაწილდეს ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე. ზოგადად მაგნიტოგამტარი იზიდავს გარემოცვაში არსებულ ან ხელფენურად შექმნილ მაგნიტური ველის ძაღწირებს და ამით განაპირობებს მათ გადანაწილებას სივრცეში. ზოგ შემთხვევაში მას უნარი შესწევს “გაწყვიტოს” საპირისპიროდ მიმართული მაგნიტური ველის ძაღწირები (იხ. ნახ.4) და გადაანაცვლოს ის მაგნიტოგამტარებში (იხ. ნახ. 5, მაგნიტოგამტარები 1-2), რაც ჩვენს შემთხვევაში მომგებიანია, ვინაიდან მუდმივი მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ენერჯის დანაკარგი შემცირდება მინიმუმამდე.



ნახ. 5

ნახ. 5-ზე მოყვანილია მაგნიტებით შექმნილი მაგნიტური ველის განაწილება მაგნიტური გულარების შემოტანის შემდეგ. სქემა შეიცავს: 1-1, 1-2 (ორი ცალი) და 1-3 მაგნიტოგამტარებს; 2-1 და 2-2 ცილინდრული ფორმის მქონე მაგნიტორბილ მასალებს, რომელშიც სიმეტრიულად განთავსებულია სამპოლუსები (S - N - S) და (N - S - N) მაგნიტები 3-1 და 3-2, შესაბამისად; და 4-1 და 4-2 ექვსწახანაგებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ არა მარტო მაგნიტების სიმეტრიულ განთავსებას 120° კუთხით, არამედ სტაციონარული მბრუნავი დერძის ადგილმდებარეობების დაფიქსირებას.

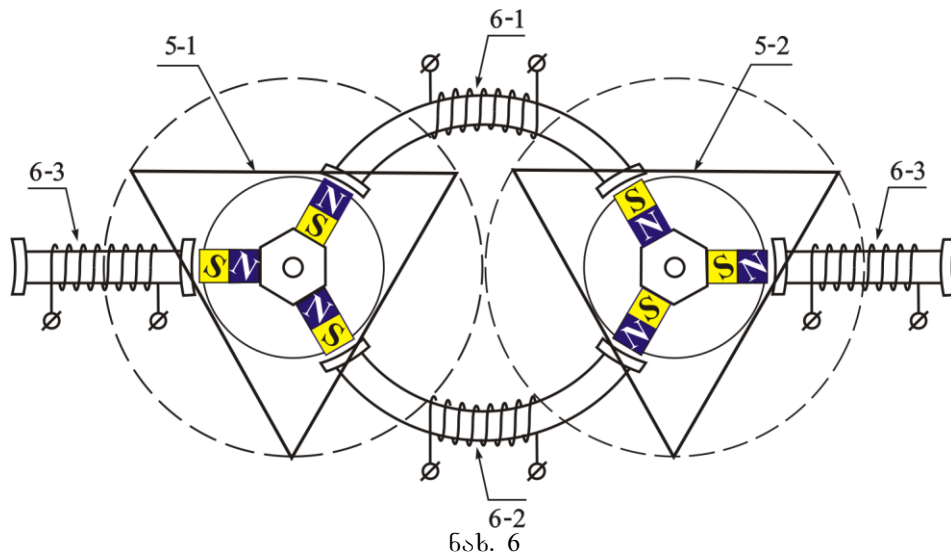
სქემის სიმეტრიულობის დაცვის შემთხვევაში სისტემას შეუძლია თვითონ დაიკავოს საწყისი ნულოვანი მდგომარეობა იმ შემთხვევაში, თუ მაგნიტების მიერ შექმნილი ველის ენერჯია აღემატება საკისრებში მექანიკური წინააღმდეგობის დაძლევის ენერჯიას.

ელექტრომაგნიტის ჩართვის შემთხვევაში მაგნიტოგამტარში წარმოიქმნება ველი იმ მიმართულებით, რომელსაც განაპირობებს ელექტრომაგნიტში მიწოდებული მუდმივი ან იმპულსური დენის მიმართულება. ელექტრომაგნიტის მომჭერებზე მიწოდებული დენის

პოლარობის შეცვლისას მაგნიტოგამტარში შეიცვლება მაგნიტური ველის მიმართულება, რაც გამოიწვევს ზემოქმედების შეცვლას მბრუნავი დაფიქსირებული დერძის გარშემო. ჩვენს შემთხვევაში ბრუნავ ელემენტებს წარმოადგენენ სამი მაგნიტის შემცველი ცილინდრები.

მართვის და ამავედროულად ერთი მიმართულების მოძრაობის განხორციელებისათვის უძრავი ელექტრომაგნიტების და მბრუნავი ელემენტების ზემოქმედება უნდა იყოს შეთანხმებული (და არა კონფლიქტური). ცხადია, რომ, ჩვენს შემთხვევაში, ელექტრომაგნიტს აქვს ორი პოლუსი. ამიტომ მწკრივში განთავსებული ელექტრომაგნიტი – მაგნიტის წყვილები ცალსახად ერთმანეთს უნდა ენაცვლებოდეს.

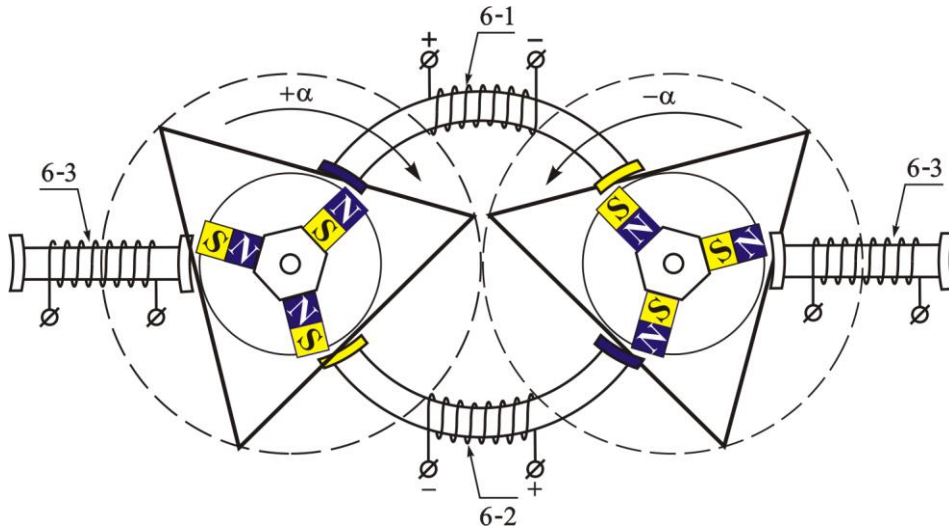
ნახ. 6-ზე მოყვანილია ორი მბრუნავი მაგნიტის და მათ შორის უძრავად განთავსებული ოთხი ელექტრომაგნიტის სტრუქტურული სქემა, რომლებიც უზრუნველყოფენ თითოეული მბრუნავი ელექტრომაგნიტის სხვადასხვა, მაგრამ ჩვენს მიერ არჩეული მიმართულებით მოძრაობას.



საწყის მდგომარეობაში ელექტრომაგნიტების გულარები უზრუნველყოფენ მბრუნავი მაგნიტების საწყის მდგომარეობაში განთავსებას. მოყვანილ შემთხვევაში ელექტრომაგნიტები ჩართული არ არიან, ვინაიდან მართვის სიგნალები არ მიეწოდება და შესაბამისად არ არის შეფერადებული მათი პოლუსები. შესაძლებელია ისეთი შემთხვევა, როდესაც მბრუნავი მაგნიტების მაგნიტური ველის დაძაბულობა თვით გამოყენებული მაგნიტების ფიზიკური თვისებებიდან გამომდინარე იყოს იმდენად სუსტი, რომ საწყისი მდებარეობა მაგნიტებმა ვერ დაიკაონ. ანუ ღრუ სამკუთხა პრიზმების 5-1 და 5-2 (იხ. ნახ.6) წახნაგები (ხელური ინფორმაციის მატარებლები და გამომსახველი) არ ან ვერ განთავსდნენ ერთ სიბრტყეში. ამ შემთხვევაში ელექტრომაგნიტების მიერ შექმნილი ველები გადაძლევს ამ მდგომარეობას და მყისიერად მაგნიტებს მოაბრუნებენ და დააყენებენ საწყის მდგომარეობაში. ამ მოქმედების შესასრულებლად საკმარისია მივაწოდოთ მოკლე ერთპოლარული მმართველი იმპულსები, მაგალითად, ზედა რკალისებურ და ორ კიდურა ელექტრომაგნიტებს. ამ მოქმედების ჩატარების შემდეგ ელექტრომაგნიტები გამოირთვება, ვინაიდან თვით მაგნიტები თავისი მაგნიტური ველის ზემოქმედებით უზრუნველყოფენ მდებარეობის შენარჩუნებას, მაშინაც როცა, სხვადასხვა მიზეზების გამო იმოქმედებს მექანიკური რხევები, მაგალითად, მაღალ ან დაბალ სიხშირული ვიბრაცია. ეს განპირობებულია იმით, რომ შეკრული მაგნიტური სისტემის ადგილმდებარეობიდან გამოყვანას სჭირდება სისტემის ჯამური მაგნიტურ ენერგიაზე გაცილებით მეტი მექანიკური ენერგია.

ხელური ინფორმაციის შეცვლა ხორციელდება საწყის გამართულ მდგომარეობაში მყოფი სამაოზიციური ხელური ინფორმაციის ინდიკატორის ნახ.6-ზე მოყვანილი სქემის ამოქმედებით. 120⁰-ით მობრუნებისას მართვად 6-1 და 6-2 ელექტრომაგნიტებს მიეწოდება ერთი და იგივე პოლარობის (მოყვანილ შემთხვევაში უარყოფითი) და ერთნაირი ამპლიტუდის მქონე იმპულსები. 6-3 ელექტრომაგნიტი ამ პირველი მოქმედების განხორ-

ცილებაში არ იღებს მონაწილეობას. მაგნიტების და მათთან მყისიერად დამაგრებულ ღრუ სამკუთხა პრიზმების მოძრაობა დასრულებდა ოპერაციის დასრულების შემდეგ, ან 60° კუთხით შემობრუნების შემდეგ, როდესაც დაძრულ მბრუნავ ელემენტებს შეძენილი ინერციით შეუძლიათ მოძრაობის გაგრძელება. ოპერაციის დასრულების შემდეგ ყველა ელექტრომაგნიტი გამოირთვება, ხოლო დაფიქსირებული ხედური ინფორმაცია ინარჩუნებს ახალ მდგომარეობას მაგნიტებს შორის გადანაწილებული ველის მეშვეობით. ანუ ხედური ინფორმაციის შეცვლის ინტერვალში ენერჯის ხარჯს ადგილი არა აქვს. მომდევნო ანუ 240° -ით მობრუნების განხორციელებისას ირთვება მხოლოდ 6-1 და 6-3 ელექტრომაგნიტები, ხოლო (6-2) – გამორთულია.



ნახ. 7

მართვადი იმპულსების ლოგიკურად დასაბუთებული, ერთდროული, თანმიმდევრული და განსხვავებული მიწოდებით 120° -ის ჯერად კუთხეზე მობრუნება მარტივად მიიღწევა მწკრივში კენტ და ლუწ ადგილებზე განთავსებული ბრუნავი სამპოზიციური მაგნიტებით შემცველი ელემენტების საპირისპირო მოძრაობის განხორციელებით. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს სამპოზიციური, ანუ პერიოდულად ცვლადი სამხედური ინფორმაციის მიღებას. მაგალითად, ნახ. 7 -ზე მოყვანილია სქემის ამოქმედებით მიიღება მოძრაობის სამპოზიციური მყისიერად ცვლადი სურათი.

სამპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის მიკროპროცესორული სისტემა უზრუნველყოფს ინდიკატორის ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას, მმართველი იმპულსის მოხსნის შემდეგ გარდამავალი პროცესების რხევების რაოდენობის მნიშვნელოვან შემცირებას, მოძრავი მაგნიტების მართვის, გაშვების, დამუხრუჭების და მომდევნო აჩქარების იმპულსების გამოყენების საშუალებით. და დამატებითი გრაფილის ამოქმედებას რხევების აქტიური დემფირების დროს, საინფორმაციო ხედის შეცვლის სწრაფქმედების გაზრდას, ორხედური ინფორმაციის შეცვლის საიმედოობას და ელექტროენერჯის ხარჯის შემცირებას.

მოყვანილი უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის ძირითადი შემადგენელი უბნისათვის დამუშავებული აგების ფიზიკური საფუძვლები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დინამიური მართვის სისტემის არა მარტო დასამუშავებლად, არამედ ასაგებად.

სამპოზიციური მბრუნავი მოწყობილობა გამოიყენება ავტომატიკაში, უპირატესად ინფორმაციის ამსახველ ელექტრომაგნიტურ ხელსაწყოებში. გარდა აღნიშნულისა მოყვანილ პრინციპზე აგებული მართვის სისტემა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საინფორმაციო ტაბლოებში, ცვალებად საგზაო ნიშნებში, სარეკლამო ფარებში და სხვა მძიმე მრეწველობის პირობებში.

**უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის აბეზის ფიზიკური
საფუძვლები და თავისებურებანი**

ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, თ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე

რეზიუმე

განხილულია უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის აბეზის ფიზიკური საფუძვლები და მართვის განხორციელების გზები, რომლებიც ეყდნობა სხვადასხვა სიმეტრიული ფორმის მაგნიტებზე ჩატარებულ კვლევებს.

მოძიებული და დადგენილი თავისებურებანი უზრუნველყოფენ სისტემის არა მარტო საიმედო ფუნქციონირებას, არამედ მმართველი იმპულსების მოხსნის შემდეგ ხედური ინფორმაციის შენარჩუნებას თვით მაგნიტური სისტემის ველის გამოყენებით, რაც ამცირებს მოხმარებული ენერჯის ხარჯს.

**PHYSICAL BASICS AND FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF CONTACT-
LESS THREE-POSITION DYNAMIC OBJECT**

O. LABADZE, M. TSERTSVADZE, T. LABADZE, P. MANJAVIDZE

Summary

The physical basics and the implementation of a contactless control of three-position dynamic object, based on studies of various symmetrical shapes of magnets are considered.

The originality of the found and installed features will provide not only the reliable operation of the control system, but also to preserve the specific information of magnet system after removing the control pulse, reducing the consumption of energy used.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ
БЕСКОНТАКТНОГО ТРЁХПОЗИЦИОННОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

О. ЛАБАДЗЕ, М. ЦЕРЦВАДЗЕ, Т. ЛАБАДЗЕ, П. МАНДЖАВИДЗЕ

Резюме

Рассмотрены физические основы и пути осуществления управления бесконтактным трёх-позиционным динамическим объектом, которые основываются на проведенных исследованиях различных симметричных форм магнитов.

Своеобразность найденных и установленных особенностей обеспечат не только надёжное функционирование системы управления, но и сохранение видовой информации самой магнитной системой после снятия импульса управления, что уменьшит расход потребляемой энергии.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. А.Л. Поляничко, О.Л. Поляничко, А.В. Шаульский, В.К. Шикирявый и Р.С. Душко Индикатор. А.С. СССР 647707.– Оpub. в Б.И. №6, 1979 г.
2. А.Л. Поляничко, А.В. Шаульский, Ю.А. Поляничко. Матричное индикаторное устройство. А.С. СССР 940215. – Оpub. в Б.И. №24, 1982 г.
3. Патент США 4825205. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.
4. Ласло Ягиша, Шандор Иодал и Иозеф Мандшу (ВНР). Устройство для многоцелевой индикации. А.С. СССР 427536.– Оpub. в Б.И. №17, 1975 г.
5. Патент Японии 122620. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.
6. ო. ლაბაძე, გ. აკოპიანი, გ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე, ნ. აკოპიანი. ინდიკატორი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი "საქპატენტი" პატენტი P 1624 განცხადებულია 08.05.1996 წ., გამოქვეყნებულია 29.01.1999 წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საინფორმაციო ბიულეტენი 1999წ., № 1(41) გვ. 52-53.
7. А.П. Васильев, М.И. Фримтштейн. Управление движением на автомобильных дорогах.– М.: Транспорт, 1979 г., с. 176-178.

**შრთიერთინდუჰციური გარდამქმნელის იდენტიფიკაცია და მისი როლს
ავტომატური მართვის სისტემების რბოლის მოდელის დადგენა**

(ო.ლაბაძე)

olabadze@gmail.com

ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების მრავალგანზომილებიანობა, ტრანსფორმატორული ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელის (უპგ) გამომავალი მახასიათებლების არაწრფივობა, გარდამავალი პროცესები, რომელიც თან ახლავს ინდუცირებული სიგნალების მიღებას და/ან მაგნიტოგამტარში მაგნიტური ძალწირების განაწილებას, ართულებს ზუსტი მათემატიკური მოდელის დადგენას, ხოლო რიგ კერძო შემთხვევაში ექსპერიმენტულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით, შესაძლებელია მათემატიკური აღწერილობის მიღება.

იდენტიფიკაცია ამოცანაა, რომელიც საზღვრავს გამოსაკვლევი ობიექტის შესავალ x და გამოსავალ $y = f(x)$ სიდიდეებს შორის კავშირს, მათი გაზომილი მნიშვნელობების გამოყენება.

ნ. ვინერმა [1] ერთ-ერთმა პირველმა შემოგვთავაზა ძირფესვიანი კვლევა ამ მიმართულებით.

ობიექტების იდენტიფიკაციისას ძირითადად განსახვავებენ ორ ამოცანას:

1. ობიექტის პარამეტრების და სტრუქტურის განსაზღვრას;
 2. პარამეტრების განსაზღვრას მიღებული ან მოცემული სტრუქტურის მიხედვით.
- ობიექტის აღწერის მეთოდები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან [2]; ეს მეთოდებია დიფერენციალური განტოლებების (წრფივი და არაწრფივი), ინტეგრალურ-დიფერენციალური, სხვაობითი, დიფერენციალურ-სხვაობითი, ფუნქციონალური, აღწერილობითი მრუდების ოჯახების მეშვეობით. იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტისას სხვა მეთოდებისაგან განსხვავებით უფრო ხშირად იყენებენ დიფერენციალურ და ინტეგრალურ განტოლებებს.

ობიექტი (სისტემა) იქნება არაწრფივი, თუ სისტემაში შემავალ ერთ რგოლს მაინც აქვს არაწრფივი მახასიათებელი.

იდენტიფიკაციის ხერხები კლასიფიცირდება შემავალი სიგნალების და მოდელის კლასების და მოდელის და პროცესების შესაბამისობის კრიტერიუმების მიხედვით [3].

ვინაიდან უპგ-ის სტრუქტურა ცნობილია, ამიტომ მოვიყვანოთ ცნობილი არაწრფივი მოდელის იდენტიფიკაციის ძირითადი მოდელის კლასიფიკაცია [2]:

1. სტატისტიკური ამონახსნების თეორია (დუალური მართვის თეორია);
2. რეგრესიული მეთოდები (ლიაგერის პოლინომები და სტატისტიკური მეთოდები);
3. ფაზური მეთოდები;
4. სტოხასტიკური აპროქსიმაცია.

ელემენტების მართვის სისტემების ხელსაწყოების და გამოთვლითი ტექნიკის მოდელის სახის განსაზღვრისათვის გაცილებით მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ გამოკვლევის აქტიური მეთოდებით, ვინაიდან ისინი ნაკლებად შრომატევადია.

განტოლების რიგის განსაზღვრისათვის შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას განიერზოლიანი თეთრი ხმაურის ტიპის შემთხვევითი პროცესი, რომელიც შემოთავაზებულია დმიტრიევის ს.პ. მიერ [4].

ზემოთაღნიშნულის გათვალისწინებით შეგვიძლია დავასკვნათ [5]:

1. ელექტრომაგნიტური პირველადი გარდამქმნელების იდენტიფიკაციისათვის მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ გამოკვლევის აქტიური მეთოდებით;
2. ობიექტის იძულებითი მოძრაობის მათემატიკური აღწერა უნდა ვაწარმოოთ დიფერენციალური განტოლებების სახით;
3. აპრიორული ინფორმაციის არარსებობის შემთხვევაში დიფერენციალური განტოლებების რიგი და სახე შეიძლება განისაზღვროს ცნობილი მეთოდებით; ცნობილია, რომ ტრანსფორმატორული ელექტრომაგნიტური პირველადი გარდამქმნელები სტაციონარული გრავნილებით წარმოადგენენ ხაზოვან რგოლებს, რომლებიც აღიწერება არაუმეტეს მეორე რიგის ხაზოვანი დიფერენციალური განტოლებებით [6]. ვინაიდან უპგ მიეკუთვნება ტრანსფორმატორულ გარდამქმნელებს და განსხვავდება მათგან არა მარტო იმით, რომ უპგ-ში არ არის მაგნიტური გულარი, არამედ აგ და გგ წარმოადგენენ კონტროლის მთელ დიაპაზონზე სივრცეში განაწილებულ

პროფილირებული გრაფიკების მქონე კონტურებს, მაშინ უპე-იც წარმოადგენს ხაზოვან რგოლს.

ა) მათემატიკური დასაბუთება.

ვთქვათ უპე-ის შესასვლელზე მიეწოდება სიგნალი $U = U_{\Sigma} \cos(\omega t)$.

ზოგადად ერთი შემავალის მქონე წრფივი სტაციონარული სისტემის განტოლების ჩაწერა შესაძლებელია შემდეგნაირად [6]:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) U . \quad (1)$$

ამ განტოლების ზოგად ამონახსნს ექნება შემდეგი სახე:

$$y(t) = y_0(t) + y_k(t) ,$$

სადაც, $y_0(t)$ - ერთგვაროვანი განტოლების ზოგადი ამონახსნია; $y_k(t)$ - არაწრფივი განტოლების კერძო ამონახსნი. მდგრად სისტემებში $y_0(t)$ მდგენელი მიისწრაფის 0-სკენ, როცა $t \rightarrow \infty$.

იძულებითი მოძრაობის კერძო ამონახსნის მისაღებად შემავალი სიგნალი წარმოვიდგინოთ ეილერის ფორმულის გამოყენებით:

$$U = U_m \cos \omega t = U_m (\exp(j\omega t) + \exp(-j\omega t)) / 2 = U_1 + U_2 .$$

სუპერპოზიციის პრინციპის გამოყენებით (1) განტოლების ამონახსნი წარმოვიდგინოთ შემდეგი ჯამის სახით: $y = y_1 + y_2$, სადაც y_1 ამონახსნია, როცა $U = U_1$, და y_2 - ამონახსნია, როცა $U = U_2$.

როგორც ნაჩვენებია [5]-ში, (1) კერძო ამონახსნებს y_1 - ს და y_2 -ს შესაბამისი გარდაქმნების შემდეგ ექნებათ სახე:

$$y_1 = A_1 U_1 = \frac{A_1(\omega) U_m}{2} \exp j(\omega t + \phi_1(\omega)) ; \quad y_2 = A_2 U_2 = \frac{A_2(\omega) U_m}{2} \exp j(\omega t + \phi_2(\omega)) , \quad (2)$$

ხოლო (1) განტოლების ამონახსნის ზოგადი სახეა: $y = A(\omega) U_m \cos(\omega t + \phi(\omega))$. (3)

მაშასადამე, მდგრად სისტემებში, შესასვლელზე ჰარმონიული სიგნალის მიწოდებისას, გარდამავალი პროცესის დამთავრების შემდეგ გამომავალი სიდიდე ასევე ჰარმონიული კანონით იცვლება, ამასთან დამყარებულ მდგომარეობაში ამპლიტუდა და ფაზის წანაცვლება სისწორეზე იქნება დამოკიდებული.

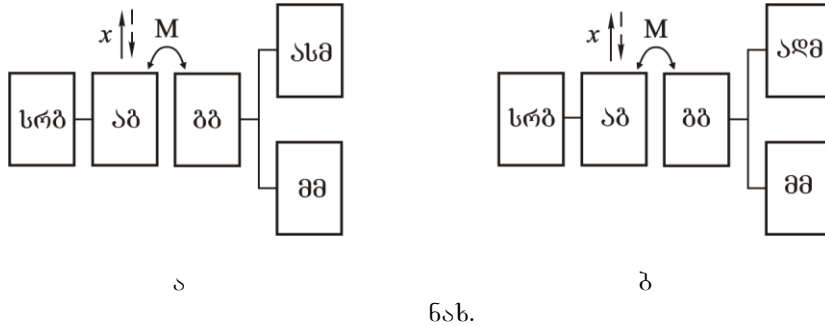
საწყისი მდგომარეობის შეცვლისას, მაგალითად, აგ-ის წანაცვლებისას გგ-ის მიმართ შეიმჩნევა ამპლიტუდის ცვლილება, ხოლო ფაზათა სხვაობა უცვლელი რჩება იმ შემთხვევაშიც კი, როცა გამომავალი მახასიათებელი წრფივია ან კვაზიწრფივი.

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ უპე მაგნიტოგამტარის და უკუკავშირის გარეშე წარმოადგენს ხაზოვან რგოლს და აღიწერება ერთგვაროვანი დიფერენციალური განტოლებით.

ბ) ექსპერიმენტული გამოკვლევა.

მიემართოთ კვლევის აქტიურ მეთოდს. ამპლიტუდურ-სიხშირული (ასმ) და არაწრფივი დამახინჯების მახასიათებლების (აღმ) კვლევების ჩატარების დანადგარების სტრუქტურული სქემები მოყვანილია ნახ. ა და ბ, შესაბამისად. სრბ-სინუსოიდალური რხევების გენერატორია; აბ - ამგზნები გრაგნილია; ბბ-გამზომი გრაგნილია; x - აბ და ბბ შორის ურთიერთწანაცვლების სიდიდეა; M - ურთიერთინდუქციურობაა გრაგნილებს შორის; მმ- მარეგისტრირებელი მოწყობილობაა [7].

ნახაზზე მოყვანილი ბბ-ის რეზონანსული ჩართვისას (ა) აღინიშნება ორკუზა ასმ, რომელიც ადასტურებს მძლავრი კავშირის არსებობას რეზონანსური სიხშირის მიდამოში. რეზონანსული სიხშირის დროს ასმ-ის გამოკვლევის ხელსაწყო (XI-40) ეკრანზე სიხშირული დამახინჯება ქრება მაგნიტოგამტარის გამოყენების გამო, კონტროლის მთელ დიაპაზონზე რეზონანსური სიხშირე უცვლელი რჩება, ხოლო ასმ იცვლის თავის ამპლიტუდას, რაც აიხსნება აბ-სა და ბბ-ს შორის ურთიერთინდუქციური კავშირის ცვლილებით.



ნახ.

როგორც მოსალოდნელი იყო, ინდუქციურები სინუსოიდის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელის ასმ არაწრფივი დამახინჯება ნაკლებია, ვიდრე არა-წრფივი დამახინჯების მახასიათებელთან მიღებული შედეგებისა (ნახ. ბ). ეს მოვლენა დაკავშირებულია იმასთან, რომ აბ-ით აღზნებული ელექტრომაგნიტური ტალღები ბბ-ში ინდუქციურებენ ენერჯიას არამილევადი რხევების დასაჭერად. რეზონანსულ სიხშირეზე აწეობილი ბბ წარმოადგენს საკუთარი ინდუქციურობის, ტევალობის და წინაღობის მქონე რხევით კონტურს. მაშასადამე, მასში აღიძვრება საკუთარი სინუსოიდური რხევები, რომლის სიხშირე ემთხვევა გარე მოქმედი იძულებითი რხევების სიხშირეს.

აქედან გამომდინარეობს ა)-ში მოყვანილი დასკვნის სისწორე.

გ) გარდამქმნელის მოდელის სტრუქტურის დადგენა.

უახლესი მიდგომა მოდელის სტრუქტურის დადგენაში განხილულია [8, 9], რომელშიც ობიექტზე აქტიური ზემოქმედების პერიოდული სიგნალების მეშვეობით შესაძლებელია დადგინდეს თუ მოდელის რომელ კლასს მიეკუთვნება ობიექტი (ჰამერშტეინის თუ ვინერის). ბ. შანშიაშვილი ამტკიცებს, რომ თუ სხვადასხვა პერიოდის მქონე ჰარმონიული რხევების ზემოქმედებით ვიმოქმედებთ გამოსაკვლევი ობიექტის შესასვლელზე და გამოსავალი სიგნალის მუდმივი მდგენელი ექსპერიმენტიდან ექსპერიმენტამდე არ შეიცვლის თავის მნიშვნელობას, მაშინ ობიექტის მოდელი შეესაბამება ჰამერშტეინის მოდელს. თუკი ჰარმონიული რხევების პერიოდის შემცირებისას (გაზრდისას) გამოსავალი სიგნალის მუდმივი მდგენელი მცირდება (იზრდება), მაშინ მოდელი მიეკუთვნება ვინერის მოდელის კლასს.

უპგ-ში ჰარმონიული (სინუსოიდური) რხევების პერიოდის ცვლილებისას გამოსავალი სიგნალის მუდმივი მდგენელი უცვლელი რჩება, ამიტომ უპგ მიეკუთვნება ჰამერშტეინის კლასის მარტივ მოდელს და ზოგადი შემთხვევისთვის [9] აღიწერება გამოსახულებით:

$$y(t) = c_0 W(0) + c_1 W(p)u(t) + c_2 W(p)u^2(t),$$

სადაც $W(p)$ წრფივი რგოლის გადაცემის ფუნქციაა, $u(t)$ - გარდამქმნელში შესასვლელი სიგნალია.

სხვადასხვა სახით ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ უპგ განსახილველი ცვლილების რაიმე შეზღუდულ მიდამოში შესაძლებელია წარმოდგენილი იყოს წრფივი დინამიკური რგოლით და აღიწერება არაერთგვაროვანი არაუმეტეს მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით.

ურთიერთინდუქციური გარდამქმნელის იდენტიფიკაცია და მისი რობორტ ავტომატური მართვის სისტემების რბოლის მოდელის დადგენა

ო. ლაბაძე

რეზიუმე

განხილულია ურთიერთინდუქციური გარდამქმნელის იდენტიფიკაციის საკითხები. ვინაიდან ჰარმონიული რხევების პერიოდის ცვლილებისას გამოსავალი სიგნალის მუდმივი მდგენელი უცვლელი რჩება, ამიტომ ის აღიწერება არაუმეტეს მეორე რიგის ერთგვაროვანი დიფერენციალური განტოლებით.

დადგენილია რომ, განხილული ურთიერთინდუქციური გარდამქმნელის მოდელი მიეკუთვნება ჰამერშტეინის კლასის მარტივი მოდელის რიცხვს.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УСТАНОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОИНДУКТИВНОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ КАК ЗВЕНА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ**

О.ЛАБАДЗЕ

Резюме

Рассмотрены вопросы идентификации взаимноиндуктивного преобразователя. Ввиду того, что при изменении периода гармонических колебаний постоянная составляющая выходного сигнала остаётся неизменной, поэтому он описывается однородным дифференциальным уравнением не выше второго порядка.

Установлено, что модель рассмотренного взаимноиндуктивного преобразователя принадлежит к числу класса простых моделей Гаммерштейна.

**IDENTIFICATION AND ESTABLISHMENT OF MODEL OF INTERINDUCTIVE
CONVERTER AS UNIT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM**

O.LABADZE

Summary

Questions of identification of interinductive converter are considered. Due to the fact that when the period of harmonic oscillations of the constant component of the output signal remains constant, so it is described by the homogeneous differential equation of no more than second order.

It is established that the model of considered interinductive converter belongs to the class of simple models of Hammerstein.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Винер Нелинейные задачи в теории случайных процессов. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.-159 с.
2. Е.П.Балашов, А.А.Воевода, А.А.Смагин, П.И.Соснин. Идентификация магнитных элементов автоматики и вычислительной техники.– Л.: Энергия,1980 г. –128 с.
3. A.Zadeh On The Identification Problem. –Trans. IRE, 1956, СТ-3,№4.
4. С.П. Дмитриев. Определение порядка дифференциального уравнения в задачах стохастической аппроксимации. Техническая кибернетика, 1969, №5.
5. О.С.Лабадзе, И.Ш.Абурджания. Математическое описание взаимноиндуктивных первичных преобразователей. Министерство науки, высшей школы и технической политики Российской федерации. Московский институт приборостроения. Сборник трудов.– Москва, 1992 г., с.101-103.
6. Л.Р.Нейман, К.С.Демирчян. Теоритические основы электротехники. Ч.2. Терия линейных систем. – Л.: Энергия, 1967 г., с. 225-229.
7. О.С.Лабадзе, И.Ш.Абурджания, В.И.Гвилава. Сравнительная оценка, классификация методов идентификации и экспериментальное определение типа модели ВПП. Министерство науки, высшей школы и технической политики Российской федерации. Московский институт приборостроения. Сборник трудов. – Москва, 1992 г., с.103-107.
8. В.Г.Шаншиашвили О выборе структуры модели при идентификации одного класса нелинейных систем. Институт систем управления АН ГССР. Труды XXУ:1, Теория и устройства систем управления. - Тбилиси, Мецниереба, 1989, с. 13-23.
9. ბ.შანშიაშვილი. უწყვეტი სტაციონარული და არასტაციონალური სისტემების იდენტიფიკაცია. ავტორეფერატი ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. – თბილისი, სტუ, 2001 წ. – 33 გვ.

**მიმღეუ-გადაცემი ურთიერთინდუქციური ტიპის ანტენების აგების
ფიზიკური საფუძვლები, თავისებურებანი და გამოყენების სფეროები**

ო.ლ.აბაძე, თ.მახარაშვილი, ბ.მაღლაკელიძე

olabadze@gmail.com

დღეს არსებული ანტენების ტიპების მიხედვით ჩამონათვალი შეიცავს ორასზე მეტ დასახელებას. მათ რიცხვს მიეკუთვნება, მაგალითად, ცნობილი აინზენბერგის, ბევერი-ჯის, მარკონის და ტატარინოვის სახელების მატარებელი ანტენები, და ნაკლებად ცნობილი კასსეგრენის, გრეგორის, ბევერედუას, ვივალდის, ან გეომეტრიული Γ -, V - და T -სებრი ფორმის ანტენები. სხვა ანტენების დასახელებები ძირითადად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან აგების ხერხით, კონსტრუქციის ფორმით, გამოყენებული მეთოდით, მასალით ან/და ცნობილი ფიზიკური მოვლენის გამოყენებით.

შეთავსებული ურთიერთინდუქციული გადამცემ-მიმღები ტიპის ანტენების აგებას საფუძველად ძირითადად უდევს გადამცემი და მიმღები კოჭებისაგან შედგენილი კონტურების ურთიერთგავლენის კომპენსაცია, რომელიც ხორციელდება სხვადასხვა სიმეტრიული ფორმის ანტენების ელემენტებისაგან.

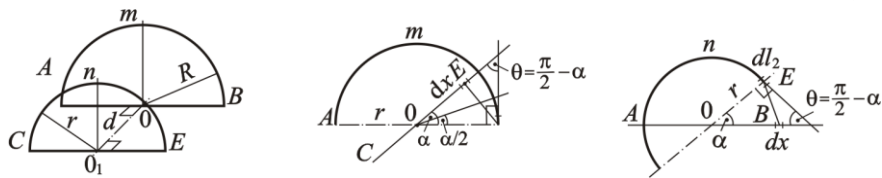
ანტენების პროექტირებისას უმეტეს შემთხვევაში ხდება კონტურების ცალკეული უბნების ურთიერთზემოქმედების შეფასება (რანჟირება). ამით არა მარტო მცირდება აუცილებელი გამოთვლების ჩატარების რაოდენობა, არამედ ზუსტდება გამოსათვლელი ფორმულა და კონტურების კონფიგურაცია.

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ სიმეტრიული გადამცემ-მიმღები ანტენების ურთიერთ გავლენის გამორიცხვის მიზნით შესასრულებელია ძირითადი პირობა – მათ შორის ურთიერთინდუქციურობა უნდა იყოს ნულის ტოლი.

ქვემოთ მოყვანილია კონტურების ცალკეული უბნების ურთიერთზემოქმედების სრული კომპენსაციის მაგალითები.

მაგალითი 1. პარალელურ სიბრტყეებში განლაგებული ნახევარწრეწირებით და დიამეტრებით შედგენილ კონტურთა ცალკეული უბნების ზემოქმედების ურთიერთკომპენსაცია.

ავიღოთ ორი იდენტური კონტური, რომლებიც შეიცავენ ნახევარწრეწირს და დიამეტრს. ამასთან დიამეტრის შუა წერტილები ერთმანეთს [1] ან იმყოფებიან ერთ ღერძზე. მის მიმართ კონტურების განლაგების სიბრტყეები მართობულია. სიბრტყეებს შორის მანძილი d -ს ტოლია (ნახ. 1,ა). აღვნიშნოთ უბნები $A\bar{m}B$, AB , $C\bar{n}E$ და CE ,



ნახ. 1

შესაბამისად 1, 2, 3 და 4. მაშინ ამ კონტურების ურთიერთინდუქციურობა გამოითვლება:

$$MM = M_{13} + M_{14} + M_{23} + M_{24}.$$

ნახევარწრეწირების M_{13} და M_{24} მონაკვეთების ურთიერთინდუქციურობის ფორმულები მოყვანილია [2]. საინტერესოა M_{14} და M_{23} სიდიდეების მნიშვნელობების გამოსათვლელი ფორმულების მიღება, როცა ერთი უბანი მოძრაობს მეორის მიმართ საერთო ღერძის გარშემო (იხ. ნახ. 2,ბ და 2,გ). მაშინ მივიღებთ:

$$M_{14}(\alpha) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{x=0}^{2r} \int_{\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\pi-\alpha}{2}} \frac{R \cos(\frac{\pi}{2}-\alpha) d\alpha dx}{\sqrt{d^2 + R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha}} = \frac{\mu_0 R}{4\pi} \int_{x=0}^{2r} \int_{\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\pi-\alpha}{2}} \frac{\sin \alpha d\alpha dx}{\sqrt{d^2 + R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha}}$$

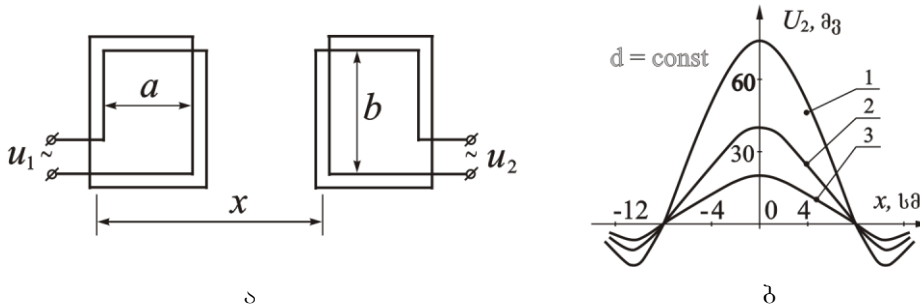
და

$$M_{23}(\alpha) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{x=0}^{2R} \int_{\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\pi+\alpha}{2}} \frac{r \cos(\frac{\pi}{2}-\alpha) d\alpha dx}{\sqrt{d^2 + r^2 + x^2 - 2rx \cos \alpha}} = \frac{\mu_0 R}{4\pi} \int_{x=0}^{2R} \int_{\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\pi+\alpha}{2}} \frac{\sin \alpha d\alpha dx}{\sqrt{d^2 + r^2 + x^2 - 2rx \cos \alpha}}.$$

როდესაც $r=R$, მაშინ $M_{14}(\alpha) = -M_{23}(\alpha)$ და ამიტომ ისინი ერთმანეთს აკომპენსირებენ.

magaliTi 2. მართკუთხა ფორმის იდენტური კონტურების ურთიერთგავლენის სრული კომპენსაცია.

განვიხილოთ ორი მართკუთხა ფორმის იდენტური კონტური (იხ. ნახ. 2,ა) [2]. ცხადია, პარალელურ სიბრტყეებში ერთმანეთის მიმართ წანაცვლებისას მოიძებნება ისეთი ადგილმდებარეობა, როდესაც $M=0$ ანუ $M'=M''$. აქედან გამომდინარეობს, რომ მართკუთ-



ნახ. 2

ხა ფორმის მქონე იდენტური კონტურების სიმეტრიის ღერძთა შორის წანაცვლების მანძილის დასადგენად უნდა ამოვსხნათ განტოლება [3]:

$$(a-l) \ln \frac{b^2 + d^2}{d^2} = b \ln \frac{\sqrt{(a-l)^2 + d^2} \cdot \sqrt{(a+l)^2 + d^2}}{l^2 + d^2},$$

სადაც a , b და d შესაბამისად სიგანე, სიგრძე და სიბრტყეებს შორის მანძილებია.

მიღებული განტოლების პირდაპირი ამოხსნა შეუძლებელია.

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა მართკუთხა ფორმის აღმზნები და გამზომი გრაგნილები d უცვლელი მანძილით არიან დაშორებული ერთმანეთისაგან (ნახ. 2,ა). პირველი გრაგნილი მივაერთოთ კვების წყაროსთან, ხოლო ორივე (ან ერთი გრაგნილი) ვამოძრაოთ ერთმანეთის მიმართ x ღერძის გასწვრივ. ამ სქემით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა, როცა $a = 100$ მმ, $b = 200$ მმ, ხოლო U_2 მეორე გრაგნილიდან გამოსავალი სიგნალია, მოგვცა ნახ. 2,ბ-ზე მოყვანილი მრუდწირული დამოკიდებულებები $U_2=f(x)$, სადაც 1 მრუდი მიღებულია შემთხვევისათვის $U_1=180$ მვ და $f = 5$ კპც; 2 მრუდისთვის $U_2=80$ მვ და $f=5$ კპც; 3 მრუდისთვის $U_2=30$ მვ და $f=10$ კპც.

როგორც ჩანს, როცა $x = \pm 8$ სმ გამოსავალი სიგნალი $u \neq 0$ და არ არის დამოკიდებული შესავალი სიგნალის სიდიდესა და სიხშირეზე.

თეორიულად ურთიერთინდუქციურობა და, მაშასადამე, L_{cr} -ის მნიშვნელობა, არ არის დამოკიდებული სიხშირეზე. მაგრამ პრაქტიკულად იგი დამოკიდებულია კონტურების მასალაში აღძრულ ინდუქციურ დენებზე. სიხშირის გაზრდასთან ერთად, თუმცა არაარსებითად, იზრდება ხეივებში გამავალი დენების ურთიერთგავლენა.

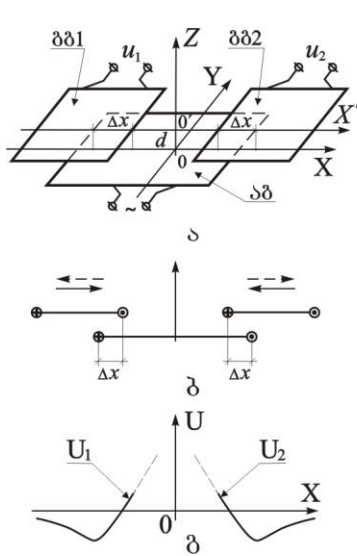
მაგალითი 3. მოცემული მანძილით ერთმანეთისაგან დაშორებულ ორ პარალელურ სიბრტყეში განლაგებული ორი გგ-ის და ერთი აგ-ის ურთიერთგავლენის კომპენსაცია. აგ-ის და გგ-ების ფორმები მართკუთხა (იხ. ნახ. 3,ა) და წრეწირული (იხ. ნახ. 4,ა) ფორმებისაა.

ორივე შემთხვევაში ფორმით იდენტური ორი გგ მოვათავსოთ აგ-ის განთავსების X სიბრტყიდან d მანძილით დაშორებულ პარალელურ სიბრტყეში ისე, რომ მათი სიმეტრიის ღერძები არა მხოლოდ კოლინეალური, არამედ პარალელურიც იყოს და მდებარეობდნენ XOZ სიბრტყეში. ეს კი ნიშნავს, რომ აგ-ის უცვლელი ადგილმდებარეობის მიმართ გგ-ები გადაადგილდებიან $O'X'$ ღერძის გასწვრივ XOY სიბრტყის პარალელურ სიბრტყეში.

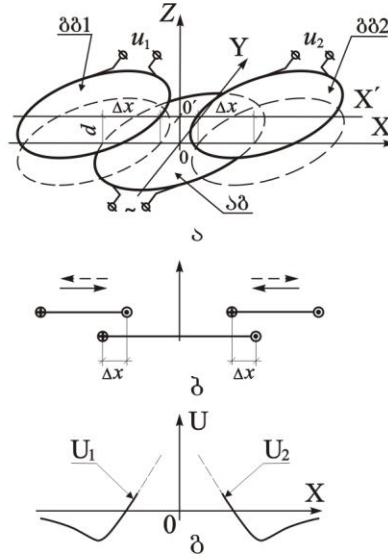
მივაწოდოთ აგ-ზე ცვლადი ელექტრომაგნიტური ძაბვა. მაშინ თითოეულ ცალკე აღებულ გგ-ში აღიძვრება ემძ ძალა, რომლის ხასიათი, ყველა სხვა პირობის შენარჩუნების შემთხვევაში, წარმოადგენს ნახ. 3,ბ-ზე და 4,ბ-ზე მოყვანილ მრუდებს, რომლებიც ფორმით იდენტურია. თუ შევცვლით შემავალ ძაბვას და/ან სიხშირეს, მაშინ გამოსავალი სიგნალები შეადგენენ მრუდების კონას.

გრაგნილების სქემოტექნიკური განსახიერება მოყვანილია ნახ. 3,ბ. და 4,ბ-ზე. შესაბამისად. ცხადია, ურთიერთგავლენის კომპენსაციისათვის შესაძლებელია ორივე გგ-

ს ერთდროული წანაცვლება ან მიმდევრობით ჯერ ერთი გვ-ის გაკომპენსირება, ხოლო შემდეგ – მეორის. Δx მანძილზე წანაცვლებისას (იხ. ნახაზები 3 ა,ბ და 4 ა,ბ) მიიღწევა სრული კომპენსაცია ნახ. 3,გ და ნახ. 4,გ ($u_1(x)$ და $u_2(x)$).



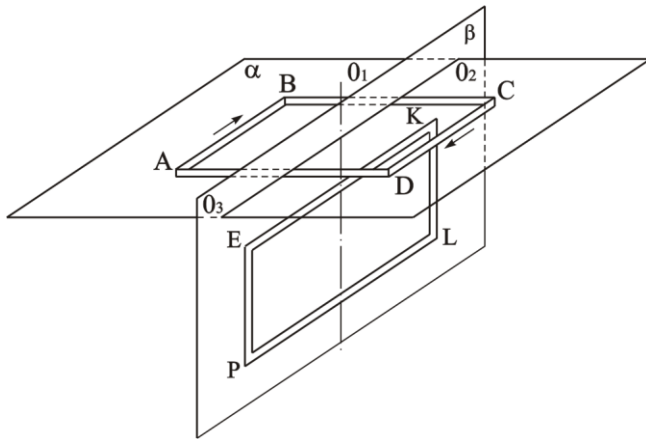
ნახ. 3



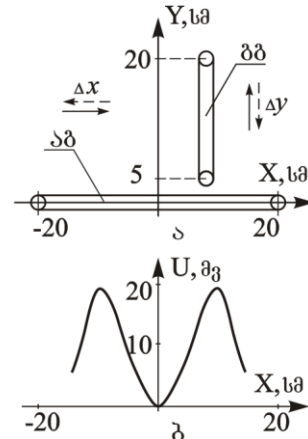
ნახ. 4

მაგალითი 4. ურთიერთორთოგონალურად განლაგებული მართკუთხა ფორმის კონტურების სრული კომპენსაცია ნახ. 5.

ურთიერთგადასმკვეთ და ორთოგონალურად განლაგებულ α და β სიბრტყეებში მოვათავსოთ მართკუთხა ფორმის $ABCD$ და $EKLP$ კონტურები. ამ კონტურების ორი სიმეტრიის ღერძი ერთმანეთის პარალელურია, მეორე ორი კი – მართობული, ხოლო სიმეტრიის ცენტრები მოთავსებულია ან ერთ სიმეტრიის ღერძზე ან იმყოფებიან ერთ სიბრტყეში (იხ. ნახ. 5 β სიბრტყე O_1 ღერძი).



ნახ. 5



ნახ. 6

$ABCD$ კონტურში გავატაროთ დენი. აშკარაა, AB და CD უბნებში გაივლის ერთი და იგივე სიდიდის, მაგრამ საპირისპირო მიმართულების დენები. თითოეული ეს უბანი მის გარეთ შექმნილი მაგნიტური ველის მეშვეობით ბიო-სავარ-ლაპლასის კანონის თანახმად მეორე $EKLP$ კონტურის შესაბამის EK და LP უბნებში აღძრავენ შესაბამის ემძ-ებს e_1 და e_2 , e_3 და e_4 . $e_1=e_2$, $e_3=e_4$ ტოლობები შესრულდება მაშინ, როცა მანძილები $|AB|=|EK|$, $|CD|=|EK|$, $|AB|=|PL|$ და $|CD|=|EK|$. ამ შემთხვევაში აღძრული ემძ-ები სიდიდით ერთმანეთის ტოლია, მაგრამ საპირისპიროდ არიან მიმართული. $ABCD$ კონტურის AB და CD უბნები მართობულია β სიბრტყის და ამიტომ არავითარ გავლენას არ მოახდენენ $EKLP$ კონტურის არც ერთ უბანზე. მაშასადამე, $ABCD$ კონტურში დენი არ აღძრავს ემძ-ს $EKLP$ კონტურში, ვინაიდან დენები გაკომპენსირებულია და M -იც გაკომპენსირებული იქნება.

თუ *EKLP* კონტურში გავატარებთ დენს, მაშინ ანალოგიური მსჯელობით მივაღწეოთ იმ დასკვნამდე, რომ კონტური არავითარ გავლენას არ მოახდენს *ABCD* კონტურზე.

გავატაროთ სხვადასხვა სიდიდეების დენები ორივე კონტურში ერთდროულად. ზემოთმოყვანილი მსჯელობა გვაძლევს უფლებას დავადგინოთ, რომ კონტურები სავსებით დამოუკიდებელი არიან და შეუძლიათ ცალკე-ცალკე იფუნქციონერონ მაშინაც კი, როცა კონტურები *EKLP* და *ABCD* წანაცვლებული იქნებიან OO_1 და O_2O_3 ღერძების გასწვრივ.

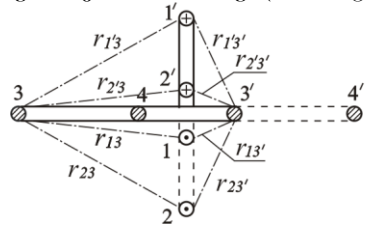
ანალოგიურად გაკომპენსირებული იქნება კონტურები, რომლებიც შეიცავენ ცალსახა სწორ გეომეტრიულ ფიგურებს, მაგალითად ექვს, შვიდ, რვა და ა.შ. -კუთხედებს და საბოლოოდ წრეწირს.

სქემატურად განვალაგოთ ორი გრაგნილი ურთიერთორთოგონალურ სიბრტყეებში ნახ. 6, აგ-ზე მივაწოდოთ ცვლადი ელექტრომაგნიტური ძაბვა,

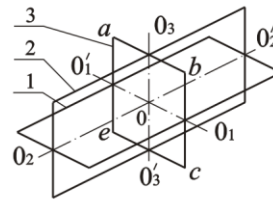
გვ გამოძრაოთ OY ღერძის პარალელურად OX ღერძის გასწვრივ. მიიღება ნახ. 6, ბ-ზე მოყვანილი მრუდი ორი პიკით და ერთი ნულოვანი წერტილით. იმ შემთხვევაშიც კი, როცა გგ-ს შევუცვლით ადგილმდებარეობას ღერძის გასწვრივ, მაშინაც გამოსავალ მახასიათებელს ხასიათი არ შეეცვლება და ყოველთვის მიიღებს ლუწი ფუნქციის სახეს. ნახაზზე მოყვანილი გეომეტრიული ზომების შემთხვევაში სიგნალის სიდიდე აღწევს უდიდეს (პიკურ) მნიშვნელობას არა გრაგნილის კიდურა უბნის თავზე, არამედ გრაგნილის შიგნით. ეს აიხსნება თითოეული უბნის გავლენით გამოსავალი სიგნალის ფორმირებაზე. მაშასადამე, ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ ორთოგონალურ სიბრტყეებში განლაგებული გრაგნილების გავლენა ურთიერთგაკომპენსირებულია.

მაგალითი 5. ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში ურთიერთმართობულად და ერთმანეთის მიმართ სიმეტრიულად განლაგებული ურთიერთწანაცვლებული და ურთიერთკომპენსირებული გრაგნილებით შედგენილი გარდამქმნელის ურთიერთინდუქციურობა.

მაგალითის სქემატური ნახაზი მოყვანილია ნახ. 7. ვერტიკალურ სიბრტყეში განთავსებულია $11'$ და $22'$ აგ-ბი, ხოლო ჰორიზონტალურ სიბრტყეში $33'$ და $44'$ გგ-ბი. აგ და გგ-ის გრაგნილები წინასწარ ურთიერთგაკომპენსირებულია და შემდეგ განთავსებულია ურთიერთმართობულ სიბრტყეებში.



ნახ. 7



ნახ. 8

ასეთი სისტემის ურთიერთინდუქციურობა გამოითვლება გამოსახულებით:

$$M = M_{13} + M_{13'} + M_{13} + M_{13'} + M_{23} + M_{23'} + M_{23} + M_{23'} = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \frac{r_{13} \cdot r_{13'} \cdot r_{23} \cdot r_{23'}}{r_{13} \cdot r_{13'} \cdot r_{23} \cdot r_{23'}}$$

იმისათვის, რომ $33'$ გრაგნილში აღძრული ემძ ნულის ტოლი გახდეს, საჭიროა $M = 0$. ეს მიიღწევა მაშინ, როცა ლოგარითმის ქვეშ მდგომი წილადის მრიცხველი და მნიშვნელი ერთმანეთის ტოლი გახდება, ანუ

$$r_{13} \cdot r_{13'} \cdot r_{23} \cdot r_{23'} = r_{13} \cdot r_{13'} \cdot r_{23} \cdot r_{23'}$$

ნახ. 7 მოყვანილი სქემის მიხედვით და გრაგნილების განლაგებიდან გამომდინარეობს, რომ $r_{13} = r_{23}$, $r_{13'} = r_{23'}$, $r_{23} = r_{13'}$, $r_{23'} = r_{13}$. ანალოგიური განტოლება დაიწერება $44'$ გრაგნილისათვის.

ამრიგად, ყველა ოთხი გრაგნილის სრული გაკომპენსირებისათვის საჭიროა შესრულდეს ზემოთ მოყვანილი კომპენსირების პირობები ურთიერთწანაცვლებულ გრაგნილებს შორის. ამის გარდა აგ-ებით გადასაცემი სიგნალები უნდა იყვნენ საპირისპირო ფაზებში და მათი სისწირეები ტოლი.

მაგალითი 6. ურთიერთორთოგონალურად განლაგებული სამი მართკუთხა ფორმის გრაგნილების ურთიერთინდუქციურობის კომპენსირების პირობები.

მე-5 მაგალითში დავამტკიცეთ ურთიერთკომპენსაციის არსებობა ურთიერთორთოგონალურ სიბრტყეებში მოთავსებულ და ერთმანეთის მიმართ სივრცეში სიმეტრიულად განლაგებულ ორ მართკუთხა ფორმის გრაგნილებს (გრაგნილები 1 და 2 ნახ. 7) შორის. თუ მათი სიმეტრიის ღერძების $O_1O'_1$ და $O_2O'_2$ გადაკვეთის წერტილზე 0 და $O_1O'_1$ სიმეტრიის ღერძზე გაავლეთ სიბრტყეს, რომელიც მართობული იქნება ჰორიზონტალურად 1 და ვერტიკალურად 2 განთავსებული გრაგნილების სიბრტყეების მიმართ, მაშინ ეს სიბრტყე იქნება 1 და 2 გრაგნილების მიმართ არა მარტო მართობული, არამედ სიმეტრიული სიბრტყე. ამ სიბრტყეებში მოთავსებული *abce* მართკუთხა ფორმის გრაგნილი 3 ასევე იქნება სიმეტრიული (იხ. ნახ. 8). სივრცეში გრაგნილების ასეთ განთავსებას ვუწოდებთ ურთიერთორთოგონალურ განლაგებას. ცალ-ცალკე აღებული ორ-ორი გრაგნილი ურთიერთგაკომპენსირებულია. აქედან გამომდინარეობს, რომ სამივე 1, 2 და 3 გრაგნილები, ზემოთ აღწერილი პირობების დაცვისას, ურთიერთგაკომპენსირებულია. მაშასადამე თითოეულ გრაგნილს შეუძლია დამოუკიდებლად იფუნქციონეროს, რაც შეიძლება გამოყენებული იქნას ტელემექანიკურ სისტემებში.

მოყვანილი ანალიზური გამოსახულებების გამოსათვლელად გამოვიყენებდით სეკვენციალურ მეთოდს, რომელიც ძირითადად ეყდნობა რიცხვითი გამოთვლების მეთოდებს – ექსტრემუმის (მიმინუმის) მიმდევრობითი მრავალბიჯური ძიების განხორციელებას, ყოველი განხორციელებული ბიჯის შემდეგ მიღებული ინფორმაციის მნიშვნელობას ვითვალისწინებთ მიმდევრო ბიჯის განხორციელებისათვის და ასე შემდეგ ნულოვანი შედეგის მიღებამდე.

განხილული მაგალითები ცხადყოფენ, რომ ურთიერთინდუქციის გავლენის გაკომპენსირების შემდეგ წრედში ჩართული ყველა კონტური შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს როგორც მიმღებ, ასევე გადამცემ ანტენებად სიხშირის ფართო დიაპაზონში (0,05-2,0 მკვ). ურთიერთინდუქციური ტიპის ანტენების გამოყენება უზრუნველყოფს სხვადასხვა გაზომვის, ინფორმაციის მიღება-გადაცემის და დინამიური მართვის ამოცანების გადაჭრას.

ურთიერთინდუქციური ტიპის შეთავსებული მიმღებ-გადაცემი ანტენების აგების ფიზიკური საფუძვლები, თავისებურებანი და გამოყენების სფეროები
(ო.ლავაძე, თ.მახარაშვილი, გ.მაგლაკელიძე)

რეზიუმე

განხილულია შეთავსებული ურთიერთინდუქციური ტიპის მიმღებ-გადამცემი ანტენების აგების ფიზიკური საფუძვლები და თავისებურებანი. მიღებული შედეგები ეყდნობა სხვადასხვა სახის და სივრცეში განთავსებულ სიმეტრიული ფორმის კონტურებზე ჩატარებულ კვლევებს.

დადგენილი ფიზიკური და კონსტრუქციული თავისებურებანი უზრუნველყოფენ ურთიერთინდუქციური ტიპის შეთავსებული მიმღებ-გადამცემი ანტენების გამოყენებას არა მარტო გაზომვაში და ინფორმაციის მიღება-გადაცემაში (მათ შორის მოძრავ ობიექტებზე), არამედ დინამიური მართვის სისტემის აგებაში.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ОСОБЕННОСТИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ВЗАИМОИНДУКТИВНОГО ТИПА СОВМЕЩЕННЫХ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИХ
АНТЕНН**

О.ЛАВАДЗЕ, Т.МАХАРАШВИЛИ, Г.МАГЛАКЕЛИДЗЕ

Резюме

Рассмотрены физические основы и особенности построения совмещенных взаимноиндуктивных приёмо-передающих антенн. Полученные результаты основываются на проведенных исследованиях различного вида контуров симметричной формы расположенных в пространстве.

Установленные физические и конструктивные особенности обеспечивают применение совмещенных приёмо-передающих антенн не только для измерения и приемо-передачи

информации (в том числе и на подвижные объекты), но и для построения системы динамического управления.

PHYSICAL BASICS, FEATURES AND APPLICATIONS OF INTERINDUCTIVE COMBINED ANTENNA

O.LABADZE, T.MAKHARASHVILI, G.MAGHLAKELIDZE

Summary

The physical principles and features of construction of combined interinductive antennas are considered. The results are based on the researches of different circuits of symmetrical form located in the space.

Established physical and structural features provide the use of combined antenna not only for measurement and reception and transmission of information (including the moving objects), but also for build a system of dynamic control.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ო.ს.ლაბაძე, მ.ხ.ცერცვაძე, გ.შ. კუბლაშვილი. კომპენსაცია კუთხური გადაადგილების ნახევარწრეწირულ ურთიერთინდუქციურ გარდამქმნელებში საქართველოს მეცნ. აკად. მოამბე. №2 (ტომი 145). 1992წ., გვ. 389-392.
2. М.Н.Калантаров, Л.А.Цейтлин. Расчёт индуктивностей. Справочная книга. – Л.: Энергоатомиздат, 1986 г. -488с.
3. О.С.Лабадзе. Некоторые особенности построения электромагнитных безгистерезисных первичных преобразователей для систем управления. Академия наук Грузии Институт систем управления. Сборник трудов. 1997г., с. 68-69.
4. К.В.Нинидзе, Э.Д.Ивашкович, О.С.Лабадзе. Способ безконтактного измерения скорости подвижного объекта и устройство для его осуществления А.с. СССР 823204. МКИ В 61 L 25/02, G 01 P 3/52. Заявлено 11.10.78, опубликовано 23.04.81, Б.И., №15, 1981 г.
5. К.В.Нинидзе, Э.Д.Ивашкович, О.С.Лабадзе. Антенное устройство для индуктивной дуплексной связи с подвижным объектом. А.с.СССР № 577593. МКИ H04Q 1/32 , G08G 1/00. Заявлено 17.05. 1976, опубликовано 25.10.1977 г., в Б.И., №39.
6. К.В.Нинидзе, Э.Д.Ивашкович, О.С.Лабадзе. Устройство для дуплексной индуктивной связи с подвижным объектом. А.с. СССР № 601735. МКИ G 08 C 19/12. Заявлено 10.05.1976, опубликовано 05.04.1978, Б.И., №13.
7. К.В.Нинидзе, Э.Д.Ивашкович, О.С.Лабадзе. Устройство для дуплексной связи между подвижным объектом и пунктом управления. А.с.СССР № 760154. МКИ G 08 C 19/12, H 04 B 7/10 . Заявлено 02.06.1978, опубликовано 30.08.1980 г., Б.И., №32.
8. О.С.Лабадзе. Антенные устройства для измерения, передачи информации и управления подвижными промышленными объектами. Третья Всесоюзная конференция “Метрологическое обеспечение антенных измерений,”ВКАИ-3. Под общей редакцией члена-корр. АН Армении, д.т.н., профессора Геруни П.М. – Ереван, Всесоюзный научно-исследовательский институт радиофизических измерений ВНИИРИ, 1984 г., с. 327-329.

**სამკოორდინატული ინდუქციური პირველადი გარდამქმნელის აგების
ზოგადი პრინციპები**

ო.ლ.აბაძე

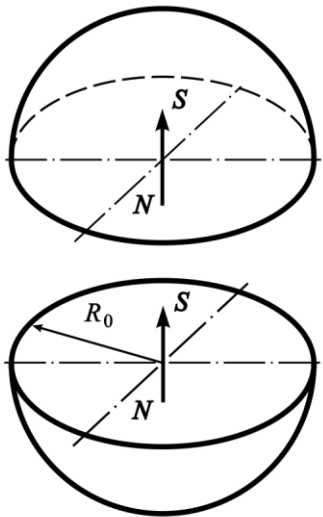
olabadze@gmail.com

ცნობილია, რომ მაგნიტოგამტარის გარეშე დამზადებული ელექტრომაგნიტური ინდუქციური პირველადი გარდამქმნელები ხასიათდებიან მნიშვნელოვანი ღირსებებით [1-9]. მათ შორის ძირითადად მიჩნეულია ის, რომ გარდამქმნელების ფუნქციონირების დროს გამოირიცხვება მაგნიტურ ჰისტერეზისისა და სიბლანტის გავლენა გამოსასვლელ მახასიათებელზე, რაც განპირობებულია მაგნიტური გულარის გამოყენებლობით. მართალია, ამ შემთხვევაში გამოსასვლელი ინფორმაციული სიგნალის სიდიდე მნიშვნელოვნად მცირდება, მაგრამ იზრდება მიღებული სიგნალის სიზუსტე, ვინაიდან პირდაპირი და უკუ გადაადგილებისას სივრცის ერთსადაიმევე წერტილში არ იცვლება დაფიქსირებული სიგნალის მნიშვნელობა. ეს გარემოება კი გვაძლევს შესაძლებლობას მაღალი სიზუსტით ვაკონტროლოთ არა მარტო გადაადგილება, არამედ სიჩქარეც.

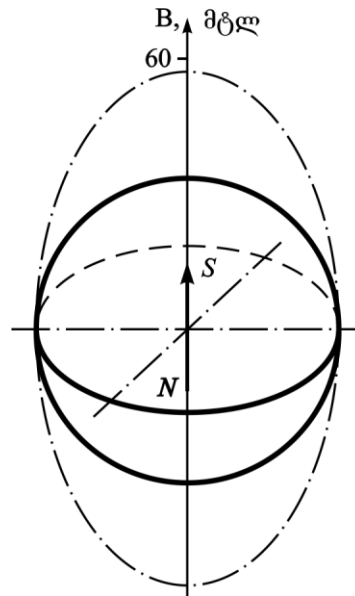
სამკოორდინატული ინდუქციური პირველადი გარდამქმნელის აგების ზოგადი პრინციპები ეფუძნება მუდმივი მაგნიტის მიერ გადაადგილებისას შექმნილი სტაციონარული, მაგრამ არაერთგვაროვანი ველის ინდუქციურებას სივრცეში ჩაკეტილ ურთიერთორთოგონალურად და შეთავსებულად განლაგებულ სამ დამოუკიდებელ კონტურში [6].

მნიშვნელოვანია ის, როდესაც ერთდროულად პირდაპირ გასაზომია მოძრავი ელემენტის მექანიკური გადაადგილების და/ან სიჩქარის სამივე ურთიერთორთოგონალური პარამეტრი.

ვინაიდან დამაგნიტების ღერძის მიმართ, მაგალითად, ორი დამაგნიტებული ნახევარსფეროდან (იხ. ნახ. 1) შედგენილი და სიმეტრიულად დამაგნიტებულ მუდმივი მაგნიტის ორპოლუსას (ამღვრძნებ რგოლს) ზედაპირის მაგნიტური ველის განაწილებას აქვს სიმეტრიული კვაზიკოსინუსოიდალური ფორმა (იხ. ნახ. 2), ამიტომ ველი არაერთგვაროვანია. ეს გარემოება იძლევა საშუალებას აღმზნები სფეროს უმნიშვნელო



ნახ. 1. განსხვავებული პოლიარობის მქონე ორი ნახევარსფერული მაგნიტი

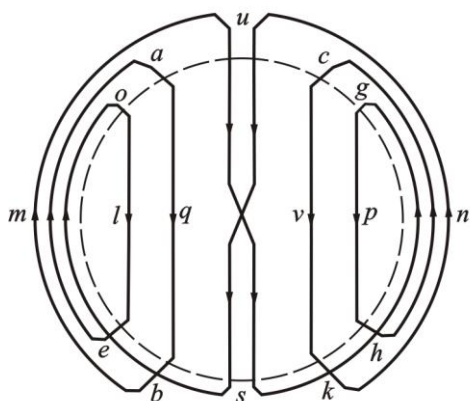


ნახ. 2. სფერული ფორმის მაგნიტით შექმნილი მაგნიტური ველი

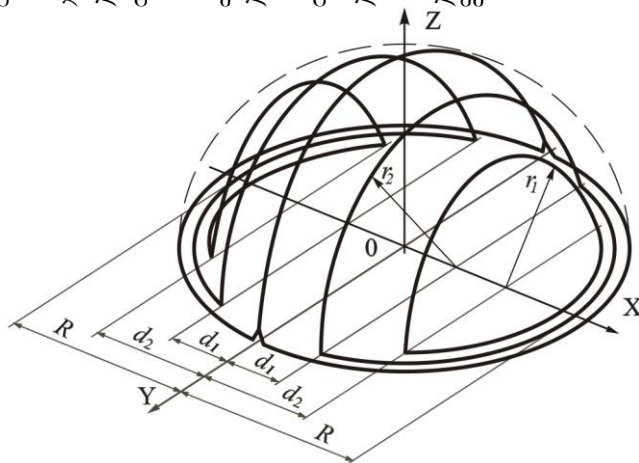
მობრუნების შემთხვევაშიც კი (პირობით ჩაკეტილ) კონტურში აღძრას ინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალა (მმძ), იმიტომ, რომ იწვევს ნაკადშებმის ცვლილებას. ექსპერიმენტულად გამოკვლეული იყო გამზომ კონტურებში აღძრული მმძ გაზრდის კონსტრუქციული ხერხები. ეჭვს არ იწვევს ის, რომ სფეროს ზედაპირზე კონტურების

და მათში შემაგალი გრაგნილის ხეიების რიცხვის გაზრდით მიიღწევა სასურველი შედეგი. თუ ცნობილ სამკოორდინატულ ურთიერთინდუქციურ გარდამქმნელში [1] პირველი გამზომი კონტური განთავსებულია ნახევარსფეროს ფუძის პერიმეტრზე, ხოლო ორი სხვა (ფორმით იდენტური კონტური) შესრულებულია პირობითი რვიანის სახით, მაშინ ახალ გარდამქმნელში იცვლება სფერულ ზედაპირზე ამ ორი გამზომი კონტურის განთავსების ტოპოლოგია. ამასთან პირველი კონტურის კონფიგურაცია არ იცვლება, ვინაიდან ის განთავსებულია ნახევარსფეროს ფუძის პერიმეტრზე და მისი გამომავალი სიგნალის გაზრდა შესაძლებელია კონტურში შემაგალი ხეიების რიცხვის გაზრდით. ნახ. 3 - ზე მოყვანილია ორიდან ერთ-ერთი იდენტური გამზომი კონტურის შესრულების სქემა. ისრები მიუთითებს მხოლოდ გამზომი კონტურების დახვევის მიმართულებაზე. ნახ. 4 -ზე მოყვანილია იგივე გამზომი კონტურის შემაგალი ერთი ცენტრალური და ორ-ორი ZOX და ZOY სიბრტყეების მიმართ d_1 და d_2 მანძილებზე სიმეტრიულად განთავსებული გამზომი კონტურის სექციები, შესაბამისად. მესამე გამზომი გრაგნილის იდენტური ნაწილები განთავსებულია წინა ნახაზზე მოყვანილი სურათის ანოლოგიურად, მაგრამ სივრცეში წანაცვლებულია მეორე კონტურის მიმართ 90° გრადუსით.

ადვილად დასადგენია, რომ მეორე და მესამე ხუთ-ხუთ სექციანი გამზომი კონტურები (გრაგნილები) დახვეულია პირობითი რვიანის სახით. მხოლოდ ასეთი გადაწყვეტილება იძლევა საშუალებას უზრუნველყოთ არა მარტო ამ კონტურების, არამედ სამივე გამზომი კონტურის ერთმანეთზე დამოუკიდებელი ფუნქციონირება. ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ ნახ. 2-ზე მოყვანილი სქემით დამზადებული გამზომი კონტური 4-ჯერ გაზრდილ გამომავალ სიგნალს იძლევა.



ნახ. 3. სამი მიმდევრობით შეერთებული ნახევარკალით შედგენილი იდენტური გამზომი კონტურის შესრულების სქემის განთავსება ნახევარსფერულ ზედაპირზე



ნახ. 4. სამი მიმდევრობით შეერთებული ნახევარკალით შედგენილი იდენტური გამზომი კონტურის შესრულების სქემის ზედხედი

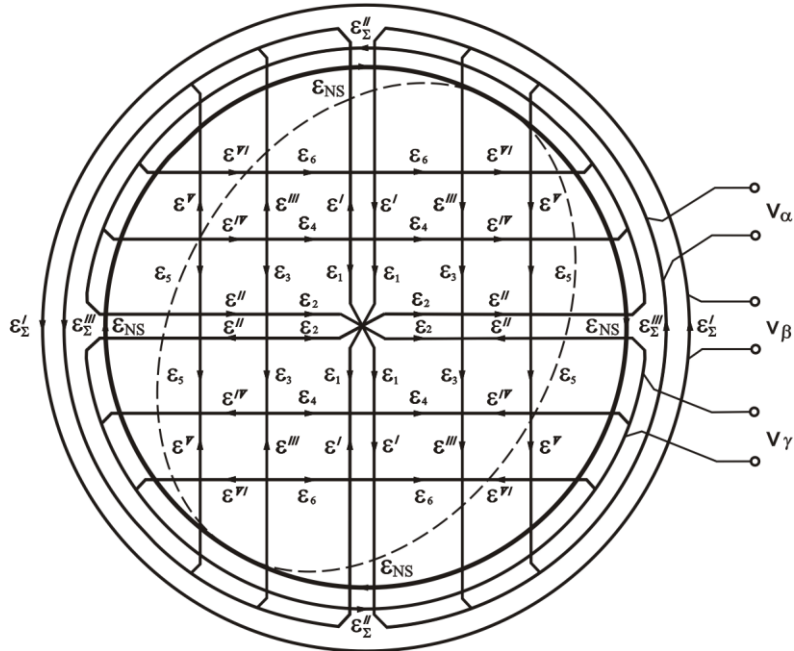
ნახ. 5-ზე ნაჩვენებია მძმ-ის მიმართულებები თითოეული გამზომი კონტურის სექციებში აღმზნები რგოლის (მუდმივი მაგნიტი) მობრუნების შემთხვევაში. ღრუ ნახევარსფეროს ფუძის პერიმეტრზე დახვეულ 1-1 გრაგნილში (იხ. ნახ. 4) აღძრული მძმ ε_{III} ერთი მიმართულებისაა და არა თუ არ კომპენსირდება, არამედ ორჯერ ძლიერდება. მეორე 1-2 და მესამე 1-3 გრაგნილებში სიგნალის სიდიდეები გამოითვლება კონტურის თითოეული სექციის მონაკვეთში ინდუცირებული სიგნალების არითმეტიკული ჯამის სახით. ვინაიდან:

მეორე 1-2 და მესამე 1-3 გრაგნილებში, ისევე როგორც ურთიერთინდუქციულ სამკოორდინატულ გარდამქმნელებში [7,9] სიგნალის სიდიდეები გამოითვლება კონტურის თითოეული სექციის მონაკვეთში ინდუცირებული სიგნალების არითმეტიკული ჯამის სახით:

$$\varepsilon_{\Sigma}^{II} = 4 \cdot (\varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \varepsilon_6) + 2 \cdot (\varepsilon^{II} - \varepsilon^{IV} + \varepsilon^{VI} - \varepsilon^{IV} + \varepsilon^{VI} - \varepsilon^{VI}) = 4 \cdot (\varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \varepsilon_6)$$

$$\text{და } \varepsilon_{\Sigma}^{III} = 4 \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_3 + \varepsilon_5) + 2 \cdot (\varepsilon^I - \varepsilon^I + \varepsilon^{III} - \varepsilon^{III} + \varepsilon^V - \varepsilon^V) = 4 \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_3 + \varepsilon_5).$$

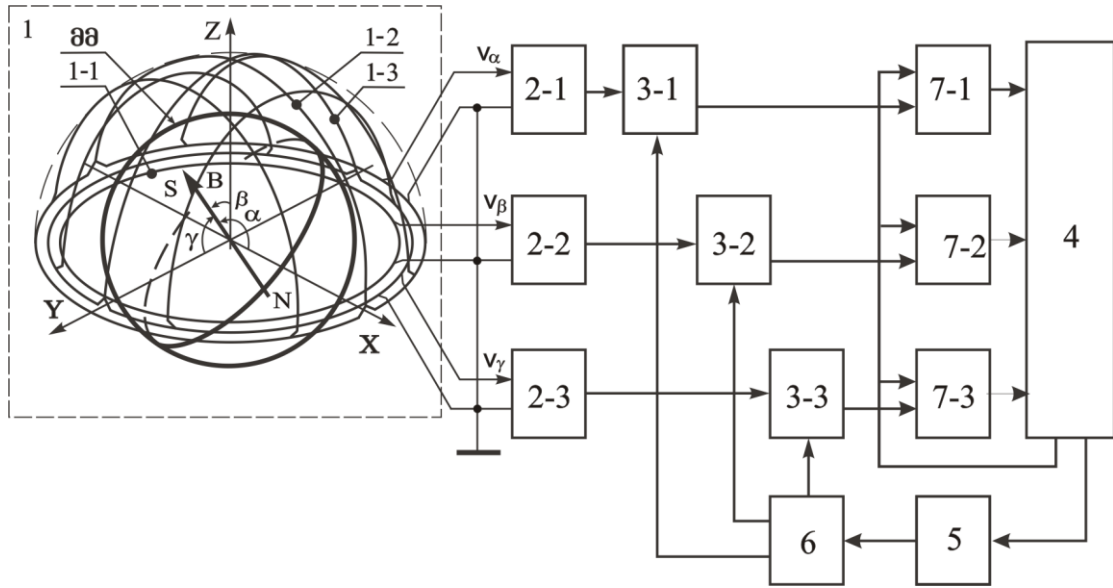
ამიტომ, როგორც ვხედავთ, სიბრტყის ერთნაირ და სიმეტრიულ პოზიციებში მდებარე რკალური ფორმის სექციების პარაზიტული სიგნალები $\varepsilon^I, \varepsilon^{II}, \varepsilon^{III}, \varepsilon^{IV}, \varepsilon^V$ და ε^{VI} მთლიანად აკომპენსირებენ ერთმანეთს, ხოლო $\varepsilon_1, \varepsilon_3, \varepsilon_5$ და $\varepsilon_2, \varepsilon_4, \varepsilon_6$, რომლებიც აღიძვრებიან თითოეულ ნაჩვენებ ნახევარწრეწირულ სექციებში, იკრიბება, შესაბამისად.



ნახ. 5. აღმგზნები რგოლის (სიმეტრიული მუდმივი მაგნიტის) მობრუნების შემთხვევაში მძმ-ის მიმართულებები თითოეული გამზომი კონტურების სექციებში

შესაძლებელია პირველად გარდამქმნელში მაგნიტი ჩავანაცვლოთ წრეწირული ტოროიდალური ფორმით დამზადებული აღმგზნები კონტურით და მასში გავატაროთ მუდმივი დენი. ამ შემთხვევაში მაგნიტური ველი ვერ შეაღწევს ნახევარსფეროს შიგნით, ვინაიდან აღძრულ ველს არ გააჩნია მაგნიტური ველის გამტარი თუნდაც თვით მაგნიტის სახით. ამიტომ ვერ მივიღებთ მაგნიტური ძალწირების სასურველ გადანაწილებას გარდა იმ შემთხვევისა, როცა გამოვიყენებთ დიდი სიდიდის დენს ან შევამცირებთ გარდამქმნელის გაბარიტულ ზომებს [7].

ინდუქციური სამკოორდინატული გადამწოდის ფუნქციონალური სქემა მოყვანილია ნახ. 6-ზე. აღმგზნებ რგოლს წარმოადგენს სიმეტრიული გეომეტრიული ფორმის მქონე და ღერძსიმეტრიულად დამაგნიტებელი მუდმივი მაგნიტი (მოყვანილ შემთხვევაში R_0 -რადიუსიანი სფერო) (მმ). აღმგზნები რგოლი თავისი გარსაცმით მოთავსებულია ღრუ ნახევარსფეროს შიგნით, ისე რომ სფეროს და ღრუ ნახევარსფეროს ცენტრები ერთმანეთს ემთხვევიან. ინდუქციური გადამწოდის პირველადი გარდამქმნელი 1 კონსტრუქციულად შესრულებულია სფერული ფორმის მოძრავი მუდმივი მაგნიტისაგან მმ და სამი ურთიერთორთოგონალურად და უძრავად განლაგებული (ამასთან, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი) გამზომი გრაგნილებისაგან 1-1, 1-2 და 1-3, რომლებიც დახვეული არიან სხვადასხვა ღარაკებიან ღრუ ნახევარსფერულ ზედაპირზე. პირველი გამზომი გრაგნილი 1-1 დახვეულია ღრუ ნახევარსფეროს ფუძის პერიმეტრზე. მეორე 1-2 და მესამე 1-3 გამზომი გრაგნილები შეიძლება შევასრულოთ არა მარტო სიმეტრიული რვიანის სახით, რომელიც სრულადაა აღწერილი [1-6], არამედ ორი ან სამი კოჭის ერთობლიობისაგან შედგენილი გრაგნილების სახით (იხ. ნახ. 2.). 1-2 და 1-3 გამზომი გრაგნილების სიმეტრიის ღერძები და სიბრტყეები ერთმანეთის მიმართ დაძვრულია 90° -ით და განლაგებულია ნახევარსფეროზე პირველ გამზომ გრაგნილთან ერთად ისე, რომ თითოეული ამ გრაგნილის ყველა უბანი ურთიერთორთოგონალურია სხვა გრაგნილის მიმართ.



ნახ. 6. ინდუქციური სამკოორდინატული გადამწოდის ფუნქციონალური სქემა

სქემოტექნიკურად ინდუქციური სამკოორდინატიანი გადამწოდი შეიცავს პირველად გარდამქმნელს 1 აღმზნები რგოლით 1-1, შესრულებულს სფერული ფორმის მულმივი მაგნიტისაგან. ყოველი გამზომი გრაგნილის 1-1, 1-2 და 1-3 ბოლოები მიერთებულია ორპოზიციური დილაკების 2-1, 2-2 და 2-3 შესასვლელებთან, შესაბამისად, ხოლო მეორე ბოლოები გაერთიანებულია და დამიწებული. ორპოზიციური დილაკების პირველი გამოსასვლელი შეერთებულია ანალოგური მანქანის 3 შესაბამის შესასვლელებთან (საჭიროების შემთხვევაში), ხოლო მეორე გამოსასვლელები – ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელების 3-1, 3-2 და 3-3 პირველ შესასვლელებთან, რომელთა მეორე შესასვლელები შეერთებულია მმართავი სიგნალების მაფორმირებელის 6, შესაბამის გამოსასვლელებთან. 6-ის შესავალი მიერთებულია ტაქტური იმპულსების გენერატორთან 5, რომელიც შეერთებულია ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის 4 გამშვებ გამოსასვლელთან. ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელების გამოსასვლელები მიერთებულია შესაბამისი ოპერატიულ-დამამახსოვრებელი მოწყობილობების 7-1, 7-2 და 7-3 საინფორმაციო შესასვლელებთან, ხოლო მათი მეორე შესასვლელები გაერთიანებულია ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის ინფორმაციის ამოკითხვის გამოსასვლელთან. 7-1, 7-2 და 7-3 გამოსასვლელები მიერთებულია ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის 4 შესაბამის შესასვლელთან.

ინდუქციური სამკოორდინატიანი გადამწოდი მუშაობს შემდეგნაირად: აღმზნები რგოლის 1-1 მუშაობის დროს თითოეულ გამზომ გრაგნილში 1-1, 1-2 და 1-4 აღიძვრება მძმ, რომელიც მიეწოდება 2-1, 2-2 და 2-3 დილაკების მეშვეობით ან პირდაპირ ანალოგურ გამომთვლელ მანქანას (აბმ) (არ არის ნაჩვენები), ან ელექტრონულ გამომთვლელ მანქანას (მბმ). გადამწოდის მუშაობის დაწყებისას, როდესაც მაგნიტი იწყებს მოძრაობას, ინფორმაციული სიგნალი იცვლება. აღმზნები რგოლის გაჩერებისას გამოძავალი სიგნალი განუღდება. ამიტომ ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის 4 გამშვები გამოსასვლელიდან ტაქტური იმპულსების გენერატორზე 5 მიეწოდება სიგნალი, რომელიც აძლევს იმპულსების მიწოდების უფლებას სიგნალების მაფორმირებელზე 6. ეს უკანასკნელი კი რთავს ანალოგურ-ციფრულ გარდამქმნელებს 3-1, 3-2 და 3-3. ინფორმაცია უკვე ციფრული ფორმით მიეწოდება ოპერატიულ-დამამახსოვრებელ მოწყობილობებს 7-1, 7-2 და 7-3, რომლებშიც ინფორმაცია ინახება

ელექტრონული გამოთვლელი მანქანის ინფორმაციის ამოკითხვის გამოსასვლელიდან იმპულსის მიღებამდე. მბმ-ში ინფორმაციის გადატანის შემდეგ ოპერაცია მეორდება. სივრცული კოორდინატების მიღწევისას აღმზნები რგოლის იძულებითი გადაადგილება შეწყდება.

ძირითადად ღრუ ნახევარსფეროს და სფერული ფორმის აღმზნები რგოლის დამზადების სიზუსტეზე დამოკიდებულია გადამწოდის სიზუსტე. ასევე მნიშვნელოვანია ნახევარსფერულ ზედაპირზე ღარაკების განლაგების სიზუსტე და ნახევარსფეროს და სფეროს ცენტრების შეთავსება სივრცეში.

მიზანშეწონილია სფერული მაგნიტი დამზადდეს ორი იდენტური ნახევარსფეროსაგან, რომლებიც დამაგნიტებულია ერთნაირად, ხოლო ფუძის მიმართ საპირისპირო მიმართულებით. ეს შეამცირებს დამაგნიტებაზე ელექტრული ენერჯის ხარჯს.

ვინაიდან ინფორმაციული სიგნალის დონე განისაზღვრება შექმნილი მაგნიტური ველის სიდიდით, რომელიც დამოკიდებულია მაგნიტური ფხვნილის დისპერსიაზე, თვით მასალასა და დამაგნიტების ტექნოლოგიურ პროცესზე, ამიტომ, ძვირად ღირებული მაგნიტური ფხვნილის ეკონომიის თვალსაზრისით მაგნიტების ნახევარსფეროები უნდა შესრულდეს ღრუ ფორმის სახით.

ზედაპირული მაგნიტური ველის ინდუქციის განაწილების შენარჩუნებისათვის ნახევარსფეროების ღრუ ფორმა წარმოადგენს სიმეტრიულ ნახევარელიფსოიდს, რომლის უდიდესი ღერძი განლაგებულია და ემთხვევა ნახევარსფეროს ფუძის სიმეტრიის ღერძს და ნაკლებია მის დიამეტრზე.

აღმზნები რგოლის ღრუ ნახევარსფეროს შიგნით მოთავსება განაპირობებს მაგნიტური ენერჯის გაფანტვის შემცირებას და მაგნიტური ველის ცვლილების მაქსიმალურ გამოყენებას საინფორმაციო სიგნალის ფორმირებისათვის.

ცხადია, რომ ინდუქციური პირველადი გარდამქმნელი არ შეიცვლის გამოსასვლელ მასხასიათებლებს, თუ მოძრავი ელემენტები არის გამზომი გრაგნილებიანი ნახევარსფერო, ხოლო უძრავი ელემენტი – აღმზნები რგოლი. იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ნახევარსფერო და სფერო იქნება ურთიერთმოძრავი, ვინაიდან, სფერული მაგნიტის მასხასიათებელი უცვლელია სივრცის ნებისმიერ წერტილში.

განხილული ინდუქციური პირველადი გარდამქმნელი ანალოგურ გამოთვლით მანქანებში გამოიყენება პირდაპირ, ხოლო მბმ-ში მათი გამოყენება ანალოგურ ციფრული გარდამქმნელის გარეშე შეუძლებელია. ბოლო შემთხვევაში მბმ-ში პერიოდულად უნდა მოდიოდეს სიგნალი, რომელიც აღრიცხავს ანალოგურ ციფრულ გარდამქმნელში ჩაწერილ და დამახსოვრებულ ინფორმაციას.

ასეთი ტიპის სამკოორდინატული ინდუქციური გარდამქმნელები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს არა მარტო საჰაერო ტოპოგრაფიული გადაღებისათვის, არამედ მრეწველობის და ტექნიკის სხვა დარგებში, მათ შორის რობოტოტექნიკაში.

სამკოორდინატული ინფორმაციური პირველადი გარდამქმნელის აბზის ზოგადი პრინციპები

1). ლაბაძე

რეზიუმე

განხილულია ინდუქციური სამკოორდინატული კენტსექციანი პირველადი გარდამქმნელის აბზის ზოგადი პრინციპები და თავისებურებანი. დადგენილია, რომ გამზომი გრაგნილების განთავსების ტოპოლოგიის ფორმის შერჩევით და ნახევარსფეროზე კენტი ოდენობის სექციების ჩანაცვლების გზით მიიღწევა ზღურბლური მგძნობიარობის და გამოსასვლელი სიგნალის სიდიდის გაზრდა.

THE GENERAL PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE INDUCTIVE THREE-COORDINATE PRIMARY CONVERTER

O.LABADZE

Summary

The general principles and features of construction of the inductive three-coordinate hemispherical primary converter with odd quantity of sections of measuring windings are considered. It was established that by means of selection of the form of topology of measuring windings and replacement of odd quantity of sections on hemisphere the increase in a threshold of sensitivity and level of a target signal can be achieved.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ТРЁХКООРДИНАТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

О.ЛАБАДЗЕ

Резюме

Рассмотрены общие принципы и особенности построения индуктивного трёхкоординатного полусферического первичного преобразователя с нечетным количеством секций измерительных обмоток. Установлено, что с помощью подбора формы топологии измерительных обмоток и заменой нечётного количества секций на полусфере может быть достигнуто увеличение порога чувствительности и уровня выходного сигнала.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ლაბაძე ო.ს., მანჯავიძე პ.შ., ცერცვაძე მ.ზ., კუბლაშვილი გ.შ. Концепция развития взаимноиндуктивных первичных преобразователей для систем управления. Международная конференция РСРЕ-2004. Институт систем управления АН Грузии им.А.Элиашвили. 2004 г., № 8, с.221-225.
2. ლაბაძე ო., ცერცვაძე მ., პ.მანჯავიძე. ურთიერთინდუქციურობა საერთო ცენტრის მქონე წრიულ და სფერულ ზედაპირებზე ბრტყელპარალელურად განლაგებულ ნახევარწრეწირულ კონტურებს შორის. საქართველოს მეცნ. აკად. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №9, 2005 წ. გვ. 165-167.
3. Labadze O., Tsertsvadze M. Development and research of contactless 3D hemispherical inter-inductive primary converter of Angular transposition “The 2nd International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications” BAKU, 2-4.06.2008 წ.
4. ო. ლაბაძე, პ.მანჯავიძე, მ. ცერცვაძე. ინდუქციური სამკოორდინატული ნახევარსფერული ლუწსეკციანი პირველადი გარდამქმნელის აგების პრინციპი. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №12, 2008 წ., გვ. 88-92.
5. ლაბაძე ო.ს. Принципы построения высокочувствительного трёхкоординатного взаимноиндуктивного полусферического первичного преобразователя угловых перемещений. *Международный форум "Новые информационные технологии и менеджмент качества" (NIT&QM), научная конференция: "Датчики и преобразователи информации систем контроля, измерения, и управления"* (28 марта - 04 апреля) 2009 г., ЕГИПЕТ, г. Шарм Эль Шейх, с.94-97.
6. ლაბაძე ო. ელექტრომაგნიტური სამკოორდინაციანი გადამწოდი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი” პატენტი P 4703. გამოქვეყნებულია

- სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საინფორმაციო ბიულეტენი 10.02.09წ., 2009 წ., №3 (271), გვ. 38-39.
7. ლაბაძე ო. ურთიერთინდუქციური სამკოორდინატული ნახევარსფერული კენტსექციანი პირველადი გარდამქმნელის აგების პრინციპები და თავისებურებანი. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №13, 2009 წ., გვ. 89-94.
 8. Лабадзе О.С., Лабадзе Т.С., Церцвадзе М.З. Взамоиндуктивная полусферическая трёхкоординатная многосекционная ситема одновременного контроля угловых перемещения и скорости. Труды Муждународной научной конференции посвященной 80 летию со дня рождения академика И.В. Прангишвили. «Информационные и компьютерные технологии, моделирование, управление. Секция: «Проблемы управление». Грузинский Технический Университет. © Издательский дом «Технический университет», 2011 г., стр. 117-120.
 9. ლაბაძე ო., ლაბაძე თ., ცერცვაძე მ., მანჯავიძე პ. **3D**- ტიპის ურთიერთინდუქციური მრავალსექციური პირველადი გარდამქმნელის გამოყენება მექანიკური პარამეტრების ერთდროული კონტროლისათვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №15, 2011 წ., გვ. 128-133.

**მდინარე ენგურის ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისების აუცილებლობისა
და მასთან დაკავშირებული სოციალური და ეკოლოგიური
პრობლემების შესახებ**

თ.მაბრაძეშვილიძე, ვ.პიჭინაძე, ხ.ლომიძე, ი.არჩუაძე, მ.ჭანიბაშვილი

qvelit@rambler.ru

არაერთხელ აღნიშნულა, რომ ენერგეტიკა, მათ შორის ელექტროენერგეტიკა წარმოადგენს ქვეყნის განვითარების საფუძველს [1]. ქვეყნის განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, როგორც ცნობილია, წარმოადგენს ერთ სულ მოსახლეზე მოსული ელექტროენერჯის წლიური მოხმარება. ამ მაჩვენებლით, რომელიც შეადგენს 1900 კვტ.სთ/სული წ, საქართველო მსოფლიოს ქვეყნებს შორის მეტად არასახარბიელო 98-ე ადგილზე იმყოფება (wikipedia.org; informatsia.ru). ასევე ერთ-ერთი ბოლო ადგილი უჭირავს ამ მაჩვენებლით საქართველოს ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნებს შორის (ცხრილი-1). ეს ფაქტი უაღრესად საგანგაშო ვითარებაზე მიუთითებს და, ვფიქრობთ, ამ ჩამორჩენილობის აღმოსაფხვრელად საჭირო იქნება რადიკალური ზომების გატარება.

ცხრილი-1

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნების სტატისტიკური მონაცემები გამომუშავებული ელექტროენერჯისა და მთლიანი შიდა პროდუქტის შესახებ

N	ქვეყანა	მოსახლეობის რაოდენობა	გამომუშავებული ელექტროენერჯია 10 ⁶ კვტ.სთ/წ	გამომუშავებული ელექტროენერჯია ერთ სულ მოსახლეზე, კვტ.სთ/წ	მთლიანი შიდა პროდუქტი ერთ სულ მოსახლეზე \$/წ	K კვტ.სთ /\$
1	2	3	4	5	6	7
1	ესტონეთი	1 282 963	11 460	8932	19120	0.47
2	რუსეთი	138 739 892	1 040 000	7496	16066	0.47
3	ყაზახეთი	15 522 373	78 400	5051	12485	0.40
4	უკრაინა	45 134 707	172 900	3831	6786	0.56
5	ლიტვა	3 535 547	12 000	3420	15901	0.22
6	ბელარუსია	9 577 552	29 920	3124	13406	0.23
7	თურქმენეთი	4 997 503	15 500	3102	7332	0.42
8	ყირგიზეთი	5 587 443	15 960	2856	2121	1.35
9	აზერბაიჯანი	8 372 373	18 600	2222	10768	0.21
10	ტაჯიკეთი	7 627 200	16 100	2111	1916	1.10
11	ლატვია	2 204 708	4 620	2096	14605	0.14
12	სომხეთი	2 967 975	5 584	1881	5819	0.32
13	საქართველო	4 585 874	7 670	1673	4813	0.35
14	უზბეკეთი	28 128 600	44 800	1593	3060	0.52
15	მოლდავეთი	4 314 400	3 620	840	2300	0.37

შეცდომაში არ უნდა შეგვიყვანოს იმ ფაქტმა, რომ უკანასკნელ წლებში გატარებულმა ღონისძიებებმა უზრუნველყვეს მოსახლეობის ელექტროენერგიით მომარაგების საგრძნობლად გაუმჯობესება. ამასთან ერთად, არც ის უნდა დაგვაიწყდეს, რომ ელექტროენერგიის გამომუშავების დღევანდელი დონე (დაახლოებით 9 მლრდი კვტ.სთ/წ) მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ჩვენივე ქვეყნის ანალოგიურ მაჩვენებელს, რომელიც მიღწეულ იყო გასული საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს (თითქმის 15 მლრდი კვტ.სთ/წ). აღარაფერს ვამბობთ იმის შესახებ, რომ მაშინ დამატებით წარმოებდა ელექტროენერგიის იმპორტი დაახლოებით 4 მლრდი კვტ.სთ/წ. ოდენობით.

ის, რომ დღეს მოსახლეობას შუქი აქვს, არ არის ეკონომიკის განვითარების სრული მაჩვენებელი. საკმარისია აღინიშნოს თუნდაც ქვეყანაში არსებული უმუშევრობის უაღრესად მაღალი დონე, რაც, ცხადია, გამოწვეულია საწარმოების არარსებობით ან არსებულის უმოქმედობით. საწარმოთა ფუნქციონირებას კი, რა სახისაც არ უნდა იყოს იგი, მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული ბაზა სჭირდება.

წარმოდგენელია ეკონომიკურად განვითარებული ქვეყანა ენერგეტიკული, და, მათ შორის, ელექტროენერგეტიკული ბაზის გარეშე. ამასთან დაკავშირებით ინტერესს იმსახურებს 1 ცხრილის ბოლო სვეტში წარმოდგენილი კოეფიციენტი -K, რომელიც არის ერთ სულ მოსახლეზე გამომუშავებული ელექტროენერგიის ფარდობა ერთ სულ მოსახლეზე მოსულ მთლიან შიდა პროდუქტთან. როგორც აღნიშნული ცხრილიდან ჩანს, არსებობს გარკვეული კორელაცია ზემოთ ნახსენებ ორ სიდიდეს შორის, კერძოდ, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ -K კოეფიციენტი იცვლება 0.2-დან, 0.5-მდე (ორი გამონაკლისის გარდა). ეს იმას ნიშნავს, რომ პრაქტიკულად შეუძლებელია მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდა ელექტროენერგიის გამომუშავების თანმდევი (შეიძლება წინმსწრები) ზრდის გარეშე.

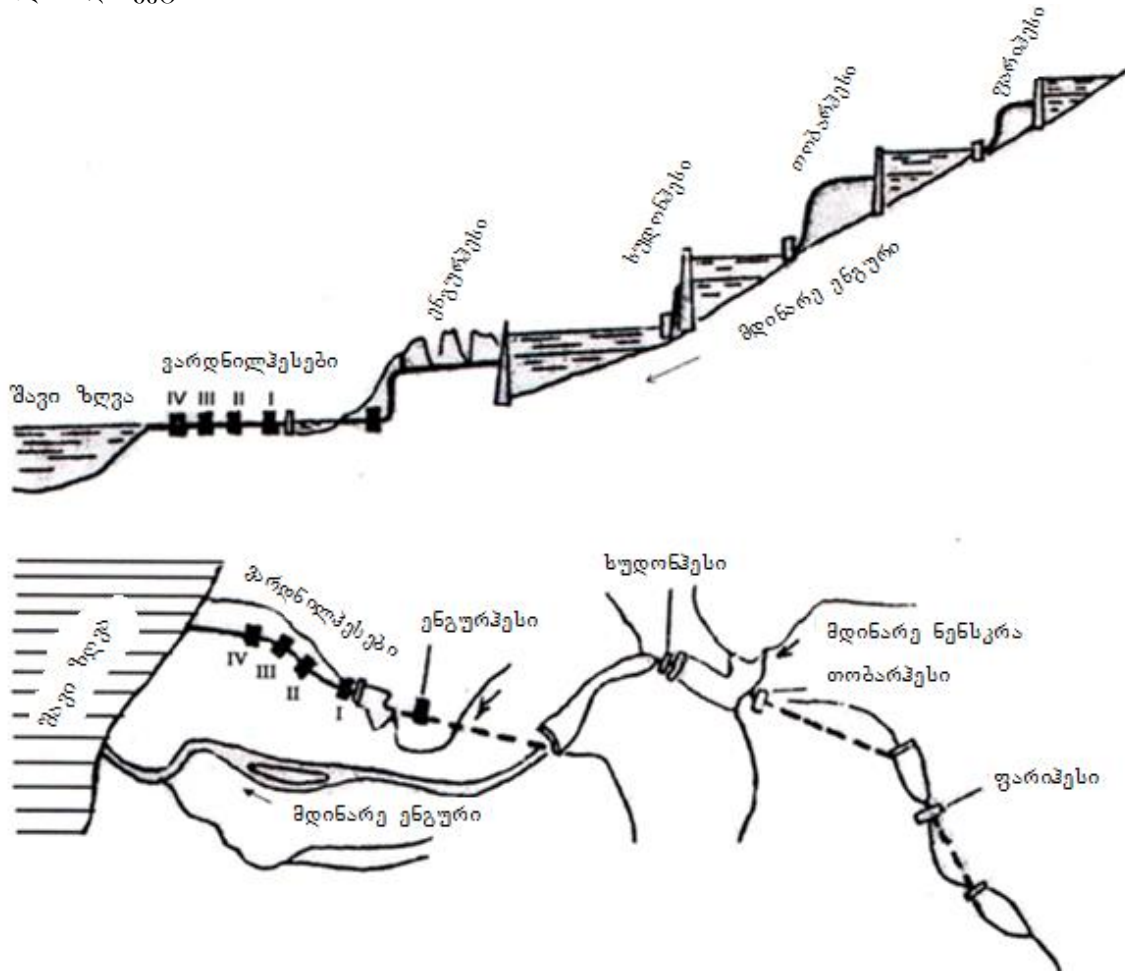
ამის ნათელ დადასტურებას წარმოადგენს ის, რომ უაღრესად განვითარებული ქვეყნებისათვის, როგორებიცაა, მაგალითად, ისლანდია, ნორვეგია, კანადა, ფინეთი, აშშ და სხვა (ასეთი ქვეყნების რაოდენობა ათზე მეტია) ერთ სულ მოსახლეზე მოსული წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერგიის მაჩვენებელი 10000 კვტ.სთ/სულიწ. აჭარბებს. განვითარებული ქვეყნებისათვის, რომელთა რიცხვში ევროპისა და აზიის 40-ზე მეტი ქვეყანაა, ეს მაჩვენებელი 5000-10000 კვტ.სთ/სულიწ. ფარგლებშია.

ასე რომ, ელექტროენერგიის გამომუშავების მკვეთრად გაზრდა ჩვენი ქვეყნისათვის უაღრესად აქტუალურია. მსოფლიოს განვითარებული ქვეყნების თუნდაც დღევანდელ საშუალო დონეს რომ მივაღწიოთ (7-8 ათასი კვტ.სთ/სული წ), საჭირო იქნება 40-45 მლრდი კვტ.სთ/წ. ელექტროენერგიის გამომუშავება. ამ დონის მიღწევა, რასაც, ალბათ, 20-25 წელი მაინც დასჭირდება, შეუძლებელია წყალსაცავიანი პესების აშენების გარეშე. ამ ჭრილში განვიხილოთ საქართველოს ერთ-ერთი წყალუხვი და დიდი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მქონე მდინარე ენგური. მდინარე ენგურის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ათვისება დაიწყო გასული საუკუნის 60-იან წლებში ენგურჰესის მშენებლობით მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში შედგენილი სქემის მიხედვით. აღნიშნული სქემა წარმოდგენილია 1 ნახაზზე [1].

პირველი მძლავრი ელექტროსადგური, რომელიც აშენდა ამ სქემის მიხედვით, არის წყალსაცავიანი და ამავე დროს დერივაციული ენგურჰესი. წყალსაცავი შექმნილი არის მდინარე ენგურზე, დაბა ჯვარის ზემოთ, 271მ სიმაღლის თაღოვანი კაშხლის საშუალებით. აღნიშნული სეზონური რეგულირების წყალსაცავის მთლიანი მოცულობა შეადგენს 1.1 მილიარდ მ³, აქედან მარგი მოცულობა არის 676 მილიონი მ³. მ წყალსაცავიდან 9.5 მ დიამეტრის მქონე დაწნევიანი გვირაბით, რომლის სიგრძე 15 კმ-ია, წყალი მიეწოდება ენგურჰესის 5 აგრეგატს, თითოეული აგრეგატის სიმძლავრე შეადგენს 250 მგტ. აგრეგატებში ნამუშევარი წყალი ჩაედინება მდინარე ერისწყალში, სადაც 100 მ სიმაღლის კაშხლით შექმნილია მეორე მოცულობა, რომლის ქვემოთ განლაგებულია ოთხი ვარდნილჰესი. ენგურჰესისა და ვარდნილჰესების საერთო სიმძლავრე შეადგენს 1640 მგტ-ს, ხოლო საპროექტო წლიური გამომუშავება 5.12 მლრდ კვტ.სთ-ს. როგორც აღწერილ სქემიდან ჩანს, აღნიშნული ჰიდროკვანძის აშენების შედეგად, მდინარე ენგური გადაგდებულ იქნა მდინარე ერისწყალში. იმ მიზნით, რომ არ მოხდეს ენგურის

წყალსაცავის ქვემოთ კალაპოტის გაუწყლოება, პროექტით გათვალისწინებულია წყლის სანიტარული გაშვებები ენგურის კალაპოტში 145 მილიონი მ³ წელიწადში მოცულობით

1 ნახაზზე წარმოდგენილი სქემის თანახმად, როექტით გათვალისწინებულია ასევე სეზონური რეგულირების წყალსაცავიანი ხუდონჰესის აშენება, სიმძლავრით 700 მგტ, წლიური გამომუშავებით 1,65 მილიარდი კვტ.სთ წელიწადში. ხუდონჰესის ზემოთ – თობარის წყალსაცავიანი სეზონური რეგულირების ჰესი, სიმძლავრით 600 მგტ, წლიური გამომუშავებით 2,18 მილიარდი კვტ.სთ. უკანასკნელ ზემო საფეხურს კასკადისა წარმოადგენს ფარიჰესი, სიმძლავრით 140 მგტ, გამომუშავებით 570 მილიონი კვტ.სთ წელიწადში. აღნიშნული პროექტის მიხედვით გათვალისწინებული იყო აგრეთვე რამდენიმე მცირე ჰესის მშენებლობა მდინარე ენგურზე და მის შენაკადებზე. წარმოდგენილი სქემის განხორციელების შედეგად მოხდება მდინარე ენგურის სრული დარეგულირება, რის შედეგადაც საერთო სიმძლავრე იქნება 3.2 მილიონი კვტ, ხოლო წლიური გამომუშავება 10 მილიარდი კვტ.სთ.



ნახ.1. მდინარე ენგურის ენერგეტიკული რესურსების ათვისების სქემა

წარმოდგენილმა სქემამ შემდგომში რამდენიმეჯერ განიცადა ცვლილება, ძირითადად სოციალური და ეკოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, თუმცა ძირითადი არსი ენგურჰესის ათვისებისა, შეიძლება ითქვას, უცვლელი დარჩა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ენგურჰესის ექსპლოატაციაში შეყვანის შემდეგ, გასული საუკუნის 80-იან წლებში უკვე დაიწყო ხუდონჰესის მშენებლობა. ჩატარებული იყო საკმაოდ დიდი მოცულობის სამუშაოები, მაგრამ 80-იანი წლების ბოლოს “მწვანეების”

კატეგორიული მოთხოვნით, მშენებლობა შეჩერდა. თუმცა, ვფიქრობთ, რომ “მწვანეების” აქტიურობის გარეშე, 90-იან წლებში განვითარებული მოვლენების შედეგად ხულონჰესის მშენებლობა მაინც შეწყდებოდა.

ახლახან დღის წესრიგში ისევ დადგა ხულონჰესის მშენებლობის განახლების საკითხი, კვლავ, ისევე, როგორც ორი ათეული წლის წინ, ატყდა ხმაური იმის თაობაზე, თუ სოციალურად და ეკოლოგიურად რამდენად გამართლებულია აღნიშნული ჰესის, და, საერთოდ, წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობა. საკითხი, ცხადია, უაღრესად აქტუალურია და ოპტიმალურ გადაჭრას მოითხოვს.

სამწუხაროდ, არც თუ იშვიათია შემთხვევა, როდესაც სახელმწიფოს, ამა თუ იმ სტრატეგიული მიზნების განხორციელების დროს, უწევს მოსახლეობის გადასახლება ერთი ადგილიდან მეორეზე. რასაკვირველია, ასეთ შემთხვევებში მაქსიმალური ზომები უნდა იქნეს გატარებული, რომ მინიმუმამდე დავიდეს მოსახლეობის მიგრაცია. ამასთან ერთად, ასეთი ღონისძიების აუცილებლობის შემთხვევაში, როგორც სახელმწიფოს, ისე ინვესტორის მხრიდან ყველა ღონე ინდა იქნეს გაწეული, იმისათვის რომ მოსახლეობას, რომელთაც საცხოვრებელი ადგილიდან გადანაცვლება უწევს, სრულად დაუკმაყოფილდეს მოთხოვნები და ახალ საცხოვრებელ ადგილზე გადასვლით მათი ცხოვრების პირობები კი არ გაუარესდეს, არამედ გაუმჯობესდეს მკვეთრად. ეს, ცხადია, დამატებით ხარჯებთანაა დაკავშირებული, მაგრამ სახელმწიფომ ასეთი ხარჯების გაწევისაგან თავი არ უნდა შეიკავოს.

რაც შეეხება ეკოლოგიურ საკითხებს, ბუნებრივია, რომ ადამიანის ყოველგვარი ზემოქმედება გარემოზე საციცოცხლო ინტერესების დაკმაყოფილების მიზნით აუცილებლად წარმოშობს ამ პრობლემას. ასეთ შემთხვევაში უნდა ვიმოქმედოთ პრინციპით: მინიმალური ზარალი – მაქსიმალური სიკეთე.

საერთოდ, მდინარეებზე, და, მათ შორის ენგურზე, წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობა დაკავშირებულია რამდენიმე ეკოლოგიურ პრობლემასთან. ეს პრობლემებია:

წყალსაცავის შევსებითა და დაცლით გამოწვეული შესაძლო პროვოცირება მიწისძვრისა. ამ პრობლემის გადასაჭრელად დაგროვილია საკმარისი გამოცდილება და შემუშავებულია სათანადო რეკომენდაციები, რომელთა გათვალისწინება, ვფიქრობთ, ამ მიმართულებით სერიოზულ პრობლემებს თავიდან აგვაცილებს.

ნიადგის ეროზია. როგორც სხვა წყალსაცავიანი ჰესების გამოცდილება გვიჩვენებს, ამ მხრივ, სერიოზული, გადაუჭრელი პრობლემები არ უნდა წარმოიქმნას. თუმცა, დარგის სპეციალისტების მიერ პრობლემის შესწავლა და მუდმივი მონიტორინგი აუცილებელი იქნება.

მიკროკლიმატის შეცვლა. რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, არსებობს გამოკვლევები, რომელთა თანახმად, ისეთი მასშტაბის წყალსაცავის აგება, როგორც ხულონჰესის წყალსაცავი იქნება, მიკროკლიმატის მნიშვნელოვან ცვლილებას არ გამოიწვევს. ამასთან ერთად, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ წყალსაცავიდან სულ რაღაც 100 კილომეტრის მოშორებით არსებობს უზარმაზარი “წყალსაცავი” – შავი ზღვა, მიკროკლიმატის მნიშვნელოვან ცვლილებაზე საუბარი, ვფიქრობთ, არასერიოზულია.

შავ ზღვაში მყარი ნატანის შემცირება და ამის შედეგად ზღვის შემოტევა სანაპირო ზოლზე. ზოგადად, ეს პრობლემა ყველაზე აქტუალურად შეიძლება ჩაითვალოს. სანაპირო ზოლზე ასეთი ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად არსებობს ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდი, როგორცაა სატრანსპორტო საშუალებებით მყარი ნატანის ჩატანა და ზღვის სანაპიროზე დაყრა. ეს, რა თქმა უნდა, აძვირებს ჰესში გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებას, მაგრამ მისი გამოყენება სრულიად გამართლებულად ითვლება.

ხულონის წყალსაცავის, ისევე, როგორც ენგურის კასკადზე სხვა წყალსაცავების აგების შემთხვევაში ზემოთ აღნიშნული პრობლემა შესუსტებულია, იმის გამო, რომ, ენგურჰესის წყალსაცავის აშენების შემდეგ პრაქტიკულად გადაიკეტა გზა მყარი ნატანების ჩატანისა შავ ზღვაში და ამ წყალსაცავის ზემოთ ახალი წყალსაცავების აგება საერთო სურათს ვეღარ შეცვლის. გარდა ამისა, როგორც ცნობილია, შავ ზღვაში, ენგურის შესართავთან, სანაპირო ზოლთან ახლოს არის დიდი კანიონი, რომელშიც უკვალოდ იკარგება მყარი

ნატანის უდიდესი ნაწილი. ასე რომ, ხუდონის წყალსაცავის აგება ზღვის სანაპიროზე მყარი ნატანის დეფიციტის თვალსაზრისით ახალ პრობლემებს ევლარ შექმნის.

მდინარე ენგურის ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისების აუცილებლობისა და მასთან დაკავშირებული სოციალური და ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ

თ.მაგრაკველიძე, ვ.ჭიჭინაძე, ხ.ლომიძე, ი.არჩუაძე, მ.ჯანიკაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების დღევანდელი დონე. ნაჩვენებია, რომ ელექტროენერჯის გამომუშავების მხრივ საქართველო მკვეთრად ჩამორჩება არა მხოლოდ მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებს, არამედ ერთ-ერთ ბოლო ადგილზეა ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებს შორის. აღნიშნულია რომ, ელექტროენერგეტიკის განვითარება საქართველოში უნდა მოხდეს ძირითადად ჰიდროენერგორესურსების ათვისების ხარჯზე.

გაანალიზებულია მდინარე ენგურის ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ათვისების არსებული სქემა და ამ სქემის განხორციელებასთან დაკავშირებული პრობლემები. ნაჩვენებია, რომ ენგურის ჰიდროენერგო პოტენციალის ათვისებას წყალსაცავიანი ჰესებით ალტერნატივა არ გააჩნია, მაგრამ ამასთან ერთად, მაქსიმალურად უნდა იქნეს გათვალისწინებული სოციალური და ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის აუცილებლობა.

ABOUT NECESSITY OF USAGE OF ENERGETIC POTENTIAL OF RIVER EN-GURI AND SOCIAL AND ECOLOGICAL PROBLEMS RELATED

T.MAGRAKVELIDZE, V.CHICHINADZE, KH.LOMIDZE, I.ARCHUADZE, M.JANIKASHVILI

Summary

Current level of development of Georgian electric power engineering is reviewed in the paper. It is shown that in electric power generation Georgia is far from leading countries, and is on the one of the last positions among former Soviet countries. It is mentioned that in the future electric power generation in Georgia should be increased due to hydro power plants.

It is analyzed the existing scheme of usage of hydro energetic potential of river Enguri and the problems related to implementation of this scheme. It is shown that there is no alternative of hydro power production with dams on the river Enguri, but together with this social and ecological problems should be solved.

О НЕОБХОДИМОСТИ ОСВОЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕКИ ИНГУРИ И СВЯЗАННЫХ С ЭТИМ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ

Т.МАГРАКВЕЛИДЗЕ, В.ЧИЧИНАДЗЕ, Х.ЛОМИДЗЕ, И.АРЧУАДЗЕ, М.ДЖАНИКАШВИЛИ

Резюме

В статье рассмотрен сегодняшний уровень развития электроэнергетической системы Грузии. Показано, что по выработке электроэнергии Грузия значительно отстает не только от развитых стран мира,

но и находится на одном из последних мест среди стран бывшего Советского Союза. Отмечено, что развитие электроэнергетики в Грузии должно быть основано на освоение гидроресурсов.

Проанализированы существующая схема освоения гидроэнергоресурсов реки Ингури и проблемы связанные с осуществлением этой схемы. Показано, что освоение потенциала Ингури путем построения ГЭС с водохранилищами не имеет альтернативы, но, при этом, максимально должны быть учтены социальные и экологические проблемы.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. მაგრაქველიძე თ., ჭიჭინაძე ვ., ლომიძე ხ., მიქაშავიძე ა., ჯანიკაშვილი მ., არჩუაძე ი. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების ზოგიერთი აქტუალური საკითხის შესახებ ა.გლიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2011, გვ.134-140.
2. Чоговадзе Г.И., Хачатурян Р.А. Использование нетрадиционных возобновляемых источников в энергетике Грузинской ССР. Мецниерева. 1989. 247с.

**კარმანის მუდმივას შესახებ ტურბულენტურ ნაკადში სიჩქარეთა
განაწილების ლობარითმულ ფორმულაში**

თ.მაბრაქველიძე

qvelit@rambler.ru

მე-20 საუკუნის 20-იან წლებში ლ.პრანდტლის, თ.კარმანის და ი.ნიკურაძის ძალისხმევით ჩამოყალიბდა ტურბულენტური დინების ნახევრად ემპირიული თეორია, რომელსაც საფუძვლად დაედო პრანდტლის შერევის მანძილის ჰიპოტეზა [1,2]. სასაზღვრო შრეში ტურბულენტური დინების გამარტივებულ განტოლებას როგორც ცნობილია აქვს შემდეგი სახე:

$$\tau = \tau_\delta + \tau_\delta = \rho \nu \frac{du}{dy} - \rho u'v', \quad (1)$$

სადაც τ არის სრული მხეები ძაბვა, τ_δ – სითხის სიბლანტით გამოწვეული მხეები ძაბვა, τ_δ – ტურბულენტური მხეები ძაბვა, ρ – სითხის სიმკვრივე, ν – სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, u – სითხის გასაშუალებული სიჩქარე, y – მანძილის მილის კედლიდან, u' – სიჩქარის გრძივი პულსაციები, v' – სიჩქარის განივი პულსაციები.

ლ.პრანდტლის შერევის თეორიის თანახმად:

$$-u'v' = l^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2, \quad (2)$$

სადაც l არის შერევის მანძილი.

აღნიშნული თეორია სამართლიანია მილში დინების დროს ტურბულენტური ბირთვისათვის, სადაც $\tau_\delta \gg \tau_\delta$. ამის გათვალისწინებით (2) ფორმულის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ:

$$\tau = \tau_\delta = \rho l^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2. \quad (3)$$

პრანდტლის ჰიპოტეზის თანახმად

$$l = k y, \quad (4)$$

სადაც k არის კარმანის მუდმივა.

(4)-ის გათვალისწინებით, (3) ფორმულიდან მიიღება ე.წ. სიჩქარის დეფიციტის ფორმულა:

$$\frac{u_{\max} - u}{u_\tau} = \varphi_{\max} - \varphi = \frac{1}{k} \ln \frac{\eta_0}{\eta}, \quad (5)$$

სადაც $\varphi_{\max} = \frac{u_{\max}}{u_\tau}$ არის უგანზომილებო სიჩქარე მილის ცენტრში, $\varphi = \frac{u}{u_\tau}$ -

უგანზომილებო სიჩქარე, $\eta_0 = \frac{R_0 u_\tau}{\nu}$ - უგანზომილებო მანძილი კედლიდან მილის

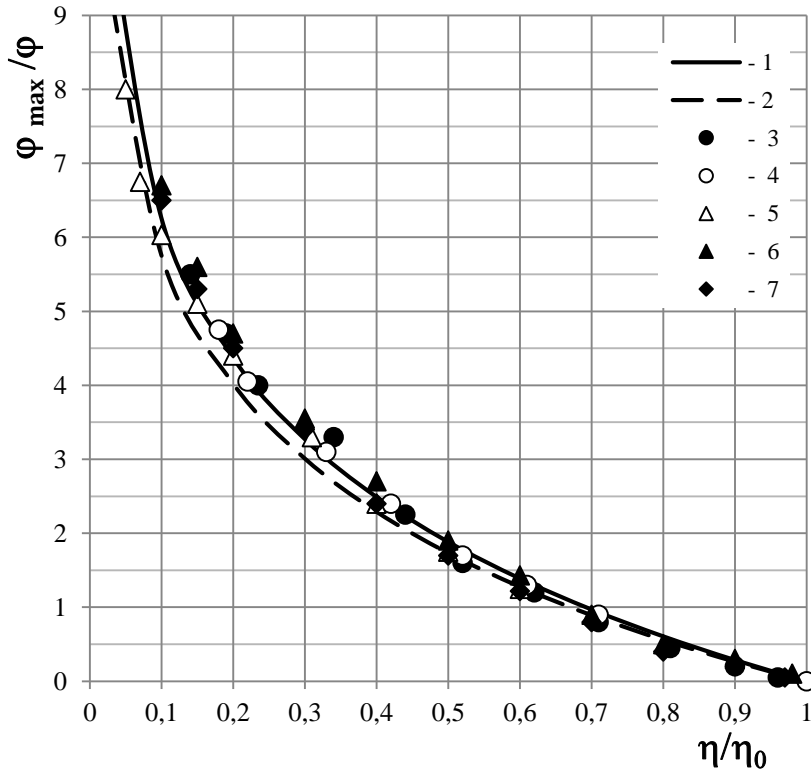
ცენტრამდე, $u_\tau = \sqrt{\tau_\delta / \rho}$ - დინამიური სიჩქარე, $\eta = \frac{y u_\tau}{\nu}$ - უგანზომილებო მანძილი

კედლიდან, u_{\max} - სიჩქარე მილის ცენტრში, R_0 - მილის რადიუსი, τ_δ – მხეები ძაბვის მნიშვნელობა კედელთან.

ი.ნიკურაძემ ზემოთ მოყვანილი თეორიის, საკუთარ ექსპერიმენტულ მონაცემებთან შედარების საფუძველზე მიიღო, რომ $k=0.4$. ამის შემდეგ სხვადასხვა ავტორთა მიერ შემოთავაზებული იყო k -ს სხვადასხვა მნიშვნელობები, მათ შორის თეორიულად დასაბუთებულებიც [3,4].

[5] სამუშაოში აღნიშნული იყო, რომ კარმანის მუდმივა იძენს გარკვეულ ფიზიკურ აზრს, თუ დავუშვებთ, რომ $k=e^{-1}$. ამასთან ერთად, როგორც 1 ნახაზიდან ჩანს, (5) ფორმულა უკეთეს თანხვედრაშია ნიკურაძის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან იმ

შემთხვევაში, როდესაც $k=e^{-1}$ ტურბულენტური ბირთვის გარე საზღვრის არეში. ტურბულენტური ბირთვის ცენტრალურ ნაწილში (5) ფორმულა ზემოთ აღნიშნული k -ს ორივე მნიშვნელობის შემთხვევაში ოდნავ უფრო მაღლაა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან შედარებით. ამ განსხვავების მიზეზი ახსნილი იყო [5] გამოკვლევაში.



ნახ.1. სინქარის დეფიციტის დამოკიდებულება მილის კედლიდან ფარდობით მანძილზე.

1. (5) ფორმულის მიხედვით, $k=e^{-1}$; 2. (5) ფორმულის მიხედვით, $k=0.4$.

ინიკურადის ექსპერიმენტული მონაცემები:

3. $Re=4 \cdot 10^3$; 4. $Re=6.1 \cdot 10^3$; 5. $Re=43.4 \cdot 10^3$; 6. $Re=2.05 \cdot 10^3$; 7. $Re=3.24 \cdot 10^3$.

სერიოზულ ყურადღებას იმსახურებს, აგრეთვე, მილში მაქსიმალური სინქარიდან საშუალო სინქარის დეფიციტის საკითხი. როგორც ცნობილია, საშუალო სინქარე გამოსახება ფორმულით:

$$\bar{u} = \frac{Q}{f}, \quad (6)$$

სადაც Q არის სითხის ხარჯი, f – მილის განიკვეთის ფართი.

როგორც ცნობილია, საშუალო სინქარე

$$\bar{u} = \frac{1}{f} \int_0^{R_0} u \cdot 2\pi r \, dr \quad (7)$$

(5)-ის გათვალისწინებით (7)-ის ინტეგრების შედეგად მივიღებთ, რომ

$$\bar{u} = u_{\max} - \frac{3}{2k} u_{\tau}, \quad (8)$$

აბ

$$\frac{u_{\max} - \bar{u}}{u_{\tau}} = \frac{3}{2k} \quad (9)$$

ცხადია, იმ შემთხვევაში, როდესაც $k=0.4$

$$\frac{u_{\max} - \bar{u}}{u_{\tau}} = 3.75 \quad (10)$$

(10)-გან განსხვავებით, ინიკურადის ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად

$$\frac{u_{\max} - \bar{u}}{u_{\tau}} = 4.07 \quad (11)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც $k=e^{-1}=0.368$

$$\frac{u_{\max} - \bar{u}}{u_{\tau}} = 4.077, \quad (12)$$

რაც შესანიშნავ თანხვედრაშია ინიკურადის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ კარმანის მუდმივას შემოთავაზებული მნიშვნელობა – $k=e^{-1}=0.368$ კარგ შედეგებს იძლევა ექსპერიმენტული მონაცემების განზოგადების თვალსაზრისით.

**კარმანის მუდმივას შესახებ ტურბულენტურ ნაკაღში სიჩქარეთა
ბანაწილების ლოგარითმულ ფორმულაში**

თ.მაგრაქველიძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ცილინდრულ მილში სითხის დინების დროს ტურბულენტურ ბირთვში სიჩქარეთა განაწილების საკითხები. ნაჩვენებია, რომ, შერევის მანძილის თეორიაზე დაფუძნებული სიჩქარეთა განაწილების ლოგარითმული ფორმულის თანხვედრა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან გაცილებით უკეთესია იმ შემთხვევაში, როდესაც კარმანის მუდმივა $k=e^{-1}=0.368$, ვიდრე მაშინ, როდესაც $k=0.4$.

**ABOUT KARMAN CONSTANT IN THE LOGARITHMIC FORMULA OF VELOCITY
DISTRIBUTION IN THE TURBULENT FLOW**

T.MAGRAKVELIDZE

Summary

Some issues of velocity distribution in the turbulent bulk in case of liquid flow in the cylindrical pipe are considered in the paper. It is shown that coincidence with experimental data of logarithmic formula of velocity distribution based on the theory of mixing range is better when Karman constant $k=e^{-1}=0.368$, than in case when $k=0.4$.

**О ПОСТОЯННОЙ КАРМАНА В ЛОГАРИТМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ**

Т.МАГРАКВЕЛИДZE

Резюме

В статье рассмотрены вопросы, распределения скоростей в турбулентном ядре потока, при течении жидкости в цилиндрической трубе. Показано, что соответствие полученной на основе теории пути перемешивания логарифмической формулы с экспериментальными данными гораздо лучше при значении постоянной Кармана - $k=e^{-1}=0.368$, чем случае, когда $k=0.4$.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Nikuradze I. Gesetzmässigkeiten deer turbuleten stromung in glaten rohren. Forschungsheft, 356, 1932.
2. Прандтль Л. Гидродинамика. Изд. ИЛ,М. 1949, 520 с.
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Изд. Наука. М., 1969, 742с.
4. Кутателадзе С. Пристенная турбулентность. Наука. Новосибирск, 1973, 227с.
5. Маграквелидзе Т.Ш. //О распределении скоростей в ядре турбулентного потока в круглой трубе. Институт системы управления им. А.И.Елиашвили Сборник трудов. 2000, Тбилиси, с.73-78.

პრანდტლის რიცხვის გავლენა თბოგაცემაზე სარევიან აპარატში

თ.მაგრაძე, ნ.ბანცაძე, ნ.ჯეჯევიძე, ხ.ლომიძე,

ა.მიქაშავიძე, ჯ.რუსიშვილი

qvelit@rambler.ru

იმის გამო, რომ სარევიანი აპარატები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ტექნოლოგიურ პროცესებში, თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია ასეთ აპარატებში ძალზე აქტუალური პრობლემაა.

ავტორთა მიერ ადრე ჩატარებულ გამოკვლევებში ნახვენები იყო, რომ ასეთ აპარატებში თბოგაცემ ზედაპირზე ხელოვნური ხაოიანობის შექმნა განაპირობებს თბოგაცემის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას [1,2]. აღნიშნულ გამოკვლევებში თბოგადამტანად გამოყენებული იყო დისტილირებული წყალი, შესაბამისად პრანდტლის (Pr) რიცხვის დიაპაზონი იყო საკმაოდ მცირე და იცვლებოდა 2-დან 6-მდე. ცხადია, ინტერესს წარმოადგენს გამოკვლევის ჩატარება პრანდტლის რიცხვის უფრო ფართო დიაპაზონში. ამ მიზნით ექსპერიმენტულ დანადგარზე, რომელიც დაწვრილებითაა აღწერილი [1,2] გამოკვლევებში, ჩვენ მიერ ჩატარდა ექსპერიმენტები, რომელშიც თბოგადამტანად გამოყენებული იყო ტრანსფორმატორის ზეთი.

ექსპერიმენტებში თბოგაცემ ელემენტად გამოყენებული იყო უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული რგოლის ფორმის მქონე მილი, რომელიც ხურდებოდა მასში დაბალი ძაბვის ელექტროდენის უშუალო გატარებით. ექსპერიმენტები ტარდებოდა როგორც გლუვი, ისე ხაოიან ზედაპირებზე. ხაოიანობა იქმნებოდა თბოგაცემ მილზე სხვადასხვა დიამეტრის მქონე მავთულის სხვადასხვა ბიჯით დახვევის შედეგად. რეინოლდის იცვლებოდა დიაპაზონში 5000 – 250000, ხოლო პრანდტლის რიცხვი 2-დან 75-მდე. ექსპერიმენტები ჩატარდა სხვადასხვა დიამეტრის სარევიანობის და სხვადასხვა ხაოიანობის გეომეტრიული პარამეტრების მქონე ზედაპირებისათვის. მიღებული შედეგების ნაწილი კოორდინატებში (A,Re) წარმოდგენილია ნახ.1-ზე. აღნიშნულ ნახაზზე წარმოდგენილია შედეგები როგორც გლუვი, ისე ხაოიანი ზედაპირებისათვის.

ნახ.1-ზე მთლიანი ხაზები 1, 2 შეესაბამება [1] გამოკვლევაში მიღებულ კრიტერიულ განტოლებას, რომელსაც ასეთი სახე აქვს:

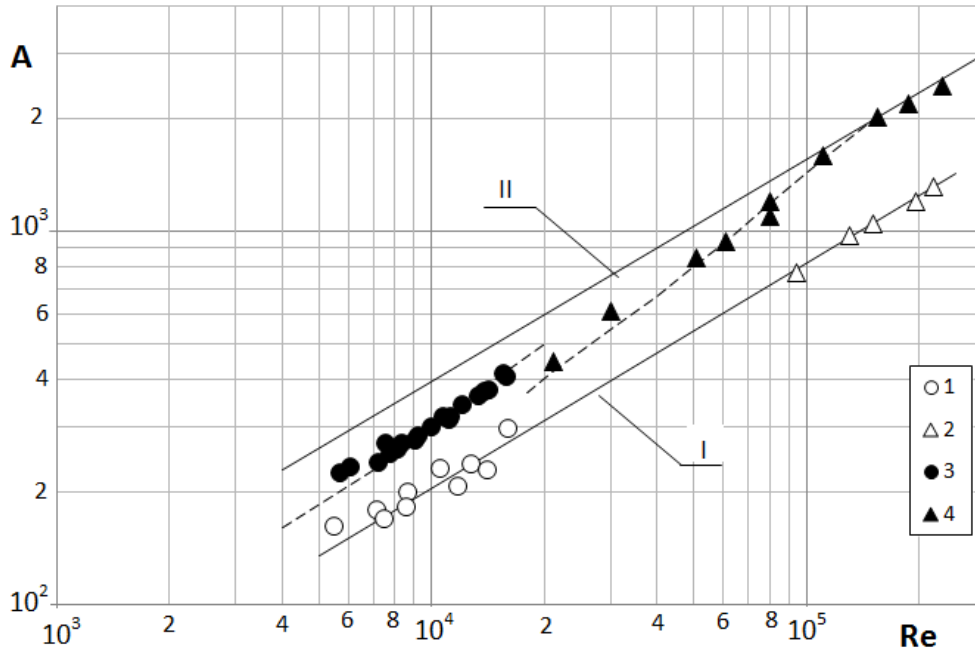
$$Nu = 0.82 Re^{0.62} Pr^{0.33} \left(\frac{D}{d}\right)^{0.35} \left(\frac{D}{H}\right)^{0.25} \left(\frac{25b}{H}\right)^{0.35} \left(1 + \frac{|\Delta H|}{b}\right)^{-0.12} \left(\frac{Z}{2}\right)^{0.35} \left(\frac{\mu}{\mu_j}\right)^{0.14} \varepsilon_{su} \quad (1)$$

სადაც გლუვი ზედაპირის შემთხვევაში $\varepsilon_{su} = 1$, ხოლო ორგანზომილებიანი ხაოიანობის ეფექტის სრული გამოვლინების დროს

$$\varepsilon_{su} = Pr^{0.05} \left(\frac{D}{d}\right)^{-0.15} \left(1 + \frac{|\Delta H|}{b}\right)^{0.1} \left(\frac{Z}{2}\right)^{-0.1} (1 + 0.2(s/h) \exp(-0.1(s/h))). \quad (2)$$

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, თბოგაცემ ზედაპირზე ხელოვნური ხაოიანობის შექმნა განაპირობებს თბოგაცემის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას როგორც დისტილირებული წყლის (პრანდტლის მცირე მნიშვნელობები), ისე დიდი პრანდტლის რიცხვის მქონე ტრანსფორმატორის ზეთისათვის.

აღნიშნულ ექსპერიმენტებში დაფიქსირდა ხაოიანობის ეფექტის როგორც ნაწილობრივი, ისე სრული გამოვლინების რეჟიმები. ამასთან, აღსანიშნავია, რომ ტრანსფორმატორის ზეთის შემთხვევაში ხაოიანობის გამოვლინების რეჟიმი იწყება რეინოლდის უფრო დაბალი მნიშვნელობების დროს, ვიდრე წყლის შემთხვევაში. ეს გაპირობებულია იმით, რომ დიდი პრანდტლის რიცხვის მქონე სითხეების შემთხვევაში თერმიული წინაღობა პრაქტიკულად მთლიანადაა თავმოყრილი ბლანტ ქვეშრეში, რომლის შემფოთება ან გათხელება შესაძლებელია ხაოიანობის ელემენტების მცირე სიმაღლის შემთხვევაშიც.



ნახ.1. თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე. გლუვი ზედაპირი:

1 - ზეთი, Pr=42; 2 - წყალი, Pr=3.

ხაოიანი ზედაპირები:

3 - ზეთი, Pr=42, h=13მ, s/h=10; 4 - წყალი, Pr=3, h=1.4მ, s/h=7;

I - (1) ფორმულის მიხედვით, გლუვი ზედაპირისათვის;

II - (1) ფორმულის მიხედვით ხაოიანო ზედაპირისათვის.

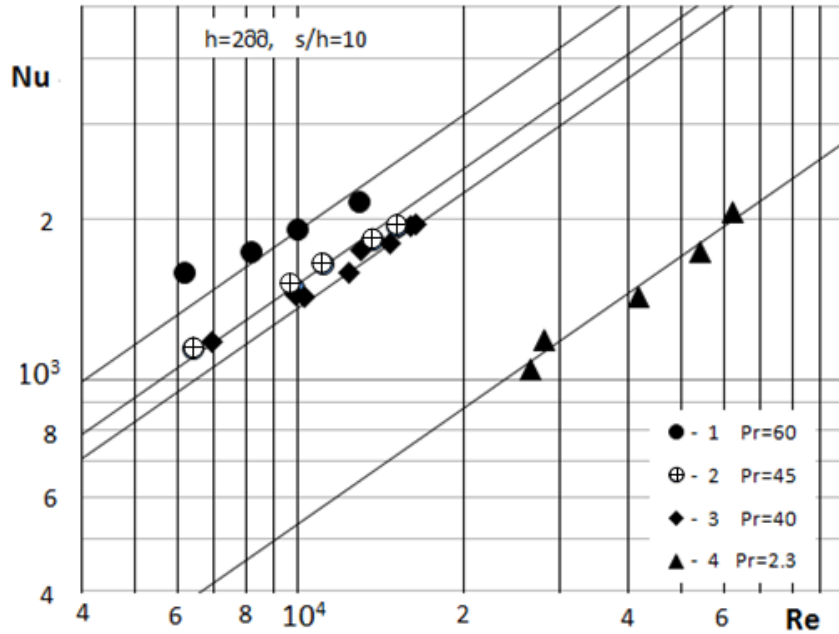
ნახ.2-ზე ლოგარითულ კოორდინატებში $Nu=f(Re)$ წარმოდგენილია ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც მიღებულია რგოლის ფორმის მილის თბოგაცემის პროცესის შემთხვევაში. აღნიშნულ ექსპერიმენტებში ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე $h=2$ მმ, ხოლო ხაოიანობის ელემენტებს შორის ბიჯის ფარდობა მათ სიმაღლესთან - $s/h=10$. თბომტარად გამოყენებული იყო დისტილირებული წყალი და ტრანსფორმატორის ზეთი. რეინოლდსის რიცხვი იცვლებოდა 6 000-დან 65 000-მდე, ხოლო პრანდტლის რიცხვი 2-დან 60-მდე. ტრანსფორმატორის ზეთის შემთხვევაში სითხის დონე ჭურჭელში შეადგენდა 170 მმ-ს, ხოლო წყლის შემთხვევაში - 250მმ-ს.

როგორც წარმოდგენილი გრაფიკიდან ჩანს, თბომტარის Pr რიცხვის ზრდით მნიშვნელოვნად იზრდება ორგანოზომილებიანი ხაოიანობის მქონე ზედაპირის თბოგაცემის ინტენსიურობა.

ადრე ჩატარებული გამოკვლევებით [1,2] თბომტარად დისტილირებული წყლის გამოყენების შემთხვევაში ($Pr=2.6$) დადგენილი იყო, რომ ხაოიანი ზედაპირების შემთხვევაში თბოგაცემის ინტენსიურობა

$$Nu \sim Pr^{0.38} \quad (3)$$

ნახ.2-ზე წარმოდგენილი შედეგები ადასტურებენ, რომ (3) დამოკიდებულება სამართლიანია Pr რიცხვის გაცილებით უფრო დიდი მნიშვნელობების შემთხვევაშიც.



ნახ.2. ხაოიანი ზედაპირის თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება Re რიცხვზე (თბომტარი – ტრანსფორმატორის ზეთი, წყალი)

ნახ.3-ზე ლოგარითმულ კოორდინატებში $A=f(Re)$ წარმოდგენილია ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც მიღებულია ტრანსფორმატორის ზეთისათვის თბოგამცემი ზედაპირის ხაოიანობის ელემენტების სხვადასხვა სიმაღლის ($h=1\text{მმ}$, $h=2\text{მმ}$) შემთხვევაში. ამ ექსპერიმენტებში $Pr=42$, ხოლო ხაოიანობის გომეტრიული პარამეტრი – $s/h=10$.

როგორც ნახ.3-ზე წარმოდგენილი შედეგებიდან ჩანს, თბოგამცემი ზედაპირის ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე პრაქტიკულად არავითარ გავლენას არ ახდენს თბოგაცემის ინტენსიურობაზე.

აღსანიშნავია, რომ ნახ.2, ნახ.3 და ნახ.4-ზე წარმოდგენილი შედეგების თანახმად თბოგაცემის ინტენსიურობა

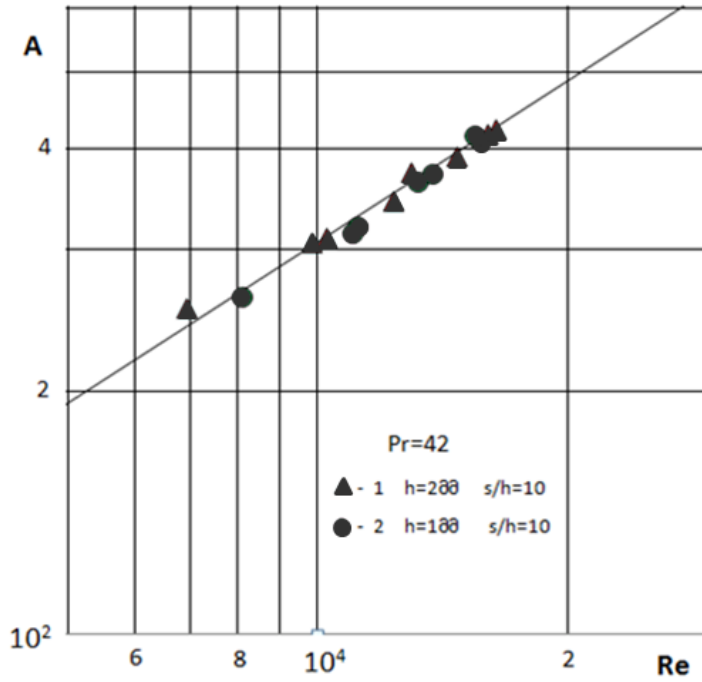
$$A \sim Re^{0.66} \quad (4)$$

ამასთან ერთად, ჩვენ მიერ ადრე გამოქვეყნებულ გამოაკვლევებში დადგენილ იყო, რომ სითხის ტურბულენტური არევის დროს ხაოიანობის სრული გამოვლინების რეჟიმში თბოგაცემის ინტენსიურობა

$$A \sim Re^{0.62} \quad (5)$$

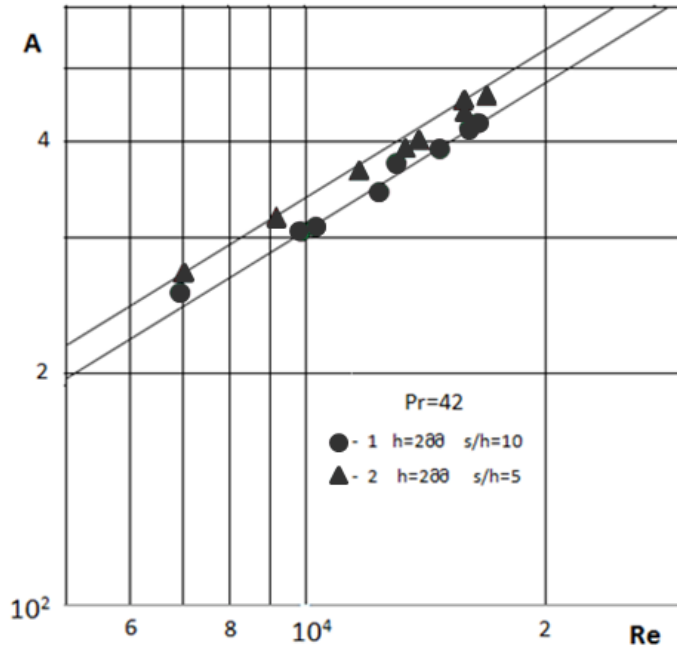
ეს იმაზე მიუთითებს, რომ აღნიშნულ ნახაზებზე წარმოდგენილი შედეგები განეკუთვნება ხაოიანობის ნაწილობრივი გამოვლინების რეჟიმს. მეორე მხრივ, ზემოთ აღნიშნულ გამოკვლევებში დადგენილ იყო, რომ თბომტარად დისტილირებული წყლის შემთხვევაში ხაოიანობის ნაწილობრივი გამოვლინების რეჟიმში, ნახ.3-ზე წარმოდგენილი შედეგებისაგან განსხვავებით, თბოგაცემის ინტენსიურობა იზრდება ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლის ზრდით. აღნიშნული განსხვავების მიზეზის დასდგენად სასურველია შემდგომი კვლევების ჩატარება.

ნახ.4-ზე ლოგარითმულ კოორდინატებში $A=f(Re)$ წარმოდგენილია ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც მიღებულია ტრანსფორმატორის ზეთისათვის თბოგამცემი ზედაპირის ხაოიანობის გომეტრიული პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობების ($s/h=5$, $s/h=10$) დროს. ამ ექსპერიმენტებში $Pr=42$, ხოლო ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე – $h=2\text{მმ}$.



ნახ.3. ხაოიანი ზედაპირის თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება Re რიცხვზე

როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, თბოგაცემის ინტენსიურობა ხაოიანი ზედაპირისა, რომლის გეომეტრიული პარამეტრი – $s/h=5$, ოდნავ აღემატება იმავე სიდიდეს, როცა გეომეტრიული პარამეტრი – $s/h=10$.



ნახ.4. ხაოიანი ზედაპირის თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება Re რიცხვზე

აღნიშნული ტენდენცია შეინიშნებოდა ადრე ჩატარებულ, ზემოხსენებულ გამოკვლევებში, როდესაც თბომტარად გამოყენებული იყო დისტილირებული წყალი. ამასთან ერთად, ცნობილია, რომ არსებში ტურბულენტური დინების დროს, ორგანოზომილებიანი ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდით თბოგაცემის მაქსიმალური ინტენსიფიკაცია მიიღწევა იმ შემთხვევაში, როდესაც $s/h=12-14$ [3]. აღნიშნული განსხვავების ახსნა დღეისათვის არსებული მონაცემებით ვერ ხერხდება. აქედან გამომდინარე, ამ მიმართულებით საჭირო იქნება შემდგომი ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევების ჩატარება.

პრანდტლის რიცხვის გავლენა თბოგაცემაზე სარევიან აპარატში

თ.მაგრაქველიძე, ნ.ბანცაძე, ა.მიქაშავიძე, ნ.ლექვეიშვილი, ჯ.რუსიშვილი, ხ.ლომიძე
რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები, რომელთა თანახმად დიდი სიბლანტის მქონე სითხეების შემთხვევაში თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება პრანდტლის რიცხვზე როგორც გლუვი, ისე ხაოიანი ზედაპირებისათვის პრაქტიკულიდ ისეთივეა, როგორც დისტილირებული წყლის შემთხვევაში.

INFLUENCE OF PRANDTL NUMBER ON HEAT TRANSFER IN THE APPARATUS WITH STIRRER

*T. MAGRAKVELIDZE, N. BANTSADZE, A. MIKASHVIDZE, N. LEKVEISHVILI,
J. RUSISHVILI, KH. LOMIDZE*

Summary

According to the results of experimental investigation represented in the paper, in case of liquids with high viscosity relation of heat transfer intensity on the Prandtl number both for smooth and rough surfaces is the same as in case of distilled water.

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ПРАНДТЛЯ НА ТЕПЛОТДАЧУ В АППАРАТЕ С МЕШАЛЬКОЙ

*Т.МАГРАКВЕЛИДЗЕ, Н.БАНЦАДЗЕ, А.МИКАШАВИДЗЕ, Н.ЛЕКВЕИШВИЛИ,
ДЖ.РУСИШВИЛИ, Х.ЛОМИДЗЕ*

Резюме

В статье представлены результаты экспериментального исследования, согласно которым в случае жидкости с большой вязкостью зависимость интенсивности теплоотдачи как гладкой, так и шероховатой поверхностей практически такая же, как в случае дистиллированной воды.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

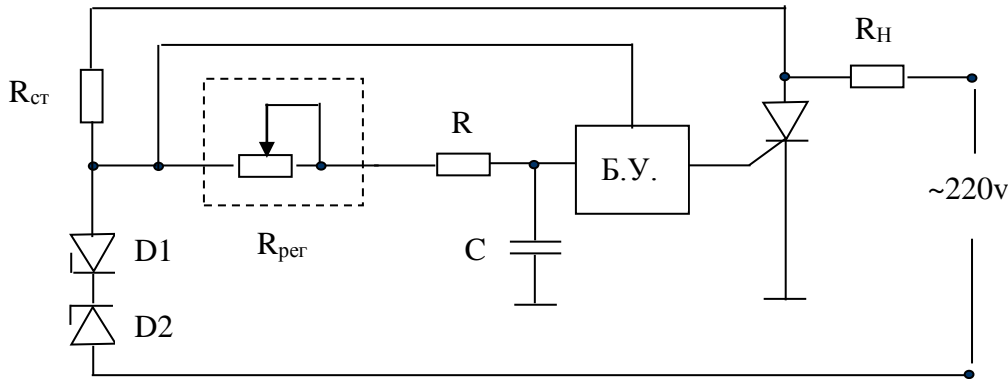
1. Magrakvelidze T.Sh., Bantsadze N.O., Lekveishvili N.N. //Influence of Artificial Roughness on Heat Transfer to Turbulent Mixed Liquid in a Pool. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 1996, N3, pp.397-400.
2. Magrakvelidze T., Bantsadze N., Lekveishvili N., Mikashavidze A., Rusishvili J., Lomidze Kh Influence of Artificial Roughness on Convective and Boiling Heat Transfer in the Rotating Flow. 9th WSEAS International Conference on Heat and Mass Transfer (HMT'12). Harvard. USA. 2012.
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.

ძრავებისა და გენერატორების მართვის საპითხები

0. ტროყაშვილი, ბ. ურუშაძე

ცნობილია სქემა, რომელითაც შესაძლებელია ქსელიდან მიღებული ძაბვის რეგულირება დიპაზონში $0 \div 220$ ვოლტი. ამ სქემაში გამოყენებულია სიმისტორი, რომლითაც შესაძლებელია ქსელის ძაბვის ორივე ნახევარპერიოდის ფართის ნაწილობრივი კომუტაცია

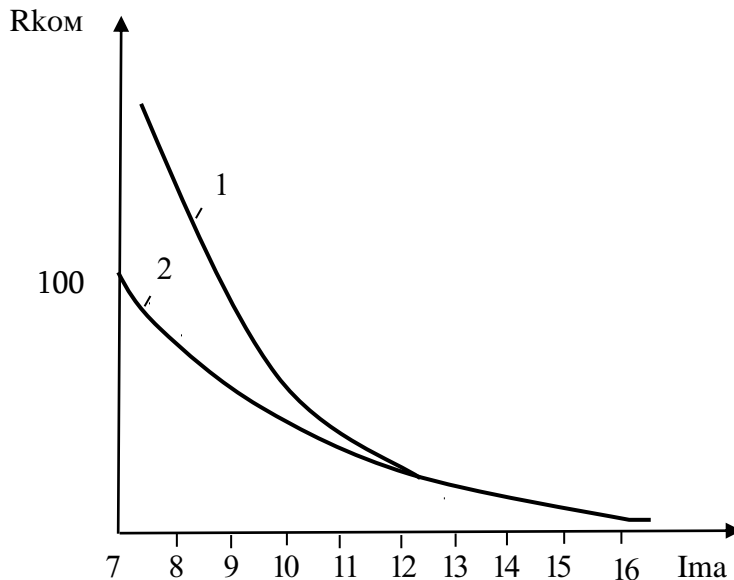
სქემაში აღნიშნული პროცესი ხორციელდება პოტენციომეტრის საშუალებით, ნახ. 1.



ნახ. 1

აღნიშნული სქემა შესაძლებელია გამოვიყენოთ ავტომატური რეგულირების წრედებში თუ მოვახდენთ R წინაღობის ჩანაცვლებას გაღვანურად იზოლირებული წინაღობით – მაგალითად ოპტრონით.

ნახ. 2 ნაჩვენებია ოპტრონის ОЭП – ს მახასიათებელი, რომელიც გამოსახავს ოპტრონის წინაღობის დამოკიდებულებას ოპტრონის პირველად წრედში გამავალ დენზე, მრუდი 1.



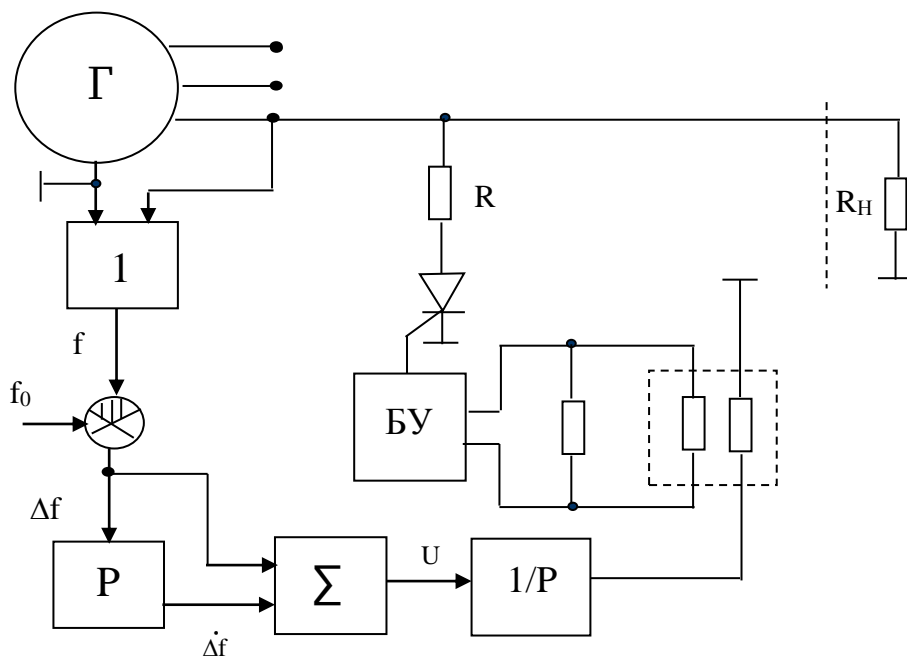
ნახ. 2

ნახ. 1 ნაჩვენებ სქემაში R წინაღობა შეიძლება იცვლებოდეს $0 \text{ კომ} -$ დან $100 \text{ კომ} -$ მდე. წინაღობის ასეთი ცვლილებით შესაძლებელია მომხმარებლებზე R_H ძაბვის

ცვლილება 0 – დან 220 ვოლტამდე. ოპტრონის წინააღობას პარალელურად დამატებული აქვს წინააღობა 200 კომ. შესაბამისი მახასიათებელი გამოსახულია მრუდი 2- ით.

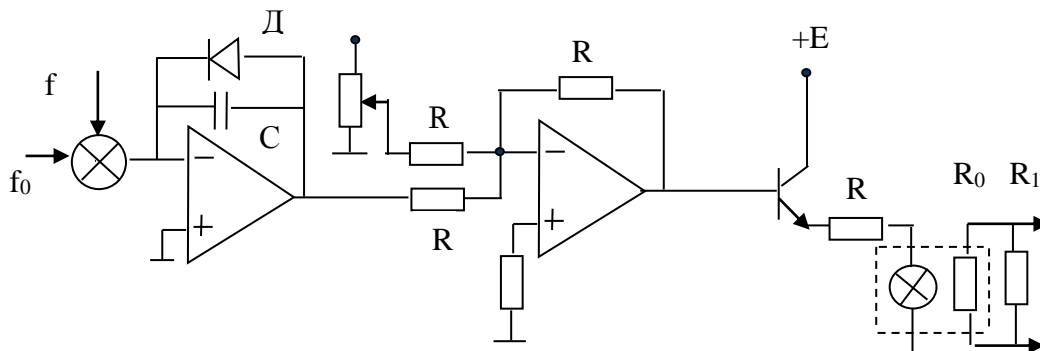
აღნიშნული სქემა შესაძლებელია გამოვიყენოთ: ძაბვის რეგულირებისა და სტაბილიზაციისთვის, ძრავებში ბრუნთა რიცხვის რეგულირებისათვის, ჰიდროაგრეგატებში სისხირის რეგულირებისათვის და სხვა.

ნახ. 3 ნაჩვენებია ჰიდროაგრეგატის სისხირის რეგულირება ერთი ბალასტური წინააღობის გამოყენებით. ამ სქემაში პოტენციომეტრი R_{per} ჩანაცვლებულია ოპტრონით, რომლის წინააღობა იმართება შეცდომის სიგნალის მიხედვით.



ნახ. 3

გენერატორიდან მოხსნილი ძაბვა მიეწოდება ბლოკს 1, რომელიც შემაჯავლი ძაბვის $U = U_0 \sin 2\pi f t$ მნიშვნელობიდან განსაზღვრავს და გარდაქმნის f სისხირეს შესაბამის მუდმივ ძაბვაში; 50 ჰერც სისხირეს ეთანადება 1 ბლოკის გამოსავალზე ძაბვა 5 ვოლტი. შეცდომის სიგნალის $\Delta f = f_0 - f$ და მისი პირველი წარმოებული $\dot{\Delta f}$ მიეწოდება ამჯამავ მოწყობილობას, რომლის გამოსავალი სიგნალის მიხედვით იმართება ინტეგრატორი (შემსრულებელი მექანიზმი).



ნახ. 4

პრავებისა და გენერატორების მართვის საკითხები

ცდომილების Δf – ის გაჩენის შემთხვევაში ინტეგრატორის გამოსავალი სიგნალი შეცვლის R_{opt} – ის წინაღობას იმ მომენტამდე, ვიდრე სისშირე არ გახდება ნულის ტოლი.

ნახ. 4 - ზე მაგალითის სახით ნაჩვენებია ინტეგრატორისა და ოპტორის მართვის სქემა აგებული ორ ოპერაციულ გამაძლიერებელზე.

პრავებისა და გენერატორების მართვის საკითხები

თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ჰიდროაგრეგატის სისშირით მართვის სქემა. სქემაში ჩართულია ბალასტური წინაღობა, რომლის კომუტაცია ხდება სიმისტორის გამოყენებით. სიმისტორის გამოყენებით. სიმისტორის მართვის წრედში ჩართულია ოპტორეზისტორი, რომლის წინაღობა იმართება სისშირის ცდომილების მიხედვით

ISSUES OF MANAGEMENT MOTORS AND GENERATORS

T.TROKASHVILI,G.URUSHADZE

Summary

The scheme of hydraulic controlled by frequency is considered in the paper. The scheme includes the ballast resistance, which is switched by a triac. In the control triac enabled optorezistor, the resistance of which is controlled by the frequency error.

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ И ГЕНЕРАТОРОВ

Т.ТРОКАШВИЛИ, Г. УРУШАДЗЕ

Резюме

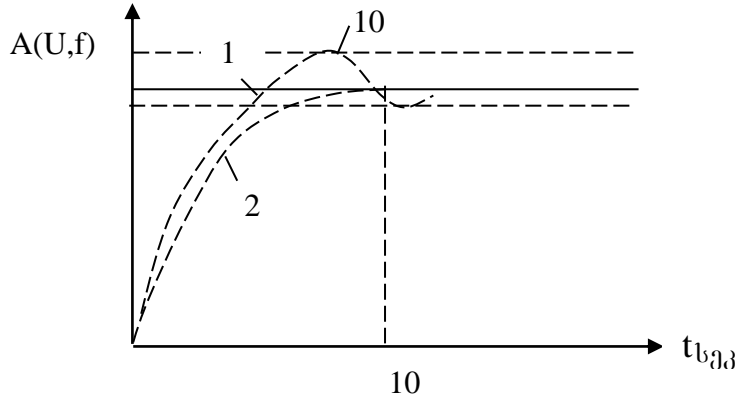
Рассматривается схема управления гидроагрегата по частоте. В схему включено балластное сопротивление, которое коммутируется при помощи симистора. В контур управления симистора включен опторезистор, сопротивление которого управляется по сигналу частоты.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Евсеев Ю.А., Крылов С. С. – Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре. Москва, ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1990
2. Татце У., Щенк К. – Полупроводниковая схемотехника. МИР,1983.
3. Фолкенберри Л. – Применение операционных усилителей и линейных ИС. МИР, 1985.
4. ტროყაშვილი თ. მცირე ჰესების ჰიდროაგრეგატის გაშვება და მართვა. სტუ, მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2008, №12, გვ.128.

დაბალი სიხშირის სიბნალის პირველი და მეორე რიგის წარმოებულის განსაზღვრა
თ. ტროქაშვილი, დ. ცინცაძე

ავტომატური მართვის სისტემებში შეცდომის სიგნალის სიდიდე და გარდამავალი პროცესის დინამიკა, რიგორც ცნობილია დამოკიდებულია სისტემის რიგზე და ანალიზის შედეგად შერჩეული მართვის ალგორითმის ეფექტიანობაზე. ცნობილია აგრეთვე, რომ მართვის ალგორითმში შემაჯავალი ცვლადები: შეცდომის სიგნალისა და მისი წარმოებულების რაოდენობის შეყვანა მართვის ალგორითმში დამოკიდებულია სისტემის რიგზე.



ნახ. 1

ნახ. 1- ზე ნაჩვენებია მესამე რიგის სისტემაში მიმდინარე გარდამავალი პროცესების დიაგრამები. დიაგრამა 1-ის შესაბამისი პროცესი განპირობებულია მართვის ალგორითმში შეცდომის სიგნალისა და მისი პირველი წარმოებულის გამოყენებით. დიაგრამა 2-ის მიხედვით მართვის ალგორითმში გამოყენებულია დამატებით შეცდომის სიგნალის მეორე წარმოებულები. დიაგრამების შედარებით ცხადი ხდება მეორე წარმოებულების ზეგავლენა მოძრაობის დინამიკაზე.

მრავალ ტექნიკურ სისტემაში თითქმის ყოველთვის შესაძლებელია შეცდომის სიგნალის გაზომვა. წარმოებულის მიღება კი გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული, ამიტომ მისი მიღება ხორციელდება სხვადასხვა მეთოდებით.

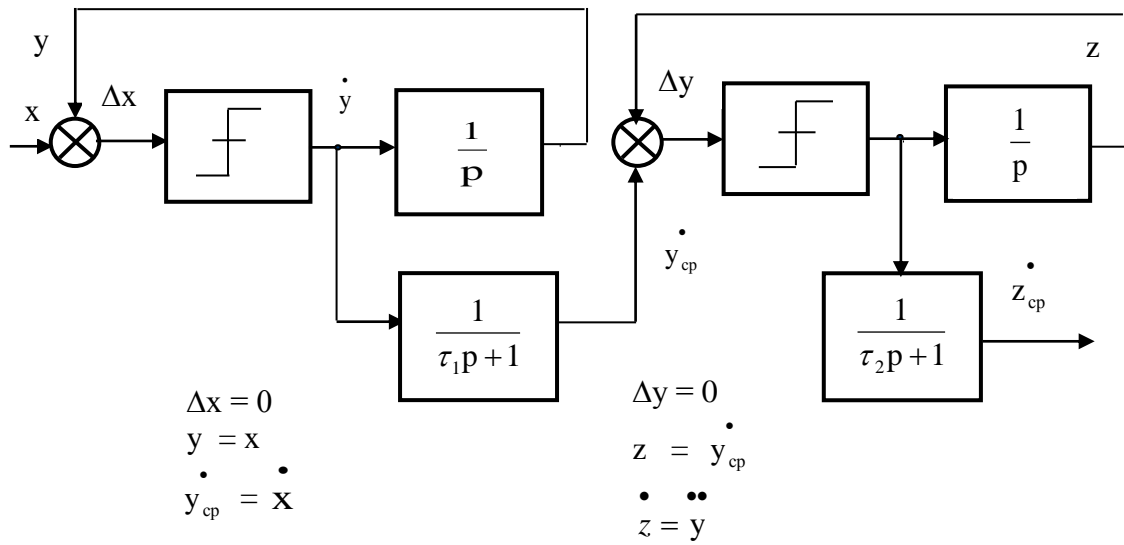
ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია x სიგნალის წარმოებულების მიღების ცნობილი სქემა, კორპარატორისა და ინტეგრატორის გამოყენებით [1].

ნახაზზე 3 ნაჩვენებია ხერხისებური ძაბვის შესაბამისი წარმოებულები, რომლებიც ამ სქემიდან გამოიყოფა ფილტრის საშუალებით (\dot{y} ფ).

ფილტრის პარამეტრის τ_1 შერჩევა დამოკიდებულია შემაჯავალი x - სიდიდის სიხშირეზე. სიდიდე \dot{y} არის მაღალი სიხშირის - ($10 \div 100$ კილოჰერცის) სიგნალი ამპლიტუდით $\pm E$ (კომპარატორის ამპლიტუდა), რომელიც დამოკიდებულია კომპარატორის სწრაფქმედებაზე. τ_1 პარამეტრის სიდიდე სასურველია შეირჩეს იმ შემთხვევისათვის, როდესაც $x = 0$; ამ დროს პულსაცია უნდა იყოს მინიმალური, რაც წინასწარაა განსაზღვრული.

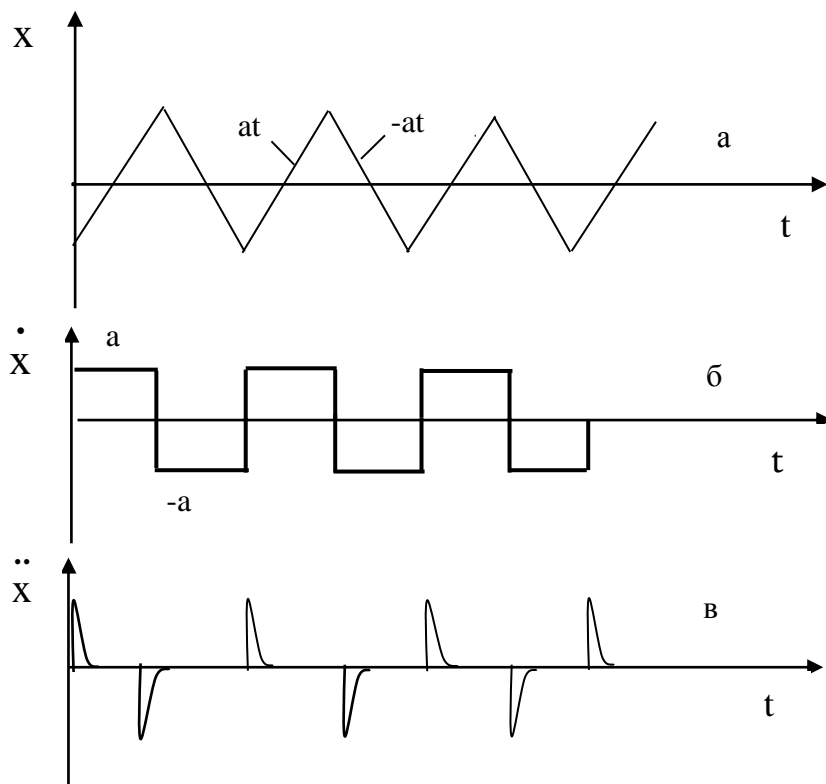
ნახ. 2- ის მარჯვენა ნაწილში ნაჩვენებია x -ის მეორე წარმოებულების მიღების სქემა, რომელიც პირველის ანალოგიურია. მეორე ნაწილის შესასვლელს მიეწოდება \dot{y} ფ. \dot{Z} სიდიდის საშუალო მდგენელი ნაჩვენებია ნახ. 3 ბ.

განხილული სქემის მიხედვით x სიგნალის პირველი და მეორე რიგის წარმოებულების შეფასებისათვის სიხუსტის მიხედვით, ჩატარებულია გარდამავალი პროცესის დინამიკის შედარება იდეალურ შემთხვევასთან - როდესაც მართვაში გამოიყენება “სუფთა” წარმოებულები.

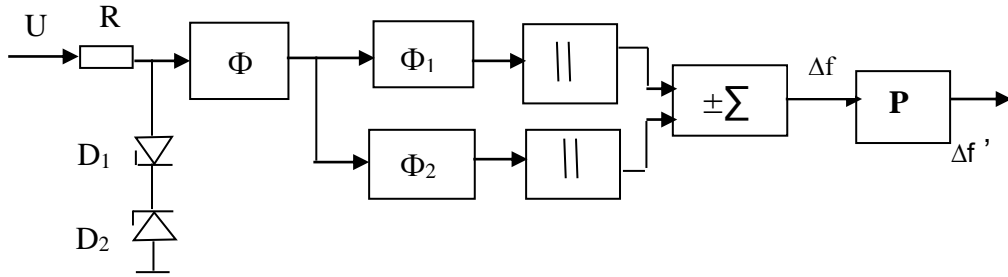


ნახ. 2

გარდამავალი პროცესების განსხვავების მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ X სიგნალის წარმოებულების მიღების სიზუსტეზე. ხოლო Δx – ის მეორე წარმოებულის სიზუსტისა და სწრაფმოქმედების შესაფასება დამოკიდებულია შერჩეული კომპარატორისა და ინტეგრატორის ტიპზე.



ნახ. 3



ნახ. 4

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია სქემის მიხედვით აგებული მოწყობილობა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ქსელის ძაბვის $U=U\sin 2\pi ft$ სიხშირის, მისი ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრის $\Delta f = f_0 - f$ და ამ გადახრის წარმოებულის $\Delta f'$ განსაზღვრა. ამ მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2.

ქსელის ძაბვა U მიეწოდება ამპლიტუდის სტაბილიზაციის სქემას, რომელიც აგებულია R, D_1, D_2 ელემენტებზე, ფილტრი Φ აგებულია რეზონანსულ სიხშირეზე 50 ჰერცი. ფილტრები Φ_1 და Φ_2 აგებულია შესაბამისად რეზონანსულ სიხშირეზე 40 და 50 ჰერცი. მ ფილტრების მახასიათებლები შერჩეულია ისეთნაირად, რომ როდესაც $f=50$ ჰერცს, მაშინ $\Delta f=0$.

დაბალი სიხშირის სიგნალის პირველი და მეორე რიგის წარმოებულის განსაზღვრა
 თ. ტროკაშვილი, დ. ცინცაძე
 რეზიუმე

განხილულია დაბალი სიხშირის სიგნალის წარმოებულების მიღების მოწყობილობა კომპარატორისა და ინტეგრატორის გამოყენებით. ნაჩვენებია სტრუქტურული სქემა ქსელის ძაბვის სიხშირის, მისი ცლომილებისა და წარმოებულის მისაღებად.

LOW-FREQUENCY SIGNAL IS PRODUCED LOCALLY BY THE FIRST AND SECOND ORDER

T.TROKASHVILI, D. TSINTSADZE

Summary

The scheme of obtaining the derivative of the low-frequency signals using a comparator and integrator is considered in the article. The block diagram for the frequency, errors and derivative voltage is shown in the paper.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА НИЗКОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА

Т.ТРОКАШВИЛИ, Д. ЦИНЦАДЗЕ

Резюме

Рассматривается схема получения производной низкочастотных сигналов с использованием компаратора и интегратора. Показана структурная схема для определения частоты, ошибки и производной напряжения сети.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Уткин В. И. – Скользящие режимы и их применения в автоматике с переменной структурой. Москва, изд. «НАУКА», 1974г.
2. Полушкин Н.П. – Автоматическое регулирование гидротурбин. Ленинград, 1967г.
3. ტროყაშვილი თ. – მცირე ჰესების ჰიდროაგრეგატის გაშვება და მართვა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №12, გვ.128, 2008წ.

თხიზი აირის მასის განსაზღვრა ჩაკეტილ რეზერვუარში

ზ.ახმაიშარაშვილი, ნ.ოთხოზორია, ვ.ოთხოზორია, მნარჩემაშვილი

m.narchemashvili@gtu.ge

არსებობს აირის წონის განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდები, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება პრაქტიკაში. ჩვენი მიზანია შევიმუშავოთ ისეთი სისტემა, რომლის სიზუსტე გაცილებით მეტი იქნება არსებულთან შედარებით და, ამასთან ერთად კონსტრუქციული გადაწყვეტა იქნება უფრო მარტივი.

ცნობილია სითხის დონის განმსაზღვრელი ტევადური მზომი სამი მგრძობიარე ელემენტით კოაქსილური მილის სახით, რომლებიც შეერთებულია ბოგირული სქემის საშუალებით. მასში გამოსასვლელი სიგნალი არ არის დამოკიდებული საკონტროლო სითხის დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე. ამ მოწყობილობის საშუალებით შესაძლებელია მხოლოდ მოცულობის განსაზღვრა და შეუძლებელია ჩაკეტილ რეზერვუარში სითხის მასის განსაზღვრა, გარდა ამისა სამი მგრძობიარე ელემენტის არსებობა საგრძობლად ართულებს მოწყობილობის კონსტრუქციას. ცნობილია ასევე საზომი სისტემა, რომელიც შეიცავს სამ მგრძობიარე ელემენტს სამი სხვადასხვა სიგრძის კოაქსილური მილის სახით. ერთ-ერთი ყველაზე მოკლე მილი გაზომვის პროცესში იმყოფება აირად ფაზაში, მეორე სიგრძით უტოლდება თხევადი აირის დონის ცვლილების დიაპაზონს, ხოლო მესამე მცირედით შემცირებული ზომისაა. მასის განსაზღვრა ხდება თითოეულ ელემენტზე აღძრული ელექტრომაგნიტური რხევების მნიშვნელობების მიხედვით. ამ მოწყობილობის საშუალებით ხდება მასის განსაზღვრის მარტივი ალგორითმის რეალიზაცია, თუმცა მასში არსებული სამი ელემენტი საზომი სისტემის გაბარიტულ მოცულობას ზრდის და, ამასთან, მოითხოვს ინფორმაციული განსაზღვრის განსაზღვრისძალიან მაღალ სიზუსტეს. სასურველია არსებული გაზომვის სისტემის გამარტივება და გაზომვის სიზუსტის ამაღლება, აგრეთვე ცდომილებების მინიმუმამდე დაყვანა.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ სისტემაში გამოყენებულია კონტროლისა და გაზომვის ელექტრომაგნიტური მეთოდი და გამოიყენება რეზერვუარებში სხვადასხვა პირობებში თხევადი აირის, მათ შორის, ნებისმიერი ერთფაზიანი (აირი ან სითხე) ან ორფაზიანი (აირი და სითხე) ფაზური მდგომარეობის სითხეების მასის განსაზღვრისათვის.

შემოთავაზებული მოწყობილობა გამოიყენება ჩაკეტილ რეზერვუარში თხევადი აირის მასის განსაზღვრისათვის, მათ შორის, კრიოგენული სითხეების (აზოტი, ჰელიუმი) მასის განსაზღვრისათვის მიუხედავად მათი ფაზური მდგომარეობისა: ერთფაზიანი (აირი ან სითხე) ან ორფაზიანი (აირი და სითხე, რომლებიც გაყოფილია მათ შორის მკვეთრი საზღვრით). ეს მოწყობილობა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ასევე ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის დონის („აირი-სითხე“) გასაზომად.

შემოთავაზებული მოწყობილობის მიკროპროცესორულ ბლოკში რეალიზდება რეზონანსული სიხშირეების ცვლილების ალგორითმები და მათი გარდაქმნა თხევადი აირის მასის განსაზღვრავად.

ორფაზიან მდგომარეობაში, აღზნებული რეზონატორის მგრძობიარე ნაწილის პირველ სამ საკუთარ სიხშირეზე, თხევადი აირით დროში თანამიმდევრულად შევსებისას რეზონანსული სიხშირეების f_i ($i=1,2,3$) სხვადასხვა ფუნქციონალურ დამოკიდებულებას მივიღებთ ფაზებს შორის გამყოფი x -ის საზღვრების (დონის) მნიშვნელობისა და მათი დიელექტრიკული შეღწევადობის მიხედვით.

ამ სახის კავშირი დამოკიდებულია მხოლოდ ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის მდგომარეობაზე და არ არის დამოკიდებული საკონტროლო გარემოს აირადი და თხევადი ფაზების დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე.

$$\psi(x) = \frac{\frac{f_{h1} \cdot f_{h2}}{f_1^2} - \frac{f_{h2}}{f_2}}{\frac{f_{h2} \cdot f_{h3}}{f_2^2} - \frac{f_{h3}}{f_3}} \quad (1)$$

სადაც f_{oi} არის სიხშირეები რეზონატორის მგრძნობიარე ნაწილის აიროვან ფაზაში სრული ჩაძირვის დროს.

ღრეხოს მქონე საზისა და კაბულების სიგრძის გარკვეული თანაფარდობის დროს $\psi(x)$ ფუნქცია წრფივ სახეს ღებულობს.

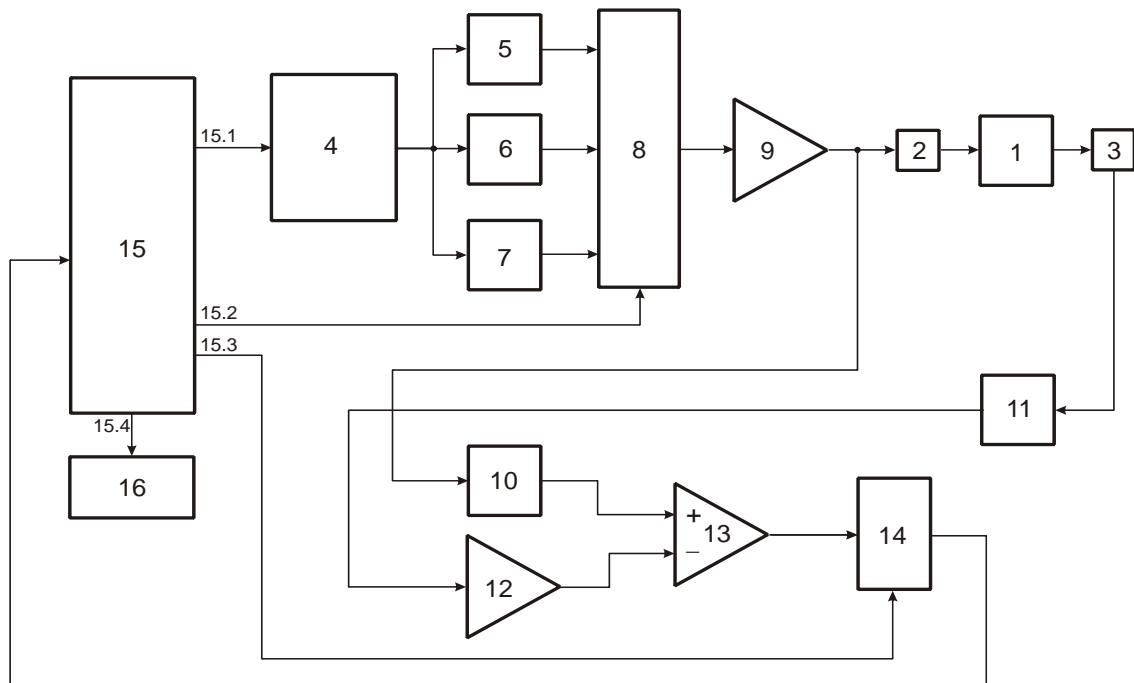
მაგალითისთვის, ცილინდრული ფორმის რეზერვუარში, რომლის სიმაღლეა H , თხევადი აირის მასა განისაზღვრება ფორმულით:

$$M = K \left(\frac{\epsilon_m - 1}{\epsilon_m + 2} \frac{x}{H} + \frac{\epsilon_s - 1}{\epsilon_s - 1} \left(1 - \frac{x}{H} \right) \right) \quad (2)$$

სადაც K ცნობილი ნივთიერებისათვის მუდმივი სიდიდეა.

(1) ფორმულის მიხედვით ვლბულობთ $\psi(x)$ -ის მნიშვნელობას და გამოითვლება თხევადი აირის $x=x^*$ ორი ფაზის გამყოფის საზღვრის მდგომარეობა, როგორც $\psi(x)$ -ის საპირისპირო მნიშვნელობა.

(2) ფორმულაში $x=x^*$, $E_g=E_g^*$, $E_m=E_m^*$ ჩასმით მივიღებთ თხევადი აირის მასის მიმდინარე მნიშვნელობას, რომელიც ინდიკაციის ბლოკ 16-ში ფიქსირდება.



1 - ელექტრომაგნიტური რეზონატორი, რომელიც წარმოადგენს მგრძნობიარე ელემენტს;

2, 3 - რეზონატორის მაკავშირებელი ორი ელემენტი;

4 - სინთეზატორი;

5, 6, 7 - ფილტრი;

8 - სელექტორი;

9 - ფარტოზოლოვანი მაძლიერებელი;

10, 11 - დეტექტორი;

12 - მაძლიერებელი;

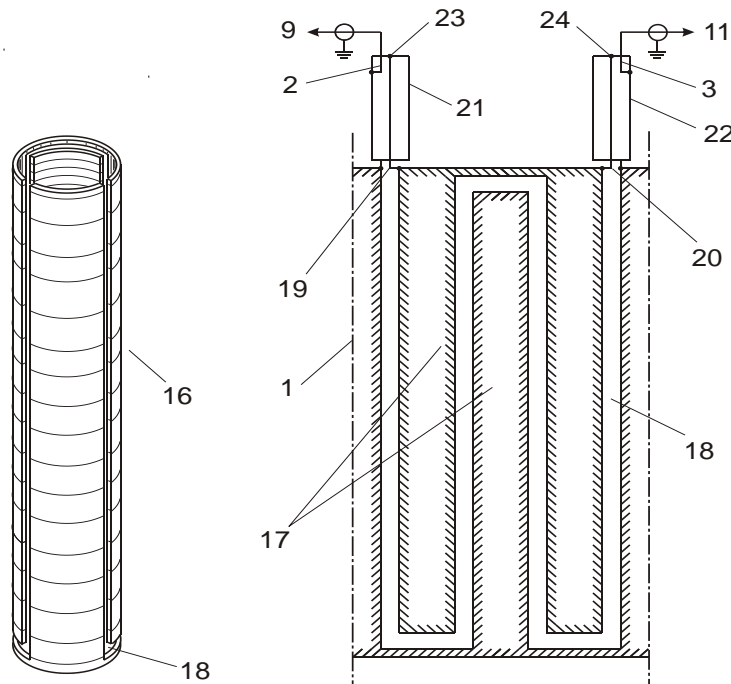
- 13 - დიფერენციალური მაძლიერებელი;
- 14- ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი;
- 15 - მიკროპროცესორული ბლოკი;
- 15₁, 15₂, 15₃ - მიკროპროცესორული ბლოკის გამოსასვლელები.

დასშულ რეზერვუარში თხევადი აირის მასის გასაზომი მოწყობილობა რეზერვუარში ჩაშენებული ელექტრომაგნიტური რეზონატორისა და სიხშირის გარდამქმნელი ელექტრომაგნიტური რხევების გენერატორის ელექტრონული გარდამქმნელისგან შედგება. დანადგარი იმით გამოირჩევა, რომ ელექტრომაგნიტური რეზონატორი მეტალის მილის სახითაა წარმოდგენილი, რომლის კედელში წარმოქმნილია მილის გასწვრივ გაწვლილი მეანდრის ფორმის ხვრელისებრი უწყვეტი ხაზი.

ხვრელისებრი ხაზის ბოლოები მილის ერთ-ერთ კედელს აღწევს და შესაბამის კაბელს უერთდება მოკლე ჩართვის ბოლოთი, რომლითაც კავშირის პირველი ელემენტის გავლით ფართოსარტყლიანი მაძლიერებლის შესასვლელს უერთდება, რომლის შესასვლელი სელექტორის გამოსასვლელთან არის შეერთებული.

სელექტორის სამი შესასვლელიდან თითოეული, შესაბამისი ფილტრით მიკროპროცესორის ბლოკის ციფრულ გასასვლელს ციფრული შესასვლელით მიერთებული სიხშირის სინთეზატორის გასასვლელს უერთდება. იგივე კაბელი მოკლე ჩართვის ბოლოთი კავშირის პირველი ელემენტის გავლით პირველი ამპლიტუდური დეტექტორის შესასვლელთან არის მიერთებული, რომლის გასასვლელი დიფერენციალური მაძლიერებლის ერთ-ერთ გასასვლელს უერთდება. მეორე კაბელი კი კავშირის მეორე ელემენტის გავლით მეორე ამპლიტუდურ დეტექტორს უერთდება.

მაძლიერებელი დიფერენცირებული მაძლიერებლის მეორე შესასვლელს უერთდება, რომლის გასასვლელი ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის შესასვლელს უერთდება, ხოლო ციფრული გასასვლელები მიკროპროცესორული ბლოკის ციფრულ შესასვლელებს, რომლის პირველი გასასვლელი სინთეზატორს უერთდება, მეორე – სელექტორის მმართველ შესასვლელს, მესამე – ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის გაშვების შესასვლელს, ხოლო მეოთხე გასასვლელი ინდიკაციის ბლოკთან არის მიერთებული.



ბლოკში „სინთეზატორი-ფილტრი-სელექტორი“ თანამიმდევრულად ფორმირდება რეზონატორის სამი საკუთარი სიხშირის ცვლილების დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური რხევები.

სისტემის გამართვებას და გაზომვის სიზუსტის ამაღლებას უზრუნველყოფს რეზონატორის ტიპი, რომელიც მეტალის მილის კედელზე უწყვეტი ხერხელების ხაზის სახითაა წარმოდგენილი და რომელშიც თითოეული ხაზის ბოლო კოაქსილური კაბელის მოკლე ჩართულ ბოლოს უერთდება.

მიზნის მიღწევას აგრეთვე უზრუნველყოფს სიხშირის სინთეზატორი, რომლის გამოსასვლელი შესაბამისი ფილტრის გავლით, მიკროპროცესორიდან მართული სიგნალით სელექტორს უკავშირდება.

თხიერი აირის მასის განსაზღვრა ჩაკეტილ რეზერვუარში

ზ.აზმაიფარაშვილი, ნ.ოთხოზორია, ვ.ოთხოზორია, მ.ნარჩემაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია თხევადი აირის მასის გაზომვის სისტემა და მისი მუშაობის ალგორითმი. სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია რეზერვუარში ჩაშვებულ რეზონატორში აღძრული ელექტრომაგნიტური რხევებით თხევადი აირების მასის გაზომვა.

სისტემას გააჩნია გაზომვის მაღალი სიზუსტე და გამოირჩევა მარტივი კონსტრუქციით. გაზომვის მაღალი სიზუსტის მიღწევას უზრუნველყოფს რეზონატორის ტიპი და მიკროპროცესორი, რომელშიც რეზონატორის სამი საკუთარი სიხშირე ფიქსირდება და ხდება თხევადი აირის მასის განსაზღვრის ალგორითმის რეალიზაცია.

MEASURING THE MASS OF LIQUID GAS IN A CLOSED RESERVOIR

Z. AZMAIPHARASHVILI, N. OTKHOZORIA, V. OTKHOZORIA, M. NARCHEMASHVILI

Summary

The system of measuring the mass of liquid gas and the algorithm of its performance is discussed in the article. The system enables to measure the mass of liquid gases by means of electromagnetic waves raised by the resonator put in a reservoir.

The system has high precision of measuring and it is distinguished with its simple construction. The high precision of measuring is provided by the type of a resonator and the microprocessor in which three own frequencies of a resonator are shown and the algorithm of measuring the mass of liquid gas is realized.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ЖИДКОГО ГАЗА В ЗАКРЫТОМ РЕЗЕРВУАРЕ
З. АЗМАИПАРАШВИЛИ, Н. ОТХОЗОРИА, В. ОТХОЗОРИА, М. НАРЧЕМАШВИЛИ

Резюме

В статье рассмотрена система измерения массы жидкого газа и алгоритм ее работы. С использованием этой системы возможно измерение массы жидких газов по электромагнитным колебаниям, возбужденным в резонаторе, опущенном в резервуар.

Система обладает высокой точностью измерений и отличается простой конструкцией. Достижение высокой точности измерений обеспечивается типом резонатора и микропроцессором, в котором фиксируются три собственные частоты резонатора и реализуется алгоритм определения массы жидкого газа.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Криксунова Н.А., Лункин Б.В. Инвариантные измерения положения границы раздела двух сред на основе радиоволнового датчика, ж - л Автоматика и телемеханика, №11, 1991г

ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს დამუშავება

დ. შურცხვანიძე

mshoblebi@posta.ge

ახალი ტიპის ტუმბოს (ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს) მუშაობის პრინციპი ემყარება წყალში ელექტრული განმუხტვის დროს წარმოშობილი წნევის მოქმედებას განმუხტვის არის ირგვლივ განლაგებულ წყლის ფენებზე.

როგორც ცნობილია წყალში ელექტრული განმუხტვისას მიიღება აფეთქების დროს წარმოშობილი დარტყმითი ტალღის მსგავსი ტალღები, რომლებიც წნევას გადასცემენ ყველა მიმართულებით. განმუხტვისას წყალი წარმოიშობა აფეთქების პროდუქტები რომელთაც აქვთ დიდი სიმკვრივე და იმყოფებიან დიდი წნევის ქვეშ. საწყის მომენტში ისინი გარშემორტყმულნი არიან წყლის წყნარი გარემოთი ნორმალური სიმკვრივისა და წნევის პირობებში. აფეთქებისას გაფართოებული პროდუქტები შეკუმშავენ ირგვლივ მყოფ წყალს, თანაც დროის ყოველ მომენტში შეკუმშული აღმოჩნდება მხოლოდ წყალი რომელიც განსაზღვრულ მოცულობაშია მოქცეული. ამ მოცულობის გარეთ წყალი რჩება ნორმალურ მდგომარეობაში.

თუ P_1 -წნევაა ρ_1 -სიმკვრივე, ε_1 -კუთრი შინაგანი ენერგია, U_1 -კი სიჩქარე წყლის დარტყმითი ტალღის მიღმა, ხოლო $P_0, \rho_0, \varepsilon_0, U_0$ - იგივე სიდიდეები ტალღის ფრონტის წინ, მაშინ ნაკადის მასის შენახვის კანონიდან ვღებულობთ:

$$\rho_1 U_1 = \rho_0 U_0 \quad (1)$$

იმპულსის შენახვის კანონიდან ვღებულობთ

$$P_1 + \rho_1 U_1^2 = P_0 + \rho_0 U_0^2 \quad (2)$$

ენერჯიის შენახვის კანონიდან კი მივიღებთ

$$\varepsilon_1 + (P_1/\rho_1) + (U_1^2/2) = \varepsilon_0 + (P_0/\rho_0) + (U_0^2/2) \quad (3)$$

თუ შემოვიტანთ კუთრ მოცულობას $V = 1/\rho$ ამ განტოლებებიდან შეგვიძლია მივიღოთ

$$U_0^2 = V_0^2 \frac{P_1 - P_0}{V_0 - V_1} \quad (4)$$

$$U_1^2 = V_1^2 \frac{P_1 - P_0}{V_0 - V_1} \quad (5)$$

$$|V_0 - V_1| = \sqrt{(P_1 - P_0)(V_0 - V_1)} \quad (6)$$

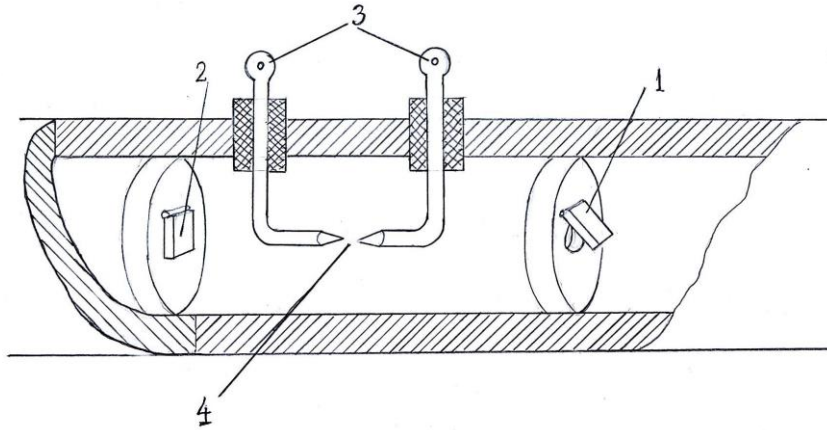
აქედან შეგვიძლია განვსაზღვროთ წყლის მოცულობის ცვლილება აფეთქებამდე და მის შემდეგ. აფეთქებამდე მოცულობა ტუმბოს შიგა მოცულობის ტოლია.

როდესაც წარმოშობილი ტალღები ერთი მიმართულებით წინააღმდეგობას არ ხვდებიან ისინი ამ მიმართულებით გაიტყორცნებიან და მიიღება წყლის ჭავლი რომელიც ტუმბოს გარეთ არსებულ წყლის მასაზე ზემოქმედებით წარმოშობენ ჭარბ წნევას. ახალი ტიპის ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს მუშაობის პრინციპი ემყარება წყალში ელექტრული დენის განმუხტვისას წარმოშობილი წნევის მოქმედებას მომიჯნავე წყლის ფენებზე. აფეთქების ცენტრში წარმოიშობა მაღალი წნევა, რომელიც დარტყმითი ტალღის სახით ვრცელდება ყველა მიმართულებით. წყალში ელექტრული განმუხტვის ეს თვისება გამოიყენება მაგალითად თუნუქის ფურცელის ტვიფრის დამზადების დროს.

ელექტრო ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს ძირითადი ნაწილია ცილინდრული ფორმის დახშული სათავსი, რომელსაც აქვს ორი სარქველი. პირველი მათგანი იხსნება ისე, რომ წყალს შეუძლია გამოსვლა სათავსიდან გარეთ. ხოლო მეორით შეუძლია შესვლა გარედან შიგნით, სათავსში. ანუ, პირველი სარქველიდან წყალი გამოდის ტუმბოდან მეორე სარქველიდან წყალი შედის ტუმბოში.

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: პირველ ტაქტში ორივე სარქველი დახურულია. მეორე ტაქტში ხდება ელექტრული განმუხტვა, სათავსში მიიღება მაღალი

წნევა, იხსნება პირველი სარქველი და სათავსიდან წყალი გამოდის გარეთ. მესამე ტაქტში იხურება პირველი სარქველი. სათავში დაბალი წნევაა. იხსნება მეორე სარქველი და ტუმბოში შედის წყალი. მეოთხე ტაქტში იხურება მეორე სარქველი და ტუმბო უბრუნდება საწყის მდგომარეობას.



ნახ. 1. ჰიდრორეაქტიული ტუმბო
1 – პირველი სარქველი, 2 – მეორე სარქველი, 3 – ძაბვის მიმყვანი სადენები, 4 – ელექტრული განმუხტვის არე.

ჰიდრორეაქტიული ტუმბო გამოირჩევა უნარით განავითაროს მაღალი წნევა მის გამოსასვლელზე და შესაბამისად დიდ სიმაღლეზე წყლის ატუმბვის უნარით.

ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს დამუშავება

დ. შურცხვანიძე

რეზიუმე

ნაშრომი ეძღვნება ახალი ტიპის ტუმბოს დამუშავებას. ჰიდრორეაქტიული ტუმბოს მუშაობის პრინციპი ემყარება წყალში ელექტრული განმუხტვის დროს წნევის ძალების წარმოშობის მოვლენას. ელექტრული განმუხტვისას მიიღება აფეთქების დროს წარმოშობილი დარტყმითი ტალღის მსგავსი ტალღები, რომლებიც წნევას გადასცემენ ყველა მიმართულებით. ტუმბოს ძირითადი ნაწილია ცილინდრული ფორმის სათავსი ორი სარქველით. ერთი სარქველით წყალს შეუძლია სათავსში შესვლა, მეორით – გამოსვლა. განმუხტვისას წარმოქმნილი წნევის ძალა წყლის მასებს სათავსიდან გამოდევნის. ამის შემდეგ სარქველი იხურება და მეორე სარქველით სათავსში შედის იმდენივე წყალი, რამდენიც გამოიდევნა განმუხტვისას.

ტუმბოს მეშვეობით შესაძლებელია დიდი წნევის განვითარება და შესაბამისად წყლის ატუმბვა დიდ სიმაღლეებზე.

DEVELOPMENT OF HYDROJET PUMP

D. PURTSHVANIDZE

Summary

The article is dedicated to the development of a new type of pump. The principle of hydrojet pump operation is based on the pressure forces that appear during the electric discharge in water. At the electric discharge the waves similar to the shock waves produced by explosions are created, that transmit pressure in all directions. The main part of the pump is a cylinder with two valves. Water flows into the pump through the one valve and it comes out of the pump through the other one. At discharge the arising

pressure pushes water from the pump after what the first valve is closed and the second valve lets the water into the pump.

With the help of the hydrojet pump it is possible to develop high pressure and, accordingly, pump water at high altitudes.

РАЗРАБОТКА ГИДРОРЕАКТИВНОГО НАСОСА

Д. ПУРЦХВАНИДЗЕ

Резюме

Статья посвящается разработке нового типа насоса. Принцип действия гидрореактивного насоса основан на возникновении сил давления при электрическом разряде в воде. При электрическом разряде возникают волны, подобные ударным волнам, возникающим при взрыве, которые передают давление по всем направлениям. Основная часть насоса- цилиндр с двумя клапанами. Через один клапан вода может поступать в насос, а через второй- выходить из насоса. При разряде возникшая сила давления выталкивает воду из насоса, после чего клапан закрывается, и через второй клапан вода поступает в насос.

С помощью гидрореактивного насоса возможно развить большое давление и, соответственно, качать воду на большую высоту.

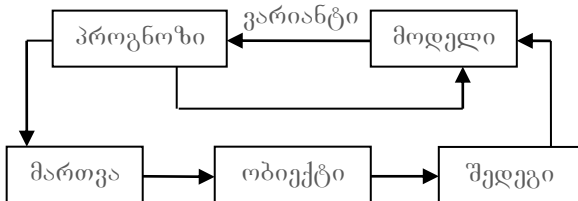
მოქნილი მანიპულიატორის „ხორთუმის“ ადაპტური მართვის სისტემა

დ. შურცხვანიძე

mshoblebi@posta.ge

ამჟამად მსოფლიოს მრავალ სახელმწიფოში მიმდინარეობს სამუშაოები მოქნილი მანიპულიატორების შესაქმნელად. ჩვენს მიერ დამუშავებული იყო მოქნილი მანიპულიატორი [1]. შემდგომში მოხდა მისი აღჭურვა მუდმივი მაგნიტებით [2], რაც უზრუნველყოფს მანიპულიატორის მართვის ხარისხის ამაღლებას. მოქნილი მანიპულიატორის „ხორთუმის“ მართვას ეძღვნება ნაშრომები [3,4,5]. ზოგიერთ მათგანში „მანიპულიატორის“ ნაცვლად გამოყენებულია სიტყვა „რობოტი“, რაც გაუგებრობას არ უნდა იწვევდეს; აღწერილი სისტემა საჭიროების მიხედვით შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთ ასევე მეორე დანიშნულებით. ქვემოთ ნაცვლად „მოქნილი მანიპულიატორისა“ გამოყენებული იქნება ტერმინი „ხორთუმი“

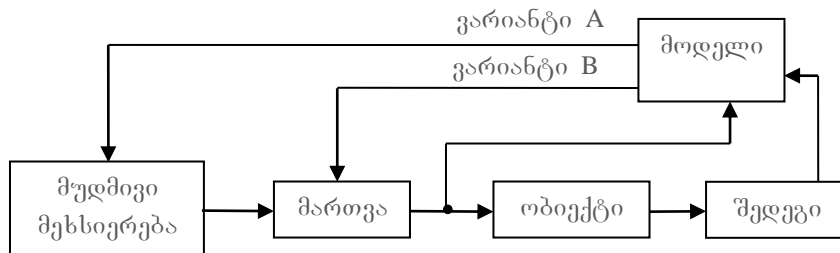
ხორთუმის კონსტრუქციული სირთულე, კერძოდ მისი სახსრების დიდი რაოდენობა პრობლემურს ხდის მისი მართვის სისტემის აგებას. მართვა უკუკავშირის გარეშე ე. წ. პირდაპირი მართვა აქ არ გამოდგება. მართვის პრობლემა განსაკუთრებით რთულდება წარმოებაში მისი დანერგვისას. ამდენად აუცილებელია ხორთუმის აღჭურვა უკუკავშირის გადამწოდებით და ჩაკეტილი მართვის სისტემის აგება. ჩვენ შემთხვევაში გამოყენებულია ადაპტური მართვის სისტემა.



ნახ. 1. ადაპტური მართვის სისტემა

როგორც ცნობილია ადაპტური მართვა, ჩაკეტილი ტიპის მართვისაგან განსხვავებით, მოიცავს სამართი ობიექტის მოდელს, რომელშიდაც ანალიზი უკეთდება მართვის შესაძლო შედეგები (პროგრესი). სწორი ანალიზი და შესაბამისად სწორი რეაქცია შესაძლებელია მხოლოდ ობიექტის მაქსიმალურად ზუსტი მოდელის აგებისას, რომელიც ადეკვატურად ასახავს ფუნქციონირების გარემოსა და თვით მართვის ობიექტს. ნახ.1-ზე

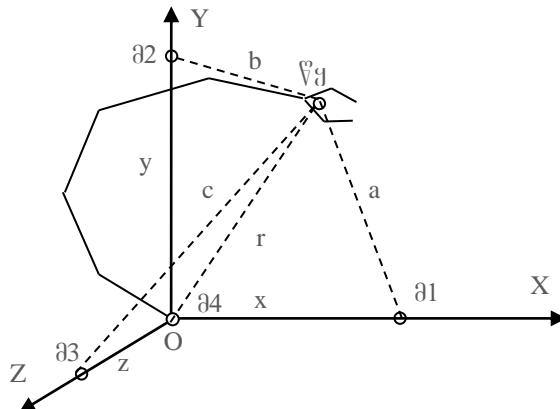
წარმოდგენილია კლასიკური ადაპტური მართვის სისტემა. ნახ.2-ზე წარმოდგენილია ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მართვის სისტემა.



ნახ.2. ხორთუმის ადაპტური მართვის სისტემა

უკუკავშირისათვის ვიყენებთ ულტრაბგერით გადამწოდებს. გადამწოდი შედეგება ხორთუმის ჩამჭერზე დამაგრებული ულტრაბგერის წყაროსაგან და ოთხი მიმღებისაგან. ულტრაბგერის მიმღებებიდან სამს შეუძლია გადაადგილება სამი ურთიერთმართობი წრფის გასწვრივ, ხოლო მეოთხე უძრავადაა დამაგრებული წრფეების გადაკვეთის წერტილში. ნახ. 3-ზე ისინი აღნიშნულია პირობითად OX, OY და OZ წრფეებად. ჩამჭერზე მოთავსებული ულტრაბგერის წყარო წყ. ხოლო ულტრებგერის მიმღებები შესაბამისად მ1, მ2, მ3 და მ4. ამათგან მ1, მ2 და მ3 შეუძლიათ გადაადგილება იმ წრფის გასწვრივ რომელზედაც ისინია მოთავსებული,

ხოლო მ4 მიმღები გაუნძრევლად კოორდინატთა სათავის O წერტილშია მოთავსებული და გამოიყენება r მანძილის გასაზომად კოორდინატთა სათავიდან ჩამჭერამდე.



ნახ.3. მოძრაობის კორექტირების სისტემა

ხორთუმის მართვა ხდება სამართი სისტემიდან მისული ბრძანებების მეშვეობით. ამ ბრძანებების შესაბამისად გადაადგილდება ხორთუმის ჩამჭერიმის სამუშაო სივრცეში. ასევე გადაადგილდებიან ულტრაბგერის მიმღები გადამწოდები OX, OY და OZ ღერძების გასწვრივ. ეს გადაადგილებები შეესაბამება ჩამჭერის პროგრამით გათვალისწინებულ მდებარეობას. ამის შემდეგ ხდება უკუკავშირის ულტრაბგერითი გადამწოდების მეშვეობით ჩამჭერის რეალური მდებარეობის შემოწმება. ამ მიზნით ჩამჭერზე დამაგრებული ულტრაბგერის წყაროდან ტალღები იგზავნება ყველა მიმართულებით. ხორთუმის სამუშაო არეს გაჭიმული ელიფსოიდის ფორმა აქვს, რომლის ღერძის მიმართულება ემთხვევა „გაჭიმული“ ხორთუმის მიმართულებას ე.ი ისეთ მდგომარეობას როდესაც გადახრა არა გვაქვს არც ერთ სახსარში.

ჩამჭერის რეალური მდებარეობის დასადგენად ხორთუმის სამუშაო პროგრამიდან წაიკითხება ჩამჭერის კოორდინატები, ანუ ის კოორდინატები რომელიც მას უნდა ჰქონოდა იდეალურ შემთხვევაში (საწარმოო პირობებში სტოხასტური აღმშფოთი ზემოქმედებით გამოწვეული ცთომილების გარეშე). OX, OY და OZ ღერძების გასწვრივ მოძრავი ულტრაბგერის მიმღებები გადაადგილდებიან ისე რომ OX ღერძის გასწვრივ მოძრავი მიმღები მივიდეს (x,0,0) წერტილში, OY ღერძის გასწვრივ მოძრავი მიმღები (0,y,0) - წერტილში და OZ ღერძის გასწვრივ მოძრავი მიმღები (0,0,z) წერტილში. მიმღებიდან მიღებული სიგნალის მეშვეობით ამოითვლება ჩამჭერიდან OX ღერძამდე a, OY ღერძამდე b და OZ ღერძამდე c მანძილები.

როგორც ნახაზიდან ჩანს:

$$x^2+a^2=r^2; y^2+b^2=r^2; z^2+c^2=r^2 \text{ შესაბამისად } x = \sqrt{r^2 - a^2}; y = \sqrt{r^2 - b^2}; z = \sqrt{r^2 - c^2}$$

რადგან ულტრაბგერითი გადამწოდიდან მიმღებამდე მანძილი გაცილებით აღემატება ულტრაბგერითი ტალღის სიგრძეს იგი სეიდლება განვიხილოთ როგორც ბრტყელი ტალღა. დავწეროთ ამ ტალღის მოძრაობის განტოლება. თუ ჰაერის ფარდობით სიმკვრივეს აღვნიშნავთ $\delta(x,t)$ -თი, ხოლო x წერტილში სიმკვრივეს $\rho(x,t)$ -თი, ცხადია:

$$\delta(x,t) = \frac{1}{\rho} \rho(x,t) - 1$$

თუ ტალღური ზედაპირის წანაცვლებაა $\xi(x)$ მაშინ

$$\delta(x,t) = -\frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (1)$$

ტალღური განტოლების გამოსაყვანად დავწეროთ კლაპეირონის განტოლება ჰაერისათვის PV=RT სადაც P წნევაა, V მოცულობა, T ტემპერატურა და R=const ბოლცმანის მუდმივაა.

თუ განტოლების ორივე მხარის დიფერენცირებას მოვახდენთ და საწყის განტოლებაზე გავყოფთ მივიღებთ

$$\frac{dT}{T} = \frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} \quad (2)$$

თუ მუდმივ წნევას აღვნიშნავთ P_0 -ით, ხოლო ბგერით წნევას (ანუ წნევის ნაზრდს) P -თი მაშინ

$$P = \gamma_c P_0 \delta \quad (3)$$

სადაც γ_c კუთრ სითბოტევადობათა ფარდობაა მუდმივი წნევისა და მუდმივი მოცულობის დროს და ჰაერისათვის ტოლია 1,40.

S ფართისა და dx სისქის ჰაერის ფენაზე მარჯვნიდან და მარცხნიდან წარმოებულ წნევათა სხვაობის შედეგად წარმოქმნილი ძალა ტოლია $-Sdx \frac{\partial P}{\partial x}$; ნიუტონის მეორე კანონით იგი უტოლდება ჰაერის მასისა ρSdx და აჩქარების ნამრავლი $\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$

$$\rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = - \frac{\partial P}{\partial x} \quad (4)$$

მიღებული განტოლებები ერთმანეთთან აკავშირებს: ტალღური ზედაპირის წანაცვლებას $-\xi$, ბგერით წნევას $-P$ და გარემოს ფარდობით სიმკვრივეს. მათი მეშვეობით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ულტრაბგერის ტალღური ზედაპირის მდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში ანუ სრულად აღწერს ულტრაბგერის ტალღის მოძრაობას.

მოქნილი მანიპულატორის „ხორთუმის“ ადაპტური მართვის სისტემა

დ. შურცხვანიძე

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია მოქნილი მანიპულატორის მართვის ადაპტური სისტემა, უკუკავშირის ულტრაბგერითი გადასწოდების გამოყენებით. გაანალიზებულია ადაპტური მართვის სისტემის გამოყენების აუცილებლობა. დამუშავებული მართვის სისტემის თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ ობიექტის მოდელი რეალიზებულია თვით ობიექტში. ულტრაბგერითი გადასწოდები იმართებიან იმავე ბრძანებებით როგორც ხორთუმი, ოღონდ მათზე არ მოქმედებს ის აღმშფოთი ზემოქმედებები რომლებიც ხორთუმზე. პროგრამული მართვის მეხსიერებიდან მოსული ბრძანებებით სრულდება გადაადგილებები როგორც ხორთუმის ჩამჭერისა სამუშაო სივრცეში ასევე ულტრაბგერითი მიმღებებისა OX, OY და OZ ღერძების გასწვრივ. შესრულებული გადაადგილების შემდეგ ხდება შემოწმება ჩამჭერის რეალური კოორდინატებისა და პროგრამით გათვალისწინებულ კოორდინატებს შორის. განსხვავების შემთხვევაში მმართველ ბლოკს მიეწოდება შესაბამისი სიგნალი.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИБКОГО МАНИПУЛЯТОРА „ХОБОТ“

Д. ПУРЦХВАНИДЗЕ

Резюме

В труде рассмотрена адаптивная система управления ультразвуковыми датчиками обратной связи. Проанализирована необходимость применения адаптивной системы управления.

Особенностью разработанной системы управления является реализация модели объекта в самом объекте. Ультразвуковые датчики управляются теми же сигналами, которыми управляется хобот, но при этом на него не действуют возмущающие воздействия. По команде, поступающей из памяти программного управления, производятся перемещения как схвата хобота в реальном рабочем объеме, так и ультразвуковых приемников вдоль OX, OY и OZ осей соответственно.

После выполнения перемещения производится проверка соответствия между реальными координатами и координатами, предусмотренными программой. При обнаружении разногласия на блок управления подается соответствующий сигнал коррекции.

ADAPTIVE SYSTEM OF CONTROLLING FLEXIBLE ROCKER “ TRUNK”

D.PURTSHVANIDZE

Summary

The paper discusses the adaptive system of controlling ultrasonic feedback sensors. The necessity for using adaptive management system is analyzed in the article.

The realization of the object model in the object itself constitutes the specificity of the designed control system.

Ultrasonic sensors are controlled by the same signals that control the trunk, but it is not affected by disturbances. At the command coming from the program control memory the movement of both the gripper trunk in real working volume and of the ultrasonic receivers along OX, OY and OZ axes, are implemented respectively.

After the movement is implemented, the correspondence between the real coordinates and the coordinates provided by the program is checked. In case difference is noticed, the corresponding correction signal is sent to the control unit.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

- 1 Д. А. Пурцхванидзе, Г. Д. Челидзе. МАНИПУЛЯТОР. Авторское свидетельство 1077780, публикация 07.03.84 Бюлет. № 9
- 2 А. Ш Колискор. МАНИПУЛЯТОР. Авторское свидетельство 1098257, публикация 05.02.85 Бюлет. № 4
- 3 დ. ფურცხვანიძე. მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის (ხორთუმის) მართვის საკითხები. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №72003.
- 4 Клименко А.К. Об оптимизации коэффициента усиления в адаптивной системе с обратной моделью. // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2006, N2. – (125-131).

**ავტომატიზებული დანადგარი ნედლეულის მეტალურგიული თვისებების
შესწავლისათვის**

ნ. ბეჰლიშვილი, ძ. წერეთელი, ნ. მირიანაშვილი, ვ. ხათაშვილი

ფეროშენადნობთა თვისებების შესწავლაში უადრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტემპერატურულ ინტერვალებში მადნის და კონცენტრატების დნობისას მათი გარბილების და ელექტროწინალობის დადგენას, რასაც ჯამში ძირითადი აღმდგენლის, მადნის კონცენტრატების ფლუსების კაზმში მათი თანაფარდობა განსაზღვრავს. ამასთან, ერთი და იგივე მსგავს პირობებში და მსგავსი კომპონენტების შემცველი კაზმების შემთხვევაშიც კი მათ ელექტროწინააღმდეგობას და გარბილებას კაზმის მომზადების მეთოდიც განსაზღვრავს.

ამდენად, ყოველი ახალი მეტალურგიული ნედლეულისა და მათ ფუძეზე დამზადებული კაზმების თვისებების ცოდნას არა მარტო თეორიული, არამედ პრაქტიკული ღირებულებაც გააჩნია.

არსებული დანადგარის ძირითადი ნაწილია ტამანის ღუმელი, მასში მოთავსებული ცეცხლგამძლე მასალის ალუმდის მიღში მოთავსებული საცდელი ნიმუშით. ნიმუშს ორივე მხრიდან ებჯინება განსაზღვრული ფორმის და ზომის გრაფიტის ელექტროდები ცალკეული ნიმუშისათვის დგინდება, გარბილების ხარისხი რაც მიღში მოთავსებულ საცდელ ნიმუშზე ზედა ელექტროდის დაწოლის გამო, მისი ვერტიკალური ზომის შემცირებაში გამოიხატება. ამავდროულად, ელექტროდებიდან იხსნება ნიმუშის ელექტროწინააღმდეგობის ცვლილებების შესაბამისი ინფორმაცია.

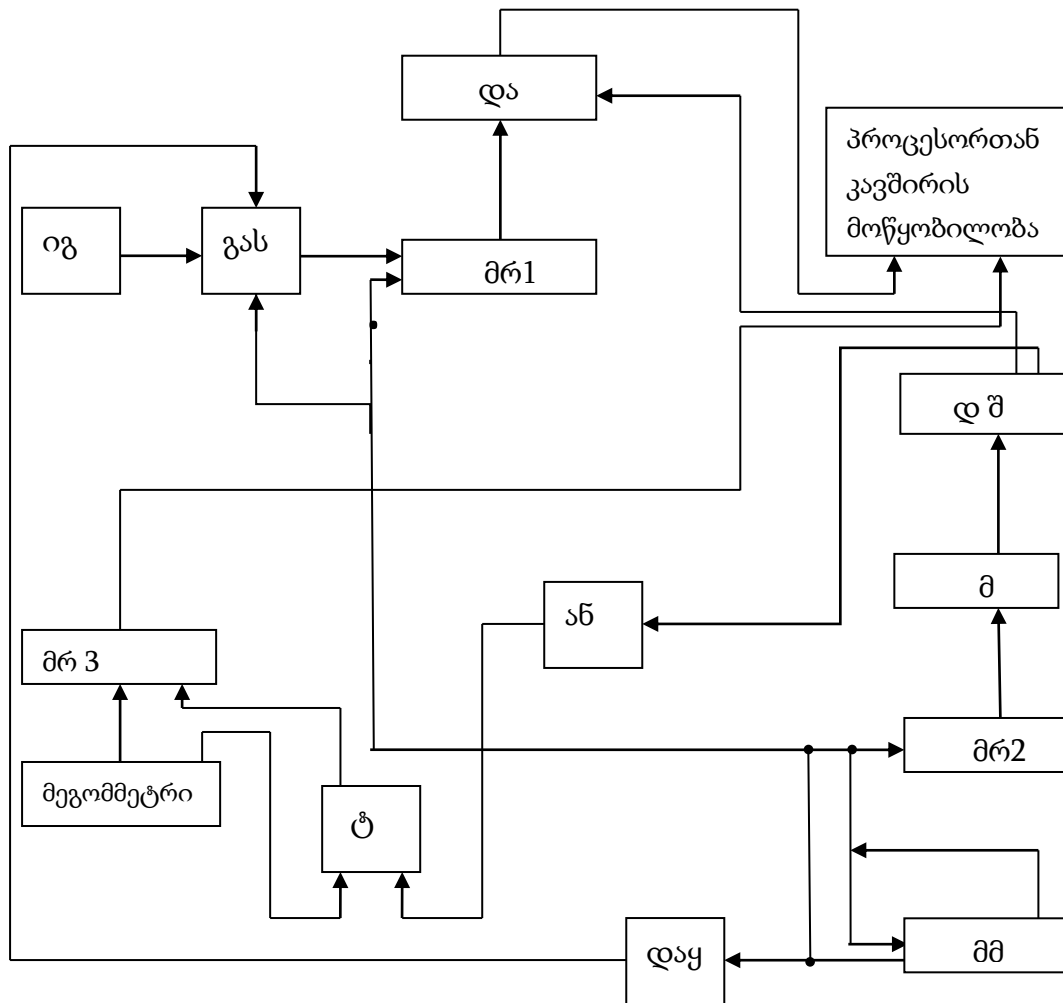
დანადგარის ავტომატიზების მიზნით გამოყენებულია ინდუქციური გადამწოდი ზედა ელექტროდის გადაადგილების ინტერვალების დადგენისათვის, რომელიც გადაადგილებას აღიქვამს გრაფიტის ზედა ელექტროდზე დამაგრებული არამაგნიტური მასალისაგან დამზადებული კბილებიანი სახაზავიდან, ხოლო წინააღმდეგობების ცვლილების დასადგენად – სპეციალური ტესტერი, რომელიც მუშაობს წინააღმდეგობის ცვლილებების გაზომვის რეჟიმში, გაზომვების მართვისათვის კი ტამანის ღუმელის ტემპერატურული რეჟიმის მართვის მოწყობილობა.

ზემოხაზოთვლილის საფუძველზე დაყრდნობით დამუშავებული ავტომატიზებული დანადგარის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე.

დამუშავებულ ფუნქციონალურ სქემაზე: **იგ**-წარმოადგენს ინდუქციურ გადამწოდს, რომელიც გამოიმუშავებს გადაადგილების შესაბამის სიგნალებს კბილებიანი სახაზავის გადაადგილების პროპორციულად, რომელიც დაკავშირებულია ზედა ელექტროდთან; **გას**-ელექტრონულ გასაღებს; **მრ1**-ორობით მრიცხველს გადამწოდიდან გამოცემული სიგნალების დამახსოვრებისათვის, მის გამოსასვლელზე მიერთებულ „და“-სქემების ანაკრებით, რომელიც საჭიროა ინფორმაციის მოხსნისათვის და მრიცხველიდან პროცესორთან კავშირის მოწყობილობაში გადასაცემად; **მმ**-ღუმელის მართვის მოწყობილობაა; **მრ2**-წარმოადგენს ორობით მრიცხველს, რომელიც მიერთებულია ღუმელის მართვის მოწყობილობის ორობით-ათობითი მრიცხველის შესასვლელთან და მის პარალელურად დებულობს შევსების სიგნალებს, გამოიმუშავებულებს მართვის მოწყობილობაში; **მ**-მეხსიერებაა მიერთებული **მრ2** მრიცხველის ცალკეული თანრიგების გამოსასვლელებთან მიერთებულ ტრიგერებთან; **დშ**-დეშიფრატორების ანაკრებია, შერჩეული ტემპერატურების მონაკვეთების მიხედვით შესაბამისი სიგნალების გამოიმუშავებისთვის; **მრ3**-ორობით-ათობითი მრიცხველია მეგომეტრის ჩვენებების დასაფიქსირებლად და შედის მეგომეტრის შემადგენლობაში; **ტ**-ტრიგერი საჭიროა **მრ3**-მრიცხველიდან ინფორმაციის გაცემის ნებართვისათვის, პროცესორთან კავშირის მოწყობილობაში დეშიფრატორებიდან მიღებული ტემპერატურის მნიშვნელობების მიხედვით; **დაყ**-დაყოვნების ელემენტი.

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად: მოწყობილობასთან მუშაობის დაწყებამდე უნდა მომზადდეს და ჩაირთოს მასში შემავალი მოწყობილობები, მეგომეტრი და ღუმელის მართვის მოწყობილობა მათზე დართული ინსტრუქციების შესაბამისად.

დანადგარის ავტომატიზებულ რეჟიმში მუშაობა იწყება სიგნალის მიწოდებით **გას**-გასაღების **მრ1** და **მრ2** მრიცხველების ნულოვან მდგომარეობაში მოსაყვანად, დეშიფრატორიდან მიღებული სიგნალით, რომელიც გამოიმუშავდება ქვედა ზღვარის შესაბამისი სიგნალით. იგივე სიგნალი დაყოვნების გავლით გააღებს გასაღებს და სიგნალები გადაადგილების შესახებ დაიწყებენ გავლას **მრ1** მრიცხველის შესავსებად.



ნახ.1 ავტომატიზებული დანადგარის მართვის ფუნქციონალური სქემა

შემდგომში შერჩეული ტემპერატურების მონაკვეთების მიხედვით დეშიფრატორების მიერ გამოშუშავებული სიგნალები „ან“ ელემენტის გავლით რიგრიგობით ამზადებენ ტ-ტრიგერს და მრ1-მრიცხველის გამოსასვლელზე „და“ ელემენტების ამ სიგნალებით დამუშავების შედეგად მრ1-მრიცხველში ჩაწერილი იმფორმაცია გაიცემა პროცესორთან კავშირის მოწყობილობაში, ხოლო მეგომმეტრის მართვის მოწყობილობიდან ტ-ტრიგერის მეორე შესასვლელზე მისვლისას მეგომმეტრის მრ3-მრიცხველში ჩაწერილი იმფორმაცია ასევე გაიცემა პროცესორთან კავშირის მოწყობილობაში ეს ხორციელდება იმ მომენტამდე ვიდრე არ მოხდება ყველა ტემპერატურული მონაკვეთების შესაბამისი იმფორმაციის დამუშავება და ზედა ზღვარის შესაბამისი სიგნალის გამოყოფა დეშიფრატორიდან. ამრიგად, კომპიუტერში ჩაიწერება მოცემული კაზმის თვისებებთან დაკავშირებული ყველა გაზომვის მნიშვნელობები.

ავტომატიზებული დანადგარის გამოყენება მეტალურგიული პროცესების შესწავლისათვის უზრუნველყოფს გაზომვის რეზულტატების მიღებას მაღალი სიზუსტით და ამცირებს გაზომვებისათვის საჭირო დროს.

**ავტომატიზებული დანადგარი ნედლეულის მეტალურგიული თვისებების
შესწავლისათვის**

ბ. ბელოშვილი, ძ. წერეთელი, ნ. მირიანაშვილი, ვ. ხათაშვილი

რეზიუმე

განხილულია მეტალურგიული კაზმის ფიზიკური პარამეტრების ავტომატური გაზომვის საკითხი დუმელის სხვადასხვა ტემპერატურაზე. მოყვანილია ავტომატური მოწყობილობის ფუნქციონალური სქემა და ახსნილია მისი მუშაობის პრინციპი.

**AUTOMATED MEASUREMENT CONTROL DEVICE FOR STUDYING
METALLURGICAL PROCESSES OF RAW**

N. GDZELISHVILI, K.TSERETELI, N. MIRIANASHVILI V. KHATASHVILI

Summary

The paper considers the problem of automation of the process of measuring charges physical parameters at various temperatures in the furnace of the metallurgical processing equipment.

The functional scheme of the plant is given in the work and the principle of its operating is also described.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ СЫРЯ**

Н.ГДЗЕЛИШВИЛИ, К. ЦЕРЕТЕЛИ, Н. МИРИАНАШВИЛИ, В.ХАТАШВИЛИ

Резюме

Рассматривается вопрос автоматизации процесса измерения физических параметров шихт (charge) при различных температурах в печи металлургического технологического оборудования. Приведена функциональная схема устройства и описана её работа.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ბ. წერეთელი, ს. მაზმიშვილი, თ. ცერცვაძე, ქ. წერეთელი. მანგანუმის სპექტრონცენტრატისა და მის ფუძეზე დამზადებული საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის კაზმის თბოფიზიკური თვისებების შესწავლა. სტუ შრომები. 1995, 3 (405).
2. Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. Электрические измерения физических величин. Л. Энергоатомиздат.1989
3. М. В. Галперин. Практическая схемотехника в промышленной автоматике. М. Энергоатомиздат.1987

ინფორმეტიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

СЕМАНТИКА ДВУХ ГРУЗИНСКИХ ПАДЕЖЕЙ: ТВОРИТЕЛЬНОГО И ОБСТОЯТЕЛЬСТВЕННОГО

Е. ДОКВАДЗЕ, Г. ЧИКОИДЗЕ

gogichikoidze@yahoo.com

Для языков, имеющих достаточно развитую падежную систему, падежи являются одним из важнейших средств связи между отдельными членами высказывания, причем эта связь несет в себе дополнительную семантическую нагрузку, не всегда легко и четко просматриваемую, однако определяющую весьма существенный вклад в семантику предложения в целом. Недостатком работы Чикоидзе 2010 (уже отмечавшимся в ней) было отсутствие попытки систематизации общей совокупности падежных значений и их отношений с другими, тесно с ними связанными классами единиц: предложениями/послелогом и глагольными приставками.

Все же небольшими шагами к решению этой непростой задачи можно считать наброски описания семантики отдельных падежей грузинского языка: так, уже Chikoidze 2003 посвящена рассмотрению значений родительного падежа, Chikoidze 2007 делает попытку анализа роли наиболее «приоритетных» падежей (именительного, повествовательного, дательного) в маркировании глагольно-актантных и соответствующих им предикатно-ролевых отношений. Дальнейшее развитие эта попытка получила в Чикоидзе 2010, Чикоидзе 2010а. Завершая этот обзор значений отдельных падежей, настоящая работа обращается к двум наименее «приоритетным», и наиболее «периферийным», а именно творительному (*mokmedebiti*) и обстоятельному (*vitarebiti*) грузинским падежам.

Основой подхода к структурированию семантики этих падежей, как и во всех предыдущих случаях, служит выбор некоторого простейшего, «примитивного», как правило, пространственно-вещественного в качестве исходного с дальнейшей попыткой развить из него все остальные, вторичные, переносные значения единицы. Совокупность этих отношений затем отображается графической, как правило, древообразной схемой, которая, в частности, служит и планом дальнейшего изложения: параграфы текста, выделяются и озаглавливаются в соответствии с индексацией блоков этой схемы.

1. Творительный падеж

Предлагаемая схема значений этого падежа представлена на Рис.1. Основной элемент символики этой схемы – I (*instrumental*) – представляет значение существительного, оформленного творительным падежом, который может соответствовать как «предмету» (вещественному объекту), так и «процессу» (действию, состоянию) или «качеству» (как предмета, так и процесса). X и Y это составляющие контекста I произвольного оформления, тесно связанные с I и определяющие характер его конкретного значения; в частности, они могут представлять семантические роли, характеризующие участников ситуации, выраженной высказыванием (CS, CI, AG, OB, AD (Чикоидзе, 2010)). Как уже отмечалось выше, заглавия параграфов будут определяться индексацией блоков схемы Рис.1, которым соответствуют эти параграфы: точнее, эти параграфы будут помечаться последовательностями вида 1.n (n=1,2,...5), где n номер блока Рис.1, подразумевающего значение I, рассматриваемое в данном параграфе текста.

1.1 I – «сопутствует» X-у

Корень дерева Рис.1 образуют значения творительного падежа, соответствующие простейшему отношению I и X: I просто «сопутствует» X-у, находится примерно там же и тогда же, «вместе с X», как бы «дополняя» его своим присутствием. При этом обе стороны этого отношения (I, X) могут в различных контекстах иметь значение «предмета», «процесса» или «качества».

а) I – «предмет».

- *is (X) šemovida kolgit (I) xelši/mteli ožaxit anu colit da švilebit (-urt) (I)* – ‘Он (X) вошел с зонтиком (I) в руке/вместе со всей семьей, т.е. с женой и детьми (I)’;

- *es iqo brçqinvale fexburteli (X): sçrafi sirbilit, burtis zuşti gadacemit da qarşi žlieri dartqmebit (I)* – ‘Это был блестящий футболист (X): с быстрым бегом, точными передачами мяча и сильными ударами по воротам (I)’;

- *mdivnis tanamdebobaze aiqvanes ešxit da silamazit (I) šemğuli axalgazrda kalbaṭoni (X)* – ‘На должность секретарши назначили блиставшую изяществом и красотой (I) молодую даму (X)’.

В этих трех примерах, где X представлен «предметом», I последовательно приобретает значения «предмета», «процесса» и «качества». Эта же последовательность смена значений I будет соблюдаться и в остальных пунктах (b, c) и в дальнейшем.

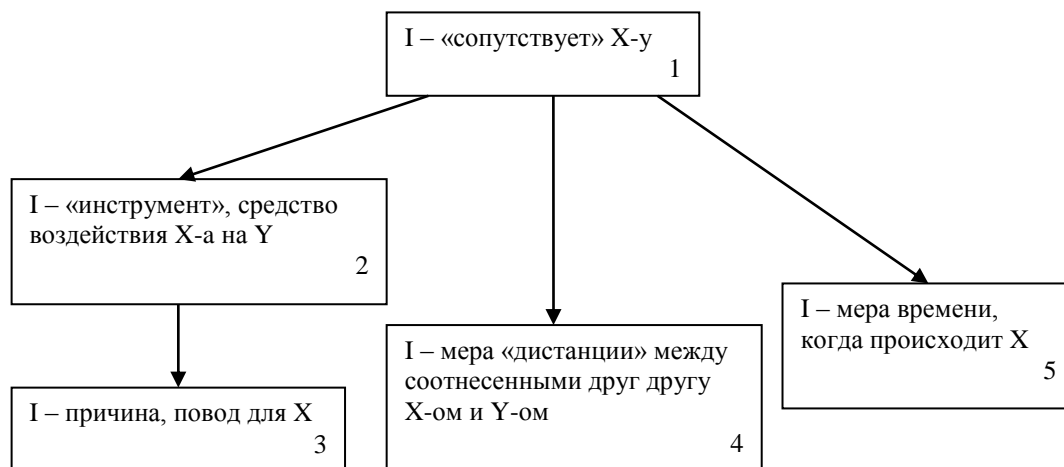


Рис.1 Схема значений творительного (mokmedebiti) падежа.

b) X – «процесс».

- mombezrda mkurnaloba (X) misi gautavebeli camlebit da dieuri fafebit (I), menatreba kalakgaret gaseirneba (X) tavisi zurgantebit, karvebit, koonit da qargi mcvadebit (I) – ‘Надоело мне лечение (X) с его лекарствами и диетическими кашами (I), тоскую по загородным прогулкам (X) с их рюкзаками, палатками, костром и хорошим шашлыком (I)’;

- otaxši boltas scemda (X) xan mxiaruli stvenit, xan ki oxvrit da kvnesit (I) – ‘(Он) ходил (X) по комнате то с веселым посвистыванием, то с вздохами и стонами (I)’;

- mommarta/ šemxvda/ momekca / ... (X) moulođneli sišetit/ borotebit/ sitboti/ gulgrilobit/ ... (I) – ‘(Она) обратилась ко мне/ встретила меня/ обошлась со мной/ ... (X) с неожиданной добротой/ злобой/ теплотой/ холодностью / ... (I)’.

с) X – «качество».

- misi rainduľ gamoxedva (X), misi xmlit, xanžlit da muzaradit (-urt) (I) uqve šoridan ašinebda mters – ‘Его рыцарский вид (X), вместе с его саблей, кинжалом и шлемом (I) уже издалека навелили страх на врага’;

- mis saxeze gamoxatuli sišete (X) misi kvelmokmedebit (-urt) (I) ičevvda xalxis pačiviscevas – ‘Доброта (X), выражавшаяся на ее лице вместе с ее благотворительной деятельностью (I), вызывали в народе уважение’;

- am pirovnebas axasiatebs cbiereba (X) misi čveulebrivi danamačebit: sisasčikit da gaižverobit (I) – ‘Эту личность характеризует коварство (X) с его обычными «добавками»: жестокостью и хитростью (I)’.

Примеры этого последнего пункта представляются более затруднительными и соответственно менее употребительными, чем примеры двух предыдущих пунктов (a, b).

Особым случаем качественной характеристики «процесса» (X) являются контексты, где I, характеризующее X представляет собой некоторый компонент самого «процесса». Это могут быть, например, отдельные акты, из которых состоит «процесс» X:

- dadis sčrafi/ neli/ didi/ pačara/ ... nabiž(eb)it – ‘(Он) ходит быстрым/ медленным/ большим/ мелким / ... шагом’;

- svams didi/ pačara / qlupebit – ‘(Он) пьет большими/ маленькими глотками’;

в следующем примере «сопутствующий» процесс, не являясь составной частью X, «вклинивается» в него, прерывая его и перемежаясь с ним:

- qveboda/ laparaqobda/ mečqvelebda grželi/ močle frazebit/ sicilit/ xarxarit/ kvnesit da oxvrit/ xširi xan močle, xan grželi pauzebit – ‘(Он) рассказывал/ говорил длительными/ короткими фразами /со

смехом/ с хохотом/ то со стонами, то со вздохами/ с частыми то короткими, то длинными паузами’.

1.2. I – «инструмент», средство воздействия X-а на Y

Широкий диапазон контекстов этого значения вместе с его наглядностью, по-видимому, повлияли на выбор «международного» имени падежа I – instrumental (‘инструментальный’), а не творительный (mokmedebiti), хотя тесная связь «творения» и «действия» (mokmedeba) с «инструментом» как средством выполнения этих процессов не вызывает сомнения. Столь же наглядным выглядит и переход от простого «сопутствия» (блок 1) I и X к употреблению X-ом этого «сопутствующего I в качестве средства воздействия на некоторый объект Y.

В ролевом контексте грузинской глагольной супер-парадигмы (Чикоидзе2010, 2010а) наиболее естественным образом возникает вариант, в котором X-у соответствует одно из активных «звеньев» ролевой «цепочки» (CS, CI, AG), а Y-у – одно из пары пассивных (OB, AD):

CS / CI / AG → I → OB / AD

Пункты данного раздела (A,B) будут соответствовать двум частным случаям этого дизъюнктивного выражения.

A) AG → I → OB / AD

В этом пункте будет проиллюстрировано употребление в заглавном контексте пункта и в рамках некоторых его трансформаций.

Порядок расположения приводимых ниже примеров, как и в предыдущем подразделе, следует ряду значений I, имеющих общую характеристику: «предмета», «процесса», «качества». В соответствии с приписываемой здесь этому падежу роли его символ (I) будет дополнительно помечаться верхним индексом i(nstrument) - Iⁱ.

Заглавному контексту соответствуют:

- хорci (OB) (me-AG) davçeri (am) danit (Iⁱ) – ‘(Я – AG) нарезал мясо (OB) (этим) ножом (Iⁱ)’;
- gaaftrebuli šetevit (Iⁱ) mat (AG) gaarvies mtris dacvis xazi (OB) – ‘Яростной атакой (Iⁱ) они (AG) прорвали линию обороны (OB) противника’;
- tavisı msaxıoburı niçit da daxveçili silamazit (Iⁱ) am gogom (AG) miauçia did çarmaşbas (AD) scenaze – ‘Своим актерским талантом и изысканной красотой (Iⁱ) эта девушка (AG) добилась большого успеха (AD) на сцене’.

Надо отметить, что последняя пара примеров (I= «процесс» / «качество») в зависимости от прагматики более широкого контекста может истолковываться и как выражение причинной связи, который «выдает» следующий (3-й) блок схемы Рис.1.

Так, например, в случае последнего примера качества девушки могут рассматриваться и как «причина» достижения успеха; однако, в первом случае тонкий, но все же присутствующий в определенном прагматическом контексте нюанс может придавать процессу достижения «успеха» оттенок сознательного использования девушкой своих «талантов» и «красоты» в ходе этого процесса, тогда как в более нейтральном контексте, лишенном этого нюанса, тот же процесс должен выглядеть как естественное развитие «успеха» на основе, по «причине» достоинств, присущих этой юной актрисе. Более того, определенный контекст может переносить акцент на саму «девушку» и ее «успех», отмечая «между прочим» и ее упомянутые достоинства, просто как присутствующие у нее «сопутствующие» ей качества, т.е. интерпретируя это отношение в духе значения блока 1 (Рис.1).

Наконец, аналогичные колебания акцента в зависимости от контекста могут характеризовать и некоторые высказывания, иллюстрирующие семантику блока 1 в случаях, когда X и/или I имеют смысл «процесса» или «качества».

Тот или иной нюанс может быть, в определенной степени, подчеркнут некоторыми квази-синонимическими трансформациями: так, перенос упоминания таланта и красоты молодой актрисы в конец высказывания несколько усиливает акцент на «инструментальность» этих качеств:

- çarmaşbas miauçia tavisı niçit da silamazit – ‘Добилась успеха своим талантом и красотой’;
- этот акцент может быть усилен добавлением своеобразных «последогов» в форме творительного следующих за родительным падежом выражающим «достоинства» этой девушки:
... miauçia misi niçis da silamazis meoxeobit/ saşualebit – ‘... достигла с помощью/ посредством таланта и красоты’;
- наоборот, добавление в той же позиции
... çqalobit – ‘благодаря’
сдвигает в сторону оценки этих качеств как «основания» и «причины» достижения «успеха».

Наконец, весь тройной комплекс значений «наличие (чего-то у кого-то)»; «использование (кем-то чего-то) в качестве средства» и «достижение результата (на основе использования этого наличного чего-то)» становится более осязаемым в квази-синонимичном высказывании, где «качества» сами выступают в роли наличного фактора, являющегося и способом продвижения к конечному результату и причиной его достижения:

- (şored) mîsma niçma da silamazem miqvana igi çarğaţebamde – ‘(именно) ее талант и красота привели ее к успеху’.

Многие из этих значений справедливы и для случая, когда Iⁱ представлен «процессом» (второй пример данного пункта); однако, наиболее естественный, простой и распространенный вариант «инструментальности», представленной первым примером, мало подвержен этим колебаниям акцентов, по крайней мере, в той нейтральной форме, в который этот пример здесь представлен. Незначительный сдвиг в сторону «причинности» все же может возникать, например, в специфических контекстах, где используемый в качестве инструмента конкретный «предмет» рассматривается как «особый» (особо удачный или неудачный) выбор:

- (şored) am/ çemi danit daiçra xoçi – ‘(именно) этим/ моим ножом нарезалось/ нарезано мясо’;
здесь удачный выбор «этого / моего» ножа, а отчасти и сам «нож», рассматривается и как «причина», обуславливающая «успех» предприятия.

Наряду с этим отклонением интерпретации значений Iⁱ, сближающим их со значением двух соседних блоков (1-го и 3-го), можно упомянуть и ряд значений I, хотя и не идентичных основному значению Iⁱ («инструмент», средство), но все же настолько близких к нему, что они (по нашему предположению) могут быть включены в семантическую область блока 2.

В качестве минимального из этих вариантов отклонений от центрального значения Iⁱ можно предположить случай, когда I представляет не «орудие» воздействия на некоторый уже существующий объект, а материал для его «создания»:

- aşenebs saxls kvit/ xis masalit/ agurit/ beţonit/ ... – ‘строит дом из камня/ дерева/ кирпичей/ бетона/ ...’;

- ksovs çindebs şalis zafit – ‘(она) вяжет носки шерстяными нитками’;

- zerçavs tixit/ plaştelinit/ ... – ‘(он) лепит из глины/ пластилина/ ...’.

Возможно, на достаточно высоком уровне абстракции «материал» можно рассматривать как основное средства преобразования объекта «из небытия – в бытие».

Более конкретным выглядит отношение к Iⁱ, вообще говоря, более абстрактного чем «материального» понятия «способа» выполнения некоторого процесса, действия ведущих к некоторой цели; хотя этот «способ» отчасти перекликается с областью «сопутствия» в данном случае упомянутому «процессу», все же его близость к понятиям «средства» и даже «инструмента» представляется гораздо более значительной:

- vmuşaobt/ vağetebt/ vasrulebt (rağacas)/ ... am metodit/ gegmit/ skemit/ çesit ... – ‘работаем/ делаем/ выполняем (что-то) ... этим методом/ по этому плану/ по этой схеме/ по этим правилам/ ...’;

сюда же можно отнести как «первичное», так и переносное значение I в выражениях:

- mişdivart şori/ mcdari gzit/ mimartulebit – ‘идем по правильному/ ложному пути/ в правильном/ ложном направлении’.

Сюда же можно причислить и вполне конкретные понятия средств, способа передвижения:

- davdivar/ vmogzaurob fexit/ mankanit/ mağareblit/ ... – ‘хожу/ езжу/ путешествую пешком/ на автомобиле/ поездом/ ...’.

Предложения «способа» действия, исходя из оценки наличной ситуации, могут предваряться вводными выражениями, также основанными на формах творительного падежа:

- çemi tvalsazrisit/ tvaltaxedvit/ azrit/ varaudit/ ... – ‘с моей точки зрения/ по-моему/ по моим предположениям/ ...’;

в этих примерах очевиден и сильный сдвиг в сторону семантики «сопутствия» (блок 1).

В) CS / CI → I → AG

Здесь рассматриваются примеры, выражающие воздействие «каузатора» (CS) или «промежуточного каузатора» (CI) на агенса (AG) посредством некоторого I. Согласно обычной функции каузатива CS/CI стимулируют действия AG, становясь его причиной или выполняя некоторое условие необходимое для деятельности AG. При этом I выражает тот «инструмент», то средство, способ, которыми CS/CI обеспечивают необходимость /возможность этой деятельности.

В этом каузативном контексте I, как правило, бывает представлено «процессом» или «качеством»; даже в тех редких случаях, когда I формально представляет «предмет», чаще всего

оказывается, что этот предмет подразумевает вполне однозначным образом некоторое нераздельно связанное с ним действие:

- *tqviamfrkvevebit da xelqubarebit uqan daaxevines mters* – ‘Пулеметами и гранатами (они) вынудили противника отступить’.

(очевидно, что причиной «отступления» было то, что «пулеметы строчили» по рядам врага, а «гранаты» летели в его сторону).

В своем обычном для этого контекста виде «процесс» Iⁱ возникает в высказываниях вроде:

- *fondi (CS) tavisi dafinansebit (Iⁱ) gvasrulebinebs (čven - AG) am proeḳts (OB)* – ‘Фонд своим финансированием (Iⁱ) делает (для нас -AG) возможным выполнение этого проекта (OB)’.

(процесс «финансирования мог быть и здесь представлен идентичными/ средствами/ финансами фонда»).

- *bavšvebma (CI) çivil-ḳivilit da kvebis srolit (Iⁱ) aaqefes ezos zaḳlebi (AG)* – ‘Дети (CI) криками и швырянием камней (Iⁱ) вызвали лай дворовых собак (AG)’.

Роль CS/CI в форме Iⁱ может выполнять и «качество»:

- *ufrosma (CS) tavisi simḳacrit da uxešobit (Iⁱ) damaçqebina (me - AG) sxva samušaos zebna (OB)* – ‘Начальник (CS) своей строгостью и грубостью (Iⁱ) заставил меня (AG) начать поиск (OB) другой работы’;

- *advokaḳma (CS) tavisi gamosvlis mçerveḳvelebit da damažereblobit (Iⁱ) aḳiarebina sasamartlos (AG) braldebulis udanašauloba (OB)* – ‘Адвокат (CS) красноречием и убедительностью (Iⁱ) своего выступления заставил суд (AG) признать невиновность (OB) обвиняемого’.

Как и в случае примеров предыдущего пункта (А) возможны квази-синонимические трансформации, переносящие роль AG на Iⁱ и заменяющие каузативный глагол активным. Так, например, «финансирование» «фондом» некоторого «проекта» может быть наряду с приведенной выше каузативной формой выражено и высказыванием:

- *fondis dafinansebit (Iⁱ ⇒ AG) mogveca čveni proeḳtis šesrulebis šesažlebloba* – ‘Финансирование (Iⁱ ⇒ AG) фонда дало/обеспечило нам возможность выполнения проекта’;

перенос (Iⁱ ⇒ AG) может выполняться и с сохранением каузативной формы:

- *fondis dafinansebam (Iⁱ ⇒ AG) šegvažlebina ...* – ‘Финансирование (Iⁱ ⇒ AG) дало нам возможность ...’.

Акцент в этих вариантах переносится на «причинность» «финансирования» как «необходимого условия» для выполнимости «проекта».

1.3. I – причина, повод для (для чего-то)

Предыдущий пункт (1.2) содержал много примеров, которые в соответствующем прагматическом контексте могут придавать Iⁱ преимущественное значение «причины» (чего-то), хотя в обычных, «нейтральных» контекстах Iⁱ сохраняет свое «инструментальное» значение (блок 2). В противоположность этому здесь в связи со значением блока 3 будут рассматриваться случаи преимущественного или вообще единственно возможного истолкования I как «причины» (I^c – C(aus)) некоторого действия или состояния, как правило, выраженного глаголом, сказуемым, чаще всего в форме пассива. В большинстве случаев эти глаголы выражают некоторую «нежелательную, отрицательную» ситуацию, возникшую в следствии - I^c:

- *moḳvda/ gardaicvala/ daiḳura çlekit/ infarḳit/ ḫravmit (I^c)* – ‘(Он) умер/ скончался/ погиб от чихотки/ инфаркта/ травмы’.

- *gemi (OB) daiḳura/ çaižira rifebze dartḳmit (I^c)* – ‘Корабль (OB) погиб/ утонул в результате/ в следствии столкновения с рифами (I^c)’;

- *saxli/ šenoba (OB) daingra miçisžvrit/ karborbalati / dabombvit/ ... (I^c)* – ‘Дом (OB) разрушился/ был разрушен землетрясением/ торнадо/ бомбежкой/ ... (I^c)’;

- *dasuḫda/ daužlurda/ dainvalida ... avadmḳofobit/ šimšilit/ gaçirvebit/ siḳaḳit/ ... (I^c)* – ‘Он ослабел/ обессилел/ стал инвалидом/ ... в результате/ в следствии болезни/ голода/ нужды/ бедности/ ... (I^c)’;

более «оптимистичный», хотя и вполне «отрицательный» пример:

- *gamdidrda/ daçinaurda/... taḳlitobit/ mlikvnelobit / mekrtameobit/ enaḫaniobit/ ... (I^c)* – ‘Он разбогател/ повысился в должности/ ... жульничеством/ подхалимством/ взяточничеством/ доносами/ ... (I^c)’.

Отношение причинности в этих высказываниях подтверждается возможностью замены I^c формой родительного в сопровождении послелогов (*gamo* – ‘из-за’), *šedegad* (‘в следствии’); «отрицательность их содержания делает неуместным употребление (*çqalobit* – ‘благодаря’); лишь последний «отрицательно-оптимистичный» пример допускает оформление, выражающее и

«инструментальность»: (mešveobit – ‘с помощью’), (sašualebit – ‘посредством’). Все примеры имеют структуру

OB ← V_{pass} → I^c.

В связи с рассмотрением области значений, представленных блоком 3, можно упомянуть примеры, которые можно истолковать как «смесь» (blend) всех значений левой ветви схемы Рис.1 (блоки 1,2,3), т.е. случаи употребления I, имеющие оттенки и «сопутствия», и «инструментальности», и «причинности»:

- traxobs/ amaqobs/ kmaqofilia (raḡacit) – ‘(Он) хвастает/ гордиться/ доволен (чем-то)’.

По-видимому, то, чем «хвастают» и/или «гордятся» и присутствует (в менталитете), и (в некоторых случаях) может служить «средством» для достижения чего-то, и, наконец, является и «причиной», «поводом» для «хвастовства» и «гордости»; в последнем случае (kmaqofilia – ‘доволен’) источник этого чувства выполняет и функцию «средства» достижения состояния «довольства» самого субъекта этого ощущения.

Наряду с рассмотренными, в некотором смысле – основными значениями I, которым соответствуют три блока левой ветви схемы (Рис. 1) заслуживают внимание, по крайней мере, еще две области значений этого падежа, непосредственно развивающиеся из исходной его семантики (блок 1) и представленные в схеме блоками 4, 5.

1.4. I – мера «дистанции» между соотнесенными друг другу X-ом и Y-ом (I^d)

Понятие «дистанции» между объектами (X,Y) как правило, приобретает свой истинный смысл, когда речь идет о некоторым образом соотнесенных объектах, связанных каким-то отношением, которым в частности может быть и то, что эти объекты на каком-то этапе «сопутствовали» друг другу, были «вместе», в одном месте или, по крайней мере, достаточно «близко» друг от друга. Если на последующем этапе эти объекты «расходятся», например, один из них покидает прежнее общее для них «место», то этот факт может быть выражен грузинским послелогом -gan (от/из/с); который в случае акта, интерпретируемого как «уход» с общего места, присоединяется к форме творительного падежа:

it + gan → dan;

основное значение которой (блок 1) как бы напоминает о прошлом единстве, прошлой близости этих объектов, послужившей «стартом» для возникшей «дистанционности»:

- (viḡasa) gamovida otaxidan/ saxlidan/ baḡidan ... (I^d) – ‘(кто-то) вышел из комнаты/ дома/ сада/ ... (I^d)’;

- (viḡasam) amoiḡo raḡasa žibidan/ užridan/ ... (I^d) – ‘(кто-то) вынул что-то из кармана/ ящика/ ... (I^d)’.

В соответствии со схемами, предложенными в Чикоидзе 2010, один из пары «расставшихся» объектов может рассматриваться как «ориентир» относительно которого определяется позиция или направление движения второго объекта. В приведенных примерах роль «ориентира» естественно берет на себя объект, остающийся на прежнем месте, которое он определяет своим присутствием («дом», «карман» и т.д.). Этот «ориентир» как раз и помечается формами с послелогом -dan.

Именно это отношение «ориентации» лежит в основе контекстов употребления I^d без послелога; при этом I^d характеризует не сам «ориентир» (OR), а «дистанцию» (d) между ним и «ориентированным» на него произвольным объектом (OB):

- mankana/ žixuri/ policieli/ ... (OB) dgas saxlis/ čis/ božis/ .. (OR) gverdit (I^d) – ‘машина/ ларек/ полицейский/ ... (OB) стоит рядом с (I^d) домом/ колодцем/ столбом/ ... (OR)’;

- venaxi (OB) ičqeba saxlisgan/ saxlidan (OR) mošorebit (I^d) – ‘виноградник (OB) начинается в отдалении (I^d) от дома (OR)’;

-es sofeli (OB) didi/ mcire manžilit (I^d) mošorebulia kalak-(s/ idan /isgan) (OR) – ‘эта деревня (OB) находится на большом/ малом расстоянии (I^d) от города (OR)’.

В контекстах сравнения пространственных размеров OR и OB или их удаления от некоторого третьего объекта (OR’) I^d выражают единицы, в которых измеряются эти протяженности:

- mcxeta (OB) 60 kilomeḡrit (I^d) ufro axloa tbilistan (OR) vidre fasanauri (OR’) – ‘Мцхета (OB) на 60 километров (I^d) ближе к Тбилиси (OR) чем Пасанаури (OR)’;

- es žoxi (OB) 10 sanḡimeḡrit (I^d) ufro grželia/ moklea vidre is (OR) – ‘эта палка (OB) на 10 сантиметров (I^d) длиннее/ короче, чем та (OR)’.

Оценка соотношения сравниваемых данных может быть и приблизительной, скорее «качественной» чем количественной:

- es biçi (OB) daaxloebit (I^d) igive simaylısaa rogorc mamamisi (OR) – ‘этот парень(OB) примерно (I^d) того же роста, что и его отец (OR)’;

- evereşti (OB) gacilebit (I^d) ufro maḡalia mqvinvarçverze (OR) – ‘Эверест (OB) гораздо (I^d) выше Казбека (OR)’;

- maržvenastan (OR) šedarebit (I^d) marcxena gza (OB) ufro viçroa/ fartoa – ‘Правая дорога(OB) уже/ шире по сравнению (I^d) с левой (OR)’.

Сравниваться могут и качества объектов, выраженных посредством I^d, определяющего в этом контексте метафору, подменяющую здесь исходные пространственные отношения:

- es gogo (OB) silamazit/ çķuit/ codnit/ siķetit/ ... (I^d) sžabnis/ čamorčeba imas (OR) – ‘Эта девушка (OB) красотой/ умом/ знанием/ добротой/ ... (I^d) превосходит ту (OR)/ уступает той (OR)’;

- me (OB) ver važobeb mas (OR) xelgašlılobit da şmartmoqvareobit (I^d) – ‘Я (OB) не могу превзойти его (OR) щедростью и гостеприимством (I^d)’.

В случаях, когда «качества» оказываются количественно измеримыми, I^d опять приобретает значение единицы измерения:

- saḡamos čemi çneva (OB) aḡmočnda 10 erteulit (I^d) açeuli/ davardnili dilandeltan (OR) šedarebit (I^d) – ‘Вечером мое давление (OB) оказалось на 10 единиц (I^d) выше/ ниже по сравнению (I^d) с утренним (OR)’;

- řemperatura garet (OB) 10 gradusit (I^d) dabalia vidre binaši (OR) – ‘Температура снаружи (OB) на 10 градусов (I^d) ниже чем дома (OR)’.

Таким образом, в семантической области 4-го блока схемы (Рис.1) отношение «сопутствия» объекта своему «ориентир» перерастает в более общую связь между ними, которая подразумевает возможность возникновения (-it + gan → -dan) или наличие между ними некоторой «дистанции» (I^d). Послелог -dan маркирует «ориентир», а формы I^d без него нацелены на «дистанцию» между ним и ориентированным на него объектом, являясь, то качественной (daaxloebit, gacilebit), то количественной мерой этой пространственной дистанции.

Наконец, при метафорическом переходе от пространственного расстояния к различию между степенями некоторого «качества», присущими «ориентир» и объекту, I^d может указывать как на само это качество, так и на разницу в степени его реализации у «ориентира» и объекта.

Все это, по-видимому, позволяет рассматривать область блока 4 как некоторый метафорический сдвиг исходной области схемы Рис.1 (блок 1).

1.5. I – мера времени, когда происходит X

Контексты употребления I со значением из области этого последнего (5-го) блока представляют собой процесс, событие или последовательность событий, заполняющих некоторый отрезок времени или ряд временных интервалов и таким образом, «сопутствующих» этому ходу времени, служащего для них своеобразным «ориентиром».

I¹ может отмечать период времени, в течение которого протекал некоторый процесс и/или произошло какое-то событие:

- gušin dilit (I¹) gom vsauzmobdi, ucbad gaiḡo řari da ... – ‘Вчера утром (I¹), когда я завтракал, вдруг открылась дверь и ...’.

Процесс/события могут быть представлены и как абитуальные, причем эта итеративность, повторяемость может быть подчеркнута присутствием в форме I¹ дополнительного суффикса -ob-, разрешающего неоднозначность, присущую глагольному значению вида:

- dilaobit (I¹) vsauzmob, dḡisit/ řuadḡisit (I¹) vsadilob, saḡamoobit (I¹) vvaḡřmob – ‘по утрам (I¹) (я) завтракаю, днем/ в полдень (I¹) обедаю, вечером (I¹) ужинаю’;

неоднозначность, связанная с употреблением форм глагола несовершенного вида, проявляется в примерах вроде:

- saḡamos/ saḡamoti (I¹) vvaḡřmob, ucbad reḡavs řari – ‘Вечером (I¹) ужинаю, вдруг раздается звонок’,

где в отсутствии суффикса -ob- та же глагольная форма (vvaḡřmob – ‘ужинаю’) соответствует единичному процессу/ событию.

Форму I¹ с суффиксом -ob- могут иметь и имена конкретных дней недели или сезонов, когда абитуально происходит что-то:

- orřabatobit (I¹) vesçrebi samecniero sabços sxdomebs – ‘по понедельникам (I¹) (я) присутствую на заседаниях ученого совета’;

- zafxulobit (I¹) visveneb zḡvaze – ‘(Каждым) летом (I¹) (я) отдыхаю на море’.

Аналогично I^d блока 4 I¹ может представлять и единицы, которыми измеряется временной период:

- 10 dÿit/ 3 qvirit/ 1 çlit (I') mivdivar/ viqavi mivlinebaši sazÿvargaret – '(на) 10 дней/ 3 недели/ 1 год (I') еду/ был в командировке за границей';
- çlobit/ atçlobit/ (I') vižeki kompiuřertan – 'годами/ десятилетиями (I') сидел (я) за компьютером';
- sauquneebit/ aščleulobit/ atasçleulobit (I') velodebit rağac sasçauls – 'веками/ столетиями/ тысячелетиями (I') ждем (мы) какого-то чуда';
- erti saatit/ çutit/ çamit (I') šemoixeda čventan – '(он) заглянул к нам на 1 час/ минуту/ мгновение (I)'

I' может отмечать и единицы измерения временной «дистанции» между двумя событиями, одно из которых выполняет роль «ориентира» (OR):

- davbrundi švebulebidan/ mivlinebidan (OB) ramdenime dÿit/ qvirit (I') vadaze (OR) adre/ gvian – '(я) вернулся из отпуска/ командировки (OB) на несколько дней/ недель (I') раньше/ позже срока (OR)'. Может I' отмечать, и лишь сам факт «опоздания» без уточнения его величины:

- movida dagvianebit (I') – '(он) пришел с опозданием (I)';
- gnaxavt mogvianebit (I') – '(я) увижусь с вами позже (I)'

Наконец, I' может указывать и на то, что некий ранее начавшийся процесс продолжается и в настоящее время:

- žeržerobit (I') ver gamoiqvlies vin moqla kenedi – 'пока не установлено, кто убил Кеннеди';
- dÿesdÿeobit (I') grzeldeba fasebis zrda – 'Сегодня/ сейчас продолжается рост цен';

причем имеется и специфический вариант этого I', подчеркивающий усиления, рост интенсивности процесса:

- fasebi dÿitidÿe (I') izrdeba – 'Цены растут с каждым днем'.

Упомянутые в предыдущем примере žeržerobit ('пока') в отличие от последнего dÿitidÿe ('с каждым днем') содержит небольшой оттенок надежды/опасения, что это усиление интенсивности или вообще сам процесс со временем может прекратиться, или, по крайней мере, стабилизируется. Этот нюанс, по-видимому, обусловил использование žeržerobit ('пока') при расставании лиц, надеющихся на возможность будущей встречи, т.е. на прекращение состояния «разлуки», что отличает это слово от более «пессимистичного»

mšvidobit ('с миром')

т.е. «прощай», а не

paqvamdis – 'до свидания'

квази-синонимичного с žeržerobit ('пока').

Завершая рассмотрение семантики творительного (mokmedebiti) падежа в целом, напомним общие черты предложенной здесь схемы (Рис.1): исходным ее значением (блок 1) служит отношение «сопутствия» некоторого объекта (предмета, процесса, качества) своему «ориентиром»; это «сопутствие» в дальнейшем развивается сначала в «инструментальное» отношение объекта с «ориентиром», а затем в причинно-следственное (блоки 2, 3), завершающее левую ветвь схемы; помимо левой ветви исходный блок 1 («сопутствие») доминирует над двумя блоками (4, 5): первый из них (4) соответствует значениям I^d, определяющим детали «дистанции» между объектом и «ориентиром», связанными некоторым отношением, соотнесенными друг с другом, а последний (5-й) блок характеризует роль I' в отношениях некоторого процесса с временем, которому он «сопутствует», происходя в его ходе, течении.

2. Обстоятельственный падеж

Этот второй падеж также является «периферийным», никогда не помечая актантов и соответствующих им ролей, к которым глагол, образующий супер-парадигму, непосредственно адресуется своими аффиксами.

Несмотря на эту общность значения членов предложения, помеченных обстоятельственным (vitarebiti) падежом, в некоторых весьма существенных аспектах они представляют собой противоположность значениям творительного, которым был посвящен предыдущий раздел. Так, если основная ветвь схемы Рис.1, начавшись с «сопутствия», переходит затем к «инструментальности» и заканчивается «причинностью», то центральным значением схемы Рис.2, представляющей структуру значений обстоятельственного, нужно считать блок 3, соответствующий значению «цели процесса»; помимо этого, если одним из важных моментов схемы Рис.1 является блок 4 со значением «расторжения» единства «сопутствия» (блок 1) посредством добавления к показателю творительного послелога -gan, то исходным значением схемы Рис.2 (блок 1) является «достижение» некоторой позиции, места в пространстве, выраженное наиболее определенно дополнением к форме обстоятельственного послелога -mde со значением прямо противоположным послелогу -gan.

Содержание раздела, как и в предыдущем случае, будут составлять параграфы, определяющие и иллюстрирующие компоненты схемы Рис.2. Метки этих параграфов будут прямо указывать на соответствующие им блоки схемы.

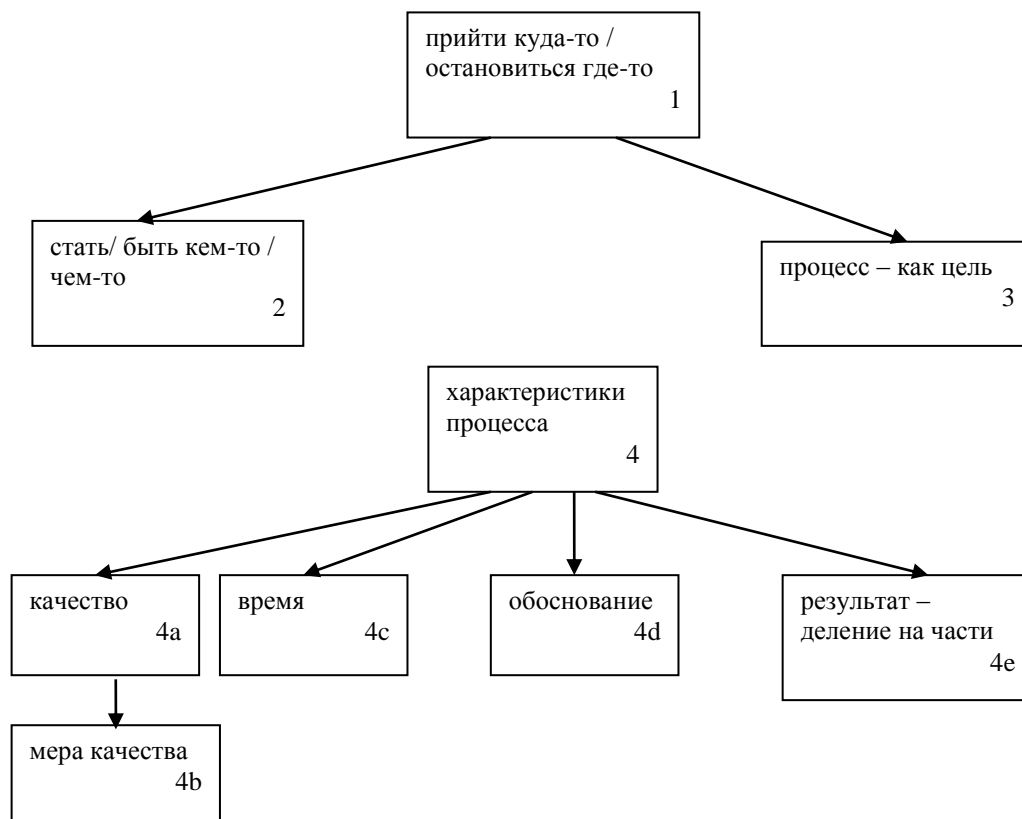


Рис.2 Схема значений обстоятельного (vitarebiti) падежа. Области значений, соответствующие каждому блоку, а вместе с тем и смысл «скупых» определений блоков в схеме даны в параграфах текста, помеченных индексами этих блоков, предваренными цифрой 2, указывающей на данный раздел.

2.1. «Прийти куда-то / остановиться где-то».

Пространственные значения этого 1-го блока образуют исходную область для семантики всей остальной схемы в целом.

Как уже упоминалось во вводной части раздела, «достижение» некоторой позиции, места в пространстве с наибольшей очевидностью и четкостью выражено послелогом -mde (ad + mde → (a)mde):

- mivida/ miaყცია/ ... soflamde/ mdinaremdе/ rumde/ mdelomde/ ... (V+mde) – ‘(он) дошел/ добрался до деревни/ реки/ ручья/ луга/ ... (V+mde)’.

Здесь и в дальнейшем формы обстоятельного (vitarebiti) обозначаются первой буквой грузинского имени этого падежа – V. Приведенные примеры демонстрируют, в частности, сохранение гласной -а в окончании -ad после основы, оканчивающейся на согласную (sofel-i – ‘деревня’), и ее усечение после любой основы с гласной в конце.

Примеры «достижения» определенного места, выраженного V без -mde неупотребительны и даже вызывают сомнения:

- ოა(mo)vida soflad*/ barad* - ‘(он) прибыл в деревню/ долину’.

Вполне приемлемым и употребительным выглядит впрочем, полу идиоматическое выражение:

- გაიფრა velad – ‘(он) вырвался в поле’,

метафорическое значение, которого имеет смыслы:

‘вырвался на свободу/ разбушевался’.

Примерами значения «остановки» в некоторой местности могут служить:

- dasaxldnen soflad/ dabanaqđnen barad/ ... (V) – ‘(они) поселились в деревне/ (в) стали лагерем в долине/ ... (V)’.

2.2. «Стать/ быть кем-то / чем-то».

Ближайшие вторичные значения пространственного «достижения» возникают посредством переноса этого понятия в области, отличные от пространственного, и, в первую очередь, в область «социальную»:

- airčies/ danišnes prezidentad/ ministrad/ tavmždomared/ tamadad/ ... (V) – ‘(его) избрали/ назначили президентом/ министром/ председателем/ тамадой/ ... (V)’;

- aųiķvesca berad (V)/ moinatla mųvdlad (V) – ‘(он) постригся в монахи(V)/ стал священником (V)’;

- gaхades matxovrad/ monad/ dacinvis sagnad/ ... (V) – ‘превратили (его) в нищего/ раба/ мишень для насмешек/ ... (V)’.

«Стать» чем-то иным может и некоторое вещество или процесс:

- daзvebuli vıvino зmrad (V) gadaıksa – ‘постаревшее вино превратилось в уксус (V)’;

- čveni šexvedra čхubad (V) gadaıksa/ seırnoba – sirbilad (V) – ‘наша встреча превратилась в ссору (V)/ прогулка – в беготню (V)’.

Новый социальный статус может возникать и в сознании общества без практических, материальных следствий:

- šeracxes çmindanad/ angelozad/ gmirad/ ... (V) – ‘(его) причислили к лику святых / к ангелам/ к героям (V)’.

В ряде контекстов значение «стать» заменяется своим единственным следствием – «быть»:

- mušaobs dalakad/ oficianad/ mecnier mušaқad/ ... (V) – ‘(он) работает парикмахером/ официантом/ научным работником/ ... (V)’;

- monaçileobs proekťši xelmзvanelad/ menežerad/ қonsulťad/ ... (V) – ‘(он) участвует в проекте как руководитель/ менеджер/ консультант/ ... (V)’.

И в этом случае основой наличного статуса может служить общественное мнение:

- aųıares kurdad/ taylıtad/ mekrтamed/ қarg sportšmenad/ brçqınvale msaxıobad/ ... (V) – ‘(он) признан вором/ жуликом/ взяточником/ хорошим спортсменом/ блестящим актером/ ... (V)’.

Как и в случае предыдущего (1-го) блока значение «достижения чего-то» часто выражается послелогом -mde, однако на сей раз в переносных контекстах, где «что-то» представлено некоторым состоянием, что в большинстве случаев оказывается ближе к интерпретации «стать каким-то»:

- miaųcia maųal tanamdebobamde/ saқoveltao aųıarebamde/ čempionis çodebamde/ ... (V+mde) – ‘(он) достиг высокой должности/ всеобщего признания/ звания чемпиона/ ... (V+mde)’;

- mivıda sıųaťaқemde/ gaқoťrebamde/ sasocarkveťamde/ ... (V+mde) – ‘(он) дошел до бедности/ банкротства/ отчаяния/ ... (V+mde)’;

возможны и варианты «вещественных» контекстов:

- gasxelebam miiqvana çqalı 100 gradusamde/ duųılamde/ aortklebamde/ ... (V+mde) – ‘нагревание довело воду до 100 градусов/ кипения/ испарения/ ... (V+mde)’.

2.3. «Процесс – как цель».

Естественной метафорой пространственного «места назначения», куда кто-то/ что-то «добирается» (блок 1), служит понятие «цели», которой, в частности, может являться выполнение некоторого процесса, его завершение, доведение до его логического конца:

- ašenebs saxls/ ksovs çindebs/ xaťavs surats/ ... gasaqıdad/ (tavıstvis) gamosaqeneblad/ gasartobad/ ... (V) – ‘(он (а)) строит дом/ вяжет носки/ рисует картинку/ ... на продажу/ для собственного пользования/ для развлечения (V)’.

Наряду с падежным суффиксом (-ad) в образовании этих форм участвует префикс -sa-, значение которого хотя и близко к понятию «цели», но вся же определено от него отличается:

asašenebeli saxlı

означает, во-первых, что «дом» не достроен и, во вторых, лишь подразумевает некоторую модальность, например, «желательность» или «необходимость» доведения его строительства до конца. Добавление падежного суффикса V(ad) придает этой форме однозначно определенное значение «цели»:

- višovet fuli/ masala/ naқveti/ ... saxlıs asašeneblad (V) – ‘(мы) добыли деньги/ материал/ участок/ ... для постройки дома/ для того, чтобы построить дом (V)’.

Как правило, этот «целевой» процесс связывается с процессом, состоянием, фактом, обеспечивающими возможность его выполнения: так, в последнем примере возможность «вести» и «завершить» постройку «дома» основывается на результатах процесса «добывания» (денег, материала, участка).

Приведем еще несколько высказываний с общей семантикой весьма отличной от предыдущих примеров, но подчиненных той же «целевой» схеме:

- meṣṭumra/ momaḳitxa mosalocad/ (raḡacis) satkmelad/ dasamšvidobblad/ saḥxubrad/ ... (V) – ‘(он) зашел ко мне/ навестил меня для того, чтобы поздравить/ (что-то) сообщить/ попрощаться/ поспориться/ ... (V)’;

- miḡdivar sazḡvargaret samušaod/ sasḥavleblad/ dasasvenebblad/ ... (V) – ‘(Я) еду за границу работать/ учиться/ отдыхать/ ... (V)’.

Обходя здесь сложный вопрос квази-синонимии V и форм родительного падежа (g) с послелогом tvis (‘для’), все же отметим, что только эта последняя форма возможна для выражения «цели» являющейся «адресатом» конечного результата процесса:

- saxli (a)ṣendeba viḡacisṭvis (g + tvis) – ‘дом (по) строится для кого-то (g + tvis)’;

с другой стороны, можно указать и то, что в контекстах вроде последнего примера замена V на g + tvis часто приводит, к, хотя и правильным, но стилистически «неуклюжим» выражениям:

- miḡdivar mušaobistvis/ ṣavlistvis/ dasvenebistvis (g + tvis) – ‘(Я) еду для работы/ учебы/ отдыха (g + tvis)’.

2.4. «Характеристики процесса».

Значения блока 2, 3 рассматривались, как непосредственно вытекающие из пространственных значений блока 1, однако связь блока 4 с доминирующим над ним блоком 3 представляет собой отношение иного рода: быть «целью» это лишь частный, хотя и весьма важный для случая V, вариант характеристики процесса, а блок 4 является обобщением этого частного случая, доминирующим над остальными характеристиками процесса, выраженным посредством V (блока 4а-е).

В то же время значения блоков 4а, с, d, а вместе с ними и блока 4b, можно рассматривать и как развитие семантики блока 2 с заменой в его формулировке «кем-то/ чем-то» на «быть каким-то», последний же в ряду этих блоков (4е), развивая общее понятия «цели», составляет ему частный случай ее «достижения – деление на части» - в качестве «результата».

2.4а. «Качество (процесса)».

Значения V этого блока являются наиболее прямыми и очевидными «наследниками» семантики блока 2. Эти наиболее употребительные формы V представляют собой дериваты прилагательных, обстоятельственный падеж которых выполняет функции наречия, т.е. определение процесса, выраженного глаголом:

- ḳargad/ cudad/ brḳqinvalad/ sazizḡrad/ ... (V) (raḡacas) aḳetebis/ mḡeris/ seḳvavs/ ikceva/ ... – ‘(он) хорошо/ плохо/ блестяще/ отвратительно/ ... (V) (что-то) делает/ поет/ танцует/ ведет себя/ ...’.

2.4б. «Мера качества».

Продолжая еще на один шаг обобщение, семантика этого блока соответствует «количественным» характеристикам «качества», указывая на степень этого «качества», выраженного, как правило, прилагательными:

- meḡad/ naḳlebad/ ... (V) ḳargi/ cudi/ ... – ‘более/ менее/ ... (V) хороший/ плохой’;

- saḳmaod/ meḡnaḳlebad/ (meḡis)meḡad/ ḳarbad/ ... (V) ḳḳviani/ suleli/ ... – ‘довольно/ более или менее/ чрезвычайно/ слишком/ ... (V) умный/ глупый’;

- usazḡvrod/ uzomod/ usasrulod/ uḳiduresad/ ... (V) didi/ farto/ grzeli/ ... – ‘безгранично/ безмерно/ бесконечно/ предельно/ ... (V) большой/ широкий/ длинный/...’;

- ṣeudareblad (V) uḳetesi/ uaresi – ‘несравненно (V) лучший/худший’.

- ḳigni/ ḳekmebi viḳide tumnad (V) – ‘(Я) купил книгу/ сапоги за червонец (V)’.

В последнем примере цена (tumnad - ‘за червонец’) должна коррелировать со степенью качества («сорта») товара.

2.4с. «Время».

Этот и следующие за ним (4d, e) блоки принадлежат к ряду, непосредственно подчиненному блоку 4 и характеризующему с той или иной точки зрения «процесса». Семантика данного (4с) блока соотносит выполнение процесса с некоторыми деталями течения времени. В частности, в случае процесса, состоящего из ряда последовательных актов, формы V могут определять позицию каждого акта в этой временной последовательности:

- (çem çinadadebaze) pirvelad (V) uari mitxra, meored (V) damtanxmda, mesamed (V) isev uari, da ase gautaveblad (V), tumca sabolood (V) mainc damtanxmda/ mitxra uari – ‘(на мое предложение) в первый раз (V) (он) ответил отказом, во второй раз (V) согласием, в третий (V) – опять отказом, и так без конца (V), но в конце концов (V) согласился/ отказался’.

- ‘pirvelad iqo siṭqva/ simṭera ...’ – ‘вначале был (о/а) слово/ песня...’.

Формы V могут определять и ориентацию единого процесса относительно некоторого момента времени:

- mobrṣanda naadrevad/ droulad/ udrood (V) – ‘(он) заявился раньше времени/ вовремя/ несвоевременно (V)’;

- ṣvelad (V) ambobdnen, rom ... – ‘в старину (V) говорили, что ...’;

- vamzadebt/ vinaxavt/ vgegnavt/ ... (raṭacas) sagazafxulod/ sazafxulod/ saṣemodgomod/ saaxaḷçlod/ saṣobaod/ ... (V) – ‘(мы) готовым/ храним/ планируем/ ... (что-то) на весну/ лето/ осень/ новый год/ рождество/ ... (V)’.

Наречия V могут выражать и одновременность действий:

- ertad/ ertdroulad (V) gamoçndnen scenaze da (a/i)mavdroulad (V) ikuxa maquireblebis ṭaṣma – ‘(они) одновременно/ вместе (V) появились на сцене и в (э)то же время (V) грянули аплодисменты зрителей’.

2.4d. «Обоснование».

Если «время» по сравнению с «качеством» представляется характеристикой более отстраненной от самого процесса, которого они касаются, то в еще большей степени это свойственно «обоснованию» и «оценке», которые «автор» высказывания придает тем или иным действиям, событиям, фактам. Эти «авторские соображения» чаще всего выражаются формами V:

- savaraudod/ fakṭobrivad/ namdvilad/ çeṣmariṭad/ aucileblad/ ... (V) es ase – ‘предположительно/ фактически/ действительно/ истинно/ необходимо/ ... (V) это так’.

Использование некоторых предыдущих высказываний, данных в качестве основания для дальнейших рассуждений, может выражаться посредством:

- amgvarad/ amdenad/ imdenad, ramdenadac (es ase)/ ... (V) ṣeiṣleba (sabolood) davaskvnat, rom ... – ‘таким образом/ постольку/ постольку, поскольку (это так)/ ... (V) можно/ в конце концов (V) сделать вывод, что ...’.

Формы V могут служить «указанием» и на исходные положения или факты позволяющие делать «выводы», упомянутые в предыдущем примере:

- miviṭot/ çavtvalot/ miviçniot/ ... amosaval/ saqrden çerṭilad/ punkṭad/ debulebad/ mosazrebad/ ... (V) is, rom ... – ‘примем/ сочтем/ ... за исходн(ую/ый/ое)/ опорн(ую/ый/ое) точку/ пункт/ положение/ соображение/ ... (V) то, что ...’.

2.4e. «Результат – деление на части».

Значения этого блока характеризует уже не столько сам процесс, сколько его результат, а именно тот его частный случай, который выражается в разделении некоторого «целого» объекта или множества объектов на определенное или неопределенное количество частей. Однако, не касаясь деталей развития самого процесса, данные о его «цели» и «результатах» содержат важнейшую информацию об общем смысле выполнения данного процесса. В рассматриваемом здесь случае эта информация может быть выражена высказываниями существенным компонентом которых являются формы V:

- daçra ksovili/ kaṭaldi zolebad/ naçrebad (V) – ‘(он) нарезал ткань/ бумагу на полосы/ куски (V)’;

- daxerxa ṭoṭi/ ṣoxi moḷe naçrebad (V) – ‘(он) напилит ветку/ палку на короткие куски (V)’;

- dafxriça/ dagliṣa raṭaca nagleṣebad (V) – ‘(он) разорвал/ разодрал что-то в клочья (V)’;

- daaro mori nafoṭebad (V) – ‘(он) наколол полено на щепки (V)’.

Формы V могут указывать не только названия частей, на которые разделилось «целое», но и количество этих частей:

- daçra toḷi orad/ samad/ ... (V) – ‘(он) разрезал веревку надвое/ на трое/ ... (V)’;

- mat gaqves nadavli/ fuli/ ... sapaxevrod/ tanabrad (V) – ‘они поделили добычу/ деньги пополам/ поровну (V)’;

- titoeuls ergo meoredi/ mesamedi/ ... (V) – ‘каждому досталось половина, треть ... (V)’.

Завершая рассмотрение этих двух наиболее «периферийных» грузинских падежей, никогда не адресуемых непосредственно глагольными аффиксами, отметим, что данная работа представляется лишь небольшим продвижением по направлению к созданию общей схемы семантики грузинской падежной системы, «приоритетными» членами которой являются повествовательный (motxrobiti), именительный (saxelobiti) и дательный (micemiti) падежи, оформляющие актанты «центральной» (core) конструкции простого предложения. Исходным

материалом для систематизации значений этих трех падежей могут служить наброски ролевой структуры центральной конструкции, содержащиеся в Чикоидзе 2010, 2010а. В сочетании попыткой анализа семантики родительного падежа (Chikoidze 2003) и предполагаемой структуры семантики грузинских послелогов предложенной в Чикоидзе 2010. Эти опыты могут послужить основой и стимулом для создания единой схемы ролевой структуры грузинского предложения и определения ее непосредственного (без промежуточного уровня поверхностного синтаксиса) отношения к морфологическому уровню (Amirezashvili et al. 2009).

ორი ქართული ბრუნვის (მოქმედებითისა და ვითარებითის) სემანტიკა

ე. დოკვაძე, გ. ჩიკოიძე

რეზიუმე

ორივე ბრუნვის სემანტიკური სტრუქტურა ასახულია ხისებრი სქემების საშუალებით (ნახ. 1, 2); ორივე შემთხვევაში საწყის (“ძირეულ”) პუნქტად მიხნეულია სივრცობრივი მნიშვნელობები: მოქმედებითის შემთხვევაში ესაა ორი ობიექტის “თანხლების” ცნება, ვითარებითის სქემა კი იწყება სივრცეში რაღაც ადგილის, პოზიციის “მიღწევის” მნიშვნელობით; მათგან პირველის სემანტიკური ველის ცენტრალურ არეს ასახსიათებს “ინსტრუმენტის” და “მიზეზის” მნიშვნელობები, მეორეს კი – “მიზნის”.

**СЕМАНТИКА ДВУХ ГРУЗИНСКИХ ПАДЕЖЕЙ: ТВОРИТЕЛЬНОГО И
ОБСТОЯТЕЛЬСТВЕННОГО**

Е. ДОКВАДЗЕ, Г. ЧИКОИДЗЕ

Резюме

Структура семантики обоих падежей представлена «древообразными» схемами (Рис.1, 2); исходные значения в обоих случаях имеют пространственно-вещественный характер: для творительного исходным является «сопутствие» объектов друг другу, а для обстоятельственного – «достижение» некоторого места в пространстве; центральная область семантического поля первого из них представлена понятиями «инструмента» и «причины», а второго – значением «цели».

**THE SEMANTICS OF TWO GEORGIAN CASES: INSTRUMENTAL AND
CIRCUMSTANTIAL**

E. DOKVADZE, G. CHIKOIDZE

Summary

Semantic structures of both cases are represented by “tree” schemes (Fig.1, 2); both schemes begin by spatial meanings: the former – by concepts of the “attendance” of one object to the other, the latter – by meaning “to reach” some place in the space; the central area of the former are concepts of “instrument” and of the “cause”, while the center of the latter is represented by meaning of the “aim”.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

- Чикоидзе 2010. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Институт Систем Управления им. А. Элиашвили, Ред. Б. Имнадзе, Тбилиси.
- Чикоидзе 2010а. «Цепочка действий» грузинской глагольной супер-парадигмы. Сборник трудов Института Систем Управления А. Элиашвили, №14, Тбилиси.
- Chikoidze 2003. The Semantics of Georgian genitive case. Proceedings of the 5th Tbilisi International Symposium on Language, Logic and Computation, Eds. D. de Jongh et al.
- Chikoidze 2007. The Marking of Verb Actant Relations in Georgian. Proceedings of 6th International Tbilisi Symposium on Logic, Language and Computation, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- N. Amirezashvili et al 2009. Co-author: G. Chikoidze. Syntactic interface for the “Core” of Georgian simple sentences. Works. Application Appendix to the Journal “Newsletters” (“Moambe”) of Academie of education Sciences of Georgia, Tbilisi.

GEORGIAN “ANCESTORS” OF THE LOGICAL IMPLICATION

G. CHIKOÏDZE, N. AMIREZASHVILI, N. JAVASHVILI

gogichikoidze@yahoo.com, ninomaskh@yahoo.com, ninojavashvili@yahoo.com

The lion share of mental (philosophical, logical) concepts has its origin in the natural language - “body of thinking”. The most important of those concepts should have their origin in all languages, though with some possible additional nuances which make them more understandable and near for usual users of this language. Particularly, a short review of Georgian conjunctions with semantics corresponding to the logical implication will be given here.

The present work is only an “experiment” of the system approach to intrinsically units and an “attempt” of their systematization on the basis of their semantic organization. These “experiment” and “attempts” are tested only on separate classes of these units and can't be considered as an exhaustive examination of fullness of all language classes.

Coordinative conjunctions (*da* ‘and’, *an* ‘or’ and their quasi-synonyms), and also group of the conjunctions attaching subordinated clause of a condition, reason, cause are considered only. This set can be correlated (rather approximately) with the set conjunctive, disjunctive and implicative connectives of formal logic.

The conjunction *da* ‘and’ as *an* ‘or’ unites homogeneous members of the sentence, i.e. the groups of words having the identical syntactic status (predicate, subject, object, attribute etc.). However in the frame of this quite strict syntactic restrictions operate less categorical pragmatic-semantic assessments making this or that combination of homogeneous members quite natural, acceptable, inconvenient, possible only in some specific contexts, ridiculous or, at last, in general impossible, or rather admissible only in the most unusual and improbable context demanding special reservations.

Examples of such, almost absurd, impossible statements in “the ordinary” situation, containing *da* ‘and’, can be:

otaxši idga dabali yaxtı da mayali, şancerceşa gogo - ‘There were a low ottoman and a tall, slender girl in the room’,

... *grşeli cxvirit da moşle řabit* - ‘... with a long nose and in a short dress’.

As the justification of the general context of these phrases we can consider them ironical, poetical or even fantastical.

These examples, particularly, also demonstrate that the coincidence of spacetime characteristics of the members of the sentence which are united by this conjunction isn't necessary for using of *da* ‘and’. It is necessary or at least it is rather desirable their belonging to the common category of objects of characteristics or processes. So, in the first case to “ottoman” could “join” a drawer, a dresser, chairs, a table and etc., to a “girl” very naturally – a “guy”; in the second, with “a long nose” could be mentioned “pale cheeks” or “blue eyes”, and in connection with “a short skirt” – “high boots” and etc.

In case of the homogeneous verbs expressing a number of actions, which are simultaneously carried out by the same subject appears the additional requirement of compatibility of these actions, i.e. possibilities of their simultaneous, parallel performance:

ceşvavda da myeroda – He was dancing and singing,

ceşvavda da rayacas yeşavda – He was dancing, something chewing,

myeroda da rayacas yeşavda – He was singing, something chewing.

Unlike the first pair of actions (not too easy, but nevertheless feasible), the second is obviously inconvenient, and the third – is almost impossible.

In a context of simultaneous actions *da* ‘and’ has got preposition *tan* ‘together with’ and particles *şide* ‘as well’ in a combination with particles *-c* and *-ve* as quasisynonyms, which additionally emphasize this simultaneity.

tan(ac) ceşvavda, tan(ac) myeroda – (He) was dancing and singing (at the same time),

şide(va)c myeroda, şide(va)c ceşvavda – (He) was singing and dancing (at the same time),

ceşvavda da şide(va)c myeroda – (He) was dancing and singing as well.

The same preposition *tan* ‘together (with that)’ and the same particles *-c, -ve* are used in various combinations and with other homogeneous parts of speech:

lamazicaa da řetilic – ‘(She) is both pretty and kind’,

lamazicaa da tanac ketili – ‘(She) is pretty and kind (at the same time)’,
isic movida da esec – ‘That one came and this one came too’,
is movida kidec da esec – ‘That one came and this one came as well’.

It is possible to consider as the nearest step of development of time structure transition from simultaneity to sequence of events:

isini xan myerodnen, xan ceqvavdnen, xan ki isev sufras miusxdebodnen – They went on singing or dancing or sat at the table again.

xan es gamočndeboda/aqvirdeboda, xan is – At one moment he appeared/shouted, then other one did.
es ksovili xan muki čans, xan mbzinavi, xan nacrisferi, xan (ki) momcvano – This material now seems dark, now shining, now sulfur, now greenish’.

In the first case actions of the same group of persons alternate, in the second – persons of the same actions, and in the third – characteristics of the same object.

Compatibility of characteristics of the same object (“material” can't be “clever/silly” or “tall/short”) is most limited.

Thus, the course of consideration of meanings of the conjunction *da* ‘and’, which began with space-time coincidence of objects, with their characteristics and actions, then was switched to cases of their periodic repeatability, recurrence of their occurrence and as a result has addressed to sequence of the actions. However the conjunction *da* ‘and’ itself and in these last cases expresses only the general aspect of following (time and/or logic), without reflecting specificity of relations between separate stages of sequence: it implicitly comes only from relation of content of these consecutive stages. Explicit expression of meanings of these relations is given by such conjunctions as *tu* ‘if’, *radganac* ‘as’, *imiṭom, rom...* ‘because...’ and etc.

As starting point it is used the usual conditional sentence with the conjunction *tu* (‘if’):

fuls tu išovis, mankanas iqidis – If (he) gets money, he'll buy a car. (1)

Its quasi-synonymous variants differ from each other, first of all, by increasing of an accent on the importance of this connection, desirability/ necessity of its realization (in pragmatic context of the given situation). Expressions, close to (1) by meaning, can be formed by means of the conjunctions *roca/rodīs* ‘when’, *rom* ‘when/so that’, *da* ‘and’ sometimes in combination with a particle -c, which increase the accent on this connection and on the importance of its result:

fuls rodesac/roca/rom išovis, mankanas(ac) iqidis – When (he) gets money, he'll buy a car. (2)

(The conjunctions *rodesac/roca*, unlike *rom*, can stand at the beginning of the sentence: *rodesac/roca fuls išovis...*);

(imistvis) rom mankana iqidos, fuli unda išovos – To buy the car, (he) should get money. (3)

(Here appears inversion of the condition and the result);

fuls(ac) išovis da mankanas(ac) iqidis – (He) will get money and buy a car as well. (4)

Unlike complete uncertainty of possibility and probability of realization of a condition of the "etalon" clause (1), the following example (2) considers this possibility, most likely real, leaving indefinitely only term of this future realization. The clause (3) approaches the condition (“getting of money”) to the status of necessity for result (“car acquisition”), unusual for (1) (actually the car can be bought by instalments: you can “buy” first, and then “get money” to pay debt). Most “optimistic” looks (4) which (especially in a combination with a particle-c) quite definitely confirm that both conditions and result will be performed.

Despite of these distinctive nuances, meaning of the most general and neutral clause (1) is presented in the content of other examples (2-4), representing their basis to which they implicitly are addressed.

This implicit basis is implied even more in examples (5), (5'), first of which uses the fact of realization of a condition as the basis for the assumption of result realization, and the second, inverting (1), offers realization of result by a sign of possible satisfaction of conditions:

vinaidan/radgan(ac)/raḳi fuli išova, (eṭqoba/albat) mankanas(ac) iqidis – So as/because (he) got money, (it seems/ probable) he will buy a car', (5)

vinaidan/radgan(ac)/raḳi mankana iqida, (eṭqoba/albat) fuli ušovia – So as/because (he) bought a car, (it seems / probably) he got money as well' (5')

Without implicit-pragmatic knowledge (1) conclusions (5), (5') would be deprived any sense. On the other hand, yet not reached, but “the desired” result can be the cause (but not the reason or the basis) for orientation to realize a condition which can be presented by one more inversion (1):

mankanis qidva tu unda mankana rom iqidos, fuli unda išovos – If (he) wants/to buy a car (he) needs to get money’. (6)

The desire to buy the car is only a cause to aspiration “to get money” which, firstly, can have other stimulus, and, secondly, it may not be a necessary condition of the final result of the “purchase”, just “to become the owner of the car” as this result can be reached, generally speaking, by realization other conditions: the car can be received as a gift, won on a lottery or even stolen from someone...

In its turn, the chain of the facts can lead to this cause “to become the owner of the car” which is connected by cause-effect relations, expressed by means of the conjunction *gamo* ‘because of’ and *šedegad* ‘as a result’:

mas gadasasvleze mankana daežaxa, ris gamo(c) fexi dauzianda, ris šedegad(ac) daqoğda da ris gamo(c) fexit siaruli gauğrda – At the crossing way (he) was struck by the car as a result his foot got injured as a result he became lame as a result it was hard for him to walk. (7)

Last link of a chain (7) could serve as direct “push” to “aspirations to car acquisition”. At the same time this last link is only “occasion” to this cause as its purpose isn't exclusive and necessary solution of a problem at all. However, if this occasion is initiated by a chain (7) then it will give sensibility and relevance to all set of the previous examples (1-6) immediately.

If we refuse to allocate the separate links of a cause-effect Chain (7), it is possible to avoid “awkwardness” of the statement (7) by means of the same conjunctions:

makanastan šežaxebis gamo/šedegad fexi ise dauzianda, rom daqoğda da žlivi dadis – ‘Because of crash with a car he damaged his foot so that he became lame and hardly walks’.

It is possible to do it with only one conjunction *da* ‘and’:

makanastan šežaxebam daaqoğda da žlivi dadis – ‘Crash with a car made him lame and now he hardly walks’.

However in the latter case the conjunction *da* ‘and’ defines, as usual only sequence of events, leaving expression of specific communication specific between them on a share of pragmatic knowledge: car crash can cause foot trauma, foot trauma – lameness which itself, makes walk difficult.

Unlike this implicative conjunctions, according to the examples mentioned above, definitely correlate with specificity of the connections marked by them between events. In general, this distribution of meanings between implicative conjunctions may be presented as follows:

1.1. *tu* ‘if’ – expresses the most general, neutral connection between a condition and (possible) result of its implementation; being focused on the uncertain future this connection looks like a plan, the scheme, the sample for the future events, without hinting at possibility/probability of their realization;

1.2. *roca/rodes(ac)* ‘when’ – expresses some “hope” of implementation of a condition and some confidence that it will be followed by result realization;

1.3. (*imistvis*) *rom* ‘(for) that’ – emphasizes necessity of connection and consequently requires modal units – *unda* ‘must be’, *sağroa* ‘it is needed’, *aucilebelia* ‘it is necessary’...;

2. *vinaidan/radganac/raki* ‘because/so as/even so’ – a conclusion about possibility of implementation of a condition/result, proceeding from already realized result/condition;

3. (*imis*) *gamo/šedegad* ‘that is why/in result (of it)’ – the cause-effect connection between the events the example of which will be presented below.

All the above considered examples use implicative conjunctions and rely on conjectural character of realization of component implication: condition and result. Even in case of examples (5), (5') only one of them is assumed to be realized. It is a basis for the assumption of possible realization of its “partner”. Below will be considered marking by the conjunctions of the statements which come from the assumption of presence of certain information about current event status, forming their meaning: if it has been carried out its realization, i.e. in terms of formal logic – whether the components of the statement expressing these events are “true” or “false”.

As starting point and basis of the further consideration of the expression marked by linking word – the conjunction *tu* ‘if’ will serve again:

Tu C, (mašin) R – ‘if C, (then) R’ (8)

(it is obvious, what means this implication of logic symbols: $X \rightarrow Y$, or using symbols (8): C(ondition) \rightarrow R(esult)). As an illustrative material, in this part of section, we will use more simple and evident example:

micisvra tu moxda/moxdeba, es šenoba daingreva – ‘If there is an earthquake, this building will collapse’, (9)

i.e. here C “earthquake”, and R “building collapse”. Denoting cases of realization of these events by their own symbols (C, R), and opposite variants of absence of this realization by adding of prefix “~” (~C, ~R), we will get symbolic for all four possible combinations by which the text parts will be marked. Thus the first pair of points corresponds to combinations with the implemented condition (C), and the second – with unimplemented (~C). The combination is symbolized also by a usual logic sign of conjunction – &.

C&R

This situation can be expressed by statements:

micisvra(c) moxda da šenoba(c) daingra – ‘(Both) earthquake happened and the building collapsed’,
micisvra moxda da amis gamo/šedegad šenoba daingra – ‘There was an earthquake and that’s why/as a result of it the building collapsed’.
šenoba daingra micisvra gamo/šedegad – ‘The Building has collapsed because/as a result of earthquake’,
micisvram daangria šenoba – ‘Earthquake has destroyed the building’ (10)

The first of these examples expresses simultaneity or time sequence R with C by conjunction *da* ‘and’ only on the background of the conditional statement (9) can be considered as a cause-effect expression of connection between these events C and R. At the same time it is a special case confirming and justifying this general scheme, carrying out function of its particular realization, i.e. doing it “true” from the logic point of view.

All the same can be repeated concerning other three examples (10) the only difference is that in these cases language means explicitly express existence of cause-effect connection between C and R: in the second and third examples – by means of the conjunction *gamo* ‘because of’ and *šedegad* ‘as a result’, and in last, fourth case determining C (“earthquake”) as an agent (Ag), influencing object O (“building”) and bringing it in condition R (“destructions”).

C&~R

Language connectors in this case explicitly express the contradiction of the general implication (9) by conjunctions and particles: *magram* ‘but’, *tumca* ‘though’, *miuxedavad* ‘despite’, *mainc* ‘nevertheless’, *ki* ‘as well’, *-c* ‘and’:

micisvra (ki) iqo, magram šenoba ar daingra/dangreula – ‘There was an earthquake, but the building didn’t collapse’,
micisvra tumca moxda, (magram) šenoba (ki) (mainc) ar daingra/dangreula – ‘There was an earthquake though (but/however) (the building (nevertheless) didn’t collapse’,
miuxedavad micisvra šenoba (mainc) ar daingra/dangreula – ‘Despite the earthquake, a building didn’t collapse’,
micisvra moxda, šenoba (ki) (mainc) ar daingra/dangreula – ‘However earthquake happened, the building didn’t collapse’, (11)

All these expressions deny, and call the general implication into question (9), declaring that it is “not true” at least in this special case; less “critical” and “categorical” conclusion can be made. If we realize that the general conditional scheme offered (9), actually, doesn’t define connection between C and R as “unconditional”, not dependent on a number attendant factors: the building initial condition, its orientation relatively to the epicentre, power of the earthquake (magnitude according to the Richter scale) etc.

It is significant the absence of expression with the conjunction *da* ‘and’ in these examples, which besides a simultaneity or time sequence, contains nuance of coordination, harmony between elements connected by it, this contradicts relation between C and R on the background of the general statement (9).

~C&R

One more contradictory situation also criticizing (9), however from a bit different position: according to this contradiction C isn’t necessary condition for R which can be carried out without it by any other reason:

micisvra ar qofila, magram šenoba (mainc/ki) daingra/dangreula – ‘There was not an earthquake but yet the building collapsed’,

tumca/miuxedavad imisa, rom micis̄vra ar qofila, řenoba (mainc) daingra/dangreula – ‘Though/in spite of the fact that it was an earthquake, the building has collapsed’,
micis̄vra ar qofila, řenoba ři (mainc) daingra/dangreula – ‘There wasn't an earthquake but yet the building collapsed’ (12)

Here it is remarkable repeatability of all language means of connections in the previous case, showing their general orientation on the contradiction between C and R (on the background (9)), and not on its particular variants (R&~C or ~R&C).

~C&~R

This situation restores, however negative, but still “harmony” between C and R: both events seem to be failed:

arc micis̄vra ar moxda/momxdara, (da) arc řenoba ar daingra/dangreula – ‘There was neither an earthquake nor the building was destroyed’,
vinaidan/radgan (ac)/raki micis̄vra ar qofila, arc řenoba ar dangreula – ‘As there was no earthquake the building wasn't collapsed either’,
imis cqalobit, rom micis̄vra ar momxdara, řenoba ar dangreula – ‘Due to that there was no earthquake, the building did not destroy’ (13)

These statements don't contradict the general implicative scheme (9) at all. Moreover, their sensibility completely depends on this general statement as they, as a matter of fact, inform that due to absence of C (It hasn't been an earthquake “the threat” has been avoided) which contains (9), i.e. conditions of R (to be destroyed). At last, it is possible to assume that (13) contains a weak hint on necessity of C for occurrence of condition R: R isn't without C.

Only on the background of (9) the character of correlation of events C and R which are connected by the conjunction *da* ‘and’ gets clear and the statement addressed to ~C (“There wasn't an earthquake”) becomes quite reasonable as to the cause, the reason, the basis due to that didn't take place R (“the building didn't destroy”).

Examples of particular combinations of meanings of (not) implemented C and R, on the one hand, didn't require strict necessity of following R from C, and, on the other hand, they appear “obliged” to this scheme with their sensibility regardless of whether, they contradict this scheme or support and confirm it.

The combination of meanings of all examples (1-13) suggests that real (pragmatic) meaning of general-implicative (conditional) statements (1-9) is only the assumption of possibility/probability of occurrence R as a result of implementation of C, and, generally speaking, C may not be only (necessary) cause or reason of realization R. The level of probability of realization of this C→R dependence can rely on many factors characterizing these events, but not mentioned in its verbal formulation (in case of the last examples – parameters of earthquake and a building condition). At the same time, this “ignoring” of particular details transforms all examples considered above and, first of all, implication (1-9) into the general utterance, common without these details specifying a situation (pragmatic, encyclopedic, technical, every day) they can be a subject of the further (not language) analysis.

Let's notice, that application of rather convenient symbolic of formal logic in the context doesn't mean identity of language meanings and their formally corresponding logic statements at all. The abstract meanings of the latter (at least on the level of calculation of statements) are meanings “true”/“false”, they differ from the meanings of language expressions. The concretization of this general scheme given by examples (10-13) is based first of all on concept implementation/unimplementation of their components (C, R). The Same can we say about examples (10,11), first of which corresponds to a special case of realization of the general scheme (9), i.e. it makes “true”, and the second, on the contrary, points to mismatch between the concrete case (11) and the general scheme (9), accuses it of being “false” for the given situation.

However in case of last pair of examples (12, 13) scheme (9) in general stops being relevant to define significance (but not meaning) of these expressions, on the one hand, and doesn't depend on their “true” meanings at all as its basic common content dependence of implementation (“true”/“false”) R from the realized condition (C), and in this latter pair of examples according to C definition is not realized. And this “irrelevance” (9) for (12,13), in return, doesn't associate in any way with meaning “true”, which is attributed to an implication of formal logic in case if C is “false” regardless of whatever R means.

It is characteristic that this arbitrariness of choice R is ignored also by the base operator of programming languages:

if C then R1 else R2,

in which unimplementation of C (“false”) control goes to the operator R2.

The conjunction *magram* ‘but’, focused on the contradiction of implication *tumca* ‘though’ in combination with particles *ki* ‘as well’, *mainc* ‘nevertheless’ mark in certain contexts the connection between homogeneous parts of the sentence as well. This analogy between contexts of implication and homogeneous members, apparently, can be explained by that: the previous homogeneous members semantically limit the choice of the subsequent ones in certain degree; this restriction is peculiar presumable (as well as in case of implication) “condition”, demanding a choice of the subsequent member from some limited (as a rule, rather indistinct) semantic class of units.

If we accept this scheme, it will be obvious that “condition” (C’), i.e. presence of the previous member which demands some requirements to the subsequent, always will be implemented and as a result for the context of homogeneous members only two variants of realization of special case analogy of the general implicative schemes are possible.

C’→R’ and C’→~R’

The first corresponds to an example (10) and the second – (11).

The first version shows certain semantic and not just syntactic homogeneity of consecutive members which can be considered, apparently, as a special case (“figurative”) of meaning coincidence (in time/space) for which basic marker, is coordinative conjunction *da* ‘and’:

nino da sandro cavidnen saseirnod da kalakis dasatvarieleblad – ‘Nino and Sandro have gone to take a walk and see some sights of the city’,
gzad šexvdat lamazi, ŋancerceŋa da ŋargad čacmuli gogo, romelsac mohqavda moxucebuli ŋoŋi da naxevrad brma ŋaci – ‘On the way they met a beautiful, graceful and well dressed girl, who was walking with an old, lame and half blind man’. (14)

To underline semantic compatibility of these homogeneous members, counterexamples showing possibility of absence of such coordination and causing strangeness, absurd or even inadmissibility of linkage of such pairs by the conjunction *da* ‘and’ are given here:

sandro da ŋaŋa/nino da ŋaŋli cavidnen saseirnod... – ‘Sandro and a cat/Nino and a dog have gone for a walk...’,
nino seirnobis da sandros sŋinavs – ‘Nino is walks and Sandro is sleeping’, ... (*mat gadacqviŋes eseirnat da gamoeŋinat* – ‘(They) have decided to take a walk and sleep out’,
ŋoŋi da lamazi gogo/moxucebuli – ‘the lame and beautiful girl /old man’. (15)

At the same time, there are the language means returning to these combinations a normal, neutral form. So, “inequality” of human being and an animal can be reconciled by expressions like

is ŋaŋltan ertad cavida saseirnod – ‘he has gone for a walk with a dog’;

Distinction of participant actions character in the situation can explicitly be underlined by addition particle – conjunction *da* ‘and’, which makes this expression more acceptable:

sandro seirnobis (da) ninos ŋi sŋinavs – ‘Sandro is walking but Nino is sleeping’

The impossibility of a simultaneity for processes “walking” and “sleeping” can be expressed more clearly by the same *ki* ‘and’ in combination with preposition *ŋer* ‘first’ and mere ‘then’:

gadacqviŋes ŋer eseirnat da mere ŋi gamoeŋinat – ‘They have decided first to take a walk, and then sleep’;

At last, an evident contradiction of positive estimation of “lameness”, is ignored when it is connected with “beauty” by the conjunction *da* ‘and’, expressing coincidence of positions in time and spaces, “estimated” generality of homogeneous members as well: this distinction should be expressed by stronger oppositional conjunction *magram* ‘but’

ŋoŋi, magram lamazi – ‘lame, but beautiful’.

These restrictions have a character of not grammatical (syntactic) interdictions, but semantic preferences, can confirm an example of an emotional estimation of character of some object/subject:

ŋoŋic aris da lamazic, ŋetilic da boroŋic – ‘She is beautiful and lame, kind and malicious at the same time’.

As peculiar confirmation of a semantic role in the determination of its status of homogeneity can serve the absence of the general semantic component:

mas ecva axali tetri sadyesascaulo abreŋumis ŋaba – ‘She was wearing a new white festive silk dress’;

In this text all the four definitions belong to different semantic areas (time (“new”), colour (“white”), purpose (“festive”), the cloth (“silk”)) that are expressed in the text by absence of commas between these definitions and, more essentially, it is practically impossible to insert conjunction *da* ‘and’, between them, at least in a neutral context from the emotional point of view (“What a dress! new, and white, and...!”).

The second variant of the relation between the previous and subsequent homogeneous members (C' → ~R'), notes that just the language expression of this discrepancy, contradictions confirm with the greatest evidence analogy to the same particular variant of the general implication. Counter-examples (15) of variant (C' → ~R'), presented by samples of statements (14), demonstrate repetition of the language means used by statements (11), expressing the same variant of implication (C → ~R). Below there are some additional examples and notes, and the main attention is given to more difficult cases of homogeneous verbs. Examples are listed according to increasing of contradiction intensity, i.e. at first *ki* ‘and’, then *tumca* ‘though’, and at the end – *magram* ‘but’:

am sameuls friads davucer, danarčenebs ki ufro dabal nišnebs – ‘I will give “excellent” to these three (pupils) and to the rest – lower marks’,

tumca es țeksți satutad ševiscavle, mtavari azri mainc ver gamovițane – ‘Though I have studied this text diligently, I still can’t manage to reach to its main meaning’,

gogo ki momcons, magram mas tavad didad ar movconvar – ‘I like the girl but she herself doesn’t like me’,

am sabuts țarga xans vezebdi, qvela uțra amovkeke, ((magram/da mainc ver movțebne/bolos ki čems ubis țibeși aymovačine – ‘I had been looking for this document for a long time, I dug over all the boxes, (but/and) jet I couldn’t find / and eventually I discovered it in my breast pocket’,

šemosvlisas fexi țurbls camohķra, vardeboda, magram dacemas gadaurča, șemovida, gadmogvxeda, magram, ețqoba, mistvis sasurveli pirovneba čven șoris ver aymoačina da mțared amoioxra... – ‘While Entering he bumped into a threshold, he was just about to fall, but he avoided falling, entered, looked at us but, apparently, not having found the desired person among us, sighed heavily...’. (16)

The mentioned three of the conjunctions in most cases are replaceable to each other from the grammatical point of view, however, as a rule, with such replacement some pragmatic-semantic nuances are changed at the same time as well. So, for example, if more neutral variant of the first example containing the conjunction-particle *ki* ‘and’ is replaced by statement, which begins with *tumca* ‘though’, we will get:

tumca am sameuls friadi davucere, danarčenebs... – ‘Though I have given “excellent” to these three but to the rest...’,

it would be more appropriate, for example, in case when “I” wants to justify himself: “I have not given “excellent” to all of them”;

On the other hand, substitution of *ki* ‘and’ with *magram* ‘but’ will underline the opposition of “the selected triplet” honour pupils against other pupils.

In the second example *tumca* ‘though’ sounds as an attempt to justify himself: “though I did my best, but...”. In the third example the most intensive conjunction *magram* - ‘but’ expresses the fatal “contradiction” between feelings of “the guy” and “the girl”. In the fourth example the variant with *magram* ‘but’, corresponding to the “failure” of the attempt of finding a “document” (may be, rather significant), confronts amusing, “comical” variant of detection of this paper in own pocket, marked by essentially more “tender” conjunction *ki* ‘and’.

At last, “narration” of the fifth example is presented by the sequence of homogeneous verbs as a whole united by the conjunction *da* ‘and’, but containing two couples, each of which is connected by oppositional implicative *magram* ‘but’, points to the possibility of a combination of these (implicative and conjunctive) conjunctions within the frame of the common sequence of homogeneous members.

Similar examples for homogeneous definitions:

țaribi ki ar aris, ubralod țuncia – ‘(He) isn't poor, he is just mean’,

țuncia, tumca mdidaria – ‘He is mean, however he is rich’,

mdidaria, magram usindisod gamdidrebuli – ‘He is rich, but he became rich dishonestly’. (17)

In the end we express the assumption that the set of the examples given here with sufficient evidence supports a hypothesis about implicative character of connections between homogeneous members of the sentence.

In conclusion we underline once more that this work is oriented, in the first instance, on the semantics of the Georgian conjunctions, the general structure of which was given in [1] (To the best of our

GEORGIAN “ANCESTORS” OF THE LOGICAL IMPLICATION

knowledge, it was a first try to describe and structure this semantic domain). This work represents a try to make more obvious and understandable one of the central points of this description – implicative conjunctions.

Particularly, just for this aim are addressed the relations between NL and logic conjunctions: it is supposed that likeness and distinctions of them may serve as means for more distinctive structuring of semantic domain under consideration.

ლოგიკური იმპლიკაციის ქართული “წინაპრები”

ბ. ჩიკოიძე, ნ. ამირეზაშვილი, ნ. ჯავაშვილი

რეზიუმე

ძირითად აბსტრაქტულ ცნებათა უმრავლესობა ბუნებრივი ენებიდან მომდინარეობს. გასათვალისწინებელია, რომ კონცეპტმა “ჭეშმარიტი” არ უნდა დაკარგოს კავშირი პირველ წყაროსთან, რომლისგანაც ის განვითარდა. მეტად მნიშვნელოვანია ენაში დამკვიდრებული ზოგი ცნების შედარება იმ ენობრივი ერთეულების სემანტიკასთან, რომლებიც შეიძლება მის “წინაპრებად” იყოს მიჩნეული.

ნაშრომში ლოგიკური იმპლიკაციის მაგალითებზე განხილულია ამ კავშირების კერძო შემთხვევები და მათი სემანტიკური შესაბამისობები ქართულში.

განხილული ინგლისური განმარტებები გვიჩვენებს, რომ ლოგიკურ იმპლიკაციებსა და მათ შესაბამის ქართულ გრამატიკულ კავშირებს შორის თანაფარდობას ადგილი აქვს ბევრ სხვა ენაშიც.

GEORGIAN “ANCESTORS” OF THE LOGICAL IMPLICATION

G. CHIKOÏDZE, N. AMIREZASHVILI, N. JAVASHVILI

Summary

Many (if not all) essential abstractions have their roots in natural languages. Taking into account, that "true" abstract concept must not lose its connection with the bases, from which it is developed, it is quite important to compare the current state of some concepts with the semantics of language units, which can be considered as its "ancestors".

The paper considers the particular case of this general relation on the example of logical implication and its semantic correspondences in Georgian language.

However, given here English glosses show, that considered relations between logical implication and corresponding Georgian conjunctions take place in many other languages as well.

ГРУЗИНСКИЕ «ПРЕДКИ» ЛОГИЧЕСКОЙ ИМПЛИКАЦИИ

Г. ЧИКОИДЗЕ, Н. АМИРЕЗАШВИЛИ, Н. ДЖАВАШВИЛИ

Резюме

Источником логических абстрактных отношений является естественный язык. Надо учесть, что абстрактное понятие "истина" не должно потерять свою связь с базисом, из которого оно исходит. Довольно важно сравнить текущее состояние некоторого понятия с семантикой языковых единиц, которые можно рассматривать как его "предков".

Здесь рассматривается особый случай общего отношения, на примере логической импликации и ее семантических предшественников в грузинском языке.

Аналогичные отношения между логической и языковой семантиками должны характеризовать многие другие языки.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

Chikoidze G. The systematization of some meanings of language unite classes (monograph), "Inteleqti", Tbilisi, 2010.

**კომპიუტერული საკომუნიკაციო სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის
მოგზაარეპელთათვის**

ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე

l_lordkipanidze@yahoo.com

liasams@yahoo.com

ადამიანებს ვერბალური კომუნიკაციის უნარი ადრეულ ასაკში უყალიბდებათ. ეს პროცესი იმდენად ავტომატურია, რომ ჩვენ მასზე მცირე წარმოდგენა გვაქვს. ზეპირი მეტყველების წერილობითი სახით გამოხატვისას ვაცნობიერებთ, რომ შეტყობინება შედარებით მცირე ელემენტების საშუალებით არის კოდირებული.

ყოველ ქართულ ენაზე მოლაპარაკე ადამიანს წერილობითი სახით ნებისმიერი აზრის გამოხატვა 33 ასოს კომბინაციით შეუძლია. მეტყველების დეფექტის მქონე პირთათვის კი აუცილებელია დამატებითი ცოდნისა და უნარ-ჩვევების შექმნა იმისათვის, რომ მათ შესაძლებელი შეეძლოს შეტყობინების ჯერ სიტყვიერად, შემდეგ კი ანბანურად გადმოცემა შეძლონ. ალტერნატიული მეთოდების შესწავლის ამოცანა უფრო გაიოლდება, თუ პირველად განიხილება ენის ორგანიზაცია.

ადამიანები, რომლებსაც არ აქვთ ტრადიციული მეთოდებით წერისა და მეტყველების უნარი, ნორმალური კომუნიკაციისთვის დამატებითი სტრატეგიების ცოდნას საჭიროებენ, რაც გულისხმობს შეტყობინებების ან კოდების არჩევას შედარებით ნაკლები რაოდენობის ელემენტებისაგან. ეს ელემენტები გამოიყენება ცალ-ცალკე ან შერეულად, როგორც მოითხოვს შეტყობინებების მრავალფეროვნება. კომუნიკაცია დამყარებულია სიმბოლოთა ერთი ან რამდენიმე ტიპის არჩევანზე. ნათელია, რომ შეტყობინება წარმოდგენილი უნდა იყოს მსმენელისათვის გასაგები ფორმით.

დღეისათვის მსოფლიოში მრავალი ორგანიზაცია ცდილობს მკვეთრად დაქვეითებული სამეტყველო უნარებისა და სერიოზული კომუნიკაციური დარღვევების მქონე პირებისთვის დახმარების გაწევას და მათი ბუნებრივი დეფექტის კომპენსირებას. სპეციალური საჭიროების მქონე პირთათვის მრავალი კომპიუტერული სისტემაა შექმნილი, რომელთა გამოყენებაც შეუზღუდავად შეუძლიათ სხვადასხვა ასაკის სოციალური წრისა და ეროვნების ადამიანებებს. თუმცა თითოეულ მათგანს აუცილებლად ესაჭიროება დამხმარე ასისტენტი.

შემოთავაზებული საკომუნიკაციო კომპიუტერული სისტემა იქნება ვინდოუსის გარემოსთვის დამუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც სპეციალური საჭიროების მქონე ადამიანებს დაეხმარება სიმბოლოების გამოყენებით კომუნიკაციის დამყარებაში. სისტემა შედგენილი იქნება რამდენიმე დამოუკიდებელი პროგრამისაგან. თითოეულ მათგანს შეეძლება მიმართოს მრავალფეროვანი სიმბოლოების მონაცემთა ბაზებს. სისტემა გამოყენების თვალსაზრისით მოქნილი იქნება: მომხმარებლის უნარის ზრდასთან ერთად, მას თანდათან დაემატება სიმბოლოების ახალი კომპლექტი.

თითოეული სიმბოლო, გამოსახულება ან ფოტოსურათი, რომელიც შევა სისტემის მონაცემთა ბაზაში, დაკავშირებული იქნება უნიკალურ კონცეფციასთან (ცნებასთან) კონცეფციათა სპეციალურ სიაში. კონცეფციები კატეგორიების მიხედვით დალაგებული იქნება სტანდარტული კატეგორიების სტრუქტურებში. იგივე კონცეფციების სია და კატეგორიების სტრუქტურა გამოყენებული იქნება სიმბოლოების არჩევის ოფციაში. აგრეთვე, შესაძლებელი იქნება სისტემის მონაცემთა ბაზაში ერთი და იმავე კონცეფციის გახმოვანების დამატება, ვიდეოჩვენება და სხვა.

მომხმარებელს საშუალება ექნება იმუშაოს ე.წ. დოკუმენტის შემქმნელთან. ამ პროგრამის საშუალებით მომხმარებელს შეეძლება დაწეროს წერილები, ისტორიები, შეთხზას ლექსები. შეძლებს დოკუმენტის შენახვას, ხელმეორედ გამოძახებას და რედაქტირებას. დოკუმენტის შემქმნელ პროგრამას, მომხმარებლის მიერ არჩეული სიმბოლოდან გამომდინარე, შეეძლება დოკუმენტში დაამატოს სიტყვები, ფრაზები, გამოთქმები და შეადგინოს ტექსტი.

გარდა ამისა, გათვალისწინებული იქნება ლექსიკონის შემქმნელი და პერსონალური კომუნიკატორი. ლექსიკონის შემქმნელით მომხმარებელი შექმნის თავის ინდივიდუალურ ლექსიკონს, ხოლო პერსონალური კომუნიკატორი დაეხმარება მას თვითონ გამოთქვას სიტყვები სალაპარაკო ენაზე ნათლად და გარკვევით. პროგრამა სინთეზატორისა და სამუშაო დიაგრამაზე ასახული ჩანაწერის დახმარებით მომხმარებელს შეატყობინებს

რამდენად სწორად წარმოთქვა მან ესა თუ ის სიტყვა და მის გასწორებას შეეცდება ვარჯიშის გზით.

სისტემის რეალიზაცია მოხდება Visual C++ ობიექტურ-ორიენტირებული ენის გამოყენებით, ხოლო მონაცემთა ბაზად გამოყენებულ იქნება Microsoft SQL.

საკომუნიკაციო ენებად მოიაზრება შემდეგი სახის სიმბოლიკები და შესტები: შესტური ენა არის ბუნებრივი ენის ნაირსახეობა ყრუ და სმენადაქვეითებულებისათვის. ასეთი ადამიანები აზრის გადმოსაცემად იყენებენ ხელების მოძრაობას და სხვა შესტებს, ვინაიდან ისინი მოკლებულნი არიან კომუნიკაციის ვერბალურ საშუალებებს. მსოფლიოში გავრცელებულია 650-ზე მეტი შესტური ენა – ამერიკული - ASL (American Sign Language), ბრიტანული - BSL (British Sign Language), გერმანული შესტური ენა - GSL (German Sign Language) და სხვა. მათთან შედარებით, ქართული შესტური ენა ნაკლებადაა ყურადღების ცენტრში.

შესტური ენა, ისევე როგორც სხვა ენები, ეყრდნობა რამდენიმე გრამატიკულ დონეს, როგორცაა ლექსიკური, სინტაქსური და სემანტიკური დონე. მეცნიერთა უმეტესობა იყენებს ლექსიკურ დონეს, ვინაიდან, რიგ შემთხვევაში, მისი სტანდარტიზაცია უკვე განხორციელებულია მომხმარებელთა მოცემული არეალისთვის და ყველა შესტის მოძებნა შესაძლებელია ლექსიკონში. ქართული შესტური ენის დამუშავება განხორციელდება თითოეული ინდივიდუალური შესტისთვის. აქაც, ძირითადად, ყურადღების ცენტრში იქნება ლექსიკური დონე. ფორმირებული იქნება შესტური ენის დასურათებული მონაცემთა ბაზა, სადაც თითოეული შესტი შეეთანადება გარკვეულ ცნებას (კონცეპტს) და იქნება სიტყვის ან ფრაზის ანალოგი. ბაზაში ჩაიწერება თითოეული კონცეპტის განმარტება და მისი შესაბამისი შესტური ენის სიმბოლო ანუ ხელების შესტიკულაციის ფოტოასლი. მონაცემთა ბაზაში თითოეულ კონცეპტთან დაკავშირებული იქნება მისი გამომხატველი სიმბოლოების ყველა სინონიმი (იხ. სურ.1).



სურ.1. კონცეპტის კავშირი შესტური ენის სხვადასხვა სიმბოლოებთან.

ცნებების უფრო ზუსტად გადმოცემის მიზნით გამოიყენება შესტური ანბანი (დაქტილი). დაქტილი იხმარება განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც მეტყველების დროს გვინდა გამოვთქვათ საკუთარი სახელები, აბრევიატურა, ან ისეთი სიტყვა, რომელსაც არა აქვს ანალოგიური სიმბოლო შესტების ენაზე.

დაქტილი (ხელების ანბანი) არის ისეთი სპეციფიკური კომუნიკაციის საშუალება, რომლის აღქმა მხედველობით ხდება. სხვადასხვა ასო-ბგერის ასახვა ხდება ხელის მტევნის მოძრაობით: თითები თითქოსდა იმეორებენ ასოს მოხაზულობას.

დაქტილის ქართულ ანბანში იმდენივე ნიშანია, რამდენი ასოცაა ალფაბეტში - 33. დაქტილის ნიშნებით სიტყვების აწყოება იმგვარად ხდება, რომ მათი დახმარებით გამოითქმება წერილობითი ტექსტი.

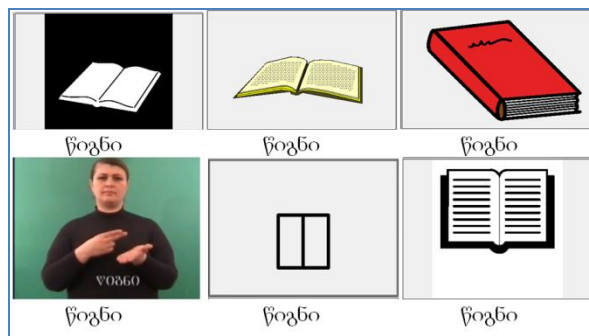
ბაზაში ჩაიწერება ქართული ასო-ბგერები და მათი შესაბამისი უესტის როგორც ფოტოასლი, ასევე ჩანახატი. გარდა ამისა, თითოეული კონცეპტისთვის შეივსება მისი წერილობითი გამოსატვის შესაბამისი ჩანაწერი დაქტილზე (იხ. სურ.1).

ბლის-სიმბოლიკა (ტერმინი მომდინარეობს სიმბოლიკის შემქმნელი მეცნიერის Charles K. Bliss გვარისგან) თავიდანვე ჩაფიქრებული იყო როგორც წერის იდეოგრაფიული სისტემა, რომელშიც თითოეულ კონცეპტს გარკვეული გრაფიკული გამოსახულება შეესაბამება. ბლის-სიმბოლოების საერთაშორისო ორგანიზაცია BCI (Blissymbolics Communication International) უზრუნველყოფს მათ გავრცელებას და მოხმარებას სპეციალური საჭიროების მქონე ადამიანებისთვის. განსაკუთრებით სასარგებლოა ბლის-სიმბოლოებით წერის ჩვევები იმ პირთათვის, ვისაც დარღვეული აქვს კომუნიკაციის დამყარების როგორც ვერბალური, ისე უესტური შესაძლებლობა. ბლის-სიმბოლოები განსხვავდება ყველა ცნობილი წერის სისტემისაგან. ბლის-სიმბოლოებით გამოსატული სიმბოლოების წარმოთქმა არ ეთანადება არც ერთ სალაპარაკო ენის სიტყვათა წარმოთქმას.

ამჟამად ბლის-სიმბოლოთა ენაში არის 500 საბაზისო (ავტორიზებული) სიმბოლო - ბლის-სიტყვა. ცნობილია თითოეული მათგანის სემანტიკა. ბლის-სიტყვებითა და მათი კომბინაციებით შესაძლებელია ნებისმიერი ცნების გამოსატვა და აგრეთვე წინადადებების შედგენა.

კომპიუტერული სისტემების სწრაფმა განვითარებამ და მონაცემთა ბაზების წარმოდგენის, შენახვისა და ორგანიზაციის ახალმა მეთოდებმა შესაძლებელი გახდა უესტური ენის ვიდუო-ჩანაწერების გაციფრება. პრაქტიკული თვალსაზრისით უესტური ენის ვიდუო-ჩანაწერით სწავლება უფრო ეფექტურია, რადგანაც ინფორმაციის გადაცემა ხდება უესტური ენის არა სტატიკური გზით, არამედ მოძრაობაში და ამასთან ერთად არტიკულაციითაც.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული საკომუნიკაციო სისტემის უესტური ენის ლექსიკონის ბირთვი იქნება კონცეპტების (ცნებების) მონაცემთა ბაზა. ჩამოთვლილი სამუშაოების პარალელურად მოხდება კონცეპტების კლასიფიცირება და გაერთიანება ადამიანის ყოფითი მდგომარეობის (სიტუაციის) ამსახველ სხვადასხვა კატეგორიებსა და ქვეკატეგორიებს. კატეგორიები იქნება, მაგალითად: მოქმედება; ტანსაცმელი; პირადი ნივთები; აღწერა; საკვები; ავად ყოფნა; ბუნება; რელიგია და მრავალი სხვა. მაგალითად, საკვების ქვეკატეგორიები შეიძლება იყოს: ცხოველური წარმოშობის პროდუქტები; პურეული; ხილი; ბოსტნეული და სხვ. გარდა ამისა თითოეული კონცეპტისთვის შეივსება შესაბამისი განმარტება და ყველა სახის სიმბოლოს, უესტური იქნება ის, ჩანახატი, თუ ბლის-სიმბოლო, მიეწერება კონცეპტის აღმნიშვნელი მარკერი ქართულად. მაგალითად, თუ ეს კონცეპტი არის 'წიგნი', მაშინ ის ჩაიწერება კონცეპტების მონაცემთა ბაზაში თავისი შესაბამისი მარკერით, რომელიც მიწერილი იქნება მის ყველა სიმბოლოს (იხ. სურ. 2).

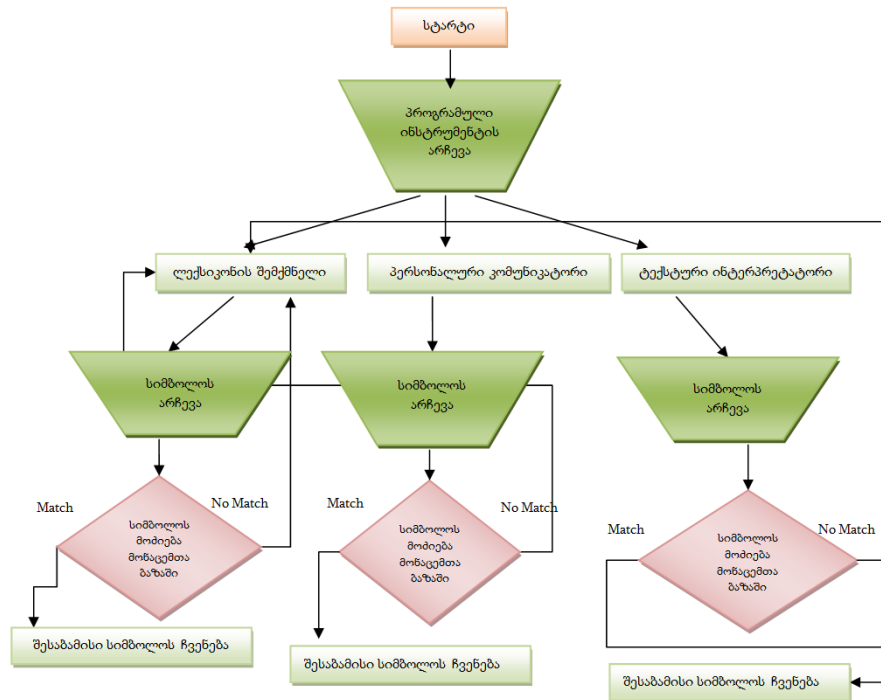


სურ. 2 კონცეპტი 'წიგნი'-ის სიმბოლოები.

საკომუნიკაციო კომპიუტერული პროგრამა მოემსახურება ძირითადად სამ მიზანს: სწავლებას, კომუნიკაციის დამყარების ხელშეწყობას და ქართული ენის სიმბოლოების ლექსიკონების გაფართოებას. ზემოთ დასახელებული ლექსიკონის შემქმნელისა და პერსონალური კომუნიკატორის გარდა ვაპირებთ ტექსტური ინტერპრეტატორის

შემუშავებას, რომელსაც შეეძლება ვესტური ენის წერილობით სახეზე გადაყვანა და პირიქით.

როგორც საკომუნიკაციო კომპიუტერული პროგრამის ინსტრუმენტების ფუნქციონირების ზოგადი ალგორითმიდან ჩანს (იხ. სურ. 3), სიმბოლოების დახმარებით ტექსტის შედგენის დროს, თუ სიმბოლო მონაცემთა ბაზაში არ აღმოჩნდება, სისტემა გამოიძახებს ლექსიკონის შემქმნელს. მომხმარებელს შეეძლება თვითონ, ან პედაგოგის დახმარებით, დაამატოს ბაზას საძიებელი სიმბოლოს ყველა გამოსახულება და შემდეგ ისევ გააგრძელოს ტექსტის შედგენა.



სურ.3. კომპიუტერული პროგრამის ინსტრუმენტების ფუნქციონირების ზოგადი ალგორითმი

შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ყველა მოდული თავსებადი იქნება როგორც სტაციონალურ კომპიუტერებთან, ასევე ანდროიდის ოპერაციული სისტემის მქონე მობილურ ხელსაწყოებთან.

კომპიუტერული საკომუნიკაციო სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის მომხმარებელთათვის

ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე

რეზიუმე

შემოთავაზებული კომპიუტერული სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის მომხმარებელს დაეხმარება სიმბოლოების გამოყენებით კომუნიკაციის დამყარებაში.

THE COMPUTER COMMUNICATION SYSTEM FOR PERSONS WITH SPECIAL NEEDS

L. LORTKIPANIDZE, L. SAMSONADZE

Summary

The offered computer communication system will be developed for Windows as software and will help a person with a severe communication disorder to communicate by using symbols.

КОМПЬЮТЕРНАЯ КОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ

Л.ЛОРТКИПАНИДЗЕ, Л.САМСОНАДЗЕ

Резюме

Предлагаемая компьютерная система поможет потребителям специфической категории в налаживании коммуникации с помощью символов.

ლიტერატურა – REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. ლორთქიფანიძე ლ. ქართული ენის „კომპიუტერული სუფლიორის“ ხელშემწეობი ლექსიკონების პროგრამული უზრუნველყოფა. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის ინსტიტუტის ინსტიტუტის შრომათა კრებული №13, 2009
2. ამირეზაშვილი ნ., ლორთქიფანიძე ლ., სამსონაძე ლ., ჯავაშვილი ნ. ქართული ენის კომპიუტერული სუფლიორი. საერთაშორისო კონფერენცია. “ქართული ენა და თანამედროვე ტექნოლოგიები”, არნ. ჩიქობავას ენათმეცნიერების ინსტიტუტი. თბილისი, 2009.
3. ბატატუნაშვილი ა. „მოლაპარაკე ხელები“, საქართველოს ყრუთა კავშირი

**კომპიუტერული საკომუნიკაციო სისტემა სემციფიკური კატეგორიის
მოგზაარეპელთათვის**

ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე

l_lordkipanidze@yahoo.com

liasams@yahoo.com

ადამიანებს ვერბალური კომუნიკაციის უნარი ადრეულ ასაკში უყალიბდებათ. ეს პროცესი იმდენად ავტომატურია, რომ ჩვენ მასზე მცირე წარმოდგენა გვაქვს. ზეპირი მეტყველების წერილობითი სახით გამოხატვისას ვაცნობიერებთ, რომ შეტყობინება შედარებით მცირე ელემენტების საშუალებით არის კოდირებული.

ყოველ ქართულ ენაზე მოლაპარაკე ადამიანს წერილობითი სახით ნებისმიერი აზრის გამოხატვა 33 ასოს კომბინაციით შეუძლია. მეტყველების დეფექტის მქონე პირთათვის კი აუცილებელია დამატებითი ცოდნისა და უნარ-ჩვევების შექმნა იმისათვის, რომ მათ შესაძლებელი შეეძლოს შეტყობინების ჯერ სიტყვიერად, შემდეგ კი ანბანურად გადმოცემა შეძლონ. ალტერნატიული მეთოდების შესწავლის ამოცანა უფრო გაიოლდება, თუ პირველად განიხილება ენის ორგანიზაცია.

ადამიანები, რომლებსაც არ აქვთ ტრადიციული მეთოდებით წერისა და მეტყველების უნარი, ნორმალური კომუნიკაციისთვის დამატებითი სტრატეგიების ცოდნას საჭიროებენ, რაც გულისხმობს შეტყობინებების ან კოდების არჩევას შედარებით ნაკლები რაოდენობის ელემენტებისაგან. ეს ელემენტები გამოიყენება ცალ-ცალკე ან შერეულად, როგორც მოითხოვს შეტყობინებების მრავალფეროვნება. კომუნიკაცია დამყარებულია სიმბოლოთა ერთი ან რამდენიმე ტიპის არჩევანზე. ნათელია, რომ შეტყობინება წარმოდგენილი უნდა იყოს მსმენელისათვის გასაგები ფორმით.

დღეისათვის მსოფლიოში მრავალი ორგანიზაცია ცდილობს მკვეთრად დაქვეითებული სამეცნიერო უნარებისა და სერიოზული კომუნიკაციური დარღვევების მქონე პირებისთვის დახმარების გაწევას და მათი ბუნებრივი დეფექტის კომპენსირებას. სპეციალური საჭიროების მქონე პირთათვის მრავალი კომპიუტერული სისტემაა შექმნილი, რომელთა გამოყენებაც შეუძლებელია შეუძლიათ სხვადასხვა ასაკის სოციალური წრისა და ეროვნების ადამიანებებს. თუმცა თითოეულ მათგანს აუცილებლად ესაჭიროება დამხმარე ასისტენტი.

შემოთავაზებული საკომუნიკაციო კომპიუტერული სისტემა იქნება ვინდოუსის გარემოსთვის დამუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც სპეციალური საჭიროების მქონე ადამიანებს დაეხმარება სიმბოლოების გამოყენებით კომუნიკაციის დამყარებაში. სისტემა შედგენილი იქნება რამდენიმე დამოუკიდებელი პროგრამისაგან. თითოეულ მათგანს შეეძლება მიმართოს მრავალფეროვანი სიმბოლოების მონაცემთა ბაზებს. სისტემა გამოყენების თვალსაზრისით მოქნილი იქნება: მომხმარებლის უნარის ზრდასთან ერთად, მას თანდათან დაემატება სიმბოლოების ახალი კომპლექტი.

თითოეული სიმბოლო, გამოსახულება ან ფოტოსურათი, რომელიც შევა სისტემის მონაცემთა ბაზაში, დაკავშირებული იქნება უნიკალურ კონცეფციასთან (ცნებასთან) კონცეფციათა სპეციალურ სიაში. კონცეფციები კატეგორიების მიხედვით დალაგებული იქნება სტანდარტული კატეგორიების სტრუქტურებში. იგივე კონცეფციების სია და კატეგორიების სტრუქტურა გამოყენებული იქნება სიმბოლოების არჩევის ოფციაში. აგრეთვე, შესაძლებელი იქნება სისტემის მონაცემთა ბაზაში ერთი და იმავე კონცეფციის გახმოვანების დამატება, ვიდეოჩვენება და სხვა.

მომხმარებელს საშუალება ექნება იმუშაოს ე.წ. დოკუმენტის შემქმნელთან. ამ პროგრამის საშუალებით მომხმარებელს შეეძლება დაწეროს წერილები, ისტორიები, შეთხზას ლექსები. შეძლებს დოკუმენტის შენახვას, ხელმეორედ გამოძახებას და რედაქტირებას. დოკუმენტის შემქმნელ პროგრამას, მომხმარებლის მიერ არჩეული სიმბოლოდან გამომდინარე, შეეძლება დოკუმენტში დაამატოს სიტყვები, ფრაზები, გამოთქმები და შეადგინოს ტექსტი.

გარდა ამისა, გათვალისწინებული იქნება ლექსიკონის შემქმნელი და პერსონალური კომუნიკატორი. ლექსიკონის შემქმნელით მომხმარებელი შექმნის თავის ინდივიდუალურ ლექსიკონს, ხოლო პერსონალური კომუნიკატორი დაეხმარება მას თვითონ გამოთქვას სიტყვები სალაპარაკო ენაზე ნათლად და გარკვევით. პროგრამა სინთეზატორისა და სამუშაო დიაგრამაზე ასახული ჩანაწერის დახმარებით მომხმარებელს შეატყობინებს

რამდენად სწორად წარმოთქვა მან ესა თუ ის სიტყვა და მის გასწორებას შეეცდება ვარჯიშის გზით.

სისტემის რეალიზაცია მოხდება Visual C++ ობიექტურ-ორიენტირებული ენის გამოყენებით, ხოლო მონაცემთა ბაზად გამოყენებულ იქნება Microsoft SQL.

საკომუნიკაციო ენებად მოიაზრება შემდეგი სახის სიმბოლიკები და შესტები: შესტური ენა არის ბუნებრივი ენის ნაირსახეობა ყრუ და სმენადაქვეითებულებისათვის. ასეთი ადამიანები აზრის გადმოსაცემად იყენებენ ხელების მოძრაობას და სხვა შესტებს, ვინაიდან ისინი მოკლებულნი არიან კომუნიკაციის ვერბალურ საშუალებებს. მსოფლიოში გავრცელებულია 650-ზე მეტი შესტური ენა – ამერიკული - ASL (American Sign Language), ბრიტანული - BSL (British Sign Language), გერმანული შესტური ენა - GSL (German Sign Language) და სხვა. მათთან შედარებით, ქართული შესტური ენა ნაკლებადაა ყურადღების ცენტრში.

შესტური ენა, ისევე როგორც სხვა ენები, ეყრდნობა რამდენიმე გრამატიკულ დონეს, როგორცაა ლექსიკური, სინტაქსური და სემანტიკური დონე. მეცნიერთა უმეტესობა იყენებს ლექსიკურ დონეს, ვინაიდან, რიგ შემთხვევაში, მისი სტანდარტიზაცია უკვე განხორციელებულია მომხმარებელთა მოცემული არეალისთვის და ყველა შესტის მოძებნა შესაძლებელია ლექსიკონში. ქართული შესტური ენის დამუშავება განხორციელდება თითოეული ინდივიდუალური შესტისთვის. აქაც, ძირითადად, ყურადღების ცენტრში იქნება ლექსიკური დონე. ფორმირებული იქნება შესტური ენის დასურათებული მონაცემთა ბაზა, სადაც თითოეული შესტი შეეთანადება გარკვეულ ცნებას (კონცეპტს) და იქნება სიტყვის ან ფრაზის ანალოგი. ბაზაში ჩაიწერება თითოეული კონცეპტის განმარტება და მისი შესაბამისი შესტური ენის სიმბოლო ანუ ხელების შესტიკულაციის ფოტოასლი. მონაცემთა ბაზაში თითოეულ კონცეპტთან დაკავშირებული იქნება მისი გამომხატველი სიმბოლოების ყველა სინონიმი (იხ. სურ.1).



სურ.1. კონცეპტის კავშირი შესტური ენის სხვადასხვა სიმბოლოებთან.

ცნებების უფრო ზუსტად გადმოცემის მიზნით გამოიყენება შესტური ანბანი (დაქტილი). დაქტილი იხმარება განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც მეტყველების დროს გვინდა გამოვთქვათ საკუთარი სახელები, აბრევიატურა, ან ისეთი სიტყვა, რომელსაც არა აქვს ანალოგიური სიმბოლო შესტების ენაზე.

დაქტილი (ხელების ანბანი) არის ისეთი სპეციფიკური კომუნიკაციის საშუალება, რომლის აღქმა მხედველობით ხდება. სხვადასხვა ასო-ბგერის ასახვა ხდება ხელის მტევნის მოძრაობით: თითები თითქოსდა იმეორებენ ასოს მოხაზულობას.

დაქტილის ქართულ ანბანში იმდენივე ნიშანია, რამდენი ასოცაა ალფაბეტში - 33. დაქტილის ნიშნებით სიტყვების აწყოება იმგვარად ხდება, რომ მათი დახმარებით გამოითქმება წერილობითი ტექსტი.

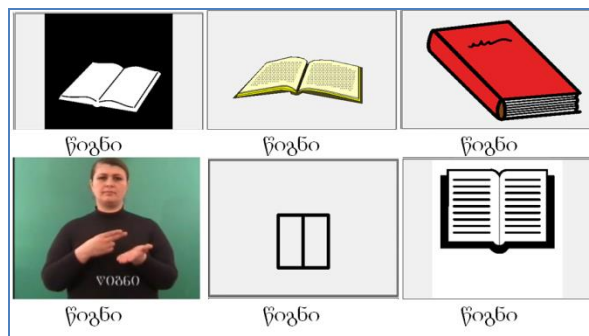
ბაზაში ჩაიწერება ქართული ასო-ბგერები და მათი შესაბამისი უესტის როგორც ფოტოასლი, ასევე ჩანახატი. გარდა ამისა, თითოეული კონცეპტისთვის შეივსება მისი წერილობითი გამოსატვის შესაბამისი ჩანაწერი დაქტილზე (იხ. სურ.1).

ბლის-სიმბოლიკა (ტერმინი მომდინარეობს სიმბოლიკის შემქმნელი მეცნიერის Charles K. Bliss გვარისგან) თავიდანვე ჩაფიქრებული იყო როგორც წერის იდეოგრაფიული სისტემა, რომელშიც თითოეულ კონცეპტს გარკვეული გრაფიკული გამოსახულება შესაბამეა. ბლის-სიმბოლოების საერთაშორისო ორგანიზაცია BCI (Blissymbolics Communication International) უზრუნველყოფს მათ გავრცელებას და მოხმარებას სპეციალური საჭიროების მქონე ადამიანებისთვის. განსაკუთრებით სასარგებლოა ბლის-სიმბოლოებით წერის ჩვევები იმ პირთათვის, ვისაც დარღვეული აქვს კომუნიკაციის დამყარების როგორც ვერბალური, ისე უესტური შესაძლებლობა. ბლის-სიმბოლოები განსხვავდება ყველა ცნობილი წერის სისტემისაგან. ბლის-სიმბოლოებით გამოსატული სიმბოლოების წარმოთქმა არ ეთანადება არც ერთ სალაპარაკო ენის სიტყვათა წარმოთქმას.

ამჟამად ბლის-სიმბოლოთა ენაში არის 500 საბაზისო (ავტორიზებული) სიმბოლო - ბლის-სიტყვა. ცნობილია თითოეული მათგანის სემანტიკა. ბლის-სიტყვებითა და მათი კომბინაციებით შესაძლებელია ნებისმიერი ცნების გამოსატვა და აგრეთვე წინადადებების შედგენა.

კომპიუტერული სისტემების სწრაფმა განვითარებამ და მონაცემთა ბაზების წარმოდგენის, შენახვისა და ორგანიზაციის ახალმა მეთოდებმა შესაძლებელი გახდა უესტური ენის ვიდუო-ჩანაწერების გაციფრება. პრაქტიკული თვალსაზრისით უესტური ენის ვიდუო-ჩანაწერით სწავლება უფრო ეფექტურია, რადგანაც ინფორმაციის გადაცემა ხდება უესტური ენის არა სტატიკური გზით, არამედ მოძრაობაში და ამასთან ერთად არტიკულაციითაც.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული საკომუნიკაციო სისტემის უესტური ენის ლექსიკონის ბირთვი იქნება კონცეპტების (ცნებების) მონაცემთა ბაზა. ჩამოთვლილი სამუშაოების პარალელურად მოხდება კონცეპტების კლასიფიცირება და გაერთიანება ადამიანის ყოფითი მდგომარეობის (სიტუაციის) ამსახველ სხვადასხვა კატეგორიებსა და ქვეკატეგორიებში. კატეგორიები იქნება, მაგალითად: მოქმედება; ტანსაცმელი; პირადი ნივთები; აღწერა; საკვები; ავად ყოფნა; ბუნება; რელიგია და მრავალი სხვა. მაგალითად, საკვების ქვეკატეგორიები შეიძლება იყოს: ცხოველური წარმოშობის პროდუქტები; პურეული; ხილი; ბოსტნეული და სხვ. გარდა ამისა თითოეული კონცეპტისთვის შეივსება შესაბამისი განმარტება და ყველა სახის სიმბოლოს, უესტური იქნება ის, ჩანახატი, თუ ბლის-სიმბოლო, მიეწერება კონცეპტის აღმნიშვნელი მარკერი ქართულად. მაგალითად, თუ ეს კონცეპტი არის 'წიგნი', მაშინ ის ჩაიწერება კონცეპტების მონაცემთა ბაზაში თავისი შესაბამისი მარკერით, რომელიც მიწერილი იქნება მის ყველა სიმბოლოს (იხ. სურ. 2).

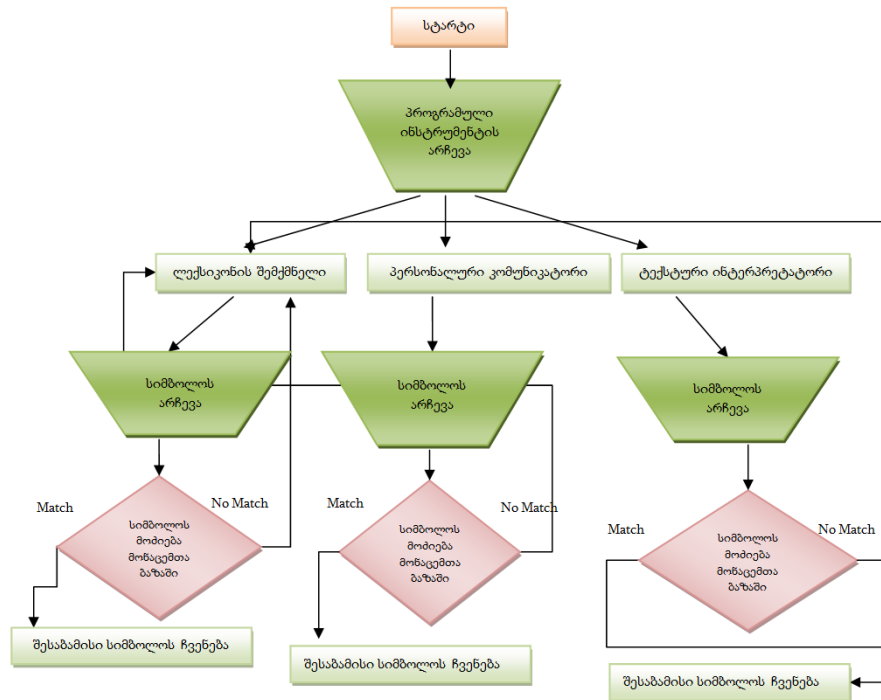


სურ. 2 კონცეპტი 'წიგნი'-ის სიმბოლოები.

საკომუნიკაციო კომპიუტერული პროგრამა მოემსახურება ძირითადად სამ მიზანს: სწავლებას, კომუნიკაციის დამყარების ხელშეწყობას და ქართული ენის სიმბოლოების ლექსიკონების გაფართოებას. ზემოთ დასახელებული ლექსიკონის შემქმნელისა და პერსონალური კომუნიკატორის გარდა ვაპირებთ ტექსტური ინტერპრეტატორის

შემუშავებას, რომელსაც შეეძლება ვესტური ენის წერილობით სახეზე გადაყვანა და პირიქით.

როგორც საკომუნიკაციო კომპიუტერული პროგრამის ინსტრუმენტების ფუნქციონირების ზოგადი ალგორითმიდან ჩანს (იხ. სურ. 3), სიმბოლოების დახმარებით ტექსტის შედგენის დროს, თუ სიმბოლო მონაცემთა ბაზაში არ აღმოჩნდება, სისტემა გამოიძახებს ლექსიკონის შემქმნელს. მომხმარებელს შეეძლება თვითონ, ან პედაგოგის დახმარებით, დაამატოს ბაზას საძიებელი სიმბოლოს ყველა გამოსახულება და შემდეგ ისევ გააგრძელოს ტექსტის შედგენა.



სურ.3. კომპიუტერული პროგრამის ინსტრუმენტების ფუნქციონირების ზოგადი ალგორითმი

შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ყველა მოდული თავსებადი იქნება როგორც სტაციონალურ კომპიუტერებთან, ასევე ანდროიდის ოპერაციული სისტემის მქონე მობილურ ხელსაწყოებთან.

კომპიუტერული საკომუნიკაციო სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის მომხმარებელთათვის

ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე

რეზიუმე

შემოთავაზებული კომპიუტერული სისტემა სპეციფიკური კატეგორიის მომხმარებელს დაეხმარება სიმბოლოების გამოყენებით კომუნიკაციის დამყარებაში.

THE COMPUTER COMMUNICATION SYSTEM FOR PERSONS WITH SPECIAL NEEDS

L. LORTKIPANIDZE, L. SAMSONADZE

Summary

The offered computer communication system will be developed for Windows as software and will help a person with a severe communication disorder to communicate by using symbols.

КОМПЬЮТЕРНАЯ КОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ

Л.ЛОРТКИПАНИДЗЕ, Л.САМСОНАДЗЕ

Резюме

Предлагаемая компьютерная система поможет потребителям специфической категории в налаживании коммуникации с помощью символов.

ლიტერატურა – REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. ლორთქიფანიძე ლ. ქართული ენის „კომპიუტერული სუფლიორის“ ხელშემწეობი ლექსიკონების პროგრამული უზრუნველყოფა. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №13, 2009
2. ამირეზაშვილი ნ., ლორთქიფანიძე ლ., სამსონაძე ლ., ჯავაშვილი ნ. ქართული ენის კომპიუტერული სუფლიორი. საერთაშორისო კონფერენცია. “ქართული ენა და თანამედროვე ტექნოლოგიები”, არნ. ჩიქობავას ენათმეცნიერების ინსტიტუტი. თბილისი, 2009.
3. ბატატუნაშვილი ა. „მოლაპარაკე ხელები“, საქართველოს ყრუთა კავშირი

ლექსემა „თოვლის“ აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით

ბ. ლოკვაძე

განმარტებითი კომბინატორული ლექსიკონი წარმოადგენს სიტყვათა მრავალმხრივი განსაზღვრების წყაროს.

ლექსიკურმა ფუნქციებმა და სინონიმურმა მწკრივებმა უნდა მოაწესრიგონ ლექსიკური ერთეულების – ლექსემების დიდი სიმრავლე. ლექსიკურმა მწკრივებმა ლექსიკურ პარადიგმაში თავი უნდა მოუყაროს მსგავსი შინაარსისა და საერთო სემანტიკური ბირთვის მქონე ლექსემებს, ხოლო ლექსიკურმა ფუნქციებმა უნდა მოახდინოს ლექსიკური კომბინატორიკის სემანტიკის კლასიფიცირება და მოავგაროს ურთიერთობები როგორც მსგავსი, ისე განსხვავებული სემანტიკის ლექსემათა კლასებს შორის.

ნაშრომში მოცემულია ლექსემა „თოვლის“ განსაზღვრა ლექსიკური ფუნქციებით, ანუ სემანტიკური მახასიათებლებით.

ლექსიკური ფუნქცია არის ის ზოგადი მნიშვნელობა, რომელიც სხვადასხვა სახით გამოიხატება მრავალ სალექსიკონო ერთეულში. ლექსემა „თოვლთან“ წარმოდგენილია ლექსემის 1) “პარადიგმატიკული” ვარიანტები, ან “ჩანაცვლებები” – საშუალებები, რომელთაც გარკვეულ პირობებში C_0 უნდა ჩანაცვლონ ამა თუ იმ კონტექსტში ძირითადი აზრის შეუცვლელად, ასეთებია: Syn (სინონიმები), Anti (ანტონიმები), Conv (კონვერსიები), Der (დერივატები); 2) მათი “სინტაგმატიკური პარტნიორები” ან “პარამეტრები” (ლექსიკური ფუნქციები), რომლებიც მკვეთრად ცვლიან ამოსავალი C_0 სიტყვის მნიშვნელობას [1].

მაგალითად, ლექსიკური ფუნქცია Result (რეზულტატივი) – „მდგომარეობა“, რომელიც ზმნით ასახული პროცესის შედეგს წარმოადგენს. Result-ის მნიშვნელობა და მისი მიმართება Perf-თან აისახება სამი წევრის საშუალებით:

C_0	Perf (C_0)	Result (C_0)
წვება	დაწვა	წვეს
დგება	ადგა	დგას
იწონებს	მოიწონა	მოსწონს და ა.შ.

ძალზე მნიშვნელოვანია განვმარტოთ ისეთი ლექსიკური ფუნქციები, როგორებიცაა სინონიმები და კვაზისინონიმები. Syn – სინონიმი არის სიტყვა, რომელიც შინაარსით ემთხვევა ამოსავალ C_0 სიტყვას, მიეკუთვნება იმავე მეტყველების ნაწილს და გააჩნია ისეთივე აქტიური სინტაქსური ვალენტობები, როგორც C_0 სიტყვას. სრულ სინონიმებთან ერთად სალექსიკონო სტატიაში წარმოდგენილია კვაზისინონიმები, რომლებსაც სინონიმებთან საერთო მნიშვნელობა აქვთ, მაგრამ განსხვავდებიან რაღაც ნიუანსით. კვაზისინონიმებს თან ახლავს შემდეგი ინდექსები: \supset (შინაარსით უფრო ფართო), \subset (შინაარსით უფრო ვიწრო), \cap (გადაიკვეთება შინაარსობრივად). აღნიშნული ინდექსები გამოიყენება ჩანაცვლების სხვა ფუნქციებთანაც: Conv (კონვერსივი), Anti (ანტონიმი) და ყველა Der (დერივატი).

ამოსავალ სალექსიკონო ერთეულთან მითითებულია აგრეთვე ის სიტყვები, ანუ კორელატები, რომლებიც აზრობრივად შეესაბამება, მიესადაგება მას. სიტყვის სიტყვასთან მისადაგებას, შესამებას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, როგორც ენის შესწავლისა და ცოდნისთვის, ისე ენის სიწმინდის დაცვისთვისაც, რომ არაფერი ვთქვათ გრძნობიერი მხატვრული სიტყვის სახეთა შექმნაზე.

ნაშრომში გათვალისწინებულია ბუნების მოვლენის ამსახველი ლექსემის – „თოვლის“ განსაზღვრა ლექსიკური ფუნქციებით. აგრეთვე გათვალისწინებულია [2], [3]-ში მოცემული მასალა “თოვლის“-ს შესახებ. ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში [4] “თოვლი” განმარტებულია, როგორც „ატმოსფერული ნალექი, წყლის კრისტალები ყინვისაგან შეკავშირებული თეთრ ფიფქებად; ასეთი ფიფქების მასა“.

თოვლი განსაკუთრებულია ბუნების მოვლენათა შორის. ის მართლაც ბუნების საჩუქარია; როცა თოვს, როცა ბარდნის უხვად, ბარაქიანად ადამიანი გარიდებული ყველაფრისაგან – გარინდებულია, თავდავიწყებულია. თოვლი უყვარს და მისი მოსვლა ერთნაირად უხარია დიდებსა და პატარებს. ხელოვანთათვის ხომ თოვლი ზეშთაგონების წყაროა. რის მეტაფორად არ გვევლინება ქართულ პოეზიაში „თოვლი“. გალაკტიონთან

სულის სიწმინდედაა მიხნეული. მისთვის ყველაზე უმთავრესი – სამშობლოც კი თოვლთანაა გაიგივებული:

„რა სიწუმეა, როგორ აჩნია
გზებს ნაკვალევი არ საამსოფლო,
რომ სხვა სამშობლო არ გამაჩნია,
რომ ეს თოვლია ჩემი სამშობლო“.

ქართულ პოეზიაში თოვლის ფიგურების მეტაფორებია: თეთრი მფრინავი პეპლები {თეთრი პეპლებით სავსე ქუჩები და სიწუმეში შრიალი ქარის კოლაუ ნადირაძე}; ნარგიზთა გროვა [თოვლი კი როგორც ნარგიზთა გროვა, დაგეფარფატებდა ფრთების შრიალით კოლაუ ნადირაძე]; დაფეთებული მტრედები [ეს თოვლია, თუ მიმინომ დააფეთა მტრედები გ. ლეონიძე]; თეთრი აფრები [მავრამ ჯერ უნდა მოვიდეს თოვლი და გადმოფინოს თეთრი აფრები ო. ჭილაძე]; თოვლის მოსვლა [თოვლი მობრძანდა ტენორის ყელით და უსპეტაკეს ხელთათმანებით გ. გაფრინდაშვილი]; „წამყვანი“ თოვლი [და თოვლს მიჰყავდა ყინვის აღვირით ჩვენი ქუჩები როგორც ცხენები გ. გაფრინდაშვილი]. სხვა მაგალითებს აქ აღარ მოვიშველიებთ, რადგან ქვემოთ ლექსიკური ფუნქციებით წარმოდგენილი მაგალითები თითქმის ყველა მეტაფორულია.

ლექსემა „თოვლის“ აღწერისას გამოყენებულ ლექსიკურ ფუნქციათა ჩამონათვალი:

Syn – სინონიმი;

Gener – ამოსავალი სიტყვის მიმართ საზიარო ცნების დასახელება;

S₀ – დერივატი, არსებითი სახელი;

A₀ – დერივატი, ზედსართავი სახელი;

Adv₀ – დერივატი, ზმნიზედა;

V₀ – დერივატი, ზმნა;

Figur – C₀-სთვის მიღებული მეტაფორა;

Mob – გადაადგილება;

Incep – <დაწყება> ($Incep \xrightarrow{2} C_0$);

Mult – სიმრავლე, მრავლობა;

Sing – ცალკეული, ერთეული;

Funk₀ – ზმნა, რომელსაც სიტუაციის დასახელებად აქვს ქვემდებარე, აკტანტებად კი დამატებები;

Grad – გრადაცია სიტყვისა – სიმაღლის, ფერის, სიმკვრივის, სინქარის დაფარვის მიხედვით;

Degrad – დანგრევა, გაფუჭება;

Magn – რაღაც მოვლენის მაღალი ინტენსივობით (≈'ძალიან') აღნიშვნა;

Bon – კარგი;

Caus – კაუზაცია;

Fin – შეწყვეტა;

Son – ხმოვანება;

Loc – ტიპური ლოკალიზაციის თანდებული.

ქვემოთ მოცემულია ლექსემა "თოვლის" განსაზღვრა ლექსიკური ფუნქციებით:

C₀ =თოვლი

Syn ⊃ : ფიფქი², ყაპყი, ყაპი, პაპყი

[ახალმოსული,

მშრალი],

[მშრალი]

: ცუფქარა

Magn [ჩამოშლილი] : ზგავი¹, შგავი¹ [გეხმის გრიალი მთებიდან ზგავის გალაკტიონი], [ზგავის ქვეშ მე რას შევცოდებდი, თუ არ მსხმოდა ტანზე ნაბადი ბ. ხარანაული]; [მოსხლეტილ ზგავთა სრიალში, ცაში ნაგარდი არწივის ი. ნონეშვილი].

Bon

: თეთრი, ქათქათა, სპეტაკი, უსპეტაკესი, გადაპენტილი, ირიბი, აღმაცერი, ელვარე, იისფერი, ვარდისფერი, წმინდა, სუფთა,

	გაკვალი, გაუკვალი
Anti Bon	: თოვლტილა
Der - S ₀	: თოვლობა, უთოვლობა, თოვლიანობა [იმ ზამთარს დიდი თოვლობა იყო ხალხ.ზღაპარი]
- V ₀	: თოვს, ფიფქავს, ფერფლავს
- A ₀	: თოვლიანი [ფანჯრიდან ხედავს თოვლიანი მინდვრის თეთრ გულმკერდს ბ. ხარანაული], თოვლივით [თრთოლა ფურცელი, თოვლივით თეთრი ო. ჭილაძე], [თოვლივით თეთრი, თოვლში დგას ცხენი რ. ამაშუკელი], ათოვლებული [მის სადიდებლად გამოვიჭრი ყელს ათოვლებულს ვ. გაფრინდაშვილი], მთოველი, მთოვარი, ნათოველი, დათოვლილი, უთოვლო, მთოვოვლი [ცოტა მთოვოვლი ყოფილა ბ. ხარანაული], თოვლური.
- Adv ₀	თოვლიანად, უთოვლოდ.
Gener	: ატმოსფერული მოვლენა (ნალექი)
[ქარისგან ატანილი]	ბუქი, თოვლბუქი, თოვლქარი [... და მრავალ ქალაქს აჭვლიჯეს ქალა, ყინვის თოვლქარის თეთრმა მწვერებმა ბ. ხარანაული], თოვლქარბუქი, ქარბუქი [თითქოს ქარბუქი წამოიღებს ჩემს ფიქრებს მწარეს და შენს საფლავთან გარინდება ა. სალუქვაძე], [და სუბსარქის მკაცრი ქარბუქი უნაზეს სიოდ გეჩვენებოდა ი. გრიშაშვილი], ნამქერი [ქარი უბერავს, მოაქვს ნამქერი, ჩიტი ნიბლია ატირდა გ ზაზე ვაჟა-ფშაველა].
[მდნარი, წყლიანი]	ჭყაპი, თოვლ-ჭყაპი, თოვლ-შხაპი
Sing	: ფიფქი ¹ თოვლში თბილისი უტურფესია, ყლორტზე ნაზია თოვლის ფიფქები ს. ჩიქოვანი], ფანტელი [მთებზე მფრინავი ფანტელებია, მე კი მგონია ყვავის ტყემლები ს. ჩიქოვანი], ფარტენა [კაცს ხშირი თოვლის ფარტენების ცაში ტრიალი თავბრუს ახვევს ბ. ხარანაული], ფერფლი, ქინქლი.
Grad [წვრილი ფიფქი]	: ფირფლი
Grad [წვრილი, გაყინული ფანტელი]	: ხორხოში, ხორხოშელა, ხოშკაკალი, ხოშკაკალა
Mult [დადებული ფანტელები]	: ბარდანი
[ფიფქი ¹ დნობის შემდეგ შეყინული]	: არხლი, არხილი
Mult [თოვლი]	: ძანძალი
Mult [თოვა]	: ბრილეა, ბარდნა [და კვლავ ბარდნიდნენ ჩემს მწუხარებას თოვლი და მკრთალი პანაშვიდები ნ. სამადაშვილი]
Magn [თოვა]	: ხეაერიელი, ბარაქიანი
Degrad	: დნობა [რომ ზამთრის სევდა თოვლივით დნება, ისე ვით ხსოვნა შესანდობარი ვ. გაფრინდაშვილი], [ეს თოვლი მალე დადნება, წყალმა გაიღოს ჩხრიალი მიხა ხელაშვილი], [ღამის ბარის სამკუთხედ სახურავზე დნება თოვლი და წვეთ-წვეთ ჩამოდის გაღვიძებულ კრამიტებზე ბ. ხარანაული], [დოვლების ხმაზე დნებოდა თოვლი ო. ჭილაძე], ლხობა, ლლობა, ლელა.
[შეყინული თოვლის]	: ლელმა
[ალაგ-ალაგ თოვლი]	: ლილო
[თოვლის ღვარი]	: ლანქერი [მოდის მოვიგრავენება წვიმით, ქარით, ლანქერით ს. მკელაძე], [თოვლი ატირდა ლანქერად, აღიდდა ჩვენი წყლებია რ. ერისთავი].

[მცენარეზე, ბალახზე შეყინული თოვლი]	: ჭირხლი, თოვლჭირხლი
Caus	: თოვა , ფიფქვა [თოვლი თოვს, ქარი ბობოქრობს ვაჟა], [ყოველდღე თოვდა და თოვლი ქუჩებს იმედებივით ართმევდა ფერებს ო. ჭილაძე], [მე ეხლა მხოლოდ ამ თოვლით ვცხოვრობ, მათოვს და მათოვს თეთრი ვარდები ო ჭილაძე], [უდროოდ ჩამოათეთრა ზამთრის ფიფქვების თოვამა გ. ჩოსხელი], გადაპენტვა [თეთრად გადაპენტილა ცა ხალხ.], ათოვს [ათოვს გამგლელებს და გულცივ ბალებს გ. ტაბიძე], [რა თოვლია! შენობებს და ბაღში ხარდანს ფარავს თეთრად დასახული ი. აბაშიძე], [გარემოცული თოვლით და ქარით, თავის ბუნაგში ცხოვრობს ქალაქი ო. ჭილაძე], თოვლს დადებს , თოვლით დაიფარება [თოვლით დაფენილ ტრიალ მინდორსა თითქოს ღრმა ძილით ჩასძინებოდა ნ. ლომოური] დათოვს, დათოვლავს – დათოვლილი, ჩამოთოვს – ჩამოთოვილი, მოთოვს – მოთოვილი, შეფიფქავს – შეფიფქული, ფიფქდაყრილი.
Incep	: თოვდება
Perf Incep Funko	: წამოვიდა, წამოთოვა
Fin	: გაქრობა ² შარშანდელი თოვლივით გაქრა, [გაზაფხულზე, როცა თოვლი დადნება და გაქრება, სულ პირველი მე მოვივიარ, ია მქვია სახელად თ. მეტრეველი], აღება ⁷ [დმურთმა დასწყევლოს ტყვიავი თოვლს დასდებს, აღარ აიღებს ხალხ.], [ვაი, გზას ჩამოთოვილსა, სამ თვეს არ აუღებსაო ბ. ხარანაული], წასვლა [წავიდა თოვლი, მოვიდა მიწა შ. ჩანტლაძე]
Funko	: მოსვლა [ეს თოვლია, თოვლი მოდის, განა მართლა პეპლებია გ. აბაშიძე], [მაგრამ ჯერ უნდა მოვიდეს თოვლი და გადმოფინოს თეთრი აფრები ო. ჭილაძე], ცვენა [უხვად მოცვივა სანგარში თოვლი რ. მარგიანი], დაშვება [დაეშვა თოვლი, ფრინველი ლიბრი, ბოლოდაწყობილ ფრთათა ჭაღარით გ. ტაბიძე], ეწვეთება [თოვლი სახეზე და მკლავებზე მათ ეწვეთება ვ. გაფრინდაშვილი], დაცემა [მიწას დაეცა პირველი ფიფქი შენსავით წმინდა ი. ნონეშვილი], ეყრება [და ახლა აღბათ რუსთველზეც ათოვს და ჩვენ აივანს ეყრება თოვლი რ. მარგიანი]. : ძრწოლა [ქუჩაში დაძრწის თოვლი და ქარი დაღლილი ყალბი ცრემლით და ფიცით ო. ჭილაძე], ფარფატი [თოვლი დაგეფარფატებდა ფრთების შრიალით კოლაუ ნადირაძე], ფრიალი [დაფრიალებენ ვით ფრინველები... ფიფქები რ. მარგიანი].
LOC=adv	: -ში [ელვარე თოვლში მიჰქრის მარხილი გ. ტაბიძე], [თოვლში მოვიყვანს ზაფხულის ყვავილს, ჩემი ბახალა გ. ტაბიძე], [იდგა ბერძუნა ღამის მთევარი თოვლში ნაბდითა ა. კალანდაძე]. : -ზე [ყვავილი თოვლზე, კვალი თოვლზე, თოვლზე მოსრიადლა]. : -გან [და თოვლისგან მთლად გავიპენტე ვ. გაფრინდაშვილი]
Figur	: [-ის] საფარი , სუდარა [როცა ისინი მოიშორებენ თოვლის სუდარას ა. კალანდაძე], [მახსოვს საღამო თოვლის სუდარით მღუმარე არეს ასე რომ შეენის კოლაუ ნადირაძე], [მიეთოვოს , მოეთოვოს კედლებს ფარშევანგები გ. ტაბიძე], [სად ზღვის ჭაგლებია ყვავილთა მთოველი , კვლავ ვხვდებით ერთმანეთს მე და ბეთჰოვენი გ. ტაბიძე]. : თოვლის მოკიდება {თოვლით დაფარვა, თოვლის დადება}, თოვლეთი – თოვლის სამყარო, სადაც მუდამ თოვლია [ჭიხვინი

ისმის თავლიდან, თავალს ეფერება თოვლეთი ე. კვიტიანიშვილი].
: **კენესა** [ყურს არ ვუგდებდი სახურავზე თოვლის ჩუმ კენესას ბ. ხარანაული], **სიმღერა** [და თოვლს, სიმღერით ისედაც დადლილს, სთხოვდნენ ემღერა ისევ და ისევ ო. ჭილაძე], **თოვლის ქურქი** [იღვა ვერღენი ცრემლიანი და თოვლის ქურქში – პაოლო იაშვილი], **თოვს** [თოვს თონის პური ფართე და თეთრი შ. ჩანტლაძე].

Anti Mob : **დება** [თოვლი იღო ჯაგახეთის მათა ზედა ა. კალანდაძე], [თოვლი აჭარა-გურიის მთების, ნისლი და თოვლი ა. კალანდაძე], **დგომა** [თოვლი ქალაქში იღვა ყელამდე, თოვლის ყალიბში იყო ჩასხმული ო. ჭილაძე], **წოლა** [ეს ვეფხვი არ არის, ეს თოვლი წევს გაღმა ხეებში ბ. ხარანაული], **გდება** [სიზმრის ლეშივით აგდია თოვლი ო. ჭილაძე].

Son : **ხრაშუნი, ხრაშ-ხრუში, შრიალი** [მარტო თოვლის ხრაშუნი ისმის. ხრაშ-ხრუშ, ხრაშ-ხრუშ რ. ინანიშვილი], [თოვლის **შრიალი** შეხვედრის წამი კოლაუ ნადირაძე], [გარეთ **შრიალებს** იანვრის თოვლი ო. ჭილაძე], [თეთრი პეპლებით სავსე ქუჩები და სიჩუმეში **შრიალი** რბილი კოლაუ ნადირაძე], **კენესა, სიმღერა** [ავსებს პაერს კენესა თოვლის ნიკა ჯორჯანელი].

თოვლთან დაკავშირებული მრავალი განმარტება თავმოყრილია „ქართული ენის იდეოგრაფიული ლექსიკონში“:

- ბერილი ბუჩქებისა ან წაქცეული ხის ტოტებისაგან შეკავებული თოვლის გროვა;
- ქურხლი ხეზე დადებული თოვლი;
- ხრილი მშრალი ქურხლი;
- ხურხლი ხის ტოტებზე შერჩენილი თოვლი;
- ხორტი მთის ნაოჭებში ჩარჩენილი თოვლი;
- ჯიშთი ხეში ჩარჩენილი თოვლი;
- ჩუმქარი, ხიაწი, ნაბუქი ქარისაგან ატანილი და სადმე მიყრილი თოვლი;
- თოვლის დახვევა თოვლის დატრიალება და სვეტად აყრა;
- ჩამომზღვევა ჩამოწოლა, ჩამონგრევა (თოვლისა) **ნამზღვევეი**;
- ფირნი ყინულის მარცვლებად ქცეული დადებული თოვლი;
- თოვლხოშორა წყლით გაუღენთილი და გაყინული თოვლი მთაზე;
- სათოვლე ტაფობში დაგროვილი თოვლი;
- ნაჩოთირები ნაკვალევი თოვლზე;
- გუნდა, თოვლბურთა ბურთივით დამრგვალებული თოვლი (სათამაშოდ);
- გუნდაობა, თოვლაობა გუნდებით თამაში;
- ბუმბვლა, გუნგვლა თოვლში გორება;
- გადმოთოვლა თოვლის გადმოყრა სახურავიდან;
- ნაფთული ბანიდან გადმოხვეტილი თოვლის გროვა;
- თოვლის პაპა თოვლისგან გაკეთებული კაცი, თოჯინა.

ლექსები „თოვლის“ ალჟერა ლექსიკონი ფუნქციებით

ქ. ლოკვაძე

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია ბუნების ერთ-ერთი მოვლენის ამსახველი ლექსების - 'თოვლი'-ს განსაზღვრა, რომელიც წარმოდგენილია "ლექსიკური ფუნქციების", "სინონიმური რიგების" და ა.შ. ტერმინებში.

DESCRIPTION OF LEXICAL UNIT “SNOW” BY THE LEXICAL FUNCTIONS

E. DOKVADZE

Summary

In the paper is given definition of a lexical unit *tovli* ('snow'), which belongs to the lexical units expressing “natural phenomenon”; its description is formulated in the terms of “lexical functions”, synonymical series”, etc.

ОПИСАНИЕ ЛЕКСЕМЫ “СНЕГ” ПОСРЕДСТВОМ ЛЕКСИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Е. ДОКВАДЗЕ

Резюме

В статье дано определение одной из лексических единиц, обозначающих “явления природы”, а именно лексемы *tovli* (‘снег’), определение построено в терминах “лексических функций”, “синонимических рядов” и др.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Мельчук И. Ф., Жолковский А.К. Толково-Комбинаторный Словарь русского языка, Вена, 1984
2. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი (ერთტომეული), თბილისი, 1986
3. ფონსუა ბ., თანამედროვე ქართული ენის იდეოგრაფიული ლექსიკონი, 1987
4. ნეიმანი ა., ქართულ სინონიმთა ”ლექსიკონი, 1978

ქართული ენის კომპიუტეროზაციის კონცეფციები

ლ. მარბკვლანი

ენის დამუშავება-შესწავლა კომპიუტერთან მიმართებაში ენათმეცნიერებისათვის ის სფეროა, სადაც ორ კითხვას უნდა გავცეს პასუხი: რა კონცეპტუალურ-თეორიული ხასიათის ღირებულება შეიქმნა და რა პრაგმატული გამოყენება აქვს მას.

ენა გარე სამყაროს შეცნობისა და დაყოფის საშუალებაა. ცნობილია ისიც, რომ ყველა ენამ თავისებურად დაყო და აღიქვა სინამდვილე, მათ შორის ქართულმაც. მასაც აქვს სამყაროს აღქმის საკუთარი თვალთახედვა. ენის თვალთახედვა, თავისებურება ენის ყველა დონეზე მეტ-ნაკლებად ჩანს, იქნება ეს სემანტიკური, ლექსიკური, სინტაქსური თუ მორფოლოგიური დონე. ენათა თავისებურება განსაკუთრებით თვალსაჩინოა სინტაქსურ და მორფოლოგიურ დონეზე.

უნდა ითქვას, რომ მორფოლოგიას ქართულში დიდი ინფორმაციულ-ენობრივი დატვირთვა აქვს. ბევრი რამ, რაც ამა თუ იმ ენაში სხვა დონეებზეა გამოხატული, ქართულში მორფოლოგიურ დონეზე წყდება. ვამბობთ კიდევ, “ქართულს მდიდარი მორფოლოგია აქვს”. მდიდარია კატეგორიებით და ფორმებით სახელიც, ზმნაც (ზმნას შეუძლია თოთხმეტამდე კატეგორია გამოხატოს). რაც მეტია ენაში ფორმები, მით მეტ პრობლემას უკავშირდება მათი კომპიუტეროზაცია.

ქართულ ენას აკუთვნებენ ავლუტინაციურ ენათა ტიპს. ეს იმას ნიშნავს, რომ სიტყვაფორმაში თავმოყრილი აფიქსები სტანდარტულია და მათი დაკავშირება გრამატიკულ მნიშვნელობასთან (გრამემასთან) ხერხდება, მაგრამ არა იოლად: ერთ გრამემას რამდენიმე გამოხატულება აქვს, რამდენიმე აფიქსი შეესაბამება (ე. ი. ადგილი აქვს სინონიმის) და პირიქით, ერთი აფიქსით ხშირად რამდენიმე გრამემა გამოიხატება (ანუ საქმე გვაქვს ომონიმისთან). ორივე მოვლენა (სინონიმია/ომონიმია) გარკვეულ დაბრკოლებას გვიქმნის სისტემების აგებისას. ბუნებრივი ენა, როგორც სისტემა, ამ რთულ მოვლენას შესანიშნავად უვლის (ამის დასტურია ის, რომ ვმეტყველებთ და ვწერთ და გვესმის ერთმანეთის), მაგრამ ეს ხდება გაუცნობიერებლად, ენობრივი სისტემა ჩვენშივე დევს. კომპიუტერული სისტემა კი ისე უნდა აიგოს, რომ სინონიმია/ომონიმის და, საერთოდ, ყველა სახის პრობლემა გააცნობიეროს და ისე დაძლიოს. თუ ენის მატარებელი ინტუიციით სწორად შეარჩევს საჭირო ფორმას, კომპიუტერული სისტემისათვის ცალსახად უნდა განისაზღვროს ფორმის აგების თუ გაგების გზა.

მორფოლოგიური ხასიათის პრობლემები უმეტესად მორფოლოგიის დონეზევე წყდება, მაგრამ ზოგჯერ მორფოლოგიური დონის მონაცემები არ კმარა და სირთულის მოსახსნელად მივმართავთ სხვა დონეებს. სხვა დონეები საჭიროა უფრო მორფოლოგიური ანალიზის დროს. მაგალითად უ ან ო ხმოვნებზე დაბოლოებული სახელებისთვის ს-იანი ფორმა მიცემითი ბრუნვაც არის და ნათესაობითის ბრუნვაც – სიტყვის (ანუ მორფოლოგიის) დონეზე ფორმა “ოქროს” არ გაირჩევა. უნდა მივმართოთ სხვა სიტყვებს ფრაზაში (ანუ სინტაქსურ დონეს). ფრაზაში “ოქროს აწარმოებენ” მიცემითშია “ოქროს”, ხოლო სიტყვათა წყვილში “ოქროს წარმოება” – ნათესაობით ბრუნვაში. კიდევ მაგალითი, ფორმა “კეთს” არსებითი სახელის მიცემითი ბრუნვაცაა და ზმნის პირიანი ფორმის აწმყოს მწკრივის III პირიც მხ. რიცხვში. ეს იმას ნიშნავს, რომ პრობლემის მოხსნის შესაძლებლობა სინტაქსურ დონეზე ინაცვლებს. ზოგჯერ სინტაქსური დონეც არ გვშველის. ამის კლასიკურ ნიმუშად ითვლება ფრაზა “წიწილები მზადაა საჭმელად”. ეს ფრაზა ორგვარად შეიძლება გავიგოთ: ან წიწილები უნდა ჭამონ, ან წიწილებს უნდა აჭამონ. კიდევ მაგალითი: 1. გაზაფხულდა ბუჩქის ძირას, თავს იწონებს ნაზი ია. 2. გაზაფხულდა, ბუჩქის ძირას თავს იწონებს ნაზი ია. ორაზროვანია მძიმის მიხედვით. მორფოლოგია/ სინტაქსი ამის გასარჩევად უძღურია. უნდა მივმართოთ სხვა დონეს, სხვა პლანს, შესაძლებელია ჩავრთოთ სიტუაცია, თემა/რემა და ა. შ. ეს ნიმუშები მცირედი ნაწილია სირთულეებისა, მაგრამ მიუხედავად სირთულეებისა, როგორც ამბობენ ხოლმე, ამოცანა ამოხსნადია. ენობრივი მოვლენები გარკვეულ კანონზომიერებას ექვემდებარება, თუმცა უმეტესად ისინი იმპლიციტურნი არიან. საჭიროა მათი გამოვლენა, ცხადი სახით წარმოდგენა, სადაც მოხერხდება ზოგადი კანონების, წესების გამოყვანა. ზოგადი წესების გვერდით, რა თქმა უნდა, არსებობს გამონაკლისებიც (კერძო წესები).

კომპიუტერული სინთეზური სისტემა შინაარსს (ლექსემა/ გრამემებს) შეუსაბამებს გამოხატულებას (ფუძე/აფიქსებს) ანუ აგებს სიტყვა-ფორმას, ანალიზური სისტემა პირიქით, გამოხატულებას (ფუძე/აფიქსებს) უსადაგებს შესაბამის შინაარსს ანუ შლის სიტყვაფორმას შემადგენელ ნაწილებად – კვალიფიცირებულ კომპონენტებად. თუ მთლიანად ენაზე განგავრცობთ სინთეზისა და ანალიზის დანიშნულებას, შეიძლება ითქვას, რომ სინთეზურ სისტემას ეკისრება ტექსტის (წერითი იქნება ის, თუ ზეპირი) აგება ანუ ტექსტთშემოქმედება, გარკვეულწილად ენათშემოქმედება. ამის გამო იგი შეიძლება შევადაროთ შემოქმედებით პროცესს, კერძოდ, ის, რაც ადამიანის თავში (ამ შავ ყუთში) არაცნობიერად თუ ქვეცნობიერად მიმდინარეობს, გამოვიტანოთ სააშკარაოზე, ანუ – იმპლიციტური ვაქციოთ ექსპლიციტურად. პროცედურა გამარტივებულად შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ: პიროვნების ნებასურვილის მიხედვით გამოიკვეთება სიტუაცია, თემა, რისი გამოხატვაც და სხვისთვის გაგვინება სურს მას, შეირჩევა სიტუაციის თუ თემის აღსაწერად შესაბამისი ერთეულები, მორფოლოგიის დონეზე – ლექსემები და გრამემები, რომელთა შესატყვისებიც გამოხატულების პლანში არსებობს ფუძეებისა და აფიქსების სახით. შედეგად ვიღებთ ტექსტს. ამ ორი პლანის ერთეულების ერთმანეთთან მისადაგება თუ ადეკვატურად მოხდა, სწორი ტექსტი აიგება, რაც სწორად წერას და სწორად მეტყველებას გულისხმობს. ეს იმას ნიშნავს, რომ სინთეზური სისტემის ამგები სრულ ინფორმაციას ფლობს იმის შესახებ, თუ რა ააგოს და რა საშუალებებით – მთელი ენობრივი ინვენტარი და ამ ინვენტარით მანიპულირების წესები გაცნობიერებული აქვს. ამ გარემოების გამო სისტემის ამგები ერთგვარად თავისუფალია პროცედურული რეჟიმის არჩევაში (რა თქმა უნდა, არჩევანი ოპტიმალური უნდა იყოს). პროცედურული რეჟიმის არჩევის თავისუფლება შემდეგს გულისხმობს (ვიფარგლებით მორფოლოგიური დონის ობიექტებით): სინთეზირებისას ამგების ნება-სურვილზე და მოკიდებულია რა რიგითობა დაიცვას, რას მიანიჭოს პრიორიტეტი, ანუ ჯერ ზმნის ამგები წესები შექმნას, თუ სახელისა, ჯერ პრეფიქსებს მიხედოს, შემდეგ – სუფიქსებს, თუ პირიქით, ანდა ჯერ ფორმაწარმოებას მოუაროს თუ სიტყვაწარმოებას და ა.შ. აქედან გამომდინარე, რამდენადაც მთელი ენობრივი მასალა სინთეზის შემთხვევაში იდენტურობის პრინციპით ლაგდება (ერთი მნიშვნელობისა ერთად), წესებიც (ალგორითმი) იდენტურობის პრინციპიდან ამოსვლით შეიძლება შექმნათ. ანალიზური სისტემის შექმნისას, რამდენადაც მას სიტყვაფორმის დაშლა ევალება, ერთობ შეზღუდული ვართ. თუ სინთეზური სისტემის აგებისას მოძრაობის ტრაექტორია დამოკიდებულია სისტემის ამგების, ასე ვთქვათ, ნება-სურვილზე, ანალიზური სისტემის შემთხვევაში თვით სიტყვაფორმა განაგებს მოძრაობის მიმართულებას, ენობრივი მასალის დალაგებას და შესაბამისად, ალგორითმის ხასიათს – იდენტურ ოდენობათა ერთად თავმოყრა ხშირად არც ხერხდება. ამიტომ თავისი აგებულებით ანალიზური სისტემა-ალგორითმი განსხვავებულია სინთეზური სისტემა-ალგორითმისაგან. გარდა აგებულებისა, ამ ორ (ანალიზურ/სინთეზურ) სისტემას ერთმანეთისაგან პრობლემებიც განსხვავებული აქვს. სინთეზის პრობლემას სინონიმია წარმოადგენს, ანალიზისას – ომონიმია. ომონიმურ სიტუაციას და, აქედან გამომდინარე, დამატებით თავისებურ დაბრკოლებას ქმნის ქართული სიტყვაფორმებისთვის დამახასიათებელი პრეფიქსიანობა – პრეფიქსი შეიძლება დაემთხვას ფუძის დასაწყისს და არის საშიშროება, ეს უკანასკნელი ჩაითვალოს მარკერად. ეს შემთხვევაც აგრეთვე მოსაგვარებელ საკითხთა წრეს განეკუთვნება. ანალიზური სისტემის ავტორი თავისუფალია ანალიზის ჩატარების მხოლოდ სასტარტო ეტაპის არჩევაში, კერძოდ, ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს სიტყვაფორმის დასაწყისიდან, სიტყვაფორმის ბოლოდან და აგრეთვე უშუალოდ ფუძის მოძიებით. რა თქმა უნდა, ჩამოთვლილთაგან ოპტიმალური ვარიანტია შესარჩევი. ჩვენ წინაშეც იდგა საკითხი, პრეფიქსებიდან დაგვეწყოს ანალიზი თუ სუფიქსებიდან, ანუ მარცხნიდან მარჯვნივ მიმართულებით გვემოძრავა, თუ მარჯვნიდან მარცხნივ. უპირატესობა მაინც პირველ ვარიანტს მიეცა, რადგან:

1. სიტყვაფორმის ანალიზის დაწყება სუფიქსებიდან (ბოლოდან) ისეთივე პრობლემურია (თუ უფრო მეტად არა), როგორც ანალიზის პრეფიქსებიდან (სიტყვის დასაწყისიდან) ჩატარება. ამაში დაგვარწმუნა ზმნის საწყისის (ზმნის სხვა ფორმებთან შედარებით მარტივი აგებულების მქონე) ფორმების ბოლოდან ანალიზის ცდამ.

2. მაინც ძლიერი ფაქტორია ის, რომ ვკითხულობთ და ეწერთ მარცხნიდან მარჯვნივ. ამიტომ ვთვლით, რომ ქართულისთვის ავტომატური ანალიზის ჩატარება სიტყვაფორმის დასაწყისიდან (მარცხნიდან მარჯვნივ) ისეთივე ბუნებრივი პროცედურაა, ბუნებრივი

აქტია, როგორც კითხვა და წერა მარცხნიდან მარჯვნივ (მით უმეტეს, მეორე ვარიანტი – მარჯვნიდან მარცხნივ – არავითარ შედეგს არ იძლევა).

მიუხედავად კონკრეტულ საკითხთა გადაწყვეტის გზების სხვაობისა, შესასწავლი ობიექტი სინთეზს და ანალიზს ერთი აქტით – ენა თავისი ენობრივი ფაქტებით და მოვლენებით.

ენის სისტემური ხასიათიდან გამომდინარე, მასში (ენაში) დადასტურებული ენობრივი პროცესები უმეტესად რეგულარულ ხასიათს ატარებს, გარკვეულ წესებს ემორჩილება. მაგრამ ისიც ენის თვისებაა, რეგულარულთან ერთად გვიჩვენოს არა ერთი გადახვევა წესიდან. ყოველივე ეს სათანადოდ უნდა იქნეს ასახული სისტემაში (თუ კი გვინდა, რომ სისტემამ იმუშაოს).

სისტემის – ალგორითმის შექმნისას ყურადღება გამახვილებულია იმაზე (და ეს პრინციპად გაპყვება საერთოდ მთელს სამუშაოს), რომ შემუშავებული წესი გავრცელდეს რაც შეიძლება დიდ ენობრივ არეალზე. მოიცვას მეტი ენობრივი მასალა. ამასთან, წესის ჩანაწერი სასურველია (თუ აუცილებელი არა) შეძლებისდაგვარად იყოს გამჭვირვალე და ადეკვატური, სრულიად მომზადებული მანქანური რეალიზაციისათვის. ერთი შეხედვით, ამოცანა თითქოს ტექნიკური (თუ მექანიკური) ხასიათისა ჩანს. ერთი მხრივ, ეს ასეც არის, რაც თავისთავად დაკავშირებულია მეტად შრომატევად და ხშირად რთულად მოსაგვარებელ სამუშაოსთან. შედეგად ენის პრაგმატულ-საკომუნიკაციო ფუნქციის ანალოგიური დანიშნულებისათვის სისტემა მზად არის. მაგრამ, მეორე მხრივ, ენობრივი კომპიუტერული სისტემის აგება-დამუშავება უკავშირდება პრინციპული ხასიათის თეორიულ პრობლემებსაც, რომელთა გადაწყვეტის გარეშე ენის პრაგმატული მხარის საკითხები არ გვარდება. აქედან გამომდინარე, სისტემა იგება ორივე მხარის – თეორიულ (კონცეპტუალურ) და პრაგმატულ-საკომუნიკაციო წინამძღვრებზე დაყრდნობით. ერთი განაპირობებს მეორეს და პირიქით.

ბუნებრივია, ენობრივი ფაქტებისა და მოვლენების მიმართ არსებული საგან (ტრადიციულისაგან) განსხვავებულმა მიდგომამ (რაც გამოწვეულია მეცნიერებისა და ტექნიკის უდიდესი მონაპოვართ – კომპიუტერული ინდუსტრიით) განსხვავებული მოსაზრებები გააჩინა (ზოგჯერ სადავო, ზოგჯერ ჰიპოტეზური ხასიათის მქონე, უმეტესად კი დაზუსტებული და მართებული) როგორც თეორიულ, ისე პრაქტიკულ სფეროში.

სურვილი, დაგვეძლია ენის ფორმალური მეთოდით შესწავლის სირთულე, გარდა თვით პრობლემის არსის მომხიბვლელობისა, თემის აქტუალობითაც არის განპირობებული. სწორად წერას და სწორად მეტყველებას შეშველება სჭირდება – გლობალური ხასიათი მიიღო ქართულ ენაზე მეტყველთა მიერ დაშვებულმა შეცდომებმა, მათ ქმედითი დახმარება სჭირდებათ პრაქტიკული წესებისა თუ რჩევების სახით.

აღსანიშნავია ასეთი ფაქტიც: ქართული არის მსოფლიოში ერთ-ერთი იმ მცირეთაგანი, ხოლო იბერიულ და კავკასიურ ენათა ოჯახებში ერთადერთი ენა, რომელსაც საკუთარი დამწერლობა და მრავალსაუკუნოვანი ლიტერატურა აქვს. არაერთი მეცნიერი ქართულს უძველესი ცივილიზაციის ენებსაც აკუთვნებს. ამიტომ, ალბათ, არ არის გასაკვირი ენის დარგში მომუშავეთა დიდი სურვილი მეცნიერებისა და ტექნიკის უდიდეს მონაპოვართა გამოზარებელი ცივილიზებული ერების ენათა რიგში ქართული ენაც იდგეს, ანუ, როგორც ამბობენ ხოლმე, "შინა ენად" არ იქცეს. ვფიქრობთ, მოვალეც არის ყველა ის პირი, ვისაც შეუძლია რაიმე წვდილის შეტანა საქმეში, ამ ამოცანას ემსახუროს. დღეს, როცა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა ეთმობოდეს ქართული ენის სიწმინდის დაცვის საკითხს, საშურიცაა ისეთი სისტემების შექმნა, რომლებიც მოემსახურებიან სწორად წერას და სწორად მეტყველებას.

ქართული ენის კომპიუტერიზაციის კონცეფციები

ლ. მარბველანი

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ქართული ენის მოდელირებისა და კომპიუტერიზაციის კონცეფციები და მასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაჭრის გზები.

THE CONCEPTIONS OF THE GEORGIAN LANGUAGE COMPUTERIZATION

L. MARGVELANI

Summary

The conceptions of both computerization and modeling of the Georgian language, also the ways of the solution of related to them problems are considered in the work..

КОНЦЕПЦИИ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ГРУЗИНСКОГО ЯЗЫКА

Л. МАРГВЕЛАНИ

Резюме

Рассматриваются концепции моделирования и компьютеризации Грузинского языка и пути решения касающихся проблем.

ლიტერატურა – REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. მარგველანი ლ., ქართული ენის კომპიუტერული მოდელები (მონოგრაფია), თბილისი, 2008.
2. Апресян Ю. Д., Современные методы изучения значений и некоторые проблемы структурной лингвистики. Сборник "Проблемы структурной лингвистики", 1963.
3. Маргвелანი Л. П. О семантической модели для диалоговых систем; Языковые процессоры и распознавание речи. Труды института систем управления Академии наук Грузии, XXII; XXIII:2. Изд. "Мецниереба", Тбилиси, 1985, стр. 3-13.
4. მარგველანი ლ. ქართული სიტყვაფორმების კომპიუტერული სინთეზის საკითხები; საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. 1997 წ. გვ. 142-149.
5. Чикоидзе Г. Б. Сетевое представление морфологических процессоров, изд.-ство «Интеллекти», Тбилиси, 2004.
6. მარგველანი ლ. სინთეზურ-ანალიზურ პროცესორებზე დაფუძნებული სპელჩეკერი ქართული ენისათვის; საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. 2001 წ. გვ. 134-138.

ი თემისნიშნისანი მედიოაქტივების ზმნური მოდელები
ელექტრონული ლექსიკონისთვის

6. ჰაბაშვილი

ninojavashvili@yahoo.com

ელექტრონული ლექსიკონისთვის ზმნური მოდელების (არა მხოლოდ ი თემისნიშნისანი მედიოაქტივების) სტატიაში მოცემული სახით წარმოდგენა გამოწვეულია, ერთი მხრივ, ტრადიციული ლინგვისტური ცოდნის და, მეორე მხრივ, ექსპერტული სისტემის მოთხოვნების გათვალისწინებით. სისტემას მიეწოდება ექსპერტი ლინგვისტის მიერ გრამატიკულად სწორად აგებული პარადიგმა, რომელიც შემდეგ ტიპურ პარადიგმად ანუ მოდელად მიიჩნევა. ტიპური პარადიგმა მოიცავს ე.წ. “ქულს” შესაბამისი ძირითადი გრამატიკული მახასიათებლებით და საკუთრივ პარადიგმას, რომლის სათანადო დამუშავების შემდეგ შეიქმნება მორფოლოგიური წესი/მოდელი და ჩაიწერება წესებისა და ამოსავალ სიტყვაფორმათა ბაზაში. წესად მიჩნეული პარადიგმით სისტემა იძენს “ცოდნას” და ამ “ცოდნის” საფუძველზე ხდება ელექტრონული ლექსიკონის შედგენა. ვრცელი ინფორმაცია სისტემის მუშაობის პრინციპებისა და მისი საშუალებით ბაზების სწრაფი და ეფექტური შევსების შესახებ აღწერილია ნაშრომებში: [1], [2], [3], ხოლო ლექსიკონის სტრუქტურა – [4]-[5]-ში.

სტატიაში წარმოდგენილი მოდელები არ არის დაფუძნებული მხოლოდ ლინგვისტური ხასიათის კვლევებზე. ექსპერტული სისტემის სპეციფიკიდან გამომდინარე, ზოგ შემთხვევაში მოდელები იქმნება ტექნიკური ხასიათის თავისებურების გათვალისწინებითაც. სისტემის სპეციფიკაში იგულისხმება პროგრამის მუშაობის პრინციპი, რომ ერთ მოდელში/წესში გაერთიანებულია ფორმალური წარმოების თვალსაზრისით აბსოლუტურად ერთნაირი პარადიგმები. მაგალითად, დ. მელიქიშვილის “ქართული ზმნის უღლების სისტემის” [7] მიხედვით ერთ ტიპში გაერთიანებული ი თემისნიშნისანი მედიოაქტივები *იღვწის-იღვწებს, იცინის-(გა)იცინებს, ჯობნის-აჯობებს* და მისთ. ჩვენი სისტემის მიერ სხვადასხვა წესით ჩაიწერება, ანუ სხვადასხვა მოდელით იქნება წარმოდგენილი იმიტომ, რომ I შემთხვევაში აწმყოში ფუძე შეკუმშულია (*იღვწის*), მყოფადში და II სერიაში კი არა – (*იღვწებს*). II შემთხვევაში – *იცინის* ზმნას მყოფადში და სხვა დანარჩენ მწკრივებში სრული ასპექტის გამოსახატავად შეიძლება დაერთოს ზმნისწინი (*გა)იცინებს*, III მაგალითში კი აწმყოს ფორმებში შენარჩუნებულია ფუძისეული ნ (*ჯობნის*). ამ ფორმალური განსხვავებების გამო, სისტემა მათ ერთი წესით ვერ ჩაწერს, ვინაიდან, პროგრამა წესად/მოდელად მხოლოდ წარმოების თვალსაზრისით აბსოლუტურად მსგავს პარადიგმებს აღიქვამს. თუმცა პარადიგმის “ქული” ყველა ამ მოდელს საერთო ექნება, ანუ მიეთითება ერთნაირი გრამატიკული მახასიათებლები.

მოდელებისთვის პარადიგმების შედგენისას ძირითადად დავეყრდნით ა. შანიძის [6], დ. მელიქიშვილისა [7] და ნ. ჯორბენაძის [8] ნაშრომებს. მოდელების წარმოსადგენად გამოვიყენეთ დ. მელიქიშვილის კლასიფიკაცია, რომელსაც დაემატა ექსპერტული სისტემის მიერ ამა თუ იმ (ხშირად ტექნიკური) მიზეზით გამოყოფილი მოდელები.

მონაცემთა ბაზაში ყველა მოდელს თავისი სახელი ანუ მარკერი აქვს, რომელიც, რასაკვირველია, პირობითია და შერჩეულია ისე, რომ მარკერმა ასახოს მოდელის შინაარსი და გაამარტივოს წესის მოძებნა. მარკერი ორი ნაწილისგან შედგება – წერტილამდე და წერტილის შემდეგ. წერტილის მარცხენა მხარეს მითითებულია წესის/მოდელის მარკერი და მახასიათებლის ნომერი, რომელსაც ირჩევს ექსპერტი (ვინც ბაზას ავსებს), წერტილის მარჯვენა მხარეს კი – წესის ნომერი, რომელსაც ანიჭებს სისტემა. ზმნებისთვის ყველა წესის მარკერი იწყება ზმნის (verb) ლათინური სახელწოდების პირველი ასოთი (v), მას მოჰყვება გვარის და სხვა კატეგორიების აღმნიშვნელი სიმბოლოები და ბოლოს, სისტემის მიერ მინიჭებული ნომრები. საშუალო გვარის ზმნების საერთო სახელია vmed, რომელსაც ემატება თემის ნიშანი (ამ შემთხვევაში i) და შემდეგ ნომრები. ერთი მარკერის ფარგლებში წესების რაოდენობა შეზღუდული არ არის.

წარმოვიდგინო ზმნური მოდელების ნიმუშებს. თითოეული მოდელი იწყება მარკერით და ზმნის ამოსავალი ფორმით (ზმნის ამოსავალ ფორმად, იშვიათი გამონაკლისის გარდა, მიჩნეულია მყოფადის მხოლოდითი რიცხვის III პირის ფორმა):

ზმნები, რომელთაც აწმყოშიც ახლავს ი- პრეფიქსი:

vmedi.1.6 (და)იკვებებს, (და)იძახებს

vmedi.1.8 იღვაწებს

vmedi.1.15 (გა)იციინებს

vmedi.1.16 (გა)იღიმებს

[7]-ში ამავე კლასშია ზმნები, რომელთაც, მართალია, აწმყოში არ აქვთ ი- პრეფიქსი, მაგრამ ისინიც, ზემოთ წარმოდგენილი ზმნების მსგავსად, ლაბიალურგარდამავალია (თუმცა ჩვენი სისტემისთვის ამას არსებითი მნიშვნელობა არ აქვს).

vmedi.1.5 (და)იკვებებს, (და)იჭყვირებს, (და)იხენეშებს, (და)იყვირებს.

vmedi.1.9 იმღერებს, იტირებს.

ერთი მოდელით არის წარმოდგენილი -ნ სუფიქსიანი საწყისის მქონე ზმნები: *vmedi.1.17 აჯობებს, აკოცებს.*

რამდენიმე მოდელით არის წარმოდგენილი ზმნები, რომელთა ფუძეც ძირითადად ბოლოვდება ავ, ივ, უვ მარცვლებზე:

vmedi.1.60 ბღვის, ბზვის.

vmedi.1.61 ბღავის.

vmedi.1.63 ფშვის, ფვის, ფხვის, ქშვის, ღვის, შვის, შხვის.

vmedi.1.64 ღნავის, ღვივის, შხივის, ყივის, ყვავის.

ავ, ივ, უვ დაბოლოებები, ექსპერტული სისტემის სპეციფიკიდან გამომდინარე, ხშირად იწვევს ლინგვისტურად ერთნაირი ზმნების სხვადასხვა მოდელით წარმოდგენას აწმყოში ფუძისეული ვ-ს დაკარგვის გამო. მაგ. *ბღავის-იბღავლებს* და *ბღუ(ვ)ის-იბღუველებს*:

vmedi.1.3 (და)იბღავლებს, (და)იხიველებს, (და)იხნავლებს, (და)იჯღავლებს, (და)იკიველებს და ა.შ.

vmedi.1.4 (და)იბღუველებს, (და)იბზუველებს (და)იღმუველებს, (და)იწკმუველებს, (და)იემუველებს, (და)იზმუველებს და ა.შ.

ამავე ტიპის ზმნები ცალკე მოდელით არის ჩაწერილი იმის გამო, რომ აწმყოს წრის ფორმები არ გააჩნიათ და კიდევ ზმნისწინთა სხვადასხვაობის გამო:

vmedi.1.31 ამოიბღავლებს, ამოიხნავლებს, ამოიღნავლებს, ამოიემუველებს, ამოიზმუველებს და ა.შ.

-ოლ სუფიქსიანი საწყისის მქონე ზმნები, რომელთაც აწმყოში არ აქვთ სუფიქსი. ესენია კრთის, ქრის, თრთის და ძრწის:

vmedi.1.2 იკრთოლებს, იქროლებს, ითრთოლებს, იძრწოლებს.

აქვეა იბრძვის – *vmedi.1.1 (გა)იბრძოლებს.*

ზოგ მოდელს მხოლოდ აწმყოს ფორმები აქვს:

vmedi.1.32 ბარდნის

vmedi.1.23 შეჭვერის და ა.შ.

მოდელები, რომლებიც მხოლოდ აწმყოს ჯგუფის ფორმებს აწარმოებენ და აწმყოშივე დაირთავენ ზმნისწინებს. ამ შემთხვევაში ზმნისწინები არა ასპექტის, არამედ მიმართულების, სახელო ლოკაციის ან ინტენსივობის გამომხატველია.

და- ზმნისწინი ერთპირიანებთან ინტენსივობას გამოხატავს:

vmedi.1.24 დაქრის, დარბის, დახტის, დაძრწის და ა.შ. (მეშველზმნიანი ფორმებია)

vmedi.1.25 დაბღვის, დაბზვის, დანათის, დანატრის და ა.შ.

ორპირიანებთან კი გადმოსცემს ზემოდან ქვემოთ მოქმედებას:

vmedi.1.23 დაჰკრთის, დაჰხარის, დაჰყვირის, დასტირის, დასძახის და ა.შ.

შე- ზმნისწინი ორპირიანებთან ქვემოთ ზემოთ მოქმედებას გადმოსცემს, ჩა- ზმნისწინი კი, პირიქით, – ზემოდან ქვემოთ:

vmedi.1.23 შეჰბზვის, შეჰყმუის, შეჰყვირის, შესცინის, შესცქერის, შესტირის, ჩაჰყმუის, ჩაჰყვირის, ჩასცქერის, ჩასტირის და ა.შ.

გა- ზმნისწინი გარკვეული ტიპის ზმნებთან (კივის, წივის ყვირის) მოქმედების ინტენსივობას თუ დიდ დიაპაზონს გამოხატავს:

vmedi.1.23 გაჰყმუის, გაჰყვირის, გასცქერის, გასძახის და ა.შ.

ინტენსიური მოქმედების გამომხატველი მოდელები:

vmedi.1.25 მოიხქარის, მოიმღერის, მოიხქარის, მოიმღერის, მოშხვის, შეღიმის, და ა.შ.

vmedi.1.41 მოიწწრავის

vmedi.1.43 მოელის

vmedi1.48 გამოსვლების

მიმართულების ზმნისწინები დაერთვის მოძრაობის გამომხატველ ზმნებს. მოდელების სხვადასხვაობას იწვევს ზმნისწინთა მარცვლების რაოდენობა. ერთმარცვლიანები ერთ მოდელებში ერთიანდებიან, ორიანები – მეორეში:

vmedi1.25 მოშხუის, მიშხუის და ა.შ.

vmedi1.37 გამოშხუის და ა.შ.

vmedi1.24 შერბის, ხარბის, გარბის, მირბის, მორბის და ა.შ.

vmedi1.50 ჩამორბის, გადარბის, გამორბის, მიმოქრის, შემოქრის, შემორბის და ა.შ.

შევეცადეთ სტატიაში მოკლედ გვეჩვენებინა ექსპერტული სისტემის მიერ მოდელების შექმნის პრინციპები. ჩვენი აზრით, ელექტრონული ლექსიკონის შევსების ასეთი სისტემა ძალიან მოსახერხებელია. მას ის უპირატესობა აქვს, რომ ექსპერტი-ლინგვისტის მიერ გრამატიკული ცოდნის მიხედვით კლასიფიცირებული პარადიგმებიდან სისტემას არ გამოეპარება თუნდაც ერთი ასოთი განსხვავებული პარადიგმა, რის შესახებაც დაუყოვნებლივ აცობინებს ლექსიკონის შემსვებს. ლინგვისტის მიერ სათანადო დამუშავების შემდეგ სისტემა ამ პარადიგმას ცალკე წესად ჩაწერს.

ამჟამად ბაზაში გვაქვს დაახლოებით 33 000 ზმნური პარადიგმა. აქედან საშუალო გვარისაა 3286, რომელთა ჩაწერასაც დასჭირდა 269 მოდელები. ი თემისნიშნიანი 353 მედიოაქტიური ზმნა ჩაიწერა 110 მოდელებით.

О ТЕМИСНИШНИАНИ МЕДИОАКТИВНЫХ ЗМНУРИ МОДЕЛИ
ელექტრონული ლექსიკონისთვის

ბ. ჯავაშვილი

რეზიუმე

ელექტრონული ლექსიკონებისთვის, ისევე როგორც ნებისმიერი ლექსიკონისთვის, საჭიროა სათანადო ცოდნითა და წესებით შევსებული მონაცემთა ბაზები. ჩვენ მიერ გამოყენებული ცოდნის დაგროვების ექსპერტული სისტემის დახმარებით ბაზები ივსება წესებით, რომლებიც დაფუძნებულია გრამატიკულად სწორ პარადიგმებზე. ნაშრომში წარმოდგენილია ქართული ენის მონაცემთა ბაზის/ლექსიკონის ზმნური კომპონენტის ერთ-ერთი ქვეჯგუფი, კერძოდ, ი თემისნიშნიანი მედიოაქტივი მოდელები.

**VERBAL MODELS OF MEDIOACTIVE VERBS WITH i THEMATIC MARKER
FOR ELECTRONIC DICTIONARY**

N. JAVASHVILI

Summary

Data basis filled with proper knowledge and rules is necessary for electrical dictionaries as well as for any other dictionaries. Due to our knowledge storing computational expert system bases are filled with rules which are based on grammatically correct paradigms. The medium voice models with i thematic marker which are one of the subgroups of verb component of Georgian language data basis are considered in the work.

**МОДЕЛИ ГЛАГОЛОВ СРЕДНЕГО ЗАЛОГА С ТЕМАТИЧЕСКИМ МАРКЕРОМ i
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО СЛОВАРЯ**

Н. ДЖАВАШВИЛИ

Резюме

Для электронных словарей, так же как для любого словаря, необходимы базы данных, заполненных соответствующими знаниями и правилами. При использовании компьютерной экспертной системы накопленных знаний базы заполняются правилами, которые основаны на

грамматически правильных парадигмах. В статье представлен глагольный компонент одной из подгрупп базы данных грузинского языка, в частности, модели среднего залога (в основном медиаактивы) с тематическим маркером *i*.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ლორთქიფანიძე ლ., ლინგვისტური კვლევების ხელშემწყობი ავტომატური სისტემების შემუშავება და გამოყენება. სადისერტაციო ნაშრომი, თბილისი, 2006.
2. Lortkipanidze L. Record and reproduction of morphological functions. Proceedings of the 5th Tbilisi Symposium on Language, Logic and Computation. ILLC, University of Amsterdam CLLS, Tbilisi State University, 2003.pp. 105-111.
3. ლორთქიფანიძე ლ. მორფოლოგიური ხერხები და მორფოლოგიური ნიშნები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომების კრებული №9, თბილისი, 2005, გვ. 275-282.
4. ჯავახიშვილი ნ., საშუალო გვარის ზმნების კლასიფიკაცია ექსპერტული სისტემის მიხედვით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №14, 2010, გვ. 193-199.
5. ჯავახიშვილი ნ., ებ თემისნიშნისანი მედიოაქტივების კლასიფიკაცია ელექტრონული ლექსიკონისთვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №15, 2011, გვ. 203-208.
6. შანიძე ა., თხზულებანი თორმეტ ტომად, ტ. III, ქართული ენის გრამატიკის საფუძვლები, თბილისი, 1980.
7. მელიქიშვილი დ., ქართული ზმნის უღლების სისტემა. გამომცემლობა “ლოგოს პრესი”, თბილისი, 2001.
8. ჯორბენაძე ნ., საშუალო გვარის ზმნათა უღლების სისტემა თანამედროვე ქართულში, სადისერტაციო ნაშრომი, თბილისი, 2006, <http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/coll/0002/000049/>

**წინადადების უშუალო შემადგენლური სტრუქტურა და სინონიმური
ჩანაცვლებები სახელურ ფრაზაში**

ა. ჩუტკერაშვილი

annachutkerashvili@yahoo.com

სინტაქსური სტრუქტურის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდია მისი უშუალო შემადგენლური სტრუქტურით წარმოდგენა, როცა წინადადება მოცემულია მოდელებისა და მათი გაშლების მიმართებების სახით, მაგალითად წინადადება “პატარა ბიჭი თამაშობს ბურთს” წარმოადგენს “ბიჭი თამაშობს”, ან ბავშვი უყურებს”, “კაცი ჭამს” და სხვა მოდელის გაშლას. ყველა ამ ტიპის წინადადება განეკუთვნება წინადადებათა საერთო ტიპს, რომელსაც შეიძლება ვუწოდოთ სუბიექტ-პრედიკატული წინადადება, ანუ მოქმედი-მოქმედება ტიპის წინადადება.

ადვილი დასაინახია, რომ ამ მოდელებში პირველ ადგილას წარმოდგენილია არსებითი სახელები (ან ნაცვალსახელები) გარკვეულ ფორმაში, ან მათი სხვადასხვა გაშლა, ხოლო მეორე ადგილას წარმოდგენილია ზმნის პირიანი ფორმა, რომელიც ხასიათდება გარკვეული კონკრეტული მახასიათებლებით. ამგვარად, მოქმედება-მოქმედი ტიპის წინადადებაში გამოიყოფა ორი უშუალო შემადგენელი. წინადადების ეს ტიპი ყველაზე უფრო გავრცელებულია სხვადასხვა ენაში, თუმცა ზოგან იგი შეიძლება მხოლოდ ერთ სიტყვას შეიცავდეს. ასე, მაგალითად “ვწერ” (ქართ.), scribo (ლათ.), განსხვავებით ინგლისურისა და გერმანულისგან, სადაც უსათუოდ ორი შემადგენელია წარმოდგენილი.

თუ ფრაზის ერთ-ერთი შემადგენელი იმავე სტრუქტურული ფუნქციით ხასიათდება, რითაც მთელი ფრაზა, ე.ი., ამ შემადგენლის გამოყენება მთელი ფრაზის ნაცვლად არ არღვევს ფრაზის კონსტრუქციის სისწორეს, ფრაზა ენდოცენტრულია, ანუ შიდაცენტრული. მაგალითად, “პატარა გოგო” ენდოცენტრული ფრაზაა, რამდენადაც მისი ერთ-ერთი შემადგენელი “გოგო” – იმავე ფუნქციით ხასიათდება, რითაც მთელი ფრაზა “პატარა გოგო თამაშობს”, ფრაზაში “პატარა გოგო”-ს ნაცვლად რომ ჩავსვათ “გოგო”, მთელი ფრაზა ისევ გრამატიკულად სწორი და ისევ მოქმედება-მოქმედი ტიპისაა.

ის შემადგენელი, რომელიც იმავე ფუნქციით ხასიათდება რაც მთელი ფრაზა, წარმოადგენს ამ ფრაზის ბირთვს, ხოლო მეორე შემადგენელი არის ატრიბუტი, ანუ სატელიტი. “გოგო” არის ბირთვი ფრაზისა “პატარა გოგო”, ხოლო “პატარა” არის ამ ფრაზის ატრიბუტი. “კარგად თამაშობს” ფრაზის ბირთვია “თამაშობს”, ხოლო “კარგად” არის ამ ფრაზის ატრიბუტი.

ატრიბუტულ ენდოცენტრულ კონსტრუქციაში წევრებს შორის დამოკიდებულება ქვეწიქსობილია – ბირთვი წარმოადგენს დომინანტ შემადგენელს, ხოლო ატრიბუტი – დაქვემდებარებულს. წინადადების წევრების ტერმინებში ეს შეიძლება იყოს საზღვრული და მისი მსაზღვრელი: სხვადასხვა სახის განსაზღვრება არსებითი სახელით გამოხატული წევრების მიმართ, ქვემდებარის, დამატების მიმართ, ანდა შემასმენელი და მისი მსაზღვრელები – სხვადასხვა სახის გარემოებები.

ენდოცენტრული კონსტრუქცია შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ატრიბუტის გარეშე, მხოლოდ ბირთვებისგან შედგენილი, მაგალითად, დედა და მამა. თუ ენდოცენტრული ფრაზა მხოლოდ ბირთვისაგან შედგება, მის შემადგენლებს შორის მიმართება არის თანწყობის მიმართება, ანუ არც ერთი შემადგენელი არის დომინანტი, ან დაქვემდებარებული წევრი.

შეიძლება ასე მოხდეს, რომ რომელიმე წინადადების უშუალო შემადგენლებად თანმიმდევრული დაშლის დროს მივიღოთ ბირთვი და სატელიტი, ხოლო მომდევნო დონეზე წინა დონის ბირთვი, თავის მხრივ, დაიშალოს ბირთვად და სატელიტად და ა.შ. ასეთი დაყოფის შედეგად მივაღწეოთ საბოლოო ბირთვამდე, რომელიც იქნება მთელი კონსტრუქციის ცენტრი.

წინადადება წარმოადგენს ორგანიზებულ მთლიანობას, რომლის ელემენტებია სიტყვები. ეს სიტყვები წინადადებაში აღარ არის ისე იზოლირებული როგორც ლექსიკონში და მიმართებებს ამყარებენ სხვა სიტყვებთან, რომელთა ერთობლიობაც ქმნის სწორედ წინადადების ჩონჩხს, ანუ სტრუქტურას.

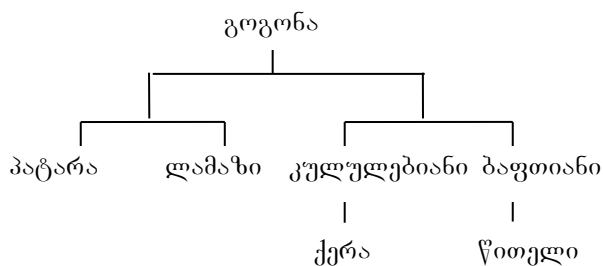
სინტაქსურ კავშირებს ისეთი სახე აქვთ, რომ ისინი რომელიმე მოცემულ ზემოთ მდგომ ელემენტს უკავშირებენ დაბლა მდგომ ელემენტს, ე.ი. ეს კავშირები იერარქიულია. ზემოთ მდგომ ელემენტს ეწოდება მმართველი, ხოლო დაბლა მდგომს –

მართული ან დაქვემდებარებული. მაგალითად, “ბავშვი თამაშობს” “თამაშობს” არის მმართველი, ხოლო “ბავშვი” კი მართული. წინადადებაში ერთი და იგივე წევრი შეიძლება იყოს ერთის მხრივ მმართველი, ხოლო მეორე მხრივ – მართული. მაგალითად, “პატარა ბავშვი თამაშობს” “ბავშვი” მართავს სიტყვას “პატარა”, ამავდროულად თავადაც არის მართული “თამაშობს” სიტყვით. თუ მმართველი ელემენტი ერთ ან მეტ მართულ ელემენტს იქვემდებარებს, მაშინ იგი ქმნის ე.წ. კვანძს. მაგალითად, “პატარა ბავშვი მღერის ლამაზ სიმღერას”, “მღერის” წარმოადგენს ე.წ. ცენტრალურ კვანძს, რომელიც ხშირ შემთხვევაში არის ზმნა.

წინადადებას თუ დავეყოფთ ზმნურ და სახელურ ნაწილებად $S \rightarrow NP + VP$, მაშინ სახელური ნაწილის (NP) შემთხვევაში, როგორც წესი, მმართველ ელემენტს, ბირთვს არსებითი სახელი წარმოადგენს, ზმნური ფრაზის (VP) შემთხვევაში კი ზმნა. მთლიანი წინადადების შემთხვევაში კი ცენტრალურ ელემენტს ზმნა წარმოადგენს. ლ. ტენიერის გრამატიკაში [?] საკმაო ადგილი ეთმობა ისეთი ცნებების გამოყენებას, როგორებიცაა სტრუქტურა და ფუნქცია, სტრუქტურული პლანი და სემანტიკური პლანი. სემანტიკურ მიმართებებში მთავარი წევრი განსაზღვრულია დაქვემდებარებული წევრით, დაქვემდებარებული წევრი ახასიათებს მთავარ წევრს. წინადადებაში არ არის განსაზღვრული დაქვემდებარებული წევრების რაოდენობა. სახელური ფრაზის შემთხვევაში არსებით სახელს შეიძლება ახასიათებდეს ერთი ან რამდენიმე ატრიბუტი, ასევეა ზმნური ფრაზის შემთხვევაში – ზმნას შეიძლება ახასიათებდეს განუსაზღვრელი რაოდენობა სირკონსტანტებისა. სირკონსტანტები წარმოადგენენ გარემოებებს, რომელშიც ხდება ესა თუ ის მოქმედება. ამ ფუნქციის შესრულებას თავის თავზე იღებს ზმნიზედა, ან სიტყვათა ჯგუფი, რომელიც ფუნქციურად ზმნიზედის ეკვივალენტულია. ზოგ შემთხვევაში სირკონსტანტის ფუნქცია შეიძლება სახელურმა ფრაზამ იტვირთოს, ანუ განსაზღვროს ზმნით გადმოცემული მოქმედება. ბირთვთან დაკავშირებული ატრიბუტებისა თუ სირკონსტანტების მიმართ განლაგების რიგი, როგორც წესი, განსაზღვრულია. მოქმედების ვითარების გამომხატველი სირკონსტანტები, როგორც წესი, წინ უსწრებენ ზოგადი დროის აღმნიშვნელ სირკონსტანტებს. ზოგადი დროის აღმნიშვნელი სირკონსტანტები კი, თავის მხრივ, წინ უსწრებენ რაოდენობის აღმნიშვნელ სირკონსტანტებს და ა.შ. სახელის ატრიბუტების შემთხვევაშიც მასალის გამომხატველი მსაზღვრელი ყველაზე ახლოს არის ბირთვთან. ზოგიერთ ენაში ეს რიგი უფრო მკაცრად არის განსაზღვრული, ვიდრე სხვებში, თუმცა ისეთი თავისუფალი რიგის ენებშიც კი, როგორიც ქართულია, ატრიბუტთა ერთი მეორის მიმართ განლაგება, სინტაქსურად თუ არა სტილისტიკურად მაინც, არის შეზღუდული. გარკვეული უნივერსალურობა შეინიშნება ამ საკითხთან დაკავშირებით სხვადასხვა ენაში. ეს იმის მანიშნებელია, რომ ბირთვთან დაკავშირებული მსაზღვრელთა რიგი არა გრამატიკულად, არამედ ლოგიკურად არის განსაზღვრული.

სახელური ფრაზის შემადგენლები, რომლებიც განსაზღვრავენ არსებითი სახელის ანუ NP-ის ბირთვს, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ლაგდება ლოგიკური თანმიმდევრობით, თუ ცხადია, ჩვენ მხედველობაში გვაქვს სტილისტიკურად და ინფორმაციულად ნეიტრალური წინადადება. მაგ., ოთახში შემოვიდა პატარა, ლამაზი, ქერა კულულებიანი, წითელ ბაფთიანი გოგონა.

ამ წინადადებაში მოცემული გვაქვს ორი წვეილი სხვადასხვა ტიპის ზედსართავი სახელები: ვითარებითი ანუ პირველადი ზედსართავები – პატარა, ლამაზი; და მიმართებითი: ქერა კულულებიანი, წითელ ბაფთიანი; მიმართებითი ზედსართავები (კულულებიანი, ბაფთიანი) თავის მხრივ განსაზღვრულია ვითარებითი ზედსართავებით (ქერა, წითელი).



წინადადების წევრები შეიძლება სხვაგვარადაც დალაგდეს, თუმცა შეიძლება მივიღოთ ქართული ენისათვის სტილისტიკურად გაუმართავი წინადადება. მაგ.,

“ოთახში შემოვიდა პატარა, ქერა კულულებიანი, ღამაზი, წითელბაფთიანი გოგონა”.

წინადადება გრამატიკულად გამართულია, თუმცა მშობლიურ ენაზე მოლაპარაკეს შესაძლოა არაბუნებრივად მოეჩვენოს. ხშირია ისეთი შემთხვევები, როდესაც ყურში გვხვდება არამშობლიურ ენაზე მოლაპარაკის მეტყველება, მიუხედავად გრამატიკულად გამართული საუბრისა.

როგორც წესი, ერთი ტიპის ატრიბუტები, მსაზღვრელები წინადადებაში ლაგდება ერთად, ერთი მეორის შემდეგ. თუმცა, მრავალ ენაში ერთი ტიპის მსაზღვრელებს შორისაც განსაზღვრულია თანმიმდევრობა მათი ქვეტიპების მიხედვით. მაგალითად, ვითარებითი ზედსართავეები შეიძლება დაეყოს სხვადასხვა ქვეჯგუფებად როგორებიცაა: ფერი: წითელი, თეთრი, მწვანე; ფორმა: მრგვალი, ოთხკუთხა, ოვალური; ასაკი: ძველი, ახალი, ახალგაზრდა; ზომა: დიდი, პატარა, უზარმაზარი.

წინადადებაში/ფრაზაში მრავალი მსაზღვრელის არსებობის შემთხვევაში ზოგიერთ ენას გამოყოფილი აქვს ამ მსაზღვრელთა თანმიმდევრობის გარკვეული წესები. მაგალითად, ინგლისურ ენაში ბირთვთან ყველაზე ახლოს არის მატერიის ან მასალის გამომხატველი მსაზღვრელები. ქართულ ენაში ასეთი შეზღუდვები ნაკლებად არის, თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში, სწორედ სიტყვათა რიგი განაპირობებს ფრაზისა თუ გამონათქვამის შინაარსს. მაგ., 1. “ბევრი ბავშვის ჩანთა” – ამ წინადადებაში “ბევრი” არის “ბავშვის” ატრიბუტი. 2. “ბავშვის ბევრი ჩანთა” – ამ შემთხვევაში, “ბავშვის” და “ბევრი” ორივე ჩანთის ატრიბუტებია.

ამგვარი შეცდომები ძალიან ხშირია ზეპირ თუ წერით მეტყველებაში, რასაც ხშირად ორაზროვნებამდეც მივყავართ.

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი, “ოთახში შემოვიდა პატარა, ღამაზი, ქერა კულულებიანი, წითელ ბაფთიანი, თოჯინიანი გოგონა”. “თოჯინიანი”-ც მიეკუთვნება მიმართებითი ზედსართავეების ტიპს და შესაბამისად წინადადებაში მსგავსი ტიპის სახელებთან მოხვდა. წინადადების ამგვარი წყობა ყველაზე უფრო მართებულია, რადგან ჯერ მოცემულია თავად გოგონას აღწერა, ხოლო შემდეგ გოგონას ატრიბუტებისა. იმ შემთხვევაში თუ ჩვენ შევცვლით წინადადების წევრებს, ანუ ჩავანაცვლებთ მათი სინონიმებით, რომლებიც იმავე ტიპის სიტყვებს არ მიეკუთვნებიან, შეიცვლება წინადადების წყობაც.

მაგ., “ოთახში შემოვიდა პატარა, ღამაზი გოგონა ქერა კულულებით, წითელი ბაფთითა და თოჯინით”.

წინადადების თავდაპირველი წყობა, როდესაც ყველა ატრიბუტი წინ უძღოდა ბირთვის, ამ შემთხვევაში სრულიად მიუღებელია. მაგალითად, “ოთახში შემოვიდა პატარა, ღამაზი, ქერა კულულებით, წითელი ბაფთით, თოჯინით გოგონა” – ქართულ ენაში სახელურ ფრაზაში ბირთვის მსაზღვრელთა რიგთან დაკავშირებული წესები ზუსტად განსაზღვრული და ჩამოყალიბებული არ გვაქვს, თუმცა ზოგიერთი კონსტრუქცია ცალსახად მოითხოვს მსაზღვრელთა გარკვეულ რიგს. ზომის აღმნიშვნელი მსაზღვრელები ყოველთვის წინ უსწრებს ფერის აღმნიშვნელ ატრიბუტებს. მაგალითად,

დიდი, მწვანე მინდორი – მწვანე დიდი მინდორი

პატარა წითელი ჭიამაია – წითელი პატარა ჭიამაია

უზარმაზარი შავი ღრუბელი – შავი უზარმაზარი ღრუბელი

ეს ყველაფერი, ცხადია, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სტილისტიკურად და ინფორმაციულად ნეიტრალურ წინადადებებს ეხება. ისეთ შემთხვევაში, როდესაც ჩვენ გარკვეული ინფორმაციის ხაზგასმა გვინდა, ცხადია, წინ წამოვწევთ ფრაზის იმ წევრს, რომლის გამოყოფაც გვსურს.

წინადადების უშუალო შემადგენლური სტრუქტურა და სინონიმური
ჩანაცვლებები სახელურ ფრაზაში

ა. ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

წინადადების უშუალო შემადგენლური სტრუქტურა ამა თუ იმ სინტაქსური სტრუქტურის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდია, როდესაც წინადადება მოცემულია მოდელებისა და მათი გაშლების მიმართებების სახით. სტატიაში განხილულია სინონიმური ჩანაცვლებები წინადადების სახელურ ფრაზაში. სახელური ფრაზის შემადგენლები, რომლებიც განსაზღვრავენ არსებითი სახელის ანუ NP-ის ბირთვს, ლაგდება ლოგიკური თანმიმდევრობით, თუ ცხადია, ჩვენ მხედველობაში გვაქვს სტილისტიკურად და ინფორმაციულად ნეიტრალური წინადადება. სახელური ფრაზის შემადგენლების მათი სინონიმებით ჩანაცვლებისას შესაძლოა წინადადების წყობა შეიცვალოს.

**IMMEDIATE CONSTITUENT STRUCTURE OF A SENTENCE AND SYNONYMIC
SUBSTITUTIONS IN NP**

A. CHUTKERASHVILI

Summary

Immediate constituent structure of a sentence is one of the most common representations of one or the other syntactic structure, when a sentence is represented by models and relations between their extensions. The paper considers synonymic substitutions in the noun phrase of a sentence. The constituents of noun phrase, which define noun, the nucleus of NP are ordered in logical line, in case of stylistically and informationally neutral sentences. If we substitute constituents of noun phrase by their synonyms the word order might be changed.

**НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ СОСТАВНАЯ СТРУКТУРА ПРЕДЛОЖЕНИЯ И
СИНОНИМИЧНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ В ИМЕННОЙ ФРАЗЕ**

A. ЧУТКЕРАШВИЛИ

Резюме

Непосредственная составная структура предложения, одно из наиболее распространенное представление той или иной синтаксической структуры, когда представление предложения происходит моделями и их относительными раскрытиями. В статье рассмотрены синонимичные замещения в именной фразе предложения. Составные части именной фразы, которые определяют имени существительного т.е. ядро NP, размещаются по логической последовательности ясно, что у нас в виду синтаксический и информатический нейтральное предложение. Если заменить составные части именной фразы синонимами может изменится порядок предложения.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Chomsky N., Syntactic Structure, 's-Gravenhage, "Mouton and Company", 1957;
2. Postal P.M., Constituent Structure: A Study of Contemporary Models of Syntactic Descriptions, "Indiana University Publications in Folklore and Linguistics", Bloomington 1964;
3. Tesnière, L., Elements de Syntaxe Structurale. The Russian edition. M., 1998 ;
4. Wells R.S., Immediate Constituents ("Language", vol. 23), 1947;
5. Yngve V.H., A Model and Hypothesis for Language Structure, Cambridge 1960;

ქენის ადაპტირებული ქვანტური პარალელური ალგორითმები

მ.არჩუაძე, ბ.ბესიაშვილი, მ.ხაჩიძე

maianino@gmail.com, gela.besiashvili@tsu.ge, manana.khachidze@tsu.ge

უკანასკნელ წლებში სულ უფრო იზრდება ინტერესი ქვანტური კომპიუტერებისდმი. შესაბამისად ჩნდება ახალი ქვანტური მიდგომები კლასიკური ალგორითმებისადმი, რომელთა ანალოგის არსებობა აუცილებლობას წარმოადგენს ქვანტური კომპიუტერის თეორიის განვითარებისათვის.

ქვანტური მიდგომის განსავითარებლად უპირველესად უნდა დაფიქსირდეს “საწყისი ელემენტი”. ქვანტური კომპიუტერი მუშაობს ქვანტური ბიტებით - ქუბიტებით. იგი წარმოადგენს კლასიკური ბიტის ანალოგს. თუმცა ქვანტურ ბიტს გააჩნია კლასიკური ბიტისაგან პრინციპულად განსხვავებული თვისებები: მას შეუძლია ყოფნა ბაზისური მდგომარეობების სუპერპოზიციაში.

$$|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

სადაც α და β კომპლექსური რიცხვებია და ეწოდება სისტემის ამპლიტუდა. ისინი აკმაყოფილებენ პირობას:

$$\alpha^2 + \beta^2 = 1$$

სისტემის მთლიანად აღწერისათვის საჭიროა თითოეული მდგომარეობისათვის განისაზღვროს ამპლიტუდა, რომელიც არის კომპლექსური რიცხვი.

ქუბიტის მდგომარეობა შესაძლებელია განვიხილოთ როგორც ვექტორის მდგომარეობა, რომელიც მდებარეობს ორგანზომილებიან კომპლექსურ ვექტორულ სივრცეში ორთონორმირებული ბაზისით $\{|0\rangle, |1\rangle\}$ [1]:

$$a|0\rangle + b|1\rangle = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

სადაც

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

როგორც კლასიკურ, ასევე ქვანტურ კომპიუტერებში, ბიტები და ქუბიტები გაერთიანებულია ვენტილებად, რომლითაც ხორციელდება სისტემის გარდაქმნა.

ორ ქუბიტიანი ქვანტური რეგისტრი შესაძლებელია გამოვსახოთ ოთხ განზომილებიან კომპლექსურ ვექტორულ სივრცეში, ორთონორმირებული ბაზისით $\{|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle\}$ შემდეგნაირად:

$$a_0|00\rangle + a_1|01\rangle + a_2|10\rangle + a_3|11\rangle = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

$$|00\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, |01\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, |10\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, |11\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

n ქუბიტიანი ქვანტური რეგისტრისათვის შედეგობრივი მდგომარეობა იქნება 2^n . ქვანტური მდგომარეობა არის ისეთი მდგომარეობა, როდესაც სისტემას შეუძლია ერთდროულად ყოფნა სხვადასხვა მდგომარეობაში გარკვეული ალბათობით. ამიტომ

ქვანტური ალგორითმები ძირითადად ალბათური ალგორითმების ჯგუფს მიეკუთვნებიან. შესაბამისად სისტემის ევოლუცია შეიძლება გამოისახოს მდგომარეობის ცვლილების მატრიცით.

კლასიკური ალგორითმების მსგავსად, ქვანტური ალგორითმები აღწერენ სისტემის სხვადასხვა მდგომარეობას განსხვავებული ალბათობებით. შესაძლებელია ისეთი სუპერპოზიციის შექმნა, რომელსაც შეესაბამება 50% $|0\rangle$ და 50% $|1\rangle$

$$\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}} \rightarrow 0 \text{ ალბათობით } 1/2$$

$$\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}} \rightarrow 1 \text{ ალბათობით } 1/2$$

$$\text{prob } |0\rangle + \text{prob } |1\rangle = 1 \gg \alpha^2 + \beta^2 = 1$$

განსხვავებით კლასიკურისაგან, სადაც n ნაწილაკიანი სისტემის მდგომარეობა შეიძლება გამოვსახოთ ცალკეულ მდგომარეობათა დეკარტული ნამრავლით, ქვანტურ სისტემებში მდგომარეობათა შეერთება ხდება მდგომარეობათა ტენზორული ნამრავლით [2].

ქვანტური გეიტები

ქვანტური კომპიუტერი, კლასიკურის მსგავსად აგებულია ქვანტური სქემებით. ქვანტური სქემა ეს არის გამოთვლითი მოდელი, რომელიც წარმოადგენს ქვანტური გეიტების სიმრავლეს. ქუბიტების ტრანსფორმაცია ხორციელდება ქვანტური გეიტებით. ზოგადად n ქუბიტისანი გეიტის მდგომარეობა შეიძლება გამოვსახოთ, როგორც $|\psi\rangle = \sum_{i=0}^{2^n-1} a_i |i\rangle$

ქვანტური ფიზიკის კანონებზე დაყრდნობით დადგენილია, რომ ყველა გარდაქმნა, რომელიც ხორციელდება ქვანტური პროცესებით, არის შექცევადი და უნიტარული. რაც ნიშნავს, რომ თუ გვაქვს ქვანტური სისტემა U , რომლის შესავალი მდგომარეობა არის $|\psi\rangle$, ხოლო გამოსავალზე გვაქვს განსხვავებული $|\psi'\rangle$ მდგომარეობა, მაშინ შეგვიძლია U ავღწეროთ, როგორც უნიტარული წრფივი ტრანსფორმაცია.

$U \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = U \begin{pmatrix} a^* & b^* \\ c^* & d^* \end{pmatrix}$ ოპერატორი, რომელიც ახორციელებს უნიტარული ვექტორის გარდაქმნას სხვა უნიტარულ ვექტორად, არის უნიტარული და აკმაყოფილებს პირობას: $U^\dagger U = 1$

ამ მხრივ მნიშვნელოვანია ჰადამარის გეიტი. ჰადამარის ოპერატორი არის $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$

სქემატურად იგი გამოისახება შემდეგნაირად: 

მისი მოქმედების შედეგი ასეთია: $H : |0\rangle \rightarrow \frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}$, $H : |1\rangle \rightarrow \frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}$

თუ გვაქვს n ქუბიტისანი რეგისტრი, ადამარის გარდაქმნის გამოყენებით თითოეული ქუბიტისათვის მივიღებთ მდგომარეობების 2^n სუპერპოზიციას.

$$(H \otimes H \otimes \dots \otimes H) |00 \dots 0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^n}} ((|0\rangle + |1\rangle) \otimes (|0\rangle + |1\rangle) \otimes \dots \otimes (|0\rangle + |1\rangle)) = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_{x=0}^{2^n-1} |x\rangle$$

ეს არის ულმ-ჰადამარის გარდაქმნა W , რომელიც შეიძლება განისაზღვროს რეკურსიულად შემდეგნაირად: $W_1 = H$, $W_{n+1} = H \otimes W_n$

განვიხილოთ ყველა შესაძლო მნიშვნელობების სუპერპოზიცია, როგორც ერთი მდგომარეობა. საწყისი მდგომარეობა იყოს $|00 \dots 0\rangle$. გამოვიყენოთ ულმ-ჰადამარის გარდაქმნა სუპერპოზიციის $\frac{1}{\sqrt{2^n}} (|00 \dots 0\rangle + |00 \dots 1\rangle + \dots + |11 \dots 1\rangle + |1\rangle)$

მისაღებად, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ყველა $0 \leq x \leq 2^n - 1$ რიცხვის სუპერპოზიცია.

U_f წრფივი გარდაქმნა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ყველა ბაზისური მდგომარეობისათვის სუპერპოზიციაში დამოუკიდებლად. ამიტომ თუ მას გამოვითვლით ერთხელ, მაშინ შესაძლებელია გამოთვლილი იქნეს ყველა 2^n მნიშვნელობა $f(0), \dots, f(2^n - 1)$,

$$|\psi\rangle = U_f \left(\frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_{x=0}^{2^n-1} |x\rangle \right) |0\rangle = \left(\frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_{x=0}^{2^n-1} |x\rangle \right) |f(x)\rangle$$

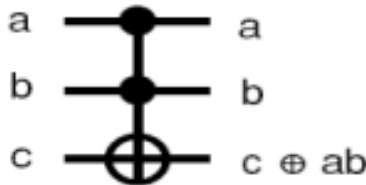
ეს კი არის ქვანტური პარალელიზმის ეფექტი.

ნებისმიერი ქვანტური ალგორითმი მანიპულირებს ქვანტური პარალელიზმის ეფექტით, ისე, რომ შედეგი ყოველთვის მიიღება გაზომვის მაღალი ალბათობით.

ტოფოლის გეიტი არის უნივერსალური გეიტი კლასიკური გამოთვლებისათვის, თუმცა მას საკმაოდ მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ქვანტურ გამოთვლებშიც. სამიზნე ხაზის x_j მრავალჯერადი კონტროლის ტოფოლის კარიბჭე და კონტროლის ხაზები $\{x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_k}\}$ აისახებიან რუკებით $(x_1 \dots x_j \dots x_n)$ -დან $(x_1 \dots (x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_k}) \oplus x_j \dots x_n)$ -მდე [3]. მისი უნივერსალურობა განპირობებულია იმით, რომ იგი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი გეიტის წარმოდგენისათვის. იგი არის სამ ქუბიტანი გეიტი. შესავალზე იღებს სამ ბიტს a, b, c ხოლო გამოსავალზე იძლევა a', b', c' . პირველი ორი a და b ბიტები არის კონტროლირებადი, რაც იმას ნიშნავს რომ ისინი არ იცვლებიან გამოთვლების განმავლობაში, ხოლო მესამე იცვლება იმ შემთხვევაში, თუ ორივე a, b არის 1-ის ტოლი.

შემავალი			გამომავალი		
a	b	c	a'	b'	c'
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0

მისი შესაბამისი სქემა გამოისახება შემდეგნაირად:



ყველა გამოთვლა, რომელიც სრულდება კლასიკურ კომპიუტერებზე, შესაძლებელია განხორციელდეს ქვანტურ კომპიუტერზეც. უპირატესობა არის ის, რომ ქვანტური გამოთვლები, რომლებიც ხორციელდება ქვანტური ალგორითმებით არის უფრო სწრაფი. ყოველივე ეს კი განპირობებულია ქვანტური პარალელიზმით და ქვანტური აბურღვით, რომლებიც მიუღწეველია კლასიკურ კომპიუტერებში.

გროვერის ალგორითმი

ისევე როგორც კლასიკური ალბათური ალგორითმები, ქვანტური ალგორითმები გამოსახავენ მდგომარეობებს სხვადასხვა ალბათური განაწილებებით. მათი საშუალებით მდგომარეობის სრულად აღწერა არ ხდება. მდგომარეობის სრულად აღწერისათვის საჭიროა მდგომარეობათა ამპლიტუდების ცოდნა, რომელიც კომპლექსური რიცხვით გამოსახება. სისტემის ევოლუცია გამოსახება მდგომარეობის ცვლილების მატრიცით. თუ ცნობილი იქნება საწყისი განაწილება და მდგომარეობის ცვლილების მატრიცა, მაშინ შესაძლებელია გამოვთვალოთ განაწილება დროის ნებისმიერ მომენტში.

ქვანტურ გამოთვლებში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ადგილი უჭირავს გროვერის ალგორითმს, რომლის საშუალებითაც ხდება დაულაგებელ $N=2^n$ ელემენტთან მონაცემთა ბაზაში (მაგ. ტელეფონების ნომრის ცნობარი) კონკრეტული ელემენტის ძებნა. ამ ალგორითმით შესაძლებელი გახდა კლასიკურ გამოთვლებში არსებული ბევრი გადაუჭრელი პრობლემის გადაწყვეტა. კლასიკური მეთოდებით ალბათობის თეორიაზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ნებისმიერი m ელემენტის დათვალიერებისას, ალბათობა იმისა, რომ ჩანაწერი ემთხვევა მოთხოვნას ტოლია m/N . ნათელია, რომ ბაზაში საჭიროა განხორციელდეს $O(N)2^n$ მოთხოვნა საჭირო ელემენტის მოსაძებნად. გროვერის ალგორითმის გამოყენებით კი შეგვიძლია ვაჩვენოთ, რომ მოთხოვნების საჭირო რაოდენობა (ბიჯი) არის $O(\sqrt{N}) = (2^{\frac{n}{2}})$

ამოცანას შეიძლება ასეთი ფორმულირება მივცეთ: მოცემულია A სისტემა $N=2^n$ მდგომარეობებით. თითოეული მდგომარეობის შესაბამისი მნიშვნელობებია S_1, S_2, \dots, S_n . ამ მდგომარეობებიდან არის ერთი უნიკალური მდგომარეობა, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას: $f(s_u)=1$ მხოლოდ ერთი $s \in A$ ელემენტისათვის, და $f(s)=0$ ყველა დანარჩენი ელემენტებისათვის.

გროვერის ალგორითმში გამოყენებულია ქვანტური რეგისტრები, პირველი N ქუბიტით, ხოლო მეორე 1 ქუბიტის რეგისტრი. გამოყენებულია აგრეთვე Oracle , რომელიც არის f ფუნქციაზე დამოკიდებული უნიტარული ოპერატორი O_f

$$\mathcal{H} \otimes \mathcal{H}_2 \rightarrow \mathcal{H} \otimes \mathcal{H}_2, \quad O_f(|i, j\rangle) = |i, j \oplus f(i)\rangle.$$

ქვანტური ძებნის ალგორითმში მოსახერხებელია Oracle $\frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}$ საწყის მდგომარეობაში. ამ პირობიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავწეროთ:

$$O_f = (|i\rangle \langle i|) \otimes \left(\frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle - |1\rangle) \right) = \frac{O_f(|i0\rangle) - O_f(|i1\rangle)}{\sqrt{2}} = \frac{(|if(i)\rangle) - (|i1 \oplus f(i)\rangle)}{\sqrt{2}} = (-1)^{f(i)} |i\rangle \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle - |1\rangle)$$

გროვერის ალგორითმის მუშაობისას გამოიყოფა შემდეგი ეტაპები [5], [6]:

- პირველი რეგისტრის ბაზისურ N მდგომარეობათა სუპერპოზიციის მისაღწევად, შეგვიძლია მოვახდინოთ მისი ინიციალიზაცია $|0,0,0, \dots, 0\rangle$ და გამოვიყენოთ ულმ-ადამარის ოპერატორი $W=H^{\otimes n}$. ასევე გამოვიყენებთ ჰადამარის გეიტს თითოეული ქუბიტისათვის. თითოეული მდგომარეობის ამპლიტუდა ტოლია $\frac{1}{\sqrt{N}}$;

მეორე რეგისტრის ინიციალიზაცია შესაძლებელია მოხდეს მდგომარეობით $|1\rangle$, ხოლო ჰადამარის გეიტის გამოყენების შემდეგ კი მისი მდგომარეობა იქნება $|\varphi\rangle = \frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}$

გამოვიყენოთ უნიტარული $O(\sqrt{N})$ ოპერაციები.

$C(S_u)=1$ იმ შემთხვევაში თუ ბრუნვა π რადიანზეა. $C(S_u)=0$ იმ შემთხვევაში თუ სისტემა რჩება უცვლელი.

გამოვიყენოთ Oracle:

გამოვიყენოთ დიფუზიური ტრანსფორმაცია, რომელიც აღიწერება მატრიცით:

$$D_{ij} = \frac{2}{N} \text{ თუ } i \neq j, D_{ij} = -1 + \frac{2}{N}.$$

დიფუზიური ტრანსფორმაცია შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც $D=WRW$, სადაც R არის ფაზის შემობრუნების მატრიცა [4], ხოლო W არის უოლშ-ადამარის გარდაქმნა.

$$R_{ij} = 0 \text{ თუ } i \neq j$$

$$R_{ii} = 1 \text{ თუ } i=0, R_{ii} = -1 \text{ თუ } i \neq 0,$$

$W_{ij} = 2^{-n/2} (-1)^{ij}$, სადაც i, j აღნიშნავს ორი ბიტური სტრიქონის ბიტურ სკალარულ ნამრავლს.

- ბოლო ეტაპი არის პირველი რეგისტრის საბოლოო მდგომარეობის გაზომვა. $C(S_n)=1$ არის უნიკალური მდგომარეობა, როგორც ფინალური მდგომარეობა S_n , რომლის ალბათობაც იქნება სულ მცირე $1/2$ [5].

ქვანტური სისტემის ყოველი ახალი მდგომარეობა განისაზღვრება საშუალო ალბათური წესით, ანუ სისტემის საშუალო ამპლიტუდის განსაზღვრისას სისტემის მდგომარეობა არის ამ ამპლიტუდის შესაბამისი.

ჩვენ ვეძებთ ქვანტური ძებნის ალგორითმის გაუმჯობესების შესაძლებლობებს იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც არ ვიცით საწყისი ეტაპის შეცდომის ალბათობა (მხოლოდ ცნობილია განაწილება და საზღვრები). მოსალოდნელი მოთხოვნების რიცხვი მცირეა და ამავე დროს ყოველი დამატებითი მოთხოვნა ზედმეტ ხარჯებს იწვევს. ასეთი შემთხვევები განიხილება სახეთა ამოცნობის და გამოსახულების ანალიზის ამოცანებში, სადაც ყოველ მოთხოვნას გააჩნია თავისი განსაზღვრული ფასი. საწყისი შეცდომის ალბათობა არის მცირე, მაგრამ უცნობი. ასეთ შემთხვევაში ქვანტური ძებნის ალგორითმი და „ამპლიტუდის შეფასება“ დიდად არ გამოიყენება.

კლასიკური გამოთვლების სტრატეგია ეფუძნება ალგორითმებს, რომლებიც ისე უნდა იყოს კონსტრუირებული, რომ მათი ამპლიტუდები იკრიბებოდეს მიზნის მდგომარეობებისაკენ. ეს შესაძლებელია, თუ გამოყენებული იქნება იტერაციული არატრივიალური გარდაქმნები, საკუთარი რიცხვები არიან 1-ის ტოლი მაგნიტუდა.

ეს მისაღებია იმ პირობების გათვალისწინებით, რომ გვაქვს “Limit cycle” და არა “fixed point”.

მახასიათებლები, რომლებიც უნდა გამოვიყენოთ:

- მანძილის განსაზღვრა მიზნის მდგომარეობამდე. ეს შეფასება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც შემდეგი ტრანსფორმაციის ექსტენტის კონტროლი.
- შესაბამისად დამუშავებული, მაგრამ განსხვავებული ოპერაციები არ სრულდება მიმდევრობით იტერაციებზე. ასეთი მეთოდით შეიძლება ამპლიტუდები იკრიბებოდეს ფიქსირებული წერტილისაკენ. ამას შეგვიძლია მივაღწიოთ ძებნის ალგორითმში უნიტარული გარდაქმნებით $\pi/3$ ფაზით.
- შეუქცევადი ჩაქრობადობა გათვალისწინებულია ალგორითმში, მაგრამ ამავე დროს მიიღება მხედველობაში მიზნის მდგომარეობის თვისებები.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საკუთრივი რიცხვების მნიშვნელობები ფიქსირებული იტერაციული გარდაქმნებისათვის <1 , ალგორითმი კრებადია. ქვანტურ გამოთვლებში ასეთი შეუქცევადობა შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ოპერაციების პროექციული გაზომვებით (Projective measurement).

ძებნისას ფიქსირებული წერტილის მისაღებად საჭიროა ვიპოვოთ ალგორითმი, რომელიც თანაბრად ამცირებს არამიზნობრივი მდგომარეობების მიღების ალბათობებს.

განვიხილოთ ქვანტური რეგისტრი, რომელშიც კოდირებულია მონაცემთა ბაზის ელემენტები [7, 8, 9]. ვთქვათ რეგისტრზე ინიციალიზირებულია საწყისი მდგომარეობა:

$$U|s\rangle = \sin\theta|t\rangle + \cos\theta|t_\perp\rangle$$

განუსაზღვრელი სუპერპოზიციით მისაღები t მიზნის მდგომარეობა და არამიზნობრივი მდგომარეობა t_{\perp} (ზოგადობის შეუზღუდავად აქ ჩავთვალეთ, რომ t და t_{\perp} თვის აღნიშნულია ნებისმიერი ფაზები. ამ რეგისტრისათვის *ancilla* კოდს ვანიჭებთ საწყის მდგომარეობას $|0\rangle$, შემდეგ მოთხოვნა გადაგვყვავს *oracle*-ში და ვახდენთ *ancilla*-ს გადატრიალებებს, მანამ სანამ რეგისტრი არ გადავა მიზნის მდგომარეობაში. გაზომვის შედეგი როცა იქნება 1, ვთვლით, რომ რეგისტრის გაზომვამ უნდა მოგვცეს მიზნობრივი მდგომარეობა. თუ შედეგი არის 0, მაშინ ვამბობთ, რომ რეგისტრი იმყოფება t_{\perp} არამიზნობრივ მდგომარეობაში. ალბათობის შესამცირებლად, ვიყენებთ „დიფუზიის ოპერატორს“ U_{\perp} რეგისტრისათვის, განპირობებული ნულოვანი შედეგისათვის. $|t_{\perp}\rangle|0\rangle$ გამოსახება $U|s\rangle|0\rangle$ ოპერატორით მოცემული მდგომარეობით.

$$\sin 2\theta |t\rangle|0\rangle + \cos 2\theta |t_{\perp}\rangle|0\rangle$$

შეცდომის ალბათობა მცირდება $\cos 2\theta$ -ით. *oracle* მოთხოვნის იტერაციული მიმდევრობის და n -ჯერ დიფუზიური ოპერატორის გამოყენებით. შეცდომის ალბათობა მცირდება $\cos^2 \theta \cos^{2n} 2\theta$ $n=1$ -თვის შეცდომის ალბათობა არის $\epsilon(2\epsilon^3 - 4\epsilon^2 + \epsilon)$

ჩვენ მიზანია ვიპოვოთ ისეთი ოპერატორი, რომელიც ოპტიმალური კრებადობისაა ყველა ϵ -მნიშვნელობისათვის. იმის და მიუხედავად ვიცით თუ არა რა საზღვრებშია მოქცეული შეცდომა. ბუნებრივია ზედა ზღვარი f -თვის არის 1, ჩვენ შეგვიძლია ის გავხადოთ $\frac{1}{2}$. მისი შეცვლა ხდება *ancilla* ქუბიტის დამატებით $|+\rangle \equiv \frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}$ მდგომარეობაში და მისი კონტროლი ხორციელდება *oracle* მოთხოვნით.

იტერაციული ალგორითმი შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ:

- ორი *ancilla* ქუბიტის ჩაშენება $|0\rangle$ მდგომარეობაში $|s\rangle$ ბაზური რეგისტრისათვის. ანუ $|s\rangle \rightarrow |0\rangle|s\rangle|0\rangle$;

ალგორითმის ინიციალიზაციისათვის გამოვიყენებთ $H \otimes U \otimes I$. ამ გაფართოებული რეგისტრისათვის $|+\rangle(U|s\rangle)|0\rangle$; ორბიტანი იტერაცია q -ჯერ.

ბოჯო 1. თუ *ancilla* არის 1 მდგომარეობაში, *oracle* მოთხოვნის გამოყენებით იგი გადავა *ancilla* 2-ში როცა რეგისტრი მიზნის მდგომარეობაშია.

ბოჯო 2. *ancilla* 2-ის გაზომვა. თუ გამოსავალი მდგომარეობა არის 1, მაშინ ეს არის რეგისტრის მიზნობრივი მდგომარეობა და იტერაცია დამთავრდება. ხოლო თუ არის 0, მაშინ დიფუზიის ოპერატორის გამოყენებით $(H \otimes U)I_{\infty} (H \otimes U)^{\dagger}$ მოხდება *ancilla* 1-ის და რეგისტრის გაერთიანება.

ციკლის ბოლოს დამთავრდება იტერაციული ალგორითმი.

მოვახდინოთ ამ ალგორითმის ანალიზი:

საწყისი მდგომარეობა

$$|\psi_i\rangle = H \otimes U \otimes I |0\rangle|s\rangle|0\rangle = \left(\frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}\right) (\sin \theta |t\rangle + \cos \theta |t_{\perp}\rangle)|0\rangle$$

ალბათობის საწყისი შეცდომაა $\epsilon = \cos^2 \theta$ საწყისი წარმატებულობის ალბათობა ტოლია $f \equiv 1 - \epsilon \sin^2 \theta$. ჩვენ ვეძებთ შედეგს გაერთიანებულ სივრცეში *ancilla*-ის და რეგისტრის, სადაც ყველა დანარჩენი მდგომარეობა არ არის მიზნობრივი. $|0\rangle|t\rangle, |0\rangle|t_{\perp}\rangle, |1\rangle|t_{\perp}\rangle$, მხოლოდ $t_j \equiv |1\rangle|t\rangle$ არის მიზნობრივი მდგომარეობა ამ გაერთიანებულ სივრცეში. გამოვიყენოთ ყველა არამიზნობრივი მდგომარეობა $|t_j'\rangle$ საშუალო სუპერპოზიციით წარმოვადგინოთ ყველა არამიზნობრივი მდგომარეობა სუპერპოზიციით $|t_j'\rangle$ -ით ძებნის სივრცეში. საწყისი მდგომარეობა გამოსახება ფორმულით:

$$|\psi_i\rangle = \left(\frac{\sin \theta}{\sqrt{2}}\right) |t_j\rangle|0\rangle + \frac{1}{N} |t_j'\rangle|0\rangle$$

სადაც

$$|t_j\rangle = N \left(\frac{\sin\theta}{\sqrt{2}} \right) |0\rangle|t\rangle + \frac{\cos\theta}{\sqrt{2}} |0\rangle|t_\perp\rangle + \frac{\cos\theta}{\sqrt{2}} |1\rangle|t_\perp\rangle$$

და ნორმალიზაციის ფაქტორი N არის

$$|t_j\rangle = N \left(\frac{\sin\theta}{\sqrt{2}} \right) |0\rangle|t\rangle + \frac{\cos\theta}{\sqrt{2}} |0\rangle|t_\perp\rangle + \frac{\cos\theta}{\sqrt{2}} |1\rangle|t_\perp\rangle$$

შეცდომის ალბათობა იქნება

$$|0\rangle|t_\perp\rangle|t_j'\rangle^2 + |1\rangle|t_\perp\rangle|t_j'\rangle^2 = N^2 \cos^2\theta = N^2 \epsilon$$

გროვერის ძებნას ალგორითმი გამოიყენება მონაცემთა ბაზების ძებნის არასტრუქტურირებულ ბაზაში. ჩვენ ვიყენებთ $\pi/3$ -ფაზა იტერაციული ძებნის ალგორითმებს, რომელიც დაიყვანება მიზნობრივ მდგომარეობამდე, სამიზნე ამპლიტუდის ალბათობასთან ერთად, რითაც საწყისი შეცდომების რაოდენობა მცირდება.

ძებნის ალგორითმული ქვანტური პარალელური ალგორითმები

მ.არჩუაძე, ბ.ბესიაშვილი, მ.ხაჩიძე

რეზიუმე

განხილულია ქვანტური ჯგუფებისა და ქვანტური ლოგიკური გეიტების მათემატიკურ აპარატზე დაფუძნებული ქვანტური გამოთვლები, რომელიც გამოყენებულია არასტრუქტურირებულ მონაცემთა ბაზებში გროვერის ძებნის იტერაციული ალგორითმის ერთ-ერთ ვარიანტში, სადაც π შეცვლილია $\frac{\pi}{3}$ ფაზით და შეცდომის ალბათობის მინიმიზაცია ხდება ეტაპობრივად ალგორითმის კრებადობის პროცესში.

THE ADVANCED QUANTUM SEARCH ALGORITHM

M.ARCHUADZE, G.BESIASHVILI, M.KHACHIDZE

Summary

In quantum computation the Grover's algorithm is of most importance. The present paper considers the quantum computing based on the mathematical machines of quantum groups and quantum logic gates. Such computing is used in unstructured data bases in one of the options for the iterative Grover's search algorithm, where π is replaced by $\frac{\pi}{3}$ and the minimization of error probability happens on stage wise in the process of convergence of the algorithm.

РАСШИРЕННЫЙ КВАНТОВЫЙ АЛГОРИТМ ПОИСКА

М.АРЧУАДЗЕ, Г.БЕСИАШВИЛИ, М.ХАЧИДЗЕ

Резюме

В квантовых вычислениях алгоритм Гровера имеет наиболее важное значение. В настоящей работе рассматриваются квантовые вычисления на основе математических машин квантовых групп и квантовой логики. Такие вычисления используются в неструктурированных базах данных с одним из вариантов итерационного алгоритма поиска Гровера, где π заменено на $\frac{\pi}{3}$ и минимизация вероятности ошибок происходит поэтапно в процессе сходимости.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. M.Archuadze, G.Besiashvili, M.Khachidze, P.Kervalishvili. Knowledge Engineering: Quantum ways. In the book: Philosophy and Synergy of Information: Sustainability and Security . NATO Science for Peace and Security Series - E: Human and Societal Dynamics, Volume 93, 2012.pp. 175-185.
2. Peter Witte, S'andor Dar'anyi. "Introducing Scalable Quantum Approaches in Language Representation". Quantum Interaction 5th International Symposium, QI 2011 Aberdeen, UK, June 26-29, 2011.
3. Ahmed Younes. Database Manipulation on Quantum Computers, <http://arxiv.org/abs/0705.4303>
4. D. Michael Miller, Robert Wille and Z. Sasanian Elementary Quantum Gate Realizations for Multiple-Control Toffoli Gates. www.informatik.uni-bremen.de/agra/doc/.../11_ismvl_decomp.pdf
5. L.K.Grover, Quantum Mechanics Help in Searching for a Needle in a Haystack, Phys. Rev. Letter 79,325-328,1997.
6. Lov K. Grover. A fast quantum mechanical algorithm for database search. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9605043>
7. Lov K. Grover. A New Algorithm For Fixed Point Quantum Search. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0505007>
8. Lov K. Grover. A different kind of quantum search; <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0503205>.
9. Richard Jozsa. Searching in Grover's Algorithm. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9901021>.

РОЛЬ И МЕСТО СБОЕВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

М. СУРГУЛАДЗЕ

sfm12@mail.ru

Развитие элементной базы, усложнение программного обеспечения решаемых задач и ужесточение условий эксплуатации современной аппаратуры (вычислительная техника, датчики, исполнительные механизмы, оптико-телевизионные комплексы и т.д.) требует совершенствования существующих и поиска новых подходов в повышении надежности и безопасности. Особо много проблемных вопросов возникает при создании высоконадежной аппаратуры для объектов ракетной, космической и авиационной техники, в частности при обеспечении высоких требований безотказности и долговечности в условиях воздействия сверхнизких и сверхвысоких (до сотен градусов) температур и высоких уровней нагрузок [1]. Среди перечня отказов аппаратуры самыми проблемными для контроля и диагностики следует признать перемежающиеся отказы, называемые также кратковременными, скрытыми, плавающими, самоустраняющимися или мерцающими отказами. Такие отказы приводят к сбоям в работе всего оборудования и могут привести не только к существенным материальным потерям, но и к человеческим жертвам. Под сбоем понимают самоустраняющееся нарушение нормального функционирования аппаратуры вследствие кратковременных воздействий на некоторый элемент (или совокупность элементов) внешних и внутренних факторов.

После сбоя аппаратура длительное время может работать нормально, но при этом может быть искажена информация при операциях передачи, хранения или обработки.

Проблемой сбоев в аппаратуре ученые занимаются несколько десятков лет, начиная с 60-х годов 20-го столетия. Но она полностью не решена до наших дней. Более того, в последнее время ей уделяется повышенное внимание. Так, например, одной из важнейших характеристик автономной системы навигации в создаваемой сегодня международной космической станции является ее устойчивость к сбоям, причем приоритетность задач обеспечения высокой надежности по параметру сбоев выше, чем приоритетность задач управления объектами, классически стоявших на первом месте.

При разработке аппаратуры, имеющей в своем составе большое (до нескольких тысяч и десятков тысяч) число потенциальных источников сбоя (многоконтактные соединители, контактирующие устройства БИС и СБИС, печатные проводники, линии связи – интерфейсные шины, шины электропитания и заземления и т. д.), ключевой проблемой кардинального повышения надежности является диагностика сбоев, что непосредственно связано с обнаружением и регистрацией источников сбоев в аппаратуре.

Анализ отечественных и зарубежных исследований по данному вопросу показал, что существуют многочисленные методы контроля, направленные не на выявление и устранение источников сбоя, а на результаты их проявления, при этом устраняется не сама причина (в данном случае источник сбоев), а ее следствие (т.е. ошибка, вызванная сбоем), оставляя тем самым потенциальную возможность существования в аппаратуре скрытых дефектов [4].

Принципиальная особенность новой концепции резкого повышения надежности аппаратуры за счет исключения воздействия на нее сбоев состоит в том, что в отличие от всех ранее используемых подходов к решению данной проблемы обнаруживаются и регистрируются не места сбоев, а источники сбоев. В зависимости от принципов формирования и получения информативных признаков, по совокупности которых оценивается сбойное состояние элементов аппаратуры как источников сбоев, предложены различные методы обнаружения и регистрации источников сбоев (рис. 1), имеющие значительный приоритет.

Причинами сбоев в пассивных элементах (ПЭ) современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) могут быть как различные внешние воздействия (вибрации, силовые электрические поля, температурные и химические воздействия), так и многочисленные скрытые дефекты аппаратуры, ускоренно приводящие к её деградации. Наиболее сложным для описания является такой важный элемент аппаратуры как соединитель (электрический контакт). Современная теория представляет электрический контакт в виде колебательного контура с элементами R_n , L_n и C_n – соответственно омическим, индуктивным и емкостным сопротивлением переходной зоны контактов (переходным сопротивлением) [4]. Данные параметры, определяющие резонансные колебания в области высоких частот, являются зависимыми от множества факторов, трудно контролируемых при

эксплуатации и, следовательно, делающие актуальной задачу интегральной и оперативной их оценки.



Рис.1. Классификация методов обнаружения и регистрации источников сбоев

Диагностирование пассивных элементов РЭА как процесс определения их сбойного состояния включает решение трех задач: изучение пассивных элементов как объекта диагностирования сбоев, построение алгоритмов диагностирования сбоев; разработка средств диагностирования сбоев.

Теоретическое обобщение процесса диагностирования сбоев пассивных элементов РЭА при ограниченной информации об их техническом состоянии предопределяет использование формального описания ПЭ РЭА, то есть их математической модели диагностирования. Последняя должна обеспечивать диагностирование сбоев и быть пригодной для дальнейшего синтеза и реализации алгоритмов диагностирования.

Для построения математической модели диагностирования сбоев в ПЭ РЭА в качестве основы использованы структурные схемы кодо-импульсного управления асинхронными двухфазными двигателями, так как они дают возможность задать не только максимальную глубину диагностирования, позволяющую регистрировать сбой, но и отразить конструктивные решения реального ПЭ, допускающие решить вопросы практической реализации системы диагностики.

Экспериментальные доказательства. На основании предложенной кодо-импульсной модели источников сбоев экспериментально обнаружено сбойное состояние и получен нормальный закон распределения параметров и пуассоновский закон появления сбоев на примере наиболее перспективных соединителей типа РППМ 27¹. Количество контактных пар «п» было выбрано порядка 100 (точная цифра – 88), как достаточно представительная выборка. Динамика изменения параметров контактов в простейшем случае обеспечивалась их ускоренным износом за счет изменения числа включений-выключений и наблюдением за изменением одного из них – омического сопротивления. Испытания контактных пар проводилась в соответствии с техническими условиями (ТУ) методом миллиомметра для измерения переходного сопротивления контактных пар R и методом падающей и отраженной волны для измерения коэффициента

отражения K^{omp} . Типы используемых при этом измерителей – Е7-8 (погрешность $\pm 0,001$ от измеренного значения ± 1 единица счета на табло индикатора) и стробоскопический осциллограф (граничная частота $f_{zp} \leq 10$ ГГц).

При экспериментах по устойчивому получению режима сбоя решались следующие задачи: определение закона распределения сопротивлений контактных пар как функции включений-выключений N; расчет статистических характеристик математического ожидания $m^*(R)$ или R^* , дисперсии $D^*(R)$ или D^* ; среднеквадратичного отклонения $\sigma^*(R)$ или σ^* ; проверка полученных экспериментально законов распределения существующим теоретическим по критериям: Пирсона (χ^2) и Колмогорова А.Н.. Кроме того, решались задачи экспериментального определения числа серий опытов N, приводящих гарантировано к сбойному состоянию контактных пар, а также определение закона появления сбоев и проверка достоверности полученных результатов.

Расчет математического ожидания $m^*(R)$ осуществлялся по формуле:

$$m^*(R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

¹ Работа выполнялась в НИИ «Квант», г. Москва. Научный руководитель академик РАН Левин В.К.

дисперсии $D^*(R)$:

$$D^*(R) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [R_i - m^*(R)]^2,$$

среднеквадратичного отклонения $\sigma^*(R)$:

$$\sigma^*(R) = \sqrt{D^*(R)}.$$

В соответствии с существующими нормами одним из важнейших показателей качества является надежность технической системы (объекта). С другой стороны, работа любой технической системы может характеризоваться ее качеством, под которым понимается совокупность свойств, определяющих способность системы выполнять при ее создании определенные задачи. В свою очередь, одной из характеристик надежности является безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени. Характеризуется сбой в соответствии с ГОСТом как самоустранимый отказ, поэтому очевидно, что в понятие «безотказность» входит и понятие «сбой». Таким образом, вводя активную диагностику сбоев (посредством фиксации их источников) через регистрацию промежуточного состояния («предсбой») и различные информативные параметры выводим понятие «сбой» в самостоятельную категорию («бессбойность»). Учитывая, что понятие «качество» оперирует с такими понятиями как дефекты явные и неявные, т.е. не выявляемые по нормативно-технической документации (НТД), устанавливаем связь между сбоями и скрытыми дефектами. Поэтому существующие основные свойства надежности технических систем целесообразно добавить новым свойством – «бессбойность». Введение такого понятия в качество, в частности через измерения параметров сбоев бесконтактными и контактными методами, позволит управлять им, используя тонкий (малых, до 10-15 мкм, размеров) пограничный слой предсбойного состояния пассивных элементов аппаратуры. В соответствии с изложенным, данную структуру можно представить в следующем виде (рис. 2).

На рис. 2 надежность связана с качеством через бессбойность и безопасность обратной связью, причем N – число опасных воздействий.

Роль и место сбоев в методах электромагнитной совместимости. С точки зрения проблем электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры важно отметить, что сбой представляет собой кратковременное невыполнение требований по электромагнитной изоляции от внешних источников (помех), которые ведут к сбоям. С другой стороны, внутреннее состояние аппаратуры может само быть источником электромагнитных помех. Другими словами, между электромагнитными помехами и сбоями существует тесная взаимная связь. Рассмотрим проблему ЭМС при сбоях на примере многослойных (в частном случае, однослойных) печатных плат. Одна из причин сбоев в проводниках многослойной печатной платы — это частичное нарушение контакта проводника с контактными площадками внутренних слоев. Известным способом оценки качества электрических соединений является анализ моделей, характеризующих линию связи, в частности, соединяющую БИС между собой, по заданным параметрам омического сопротивления R и полученным параметрам паразитных индуктивности L и емкости C . В состав таких моделей входят: передатчик — генератор импульсов, приемник — блок высокочастотных логических схем, соединенный с генератором через линию связи. Анализ таких моделей проводится временным методом. Однако представляется проблематичным использование данного метода для обнаружения и фиксации сбоев в линиях связи по двум причинам. Первая из них заключается в малых диапазонах изменения параметров режима "сбой", поэтому изменения, вносимые, например, за счет ослабления контакта в линиях связи, соизмеримы с изменениями сопротивлений, вызванных допустимыми изменениями геометрии печатных элементов вследствие нестабильности технологических процессов. Вторая причина заключается во вносимой погрешности средств тестирования при контактировании с диагностируемыми элементами.

Под сбоем или сбойным состоянием электрического соединения печатной платы (линии связи или соединителя) будем понимать промежуточное состояние соединения между двумя другими предельными состояниями. Одно из них — отказное состояние — соответствует обрыву линии связи или состоянию выключенного соединителя с параметром омического сопротивления, равным бесконечности ($R = \infty$), а паразитными индуктивностью (L) и емкостью (C), равными нулю ($L, C = 0$). Другое устойчивое состояние соответствует исправному состоянию линии связи или состоянию включенного соединителя с параметром омического сопротивления меньше номинально допустимого ($R < R_{ном}$) и с индуктивным параметром паразитной реактивности. Тогда третье (сбойное) состояние характеризуется промежуточным значением омической

составляющей и емкостным характером паразитной реактивности. Это состояние соответствует, например, микрообрыву, микротрещине или микрозазору печатного проводника.

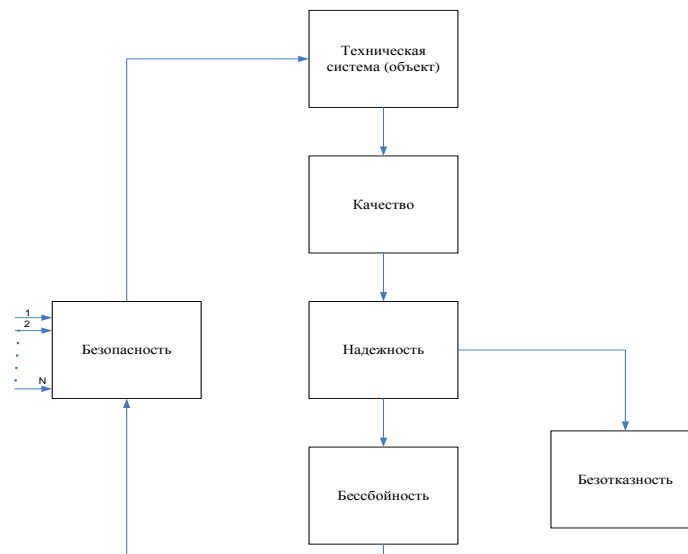


Рис. 2. Новое свойство технических систем – «бессбойность» - и ее связь с существующей структурой и безопасностью

Данное обстоятельство является причиной того, что соприкасающиеся точки имеют разные значения R , L и C . Параллельное соединение элементов R , L и C образует параллельный колебательный контур с потерями. В общем случае таких контуров будет n . На рис. 3 обозначено: ZB - волновое сопротивление соединительного кабеля; ZH - сопротивление нагрузки; R_i , L_i , C_i ($i = 1, 2, \dots, n$) — совокупности дискретных значений сопротивления, индуктивности и емкости в процессе деградации соединителя соответственно. Однако, когда диагностика сбоев во временной области невозможна, можно использовать другой информативный параметр - резонансную частоту.

Пример регистрации режима "сбой" соединителя типа РППМ 27, применяемого в отечественной суперЭВМ серии "Эльбрус", при тестировании показан на рис. 4. Кривая 1 на указанном рисунке – это тестируемое соединение (в качестве приемника выбран один из каналов осциллографа), кривая 2 — регистрируемые (на втором канале осциллографа) датчиком-соединителем (проводником) в режиме "сбой" частоты. Из рис. 4 видно, что сбой соединителя имеет несколько резонансных максимумов на частотах 4, 15, 55 МГц. Тенденция к образованию "сбойных" резонансных частот наблюдается и при повышении рабочего диапазона частот. Широкий диапазон как генерируемых, так и принимаемых частот в режиме "сбой" позволяет сделать вывод о надежности регистрации данного режима описанными методами, а также позволяет выполнять аппаратуру для регистрации портативной.

С этой точки зрения более универсальным и лишенным указанных недостатков является код Вьюшкова-Дианова, названный по фамилиям авторов, впервые предложивших его для решения задач прямого цифрового управления объектами. Основная идея — "цифровизировать" объект (в данном случае исполнительный механизм) и управлять им от цифровой машины, минуя цифро-аналоговый преобразователь. Разработанная теория, основой которой явилось совместное рассмотрение преобразования сигналов как в частотной, так и во временной областях, позволила не только универсализировать управление от цифровой ЭВМ с любым числом разрядов, начиная с восьми (при меньшем числе цифровое или кодовое управление вырождается в число-импульсное или широтно-импульсное), но и оптимизировать его с точки зрения электрической нагрузки исполнительного механизма. В частности, предложенный метод управления исполнительными механизмами, названный кодо-импульсным управлением, оказался эффективным как при управлении исполнительными двигателями малой (десятки и сотни ватт) мощности (летательные аппараты), так и большой (тысячи киловатт) мощности (блюминги, прокатные станы). Имеет место и другой важный параметр универсализации - тактовые частоты работающих ЭВМ (от

низких частот до десятков и сотен мегагерц) и частоты питающих напряжений нагрузки (от нулевых и низких, 50-герцовых частот до 400 и 1000 Гц). Характерен и тот факт, что данный метод обработки сигналов предложила в конце 80-х годов прошлого столетия одна из ведущих зарубежных фирм в области вычислительной и контрольно-диагностической аппаратуры — Хьюлет-Паккард — и использовала его при построении сигнальных анализаторов. В общем виде код ЭВМ, "привязанный" к нагрузке, представляет совокупность единиц (импульсов) и нулей (отсутствие импульсов) и может иметь форму:

$$111\dots1 \quad 000\dots0 \quad 111\dots1 \quad \dots \quad 111\dots1 \quad \dots \quad 000\dots0$$

k_1 k_2 k_3 $k_{i,i}$ k_m

причем: $\sum_{i=1}^m k_i = N$, где: N - разрядность ЭВМ.

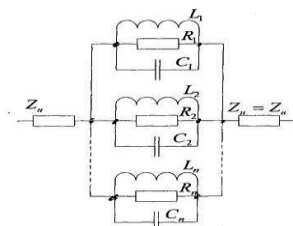


Рис. 3. Модель соединителя как совокупность «n» резонансных контуров

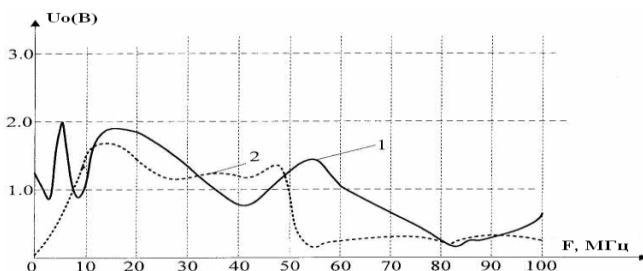


Рис.4. Соединитель-излучатель (кривая 1) и соединитель-приемник (кривая 2) в режиме "сбой"

Предлагаемый метод для интеллектуальной диагностики сбоев датчиков и исполнительных механизмов заключается в том, что сбойные состояния определяются по образованию резонансных частот в датчиках и исполнительных механизмах и наличие повышенного (более 2-4 раза) электромагнитного излучения, дополнительному сдвигу фронтов импульсных сигналов, смене фазы гармонических сигналов проходящих через датчики и исполнительные механизмы, наличие субгармонических колебаний, изменению амплитудно-частотных характеристик, изменению соотношения падающей и отраженной волны, появлению эффекта дифференцирования и интегрирования сигналов. Из всех рассмотренных перспективных направлений развития вопросов изучения и исследования сбоев в современных системах автоматики особо хотелось бы отметить направление разработки сбоеустойчивой аппаратуры для космических аппаратов. В частности, одним из важнейших дополнительных требований к бортовой вычислительной технике является необходимость разработки повышенных мер защиты от сбоев. При этом необходимо учитывать различные условия возникновения сбоев во время полета (в первую очередь, виды орбит, радиационные условия). В частности, наиболее подвержена сбоям аппаратура космических аппаратов, вращающихся по высокоэллиптическим орбитам. Вместе с тем, следует отметить, что, наряду с исследованием сбоев в активных элементах аппаратуры (например, СБИС динамической памяти), недостаточно уделяется внимания "пассивной" части аппаратуры (линиям связи, контактирующим устройствам, контактными площадкам, проводникам печатных плат и т.д.). При этом следует иметь в виду, что если для активных элементов аппаратуры первопричиной сбоев зачастую является радиация (например, высокоэнергетичные частицы химических элементов), то для пассивных элементов первопричиной сбоев может выступать вибрация (например, в длительных космических полетах).

За период 1975-2010 годов необходимо указать на широкое внедрение рассмотренных в работе результатов в народное хозяйство, включая оборонные отрасли: авиация, тяжелое

машиностроение, космическое приборостроение, морское приборостроение, вычислительная техника, транспорт, химическое машиностроение, геодезическое приборостроение и ряд других.

В настоящее время в Московском государственном индустриальном университете (кафедра «Автоматики, информатики и систем управления») совместно с Московским энергетическим институтом (кафедра «Электротехники и интроскопии») и Вычислительным Центром имени А.А. Дородницына РАН (отдел «Нелинейного анализа и проблем безопасности») ведутся разработки аппаратных и программных средств по повышению безопасности аппаратуры систем управления защитой ядерных реакторов.

**შეფერხებების ალბომი და როლი თანამედროვე რთული სისტემების
ინფორმაციულ უსაფრთხოებაში**

მ. სურგულაძე

რეზიუმე

განხილულია და შეთავაზებულია აპარატულ-პროგრამული სისტემების “შეფერხებების” აქტიური დიაგნოსტიკის მეთოდები: ინტელექტუალური და ელექტრომაგნიტური შეთავსებადობის. წარმოდგენილია სისშირეთა C-დიაპაზონში მომუშავე კოსმოსური რადიოელექტრონული აპარატურის იმედიანობის ამაღლების კონცეფცია.

**ROLE AND PLACE OF FAILURES IN INFORMATION SAFETY
OF MODERN COMPLEX SYSTEMS**

M. SURGULADZE

Summary

Intellectual and electromagnetic compatibility methods of active diagnostics of failures of hardware-software systems are considered and offered. The concept of the complex decision of a problem of increase of reliability of the space radio-electronic equipment in C-frequency range is presented.

**РОЛЬ И МЕСТО СБОЙЕВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

M. СУРГУЛАДZE

Резюме

Рассмотрены и предложены методы активной диагностики сбоев аппаратно-программных систем: интеллектуальные, электромагнитной совместимости. Представлена концепция комплексного решения задачи повышения надежности космической радиоэлектронной аппаратуры в С-диапазоне частот.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.И., Баюков А.В. Проблемные вопросы создания высоконадежной радиоэлектронной аппаратуры для ракетной, космической и авиационной техники, вытекающие из требований комплекса государственных стандартов «Мороз – 6». Международная НТК «Системные проблемы качества, математического моделирования, информационных электронных и лазерных технологий». Материалы конференции, Москва-Сочи, 2001. Часть 1, с. 45-47,
2. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. М., Наука, 1982.
3. Хольм Р. Электрические контакты. М., ИИЛ, 1961.
4. Левин А.П. Контакты электрических соединителей радиоэлектронной аппаратуры. (Расчет и конструирование). М., Советское радио, 1972.
5. Дианов В.Н. Радиоизмерительные методы в задачах обнаружения сбоев в ЭВМ. Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1992. Вып. 6, с. 102-114.

დრუბლოვანი გამოთვლები, კონცეფცია და არსი
თ.ბახტაძე, ი.მარბალიტაძე, მ.ბებეჟკორი, თ.კაიშაური

დრუბლოვანი გამოთვლები (Cloud Computing) როგორც კონცეფცია დიდი ხნის წინ დაიბადა და ის აბსტრაქციასთან ასოცირდება, რომელიც გარკვეული ინფრასტრუქტურის ფიზიკური იმპლემენტაციისგან მომხმარებლის იზოლირებას ახდენს. თვით ტერმინი „დრუბელი“ წარმოიშვა დიაგრამებზე დრუბლის იმიჯებისგან, რომელსაც მეცნიერები იყენებდნენ ინტერნეტის აბსტრაქციის სახით გამოსახენად. დრუბლოვანი გამოთვლები და სერვისები ასოცირებულია გარკვეულ რესურსთან, როგორც წესი პროგრამულთან, რომლის გამოყენებაც ხდება სხვა პროგრამული რესურსების, როგორც წესი აპლიკაციების მიერ ინტერნეტის მეშვეობით. ინტერნეტი დრუბლის კონცეფციის შემადგენელი არსებითი ელემენტია. მაღალქაროსნული ინტერნეტი ეს ის ქვედა შრეა, რომელზედაც დაშენებულია დრუბლის კონცეფცია. დრუბლოვანი სერვისის საუკეთესო მაგალითია ელ-ფოსტა. ჩვენს კომპიუტერზე დამონტაჟებული ელ-ფოსტის კლიენტ-აპლიკაცია არ ინტერესდება ფოსტის დამამუშავებელი სისტემით, მისი შიდა აგებულებით, პლატფორმით, და ოპერაციული სისტემით, ის მხოლოდ მოიხმარს მას, როგორც რესურსს ინტერნეტის მეშვეობით. ჩვენ შეგვიძლია შევქმნათ, რედაქტირება გავუკეთოთ, ტექსტურ ფაილებს, მოვამზადოთ რთული მათემატიკური ცხრილები და ვაჩვენოთ ელექტრონული პრეზენტაციები, ერთდროულად ვიმუშაოთ დოკუმენტებზე, გავაკეთოთ სურათების, ფოტოების რედაქტირება, და რაც მთავარია, გავაგზავნოთ და მივიღოთ ელექტრონული ფოსტის შეტყობინებები. ასევე, შევამოწმოთ საეჭვო ფაილები რამდენიმე ანტივირუსის საშუალებით და მნიშვნელოვანი მონაცემების ასლები შევინახოთ დრუბლოვანი პროვაიდერის სერვერზე.

პირველი იდეა დრუბლოვანი გამოთვლების შესახებ წარმოიშვა 1960 წელს და ის ეკუთვნის ცნობილ ამერიკელ მეცნიერ ჯოზეფ კარლ რობნეტ ლიკლიდერს (Joseph Carl Robnett Licklider). მან ძალიან სწორად განჭვრიტა ინტერაქტიული კომპიუტერული სისტემების მომავალი. მისი იდეის თანახმად მომავალში იარსებებდა მსოფლიო მასშტაბით ქსელი, რომელიც ადამიანებს საშუალებას მისცემდა გამოეყენებინათ პროგრამები და მონაცემები ნებისმიერი გეოგრაფიული ადგილიდან. 60-ინ წლებში მან საფუძველი ჩაუყარა ARPANET-ის შექმნას, რომელიც უნივერსიტეტებს საშუალებას აძლევდა ფაილები გამოეყენებინათ გარე გამოთვლითი მოწყობილობების საშუალებით. თითქმის იმავე პერიოდში ცნობილმა მეცნიერმა ჯონ მაკარტიმ (John McCarthy) წარმოაჩინა იდეა ქსელის უტილიტის სახით მიწოდების თაობაზე. 1989 წელს ტიმ ბერნერს-ლიმ (Tim Berners-Lee) შექმნა პირველი ვებ გვერდი, რამაც უკვე ნათლად წარმოაჩინა ლიკლიდერის და მაკარტის იდეების პოტენციალი. ეს იყო ისტორიული მომენტი, რომელმაც უზარმაზარ ინტერნეტ „ბუმს“ ჩაუყარა საფუძველი. დრუბლოვანი გამოთვლები შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც ერთგვარი ზედნაშენი და მომდევნო „ბუმი“ ინტერნეტის განვითარებაში.

დრუბლოვანი გამოთვლების ბენეფიტები შეიძლება დავაჯგუფოთ ოთხ პუნქტად:

1. პროდუქტიულობის ზრდა.

ძირითადი იდეა დრუბლის მიღმა არის გამარტივება იმ იტ ინფრასტრუქტურისა, რომელიც უკვე არსებობს და მისი დინამიური გაფართოების პოტენციალის ზრდა. ძალიან რთულია დიდი რაოდენობით გამოთვლითი აპარატურის მქონე ორგანიზაციაში პროდუქტიულობის შენარჩუნება, როდესაც ორგანიზაციის მთავარი მიზანი არის არა იტ სფერო. აპარატურის შექმნა, მუდმივი განახლება და კონტროლი საკმაოდ მძიმე და რუტინული ამოცანაა. გამუდმებითი განახლება და მონიტორინგი დრუბლოვანი სერვისების შემთხვევაში წარმოადგენს უშუალოდ დრუბლოვანი სერვისის პროვაიდერის ამოცანას და პასუხისმგებლობას. ასევე მცირდება თავსებადობის პრობლემა, რომელიც გამოწვეულია გამუდმებითი პროგრამული უზრუნველყოფის ცვლილებებით. დრუბლოვანი სერვისის შემთხვევაში აპლიკაციის მონტაჟის აუცილებლობა მკვეთრად მცირდება, რაც მხოლოდ პროდუქტიულობის ზრდისთვის სასარგებლოა. აპლიკაციების ვერსიების

კოლიზია და პერსონალის ტრენინგის აუცილებლობა ახალ აპლიკაციის ვერსიაზე მოსარგებად მცირდება.

2. მონაცემების დაცულობა.

დღეისთვის და სამომავლოდ მონაცემების დაცულობა იქნება ძალიან მაღალი პრიორიტეტის ამოცანა ნებისმიერი ზომის და მასშტაბის ორგანიზაციისთვის. მონაცემების აკუმულაცია და ზრდა ძალიან არაერთგვაროვანი შეიძლება იყოს ორგანიზაციის სპეციფიკიდან გამომდინარე. რაც ართულებს კონტროლს მონაცემების უსაფრთხოებაზე და ზრდის მონაცემების მოპარვის ალბათობას. დრუბლოვანი სერვისების შემთხვევაში მონაცემების უსაფრთხოებაზე კონტროლი ეკისრება სერვისის პროვაიდერს, რომელსაც ამ ამოცანისთვის უშუალო ჯგუფი ჰყავს გამოყოფილი. ამას თან ერთვის ერთიანი საცავის პრინციპი, რომელიც მონაცემების დუბლიკაციის პრობლემას ამცირებს და ერთიანი უსაფრთხოების კონტროლის მექანიზმის ქვეშ აქცევს მთელი ორგანიზაციის მონაცემებს. ეს კი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია სენსიტიური და საკმაოდ დაცული ინფორმაციის შემთხვევაში. პორტატულ დანადგარებზე ინფორმაციის აკუმულაცია ძალიან მაღალი რისკის შემცველია. მისი დაკარგვის ან მოპარვის შემთხვევაში ალბათობა მთელი ორგანიზაციის უსაფრთხოების კომპრომეტირების მკვეთრად იზრდება. ერთიანი საცავის პრინციპის შემთხვევაში მსგავსი პრობლემა თითქმის არ არსებობს. ასევე საკმაოდ კრიტიკულია უშუალოდ კომუნიკაციის შიფრაცია სერვისის პროვაიდერსა და მომხმარებელს შორის.

3. ფინანსური ბენეფიტი.

დრუბლოვანი სერვისებს თან სდევს ფინანსური ხარჯების შემცირება. ამას განაპირობებს იტ აპარატურის შეძენის, თანხლების და მონიტორინგის ხარჯების შემცირება. დრუბლის შემთხვევაში, იშვიათი გამონაკლისებით სერვისები წვდომადია მსოფლიოს ნებისმიერი გამოთვლითი სისტემისთვის ინტერნეტ კავშირის არსებობის პირობებში. უშუალოდ აბსტრაქციის მიღმა არსებული აპარატურის თანხლება და მონიტორინგი დრუბლოვანი სერვისის მომწოდებლის ვალდებულება ხდება და მის ხარჯებზე იხსება. ამას ერთვის ის ფაქტიც, რომ ორგანიზაციას არ სჭირდება კვალიფიციური პერსონალის დაქირავება იმ ამოცანისთვის, რომელსაც დრუბლოვანი სერვისის პროვაიდერი ისედაც უპრობლემოდ ართმევს თავს.

4. საიმედოობა.

ორგანიზაციაში არსებული აპარატურის საიმედოობა ორგანიზაციის იმიჯს განსაზღვრავს. საიმედოობის არსებობა აპარატურულ და პროგრამულ დონეზე შესაძლოა მერყევი იყოს როგორც მომხმარებლის, ასევე აპარატურის მომწოდებლის ნატურიდან გამომდინარე. დრუბლის მიღმა არსებული აპარატურის საიმედოობა კონტროლდება რეგულარულად. სარეზერვო ასლების არსებობის პირობებში ჩავარდნა პროდუქტიულობაში და წარმადობის კატასტროფული ვარდნის რისკი მკვეთრად კლებულობს. დრუბლოვანი სერვისის პროვაიდერი იღებს საკუთარ თავზე პასუხისმგებლობას უმცირეს დროის მონაკვეთში ადადგინოს მუშა სისტემის მდგომარეობა დაზიანებამდე არსებული სტატუსით მინიმალურ დროში.

საინფორმაციო ტექნოლოგიის ექსპერტები ირწმუნებიან, ნებისმიერ სექტორში, მომავალი „დრუბელის“ გარეშე წარმოუდგენელია. მხოლოდ ეს მოდელი ძლევა საშუალებას მოხდეს განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის ინფორმაციის გადაცემა, დამუშავება, შენახვა და საიმედოდ დაცვა.

დღეისთვის დრუბლოვანი სერვისების კონცეფცია ნაწილობრივ ჩანასახის სტადიაზეა. არ არის სრულად წარმოდგენილი სერვისების სპექტრი. მაგრამ, უკვე არსებობს საკმაოდ დიდი ოდენობით დრუბლოვანი სერვისების გამოყენების მაგალითები. საუკეთესო მაგალითია მონაცემების შენახვის და სინქრონიზაციის დრუბლოვანი სერვისები: Google Drive, Skydrive, DropBox, iCloud, Amazon Cloud Drive და სხვ.

მათი აუცილებლობა მონაცემების სიჭარბით არის განპირობებული და ისტორიულად ეს დრუბლოვანი სერვისების ფართოდ გამოყენების პირველი მაგალითია. დღეს დიდი ტემპით მიმდინარეობს დრუბლის კონცეფციის განვითარება კორპორაციების დონეზე. მუშავდება დრუბელზე და დრუბლოვანი სერვისებზე ორიენტირებული ოპერაციული სისტემებიც კი. პროგრესი ნათელია და სამომავლოდ დრუბლოვანი ოპერაციული სისტემების ფართო სპექტრი იარსებებს. ამისთვის მარტო ინტერნეტი იქნება საჭირო.

„დრუბელი – მომავლის უალტერნატივო მოდელი“

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ნაჩვენებია სხვადასხვა ღრუბლოვანი ფაილსაცავების მიერ შემოთავაზებული სერვისები.

კატეგორია	Google Drive	iCloud	Amazon Cloud Drive	SkyDrive	Dropbox
Free Space	5GB	5GB	5GB	7/25GB	2GB
Max. Space	16TB	55GB	1TB	107/125GB	10TB
Price per year*	\$59.88**	\$100	\$50	\$25	\$99
Price per GB per year*	\$0.60	\$1.82	\$1	\$0.44	\$1.98
Desktop App	Mac, Windows, Chrome OS	Mac, Windows	Mac, Windows	OS X, Windows	Mac, Windows, Linux
Mobile App	Android, iOS	iOS	Android	iOS, Windows Phone	iOS, Android, BlackBerry
Browser	✓	✗	✓	✓	✓

ღრუბლოვანი გამოთვლები, კონცეფცია და არსი
თ.ბახტაძე, ი.მარგალიტაძე, მ.გეგეჩკორი, თ.კაიშაური
რეზიუმე

ღრუბლოვანი სერვისები სულ უფრო პოპულარული ხდება და კომპიუტერულ ტექნოლოგიებში ჩახედული ექსპერტები ღრუბლოვან სერვისებს დიდ მომავალს უწინასწარმეტყველებენ.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების საშუალებით პრაქტიკულად ყველაფრის გაკეთება შესაძლებელია. ამისათვის მთავარია გვექონდეს ვებბრაუზერი და წვდომა ინტერნეტთან.

წარმოდგენილ სტატიაში განიხილულია ღრუბლის კონცეფცია, ღრუბლოვანი გამოთვლები და მისი ბენეფიტები.

CLOUD COMPUTING, THEIR VISION AND NATURE

T.BAKHTADZE, I.MARGALITADZE, M.GEGECHKORI, T.KAISHAURI

Summary

Cloud services are getting more and more popular and they are predicted to have a great future by computer experts.

Almost everything can be done by means of the cloud technologies. All we need is a web browser and access to the internet.

The cloud conception, cloud calculations/computations and its benefits are considered in the paper.

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, ИХ КОНЦЕПЦИЯ И СУТЬ

Т.БАХТАДЗЕ, И.МАРГАЛИТАДЗЕ, М.ГЕГЕЧКОРИ, Т.КАЙШАУРИ

Резюме

“Облачные сервисы” становятся все более популярными и эксперты, разбирающиеся в компьютерных технологиях, предсказывают большое будущее облачным сервисам.

С помощью облачных технологий практически можно сделать все. Для этого главное иметь веббраузер и доступ к интернету.

В представляемой статье рассмотрены концепция облака, облачные вычисления и их бенефиты.

ლიტერატურა - REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
2. <http://www.cloudcomputingworld.org/cloud-computing/understanding-cloud-computing-and-grid-computing.html>
3. <http://www.cloudcomputingworld.org/cloud-computing/how-cloud-computing-will-affect-your-business-in-the-next-five-years.html>
4. http://wikibon.org/wiki/v/A_brief_history_of_cloud_computing
5. <http://geetarchurchy.wordpress.com/2009/06/03/cloud-computing-%E2%80%98the-biggest-technological-advance-since-the-birth-of-the-internet%E2%80%99/>
6. <http://technorati.com/technology/cloud-computing/article/cloud-computing-moves-into-next-stage/>
7. http://www.webopedia.com/TERM/C/cloud_computing.html
8. <http://blog.livedrive.com/2012/08/the-history-of-the-cloud/>
9. <http://www.masternewmedia.org/cloud-computing-enterprise-content-distributors-moving-from-database-to-web-services-curation/>
10. <http://cloudcomputingcompaniesnow.com/>
11. <http://blog.livedrive.com/2012/08/what-is-cloud-storage/>

**თავისუფალი პროგრამები საგანმანათლებლო და სამეცნიერო
საქმიანობაში**

*მ. გვეჯკორი, ვ. ბახტაძე, თ. ქვანი, ჯ. ბაბლოშვილი, ნ. ნარიანიძე,
თ. გურჯულაძე*

merigeg@gmail.com, verona64@mail.ru

დღეისათვის კომპიუტერული ტექნოლოგიები ფართოდ გამოიყენება უმაღლეს სასწავლებლებსა და სამეცნიერო დაწესებულებებში. არა ერთი მაღალკვალიფიციური პედაგოგი თუ მეცნიერი საკმაოდ ხშირად მიმართავს ინფორმაციულ ტექნოლოგიებს (იტ) წარმატებული სასწავლო და კვლევითი საქმიანობისთვის. თუმცა, ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებისას მომხმარებელთა წინაშე ყოველთვის ჩნდება პროგრამული უზრუნველყოფის ამორჩევის პრობლემა. Microsoft, Adobe, Corel და სხვა კომპანიების მიერ შემოთავაზებული პროპრიეტარული პროგრამები, როგორც წესი, საკმაოდ ძვირია და უმეტესად მიუწვდომელი საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ორგანიზაციების პერსონალისთვის. ამიტომ, ბოლო პერიოდში, მათი ყურადღება სულ უფრო ხშირად ეთმობა პროპრიეტარული პროგრამების ალტერნატიულ - თავისუფალ პროგრამებს.

თავისუფალ პროგრამებში მოიაზრება პროგრამები, რომლებიც ავტორის (ან საავტორო უფლების სხვა მფლობელის) მიერ ქვეყნდება ე.წ. „თავისუფალი ლიცენზიის“ ნიშნით. მათი გამოყენება, დამატებითი ეგზემპლარების შექმნა, გავრცელება და მოდიფიცირება თავისუფალი და შეუზღუდავია [1]. ამ მნიშვნელოვანი უპირატესობის გარდა, თავისუფალ პროგრამებს პროპრიეტარულთან შედარებით სხვა უპირატესობებიც გააჩნია. კერძოდ:

- დიდი საიმედოობა და დაცულობა;
- უახლესი კომპიუტერული ტექნოლოგიების ტესტირებისა და გამოყენების შესაძლებლობა;
- მრავალენობრიობა;
- პროგრამების შემქმნელებისა და მომხმარებელთა კავშირისგან დახმარების მიღების შესაძლებლობა.

თავისუფალი პროგრამები იქმნება არა მარტო თავისუფალი ოპერაციული სისტემების (ოს), არამედ Windows-ისა და პროგრამული უზრუნველყოფის სხვადასხვა კლასებისთვისაც, ინტერნეტში სამუშაო; საოფისე; მათემატიკური; მოდელირების, მონაცემთა დამუშავებისა და ვიზუალიზაციის პროგრამები და პროგრამების შექმნის საშუალებები – კომპილატორები [2].

დღეისათვის არსებული ზოგიერთი პროპრიეტარული ოპერაციული სისტემისა და პროგრამული უზრუნველყოფის ალტერნატიული თავისუფალი პროგრამების ჩამონათვალი მოცემულია ცხრილში. ქვემოთ გთავაზობთ მათ შორის ყველაზე რეიტინგული თავისუფალი პროგრამების მოკლე მიმოხილვას.

პროპრიეტარული ოპერაციული სისტემა Ms Windows-ის ერთ-ერთ ალტერნატივას წარმოადგენს მძლავრი, უფასო, მრავალფუნქციური ოპერაციული სისტემა Linux [3]. იგი Unix-ის მაგვარი თავისუფალი ოპერაციული სისტემაა, რომელიც Ms Windows-გან რიგი უპირატესობებით გამოირჩევა. კერძოდ: დაყენების სიმარტივე; მოხერხებული და კომპიუტერის რესურსების ნაკლებად მოთხოვნი ოს გრაფიკული ინტერფეისი; დისტრიბუტივების უფასო გამოყენების შესაძლებლობა; ფაილური სისტემის მეტი ლოგიკური ორგანიზაცია, რაც საშუალებას იძლევა დაიყოს ფაილებთან წვდომის უფლება, ხოლო კომპიუტერი გახდეს ქსელური შემოტევის, ინფორმაციისადმი არასანქცირებული წვდომისა და ვირუსებისაგან გაცილებით დაცული; დისტრიბუტივების დიდი რაოდენობით არსებობა, რის საფუძველზეც ნებისმიერ მომხმარებელს შეუძლია თავისი საქმიანობის მიხედვით შეარჩიოს დისტრიბუტივი; Linux-ის დისტრიბუტივებში პროგრამული უზრუნველყოფისათვის უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენების, შეცდომების სწრაფად გამოსწორების შესაძლებლობა; პროგრამული უზრუნველყოფის დიდი ნაკრები.

ამჟამად Linux საკმაოდ დეტალურად არის დოკუმენტირებული. დოკუმენტირებულია მის ბაზაზე შექმნილი პროგრამებიც, რომლებიც უფასოა და შესაძლებელია შესაბამის ინტერნეტ გვერდებზე მათი მოძიება. Linux, როგორც სრულყოფილი, მრავალფუნქციური და მრავალამოცანიანი ოს, წარმატებით ართმევს თავს თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების მზარდ მოთხოვნილებებს და ხელმძღვანელობს პრინციპით:

მომხმარებელს უფასოდ მიეწოდოს რაც შეიძლება მეტი ინფორმაცია და პროდუქტი (პროგრამა).

ცხრილი

პროპრიეტარული და ალტერნატიული თავისუფალი პროგრამები

პროპრიეტარული	თავისუფალი	ოფიციალური საიტი
Microsoft Windows	GNU/Linux	www.gnu.org
Microsoft Office	OpenOffice LibreOffice GnomeOffice FreeOffice 2012 Google Docs LaTeX	openoffice.org libreoffice.org projects.gnome.org/gnumeric softzone.net/131-paket-freeoffice-2012 docs.google.com latex-project.org
MS SQL Server	PostgreSQL	postgresql.org
Statistica	R Statistics	r-project.org
MatLab	Octave FreeMat Scilab Maxima	gnu.org/software/octave freemat.sourceforge.net scilab.org maxima.sourceforge.net
EViews	Gretl	gretl.sourceforge.net
Adobe Photoshop	GIMP	gimp.org
Corel Draw	Inkspace	inkscape.org
3D MAX	Blender Google SketchUp SweetHome 3D	blender.org sketchup.google.com sweethome3d.com
ABBYY Lingvo	StarDict GoldenDict	stardict.sourceforge.net goldendict.org
WinRAR	7-Zip PeaZip	7-zip.org peazip.sourceforge.net

ინტერნეტში სამუშაო კროსპლატფორმული თავისუფალი პროგრამებიდან შეიძლება გამოვიყენოთ ვებ-ბრაუზერები Google Chrome და Mozilla Firefox.

Google Chrome შეიქმნა კომპანია Google-ს მიერ თავისუფალი ბრაუზერ Chromium-ის საფუძველზე ვებ-გვერდების ასახვის მიზნით. ბრაუზერში ერთმანეთს ერწყმის ღიზინის სისადავე და თანამედროვე ტექნოლოგიები. გვერდების ჩატვირთვის მაღალი სიჩქარის, მინიმუმამდე დაყვანილი აუცილებელი გაფართოებების, მათი დაყენებისა და მოხსნის სიმარტივის, კომპიუტერულ რესურსებზე მინიმალური მოთხოვნების, კომპაქტურობის, მოხერხებული საძიებო სისტემისა და საძიებო საგანის (სიტყვა, ფრაზა) ავტომატური აღრიცხვიანობის საფუძველზე Google Chrome პირველ ადგილზეა მსოფლიოში პოპულარობის მხრივ. ინტერნეტ-მომხმარებელთა რაოდენობის მიხედვით კი იგი წინ უსწრებს მთავარ კონკურენტს- Internet Explorer-ს [4].

Mozilla Firefox შეიქმნა და ვრცელდება Mozilla Corporation-ის მიერ, რომელიც მოწოდებულია იმისათვის, რომ ინტერნეტი იყოს მუდმივად ღია, საჯარო და მისაწვდომი როგორც ცალკეული, ასევე ყველა მომხმარებლისთვის. პოპულარობის მიხედვით Mozilla Firefox მესამეა მსოფლიოში და მეორე თავისუფალ პროგრამულ უზრუნველყოფაში [5]. ბრაუზერის ინტერფეისი მოიცავს მრავალ ჩანართს, ორთოგრაფიულ რედაქტორს, გადმოტვირთვის მენეჯერს, ველს საძიებო სისტემისათვის და გაფართოებებს ახალი ფუნქციების დასამატებლად.

აღნიშნული პროგრამა სწრაფი, საიმედო, სტაბილური, სრულფუნქციური და უკეთ დაცულია ვიდრე Windows-ის შემადგენლობაში შემავალი სტანდარტული პროგრამები. ამასთან, მომხმარებელს შეუძლია ბრაუზერის მოდიფიცირება საკუთარი მოთხოვნების მიხედვით, დამატებითი თემების და გაფართოებების დაყენება.

პროპრიეტარულ პაკეტის Ms office რამდენიმე ალტერნატიული კროსპლატფორმული თავისუფალი საოფისე პაკეტებიდან აღსანიშნავია OpenOffice.org, FreeOffice 2012 და Google Docs.

OpenOffice.org წარმოადგენს საოფისე პროგრამების უსაფრთხო, ფუნქციონალურ და მოქნილ პაკეტს. იგი ერთ-ერთი წარმატებული პროექტია, რომელიც გამოიყენება ტექსტებზე, ელექტრონულ ცხრილებზე, პრეზენტაციებზე, გრაფიკებზე, მონაცემთა ბაზებზე და სხვ. სამუშაოდ, ხელმისაწვდომია მრავალ ენაზე და ყველა პერსონალური კომპიუტერისთვის. ეს სრულფუნქციური პაკეტი საშუალებას აძლევს მომხმარებელს შეინახოს მონაცემები საერთაშორისო დია ფორმატში (ODF), გახსნას, წაიკითხოს და შეინახოს დღეისათვის გავრცელებული სხვა საოფისე პაკეტების ფაილები [6].

OpenOffice.org შედგება შემდეგი დანართებისგან:

- OpenOffice.org Writer - ტექსტური რედაქტორი, რომელიც Word-ის სერიოზული კონკურენტი. მასში მენიუს ბრძანებები და პუნქტები განლაგებულია უფრო ლოგიკურად და მოხერხებულად ვიდრე Word-ში; ამასთან, გაცილებით ხელსაყრელია რთული სტრუქტურის და დიდი მოცულობის დოკუმენტების (წიგნები, მონოგრაფიები, ანგარიშები, დამხმარე სახელმძღვანელოები და სხვა) შექმნა, აწყობა და ფორმატირება როგორც მთლიანად, ასევე ნაწილ-ნაწილ.
- OpenOffice.org Math - მათემატიკური ფორმულების რედაქტორი, რომელსაც გააჩნია ფორმულების როგორც ვიზუალური შექმნის საშუალებები, ასევე ჩაშენებული ენა ფორმულებისათვის. ამ უკანასკნელის საფუძველზე კი ნებისმიერი სირთულის ფორმულის შექმნის შესაძლებლობა.
- OpenOffice.org Draw - ვექტორული გრაფიკული რედაქტორი, რომელიც Corel Draw-ის სერიოზულ ალტერნატივას წარმოადგენს.
- OpenOffice.org Impress - მულტიმედია პრეზენტაციებზე სამუშაო პროგრამა, რომელიც არ ჩამოუვარდება მის კონკურენტ Ms office PowerPoint-ს.
- OpenOffice.org Base - მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა. იგი ერთადერთი კომპონენტი, რომელიც მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მის კონკურენტს Microsoft-დან.
- OpenOffice.org Calc - ელექტრონული ცხრილების რედაქტორი. ამ დანართის საშუალებით შესაძლებელია მონაცემების დამუშავება და ვიზუალიზაცია. მას გააჩნია ფორმულებით გაანგარიშების შესაძლებლობა, დიდი მოცულობის მონაცემების დამუშავების საშუალებები (მონაცემების სორტირება და ფილტრაცია, კრებისითი ცხრილებისა და დიაგრამების შექმნა), მატრიცული ოპერაციების (მატრიცების შეკრება, გამოკლება, გამრავლება, შებრუნება, ტრანსპორტირება) მხარდამჭერი ფუნქციები, ასევე ბრძანებები, რომლებიც ერთცვლადიანი განტოლების ამოხსნის საშუალებას იძლევიან.

OpenOffice.org Calc მოიცავს დიდი რაოდენობის სტატისტიკურ და ფინანსურ ფუნქციებს და სრულფასოვან ვიზუალურ პროგრამირების ენას - OpenOffice.org Basic. იგი ორიენტირებულია ობიექტზე და მისი საშუალებით შესაძლებელია რთული ამოცანების ამოხსნა.

OpenOffice.org-ის გარდა დღეისათვის პოპულარული თავისუფალი საოფისე პროგრამა კომპანია SoftMaker (გერმანია) მიერ შექმნილი სამაგიდო პაკეტი FreeOffice 2012. იგი წარმოადგენს მძლავრ უფასო დანართს, რომელიც Microsoft Office ყველა ვერსიის ფაილებთან მუშაობის საშუალებას იძლევა და მომხმარებელს მთელ რიგ უპირატესობებს სთავაზობს [7].

პაკეტი მოიცავს დოკუმენტებთან მუშაობისათვის საჭირო ყველა აუცილებელ დანართს – ტექსტური პროცესორი (TextMaker); პრეზენტაციების რედაქტორი (SoftMaker) და ელექტრონული ცხრილები (PlanMaker). FreeOffice 2012 უზრუნველყოფს ფაილების შენახვას Microsoft Office-ის ყველა აქტიურ ფორმატში, როგორცაა: DOC/DOCX/ DOCM/ DOTX/ DOTM, XLS/ XLSX, PPT /PPTX.

კომპანია Google-ს მიერ შექმნილი უფასო ონლაინ-ოფისი Google Docs წარმოადგენს ვებ-ორიენტირებულ პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც მოიცავს ტექსტური დოკუმენტების, ელექტრონული ცხრილების და პრეზენტაციების შესაქმნელად საჭირო დანართების ნაკრებს [8]. შექმნილი დოკუმენტები ინახება Google-ს სპეციალურ სერვერზე ან ხდება ექსპორტირება ფაილებში, ხოლო მათი გაცვლა სულ რამდენიმე მარტივი მანიპულაციით ხორციელდება.

როელი დოკუმენტების სრულყოფილად აწყო-გაფორმებისთვის იყენებენ LaTeX-ს. იგი წარმოადგენს კომპიუტერული აწყოების სისტემა TEX-ის მაკროგაფართოებების საკმაოდ პოპულარულ ნაკრებს – მაკროპაკეტს. LaTeX იძლევა ტექსტის მოსამზადებლად საჭირო მრავალი დავალების (ტექსტის სხვადასხვა ენაზე აწყო, განყოფილებებისა და ფორმულების ნუმერაცია, ილუსტრაციებისა და ცხრილების განთავსება გვერდებზე, ბიბლიოგრაფიის შექმნა და სხვა) ავტომატიზირების საშუალებას. მასში დოკუმენტების იერსახე განისაზღვრება სტილის (შაბლონის) ფაილით. არსებობს რამდენიმე სტანდარტული ასეთი ფაილი წიგნებისთვის, სტატიებისთვის, წერილებისთვის და სხვა, რომელთა საშუალებითაც დოკუმენტების გაფორმება სწრაფად არის შესაძლებელი.

ტრადიციულად საოფისე პროგრამებს ლექსიკონები და სათარგმნი პროგრამებიც მიეკუთვნება. ელექტრონულ ლექსიკონს ABBYY Lingvo-ს გააჩნია ორი ღირსეული კონკურენტი პროგრამა - კროსპლატფორმული GoldenDict-ისა და StarDict-ის სახით. სათარგმნი პროგრამა StarDict სხვადასხვა ენების ლექსიკონების უდიდეს ბაზას ფლობს. მას გააჩნია ისეთი შესაძლებლობები, როგორცაა მონიშნული სიტყვის და სრული ტექსტის თარგმნა, ქსელური ლექსიკონების გამოყენება და სხვა [9].

დღეისათვის, მათემატიკური ამოცანების ამოსახსნელად, მონაცემების დასამუშავებლად და ვიზუალიზაციისათვის რამდენიმე უნივერსალური მათემატიკური პაკეტი (Scilab, Maxima, Octave და სხვა) გამოიყენება. ისინი წარმოადგენენ კომპიუტერული მათემატიკის სისტემას, გააჩნიათ ჩაშენებული პროგრამირების ენა და ფუნქციებში დიდი რაოდენობით გამოთვლითი მათემატიკის ალგორითმების რეალიზაციის უნარი. ეს პაკეტები სხვადასხვა სირთულის მათემატიკური ამოცანების ამოსხნის საშუალებას იძლევიან.

მათემატიკური პაკეტი Scilab განკუთვნილია საინჟინრო და სამეცნიერო გამოთვლების წარმოებისთვის. იგი შესაძლებლობებით არ ჩამოუვარდება Mathcad-ს, ხოლო ინტერფეისით Matlab-ის მსგავსია.

Scilab-ში რეალიზებულია გამოთვლითი მათემატიკის ამოცანების ამოსხნის რიცხვითი მეთოდები, რომელთა შორის შეიძლება გამოიყოს წრფივი ალგებრის ამოცანები, არაწრფივი განტოლებები და სისტემები, ოპტიმიზაციის ამოცანები, დიფერენცირება და ინტეგრირება, ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება, ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებები და სისტემები.

უმეტესობა სტანდარტული მათემატიკური ამოცანების ამოსახსნელად Scilab ალტურ-ვილია ჩაშენებული ფუნქციებით, არასტანდარტული ამოცანების ამოსახსნელად კი საკმაოდ მძლავრი და ობიექტზე ორიენტირებული ენით Sci-ენა. მის შემადგენლობაში შედის აგრეთვე კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Scicos [10].

თავისუფალი პროგრამების ამ მოკლე მიმოხილვიდანაც ჩანს, რომ პროპრიეტარულ-თან შედარებით ისინი მთელი რიგი უპირატესობებით ხასიათდებიან. აღნიშნული ფაქტი ზრდის თავისუფალი პროგრამებით მომხმარებელთა დაინტერესებას და მათი ფართო გამოყენების მიზანშეწონილობას. საგანმანათლებლო და სამეცნიერო დაწესებულებებში თავისუფალ პროგრამულ უზრუნველყოფაზე გადასვლა საშუალებას მისცემს ამ ორგანიზაციების პერსონალს გამოიყენოს ხარისხიანი ლეგალური პროგრამები და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, თავიდან ააცილებს პროპრიეტარული პროგრამების შესაძენად საჭირო დიდ ხარჯებს და გათავისუფლებს მათ მსხვილი იტ კორპორაციების ფინანსური პოლიტიკისაგან.

თავისუფალი პროგრამები საბანმანათლებლო და სამეცნიერო საქმიანობაში

მ. ბებეჟკორი, ვ. ბახტაძე, თ. შვანიძე, ჯ. ბაგლოშვილი, ნ. ნარიშკინი, თ. გურჯულაძე

რეზიუმე

მოცემულია დღეისათვის არსებული ზოგიერთი პრიორიტეტული თავისუფალი პროგრამის ჩამონათვალი. განხილულია მათი უპირატესობები პროპრიეტარულ

პროგრამებთან შედარებით და თავისუფალ პროგრამულ უზრუნველყოფაზე გადასვლის დადებითი მხარეები.

FREE PROGRAMS IN EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC ACTIVITY
*M. GEGECHKORI, V. BAKHTADZE, T.ZHVANIA, J.GAGLOSHVILI, N. NARIMANIDZE,
T. BURCHULADZE*

Summary

The list of some priority and qualitative free programs for today is given. Preferences of these programs in comparison proprietary programs and positive sides of transition to the free software are considered.

**СВОБОДНЫЕ ПРОГРАММЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И НАУЧНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**
*М. ГЕГЕЧКОРИ, В. БАХТАДЗЕ, Т.ЖВАНИЯ, ДЖ.ГАГЛОШВИЛИ,Н. НАРИМАНИДЗЕ,
Т. БУРЧУЛАДЗЕ*

Резюме

Приведен перечень некоторых приоритетных и качественных свободных программ на сегодняшний день. Рассмотрены их преимущества по сравнению с проприетарными программами и положительные стороны перехода на свободное программное обеспечение.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Francesco Potorti. Free software and research. <http://fly.isti.cnr.it/sl/fs-and-research>, 2008.
2. Алексеев Е.Р. Использование свободных программ в научных исследованиях. прикладная информатика №6 (24), 2009, ст. 61-79.
3. <http://en.wikipedia.org/wiki/Linux>
4. <http://www.google.ru/chrome>
5. http://ru.wikipedia.org/wiki/Mozilla_Firefox
6. <http://www.openoffice.org/why/>
7. <http://www.softzone.net/131-paket-freeoffice-2012-besplatnaya-alternativa-ms-office.html>
8. <http://www.docs.google.com>
9. <http://www.stardict.sourceforge.net>
10. <http://www.scilab.org>

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ

В. РАДЗИЕВСКИЙ, Н. ДЖАЛЯБОВА Д. РАДЗИЕВСКИЙ
v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru, dradzievski@gmail.com

1. Введение

Решение задачи диагностики, тесно связано с анализом наблюдаемых нарушений диагностируемого объекта и выводом заключений о вызывающих их причинах. Следует при этом отметить, что свойства диагностируемого объекта и способ его задания диктуют использование различного рода методов при решении поставленных задач. При решении задач диагностики сложных систем, таких, какими являются: биологические системы, экологические системы, экономические системы и т. д. использование строгих количественных методов, как правило, невозможно. Задачи подобного рода относятся к классу неформализованных или слабоформализованных задач [1, 2] и при их решении приходится опираться на нечёткие качественные соотношения, представляющие объект в визуальной форме, которую можно наблюдать, или в форме его описания на естественном языке. Это приводит к тому, что упомянутые задачи решаются, как правило, человеком на основе его знания, опыта, интуиции и способности анализировать неформально заданную ситуацию и оперировать нечёткими понятиями, инструкциями, описаниями.

Автоматизация этой сферы связана с созданием интеллектуальных систем, способных приобретать и хранить знания, полученные от специалистов, и использовать их при решении поставленных задач.

2. Формирование модели знаний о диагностируемой системе и решение задачи диагностики

С целью решения этой задачи будем формировать в машине знания о соответствующей системе. Характерной особенностью систем рассматриваемого класса является наличие сложной сети взаимосвязей между состояниями элементов системы. Поэтому знания о системе должны включать информацию о том, как различные изменения состояний влияют друг на друга. В дальнейшем эти изменения будем называть нарушениями [3] и будем рассматривать влияние различных нарушений на состояние системы и её компонентов. В качестве примеров нарушений такого рода можно указать такие, какими являются: увеличение количества протромбина, увеличение сахара в крови, изменение напряжения в сети, перегрев двигателя, резкое изменение численности какого-либо вида в регионе, падение курса доллара, рост инфляции т.д. Все эти примеры являются нарушениями, относящимися к самым различным областям знаний и представляющими собой отклонение от нормы каких-либо характеристик системы и её компонентов. Решение вопроса, что является и что не является нарушением, предоставляется специалисту-эксперту, формирующему упомянутые выше знания.

В данной работе в качестве сложной системы рассматривается больной организм и решается задача автоматизации диагностики заболеваний и выбора метода лечения. В этом случае упомянутые выше знания включают описания нарушений функционирования организма и его компонентов, взаимосвязи между различными нарушениями, а также между нарушениями и возможными методами лечения. С целью представления упомянутых знаний в машине, множество возможных нарушений, присущих системе-организм, разбивается на классы и подклассы и представляется в виде некоторой иерархической структуры - дерева нарушений. Каждый из упомянутых подклассов в дереве нарушений конкретизируется и уточняется по мере перехода к следующему, более низкому уровню [3]

Для решения задачи диагностики будем использовать метод описанный его автором в работе [4] и используемый при решении задач описанных в [5, 6, 7, 8]. В этом методе в качестве модели для представления знаний используется иерархически организованная семантическая сеть, вершины которой представляют собой понятия, характеризующие возможные нарушения системы-организм и её компонентов, а дуги - отношения между понятиями (нарушениями), а

также между нарушениями и методами лечения. В качестве отношений используются такие, как понятие – подпонятие (SUP и SUB), задающие иерархию понятий, а также такие нечёткие отношения, как «возможная причина», «возможное следствие», «способствует», «показано», позволяющие более точно описать ситуацию, связанную с болезнью и процессом её лечения. Такая структура может быть представлена на параллельных горизонтальных плоскостях, расположенных слоями. На каждой плоскости имеем подсеть, представляющую собой графовую структуру, соответствующую описанию определённого уровня. В этой сети вершины-понятия, обозначающие нарушения, связаны между собой упомянутыми выше нечёткими отношениями (горизонтальные связи). На рис.1 дан общий вид графа, представленного на одной из плоскостей, а на рис.2 соответствующая этому графу матрица отношений.

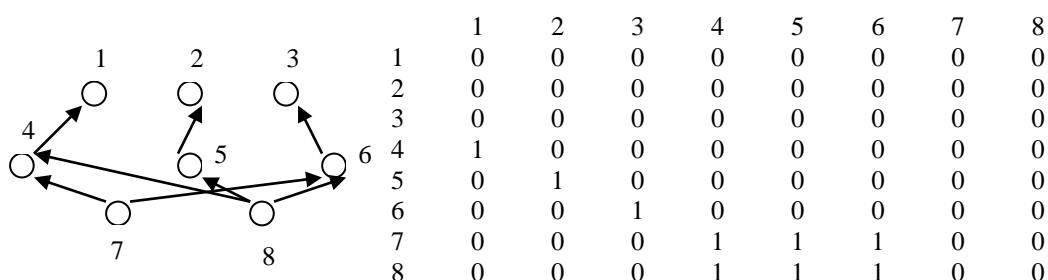


Рис. 1

Рис. 2

Понятия, находящиеся на различных плоскостях, связаны между собой отношениями SUP и SUB, задающими иерархию понятий (вертикальные связи). На каждой из подсетей выделяются вершины, задающие непосредственно наблюдаемые нарушения и содержащие исходную информацию (вершины-симптомы), а также вершины, задающие возможные причины симптомов (вершины – гипотезы). Вершины – гипотезы связаны с вершинами-симптомами дугами, отображающими отношения «возможная причина». Имеются также вершины, которые отображают факторы, способствующие каким-либо нарушениям (способствующие факторы). Они связаны с вершинами – гипотезами дугами, представляющими отношение «способствует».

Использование знаний подразумевает использование не только информации явно присутствующей в сети, но и той, которая в ней явно не присутствует, но которая может быть выведена из имеющихся данных. С этой целью на семантической сети проводится операция пополнения знаний за счёт использования алгебраических свойств отношений, присутствующих в сети. Так, например, если известно, что R – некоторое отношение, заданное на множестве нарушений, а также известно, что R – транзитивное отношение, то из факта $(c_1 R c_2) \& (c_2 R c_3)$ следует факт $(c_1 R c_3)$, который в сети явно не присутствовал. Он был выведен на основании имеющихся фактов. Для получения графа, в котором одновременно присутствуют как явные отношения между нарушениями компонентов, так и те, которые были выявлены в процессе пополнения описаний, проводится операция транзитивного замыкания \hat{R} .

$$\hat{R} = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \dots \cup R^n \cup \dots$$

Процесс возведения в степень отношений заканчивается при выполнении условия

$$R^{n+1} = R^n \quad /4/$$

При представлении графовой структуры семантической сети в виде квадратной матрицы отношений, степеням R^2, R^3, \dots, R^n отношения R соответствует возведение в степень два, три и т.д. в степень n квадратной матрицы, задающей отношение R, а для выполнения операции транзитивного замыкания, проводится операция объединения этих матриц. В случае наличия

нечётких отношений, что наиболее характерно для систем упомянутого класса, каждому отношению приписываются некоторые весовые коэффициенты $\mu_i, \mu_i \in [0,1]$, которые трактуются как степени уверенности. Так, для отношения «возможная причина» μ_i задаёт степень уверенности в том, что нарушение d_i является возможной причиной симптома s_i . При наличии нечётких отношений вместо ноль-единичной матрицы, указывающей на наличие или отсутствие отношений, имеем матрицу, элементами которой являются степени уверенности μ_i . Тогда, при выполнении операции, соответствующей операции транзитивного замыкания для нечётких отношений, вместо ноль-единичной матрицы, имеем матрицу, элементами которой являются значения степеней уверенности μ_i . При этом все операции с этими матрицами проводятся в соответствии с тем, как это принято в теории нечётких множеств. Проведение операции транзитивного замыкания как для чёткого, так и для нечёткого случая, даёт наиболее полную информацию о связях между различными нарушениями в системе, поэтому анализ системных взаимосвязей, проведённых с целью диагностики состояний, осуществляется после проведения указанных операций.

С целью решения задачи диагностики рассматривается семантическая сеть, отображающая знания о больном организме. На множестве вершин сети, определяющих возможные симптомы заболеваний, выделяется некоторое подмножество вершин, отображающих симптомы, совпадающие с теми, которые наблюдаются у реального больного. Эти вершины будем называть активизированными. С целью установления диагноза рассматриваются дуги, задающие отношения «возможная причина», исходящие из активизированных вершин и сходящиеся в вершинах $d_i, i=1...m$, где m – число возможных нарушений (болезней), являющихся возможными причинами симптомов. Сумма весовых коэффициентов этих дуг задаёт оценку вершин d_i . Эти оценки характеризуют конкретного больного и меняются при каждом новом пациенте. В частности, в случае чётких отношений, эти весовые коэффициенты имеют только два значения – единица и ноль. Если вершина связана не только с вершинами, характеризующими симптомы(следствия), но и с другими вершинами, характеризующими, например, какие-либо побочные заболевания пациента, или какие-либо вредные привычки, способствующие болезни, то веса, приписанные этим связям, добавляются к весу вершины d_i , что увеличивает степень доверия к этой вершине. Эти способствующие факторы связаны с вершиной d_i отношением «способствует».

Для установления наиболее вероятного диагноза в пределах данного уровня рассмотрения, отбирается вершина, получившая максимальную оценку [4,5]. Эта вершина отображает наиболее правдоподобную гипотезу о причинах наблюдаемых симптомов. Для её проверки, двигаясь по дугам, исходящим от рассматриваемой вершины, выявляются симптомы, которые не были выявлены на начальной стадии обследования больного, но которые должны наблюдаться у пациента в случае, если исходная гипотеза окажется верной. На основе этих данных вычисляется новая оценка упомянутой вершины, а также других вершин с учётом вновь обнаруженных симптомов. Отбирается вершина, получившая максимальную оценку. Если этой вершиной оказывается упомянутая, то гипотеза считается подтверждённой. В противном случае вся процедура повторяется с новой вершиной, получившей максимальную оценку. Процедура установления диагноза на заданном уровне рассмотрения заканчивается, когда подтверждается какая-либо из гипотез. На этом уровне, на основе анализа и выявления симптомов, характерных для этого уровня, устанавливается первичный диагноз, указывающий, как правило, на некоторый класс болезней (вершины первого слоя), происходит переход на следующий уровень и вся процедура повторяется.

Далее, на основе анализа симптомов, характерных для того или иного класса заболеваний (уровня), выявляется подкласс заболеваний и т.д. до перехода на терминальные вершины, представляющие собой сущность заболевания. С терминальными вершинами дугой с меткой “показано” связаны вершины, характеризующие методы лечения. В частности, это могут быть

вершины с указанием лекарственного препарата, показанного при данном заболевании. Эти связи эквивалентны продукциям типа:

«Если у пациента болезнь d_i , то для её лечения можно использовать лекарства $R_1 \vee R_2 \vee \dots \vee R_n$ ».

3. Задача выбора решения

С целью рационального выбора метода лечения или лекарственных препаратов, показанных при данном заболевании, используется метод [9], основанный на теории нечётких множеств [10]

Пусть имеется n возможных лекарственных средств, которые показаны больному с целью излечения. Пусть эффективность каждого из них оценивается экспертом по различным критериям Q_1, Q_2, \dots, Q_m , Оценки представлены в виде степеней принадлежности к размытому множеству лекарственных препаратов и принимающих значение из интервала $[0,1]$ /9/.

$$Q_1 = \left\{ \frac{\mu_{11}}{R_1} \dots \frac{\mu_{1n}}{R_n} \right\}$$

$$Q_2 = \left\{ \frac{\mu_{21}}{R_1} \dots \frac{\mu_{2n}}{R_n} \right\}$$

$$\dots$$

$$Q_m = \left\{ \frac{\mu_{m1}}{R_1} \dots \frac{\mu_{mn}}{R_n} \right\}$$

где μ_{ij} задают степень принадлежности к размытому множеству лекарственных препаратов, эффективных в отношении критериев Q_i . Тогда размытое подмножество лекарственных средств, удовлетворяющее сразу всем Q_i $i=1, \dots, m$ критериям, будет представлено в виде пересечения размытых множеств

$$Q = Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_m = \left\{ \frac{\min \mu_{ij}}{R} \dots \frac{\min \mu_{ij}}{R_n} \right\}$$

В качестве рекомендуемой альтернативы решения должно стать то, которое имеет самое высокое значение функции принадлежности в Q , поскольку оно удовлетворяет множеству оценок с максимальным значением /9/. В случае, если исходя из состояния больного, критериям, по которым оцениваются лекарственные препараты, приписывается разная ценность, эту относительную ценность можно учесть при теоретико-множественной операции концентрации размытых множеств.

$$\text{Con } A = A^\alpha$$

Операция концентрации размытых множеств приводит к возрастанию функции принадлежности при значении $\alpha < 1$ и к уменьшению при значении $\alpha > 1$. Причём эти изменения незначительны при величинах, близких к единице, носят весьма существенный характер по мере уменьшения величины функции принадлежности. Для вычисления величины показателя степени в операции концентрации размытого множества необходимо построение соответствующей матрицы. Эта матрица строится на основе попарного сравнения альтернатив. Пусть рассмотренные характеристики имеют следующие коэффициенты ценности:

$$Q_1=f_1 \quad Q_2=f_2 \quad \dots \quad Q_m=f_m$$

Попарно сравнивая эти параметры получим следующую m разрядную матрицу

	Q_1	Q_2	Q_m
Q_1	$\frac{f_1}{f_1}$	$\frac{f_1}{f_2}$	$\frac{f_1}{f_m}$
Q_2	$\frac{f_2}{f_1}$	$\frac{f_2}{f_2}$	$\frac{f_2}{f_m}$
...
..
Q_m	$\frac{f_m}{f_1}$	$\frac{f_m}{f_2}$	$\frac{f_m}{f_m}$

Проведя в соответствии с [9] ряд операций с элементами этой матрицы, получим численные значения показателей степени $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ для каждой строки. Эти показатели степени используются для выполнения теоретико-множественной операции концентрации размытых множеств. Выполнив эту операцию над исходными размытыми множествами, получим множества:

$$Q_1^{\alpha_1} = \left\{ \frac{(\mu_{11})^{\alpha_1}}{R_1} \dots \frac{(\mu_{1n})^{\alpha_1}}{R_n} \right\}$$

.

$$Q_m^{\alpha_m} = \left\{ \frac{(\mu_{m1})^{\alpha_m}}{R_1} \dots \frac{(\mu_{mn})^{\alpha_m}}{R_n} \right\}$$

Проведя над этими множествами операцию пересечения, получим:

$$Q^\alpha = Q_1^{\alpha_1} \cap Q_2^{\alpha_2} \dots Q_m^{\alpha_m} = \left\{ \frac{\min(\mu_{i1})^{\alpha_i}}{R_1} \dots \frac{\min(\mu_{in})^{\alpha_i}}{R_n} \right\}, \text{ где } i=1,2,\dots,m.$$

Выбрав из полученного множества элемент $R_j, j=1,2,\dots,n$, соответствующий максимальному значению степени принадлежности, находим лекарственный препарат, наиболее эффективный в отношении всех заданных критериев, с учётом их ценностей.

На основе рассмотренных выше методов была разработана модель интеллектуальной системы для решения неформально заданной задачи медицинской диагностики и выбора метода лечения, которая была реализована на примере заболеваний класса гастритов. Знания об этом классе заболеваний приобретались системой в процессе диалога с экспертом. В качестве модели представления знаний использовалась подробно описанная выше, иерархически организованная семантическая сеть с нечёткими отношениями, представленная в машине в виде матрицы. К настоящему моменту в машину внесены знания о 12 разновидностях гастрита таких, как аллергический, эрозивный, коррозийный, эндогенный и т.д. и 83-х проявлениях болезней, из которых 20 связаны с рентгенологическими и гастроскопическими обследованиями. Для установления диагноза использовались такие проявления болезней, какими являются тошнота, ощущение переполнения, рвота, потеря аппетита, бледность, головокружение, затруднение при глотании, боль в области желудка и т. д., а также данные рентгенологических и гастроскопических обследований. Большинство симптомов носит качественный характер. В машину вводились также знания о факторах, способствующих основному заболеванию. Это могут быть заболевания, сопутствующие основной болезни, а также некоторые вредные привычки (курение, употребление алкоголя, переедание, плохое разжёвывание, принятие горячей пищи и т.д.), наличие которых позволяет с большей вероятностью установить правильный диагноз. Эти факторы также качественные. Они связаны с вершиной, характеризующей диагностируемую болезнь отношением «способствует», которому также, как и отношениям «возможная причина» приписаны весовые коэффициенты. Эти коэффициенты несут вклад в оценку вершины, характеризующей заболевание, и соответственно в поддержку той или иной гипотезы. Для выбора лекарственного препарата используются знания о соответствующих препаратах, взятые из справочников. Каждое лекарство оценивается по определённым критериям и выбирается лекарство, наиболее эффективное в отношении всех критериев. При выборе противogaстритных препаратов лекарства оцениваются, например, по таким критериям, как эффективность в отношении противовоспалительного действия, эффективность в отношении регенеративного действия, эффективность в отношении спазмолитического действия.

Если, исходя из состояния больного, каждому из указанных критериев приписана некоторая оценка, некоторый приоритет, то в соответствии с рассмотренным выше методом, выбор лекарственных препаратов происходит с учётом этих приоритетов и может быть проведён более эффективно. Рассмотренные методы были использованы также при программной реализации системы медицинской диагностики для класса болезней, объединённых общим названием «острый живот».

სამედიცინო დიაგნოსტიკის და მკურნალობის არჩევის ინტელექტუალური სისტემა

ვ.რადიევსკი, ნ.ჯალიაბოვა, დ.რადიევსკი

რეზიუმე

შემოთავაზებულია რთულ სისტემათა მდგომარეობის კომპიუტერული დიაგნოსტიკის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია დიაგნოზირებადი ობიექტის ცოდნაზე. ცოდნა შეიცავს სისტემის კომპონენტების შესაძლო დარღვევათა აღწერას და აგრეთვე დარღვევებს შორის არსებული ურთიერთკავშირების შესახებ ინფორმაციას. გადაჭრილია გადაწყვეტილების მიღების ავტომატიზაციის ამოცანა, რომელიც მიმართულია დარღვევათა თავიდან ასაცილებლად და ხორციელდება იმ კრიტერიუმების მიხედვით, რომელიც მოცემულია და შეფასებულია ექსპერტის მიერ. ამოცანის გადაჭრა ილუსტრირებულია სამედიცინო დიაგნოსტიკის და მკურნალობის მეთოდის არჩევის მაგალითზე. დამუშავებულია ყველაზე ალბათური დიაგნოზის დადგენის ალგორითმი. შემოთავაზებულია წამლების არჩევის მეთოდი, რომელიც ნაჩვენებია მოცემულ დაავადებათა დროს მრავალი კრიტერიუმის საფუძველზე.

INTELLIGENT SYSTEMS MEDICAL DIAGNOSIS AND TREATMENT OF CHOICE

V.RADZIEVSKI, N.JALIABOVA, D. RADZIEVSKI

Summary

The method of the computerized diagnostics of the state of complex systems based on the diagnosed system knowledge is offered in the work. Such knowledge includes the descriptions of possible breaks of components of the system, and also the information concerning the correlations existing among the breaks. The problem of the decisions automation, directed to the removal of the breaks under the criteria given and estimated by experts, is solved. The problem solution is illustrated by the example of medicine diagnostics, and the choice of treatment mode. The most probable diagnose algorithm, at the given level of consideration, is worked out. The method of the choice of medical products, prescribed to the given disease on the basis of multiple criteria, is offered.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ

В. РАДЗИЕВСКИЙ, Н. ДЖАЛЯБОВА Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Предложен метод компьютерной диагностики сложных систем, базирующийся на знаниях о диагностируемой системе. Эти знания включают описания возможных нарушений компонентов системы, а также информацию о взаимосвязях, существующих между нарушениями. Решается задача автоматизации выбора решений, направленных на устранение нарушений по критериям, которые заданы экспертом. Решение задачи проиллюстрировано на примере медицинской диагностики и выбора метода лечения. Разработан алгоритм установления наиболее вероятного диагноза. Предложен метод выбора лекарственных препаратов показанных при данном заболевании на основе многих критериев.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. New ell A. Heuristic programming ill-structured problems. Progress on operation research – New York: Willy and Sons, 1969 – V.3 p. 362-414.
2. Simon H. The structure of ill-structured problems .Artificial Intelligence –1973. – v.4 – p.181-201.

დაავადებათა დიფერენცირება ინტელექტუალური სისტემის მეშვეობით

ნ. ჯალაღობა ვ.რადიევსკი

v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru

დიაგნოზირების ამოცანათა ამოხსნა მჭიდროდაა დაკავშირებული დიაგნოზირებადი ობიექტის დაკვირვებად დარღვევათა(სიმპტომების) ანალიზთან და მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენასთან. მხოლოდ დარღვევათა მიზეზების გამოვლენის საფუძველზე შეიძლება არჩეულ იქნას სისტემაზე ზემოქმედების მეთოდები, რომლებსაც ექნებათ უნარი ამ დარღვევათა აცილებისა. უნდა აღინიშნოს, რომ დიაგნოზირებადი ობიექტის თვისებები, მათი წარმოდგენის ხერხი კარნახობს დასმული ამოცანის ამოხსნის სხვადასხვა მეთოდებს. თუ ობიექტი წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომელსაც გააჩნია ზოგიერთი თვისება ჩამოთვლილი [1,2]-ში და ამის გამო წარმოდგენილია არაფორმალურად, მაშინ ამ ამოცანათა ამოხსნა სრულდება, როგორც წესი, შესაბამისი დარგის სპეციალისტის მიერ, მისი ცოდნის, გამოცდილების და ინტუიციის საფუძველზე.

ამ ამოცანის ამოხსნის ავტომატიზაციის მიზნით გამოვიყენოდ მიზეზობრივი ანალიზის მეთოდი, აღწერილი [3]-ში მისი ავტორის მიერ და რომელიც იყო გამოყენებული რიგი ამოცანების ამოხსნაში [4,5,6,7,8]. ამ მეთოდის გამოყენებისას კომპიუტერში ჩამოვყალიბებთ ცოდნა მედიცინის შესაბამისი დარგის შესახებ.

ცოდნა შეიცავს დიაგნოზირებადი სისტემების ქვესისტემების დარღვევათა აღწერას, კავშირს სიმპტომებს და დაავადებებს შორის, დაავადებული ორგანიზმის სხვადასხვა კომპონენტებს შორის დამოკიდებულებებს. მანქანაში აღნიშნული ცოდნის წარმოდგენის მიზნით, სისტემა-ორგანიზმის შესაძლო დარღვევათა სიმრავლე დაიყოფა კლასებად და ქვეკლასებად და წარმოდგინდება იერარქიული სტრუქტურის – დარღვევათა ხის სახით (ყველაზე მაღალ ნულოვან დონეზე აღნიშნულია ყველა დარღვევა, შემდეგ, პირველ დონეზე – დარღვევათა ქვეკლასები და ა.შ.). ხსენებულ დარღვევათა თითოეული ქვეკლასი კონკრეტდება შემდეგ, უფრო დაბალ დონეზე გადასვლისას.

ცოდნის მოდელის აგების მიზნით აუცილებელია ცოდნის წარმოდგენის ენა. მოცემულ ნაშრომში ასეთი ენის როლში გამოიყენება ბუნებრივი ენის რაღაც ქვესიმრავლე, რომელიც შეიცავს ცნებებს, რომლებიც სისტემა-ორგანიზმის და მისი კომპონენტების შესაძლო დარღვევებს ახასიათებენ, აგრეთვე ახასიათებენ დამოკიდებულებებს დარღვევათა შორის. ცოდნის წარმოდგენის მოდელის როლში ვიყენებთ სემანტიკურ ქსელს, რომელიც მიიღება ხსენებული დარღვევათა ხისაგან ნიშნების და მიმართებების შევსების ხარჯზე. ამ ქსელში ცნებები – წვეროები, რომლებსაც მიეწერებათ ნიშნების მნიშვნელობები, განსაზღვრავენ სისტემის სხვადასხვა კომპონენტების დარღვევას, მხოლოდ მიმართებათა როლში გამოიყენებიან ისეთები, როგორც არის „ცნება-ქვეცნება“, რომლებიც ცნებათა იერარქიას ასახავენ და აგრეთვე ისეთი არამკაფიო მიმართებები, როგორიც არის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“. ისინი დაავადებასთან და მეურნალობის პროცესთან დაკავშირებული სიტუაციის უფრო ზუსტი აღწერის საშუალებას იძლევიან. ქსელზე გამოიყოფა წვეროები, რომლებიც შეიძლება უშუალოდ დაკვირვებადი აღმოჩნდნენ და ამოსავალ ინფორმაციას მოიცავდნენ. ამ წვეროებს სიმპტომები ეწოდოთ. სისტემა-ორგანიზმის თითოეული ქვესისტემა ხასიათდება თავისი სპეციფიური ნიშნებით, მისი მდგომარეობა ხასიათდება მოცემული ქვესისტემისათვის სპეციფიური სიმპტომების ამონაკრებით, რომლებიც ექვემდებარებიან შემოწმებას ყოფნაზე ან არყოფნაზე. სიმპტომები ლაგდებიან იმის მიხედვით თუ რამდენად ადვილია მათი გამოვლენა.

ყოველ ზემოთ ხსენებულ არამკაფიო მიმართებას მიეწერება წონითი კოეფიციენტი a_i , რომელიც ასახავს სარწმუნოების ხარისხს. მაგალითად მიმართებისათვის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“ ეს კოეფიციენტები ასახავენ სარწმუნოების ხარისხს იმისა, რომ რომელიღაც დარღვევა d_i არის სიმპტომის s_j -ს მიზეზი, ან რომელიღაც სიმპტომი s_j არის შედეგი d_i დარღვევის.

გვაქვს რა შეფასებები ყოველი რკალისათვის, განვსაზღვრავთ შეფასებებს წვეროებისათვის. ყოველ წვეროს, რომელიც ასახავს კონკრეტული ავადმყოფის სიმპტომების შესაძლო მიზეზს ენიჭება შეფასება A_i , რაც წარმოადგენს იმ რკალების

წონითი კოეფიციენტების ჯამს, რომლებიც გამოდიან წვერო-სიმპტომებისაგან (რომლებიც კონკრეტულ ავადმყოფს გააჩნია) და შედიან d_i წვეროში. ეს შეფასებები ახასიათებენ კონკრეტულ ავადმყოფს და იცვლებიან ყოველ ახალ პაციენტისთვის. თუ წვერო d_i დაკავშირებულია არა მარტო წვეროებთან, რომლებიც სიმპტომებს ახასიათებენ, არამედ სხვა წვეროებთანაც, რომლებიც ახასიათებს, მაგალითად პაციენტის რაიმე დამატებით დაავადებას, ან რაიმე საზიანო ჩვევას, მაშინ წონა, რომელიც მიეწერება ამ კავშირებს ემატება შესაბამისი წვეროს წონას, რაც ადიდებს ამ წვეროს სარწმუნოების ხარისხს.

ყველაზე ალბათური დიაგნოზის დასადგენად (განხილვის მოცემული დონის ფარგლებში), ამოირჩევა წვერო, რომელიც ღებულობს მაქსიმალურ შეფასებას (8). ეს წვერო ყველაზე სარწმუნო ჰიპოთეზას ასახავს. ამ ჰიპოთეზის შემოწმების მიზნით ვათვალიერებთ იმ წვეროებს (სიმპტომებს), რომლებიც დაკავშირებული არიან განხილულ წვეროსთან და ვამუდავებთ იმ სიმპტომებს, რომლებიც საწყის სტადიაზე არ იყვნენ გამოვლენილნი, მაგრამ რომლებიც დაკვირვებადი უნდა იყვნენ თუ საწყისი ჰიპოთეზა სწორია. ამ ამონაცემების საფუძველზე გამოითვლება აღნიშნული წვეროს ახალი შეფასება, აგრეთვე სხვა წვეროების ახალი შეფასებები ხელახლა გამოვლენილი სიმპტომების გათვალისწინებით. ამოირჩევა წვერო, რომელმაც მიიღო მაქსიმალური შეფასება. თუ ეს არის აღნიშნული წვერო, მაშინ ჰიპოთეზა ითვლება დადასტურებულად. წინააღმდეგ შემთხვევაში მთელი პროცედურა მეორდება იმ ახალი წვეროსადმი, რომელმაც მიიღო მაქსიმალური შეფასება. დიაგნოზის დასმის პროცედურა მოცემულ დონეზე მთავრდება, როდესაც რომელიმე ჰიპოთეზა დასტურდება.

განხილული მეთოდების საფუძველზე დამუშავდა ინტელექტუალური სისტემის მოდელი, გამიზნული სამედიცინო დიაგნოზირების, რომელიც იყო რეალიზებული მუცლის ღრუს დაავადებათა მაგალითზე.

ცოდნის შექმნა ამ კლასის დაავადებათა შესახებ ხორციელდებოდა სისტემის მიერ მენიუს საშუალებით დიალოგის პროცესში.

ცოდნის წარმოსადგენად გამოყენებული იქნა ზემოთ აღწერილი იერარქიულად ორგანიზებული სემანტიკური ქსელი არამკაფიო მიმართებებით, რომელიც წარმოდგენილი იყო კომპიუტერში მატრიცის სახით.

მუცლის ღრუს დაავადებათა მწვავე ფორმების დიფერენცირება ხშირ შემთხვევებში ექიმისათვის საკმაოდ გაძნელებულია, ვინაიდან დაავადების სხვადასხვა ფორმათა კლინიკური სურათი ერთმანეთის მსგავსია – ვლინდება მწვავე ტკივილებით მუცლის არეში.

“მწვავე მუცელი” – არ არის საბოლოო დიაგნოზი, ეს არის მხოლოდ მუცლის ღრუს პათოლოგიის სახიფათო სიგნალი, რაც აიძულებს ექიმს, მიიღოს სასწრაფო ზომები ავადმყოფის გადაუდებელი ჰოსპიტალიზაციისათვის.

მეტწილად ძლიერი და მწვავე ტკივილები მუცლის ღრუს არეში ერთადერთი მახვენებელია ავადმყოფის მდგომარეობის დასადგენად. დიაგნოსტიკების კრიტიკულ ეტაპზე უშეცდომოდ უნდა განისაზღვროს საჭიროებს თუ არა ავადმყოფის მდგომარეობა გადაუდებელ ქირურგიულ ჩარევას. კრიტიკულ დიაგნოსტიკურ ეტაპზე არასწორად დასმული დიაგნოზი შეიძლება ადამიანისათვის საბედისწერო გახდეს.

ჩვენს მიერ შემუშავებული ინტელექტუალური სისტემა შეიძლება დაენმაროს ექიმს ამ კრიტიკულ ეტაპზე დაავადების სწორად დიაგნოსტიკაში.

ინტელექტუალური სისტემის ასაგებად შესწავლილ იქნა მუცლის ღრუს დაავადებათა მწვავე ფორმების ხუთი სახეობა: მწვავე აპენდიციტი, მწვავე ხოლცისტიტი, მწვავე პანკრეატიტი, ნაწლავის მწვავე გაუვალობა, საშვილოსნოს დანამატების მწვავე ანთება.

თითოეული ნოზოლოგიური ფორმისათვის, ექსპერიმენტის სახით, დამუშავებულ იქნა 20-20 ფორმალიზებული ისტორია. თითოეული ფორმალიზებული ისტორია შეიცავდა 130 ნიშან-თვისებას. აქედან 71 ნიშან-თვისება იყო ანამნეზის მონაცემები, დანარჩენი 59 კი – ექიმის მიერ ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად მიღებული მონაცემები.

საწყისი 130 ნიშან-თვისებიდან თითოეული ნოზოლოგიური ფორმისათვის ხდებოდა პათოლოგიის შესაბამისი ნიშან-თვისებების დამახსოვრება და დამუშავების შემდეგ სათანადო წონების მინიჭება იმის მიხედვით, თუ რა სიხშირით გვხვდებოდა მოცემული დაავადებისათვის ესა თუ ის ნიშან-თვისება.

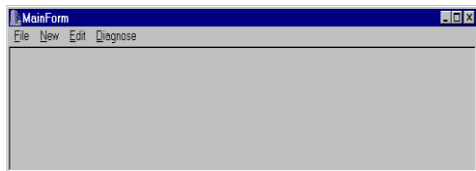
დაავადებათა დიფერენცირება ინტელექტუალური სისტემის...

თითოეული ნოზოლოგიური ერთეულისათვის აგებულ იქნა შესაბამისი ვექტორი, რაც წარმოადგენდა ინტელექტუალური სისტემის ცოდნის ბაზას.

დიაგნოსტიკა ტარდებოდა ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე ხდებოდა ანამნეზის მონაცემების დამუშავება და სავარაუდო დიაგნოზის დასმა, მეორეზე კი – დიაგნოზის დაზუსტება ექიმის მიერ ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად მიღებული მონაცემებით.

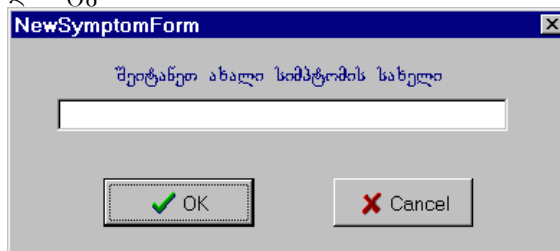
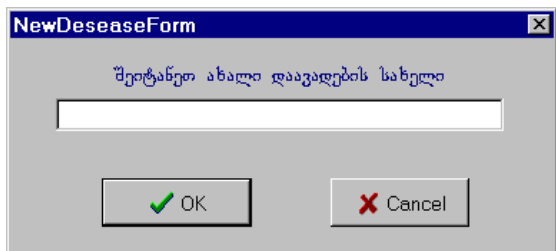
ინტელექტუალური სისტემა მუშაობს დიალოგურ რეჟიმში ბუნებრივ ენაზე.

მუშაობის დაწყებისთანავე ეკრანზე გამოჩნდება ფანჯარა, რომელშიც შედის მენიუს სამი ძირითადი პუნქტი: New, Edit, Diagnose.



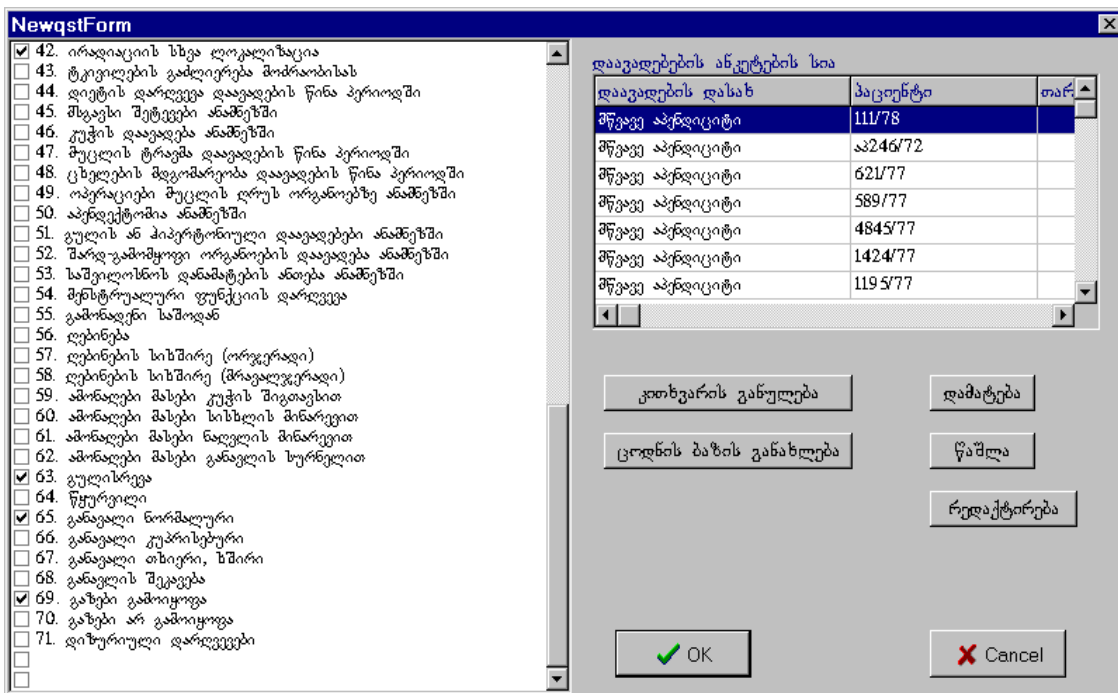
New – პუნქტი გამოიყენება ახალი მონაცემების დასამატებლად და თავისთავად შეიცავს ხუთ ქვეპუნქტს: Disease, Symptoms, Questionarie, DSymptoms, DQuestionarie.

Disease – ახალი დაავადების დასახელების დამატება

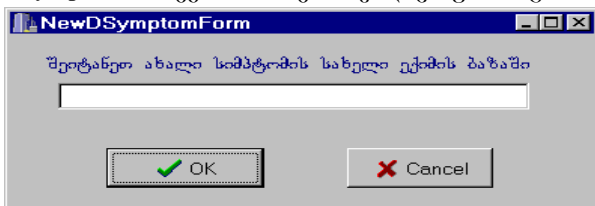


Symptoms – ახალი სიმპტომის დამატება

Questionarie – კითხვართან მუშაობა. ითვალისწინებს კითხვარში დამატებას, წაშლას,



რედაქტირებასა და ცოდნის ბაზის განახლებას შესაბამისი დილაკების საშუალებით DSymptoms – ექიმის მიერ ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად შევსებული ანკეტის სიმპტომების შეტანა



Dquestionarie – ექიმის მიერ შევსებული კითხვართან მუშაობა. ასევე ითვალისწინებს კითხვარში დამატებას, წაშლას, რედაქტირებასა და ცოდნის ბაზის გა-

ნახლებას შესაბამისი დიაგნოზების საშუალებით
 Edit – პუნქტი შეიცავს სამ ქვეპუნქტს: Disease, Symptoms, DSymptoms.
 Disease – დაავადების დასახელების რედაქტირება
 Symptoms – სიმპტომის დასახელების რედაქტირება

NewDqstForm

ექიმის მიერ შევსებული დაავადებების ანკეტების სია

დაავადების დასახ	პაციენტი	თარიღი
მწვავე აქნდიციტი	111/78	
მწვავე აქნდიციტი	246/78	
მწვავე აქნდიციტი	621/77	
მწვავე აქნდიციტი	589/77	
მწვავე აქნდიციტი	589/77	
მწვავე აქნდიციტი	4845/77	
მწვავე აქნდიციტი	1424/77	

99. დაჭიმულობა და ტრევილი მეზოგასტრიუმიში
 100. დაჭიმულობა და ტრევილი მარჯვენა ფერდქვეშ
 101. დაჭიმულობა და ტრევილი მარჯვენა თემის მიდამოში
 102. დაჭიმულობა და ტრევილი მუცლის მარჯვენა ნახევარ
 103. დაჭიმულობა და ტრევილი მარცხენა ფერდქვეშ
 104. დაჭიმულობა და ტრევილი მარცხენა ფერდქვეშ
 105. დაჭიმულობა და ტრევილი მუცლის მარცხენა ნახევარ
 106. დაჭიმულობა და ტრევილი მუცლის ქვედა ნაწილებში
 107. დაჭიმულობა და ტრევილი წულის მიდამოში
 108. "მხევის ხმა" მუცლის ღრუში
 109. შეტინ-ბალიმერის სიმპტომი
 110. როუნდის სიმპტომი
 111. ვოსკრესენის "პერანგის" სიმპტომი
 112. ორტნერის სიმპტომი
 113. ფრენიკუს - სიმპტომი
 114. ლეიო - რობსონის სიმპტომი
 115. ბასტრნაკის სიმპტომი
 116. მაღალი ტომპანტის უბნები მუცლის ღრუში
 117. ლეილის მოჭრუება
 118. მოჭრუება მუცლის ღრუს არეში
 119. ნაწლავური ხმაური მუცლის აუსკულტაციისას გაძლიერებული
 120. ნაწლავური ხმაური მუცლის აუსკულტაციისას სუსტი
 121. ნაწლავური ხმაური მუცლის აუსკულტაციისას არ არის
 122. სიხინი ფილტვებში
 123. მაჯისცემის სიხშირე 80-100
 124. მაჯისცემის სიხშირე 100-ზე მეტი
 125. სხეულის ტემპერატურა 37,1-38
 126. სხეულის ტემპერატურა 38-ზე ზევით
 127. შეუსაბამო მაჯისცემის სიხშირესა და ტემპ. შორ
 128. სუნთქვის სიხშირე წუთში 22-ზე მეტი
 129. არტერიული წნევა 100-დან 140-მდე
 130. არტერიული წნევა 140-ის ზევით

ViewDiseasesForm

დაავადების დასახელება

- მწვავე აქნდიციტი
- მწვავე პანკრეატიტი
- მწვავე ხოლვისტიტი
- პერიტონიტი
- ნაწლავის მწვავე გაუვალობა
- საშვილოსნოს დანატყობის მწვავე ანთება

ViewSymptomsForm

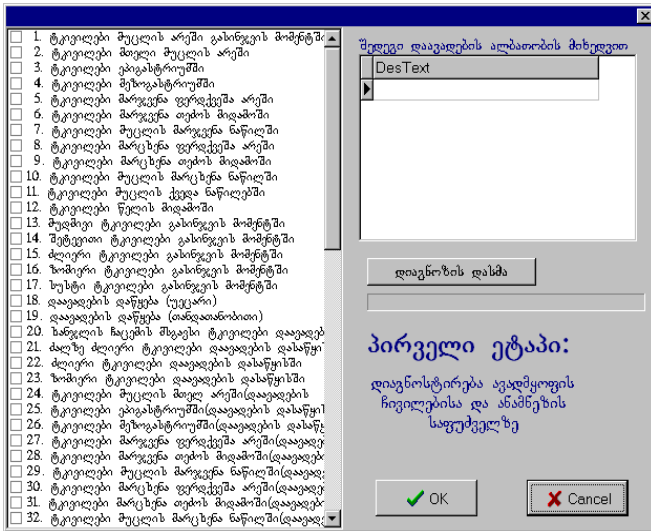
სიმპტომის დასახელება

- 62. ამონაღები მასები განავლის სურნელით
- 63. გულისრევა
- 64. წყურვილი
- 65. განავალი ნორმალური
- 66. განავალი კუპრისებური
- 67. განავალი თხიერი, ხშირი
- 68. განავლის შეკვება
- 69. გაზები გამოიყოფა
- 70. გაზები არ გამოიყოფა
- 71. დიზურიული დარღვევები

DSymptomas - ექიმის მიერ ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად მიღებული სიმპტომების რედაქტირება.

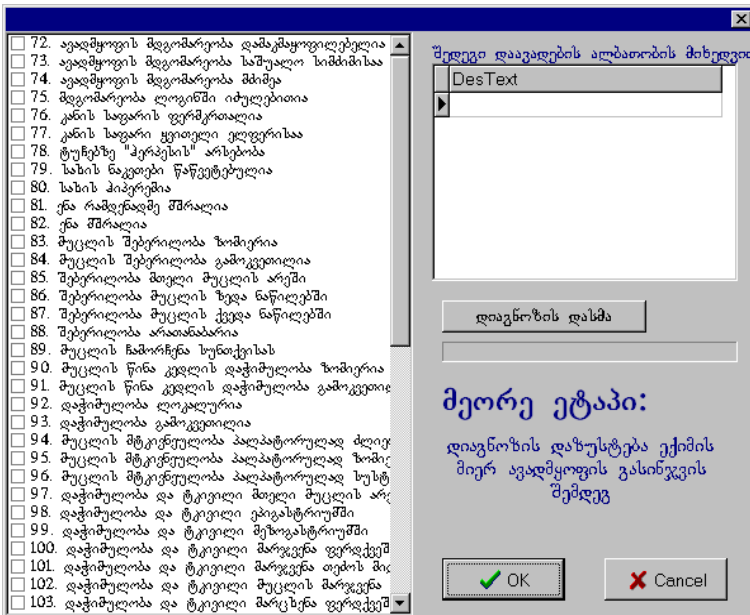
დიაგნოზის დასასმელად ექიმს არ სჭირდება პირველი ორი პუნქტის გამოყენება. საკმარისია მხოლოდ მესამე Diagnose punctis გამოძახება. Diagnose – პუნქტი შედგება დიაგნოსტიკის ორი ქვეპუნქტის ანუ ორი ეტაპისაგან. პირველ ეტაპზე ხდება ავადმყოფის ანამნეზის სიმპტომების დამუშავება, ხოლო მეორეზე კი - ექიმის მიერ ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად მიღებული სიმპტომების დამუშავება.

თავდაპირველად ეკრანზე გამოჩნდება პირველი ეტაპის შესაბამისი ნიშან-თვისებები. ექიმმა უნდა მონიშნოს მხოლოდ ის სიმპტომები, სადაც არსებობს პათოლოგია.



ექიმის მიერ მონიშნული ნიშან-თვისებები დარდება თითოეული ნოზოლოგიური ერთეულის პირველი ეტაპის შესაბამის ვექტორს. იმის მიხედვით, თუ რომელ ვექტორთან, ან ვექტორებთან მოხდა უფრო მეტი რაოდენობის მაღალი წონების მქონე სიმპტომების თანხვედრა, სისტემას გამოაქვს სავარაუდო დიაგნოზი ერთი ან მეტი. მეორე ეტაპზე ხდება დიაგნოზის დაზუსტება.

ეკრანზე გამოჩნდება ამ ეტაპის შესაბამისი ნიშან-თვისებები და ამჯერად ექიმი მონიშნავს ავადმყოფის გასინჯვის შედეგად მიღებულ ნიშან-თვისებებს.



ამ ეტაპზეც ექიმის მიერ მონიშნული ნიშან-თვისებები დარდება თითოეული ნოზოლოგიური ერთეულის მეორე ეტაპის შესაბამის ვექტორს და კვლავ განისაზღვრება სავარაუდო დიაგნოზი ერთი ან მეტი.

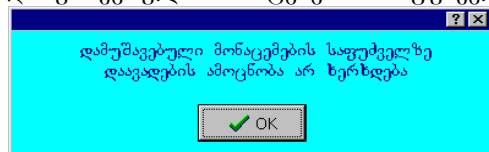
ამის შემდეგ ხდება პირველ და მეორე ეტაპზე მიღებული შედეგების შედარება.

თუ პირველ ეტაპზე მიღებული იყო ერთი ან მეტი დიაგნოზი და მეორე ეტაპზე მიღებული ერთი ან რამდენიმე დიაგნოზიდან მხოლოდ ერთი დაემთხვა პირველ ეტაპზე მიღებულს,

სისტემა ცალსახად განსახლვრავს დიაგნოზს. აკეთებს დასკვნას, რომ ავადმყოფს აქვს სწორედ ის ერთი დაავადება და ეკრანზე გამოჩნდება ამ დაავადების შესაბამისი დიაგნოზი.

თუ კი პირველსა და მეორე ეტაპზე ერთი ან მეტი დაავადება დაემთხვა ერთმანეთს, სისტემა ზუსტ გადაწყვეტილებას ვერ ღებულობს და ეკრანზე გამოჩნდება რამდენიმე სავარაუდო დიაგნოზი.

იმ შემთხვევაში, როცა პირველსა და მეორე ეტაპზე მიღებული დიაგნოზებიდან არც ერთი არ ემთხვევა ერთმანეთს, სისტემას ეკრანზე გამოაქვს შეტყობინება, რომ დამუშავებული მონაცემების საფუძველზე დაავადების ამოცნობა არ ხერხდება.



როგორც აღვნიშნეთ, მოცემული ინტელექტუალური სისტემა მხოლოდ ესმარება ექიმს მუცლის დრუს მწვავე დაავადებათა ზოგიერთი სახეობის დიფერენცირებაში. საბოლოო გადაწყვეტილებას, რა თქმა უნდა, ექიმი ღებულობს.

აგებული სისტემა ემყარება ავადმყოფთა მდგომარეობის მხოლოდ კლინიკურ სურათს. შემდგომში ნავარაუდევია სისტემის მონაცემთა ბაზის შევსება ლაბორატორიული გამოკვლევებითაც.

პროგრამა შედგენილია CBuilder – ზე. გამოყენებულია Borland Paradox-ის მონაცემთა ბაზები. პროგრამა მუშაობს Windows-ის ოპერაციულ სისტემაში.

დაავადებათა დიფერენცირება ინტელექტუალური სისტემის მეშვეობით

6. ჯალიაბოვა ვ. რადიევსკი

რეზიუმე

აგებულია ინტელექტუალური სისტემა, რომლის საშუალებითაც ხდება მუცლის ღრუს დაავადებათა მწვავე ფორმების დიფერენცირება. გადაჭრილია გადაწყვეტილების მიღების ავტომატიზაციის ამოცანა. დამუშავებულია ყველაზე ალბათური დიაგნოზის დადგენის ალგორითმი განხილვის მოცემულ დონეზე.

სისტემა მუშაობს დიალოგურ რეჟიმში. ექიმთან დიალოგი ბუნებრივ ენაზე მიმდინარეობს. ამ დიალოგის საფუძველზე სისტემა ამოიცნობს დაავადებას და ადგენს დიაგნოზს.

DIFFERENTIATION OF DISEASES BY MEANS OF INTELLECTUAL SYSTEM

N.JALIABOVA, V.RADZIEVSKI

Summary

The intellectual system by means of which diseases of a sharp stomach are distinguished is constructed. The problem of automation of a choice of decisions is solved. The algorithm of establishment of the most probable is developed, at the set level of consideration, the diagnosis.

The system works in a dialogue mode. Dialogue with the doctor is conducted in a natural language. Being based on this dialogue system distinguishes an illness and makes the diagnosis.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Н. ДЖАЛЯБОВА, В. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Построена система, с помощью которой происходит дифференциация заболеваний острого живота. Решается задача автоматизации выбора решений. Разработан алгоритм установления наиболее вероятного, при заданном уровне рассмотрения диагноза.

Система работает в диалоговом режиме. Диалог с врачом ведётся на естественном языке. Основываясь на этом диалоге, система распознаёт болезнь и ставит диагноз.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Newell A. Heuristic programming ill-structured problems. Progress on operation research – New York: Willy and Sons, 1969 – V.3 p. 362-414.
2. Simon H. The structure of ill-structured problems .Artificial Intelligence –1973. – v.4 – p.181-201
3. Радзиевский. В.С. О представлении некоторых аспектов медицинских знаний и их использовании в задачах диагностики. Труды Института Кибернетики АН ГССР, т.I, Тбилиси,1977, стр.571-580. .

4. Радзиевский В.С. Использование знаний об экологических взаимосвязях в задачах машинной диагностики и прогнозирования состояния экосистем. Труды Международного симпозиума по проблемам математического моделирования процессов взаимодействия человеческой активности и окружающей среды. Т. ПВЦ АН СССР Москва 1981, стр. 119 – 126.
5. Радзиевский В.С, Н.И.Джалябова, Н.Г.Ломашвили. Экспертная система с нечёткими знаниями для задач технической диагностики. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიის აკადემიის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1999წ. გვ. 198-203.
6. ვ.რაძიევსკი, ნ.ჯაღალიაბოვა, ნ.ლომაშვილი. არამკაფიო ცოდნის მოდელი სამედიცინო დიაგნოზირების და მკურნალობის მეთოდის არჩევის ამოცანებში. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1998 წ., გვ. 214-218.
7. Н.Джалябова, М.Хачидзе Анализ причин негативного состояния среды помещений. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება. შრომები, თბილისი, 2010. გვ. 215-218.
8. Н.Джалябова. Интеллектуальная система диагностики некоторых заболеваний სსიპ აკადემიის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2006წ., გვ. 256-259.

3. Радзиевский В.С. "Лингвистические модели знаний в задачах управления сложными системами . Языковые процессоры и распознавание речи". Труды ИСУ АН ГССР XXVII-2 Тбилиси, Мецниереба 1989.
4. Радзиевский. В.С О представлении некоторых аспектов медицинских знаний и их использовании в задачах диагностики. Труды Института Кибернетики АН ГССР, т.1, Тбилиси,1977, стр.571 – 580.
5. Радзиевский В.С. Использование знаний об экологических взаимосвязях в задачах машинной диагностики и прогнозирования состояния экосистем. Труды международного симпозиума по проблемам математического моделирования процессов взаимодействия человеческой активности и окружающей среды. Т. II ВЦ АН СССР Москва 1981, стр. 119 – 126.
6. Радзиевский В.С, Н.И.Джалябова, Н.Г.Ломашвили. Экспертная система с нечёткими знаниями для задач технической диагностики. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1999წ. გვ. 198 – 203.
7. Н.Джалябова, М.Хачидзе.Управление негативным состоянием среды на основе причинного анализа. სტუ, არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №15, გვ. 258 – 262, 2011.
8. ნ.ჯალიაბოვა ნიადაგის ხარისხის შეფასების და მისი პრაქტიკული გამოყენების რეკომენდაციების გაცემის სისტემა. სტუ, არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №14, თბილისი, გვ. 241 – 244, 2010.
9. R.R.Jager. Multiple objective decision – making using fussy sets – “Int – jMen. Mashine studies 1977, v 9.
10. Л Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. Мир, Москва, 1976.

**ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკაა წონასწორობის თვალსაზრისით
და მისი შესაძლო დარღვევების მიზეზობრივი ანალიზი**

ვ. რადიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, მ. მიქელაძე, ღ. რადიევსკი

v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru, mikeladzemaia@yahoo.com dradzievski@gmail.com

ეკოლოგიური სისტემის წონასწორობა, ანუ ორგანიზმების სახეობათა ბალანსირებული შეფარდება, მჭიდროდაა დაკავშირებული იმ პროცესებთან, რომლებიც იწვევენ ცვლილებას გარემოში (ეკოლოგიურ სისტემაში). ასეთი ცვლილება შეიძლება იყოს გამოწვეული როგორც ბუნებრივი პროცესებით, აგრეთვე ანტროპოგენული ზემოქმედებით. ეკოლოგიური სისტემის წონასწორობის დარღვევა შეიძლება იყოს როგორც შექცევადი, ასევე შეუქცევადი. ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა იძლევა საშუალებას დიაგნოზის საფუძველზე განვახორციელოთ ღონისძიებები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ ავიცილოთ წონასწორობის დარღვევა ან ხელს შეუწყობენ სისტემის წონასწორობის აღდგენას. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი დარღვევების აცილებისათვის და მიზანმიმართული მოქმედებების შემუშავებისთვის უნდა იყოს ზუსტად გამოვლენილი ამ დარღვევების წყაროები და მიზეზები. სწორედ ეკოლოგიური სიტუაციის დიაგნოსტიკაა წონასწორობის თვალსაზრისით და მისი მიზეზობრივი ანალიზი წარმოადგენს ჩვენი სამუშაოს ძირითად მიზანს.

ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკა

ეკოლოგიური სისტემა არის ბუნებრივი ერთეული, რომელიც წარმოადგენს ცოცხალი და არაცოცხალი ელემენტების ერთობლიობას. ამ ელემენტების ურთიერთქმედების შედეგად იქმნება სტაბილური სისტემა, სადაც ადგილი აქვს ცოცხალ და არაცოცხალ ნაწილებს შორის ნივთიერებათა მიმოქცევას. სისტემის სირთულე განისაზღვრება ელემენტების დიდი რაოდენობით და ელემენტებს შორის ურთიერთკავშირების რთული ქსელით.

ეკოლოგიური სისტემის სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმებზე მოქმედებენ გარემოს ფაქტორები. განსაკუთრებულ გავლენას ორგანიზმებზე, კერძოდ, მცენარეებზე ახდენენ ეკოლოგიური ფაქტორები. არჩევენ აბიოტიკურ ფაქტორებს (ტემპერატურა, ტენიანობა, სინათლე, ნალექები, ქარი, ნიადაგი და ა. შ.). არის აგრეთვე ბიოტიკური ფაქტორები (ორგანიზმების ზეგავლენა ერთმანეთზე). ეკოლოგიური სისტემის სტაბილურობა განისაზღვრება გარე ზემოქმედების დაპირისპირების უნარით. თუ ამ ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეული შემოფოტება არ არის ძალიან ძლიერი, ეკოსისტემა ინარჩუნებს წონასწორობას. ეკოლოგიური სისტემის სტაბილურობა დროში და სივრცეში განისაზღვრება ეკოსისტემის სირთულით, რაც თავის მხრივ განპირობებულია ორგანიზმების სახეობათა რაოდენობით და კვებათა კავშირებით. რაც უფრო მეტია ორგანიზმების სახეობა და კვების კავშირები, მით უფრო სტაბილურია ეკოლოგიური სისტემა. ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა განსხვავდება ტრადიციული სამედიცინო დიაგნოსტიკებისგან. დიაგნოსტიკების ამოცანის ამოსახსნელად საჭიროა, რომ ცნობილი იყოს შესაძლო დაავადებათა დასახელებები და მათი აღწერები. ასეთი აღწერები არის მედიცინაში. თითოეული აღწერა წარმოადგენს დაავადების გამოვლინებათა კლასს, რომლის საფუძველზე ხორციელდება დიაგნოსტიკების ამოცანის ამოსხნა. ეკოლოგიური სისტემის შემთხვევაში არ არის განსაზღვრული დაავადებათა აღწერები, რომლებიც წარმოადგენენ მსგავსი გამოვლინებების კლასებს. ამის გამო ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის განსაზღვრა (დიაგნოსტიკა) ხორციელდება არაცოცხალი კომპონენტების ანალიზის მეშვეობით, დაყოფა კი ხერხდება მხოლოდ ორ კლასად: წონასწორი და არაწონასწორი მდგომარეობა. არაცოცხალი კომპონენტების ანალიზი გვაძლევს საშუალებას შევაფასოთ ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობა წონასწორობის თვალსაზრისით [1,7].

ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობა მჭიდროდ არის დაკავშირებული არაცოცხალი კომპონენტების (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი) დაბინძურების დონესთან. განვიხილოთ, მაგალითად, ჰაერის დაბინძურება. განვიხილება ჰაერის დაბინძურების ოთხი კლასი. ეს

არის დაბალი დაბინძურება, მომატებული დაბინძურება, მაღალი დაბინძურება, ძალიან მაღალი დაბინძურება. ასეთი კლასიფიცირება როგორც წესი ხდება ბიონდიკაციის საფუძველზე. პირველი და მეორე კლასის დაბინძურება როგორც წესი არ იწვევს დიდ დარღვევებს ეკოლოგიურ სისტემაში და გარემოს მდგომარეობის აღდგენა ხორციელდება უკუკავშირის ხარჯზე. ასეთი მდგომარეობა არის შექცევადი. მესამე კლასის დაბინძურებაც იწვევს შექცევად ცვლილებას ეკოლოგიურ სისტემაში, მაგრამ გარემოს ჯონასწორების აღდგენა თხოულობს ადამიანის ჩარევას. მეოთხე კლასის დაბინძურება იწვევს ძალიან დიდ დარღვევას გარემოში, მთლიანად ირღვევა ეკოლოგიური სისტემის სტაბილურობა და მისი აღდგენა შეუძლებელი ხდება (დარღვევა შეუქცევადია). ე.ი. ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკების მიზნით საჭირო ხდება არაცოცხალი კომპონენტების დაბინძურების დონის დადგენა, იმის გარკვევა, რომელ კლასს მიეკუთვნება დაბინძურება და ამის საფუძველზე ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის შეფასება ჯონასწორების თვალსაზრისით. დაბინძურების მიკუთვნება გარკვეული კლასისადმი ნიშნავს გამოცნობას. ე.ი. ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკებისთვის საჭიროა გამოცნობის ამოცანის ამოხსნა [1].

გამოცნობის ამოცანის გადასაწყვეტად შეიძლება სხვადასხვა მეთოდების გამოყენება. ყოველ მეთოდში გამოცნობის საწყისი ინფორმაცია წარმოადგენს განსახილველი ობიექტის ნიშნებს და ნიშანთა მნიშვნელობებს. ეკოლოგიური დიაგნოსტიკების ამოცანაში ნიშნების მნიშვნელობები შეიძლება იყოს როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი. ამიტომ ამ ამოცანის გადასაწყვეტად უნდა გამოვიყენოთ მეთოდი, რომელიც შეძლებს თვისობრივი ინფორმაციის დამუშავებას და მის ასახვას ცოდნის მოდელებში [1, 8]. ასეთია მეთოდი, სადაც გამოიყენება ლოგიკური ფუნქციები. იმისათვის რომ გამოვიყენოთ ლოგიკური ფუნქციები, უნდა გადავიდეთ ნიშნების ბინარულ წარმოდგენაზე. ამ მიზნით ამოცანის ამოხსნისას ნიშნების მნიშვნელობები დაიყოფა შუალედებად. ბინარული ნიშნების როლში გამოიყენება პრედიკატები “ყოფნა მოცემულ შუალედში”. ამასთან ნებისმიერი ნიშანი X , რომლის მნიშვნელობა დაიყოფა k შუალედად, იცვლება k ორბითი ნიშნით. ყოველი ნიშანი წარმოადგენს ერთადგილიან პრედიკატს $P(x)$ – ყოფნა მოცემულ ინტერვალში. ცხადია, რომ $P(x) = 1$ თუ x მოხვდება მოცემულ შუალედში და $P(x) = 0$ წინააღმდეგ შემთხვევაში. თუ x -ის მაგივრად იქნება ჩასმული შესაბამისი მნიშვნელობები, მაშინ ნებისმიერი მტკიცება იქნება ან ჭეშმარიტი ან მცდარი ე. ი. წარმოადგენს გამონათქვამს. გამოცნობის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ამ გამონათქვამებიდან უნდა აიგოს ლოგიკური ფუნქციები. ყოველ სასწავლო ნაკრებს ენიჭება შესაბამისი კლასის სახელი. თითოეული ფუნქცია განსაზღვრავს R_i კლასს და ღებულობს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას მხოლოდ იმ ობიექტებზე, რომლებიც R_i კლასს მიეკუთვნებიან. ეს ფუნქცია წარმოადგენს დიზიუნქციურ ნორმალურ ფორმას, რომელიც აგებულია სასწავლო ამონაკრეფში შეშავალი იმ ობიექტების აღწერების საფუძველზე, რომლებიც მიეკუთვნებიან ერთ და იგივე კლასს. მაგალითისთვის, განვიხილოთ ჰაერში ზოგიერთი მანე ელემენტების კონცენტრაციის მნიშვნელობები.¹

მტვერი ψ_1	$SO_2 - \psi_2$	$SO_4 - \psi_3$	$NO_2 - \psi_4$	$H_2S - \psi_5$
0,42	0,18	0,02	0,48	0,875
1,96	0,16	0,08	0,94	1,125
0,70	0,38	0,1	0,58	1,5
0,30	0,34	0,02	0,94	0,25
0,34	0,20	0,02	0,24	0,375

ცხრილი 1

¹(მონაცემები აღებულია საქართველოს ერთერთ რაიონში 2006 წლის მდგომარეობით).

ცხრილი (1)-ში მოყვანილია ამ მონაცემების ფრაგმენტი, გამოსახული ყოველი დამაბინძურებელი ელემენტის ზ.დ.კ.-ს მეშვეობით.

ბინარიზაციის მიზნით ხდება რაოდენობითი მნიშვნელობების დაყოფა შუალედებად. ავლნიშნოთ ნიშნის ψ_1 მნიშვნელობა – ψ_{11} , თუ ეს მნიშვნელობა ნაკლებია ვიდრე ზღვ შესაბამისი დამაბინძურებელი ელემენტის. ნიშნის ψ_1 მნიშვნელობა ავლნიშნოთ ψ_{12} , თუ ეს მნიშვნელობა იქნება 1ზღვ – 1,5ზღვ შუალედში. მნიშვნელობა, რომელიც 1,5ზღვ – 2 ზღვ შუალედშია ავლნიშნოთ ψ_{13} და მნიშვნელობა, რომელიც მეტია 2 ზღვ-ზე ავლნიშნოთ – ψ_{14} [1, 2, 3].

ე.ი. ნიშანი ψ_1 , რომლის მნიშვნელობა დაყოფილია ოთხ ინტერვალად, იცვლება ოთხი ბინარული ნიშნით $\psi_{11} \psi_{12} \psi_{13} \psi_{14}$. ანალოგიურად ψ_2 იცვლება ბინარული ნიშნებით – $\psi_{21} \psi_{22} \psi_{23} \psi_{24}$, ψ_3 – $\psi_{31} \psi_{32} \psi_{33} \psi_{34}$, ψ_4 – $\psi_{41} \psi_{42} \psi_{43} \psi_{44}$. ψ_5 – $\psi_{51} \psi_{52} \psi_{53} \psi_{54}$ ე.ი. მოცემული ობიექტების ნიშნების რაოდენობა გაიზარდა და იქნება წარმოდგენილი 20 ბინარული ნიშნის მეშვეობით. იხილი ცხრილი 2.

ამ მონაცემთა ბინარიზაციის შემდეგ ვლგებულობით ახალ ცხრილს (ცხრილი 2).

ψ_{11}	ψ_{12}	ψ_{13}	ψ_{14}	ψ_{21}	ψ_{22}	ψ_{23}	ψ_{24}	ψ_{31}	ψ_{32}	ψ_{33}	ψ_{34}	ψ_{41}	ψ_{42}	ψ_{43}	ψ_{44}	ψ_{51}	ψ_{52}	ψ_{53}	ψ_{54}	
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	R ₁
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	R ₁
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	R ₁
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	R ₂
0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	R ₂
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	R ₃

ცხრილი 2

ამ ცხრილში მონაცემთა დაყოფა ხდება სამ კლასად. ასეთი შეფასებები ხორციელდება ექსპერტის მიერ ბიოინდიკაციის საფუძველზე. ქვემოთ მოცემულია ლოგიკური ფუნქციები, მიღებული სასწავლო ამონაკრეფის საფუძველზე, რომელიც ახორციელებს მონაცემთა მიკუთვნებას შესაბამისად R₁, R₂ R₃კლასებისადმი..

$$f_1 = \psi_{11} \bar{\psi}_{12} \bar{\psi}_{13} \bar{\psi}_{14} \psi_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \bar{\psi}_{24} \psi_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \bar{\psi}_{34} \psi_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \bar{\psi}_{44} \psi_{51} \bar{\psi}_{52} \bar{\psi}_{53} \bar{\psi}_{54} \vee$$

$$\vee \bar{\psi}_{11} \bar{\psi}_{12} \psi_{13} \bar{\psi}_{14} \psi_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \bar{\psi}_{24} \psi_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \bar{\psi}_{34} \psi_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \bar{\psi}_{44} \psi_{51} \psi_{52} \bar{\psi}_{53} \bar{\psi}_{54} \cdot \vee$$

$$\vee \bar{\psi}_{11} \bar{\psi}_{12} \bar{\psi}_{13} \bar{\psi}_{14} \psi_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \bar{\psi}_{24} \psi_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \bar{\psi}_{34} \psi_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \bar{\psi}_{44} \bar{\psi}_{51} \bar{\psi}_{52} \bar{\psi}_{53} \bar{\psi}_{54}$$

$$f_2 = \bar{\psi}_{11} \bar{\psi}_{12} \bar{\psi}_{13} \bar{\psi}_{14} \psi_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \bar{\psi}_{24} \psi_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \bar{\psi}_{34} \psi_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \bar{\psi}_{44} \vee \psi_{51} \bar{\psi}_{52} \bar{\psi}_{53} \bar{\psi}_{54}$$

$$\vee \bar{\psi}_{11} \bar{\psi}_{12} \psi_{13} \bar{\psi}_{14} \psi_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \bar{\psi}_{24} \psi_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \bar{\psi}_{34} \psi_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \psi_{44} \psi_{51} \bar{\psi}_{52} \bar{\psi}_{53} \bar{\psi}_{54}$$

$$f_3 = \bar{\psi}_{11} \bar{\psi}_{12} \bar{\psi}_{13} \psi_{14} \bar{\psi}_{21} \bar{\psi}_{22} \bar{\psi}_{23} \psi_{24} \bar{\psi}_{31} \bar{\psi}_{32} \bar{\psi}_{33} \psi_{34} \bar{\psi}_{41} \bar{\psi}_{42} \bar{\psi}_{43} \psi_{44} \bar{\psi}_{51} \bar{\psi}_{52} \bar{\psi}_{53} \psi_{54}$$

პირველი ფუნქცია ღებულობს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას, თუ ობიექტი მიეკუთვნება R₁ კლასს და მცდარს, წინააღმდეგ შემთხვევაში. მეორე ფუნქცია ღებულობს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას, თუ ობიექტი მიეკუთვნება R₂ კლასს და მცდარს, წინააღმდეგ შემთხვევაში. საბოლოო დასკვნა ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის შესახებ გამოსახულია პროდუქციაში:

თუ ჰაერის დაბინძურების დონე მიეკუთვნება R₁ ან R₂ კლასს, მაშინ ეკოლოგიური სისტემის, რომელიც შეიცავს ცოცხალ და არაცოცხალ კომპონენტებს, მდგომარეობა არის სტაბილური წონასწორობის თვალსაზრისით.

თუ ჰაერის დაბინძურების დონე მიეკუთვნება R₃ კლასს, მაშინ ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობა წონასწორობის თვალსაზრისით არის არასტაბილური მაგრამ შექცევადი.

ეკოლოგიური სიტუაციის მიზეზობრივი ანალიზი

როგორც იყო აღნიშნული ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა ხორციელდება არაცოცხალი კომპონენტების დიაგნოსტიკის მეშვეობით. ამიტომ თუ ჩვენ აღმოვაჩინებთ

დააღნიშნები	დაბინძურების წყაროები	აღნიშნები	დამაბინძურებელი ნივთიერება
a_1	თბო ელექტროსადგურები	p_1	მტვერი
a_2	შავი და ფერადი ლითონების მეტალურგიული საწარმოები	p_2	SO ₂
a_3	ხელოვნური ბოჩკოს დამზადების საწარმო	p_3	NO ₂
a_4	შაქრის დამზადების საწარმო	p_4	NO
a_5	კოკსოქიმიური საწარმო	p_5	MnO ₂
a_6	ნავთობის გადამუშავების საწარმოები	p_6	SO ₄
a_7	ნახშირის, ნავთობის, აირის დაწვა, ფერადი ლითონების გამოდნობა, გოგორდმკვას წარმოება	p_7	H ₂ S
a_8	აზოტის სასუქის, აზოტმკვას საწარმო	p_8	CO ₂
		p_9	CO
		p_{10}	CS ₂
a_9	სამშენებლო მასალების წარმოება	p_{11}	ქლორის ნაერთი
a_{10}	ალიუმინის, ემაილს, მინის ფოლადის, ფოსფორული სასუქის საწარმო.	p_{12}	ფტორის ნაერთი
a_{11}	ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მყარი ნარჩენების დაწვა	p_{13}	ვერცხლისწყლის ნაერთი
		p_{14}	დარიშხანის ნაერთი

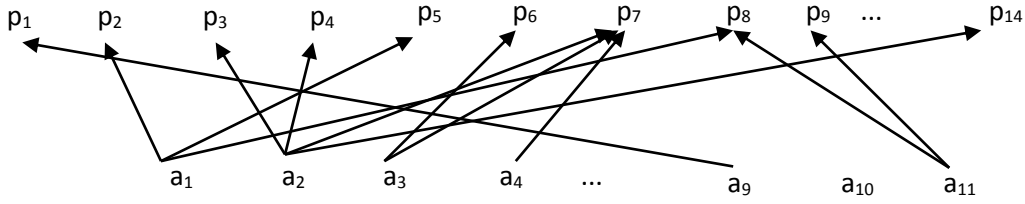
ცხრილი 3

ცხრილი 4

დარღვევას ეკოლოგიური სისტემის არაცოცხალ კომპონენტებში და გამოგავლენთ ამ დარღვევის მიზეზს, მაშინ მიზეზზე ზემოქმედების გზით, შესაძლებელი გახდება მთელი ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის გაუმჯობესება და წონასწორობის აღდგენა. ამ ამოცანის ამოსახსნელად გამოვიყენოთ მეთოდი, რომელიც აღწერილია შრომაში [2] ავტორის მიერ

და გამოყენებულია ამოცანების [3, 4, 5, 6] ამოსხნისას. ცოდნის წარმოდგენის მიზნით გამოიყენება სემანტიკური ქსელი. სემანტიკური ქსელი წარმოადგენს გრაფს, რომელშიც აღნიშნულია წვეროები და რკალები. გრაფის წვეროები, ჩვენ შემთხვევაში, წარმოადგენენ მავნე ნივთიერებათა დასახელებებს (წვეროები-შედგვი) და აგრეთვე დაბინძურების წყაროებს (წვეროები-მიზეზი), რკალები კი წარმოადგენენ მავნე ნივთიერებათა და მათი გამომწვევი მიზეზებს შორის დამოკიდებულებას. ქსელზე გამოიყოფა წვეროები, რომლებიც ასახავენ დაკვირვებად დარღვევებს (მავნე ნივთიერების კონცენტრაციას, რომელიც აღემატება ზღ-ას) და აგრეთვე წვეროები, რომლებიც ასახავენ დარღვევათა შესაძლო მიზეზებს. ამ წვეროებს აკავშირებენ რკალები, რომლებიც ასახავენ მიზეზ-შედგებობრივ მიმართებებს. რკალებს, რომლებიც ასახავენ არამკაფიო მიმართებებს „შესაძლო მიზეზი“ და „შესაძლო შედეგი“, ენიჭება წონითი კოეფიციენტები (0-1) შუალედიდან. ვინაიდან ნებისმიერი გრაფი წარმოიდგინება მატრიცის სახით, ხსენებული სემანტიკური ქსელი მკაფიო მიმართებების შემთხვევაში წარმოიდგინება (01) მატრიცის სახით (ცხრილი 5). არამკაფიო მიმართებების შემთხვევაში გვექნება მატრიცა, რომლის ელემენტებია წონითი კოეფიციენტები (0-1) შუალედიდან.

დაკვირვებადი დარღვევების მიზეზების გამოვლენის მიზნით განიხილება ხსენებული სემანტიკური ქსელი. ქსელის წვეროებს, რომლებიც ასახავენ რეალურ სისტემაში აღმოჩენილ დაკვირვებად დარღვევებს, გუწოდოთ აქტივიზირებული წვეროები.



ნახატი 1. მიზეზ – შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი

ამ წვეროებიდან გამოსული რკალები იკვეთებიან წვეროებში, რომლებიც ასახავენ შესაძლო მიზეზს. ამ წვეროების შეფასება ყალიბდება რკალების კოეფიციენტების დაჯამების გზით. ყველაზე ალბათური მიზეზი განისაზღვრება იმ წვეროთი, რომლის შეფასება არის მაქსიმალური. მიზეზობრივი ანალიზის ილუსტრირება ჩავატაროთ ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიური მდგომარეობის ანალიზის მაგალითზე. ატმოსფერული ჰაერი, როგორც წესი, შეიცავს ეკოლოგიის თვალსაზრისით მავნე მინერალების დიდ რაოდენობას. ცნობილია, რომ ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ძირითადი წყარო არის სამრეწველო საწარმოები, თბოელექტროსადგურები, ტრანსპორტი, საყოფაცხოვრებო საქვებები. ატმოსფეროში სხვადასხვა მავნე ნივთიერებების მოხვედრა დამოკიდებულია გამოსაშვებ პროდუქციის სახეობაზე, საწვავზე, რომელიც გამოიყენება ელექტროსადგურებზე, საყოფაცხოვრებო საქვებებზე, ტრანსპორტში.

მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის მიზნით ავაგოთ სემანტიკური ქსელი, სადაც გამოიყენება ცხრილში (3,4) წარმოდგენილი აღნიშვნები. ასოთი a_i აღინიშნება წვერო, რომელიც ასახავს მიზეზს, ხოლო ასოთი p_i – შედეგს. სემანტიკური ქსელის მონაცემთა ანალიზის და შესაბამისი მიმართებითი მატრიცის საფუძველზე შეიძლება იყოს მიღებული ჰიპოტეზები დაკვირვებადი დარღვევების მიზეზების შესახებ.

ცხრილში წარმოდგენილ მონაცემთა შესაბამისად აგებულია სემანტიკური ქსელი, სადაც p_1, p_2, \dots, p_{14} არის დამაბინძურებელი ნივთიერებების აღნიშვნები, ხოლო a_1, a_2, \dots, a_{11} – დაბინძურების წყაროების აღნიშვნები.

ასე p_2, p_5, p_8 დარღვევების საფუძველზე ხდება აქტივიზირება ჰიპოტეზის, რომ ამ

მიზეზი	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
a_1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
a_2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
a_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
a_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
a_5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
a_6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
a_7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
a_{11}	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0

ცხრილი 5. მიზეზ-შედეგობრივი მიმართებების მატრიცა

დარღვევების შესაძლო წყარო არის თბოელექტროსადგურები. $p_3, p_4, p_7, p_{11}, p_{13}, p_{14}$ დარღვევების საფუძველზე ხდება აქტივიზირება ჰიპოტეზის, რომ ამ დარღვევების შესაძლო წყარო არის შავი და ფერადი მეტალურგიის საწარმოები. იმისათვის, რომ უფრო ზუსტად დავადგინოთ მიზეზები, უნდა გამოყენებულ იქნას სარწმუნოების კოეფიციენტები და აგრეთვე ინფორმაცია დაბინძურების წყაროების შესახებ, რომლებიც

არსებობენ რეგიონში. ასეთი ანალიზი გვაძლევს საშუალებას გამოვრიცხოთ განხილვიდან ჰიპოტეზები, რომლებიც არ ეთანხმებიან არსებულ მონაცემებს დაბინძურების წყაროების შესახებ.

**ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა ფონასწორების თვალსაზრისით
და მისი შესაძლო დარღვევების მიზეზობრივი ანალიზი**

ვ. რადიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, მ. მიკელაძე, დ. რადიევსკი

რეზიუმე

იხსნება ეკოლოგიური სისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ამოცანა ფონასწორების თვალსაზრისით. მიზეზობრივი ანალიზის გამოყენებით ხორციელდება დაკვირვებადი დარღვევათა მიზეზების და წყაროების გამოვლენა. დიაგნოსტიკის და მიზეზობრივი ანალიზის ამოცანის ამოხსნა საშუალებას იძლევა ავიცილოთ ფონასწორების დარღვევა ან ხელი შევეწყუთოთ ფონასწორების აღდგენას. მოყვანილია რეალურ ამოცანათა ამოხსნის მაგალითები.

**DIAGNOSTICS OF ECOLOGICAL SYSTEM FROM THE POINT OF VIEW OF
BALANCE AND THE CAUSAL ANALYSIS OF ITS POSSIBLE INFRINGEMENTS**

V.RADZIEVSKI, N.JALIABOVA, M.MIKELADZE, D. RADZIEVSKI

Summary

The problem of diagnostics state of ecological system from the point of view of balance is solved. Revealing of the reasons and sources of observable infringements with use of the causal analysis is carried out. The decision of a problem of diagnostics and the causal analysis gives possibility to avoid infringement of balance of ecological system or to promote its restoration. Examples of the decision of real problems are given.

**ДИАГНОСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
РАВНОВЕСИЯ И ПРИЧИННЫЙ АНАЛИЗ ЕЁ ВОЗМОЖНЫХ НАРУШЕНИЙ**

В. РАДЗИЕВСКИЙ, Н. ДЖАЛЯБОВА, М. МИКЕЛАДЗЕ, Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Решается задача диагностики состояния экологической системы с точки зрения равновесия. Осуществляется выявление причин и источников наблюдаемых нарушений с использованием причинного анализа. Решение задачи диагностики и причинного анализа даёт возможность избежать нарушения равновесия экологической системы или способствовать его восстановлению. Приведены примеры решения реальных задач.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Радзиевский В.С., Радзиевский Д. В. Распознавание и оценка экологического состояния атмосферного воздуха на основе данных экомониторинга. Сборник докладов международной научной конференции «Информационные технологии в управлении» Министерства просвещения и науки Грузии Грузинский технический университет. Тбилиси, 2007, стр. 270 – 274.
2. Радзиевский. В.С. О представлении некоторых аспектов медицинских знаний и их использовании в задачах диагностики. Труды Института Кибернетики АН ГССР, т.1, Тбилиси, 1977, стр.571-580.
3. Радзиевский В.С. Использование знаний об экологических взаимосвязях в задачах машинной диагностики и прогнозирования состояния экосистем. Труды международного симпозиума по проблемам математического моделирования процессов взаимодействия человеческой активности и окружающей среды. Т.II ВЦ АН СССР Москва 1981, стр. 119 – 126.

4. Радзиевский В.С, Н.И.Джалябова, Н.Г.Ломашвили. Экспертная система с нечёткими знаниями для задач технической диагностики. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1999წ. გვ. 198 – 203.
5. Н.Джалябова, М.Хачидзе Анализ причин негативного состояния среды помещений. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია გარემოს დაცვა და მგრადი განვითარება. შრომები, თბილისი, გვ. 215 – 218, 2010.
6. Н.Джалябова, М.Хачидзе. Управление негативным состоянием среды на основе причинного анализа. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №15, გვ. 258 – 262, 2011.
7. მ. მიქელაძე, კ. კვინიხიძე. ზედაპირული წყლების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების ინტელექტუალური სისტემა. სტუ-ს ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი, შრომათა კრებული, თბ., 2011, გვ. 253-256.
8. К. Квинихидзе, М. Микеладзе, М. Хачидзе. К вопросу единообразного представления данных в системе мониторинга качества поверхностных вод. Сборник трудов Института систем управления А. И. Элиашвили АН Грузии, Тб., 2009, с. 214-220.

ПРОГРАММА РАСПОЗНАВАНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ЕЁ КОМПОНЕНТАМ – ВОЗДУХУ, ВОДЕ И ПОЧВЕ

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

dradzievski@gmail.com

Экологическое состояние неживых компонентов окружающей среды определяется степенью её загрязнения, т.е. значением концентрации различного рода загрязнителей. Для воздуха таковыми являются ядовитые газообразные вещества, такие как углекислый газ, оксид углерода, углеводороды (метан, этан, пропан, бутан и т.д.), органические соединения, сернистый газ и другие, а также производные серы, производные азота, радиоактивные вещества, тяжелые металлы, минеральные соединения, органические вещества естественные и синтетические, а также пыль. Для воды основными загрязнителями являются: радиоактивные частицы, пыль и газы, поступающие из атмосферы с осадками, кислоты и другие химические вещества. Загрязнителями воды являются также органические инсектициды, фунгициды, гербициды и удобрения, растворенные в водах, пестициды, остатки животного происхождения, метан, городские органические и неорганические отходы, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, разливы нефти от морских нефтяных скважин и из танкеров.

В отличие от загрязнения атмосферы и воды, загрязнение почвы носит только техногенный характер. Техногенная интенсификация производства способствует загрязнению и деградации (уничтожению плодородного слоя почвы – гумуса), вторичному засолению, эрозии почвы. Загрязнителями почвы также являются пестициды, применяемые для борьбы с сорняками.

В данной работе рассматривается программа, разработанная для оценки загрязнения воздуха, воды и почвы основными пятью загрязнителями, характерными для данного региона. В качестве загрязнителей, для воздуха берутся: пыль, оксид серы (IV), оксид серы (II), оксид азота(II) и оксид марганца (IV). Для воды – аммоний, нитраты, фосфаты, количество растворённого кислорода и биохимическое потребление кислорода. Ясно, что вредные вещества ухудшают качество воды и чем их больше, тем ниже качество воды. Что же касается растворённого кислорода, то он улучшает качество воды и чем его больше, тем вода считается чище. Водоёмы с большим количеством кислорода считаются более чистыми. Для почвы в качестве загрязнителей берутся: медь, никель, цинк, кобальт и свинец. Разработанная программа производит распознавание экологического состояния каждой из компонент окружающей среды – воздуха, воды и почвы и выводит на экране его оценку: «низкое загрязнение», «умеренное загрязнение», «сильное загрязнение» и «очень сильное загрязнение».

Разработанная программа /1/ состоит из двух отдельных подпрограмм – это подпрограмма ввода в базу данных информации и подпрограмма самообучения и вывода результатов.

Подпрограмма ввода информации

В подпрограмме используются т.н. реляционные базы данных – это, прежде всего, набор таблиц, которые могут быть связаны друг с другом. В такую базу данных также могут входить и некоторые процедуры обработки данных. Построенная база данных является автономной, т.е., она находится на локальном компьютере. Используемая система управления базами данных (СУБД) – система Paradox. В системе Paradox данные помещаются в таблицы. В разработанной программе производится ввод данных, обработка некоторых данных и запись данных в таблицу баз данных.

На рис. 1 – 3 изображен интерфейс программ ввода информации в базу данных. Ввод может

გარემოს მდგომარეობის შეფასება პაერი

მონაცემთა დაშვება კონცენტრაციები (მგ/ლ)

კონცენტრაციები ზ.დ.კ. კონცენტრაციები ზ .დ. კ. გათვლილი ღირებულებები ზ.დ.კ.-ში

სახეაქლო ნიმუში №

მტვერი

გოგირდის ჭანგი (IV)

აზოტის ჭანგი (IV)

აზოტის ჭანგი (III)

მარგანცის ჭანგი (IV)

ექსპერტის ნიშანი 0 - ღაბალი ღაბინძურება
1 - გაღიღებული ღაბინძურება
2 - მაღალი ღაბინძურება
3 - მაღიანი მაღალი ღაბინძურება

ჩანაწერის შენახვა?

ღიახ არა

⏪ ⏩ ⏴ ⏵ + - ⏶ ⏷ ⏸ ⏹

სახეაქლო ნიმუშის ნომერი	არზღკ-ში	მტვერი	გოგირდის ჭანგი (IV)	აზოტის ჭანგი (IV)	აზოტის ჭანგი (III)	მარგანცის ჭანგი (IV)	აზოტის-ჭანგი-IV-არზღკ	აზოტ
1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
2		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
3		0,2	0,1	0,2	0,2	0,221		0,1
4		0,2	0,1	0,2	0,2	0,2		0,1
5		0,25	0,21	0,3	0,3	0,3		0,21

Рис. 1

осуществляться как в единицах ПДК, так и в концентрациях. При вводе концентраций веществ требуется также ввод ПДК этих веществ. В дальнейшем в программе производится вычисление концентраций этих веществ в единицах ПДК. В базу данных вводятся данные о концентрациях веществ и методом биоиндикации или экспертом оценивается степень загрязнения окружающей среды по значениям введенных концентраций. Таким образом, мы получаем т.н. обучающие выборки. Для получения обобщенной модели различных уровней загрязнения требуется иметь для обработки большое количество образцов для каждого из уровней загрязнений – низкого, повышенного, высокого и чрезмерно высокого. В данном блоке программы производится ввод значений каждого из загрязнений в базу данных, а также в базу данных заносится оценка эксперта относительно степени загрязнения – «0» – низкое загрязнение, «1» – повышенное загрязнение, «2» – высокое загрязнение и «3» – чрезмерно высокое загрязнение. Программа разработана так, что данные могут быть введены оператором отдельно, а затем, уже в другое время, эксперт может внести туда свои данные о степени загрязнения. Следует обратить внимание, что высокие значения некоторых веществ говорят о слабом, а не наоборот, о сильном загрязнении. Таким веществом является кислород. На рис. 2 показано введенное его значение, равное 4 ПДК, говорящее о слабом загрязнении воды. И, наоборот, при сильном загрязнении воды концентрация кислорода оказывается более низкой.

Form1

გარემოს მდგომარეობის შეფასება წყალი

მონაცემთა დამატება კონცენტრაციები (მგ/ლ)

კონცენტრაციები ზ.დ.კ. კონცენტრაციები ზ .დ. კ. გათვლილი ღირებულებები ზ.დ.კ.-ში

სასწავლო ნიმუში № ერთეულების

ამონიუში

ნიტრატები

ფოსფატები

ჯანგბადი

ჯგ

ექსპერტის ნიშანი 0 - დაბალი დაბინძურება
1 - გაფიქრებული დაბინძურება
2 - მაღალი დაბინძურება
3 - ძალიან მაღალი დაბინძურება

ჩანაწერის შენახვა? დიახ არა

სასწავლო-ნიმუში-ნომერი	ამონიუში	ნიტრატები	ფოსფატები	ჯანგბადი	ჯგ	ექსპერტის-ნიშანი	ამონიუში-არაზღკ	ნიტრატები-არაზღკ	ფოსფატები-არაზღკ	ჯანგბადი-არა
1	0,1	0,1	0,1	4	0,1	0				
2	0,2	0,2	0,2	3,5	0,4	0				
3	0,3	0,4	0,4	3,6	0,7	0				
4	0,6	0,5	0,4	3,1	0,6	0				
5	0,7	0,8	0,7	3,2	1	0				
6	0,8	0,9	0,9	3	1,2	0				
7	1	0,9	1	2,5	1,1	1				
8	1,1	1,2	1,3	2	1,3	1				
9	1,3	1,4	1,5	1,7	1,5	1				
10	1,8	1,9	1,9	1,1	2	1				

Рис. 2

Form1

გარემოს მდგომარეობის შეფასება ნიადაგი

მონაცემთა დამატება კონცენტრაციები (მგ/ლ)

კონცენტრაციები ზ.დ.კ. კონცენტრაციები ზ .დ. კ. გათვლილი ღირებულებები ზ.დ.კ.-ში

სასწავლო ნიმუში № ერთეულების

საილენძი

ნიკელი

თუთია

კობალტი

ტყვია

ექსპერტის ნიშანი 0 - დაბალი დაბინძურება
1 - გაფიქრებული დაბინძურება
2 - მაღალი დაბინძურება
3 - ძალიან მაღალი დაბინძურება

ჩანაწერის შენახვა? დიახ არა

სასწავლო ნიმუშის ნომერი	საილენძი	ნიკელი	თუთია	კობალტი	ტყვია	ექსპერტის ნიშანი	საილენძი არაზღკ	ნიკელი არაზღკ	თუთია არაზღკ	კობალტი არა
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0				
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0				
3	0,3	0,2	0,27	0,3	0,3	0				
4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0				
5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0				
6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0				
7	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1				
8	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1				
9	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1				
10	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1				

Рис. 3

Главный модуль программы

В главном модуле программы производится самообучение системы и принимается решение относительно степени загрязнения окружающей среды. На рис. 4 – 6 изображена работа главных модулей программ. В поля ввода программы вводятся значения концентраций веществ в единицах ПДК, и по введённым значениям программа выдаёт один из 4 ответов оценки экологического состояния окружающей среды – воздуха, воды и почвы: «слабое загрязнение», «повышенное загрязнение», «сильное загрязнение» и «очень сильное загрязнение». Распознавание

_saswavlo_nimuSis_nomeri	mtveri	gogirdis Jangi (IV)	azotis Jangi (IV)	azotis Jangi (II)	marganecis Jangi (IV)	_eqspertis_niSani	_azotis_Jangi_IV_arzdk	_azotis_Ja
40	3,8	3,8	3,65	3,89	3,1	3		
41	4,8	4,7	4,9	3,1234	3,4509	3		
42	4,9	3,7	3,9	3,1	3,89	3		
43	3,01	4,7	4,3	3,8	3,9	3		
44	3,87	5,7	3,9	3,78	5,9	3		
45	4	4	4	4	4	3		

Рис. 4

გარემოს მდგომარეობის შეფასება
წყალი

შეიყვანეთ შემდეგი პარამეტრების მნიშვნელობები ზ.დ.კ.-ს ერთეულებში.

ამონიუმი:

ნიტრატები:

ფოსფატები:

ჯანგბადი:

კვამი:

პროგრამის დაწყება

შედეგი:
დაბალი დაბინძურება

სასწავლო ნიმუშის ნომერი	ამონიუმი	ნიტრატები	ფოსფატები	ჯანგბადი	კვამი	ექსპერტის ნიშანი	ამონიუმი არაზღკ	ნიტრატები
1	0,1	0,1	0,1	4	0,1	0		
2	0,2	0,2	0,2	3,5	0,4	0		
3	0,3	0,4	0,4	3,6	0,7	0		
4	0,6	0,5	0,4	3,1	0,6	0		

Рис. 5

გარემოს მდგომარეობის შეფასება
ნიადაგი

შეიყვანეთ შემდეგი პარამეტრების მნიშვნელობები ზ.დ.კ.-ს ერთეულებში.

ხაღენძი:

ნიკელი:

თუთია:

კობალტი:

ტყვია:

პროგრამის დაწყება

შედეგი:
ძალიან მაღალი დაბინძურება

სასწავლო-ნიმუშის-ნომერი	საღენძი	ნიკელი	თუთია	კობალტი	ტყვია	ექსპერტის ნიშანი	საღენძი არაზღკ	ნიკელი არაზღკ
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0		
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0		
3	0,3	0,2	0,27	0,3	0,3	0		
4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0		
5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0		
6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0		

Рис. 6

экологического состояния окружающей среды производится по значениям обучающих выборок, которые были занесены в базу данных. В программе значения обучающих выборок оцифровываются, т.е. непрерывные значения параметров переводятся в дискретные значения. Например, если значение некоторого параметра попадает в интервал от 0 до 1, то значению параметра присваивается число 8. Если значение параметра попадает в интервал от 1 до 2, то значению параметра присваивается значение 4. Если значение параметра попадает в интервал от 2 до 3, то значению параметра присваивается число 2, а если значение параметра больше 3, то значению параметра присваивается значение, равное 1. Значения 8, 4, 2 и 1 взяты, поскольку 8 – есть 1000 в двоичной системе счисления, 4 – есть 100, 2 – есть 10, а 1 – есть 1. На основе полученных бинарных значений признаков строятся функции f_1, f_2, f_3, f_4 , каждая из которых определяет класс. Эти функции принимают истинное значение на объектах обучающей выборки, относящейся к соответствующему классу. Такая функция может быть получена путём формирования дизъюнкции строк обучающей выборки, относящихся к одному классу. Строки представлены в виде конъюнкции бинарных значений признаков, взятых с отрицанием или без него в зависимости от того, единице или нулю равно значение признака [3]. Таким образом, используя записанные в базу данных значения параметров и оценки экспертов, в программе строятся выражения для каждого из четырёх состояний окружающей среды, представленные в виде дизъюнктивной нормальной формы. В основном модуле программы вводятся реальные параметры, по которым уже

производится оценка экологического состояния какого-то региона. Эти значения также бинаризируются и подставляются в каждое из полученных дизъюнктивных нормальных форм. То из выражений, в котором дизъюнктивная нормальная форма даст 1 и будет соответствовать значению состояния окружающей среды в требуемом регионе.

Программа реализована на языке C++ в системе CodeGear™ C++ Builder 2007 /2/.

**ბარემოს ღაბინძურების ხარისხის გამოცნობის პროგრამა მისი ცალკეული
(ჰაერი, წყალი, ნიადაგი) კომპონენტების მიხედვით**

დ. რადიევსკი

რეზიუმე

განიხილება პროგრამების აგების პრინციპი მონაცემთა ბაზების გამოყენებით. მოყვანილია გარემოს დაბინძურების ხარისხის გამოცნობის პროგრამის აღწერა. განიხილება პროგრამის ადმინისტრაციული და ძირითადი მოდულის დანიშნულება. მოყვანილია აგრეთვე ახსნა-განმარტება პროგრამის ადმინისტრაციული და ძირითადი მოდულის მუშაობის შესახებ. მოყვანილია ინსტრუქცია მომხმარებლისათვის პროგრამასთან მუშაობის შესახებ.

**PROGRAM OF RECOGNITION EXTENT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION
ACCORDING TO ITS INDIVIDUAL COMPONENTS - AIR, WATER AND SOIL**

D. RADZIEVSKI

Summary

The principle of application building by using databases is considered in the paper. The article also describes the recognition program of environmental pollution. The purpose of administration and the main module of the program are explained. It also provides an explanation for the user to work with the program.

**ПРОГРАММА РАСПОЗНАВАНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ЕЁ КОМПОНЕНТАМ – ВОЗДУХУ, ВОДЕ И ПОЧВЕ**

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Рассмотрен принцип построения программ с использованием баз данных. Приводится описание программы распознавания степени загрязнения окружающей среды. Объясняется предназначение административного и основного модуля программы. Также приводится пояснение по работе пользователя с программой.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Радзиевский. Д., Использование баз данных в программах распознавания. Сборник трудов Института Систем управления Арчила Элиашвили Грузинского Технического университета. Стр. 268 – 271. Тбилиси. 2011.
2. Архангельский А.Я. Программирование в C++ Builder. Москва. Издательство Бином. 2010.
3. Радзиевский В., Радзиевский Д. Распознавание и оценка экологического состояния атмосферного воздуха на основе данных экомониторинга. Сборник докладов Международной научной конференции «Информационные технологии в управлении». Том I. стр. 270 – 274. Тбилиси. 2007.

მათემატიკის როლის შესახებ ფიზიკაში
ა. ბიბინეიშვილი, ბ. ბოლერძიშვილი, თ. ბებეჟაძე
gelag49@mail.ru, tengiz@gmail.com

ბუნების კანონების ძირითადი დამახასიათებელი თვისებები ისაა, რომ ისინი დიდი სიზუსტით ექვემდებარებიან მათემატიკურ კანონზომიერებას. ფიზიკოსი იყენებს მათემატიკას იმ შედეგების მისაღებად, რომლებიც ბუნების კანონებიდან გამომდინარეობს. მათი ფორმულირება უნდა მოხდეს მათემატიკის ენაზე, ეს აზრი ჯერ კიდევ 350 წლის წინ გამოთქვა გალილეიმ. საერთოდ ეს აზრი დამკვიდრებულია სამეცნიერო ლიტერატურაში და არა მარტო ფიზიკის მიმართ, არამედ სხვა მეცნიერებების მიმართაც, რომლებშიც შეიძლება მათემატიკის გამოყენება.

მათემატიკის და ფიზიკის შესახებ წერდნენ მაქსველი, ეინშტეინი, პუანკარე, ფეინმანი, ვიგნერი და სხვები. საინტერესოა ამის შესახებ თანამედროვეობის ერთერთი დიდი ფიზიკოსის ნობელის პრემიის ლაურეატის სტივენ ვაინბერგის აზრი [1]. ის წერს „მათემატიკა თვითონ თავისთავად არაფერს არ ხსნის, ესაა მხოლოდ საშუალება, რომლის მეშვეობით ჩვენ ვსარგებლობთ გარკვეული ფაქტებით, რათა ავხსნათ სხვა ფაქტები და ისაა ენა, რომლითაც ჩვენ ახსნას ვაწარმოებთ”

მაგრამ თუ შევხედავთ ამ საკითხს სხვადასხვა კუთხიდან, შეიძლება შევამჩნიოთ, რომ მათემატიკას აქვს სხვა უფრო სერიოზული საფუძვლები და წარმოადგენს გარკვეულ სტრუქტურას, რომელიც იმართება თავისი საკუთარი კანონებით, თუმცა აქვე შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ამ კანონებს დრო არ გააჩნიათ.

საქმე იმაშია, რომ მათემატიკის გასაოცარი ეფექტურობა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში და კერძოდ ფიზიკაში გამოცანაა და არ ექვემდებარება არავითარ რაციონალურ ახსნას.

ამ ეფექტურობის გარკვეულწილად ამოსახსნელად შეიძლება გამოვიყენოთ ორი ასპექტი: ა) ფილოსოფიური და ბ) სპეციალური მეცნიერული. პირველი მათემატიკური კონცეფცია ბუნების შესახებ შექმნეს პითაგორელებმა („ყველაფერი რიცხვებია“). არისტოტელე უარყოფდა მათემატიკის მნიშვნელობას ბუნების შეცნობაში, რადგან თვლიდა, რომ ეს გარკვეულ აბსტრაქციებთან იყო დაკავშირებული. მოგვიანებით ელინისტურ პერიოდში ევკლიდემ შექმნა აქსიომატიკურ-დედუქციური სისტემა გეომეტრიის. შეიძლება ითქვას რომ, ევკლიდეს გეომეტრია თავისთავად ფიზიკური თეორია იყო, რადგან თავის შემქმნელის მიერ განიხილებოდა როგორც რეალური სამყაროს აღწერა, თუმცა უკვე არქიმედეს ბერკეტის თეორიაში და სხეულების ტივტივში გეომეტრია გამოიყენება როგორც მზა მათემატიკური სტრუქტურა. არსებითად არქიმედედან პითაგორეული მაქსიმა, „ყველაფერი რიცხვებია“ იცვლება მაქსიმით, „გეომეტრია ყველაფერია“.

რადგან ვხეებით, ფიზიკური სამყაროს აღმწერი თეორიების მათემატიკურ ენას, არ შეიძლება გვერდი ავუაროთ პლატონის იდეათა სამყაროს, ამ ძალზე საინტერესო ფილოსოფიური კუთხით დასმული საკითხის დანახვა კარგად აქვს მოცემული პენროუსს [2].

პლატონის იდეათა სამყარო მოიცავს მრავალ აბსოლუტურ ცნებებს, მაგრამ ჩვენს შემთხვევაში საინტერესოა მათემატიკური პრინციპები და ცნებები. თუ ჩვენ ჩავთვლით, რომ მათემატიკური ცნებები არის უბრალოდ იდეალიზებული ფორმები ჩვენი ფიზიკური სამყაროს ობიექტების, მაშინ „მათემატიკური სამყარო“ შეიძლება განვიხილოთ მხოლოდ, როგორც წარმონაქმნი ფიზიკური სამყაროსი, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ რომ მათემატიკას აქვს თავისი გარკვეული „სუვერენიტეტი“, თავის რიგორისტულ კანონზომიერებებზე დამყარებული ცნებები, შეიძლება ითქვას, რომ სწორედ ამას ემყარება მათემატიკის ეფექტურობა ფიზიკური სამყაროს აღწერის პროცესში.

ბუნების კანონების შესანიშნავი დამახასიათებელი ისაა, რომ, რაც უფრო დრამატიკული ვერკვევით მათში, მით უფრო იკვეთება მათემატიკის როლი მის შესწავლაში და ფიზიკა უკანა პლანზე გადადის.

მათემატიკის სრულიად და თანმიმდევრულად გამოყენება ფიზიკაში (მექანიკაში) განხორციელდა ნიუტონის მიერ. იმისათვის, რომ ჩამოეყალიბებინა მექანიკური მოძრაობების ძირითადი კანონები, ნიუტონი (ლაიბნიცისგან დამოუკიდებლად) იძულებული გახდა შეექმნა მათემატიკის ახალი განხრა - დიფერენციალური და ინტეგრალური აღრიცხვა. ესაა ერთ-ერთი მაგალითი იმისა, რომ მათემატიკა არა მარტო შესაძლებელს ხდის ეფექტურად და ზუსტად აღწეროს ბუნების ფიზიკური კანონები, არამედ თვით მათემატიკაც ვითარდება ფიზიკური გამოკვლევების შედეგად.

თუ კლასიკური ფიზიკა მათემატიკის თვალსაზრისით ეს იყო დიფერენციალური განტოლებების თეორია, მეორე რიგის კერძო წარმოებულებით და შესაბამისად მათემატიკურ-ანალიტიკური სტრუქტურა იყო განმსაზღვრელი, მაშინ არაკლასიკურ ფიზიკაში წინა პლანზე გადმოვიდა გარდაქმნათა ჯგუფების თეორია თავისი ინვარიანტებით, დიფერენციალური გეომეტრიული სტრუქტურებით.

ნიუტონისა და გალილეის მექანიკაში სივრცე და დრო იქნეს უნივერსალურ ხასიათს. დროის ყოველ მომენტს სამგანზომილებიანი ჩვეულებრივი ევკლიდეს სიბრტყე შეესაბამება.

განსხვავებულია სივრცე-დრო ეინშტეინის სპეციალურ ფარდობითობის თეორიაში. ამ თეორიაში გამოიყენება მინკოვსკის ბრტყელი სივრცე-დრო. მასში არსებობს ინერციალური დამკვირვებელი (X^m) კოორდინატთა სისტემით, რომელიც მოიცავს მთელ სივრცე-დროს და მასში მეტრიკა იგივეურად ტოლია $(dX^0)^2 - [(dX^1)^2 + (dX^2)^2 + (dX^3)^2]$.

ფიქსირდება ათვლის სათავე ამ დამკვირვებლის მსოფლიო წრფეზე. მინკოვსკის სივრცე-დრო გადაიქცევა წრფივ სივრცედ არჩეულ კოორდინატთა სისტემაში და ეს სტრუქტურა ამ წრფივი სივრცის ინერციალურ დამკვირვებელზე არ არის დამოკიდებული, თუ არ ჩავთვლით ათვლის წერტილის მოძრაობას. ამიტომ წრფის, სიბრტყის, სამგანზომილებიანი ქვესივრცის ცნებები მინკოვსკის სივრცე-დროში აბსოლუტური აზრის მქონეა. ამ სივრცის წრფივი გარდაქმნები, თუ ისინი უცვლელად ტოვებენ მინკოვსკის მეტრიკას, ქმნიან პუანკარეს ჯგუფს, ხოლო მათი ნაწილი, რომლებიც ადგილზე ტოვებენ ათვლის სისტემის სათავეს, ქმნიან ლორენცის ჯგუფს. ესენია ძირითადი სიმეტრიის ჯგუფები მთელი ფიზიკის, უფრო ზუსტად ფიზიკური კანონების: არც მინკოვსკის სივრცე-დროის წერტილებს, არც ინერციალური დამკვირვებლის კოორდინატთა სისტემას არა აქვს უპირატესობა ერთმანეთის მიმართ და ერთი კანონის ყველა კოორდინატული ფორმულირებები ექვივალენტური უნდა იყოს.

წერტილთა სიმრავლე, რომლებიც ნულოვან მანძილზეა ათვლის წერტილიდან, ქმნიან კონუსს განტოლებით $(X^0)^2 - (X^1)^2 - (X^2)^2 - (X^3)^2 = 0$.

სინათლის ასეთი კონუსები სივრცე-დროის მნიშვნელოვანი სტრუქტურებია, სახელდობრ, ისინი შემოსაზღვრავენ მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს სამყაროში. ნებისმიერი ნაწილაკის ისტორია შეიძლება გამოისახოს სივრცე-დროის წრფით, რომელიც მდებარეობს სინათლის კონუსის შიგნით. ყველაფერი ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ მატერიალური წერტილის სინქარე სინათლის სინქარეზე მეტი არ შეიძლება იყოს. ამიტომ ვერც ერთი სიგნალი ვერ გამოვა სინათლის კონუსის გარეთ, რაც ბუნებრივად ადებს საზღვარს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირებს.

ბუნებრივია, რომ სინათლის კონუსები გამოირჩევიან თავისებური გეომეტრიული თვისებებით. წარმოვიდგინოთ, მაგალითად, ორი დამკვირვებელი, რომლებიც მოძრაობენ სივრცე-დროში სხვადასხვა სინქარეებით. ნიუტონის მექანიკისგან განსხვავებით, სადაც ერთდროული მოვლენების სიბრტყეები ერთნაირია ყველა დამკვირვებლისთვის, ფარდობითობის თეორიაში აბსოლუტური ერთდროულობის შემოტანა შეუძლებელია, რის გამოც ყოველ დამკვირვებელს თავისი საკუთარი ერთდროულობის სიბრტყე აქვს. სწორედ ამ სიბრტყეების ურთიერთგადასახვა ქმნის ლორენცის ჯგუფს, რომელმაც დიდი როლი ითამაშა ფარდობითობის თეორიაში. ამ გარდაქმნების დროს სინათლის

კონუსი ინვარიანტულია. ეს გარდაქმნები კიდევ ერთი შესანიშნავი დემონსტრირებაა მათემატიკური ფიზიკის ელეგანტურობის.

სამყაროს უფრო ზოგადი მოდელები განსხვავდებიან მინკოვსკის სივრცე-დროისგან ბევრ ასპექტში. პირველ რიგში, ინერციალური დამკვირვებლის კორდინატთა სისტემაში ლოკალურად მეტრიკას არ შეიძლება მივცეთ სახე $(dx^0)^2 - [(dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2]$

მეორე განსხვავება – შეიძლება არც იარსებოს გლობალურმა კორდინატთა სისტემამ და მესამე – მეტრიკა, მატერიის ისტორია და ველები არ არიან დამოუკიდებლები – მეტრიკის სიმრუდე განისაზღვრება მატერიით და მეტრიკა თავის მხრივ განსაზღვრავს მატერიის ისტორიას. ეს კავშირები ეინშტეინის განტოლებებია.

ეინშტეინი ყოველგვარი ექსპერიმენტალური შემოწმებების გარეშე ქმნიდა თავის ფარდობითობის თეორიას. არსებობს საყოველთაო აზრი, რომ ფიზიკოსები ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით ქმნიან თავიანთ თეორიებს, მაგრამ ფარდობითობის თეორიის შემთხვევაში ეს ასე არ იყო. ექსპერიმენტულ შედეგებთან ყოველგვარი კავშირების გარეშე შეიქმნა ძალზე ელეგანტური თეორია და ეს იყო ფაქტიურად მათემატიკური თეორია ფიზიკურ საფუძვლებთან მიმართებაში. პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ ეს მშვენიერი მათემატიკური სტრუქტურა არსებობს ბუნებაში, სივრცე-დროში არ არის თავს მოხვეული ხელოვნურად. ეინშტეინმა მათემატიკის დახმარებით (თუ პირიქით!) აღმოაჩინა ბუნებაში არსებული ეს კანონი. თანაც აღსანიშნავია, რომ მის მიერ აღმოჩენილი ეს კანონი არ განეკუთვნება ფიზიკის რომელიმე უმნიშვნელო დარგს, არამედ დაკავშირებულია ბუნების ფუნდამენტალურ კანონებთან და სივრცე-დროის ძირითად თვისებებთან.

ამრიგად, დიდია მათემატიკის როლი ფარდობითობის თეორიის შექმნაში და განსაკუთრებით ზოგადი ფარდობითობის თეორიის შექმნაში. ამასთანავე გამოვლინდა წინმსწრები როლი მათემატიკის. კლასიკური ფიზიკისგან განსხვავებით, რომელშიც მათემატიკას (დიფერენციალურ განტოლებებს) წინ უსწრებდა ფიზიკური ცნებები მათემატიკური სიდიდეებით, რელატივისტური თეორიის შექმნის დროს ადეკვატური მათემატიკური სტრუქტურა წინ უსწრებდა მის ფიზიკურ გააზრებას. ფარდობითობის ზოგადი თეორიის შემთხვევაში ჯერ შეიქმნა რიმანის გეომეტრიული სტრუქტურა სივრცე-დროის და გრავიტაციის ტენზორულ-გეომეტრიული კონცეფცია და მხოლოდ ამის შემდეგ ჩამოყალიბდა ფიზიკური აზრი.

ანალოგიურად ხდებოდა XX საუკუნის ერთ-ერთი რევოლუციური თეორიის, კვანტური მექანიკის ჩამოყალიბების შემთხვევაში.

კვანტური მექანიკის შექმნის დროსაც ჯერ ჩამოყალიბდა თეორიის მათემატიკური საფუძვლები (მაგალითად: შრედინგერის განტოლება ტალღური ფუნქციისთვის, რომლის ფიზიკური აზრი გაუგებარი რჩებოდა) და მხოლოდ ამის შემდეგ თეორიის ფიზიკური ინტერპრეტაცია (ტალღური ფუნქციის ალბათური ახსნა და განუზღვრელობის პრინციპი). თეორიული ფიზიკის ეს წარმატებები და მიღწევები მიუთითებენ მათემატიკის და ფიზიკის სრულ ჰარმონიაზე ან მათემატიკის განსაცვიფრებელ ეფექტურობაზე ფიზიკაში.

კვანტური მექანიკა იმიტომ აღმოჩნდა ფიზიკის და არა მარტო ფიზიკის თეორიული სინთეზის კონცეპტუალური ბაზა, რომ მისმა ისეთმა ცნებებმა როგორცაა – მდგომარეობა, დაკვირვებადი ოპერატორი და სხვა მთლიანად შეითავსეს ისეთი ობიექტების მახასიათებლები როგორცაა ფიზიკა, ქიმია და უკვე ბიოლოგიაც.

კვანტური მექანიკის მეშვეობით, რომელმაც დაამკვიდრა ფიზიკაში პრინციპულად ახალი მათემატიკური სტრუქტურა – უსასრულო განზომილებიანი ჰილბერტის სივრცე, შესაძლებელი გახდა არა მარტო თვისობრივად და რაოდენობრივადაც აღეწერა, ეწინასწარმეტყველა, გაეკეთებინა პროგნოზი (თუმცა ალბათური სიზუსტით), არამედ გამოეთვალა კიდევ პროცესები. მეთოდოლოგიის პოზიციიდან კვანტური მექანიკა – ესაა არა უმეტეს, ვიდრე რეალიზაცია ეინშტეინისეული პროგრამისა, რაც ფიზიკის

„გეომეტრიზაციაში“ მდგომარეობდა, მაგრამ არა სასრულგანზომილებიანი რიმანის სივრცით, არამედ არანაკლებ აბსტრაქტული მათემატიკური ობიექტით – უსასრულო განზომილებიანი ჰილბერტის სივრცით.

ორივე თეორია: კვანტური თეორია და ფარდობითობის თეორია მიუხედავად იმისა, რომ აპელირებს სხვადასხვა მათემატიკური კონსტრუქციებით თითქოს უნდა გაერთიანდეს ერთ თეორიაში, მაგრამ აქამდე ეს არ მოხერხდა. ვერ მოხერხდა მათემატიკური ფორმულირება ისეთი თეორიის, რომლის მიმართ, როგორც კვანტური თეორია ისე ფარდობითობის თეორიაც იქნებოდა გარკვეული მიახლოებები. ფიზიკოსები ფიქრობენ, რომ მათი გაერთიანება პრინციპულად შესაძლებელია, მაგრამ არ შეიძლება ის ვარიანტიც უკუვაგდოთ, რომ ამ თეორიების გაერთიანება შეუძლებელია.

XX საუკუნის ფიზიკაში დადგა საკითხი ერთიანი ყოველსმომცველი თეორიის შექმნის შესახებ, თუმცა უნდა ითქვას, რომ ეს იდეა არ შობილა გასულ საუკუნეში, მისი ფესვები საუკუნეთა წიაღიდან მოდის.

უნდა ვიფიქროთ რომ მათემატიკა ფიზიკასთან ერთად დიდ როლს ითამაშებს ბუნების ერთიანი, ფუნდამენტური კანონის შექმნაში.

მათემატიკის როლის შესახებ ფიზიკაში

ა. ბიბინეიშვილი, ბ. გოდერძიშვილი, თ. გეგეჩკორი

რეზიუმე

მათემატიკის გასაოცარი ეფექტურობა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში და კერძოდ ფიზიკაში, გამოცანაა და არ ექვემდებარება არავითარ რაციონალურ ახსნას.

ბუნების კანონები დიდი სიზუსტით ექვემდებარებიან მათემატიკურ კანონზომიერებებს. მათემატიკური მსჯელობა უერთდება ფიზიკურ ტექსტს მისი ფიზიკური აზრის განმარტების აქტთან ერთად და ზუსტად ეს აქტია განსაცვიფრებელი თანამედროვე ფიზიკაში.

მათემატიკის საშუალებით ნებისმიერ ფიზიკურ თეორიას ეძლევა უნივერსალური, გაზოგადოებული სახე, თუ დავუშვებთ, რომ მათემატიკას აქვს თავისი სერიოზული საფუძვლები და წარმოადგენს გარკვეულ სტრუქტურას, რომელიც იმართება თავისი საკუთარი კანონებით, შეიძლება ითქვას, რომ ფიზიკური სამყაროს კანონზომიერებათა შესწავლაში და კერძოდ, ერთიანი თეორიის შექმნაში მათემატიკას დიდი როლი დაეკისრება.

ABOUT THE ROLE OF MATHEMATIC IN PHYSICS

A. GIGINEISHVILI, G. GODERDZISHVILI, T. GEGECHKORI

Summary

The amazing effectiveness of mathematics in natural sciences, especially in physics, is a mystery and doesn't subordinate to any rational explanation.

Natural laws subordinate to mathematical regulatory with great accuracy. Mathematical discussion joins a physical text together with its act of interpretation of physical conception and this is the act that is amazing in modern physics.

Due to mathematics any theory of physics is given universal, general unique character; if we suppose that mathematics has its own serious basis and it represents certain structure which is controlled by own rules, we can say, that mathematics plays important role in learning natural phenomena of the physical world, namely in creating universal theory.

О РОЛИ МАТЕМАТИКИ В ФИЗИКЕ

А. ГИГИНЕИШВИЛИ, Г. ГОДЕРДЗИШВИЛИ, Т. ГЕГЕЧКОРИ

Резюме

Непостижимая эффективность математики в естественных науках, особенно в физике представляет собой загадку и не подчиняется никакому рациональному объяснению.

Законы природы с большой точностью подчиняются математическим закономерностям. Математическое рассуждение входит в физический текст вместе с актом его истолкования; Именно этот и есть самое паразитическое в современной физике.

С помощью математики физическим теориям дается универсальный, обобщенный вид. Если допустим, что математика имеет другие, более серьезные основания и представляет собой некую структуру, управляемую собственными законами, можно сказать, что в изучении физического мира математика играет решающую роль.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Стивен Вайнберг. Мечты об окончательной теории 1999.
2. Р. Пенроуз. Большое, малое и человеческий разум 1996.
3. Платон. Тимей

საბჭოთა: თემა დისკუსიისთვის

NEW DIRECTION IN CONSTRUCTION OF MATRIX ONE-WAY FUNCTION AND TROPICAL CRYPTOGRAPHY

R. MEGRELISHVILI

Javakhishvili Tbilisi State University, University St. 13, 0186 Tbilisi, Georgia

Tel.: (995-95) 55-91-59, E-mail: r_megrelishvili@yahoo.com; Website: www.crypto.ge

I. INTRODUCTION

For the first time this matrix one-way function were printed in [1] presented as a multiplication of the vector by a matrix. Based on this one-way matrix function in the same paper [1] was first described for the new key exchange algorithm via an open channel (the algorithm represented as an alternative for the Diffie-Hellman protocol [2]). Further results were published in subsequent papers [3-7]. The answer to the question of the one-way matrix function speed posed in the abstract section of this paper directly follows from the answer to the other question - what do represent operations of a one-way matrix functions themselves? According to the author, after reading the subsequent section no doubts will risen about the high speed of the one-way matrix function itself, neither about the speed of the appropriate key exchange algorithm via an open channel. Below there are also the results of construction of cyclic multiplicative groups for the operation of the matrix key exchange algorithm. Also considered are the issues of intra-matrix recursion and stability of algorithm. In addition, the article provides a new operation (for simplicity, these operations are considered only over the field GF (2)). This leads us to tropical operations, which increase resistance of key exchange algorithm and systems of encryption and decryption. Tropical operations are a well known issue in mathematics, for example [8-10], but the interest in using these operations in cryptographic processes arises only at the present time. In this paper we introduce a new joint tropical system of additive and multiplicative operations. These operations can improve the stability of the one-way matrix function even in the presence of intra-matrix recursion (i.e. the result of tropical operations' application will be obtainment of stable matrixes, which have intra-matrix recursions [3-7]).

11. THE ONE-WAY MATRIX FUNCTION AND THE KEY EXCHANGE ALGORITHM FOR AN OPEN CHANNEL

The one-way matrix function has the following form:

$$v A = u \tag{1}$$

where each $A \in \hat{A}$ is a secret parameter, that is selected randomly from the set \hat{A} high cardinality; the initial matrix of the set \hat{A} (i.e. the generator matrix A) is open, so we can say that \hat{A} is open; $v, u \in V_n$, where \hat{A} matrixes and V_n vector space are over GF (2); v and u parameters are open (for simplicity, considered is GF (2) field).

Note that while the one-way function of the Diffie-Hellman algorithm

$$a^x = y \text{ mod } p \tag{2}$$

is based on the problem of the discrete logarithm. For the function (1) the problem is intro-matrix recursion. This issue was studied in details [3-7].

Evaluating the relative performance (speed-factor) of the functions (1) and (2) we can judge, as it was mentioned above, the high speed of operations for these functions. The function (1) is fundamentally different from the function (2). The function (1) uses the operation of multiplication, while the function (2) is an exponential function. Therefore, the function (1) will be implemented with a much faster rate than the function (2).

Let us consider the key exchange algorithm based on our one-way matrix function (1). Matrix algorithm for key exchange in an open channel is as follows:

- Alice (randomly) selects the $n \times n$ matrix $A_1 \in \hat{A}$ and sends to Bob the following vector
- $$u_1 = v A_1, \tag{3}$$
- Bob (randomly) selects the $n \times n$ matrix $A_2 \in \hat{A}$ and sends to Alice the vector

$$u_2 = vA_2, \tag{4}$$

where v, u_1, u_2 are open, A_1 and A_2 are the secret matrix keys.

• Alice computes

$$k_1 = u_2A_1. \tag{5}$$

• Bob computes

$$k_2 = u_1A_2, \tag{6}$$

where k_1 and k_2 are the exchanged secret keys, $k_1 = k_2 = k$, since $k = v A_1 A_2 = v A_2 A_1$.

We affirm that there are matrixes of two types: the matrixes with recursion and matrixes without recursion. Below, we consider the matrixes of the both types and demonstrate that the one-way function (hence the algorithm) can be broken, if we apply a matrix with a recursion, but since we have one-way function (hence the algorithm) it can't be hacked, if for the A matrixes are used the matrixes that do not have a recursion.

From the above statement assumed is that the intra-matrix recursion in (1) plays the same role as a module in an expression (2). Below we consider how easy it is to break a matrix with a recursion, and afterwards we show an example of a cyclic group whose function (1) cannot be broken if the matrixes are free from recursion.

It is demonstrated in the works [3-7] that the function (1) can be broken in case the A matrix contains internal recursions. Such matrixes can be built up with a field $GF(2^n)$ representation [11]. For example, the matrixes (7) that were constructed as a field representation (which are based on primitive $p(x) = 1 + x + x^3$ polynomial):

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad A^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \dots, \quad A^7 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{7}$$

Every matrix from (7) consists of $n^2 = 9$ unknowns:

$$A^i = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{pmatrix}. \tag{8}$$

Given what recursions in the matrixes we can easily obtain the A^i matrix (8) from (7) with 3 unknowns:

$$A_1^i = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{13} & x_{11} + x_{13} & x_{12} \\ x_{12} & x_{13} + x_{12} & x_{11} + x_{13} \end{pmatrix}. \tag{9}$$

Obviously, the one-way function (1) is easy to break if as a matrix are used the matrixes of the form (7). Continuing this argument, we consider the matrices that contain no recursion:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \dots, \quad A^7 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{10}$$

Below we will examine functioning of our key exchange algorithm using matrixes (10) and trying to break it.

Let's assume, that \hat{A} is set of $n \times n$ dimension square matrixes (10), where $n = 3$. Suppose, that Alice selects the matrix $A_1 = A^2$ as the secret matrix. Bob, for his part, chooses the matrix $A_2 = A^3$, and we also assume that $v = (110)$. Then our algorithm will be functioning as follows:

– Alice computes and sends to Bob the following vector:

$$u_1 = v A_1 = (011); \tag{11}$$

– Bob computes and sends to Alice the following vector:

$$u_2 = v A_2 = (111); \tag{12}$$

– Elice computes the exchanged key

$$k_1 = u_2 A_1 = (100). \quad (13)$$

_ Bob computes the exchanged key

$$k_2 = u_1 A_2 = (100). \quad (14)$$

As we can see $k_1 = k_2$, and the results are correct.

There are also some opponents of particular importance assigned to Companion matrixes [11]. They suggest that our algorithm can't survive the attack by this method. Now, consider an attack by the method of a Companion matrix for the same situation, i.e. for the same sample of the algorithm. First, consider the algorithm and then we define the matrixes A_1 and A_2 in the (11) and (12) equations with the field representation [11], i.e. we can find the companion matrixes that correspond to the vectors v, u_1, u_2 . According to the author, this correspondence can be made only on the first line of vectors v, u_1, u_2 . Therefore, equation (11) takes the form:

$$A^3 A_1(x) = A^4. \quad (15)$$

Similarly, the matrix A^5 is chosen as a Companion matrix for u_2 vector and, by analogy with equation (15) we get:

$$A^3 A_2(x) = A^5. \quad (16)$$

Solving the equation (15) and (16), we obtain values of the unknown matrixes, namely: $A_1(x) = A, A_2(x) = A^2$.

In this way if the analyst calculates the values $A_1(x) = A$, and $A_2(x) = A^2$ of the matrixes he will discover, that the resulting matrixes do not coincide with the true values of matrixes and we also see that the keys will also differ from the true (exchanged) keys. Indeed, as a result of the calculations, we have the following values of keys:

$$k_1 = u_2 A_1 = (101), \quad (17)$$

$$k_2 = u_1 A_2 = (101). \quad (18)$$

Therefore, using this method did not reveal the true values exchanged keys and the algorithm was not broken.

111. TROPICAL CRYPTOGRAPHY

We introduce tropical operations, which for simplicity are considered for systems over the GF (2) field. In the binary case the additional operation remain the same as in the classical operations:

$$0 + 0 = 0; 0 + 1 = 1; 1 + 0 = 1; 1 + 1 = 0, \quad (19)$$

but the multiplication is fundamentally changing:

$$0 * 0 = 0; 0 * 1 = 1; 1 * 0 = 1; 1 * 1 = 1. \quad (20)$$

Studies have shown that these operations can be applied to improve the resistance of the one-way matrix function. For example, in order to break the matrixes (9) we can use the system of equations (assume that the one-way function (1) is being broken based on the example: $v = (110)$ and $u = (011)$ (11)):

$$\begin{aligned} 1 * x_{11} + 1 * x_{13} + 0 * x_{12} &= 0, \\ 1 * x_{12} + 1 * (x_{11} + x_{13}) + 0 * (x_{13} + x_{12}) &= 1, \\ 1 * x_{13} + 1 * x_{12} + 0 * (x_{11} + x_{13}) &= 1. \end{aligned} \quad (21)$$

Obviously, the system of equations (21) is usually solved without problems for classical operations since it has only three unknowns in three equations. However, for tropical operations introduced by the conditions (19) and (20) the situation changes radically. The system (21) shows that the multiplication of each zero component of the v vector by the component of the vector u causes the appearance of a new unknown and the system (21) becomes unsolvable.

We use the properties of the newly introduced operations (19) and (20) also in other areas of cryptography, such as encryption and decryption of information, etc., but a detailed consideration of these issues is beyond the scope of this paper.

**ახალი მიმართულება მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის აგებაში
და ტროპიკული კრიპტოგრაფია**

რ.მეგრელიშვილი

რეზიუმე

წინამდებარე სტატიის ძირითადი მიზანია დაფუძნება მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის და ღია არხით გასაღების გაცვლის ალგორითმისა, რომელიც განიხილება მოცემული მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის საფუძველზე. ყოველივე ეს ცხადია, დაკავშირებულია არსებულ გლობალურ პრობლემასთან. პრობლემა არის ის, რომ დღეისთვის არ არსებობს სხვა ცალმხრივი ფუნქციები (ცნობილი და აღიარებული), რომელთაც გააჩნიათ უფრო მეტი სისწრაფე, რაც გააჩნია დიფი-ფელმანისა და RSA ალგორითმების ცალმხრივ ფუნქციებს. ავტორი მიდის იმ დასკვნამდე, რომ ასეთ ფუნქციას შეიძლება წარმოადგენდეს მატრიცული ცალმხრივი ფუნქცია, რომელიც განხილულია მოცემულ სტატიაში. ნაშრომში აგრეთვე განხილულია ახალი ტროპიკული ოპერაციები ახალი ტროპიკული კრიპტოგრაფიული სისტემის ასაგებად.

**NEW DIRECTION IN CONSTRUCTION OF MATRIX ONE-WAY
FUNCTION AND TROPICAL CRYPTOGRAPHY**

R. MEGRELISHVILI

Summary

The goal of this paper is to substantiate the original high-speed one-way matrix function and key exchange algorithm for an open channel which is considered on the basis of the mentioned one-way matrix function. It is connected, obviously, to the existing global problem. This problem lies at the root of the fact that at present time there are no other one-way functions (known and accepted) with a higher speed than the same functions in the algorithms of Diffie-Hellman and RSA. The author concludes that such a function can be the one-way matrix function that is described in this paper. The paper also examines the new tropical operations for building up the systems of tropical cryptography.

**НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ПОСТРОЕНИИ МАТРИЧНОЙ
ОДНОСТОРОННЕЙ ФУНКЦИИ И ТРОПИЧЕСКАЯ КРИПТОГРАФИЯ**

Р. МЕГРЕЛИШВИЛИ

Резюме

Главной целью данной работы является обоснование высокой скорости оригинальной матричной односторонней (однаправленной) функции и алгоритма обмена ключами для открытого канала связи, алгоритма, который рассматривается на основе упомянутой матричной функции. Это связано, очевидно, с существующей глобальной проблемой. Эта проблема заключается в том, что в настоящее время нет других односторонних функций (известных и признанных), которые имели бы более высокую скорость, чем те же функции в алгоритмах Диффи-Хеллмана и RSA. Автор приходит к выводу, что такой функцией может быть матричная односторонняя функция, которая описана в данной статье. В статье также рассматриваются новые тропические операции для построения новых систем тропической криптографии.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

- [1] R.Megrelishvili, M. Chelidze, K. Chelidze, On the construction of secret and public-key cryptosystems, I. Javakhishvili Tbilisi State University I.Vekua Institute of Applied Mathematics, *Applied Mathematics, Informatics and Mechanics, AMIM*, v.11, N2, 2006, pp. 29-36.
- [2] W. Diffie. and M.E.Hellman , New Directions in Cryptography, *IEEE Transactions on Information Theory*. V. IT-22, n.6, Nov, 1976, pp. 644-654.
- [3] R . Megrelishvili, A . Sikharulidze , New matrix-set generation and the cryptosystems, *Proceedings of the European Computing conference and 3rd International Conference on Computational Intelligence*, Tbilisi, Georgia, June 26-28, 2009, pp. 253-256.
- [4] R. Megrelishvili, M.Chelidze , G. Besiashvili , Investigation of new matrix-key function for the public cryptosystems, *The Third International Conference “Problems of Cybernetics and Information”*, September 6-8, 2010, Baku, Azerbaijan, Section N1, “*Information and Communication Technologies*”, 2010, pp. 75-78.
- [5] R. Megrelishvili, M.Chelidze , G. Besiashvili , One way matrix function – analogy of Diffie-Hellman protocol, *Proceedings of the Seventh International Conference, “Internet – Education – Science”, Sec. G, Mathematical Modeling and Computer Simulation*, Vinnytsia Ukraine, September 28 – October 3, 2010, pp. 341-344.
- [6] R . Megrelishvili, G . Besiashivli, S . Shengelia, New one-way matrix function and public key-exchange, *Proceedings of International Conference SAIT 2011, System Analysis and Information Technologies*, Kyiv, Ukraine, May 23-28, 2011, p. 407.
- [7] Richard Megrelishvili, Gela Besiashvili, Sofia Shengelia, Original one-way cryptography function using $n \times n$ matrices, *Proceedings of the 11th International Conference, Pattern Recognition and Information*, PRIP 2011, (18-20 May 2011), Minsk, Belarus, 2011, pp. 355- 357.
- [8] D. Speyer, B. Sturmfelds, Tropical mathematics, *Mathematics Magazine*, vol. 82, No 3, June 2009, pp. 163-173.
- [9] Z. Izhakian, M. Knebusch, L. Rowen, Supertropical semirings and supervaluations, *Journal of Pure and Applied Algebra*, v. 215, Issue 10, Oct. 2011, pp. 2431- 2463.
- [10] Z. Izhakian, L. Rowen, Supertropical polynomials and resultants, *Archive: 0902.2155*, v. 1 [math. AC], 12 Feb. 2009, pp. 1-22.
- [11] W.P. Wardlaw, Matrix Representation of Finite Fields, *U.S. Navy*, March 12, 1992, pp. 1-10, *NRL/MR/5350.1-92-6953*.