

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

№20, 2016



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

№20, 2016

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

ინსტიტუტის 60 წლისთავისადმი მიძღვნილი
ს ა ი უ ბ ი ლ ე ო ს ე ს ი ი ს მ ო ხ ს ე ნ ე ბ ე ბ ი

Estimation of system matrix at identification of linear dynamical non-stationary systems..... 9
B. Shanshiashvili, M. Salukvadze, V. Gabisonia

WordNet თესაურუსის სტრუქტურის მიხედვით ჰიპონიმური ხის ავტომატური ფორმირების
ალგორითმი და პროგრამული რეალიზაცია 19
გ. ჩიკოიძე, ლ. ლორთქიფანიძე

მოძრავი მექანიზმების მართვის საკითხები საკუთარი ხმაურის გამოყენებით 25
თ. ტროყაშვილი

სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების გადაწყვეტა ინფორმაციის გარდაქმნის
თანამედროვე პრინციპების გამოყენების საფუძველზე 28
ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, მ. ცერცვაძე

ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა ვერტიკალურ ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკის თბოგაცემაზე. 39
თ. მაგრაქველიძე, ა. მიქაშავიძე, ნ. ზანცაძე, ხ. ლომიძე, ნ. ლეკვეიშვილი

Задачи, методы и системы интеллектуального анализа данных в медицине 45
М. Микеладзе, В. Радзиевский, Г. Бесиашвили, Н. Джалябова, П. Карчава, Д. Радзиевский

მართვის თეორია – Control Theory - Теория Управления

წმის წონასწორობის სიტუაციის შესახებ ბერტრანის მოდელში განუზღვრელობის არსებობისას 55
მ. სალუქვაძე, ვ. ჟუკოვსკი

ტიპური ონლაინ სლოტის პარამეტრების იდენტიფიკაცია. 63
ვ. ხუციშვილი

მესამე რიგის განტოლებების ფესვური ჰოდოგრაფების კვლევა ტრიგონომეტრიის გამოყენებით 70
ო. კოტრიკაძე, ქ. კოტრიკაძე

მკურნალობის ტაქტიკის შერჩევა ექსპერტთა აზრის გათვალისწინებით 75
დ. სიხარულიძე

კრიტერიუმთა შედარებითი მნიშვნელოვნების ასახვა ვექტორული ოპტიმიზაციის
ინტერაქტიულ მეთოდში 80
ნ. კილასონია

მართვის სისტემები - Control Systems - Системы Управления

Numerical simulation, design and testing of rectangular shape planar microwave applicators for use in “green” biosynthesis of metal nanoparticles	85
<i>A. Chirakadze , Z. Buachidze, A. Gigineishvili , L. Gurchumelia , N. Kavlashvili, P. Kervalishvili</i>	
დიდი მუდმივი დენის წყარო დატვირთვის დენის წრფივი მახასიათებლით	90
<i>ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, პ. სტავრიანიძე, თ. საანიშვილი</i>	
მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული დიდი დენის რელების გაწყობისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა	97
<i>თ. საანიშვილი, ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, პ. სტავრიანიძე, გ. კიკნაძე</i>	
Оптический калибратор тока с линейной установочной шкалой	102
<i>Н. Кавлашвили, О. Лабадзе, П. Ставрианиди, Л. Гварამაძე, Т. Саанишвили, Г. Кикнадзе</i>	
რობოტის სამართავი პროგრამის ჩაწერა მისი ჩამჭერის ხელით გადაადგილებისას	106
<i>დ. ფურცხვანიძე, ო. ლაბაძე, ვ. ბახტაძე</i>	
მცირე მდინარეზე ასაშენებელი ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის დადგენის საკითხისათვის	109
<i>ბ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე</i>	
მრავალსახსრული საწარმოო რობოტის კვანძთა მოძრაობის ტრაექტორიის ფორმირება და ოპტიმიზაცია კუბიური პოლინომებით	114
<i>ნ. დადიანი, დ. ფურცხვანიძე</i>	
ოპტიმიზაციის ზოგიერთი ამოცანის პროგრამული გადაწყვეტა	117
<i>ნ. დადიანი, ქ. ოშიაძე, დ. ცინცაძე</i>	
მზის ენერჯის გამოყენების ტენდენციები ევროპაში	123
<i>ნ. მირიანაშვილი, ნ. გპელიშვილი, ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ვ. ხათაშვილი, თ. ნოზაძე, თ. წოწონავა-დურგლიშვილი</i>	

ინფორმატიკა – Informatics - Информатика

ტექსტის ანალიზი და გრამატიკული კატეგორიები	131
<i>გ. ჩიკოიძე</i>	
პარალელური კორპუსის ტიპები და მათი გამოყენების სფეროები	142
<i>ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯავაშვილი</i>	
ლექსიკური ონტოლოგია GeoWordNet	148
<i>ლ. ლორთქიფანიძე, მ. გეგეჭკორი</i>	
ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის ერთი ალგორითმის რეალიზაციის შესახებ	153
<i>ა. თუშიშვილი, რ. ერემიანი, მ. თუშიშვილი</i>	
რეალური დროის ოპერაციული სისტემების უსაფრთხოების ანალიზი	157
<i>მ. გეგეჭკორი, ნ. ნარიშანიძე, დ. კაპანაძე, თ. ხვედელიძე, თ. კაიშაური</i>	

Причинно-следственная модель знаний в интеллектуальной системе медицинской диагностики	163
<i>В. Радзиевский, М. Микелаძე, Н. Джалайбова, Д. Радзиевский</i>	
კონკრეტული ავადმყოფისთვის სამკურნალო პრეპარატების არჩევის ინტელექტუალური სისტემა.....	169
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ნ. ჯალაიბოვა, გ. ბესიაშვილი, პ. ქარჩავა, დ. რაძიევსკი</i>	
Программа интеллектуальной системы диагностики первичных головных болей	175
<i>Д. Радзиевский</i>	
ტექსტების კლასიფიკაციის გამოყენება ავტომატური დოკუმენტბრუნვის სისტემებში	181
<i>მ. ხაჩიძე, მ. ცინცაძე, მ. არჩუაძე, გ. ბესიაშვილი</i>	
ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდების გამოყენება სამედიცინო თვითდიაგნოსტიკის სისტემებში	187
<i>მ. არჩუაძე, დ. ხაჩიძე, ნ. ნინოშვილი, ნ. ხაჩიძე</i>	
Maintenance of performance and safety metrics in cloud autonomic computing by the joint use of algorithmic information theory and statistics	193
<i>T. Bakhtadze, I. Rodonaia</i>	
რეალობის შესახებ ინფორმაციის მოპოვების ტექნოლოგია.....	199
<i>თ. ბახტაძე, ა. კობიაშვილი</i>	
კომერციული საქმიანობის მასობრივი მომსახურეობის სისტემის იმიტაციური მოდელის შემუშავება Matlab გარემოში	205
<i>ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე</i>	
უსაფრთხოების კომპონენტები ქსელის სისტემური პროგრამებისთვის	210
<i>პ. ქარჩავა, ნ. ნარიმანიძე, მ. ოდილაძე, თ. ბურჭულაძე, თ. ხვედელიძე</i>	
ორგანიზაციულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი კონფლიქტური რეგიონების განვითარების მაგალითზე.....	214
<i>ზ. გასიტაშვილი, მ. კიკნაძე, ზ. ჯანყარაშვილი</i>	
სატრანსპორტო მოდელირებისათვის შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის შედარებითი ანალიზი	221
<i>დ. საცერაძე</i>	
ვებ გვერდების ეფექტური ფერების მიღება კონტრასტის ალგორითმის გამოყენებით	228
<i>მ. კიკნაძე, ნ. გოჩიტაშვილი</i>	

შრომათა კრებულში ძირითადად დაბეჭდილია ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ 2016 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების შედეგები.

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

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

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

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

The research results carried out mainly by the institute's scientists through 2016 year are given in the proceedings.

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

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

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

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

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2016 году. Труды отражают три главных научных направления исследований института: теорию управления, разработку систем управления, в том числе управление в энергетических системах, и информатику.

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

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

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

შრომათა კრებული გამოდის წელიწადში ერთხელ.

კრებული იბეჭდება ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

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

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

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

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

ტ.მ.კ. ზ. წვერაძე, ნ. ჯავაშვილი

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ.№10

ტელ.: (+995 32) 319871

ფაქსი: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: martsistem@gmail.com

საიუბილეო სესიის
მოხსენებები

Estimation of system matrix at identification of linear dynamical non-stationary systems

Besarion Shanshiashvili, Mindia Salukvadze, Vladimer Gabisonia

besoshan@hotmail.com

ABSTRACT. The problem of parameter estimation at identification of linear non-stationary dynamical systems is considered. It is supposed that direct observation of the state vector of system is not possible and elements of the output matrix are variables. Stated is the problem of parameter identification as, in a certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary differential equations. Under some restrictions on the system's parameters, input and output variables the existence theorem of such interval, in which a continuous system matrix is identified, is formulated and proved. The parameter estimation algorithm, and also the question of the model validation are investigated on the example of the second order system identification.

KEY WORDS: dynamical system, estimation, identification, parameter, differential equation.

1. Introduction

System identification is based basically on linear stationary models, however a set of real systems is characterized by change of parameters in time, and their representation by stationary models does not give results acceptable in practice.

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

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

In the work [11] more complex structure of linear dynamic non-stationary system is considered, when direct observation of the state vector of system is not possible. It is supposed that by the results of the observation of the systems input-output, the input and the output vectors are known and elements of output matrix are constants. 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 works [12]-[13] the problems of parameter identification and model validation of linear dynamic systems with variable parameters are considered, correspondingly. The system of the linear ordinary differential equations of a normal kind is considered as a structure of model of the dynamic systems. It is supposed that input matrix is unit matrix and elements of the output matrix are variables.

In the given work the problem of system matrix estimation for linear dynamic systems with variable parameters is considered at the determined input influences. The system of the linear ordinary differential equations of a normal kind is considered as a structure of model of the dynamic systems. It is supposed that elements of input and output matrices are variables.

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

2. Parameter identification

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

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

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

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

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

where $\mathbf{A}(t)$ is system matrix, $\mathbf{B}(t)$ is input matrix, $\mathbf{C}(t)$ is output matrix and

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

If $\mathbf{C}(t) \in C(I, R^{n \times n}) \quad \forall t \in I$ is nonsingular matrix, then

$$\mathbf{x} = \mathbf{C}(t)^{-1} \mathbf{y}. \quad (4)$$

Considering (4) in (2), we shall receive:

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

where

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

It is known, that for system identifiability it is necessary system controllability and observability, therefore it is natural to admit that are known input $\mathbf{D}(t)$ and output $\mathbf{C}(t)$ matrixes and by observation of the system's input - output are known: 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 system 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:

$$\dot{\mathbf{y}}_k = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y}_k + \mathbf{u}^*(t) \quad (k=1,2,\dots,n). \quad (7)$$

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

$$\mathbf{Y}(t) = (y_{k,i}(t))_{k,i=1}^n \quad (8)$$

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

$$\mathbf{U}^*(t) = (u_{ik}^*(t))_{i,k=1}^n \quad (u_{ik}^*(t) = u_i^*(t)) \quad (9)$$

Then the system (7) can be rewritten as the matrix algebraic equation:

$$\dot{\mathbf{Y}}(t) = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{Y}(t) + \mathbf{U}^*(t) \quad (10)$$

For determining $\mathbf{A}(t)$ from (9) taking into account (7) it is enough, that $\mathbf{Y}(t)$ and $\mathbf{C}(t)$ matrices were nonsingular.

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

$$\mathbf{A}(t) = \mathbf{C}(t)^{-1} \left(\dot{\mathbf{Y}}(t) - \mathbf{U}^*(t) \right) \mathbf{Y}^{-1}(t) \mathbf{C}(t), \quad \forall t \in I_0 \quad (11)$$

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

$$\mathbf{y}_k(t_0) = \mathbf{c}_k, \quad t_0 \in I_0, \quad \mathbf{c}_k \in R^n \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

It is known [14] that the solution of the problem (5), (12) is defined by Cauchy's formula:

$$\mathbf{y}_k(t) = \mathbf{C}(t, t_0) \mathbf{c}_k + \int_{t_0}^t \mathbf{C}(t, \tau) \mathbf{u}^*(\tau) d\tau, \quad (13)$$

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

$$\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{c}_k = \mathbf{e}_k \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad (14)$$

where

$$\mathbf{e}_k = (\delta_{ik})_{i=1}^n \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad (15)$$

δ_{ik} is Kronecker's symbol.

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

$$\det \mathbf{Y}(t_0) = \det \mathbf{C}(t_0, t_0) = \det \mathbf{E} = 1 \neq 0, \quad (16)$$

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 $t_0 \in I_0$ $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0 \forall t \in I_0$. 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 (8), and matrix $\mathbf{U}^*(t)$ as (9);
- 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 (11).

3. Investigation of identification algorithm

Let's consider peculiarities of the parameter 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:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)z + b_{11}u_1(t) + b_{12}u_2(t), \\ \dot{x}_2 &= a_{21}(t)x_2 + a_{22}(t)z + b_{21}u_1(t) + b_{22}u_2(t).\end{aligned}\tag{17}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= c_{11}(t)x_1 + c_{12}(t)x_2, \\ y_2 &= c_{21}(t)x_1 + c_{22}(t)x_2.\end{aligned}\tag{18}$$

Here

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{B}(t) = \begin{pmatrix} b_{11}(t) & b_{12}(t) \\ b_{21}(t) & b_{22}(t) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) \end{pmatrix}.$$

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

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1}{t(1+t)} \\ \frac{1}{1+t} \end{pmatrix},\tag{19}$$

$$\mathbf{y}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t \\ t+t^2 \end{pmatrix},\tag{20}$$

$$\mathbf{y}_2(t) = \begin{pmatrix} 2t \\ 1+t^2 \end{pmatrix}.\tag{21}$$

and a priori is known:

$$\mathbf{B}(t) = \begin{pmatrix} t & t^2 \\ t^2 & t \end{pmatrix},\tag{22}$$

$$\mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix}.\tag{23}$$

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,

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

Taking into account that Inverse matrixes of the matrixes $\mathbf{C}(t)$ and $\mathbf{Y}(t)$ are defined by the expressions:

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

$$\mathbf{Y}^{-1}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1+t^2}{(1+t)(1-t^2)} & -\frac{2t^2}{(1+t)(1-t^2)} \\ -\frac{t}{1-t^2} & -\frac{1}{1-t^2} \end{pmatrix}, \quad (29)$$

and also

$$\dot{\mathbf{Y}}(t) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1+2t & 2t \end{pmatrix}, \quad (30)$$

$$\mathbf{u}^*(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}, \quad (31)$$

using the formula (11), as a result of some calculations, we receive, that:

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (32)$$

Thus, the required system has the following form:

$$\dot{x}_1 = -\frac{t}{1-t^2} x_1 + \frac{1}{1-t^2} x_2 + u_1(t), \quad (33)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{1-t^2} x_1 - \frac{t}{1-t^2} x_2 + u_2(t),$$

$$y_1 = \frac{1}{1-t} x_1 - \frac{t}{1-t} x_2, \quad (34)$$

$$y_2 = -\frac{t}{1-t} x_1 + \frac{1}{1-t} x_2.$$

The homogeneous system (5₀) of the differential equations corresponding to the non-homogeneous system (5) under conditions (22), (27), (31) has the following fundamental system of solutions:

$$y_{1_0}(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}, \quad (35)$$

$$y_{2_0}(t) = \begin{pmatrix} t \\ 1 \end{pmatrix} \quad (36)$$

and the fundamental matrix:

$$\mathbf{Y}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix}. \quad (37)$$

Since

$$\det \mathbf{Y}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (38)$$

therefore

$$I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[. \quad (39)$$

In this case

$$I_0 = I. \quad (40)$$

Thus, the mathematical model of the non-stationary dynamic system, the model's structure of which is defined by the system of differential equations (17), (18) and input and output variables – by expressions (19) - (21), is represented by the system of linear ordinary differential equations with variable coefficients of the kind (33), (34).

4. Model validation

Construction of a model by methods of system identification is reduced to several stages [15]. A stage of model's check and confirmation follows stages of the model's structure choice and parameter estimation. Check and confirmation of the model are closely connected with the estimation: upon termination of the procedure estimation within the limits of the fixed model structure, and definition of the "best" model it is necessary to find out, in what degree the model really "explains" the behavior of the system, i.e. adequately represents the system.

The model can be confirmed by some methods [16]. The principal method among them is comparison of output signals of the system and of the model, and introduction of a certain formal measure of the received mistake when the same signal influences on the inputs of system and on the model.

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

We shall present model (33), (34) in the matrix form (2) where the matrix $A(t)$ is defined by the expression (32):

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t & t^2 \\ t^2 & t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{t(1+t)} \\ \frac{1}{1+t} \end{pmatrix}, \quad (41)$$

$$\begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}. \quad (42)$$

Taking into account (4), (6), (22), (23) and (28), we shall present model (41), (42) in the form (5):

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{1+t} & \frac{t}{1+t} \\ \frac{t}{1+t} & \frac{1}{1+t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t & t^2 \\ t^2 & t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{t(1+t)} \\ \frac{1}{1+t} \end{pmatrix} \quad (43)$$

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

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}. \quad (44)$$

We shall solve Cauchy's problem for the equation (44) by the method of arbitrary constants variation at initial conditions:

$$\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{c}_0, \quad \mathbf{c}_0 \in R^2. \quad (45)$$

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

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t, t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{C}(t, \tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau, \quad (46)$$

where matrix function $\mathbf{C}(t, t_0)$ is Cauchy's matrix of the homogeneous system, which corresponds to the non-homogeneous system (44).

It is known, that

$$\mathbf{C}(t, \tau) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau), \quad (47)$$

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

$$\mathbf{Y}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix} \quad (48)$$

and

$$\mathbf{Y}_0^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \\ -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (49)$$

Since

$$\det \mathbf{Y}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (50)$$

therefore

$$I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[\quad (51)$$

and input and output variables are determined in the interval (51).

Substituting expression (46) in (45), we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau. \quad (52)$$

At $t_0 = 0$ and $\mathbf{c}_0 = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$, from (51), after series of calculations, we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} c_1 + c_2 t + t \\ c_1 t + c_2 + t^2 \end{pmatrix}. \quad (53)$$

Determining output vectors of the model (44) with the help (53) at initial condition

$$\mathbf{y}_1(0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (54)$$

$$\mathbf{y}_2(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (55)$$

we shall receive, that they are defined by the expressions (20) and (21).

To initial conditions (53), (54) of an output vector corresponds initial conditions of a state vector:

$$\mathbf{x}_1(0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (56)$$

$$\mathbf{x}_2(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (57)$$

To the expressions (20), (21) of the output vector corresponds expressions of a state vector:

$$\mathbf{x}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t^2 \\ 2t \end{pmatrix}, \quad (58)$$

$$\mathbf{x}_2(t) = \begin{pmatrix} \frac{3t+t^2}{1+t} \\ \frac{1+3t^2}{1+t} \end{pmatrix}. \quad (59)$$

Thus, the output vectors of the model (44), at the matrix of coefficients (32), at the input vector (19), at the initial conditions (54), (55), are defined by the expressions (20), (21) and exactly coincide with the output vectors of the system when giving on the system and the model one and the same input signals.

5. Investigation by means of computer modeling

Investigation of the algorithm of the parameter estimation, and also a question of model validation was carried out as analytically, as well as by means of the computer modeling based on using MATLAB.

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

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 &= \frac{1-2t^2}{t(1-t^2)} y_1 + \frac{1}{1-t^2} y_2 + u_1^*(t), \\ \dot{y}_2 &= \frac{1}{1-t^2} y_1 + \frac{1-2t^2}{t(1-t^2)} y_2 + u_2^*(t). \end{aligned} \quad (59)$$

Let's admit, that

$$\mathbf{u}^*(t) = \begin{pmatrix} t \\ t^2 \end{pmatrix}. \quad (60)$$

The solution of a problem (59), (60) and (53), (54), received by means of the program, has a following form:

$$\begin{aligned} Y1 &= [t^*(-13/6+4/3*t)] \\ & \quad [t^*(1/3+t^2-13/6*t)], \\ Y2 &= [t^*(-5/3+5/6*t)] \\ & \quad [t^*(-1/6+t^2-5/3*t)]. \end{aligned}$$

On the basis of use of data of an input-output of system (59) calculated by the program made according to the identification algorithm, a matrix of coefficients of model (5), has a following form:

$$\begin{aligned} A^* &= [(-1+2*t^2)/t/(-1+t^2), -1/(-1+t^2)] \\ & \quad [-1/(-1+t^2), (-1+2*t^2)/t/(-1+t^2)]. \end{aligned}$$

6. Conclusion

The submitted method of parameter estimation at identification of linear non-stationary dynamical 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. Besides, it is supposed that direct observation of the state vector of system is not possible and elements of the output matrix are variables.

The problem of parameter identification is 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 system matrix is identified, is proved.

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

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

For getting acceptable results it is necessary to use noise immunity methods, for example, the method of the least squares and its modifications, at approximation input and output variables of the system continuous and continuously differentiated functions, and at numerical differentiation - the methods based on regularization method [17].

სისტემის მატრიცის შეფასება წრფივი არასტაციონარული დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაციისას

ბესარიონ შანშიაშვილი, მინდია სალუკვაძე, ვლადიმერ გაბისონია

რეზიუმე

განხილულია წრფივი არასტაციონარული დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაციისას სისტემის მატრიცის შეფასების ამოცანა. იგულისხმება, რომ მდგომარეობის ვექტორის პირდაპირი დაკვირვება არ არის შესაძლებელი და გამოსავალი მატრიცის ელემენტები – ცვლადებია. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია როგორც წრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების კოშის ამოცანის გარკვეული აზრით შებრუნებული ამოცანა. სისტემის პარამეტრებზე, შესავალ და გამოსავალ ცვლადებზე ზოგიერთი შეზღუდვების დროს ფორმულირებულია და დამტკიცებული თეორემა ისეთი ინტერვალის არსებობის შესახებ სადაც სისტემის უწყვეტი მატრიცა იდენტიფიცირებადია. პარამეტრების შეფასების ალგორითმი და მოდელის დადასტურების საკითხი გამოკვლეულია მეორე რიგის სისტემების იდენტიფიკაციის მაგალითზე.

Оценка матрицы системы при идентификации линейных нестационарных динамических систем

Виссарион Шаншиашвили, Миндия Салуквадзе, Владимир Габисония

Резюме

Рассматривается задача оценивания параметров при идентификации линейных нестационарных динамических систем. Предполагается, что непосредственное наблюдение вектора состояния невозможно и элементы выходной матрицы являются переменными. Задача параметрической идентификации ставится как, в определенном смысле, обратная задача задачи Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. При некоторых ограничениях на параметры и входные и выходные переменные системы, сформулирована и доказана теорема существования такого интервала, где непрерывная матрица системы идентифицируема. Алгоритм оценивания параметров подтверждения модели исследованы на примере идентификации системы второго порядка.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Kleiman E.G., Mochalov I.A. Identification of time-varying objects. *Avtomatika and Telemekhanika*. 1994, no. 2, pp. 3-22. (in Russian).
2. Rurua A., Lototsky V., Chadeev V. Identification of non-stationary plants: state-of-art and recent results. *Georgian Foundation of Sciences Revival. Periodical Scientific Journal. Intellect*. 1999, no. 3(6), pp. 64-71.
3. Gaishun I. V. Identification of linear nonstationary systems from their responses to generalized controls. *Differential Equations*. 2008, vol. 44, no. 3, pp. 312-318.
4. Li Y., Chen H.-F. Robust adaptive pole placement for linear time-varying systems. *IEEE Trans. Autom. Control*. 1996, vol. 41, no. 5, pp. 714-719.
5. Lorito F. Dynamical properties of the recursive maximum likelihood algorithm for frequency estimation. *Proceedings 5th IFAC Symp. on Adaptive Systems in Control and Signal Proc.* ed. Cs. Bányász. Budapest, 1995, vol. I, pp. 143-148.
6. Niedwiecki M., Gackowski S. On noncausal weighted least squares identification of nonstationary stochastic systems. *Automatica*. 2011, vol. 47, no. 10, pp. 2239-2244.
7. Niedwiecki M. Locally adaptive cooperative Kalman smoothing and its application to identification of nonstationary stochastic systems. *IEEE Transactions on Signal Processing*. 2012, vol. 60, no. 1, pp. 48-59.
8. Tsytkin Ya. Z., Polyak B.T. Optimal recurrent algorithms for identification of nonstationary plants. *Comput. and Electr. En.* 1992, vol. 18, no. 5, pp. 365-371.
9. Shanshiashvili B.G. On identification of linear multidimensional non-stationary systems. *Bulletin of the Georgian Academy of Science*, 1998, vol 158, no. 3. pp. 482-484.
10. Salukvadze M.E., Shanshiashvili B.G. Parameter identification of a certain class of non-stationary linear dynamic systems. *Proceedings of the III International Conference "System Identification and Control Problems" SICPRO '04*. Moscow, Institute of Control Sciences. 2004, pp. 1520-1527 (in Russian).
11. Shanshiashvili B.G. Parameter identification of one class of non-stationary dynamic systems. *Proceedings of the X International Conference "System Identification and Control Problems" Sicpro '15*, Moscow, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, 2015. pp. 887-895.
12. Shanshiashvili B. Identification of one class of dynamic systems with variable parameters. *Archil .Eliashvili Institute of control systems of the Georgian Technical University. Proceedings*. Tbilisi, 2014, № 18, pp. 130-135.
13. Shanshiashvili B., Salukvadze M., Dadiani N., Gabisonia V. Model validation at identification of linear dynamical systems with variable parameters. *Archil .Eliashvili Institute of control systems of the Georgian Technical University. Proceedings*. Tbilisi, 2015, № 19, pp. 14-20.
14. Кигурадзе И. Начальная и краевые задачи для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Том I. Линейная теория. Тбилиси: Мецниереба, 1997.
15. Eykhoff P. *System identification. Parameter and state estimation*. London, John Wiley and Sons Ltd, 1974.
16. Ljung L. *System identification: Theory for the user*. New Jersey, Prentice Hall, 1999.
17. Tikhonov A.N. Arsenin V.Y. *Solutions of ill posed problems*. Moscow: Nauka, 1979 (In Russian).

WordNet თესაურუსის სტრუქტურის მიხედვით ჰიპონიმური ხის ავტომატური ფორმირების ალგორითმი და პროგრამული რეალიზაცია

გიორგი ჩიკოიძე, ლიანა ლორთქიფანიძე

gogichikoidze@yahoo.com, l_lordkipanidze@yahoo.com

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ქართული WordNet თესაურუსი - GeWordNet. ჩამოთვლილია WordNet თესაურუსის გამოყენების პერსპექტივები. განხილულია ქართული ენის GeWordNet ლექსიკონისთვის ჰიპონიმური ხის ავტომატური ფორმირების ალგორითმი და პროგრამული რეალიზაცია.

ნაშრომში განხილულია სემანტიკური GeWordNet ლექსიკონის ფორმირების ძირითადი ეტაპები. აღწერილია სიტყვათა სემანტიკური კავშირების ამსახველი ჰიპონიმური ხის ჩამოყალიბების მეთოდი. მოყვანილია WordNet ლექსიკონის სინსეტების ავტომატური თარგმნის მაგალითები. ჩამოყალიბებულია ტექსტური ინფორმაციის დამუშავების და WordNet თესაურუსის სტრუქტურის მიხედვით ჰიპონიმური ხის ავტომატური ფორმირების ალგორითმიზაციისა და პროგრამული მხარდაჭერის ზოგადი სქემა.

საკვანძო სიტყვები:

WordNet თესაურუსი, ჰიპონიმური ხე, WordNet ლექსიკონის სინსეტი.

შესავალი

ინტერნეტ სივრცეში საძიებო სისტემების ინტელექტუალიზაცია მნიშვნელოვნად ზრდის ძიების სიჩქარესა და ხარისხს. დოკუმენტებში ძიებისას ბუნებრივ წინააღმდეგობას ქმნის სინონიმია (სხვადასხვა ცნების აღნიშვნა ერთი და იგივე სიტყვით ან ტერმინით) და პოლისემია (საერთო სემანტიკის მქონე ცნებების აღნიშვნა სხვადასხვა სიტყვით ან ტერმინით). ბოლო წლებში ეს პრობლემა ბევრი ენისთვის დაძლეულია სპეციალური ელექტრონული WordNet ტიპის თესაურუსების გამოყენებით [1].

WordNet დიდი სემანტიკური ქსელია. მისთვის დამახასიათებელია ორი სახის სემანტიკური მიმართებები: ლექსიკური (სიტყვა-სიტყვა) და კონცეპტუალური (კონცეპტი-კონცეპტი). ყველაზე მნიშვნელოვანი ლექსიკური მიმართება არის სინონიმია. WordNet თესაურუსის საბაზისო სტრუქტურული ერთეული არის არა ცალკეული სიტყვა, არამედ სინონიმური მწკრივი ე. წ. სინსეტი, რომელიც აერთიანებს მსგავსი მნიშვნელობის სიტყვებს და ცნებებს. სინსეტებს შორის დამყარებულია სასრული რაოდენობის ასოციაციურ-სემანტიკური მიმართებები, როგორცაა ჰიპონიმია (სახე-გვარეობითი), მერონიმია (ნაწილი-მთელი), ლექსიკური მიმართება (კაუზაცია, პრესუპოზიცია) და სხვ.; მათ შორის ძირითად როლს ასრულებს ჰიპონიმია, რომელიც სინსეტების იერარქიული (ხისებრი) სტრუქტურის ორგანიზების შესაძლებლობას იძლევა. სინონიმური მწკრივები და სიტყვები ერთმანეთთან დაკავშირებულია სხვადასხვა ლექსიკო-სემანტიკური მიმართებებით: სინონიმური მიმართებები, პარადიგმატული და სინტაგმატური მიმართებები (ჰიპონიმია, მერონიმია, კაუზაცია, პრესუპოზიცია და სხვ.).

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის "ქართულ სიტყვათა ქსელის კომპაილერი - GeWordNet" ფარგლებში მართვის სისტემების ინსტიტუტის ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილებაში იქმნება ქართულ სიტყვათა ქსელის კომპაილერი - GeWordNet, რომლის ანალოგი საქართველოში ჯერჯერობით არ არსებობს. GeWordNet თესაურუსის გამოყენება შესაძლებელი გახდება:

- ინფორმაციის ძიებისას მომხმარებლის მოთხოვნის გასაფართოებლად პარადიგმატულად და სინტაგმატურად დაკავშირებული სიტყვების მეშვეობით. ასეთი სიტყვებია, მაგალითად, სინსეტის (SynSet) კომპონენტები, ან „ზმნა-აქტანტი“-ს ტიპის კავშირები, რომლებიც კონტექსტური ძიებისათვის არის საჭირო;
- ფორმალური გრამატიკების ლექსიკონად, განსაკუთრებით ზმნების ვალენტობის, არსებითი და ზედსართავი სახელების ამომწურავი აღწერისას;
- სპეციალიზებული ლექსიკონების (მაგალითად, სამედიცინო, ეკონომიკური, გეოგრაფიული, ბიოლოგიური და სხვ.) შესადგენად;
- სხვადასხვა დიალექტებისა და ენების ლექსიკონების შესადგენად;
- სიტყვათა სინტაგმატური მიმართებების საშუალებით კლასიკური ამოცანის - სიტყვების არაერთმნიშვნელოვნების მოსახსნელად;
- ტექსტის ავტომატური დამუშავებისა და ინფორმაციული ძიების პროგრამულ დანართებში დოკუმენტების ფილტრაციისა და რუბრიკაციის ხარისხის გასაზრდელად;
- ჰიპერონიმული მიმართებების საფუძველზე აზრობრივად ახლო მდგომი ტექსტების განსაზღვრისთვის.

პრინსტონის უნივერსიტეტში ჯონ მილერის ხელმძღვანელობით 1985 წელს შემუშავებული WordNet ოთხი ნაწილისაგან შედგება. ესენია: არსებითი სახელი, ზმნა, ზედსართავი სახელი და მიმღობა. თითოეული მათგანი წარმოადგენს ცნებათა ამსახველ სემანტიკურ ქსელს, რომლის კვანძები შესაბამისი მეტყველების ნაწილის სინონიმური მწკრივებითაა (სინსეტი) შევსებული.

EuroWordNet პროექტით გაერთიანებულ ლექსიკო-სემანტიკურ მონაცემთა ბაზებში ევროპის ბევრი ენაა შესული. EuroWordNet-ში სპეციალურადა ცალკეა გამოყოფილი სინსეტების გამაერთიანებელი საერთო ცნების ნაწილი, ე.წ. Top Ontology და ენათშორისი ინდექსი - Inter-Lingual-Index, რომელიც სხვადასხვა ენის ცნებებს აკავშირებს ერთმანეთთან.

EuroWordNet სემანტიკურ ქსელში ქართული GeoWordNet მისაერთებლად შემუშავდა WordNet-ის ტექნოლოგიაზე დაყრდნობილი ქართული ენის მონაცემთა ბაზები. ამისთვის, EuroWordNet-ში სხვა ენების მიერთების პრაქტიკიდან გამომდინარე, სემანტიკური სტრუქტურის დაურღვევლად ინგლისურ სინსეტებს უნდა ჩაენაცვლოს ქართული.

ქართული WordNet-ის შემუშავება ორ ეტაპად ხდება. პირველ რიგში, ხდება WordNet-ლექსიკონის ფორმირება ქართული ენისთვის, მეორე ეტაპზე კი ქართულ-ინგლისური ენათშორისო ინდექსის (Inter Lingual Index - ILI) საშუალებით EuroWordNet-თან ქართული ლექსიკონის მიბმა. კონკრეტული ენის სინსეტების აღწერისას შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ILI ინდექსის სინსეტებთან მისი ეკვივალენტობის სხვადასხვა დონე: EQ_SYNONYM - ILI ინდექსის სინსეტსა და ენის სინსეტს შორის სრული თანხვედრა; EQ_NEAR_SYNONYM - სამიზნე ენის სინსეტს შეესაბამება რამდენიმე ILI ინდექსის სინსეტი; HAS_EQ_HYPERONYM - სამიზნე ენის სინსეტი უფრო სპეციფიურია, ვიდრე ინდექსის სინსეტი; HAS_EQ_HYPONYM ენის სინსეტი შეიძლება დაუკავშირდეს მხოლოდ ინდექსის სპეციფიკურ სინსეტს. თესაურუსის ცნებათა შორის ჰიპონიმური და მერონიმური კავშირების დამყარება მთავარი ამოცანაა ენათა შორის შესატყვისობის ინდექსის (ILI) აგების დროს [2].

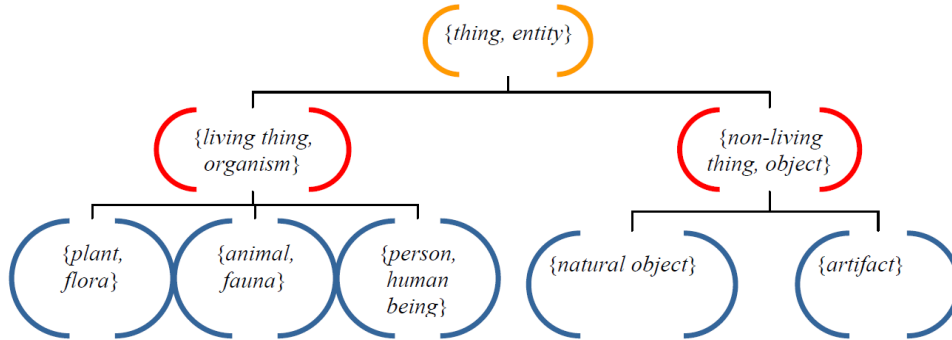
ქართული WordNet-ის სინსეტების ავტომატური ფორმირება ხდება ორენოვანი ელექტრონული ლექსიკონის გამოყენებით. მიმართებები სინსეტებს შორის ქმნიან იერარქიულ სტრუქტურას, რომელთა სათავეში მოქცეულია სინსეტის ჰიპერონიმი. GeWordNet-ის ლექსიკური ბაზის არსებითი სახელებისა და ზმნების ჰიპონიმური იერარქიის ზედა იარუსი აუცილებლად უნდა შეესაბამებოდეს EuroWordNet-ის ზოგადი ცნებების Top Ontology სქემას.

WordNet-ის ქართული ვერსიის რეალიზაციისათვის ამჟამად წარმოებს ქართული ენის არსებული ლექსიკონებიდან GeWordNet თესაურუსის ავტომატური კომპილირების პროცედურები [2]. ლექსიკონის ჰიპონიმური ხის ასაგებად შემუშავდა ალგორითმი თითოეული სინონიმური მწკრივისთვის შერჩეული პროტოტიპისა და თესაურუსის სტრუქტურის მიხედვით.

სემანტიკური ქსელის ფორმირების ალგორითმი

სინსეტის სინონიმურ სიტყვათა მწკრივის წევრებს ერთმანეთთან აკავშირებთ ლექსიკურ-სინონიმური მიმართებები. სინსეტის სიმრავლეში ერთიანდება ერთი არსის (რაობის) მქონე სხვადასხვა ცნებები.

WordNet სემანტიკური ქსელის კვანძებში მოქცეულია სხვადასხვა სინსეტი, რომლებიც სხვადასხვა სახის მიმართებების ამსახველი რკალებითაა ერთმანეთთან დაკავშირებული.



ვინაიდან სემანტიკური ქსელით წარმოდგენილი სხვადასხვა რაობა არაა დამოკიდებული მის ამსახველ ენაზე, შეგვიძლია ინგლისური სინსეტები შევცვალოთ ქართულით, ხოლო მათ შორის კავშირები იგივე დავტოვოთ. შედეგად მიღებულ ქსელში შენარჩუნებულია WordNet-ის საწყისი სტრუქტურა, რომელშიც მხოლოდ სხვადასხვა რაობის აღწერაა შეცვლილი - ისინი წარმოდგენილია ინგლისურისაგან განსხვავებულ ბუნებრივ ენაზე (ქართულზე). მაგრამ იმის გამო, რომ ინგლისური ენისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთ განსაკუთრებული რაობის აღმწერ ინგლისურ სინსეტს არ გააჩნია სათანადო ეკვივალენტი ქართულ ენაში, მთლიანი ქსელის ავტომატური გარდაქმნა ვერ ხორციელდება. მსგავს შემთხვევაში შესაბამისი სინსეტი ქართულში უბრალოდ გაუქმებულია.

ალგორითმის ძირითადი ამოცანაა ინგლისურ სინსეტებთან აზრობრივად ყველაზე ახლო მდგარი ქართული სინსეტების პოვნა, აღწერა და სინსეტის იგივე რაობის დამადასტურებელი მაგალითების მოყვანა.

საწყის მონაცემებად გამოყენებულია:

- 1) ინგლისურ-ქართული ლექსიკონი, აღვნიშნოთ - **EGD**. თითოეულ ინგლისურ სიტყვას შეეთანადება აზრობრივად დაჯგუფებული ქართული შესატყვისები, რომლებიც სიტყვათხმარების სიხშირის კლებადობის მიხედვითაა დალაგებული.
- 2) სინონიმების ლექსიკონი (**GSD**) წარმოადგენს ქართული ენის სინსეტების სიმრავლეს.
- 3) ინგლისურ სიტყვათა სიხშირული ლექსიკონი (**English Frequency List – EFL**). ლექსიკონის თითოეულ სიტყვას შეეთანადება გარკვეული ნატურალური რიცხვი (1,2,...), რომელიც ახასიათებს გარკვეულ ფიქსირებულ კორპუსში ამ სიტყვის შეტანის რაოდენობას.

არსებითი სახელებისთვის ქსელის გარდაქმნა ხდება ჰიპონიმური ხის ძირიდან, ხოლო ზმნებისთვის - ტოპონიმური.

დავუშვათ გვაქვს ინგლისური ენის სინსეტი $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, რომელიც შეიცავს n რაოდენობის w_i სიტყვას. დამუშავების ალგორითმი დამოკიდებულია n -ის რაოდენობაზე:

1. თუ $n \geq 2$, ინგლისური სინსეტის თითოეულ სიტყვას უკავშირდება შესაბამისი ქართული სიტყვა ინგლისურ-ქართული ლექსიკონიდან. მიიღება ლექსიკონის სტატიათა სიმრავლე: $w_i \xrightarrow{EGD} \{G_i^1, \dots, G_i^{k_i}\}$. თითოეული სტატიის სიტყვები ერთიანდება **ინგლისურიდან თარგმნილ სიტყვათა სიმრავლეში**:

$$G_i = \bigcup_{j=1}^{k_i} G_i^j$$

ყველა განხილულ ლექსიკონში შესული სიტყვათა სიმრავლე აღვნიშნოთ I -ით. მაშინ:

$$I = \bigcap_{i=1}^n G^i$$

ქართულ სინონიმთა ლექსიკონიდან აირჩევა ყველა ისეთი სინსეტის სიმრავლე, რომელთა შორის არის ინგლისური სინსეტის სიმრავლიდან ნათარგმნი თუნდაც ერთი სიტყვა:

$$\text{Synsets} = \{S \in \text{GSD} \mid \exists i: S \cap G_i \neq \emptyset\}$$

თუ ეს სიმრავლე ცარიელია, მაშინ ეს ნიშნავს, რომ მოცემული სინსეტის არც ერთი სიტყვა არ იძებნება ინგლისურ-ქართულ ლექსიკონში. ასეთ შემთხვევაში სინსეტი მოინიშნება და შემდგომ დამუშავდება ხელით.

სინსეტის წონა დამოკიდებულია I სიმრავლეში შემავალ სიტყვათა რაოდენობაზე. თუ ჩავთვლით, რომ $I \geq 1$, მაშინ ეს ნიშნავს, რომ არსებობს EGD ლექსიკონიდან თუნდაც ერთი სიტყვა, რომელიც დასტურდება ქართულ სინონიმთა ლექსიკონის ყველა სტატიაში. Synsets სიმრავლის თითოეული S სინსეტისთვის ვპოულობთ იმ სიტყვათა სიმრავლეს, რომელიც გვაქვს S და I სიმრავლის თანაკვეთაში. ამ სიტყვათა რაოდენობას ვუწოდოთ სინსეტის წონა და მაშინ:

$$\text{weight}(S) = |S \cap I|.$$

ვპოულობთ Synsets სიმრავლის თითოეული ინგლისურიდან ნათარგმნი ქართული g სიტყვისთვის მისი გამეორების რაოდენობას ქართულ სინსეტებში:

$$\text{NumberOfDuplications}(r) = |\{S \in \text{Synsets} \mid r \in S\}| - 1$$

მაშინ ქართული სინსეტის წონად შეიძლება ჩაითვალოს თითოეული ნათარგმნი სიტყვის განმეორებათა ჯამი:

$$\text{weight}(S) = \sum_{g \in S} \text{NumberOfDuplications}(r)$$

შემდეგ ვპოულობთ Synsets სინსეტთა სიმრავლიდან მაქსიმალური წონის მქონე სინსეტს:

$$\text{SelectedSynsets} = \{S \in \text{Synsets} \mid \text{weight}(S) = \max \text{weight}\}$$

მოცემული სიმრავლე არასდროს არ იქნება ცარიელი. თუ ის მხოლოდ ერთ სინსეტს შეიცავს, მაშინ სწორედ ის იქნება საძებნი სინსეტი. ერთზე მეტის შემთხვევაში ვიყენებთ ქართულ კორპუსებზე დამყარებულ სიტყვათა სიხშირულ ლექსიკონს. თუ ქართული სინსეტი შეიცავს შედარებით იშვიათი სიტყვების თარგმანს, მაშინ ის იქნება საძიებელი სინსეტი, რადგან სათარგმნი ინგლისური სინსეტის ყველაზე ზუსტი აზრობრივი თარგმანი სწორედ იშვიათი სიტყვებითაა გამოხატული.

2. თუ $n=1$, ანუ ინგლისური სინსეტი მხოლოდ ერთ სიტყვას შეიცავს.

ეს ყველაზე მარტივი შემთხვევაა, რადგან შეგვიძლია გამოვიყენოთ ინგლისურ-ქართულ ლექსიკონში უკვე სიტყვათხმარებათა სიხშირის მიხედვით დალაგებული ჯგუფები. ანუ ვირჩევთ „უახლოეს სიტყვებს“ ინგლისური ერთსიტყვიანი სინსეტის ქართული თარგმანების სიმრავლიდან. „უახლოეს სიტყვებად“ იგულისხმება პარალელურ კორპუსში სიტყვათა ქვეტექსტების თარგმანთა სიმრავლის მაქსიმალური თანაკვეთა.

სინსეტის თარგმნის მაგალითები:

1) *საწყისი ინგლისურენოვანი სინსეტი: {detent, dog, click, pawl}*

A hinged catch that fits into a notch of a ratchet to move a wheel forward or prevent it from moving backward.

ინგლისურიდან თარგმნილ სიტყვათა სიმრავლე:

$G(\text{detent}) = \{\text{საჩერი, საკეტელა, რაზა, სასხლეტი}\}$

$G(\text{dog}) = \{\text{ძაღლი, ქოფაკი, სანადირო_ძაღლი, ხვადი, არამზადა, მომჭერი, ჩამჭერი, ჩარჩივი, სადავე, ქუროს კბილი, საბჯენი, საჩერი; საკეტელა; ლურსმანსამრობი}\}$

$G(\text{click}) = \{\text{ჩხაკუნი, საკეტელა, რაზა, სასხლეტი}\}$

$G(\text{pawl}) = \{\text{ხრუტუნა_მექანიზმის_საკეტელა, მცველი, საჩერი, ბეგი, პალი}\}$

ყველა სინსეტის თანაკვეთამ მოგვცა მხოლოდ ერთი სიტყვა საკეტელა, ანუ

$I = \{\text{საკეტელა}\}$

სიხშირულ ლექსიკონზე დაფუძნებული ალგორითმის გამოყენებით შეირჩევა სინსეტი {საჩერი, საკეტელა, რაზა, სასხლეტი}

2) *საწყისი ინგლისურენოვანი სინსეტი: { motorcar, car, machine, automobile, auto }*

4-wheeled motor vehicle; usually propelled by an internal combustion engine; "he needs a car to get to work".

ინგლისურიდან თარგმნილ სიტყვათა სიმრავლე:

$G(\text{motorcar}) = \{ \text{მსუბუქი_ავტომანქანა, ძრავიანი_ვაგონი} \}$

$G(\text{car}) = \{ \text{მსუბუქი_ავტომანქანა, ტრამვაის_ვაგონი, რკინიგზის_ვაგონი} \}$

$G(\text{machine}) = \{ \text{მანქანა, მექანიზმი, ჩარხი, დაზგა, სატრანსპორტო_საშუალება, ავტომანქანა, თვითმფრინავი, ველოსიპედი} \}$

$G(\text{automobile}) = \{ \text{ავტომობილი, ავტომანქანა} \}$

$G(\text{auto}) = \{ \text{ავტომობილი, ავტომანქანა} \}$

ყველა სინსეტის თანაკვეთამ მოგვცა მხოლოდ ერთი სიტყვა საკეტელა, ანუ

$I = \{ \text{ავტომანქანა} \}$

სიხშირულ ლექსიკონზე დაფუძნებული ალგორითმის გამოყენებით შეირჩევა სინსეტი {ავტომობილი, ავტომანქანა}

3) *საწყისი ინგლისურენოვანი სინსეტი: { good }*

benefit; "for your own good"; "what's the good of worrying?"

ინგლისურ-ქართულ ლექსიკონში პირველი თარგმანი: { კარგი რამ, სასიკეთო რამ }

სემანტიკური ქსელის ფორმირების პროგრამული რეალიზაცია

ქართული WordNet თესაურუსის, ჰიპონიმური ხის სტრუქტურის ფორმირების, შემოწმებისა და EuroWordNet-თან შეპირაპირებისთვის მუშავდება პროგრამული დესკტოპ-აპლიკაცია GeoWordNetEdT. WordNet-ში სალექსიკონო სტატია წარმოდგენილია სინსეტით - ერთი და იგივე კონცეპტის აღმნიშვნელ სინონიმურ სიტყვათა სიმრავლით. სინსეტს მიწერილი აქვს მეტყველების ნაწილი და განმარტება. სინსეტში შემავალ სინონიმებს შეიძლება ჰქონდეთ დამატებითი ატრიბუტები, მაგალითად: დომინანტობის ნიშანი; ან იდიომის, ან ანტონიმის, ან სხვა დამოკიდებულების აღმნიშვნელი მარკერი.

EuroWordNet პროექტში სხვადასხვა ენების გაერთიანებისთვის შემოღებული ILLI ინდექსი ინგლისური სინსეტების მოპოვების საშუალებას იძლევა. მასში აგრეთვე შედის პრინსტონის WordNet-ის (PWN) მაღალი დონის ონტოლოგიის 51 კონცეპტი (top-ontology), რომელიც განსაზღვრავს ყველა ენისათვის საერთო სემანტიკურ ქსელს და უზრუნველყოფს WordNet-ის სხვადასხვა ვერსიებს შორის კავშირს.

პროგრამის უტილიტების დახმარებით ნახევრად ავტომატურად შეიძლება:

- top-ontology-ის 51 რაობის ინგლისურიდან ქართულზე და პირიქით თარგმნა;
- ელექტრონულ ლექსიკონებზე დაყრდნობით ILLI ინდექსის ინგლისური სინსეტების ქართულად თარგმნა.

ქართული ენისთვის გვარ-სახეობითი კავშირების ხეების აგება ხდება ზედა დონიდან: პირველ ეტაპზე ვიკვლევთ გარკვეული რაოდენობის ლექსიკო-სემანტიკური ჯგუფის სიტყვებს; განისაზღვრება თითოეული ჯგუფის სტრუქტურული კავშირები. შემდეგ სინონიმები ერთიანდება სინსეტებში და თითოეული მეტყველების ნაწილისთვის იგება ჰიპონიმური ხეების ნაკრები. მეორე ეტაპზე სინსეტებს შორის ფიქსირდება ისეთი სემანტიკური კავშირები, როგორცაა - მერონიმია, კაუზაცია და სხვ.

ქართული ენის კორპუსიდან მიღებულ სიხშირულ ლექსიკონზე, განმარტებით, სინონიმების და ბილინგვურ ლექსიკონებზე დაყრდნობით დღევანდელი დღისთვის დამუშავებულია დაახლოებით 1500-მდე სხვადასხვა ლექსიკური ერთეული. აქედან 700-მდე არსებითი სახელი 600-მდე ზმნა და 200-მდე ზედსართავი სახელი. მათ შეადგინეს დაახლოებით 800-მდე სინსეტი.

The Algorithm and Program Realization of the Automatic Formation of Hyponymy Tree in Accordance with the Structure of Thesaurus WordNet

George Chikoidze, Liana Lortkipanidze

Summary

In the article WordNet thesaurus for the Georgian language - GeWordNet is described. Prospects of the usage of WordNet thesaurus are given. The algorithm and the program realization of automatic formation of the hyponym tree for the Georgian WordNet dictionary are considered.

The main stages of GeWordNet thesaurus formation are described. The method of the hyponym tree creation, reflecting semantic relations, is considered. Examples of synset machine translation from English WordNet dictionary are given. The general scheme of algorithmization and the software of automatic hyponym tree formation, based on the structure of the WordNet thesaurus, is created.

Алгоритм и программная реализация автоматического формирования дерева гипонимов тезауруса WordNet

Георгий Чикоидзе, Лиана Лордкипанидзе

Резюме

В статье описан Грузинский WordNet тезаурус - GeWordNet. Описаны перспективы использования WordNet тезауруса. Рассмотрен алгоритм и программная реализация автоматического формирования дерева гипонимов для Грузинского WordNet словаря.

В работе описаны основные этапы формирования GeWordNet тезауруса. Рассматривается метод построения дерева гипонимов отражающего семантические связи. Приводятся примеры автоматического перевода синсетов из английского WordNet словаря. Сформирована общая схема алгоритмизации и программного обеспечения автоматического формирования дерева гипонимов основанная на структуре WordNet тезауруса.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Fellbaum C. WordNet: an Electronic Lexical Database. MIT Press, Cambridge, MA, 1998. Lyons J. Semantics. (2 vol.) London and New York, 1977.
2. Miller G. et al. Five Papers on WordNet. CSL-Report, vol.43. Princeton University, 1990.

მოდრავი მექანიზმების მართვის საკითხები საკუთარი ხმაურის გამოყენებით

თამაზ ტროყაშვილი

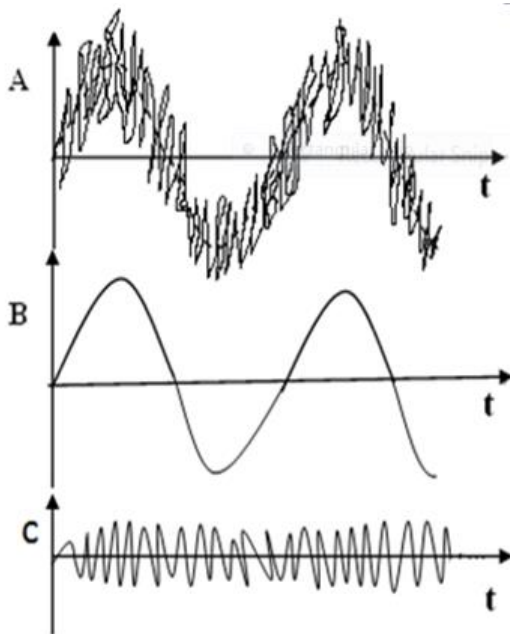
Email: tmt-10@mail.ru

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მოდრავი მექანიზმების მართვის საკითხები საკუთარი ხმაურის გამოყენებით. ნაჩვენებია ელექტრული სქემა. ამ სქემის მიხედვით შესაძლებელია ხმაურის ძირითადი მდგენელის გამოყოფა. შესაძლებელია მისი გამოყენება მართვის ალგორითმში. ელექტროაგრეგატის ხმაურის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს დატვირთვის მომენტის სიდიდე.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროგენერატორები, მართვა, დატვირთვის მომენტი, სიხშირე, ფილტრი.

სტატიაში [1,2] ნაჩვენებია იყო, რომ მოდრავი მექანიზმების ხმაურის გაზომვით შესაძლებელია ძირითადი სიხშირის გამოყოფა. გაზომვისათვის გამოყენებულია დაბალი სიხშირის ფილტრები. ეს ფილტრები შესაძლებელია იყოს ბიკვადრატული ან ფილტრი რთული უარყოფითი უკუკავშირით. მაგალითის სახით განხილული იყო მუდმივი დენის ძრავის ბრუნთა რიცხვის გაზომვა. ნომინალურ ბრუნთა რიცხვს შეესაბამება ძირითადი სიხშირის $f_0 = 300$ ჰერცს. ამ ინფორმაციის გამოყენებით შესაძლებელია ძრავის ბრუნთა რიცხვის სტაბილიზაცია და რეგულირება. იგივე მეთოდით შესაძლებელია სხვადასხვა სიმძლავის გენერატორების მართვა სიხშირის მიხედვით.



ნ.ს.ხ. 1

ცნობილია, რომ ელექტროგენერატორების მართვისათვის აუცილებელია M_H - დატვირთვის მომენტის გაზომვა. ამისთვის გამოიყენება დენის ტრანსფორმატორები შესაბამისი გარდამქმნელებით, რაც წარმოადგენს საკმაოდ რთულ სისტემას.

ჰიდროაგრეგატებში ელექტროენერჯის ძაბვის სიხშირე $f = 50$ ჰერცს, როცა ტვირთი იცვლება დიაპაზონში $M_H = 0 \div M_{max}$. წინასწარმა გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ ჰიდროაგრეგატის საკუთარი ხმაური იცვლება დატვირთვის სიდიდის შესაბამისად, რაც ადვილი გასარჩევია სმენის მიხედვით.

ნახ. 1A ნაჩვენებია ელექტროგენერატორის საკუთარი ხმაურის დროითი დიაგრამა, რაც წარმოადგენს საკმაოდ რთულ რხევას.

ნახ. 1B ნაჩვენებია ზემოთაღნიშნული რთული რხევიდან გამოყოფილი ძირითადი სიხშირე, რისთვისაც გამოყენებულია მეორე რიგის აქტიური ზოლოვანი ფილტრი [3].

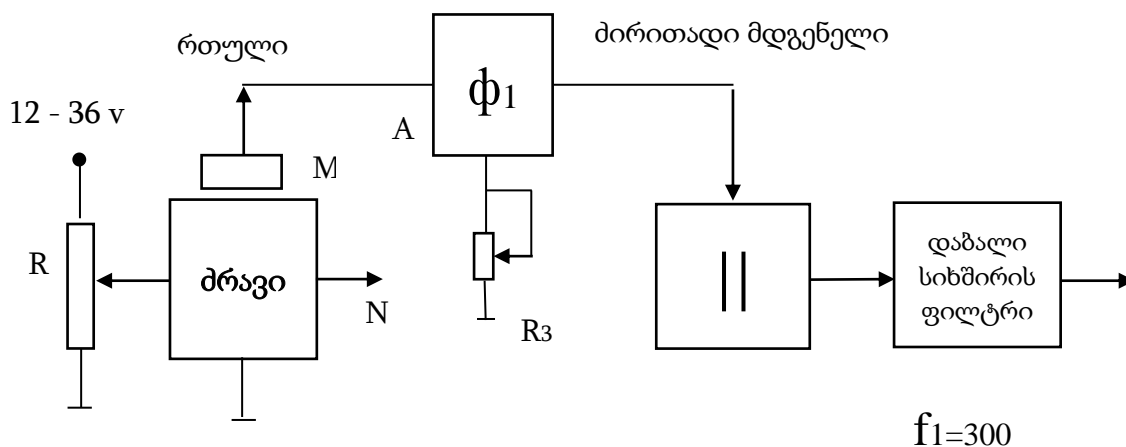
თუ U_a სიგნალს გამოვაკლებთ U_b სიგნალს მივიღებთ სიგნალს U_c ,

$$U_c = U_a - U_b$$

რომელიც განსაზღვრავს ელექტროაგრეგატის ხმაურს დატვირთვის მომენტის სიდიდის მიხედვით. U_c სიგნალი იცვლილება დატვირთვის მომენტის სიდიდის შესაბამისად.

უქმი სვლის შემთხვევაში ეს ხმაური არის მინიმალური, ხოლო დატვირთვის მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს ხმაურის ამპლიტუდაც არის მაქსიმალური. ამრიგად, ხმაურის მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ დატვირთვის მომენტის სიდიდეზე.

ელექტროგენერატორებში დატვირთვის მომენტი განისაზღვრება მომხმარებელზე დატვირთვის დენის მიხედვით. აქედან დასკვნა: ხმაურის მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ ელექტროგენერატორის დატვირთვის დენის სიდიდეზე და არაპირდაპირი გზით განსაზღვრული დატვირთვის მომენტზე. ასეთი მეთოდით განსაზღვრული დატვირთვის მომენტი შესაძლებელია გამოვიყენოთ ნებისმიერი სიმძლავრის ელექტროაგრეგატებში სიხშირით მართვის ალგორითმებში, რაც მნიშვნელოვნად გაამარტივებს სიხშირის რეგულატორების კონსტრუქციას.



ნახ. 2

ნახ. 2 ნაჩვენებია ძრავის ხმაურის გაზომვის სქემა. ხმაურის გასაზომად გამოიყენება მიკროფონი -M. მიკროფონიდან მიღებული სიგნალი A მიეწოდება $\Phi 1$ ფილტრს, რომელიც გამოყოფს ძირითად მდგენელს - სიგნალი B. ეს სიგნალი გამართვის შემდეგ მიეწოდება დაბალი სიხშირის ფილტრს, რომელიც პულსირებულ სიგნალს გარდაქმნის შესაბამის მუდმივ ძაბვაში. დაბალი სიხშირის ფილტრის სახით გამოიყენება ჩებიშევის მეორე რიგის აქტიური ფილტრი [3]

ამ სქემის მიხედვით თუ ფილტრის შემავალ სიგნალს ავლნიშნავთ U_a გამოვაკლებთ ძირითადი მდგენელის სიგნალს U_b ანუ ამ სქემის მიხედვით

$$U_c = U_a - U_b$$

რომელიც განსაზღვრავს ძრავის დატვირთვის მომენტის სიდიდეს.

ნახ. 2 ნაჩვენებია f_1 ფილტრისა და დაბალი სიხშირის - (ჩებიშევის ფილტრის) მახასიათებლები და გადაცემის ფუნქცია მოყვანილია სტატიაში [4].

Issues of mechanism control by using self-noise

Tamaz Trokashvili

Summary

In the article Issues of mechanism control by using self-noise are considered. The block diagram is shown. By this scheme allocation of the main signal is possible as well as using it in the algorithm of control. Determining the loading moment size by electrical unit noise is possible.

Вопросы управления механизмов с использованием собственного шума

Тамаз Трокашвили

Резюме

Рассматриваются вопросы управления механизмов с использованием собственного шума. Показана структурная схема. При помощи этой схемы возможно выделить основной сигнал и использовать его в алгоритме управления. В зависимости от шума электроагрегата возможно также определить величину момента нагрузки.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

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

**სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების გადაწყვეტა
ინფორმაციის გარდაქმნის თანამედროვე პრინციპების გამოყენების
საფუძველზე**

ოთარ ლაბაძე, ნუგ ზარ ყავლაშვილი, მაია ცერცვაძე

olabadze@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ელექტრომაგნიტური ველის გამოყენების საკითხები სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების გადასაწყვეტად. მათ რიცხვს მიეკუთვნება: ტემპერატურის და ტენიანობის მიკროპროცესური მართვა მრავალშრიან დახურულ საცავებში; სამპოზიციური ინფორმაციის ამსახველი და პერიოდულად ცვლადი უკონტაქტო მართვის ინდიკატორი; ფართო დიაპაზონში მართვადი დიდი მუდმივი დენის წყარო; სამკოორდინატური ურთიერთინდუქციული გამზომი გარდამქმნელი; გადაწყობადი სინქრონული უკოლექტორო ელექტროგენერატორის აგების მართვის სისტემა; შეთავსებული და რეგულირებადი მრავალარხიანი მიმღემ-გადამწოდის ანტენა.

საკვანძო სიტყვები: *ელექტრომაგნიტური გარდამქმნელები, კალიბრატორი, ტემპერატურისა და ტენიანობის მართვა, ელექტროგენერატორი, მიმღემ-გადამწოდი ანტენა.*

ზოგადი დებულება

დინამიური მართვის სისტემების აგების თანამედროვე პრინციპები ეყრდნობა იმ გამოწვევებს, რომლებიც დაკავშირებულია არა მარტო ახალი მეთოდების და პრინციპების გამოყენებასთან, არამედ თანამედროვე მკაფიოდ ჩამოყალიბებულ ისეთ ძირითად მოთხოვნებთან, როგორებიცაა:

- მართვის სისტემის სტრუქტურული აგებულების მაქსიმალურად გამარტივება;
- საიმედოობის გაზრდა აგებული სისტემის ფუნქციონირებისას;
- სწრაფქმედება (მოპოვებული ინფორმაციის გარდაქმნის, ცვლილების და მიღებული შედეგების ანალიზის დროის შემცირება);
- მართვის პრინციპის დახვეწა;
- სხვა თანმხლები პრობლემების გადაჭრა.

სტატიაში ძირითადად მოყვანილია მართვის სისტემის ისეთი ობიექტები, რომელთა ფუნქციონირება შეუძლებელია ელექტრომაგნიტური, მაგნიტური ან ორივე სახის ველების ზემოქმედების ან გამოყენების გარეშე.

მათ რიცხვს მიეკუთვნება :

1. ტემპერატურის და ტენიანობის მიკროპროცესური მართვა მრავალშრიან დახურულ საცავებში;
2. სამპოზიციური (სამხედური) ინფორმაციის ამსახველი და პერიოდულად ცვლადი უკონტაქტო ელექტრომაგნიტური მართვის ინდიკატორი;
3. ფართო დიაპაზონში მართვადი დიდი მუდმივი დენის წყარო;
4. სამკოორდინატული ურთიერთინდუქციული გამზომი გარდამქმნელი, რომელიც უზრუნველყოფს რობოტოტექნიკური მოწყობილობების მოძრავი ნაწილების მართვას;
5. გადაწყობადი სინქრონული გენერატორის აგების მართვის სისტემა;

6. შეთავსებული და რეგულირებადი მრავალარხიანი მიმღემ-გადამწოდი ანტენა.

პროექტი 1:

ტემპერატურის და ტენიანობის მიკროპროცესორული მართვა მრავალშრიან დახურულ საცავებში

1. **პროექტის მოკლე აღწერა.** თემა განეკუთვნება ავტომატიკას, კერძოდ დახურულ სათავსოებში მიკროკლიმატის შექმნის, კლიმატური პარამეტრების ავტომატური რეგულირებისა და ადაპტიური მართვის თეორიულ და პრაქტიკულ საკითხებს და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სათანადო კლიმატური პირობების შესაქმნელად სასაწყობო და საწარმოო ობიექტებზე, მაგალითად მეცხოველეობის ფერმებში, ბოსტნეულის საცავებში, მაუდისა და კამეოლის წარმოებაში და ა.შ.

ცნობილი მოწყობილობების [1, 2 და 3] ნაკლოვანებაა: მართვის დაბალი სიზუსტე, რომელიც გამოწვეულია საკონტროლო პარამეტრების ქვედა და ზედა კრიტიკული დონეების გაფართოებული დიაპაზონით; კრიტიკული დონეების შუალედში საკონტროლო პარამეტრების ქვევის პროგნოზირების და შესაბამისი ზემოქმედების შესრულების შეუძლებლობა; ელექტროენერგიის გაზრდილი ხარჯი, რაც გამოწვეულია აღშფოთების სიგნალზე დაგვიანებული რეაგირებით; დიდი მოცულობის ჩაკეტილ სივრცეში ადაპტიური მართვის შეუძლებლობა.

გადაწყვეტილების მიღების ტექნიკური შედეგებია ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოება, ენერგოდანახარჯების შემცირება და მიკროკლიმატის პარამეტრების კრიტიკული მნიშვნელობების წინასწარ დადგენილ დონეებზე შენარჩუნების სიზუსტის გაზრდა.

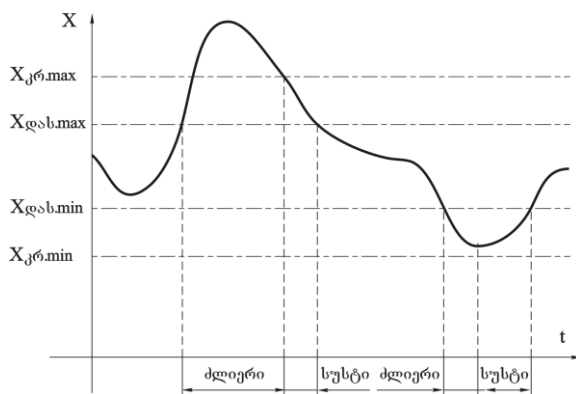
შედეგი მიიღწევა იმით, რომ თითოეული გადამწოდისათვის ერთდროულად აფორმირებენ სიჩქარეების კრიტიკულ მნიშვნელობებს და საკონტროლო პარამეტრების დასაშვებ მნიშვნელობათა პოტენციურ სიგნალებს, რომლებსაც ათავსებენ კრიტიკული მნიშვნელობების შიგნით, საკონტროლო პარამეტრების მიმდინარე მნიშვნელობების სიგნალებს ადარებენ მათ შესაბამის დასაშვებ და კრიტიკულ მნიშვნელობებს. დასაშვები მნიშვნელობებიდან გასვლის შემთხვევაში გამოითვლიან როგორც მათი სიჩქარის ცვლილებას, ასევე მეზობლად მდებარე ანალოგიური პარამეტრების სიგნალების ნაზრდს, განსაზღვრავენ საკონტროლო პარამეტრების ცვლილების ტენდენციას წინა ინფორმაციის გამოყენებით. ადგენენ საკონტროლო პარამეტრის დასაშვები მნიშვნელობების გარეთ გასვლის ფაქტის უტყუარობას. თუ ეს ვერ დადგინდა, ამ ოპერაციას ახორციელებენ განმეორებით და აღნიშნული ფაქტის დადასტურების შემთხვევაში აწარმოებენ შესაბამის რეგულირებას:

თუ საკონტროლო პარამეტრების ცვლილების სიჩქარის პროპორციული სიგნალი კრიტიკულ სიჩქარეზე მეტია ან მისი ტოლია, მაშინ რთავენ მართვის ინტენსიურ, ხოლო თუ ნაკლებია – ზომიერ რეჟიმს პარამეტრის მომდევნო კრიტიკული მნიშვნელობის მიღწევამდე;

თუ საკონტროლო პარამეტრის მიმდინარე მნიშვნელობის სიგნალი იცვლება დასაშვები და კრიტიკული მნიშვნელობების ინტერვალში, მაშინ კრიტიკული მნიშვნელობის გავლისა და საკონტროლო პარამეტრის ცვლილების სიჩქარე პირველი ნულოვანი მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ ირთვება მართვის ზომიერი რეჟიმის მომდევნო დასაშვები მნიშვნელობის მიღწევამდე, დასაშვები მნიშვნელობების არის გავლის შემდეგ მაშინვე რთავენ მართვის ზომიერ რეჟიმს საკონტროლო პარამეტრის ცვლილების სიჩქარის პირველი ნულოვანი მნიშვნელობის მიღწევამდე, მაშინაც კი, როცა ზემოქმედება არასაკმარისია და სიგნალის სიჩქარის ნიშანი იცვლება, რთავენ მართვის ზომიერ რეჟიმს დასაშვები მნიშვნელობის მიღწევამდე; აფიქსირებენ მმართველი ზემოქმედების ხანგრძლივობის და საკონტროლო პარამეტრების უდიდეს გადახრას კრიტიკული მნიშვნელობებისაგან, როდესაც სიგნალის ცვლილების სიჩქარე გაუტოლდება ნულს, ამასთან, თუ მმართველი ზემოქმედების მოხსნის შემდეგ

საკონტროლო პარამეტრის მიმდინარე მნიშვნელობები მდორედ ($\Delta P_i > 0$ ან $\Delta P_i < 0$) გაივლის კრიტიკული მნიშვნელობის არეს, მაშინ რეჟიმის მომდევნო ანალოგიური დარღვევისას ზემოქმედების რეგულირების ხანგრძლივობას ამცირებენ, ამისათვის საკონტროლო პარამეტრის მიერ ნულოვანი სიჩქარის მიღწევის მომენტს (t_{0in}) აფიქსირებენ, ახდენენ მიმდინარე საკონტროლო პარამეტრის ინტერპოლირებას, საზღვრავენ კრიტიკული მნიშვნელობის მიღწევის მომენტს ($t_{კრი}$), აფორმირებენ სიგნალების სხვაობას ($t_{კრი} - t_{0in}$), და იმ ზემოქმედების ხანგრძლივობას ამცირებენ 5-10% გადამეტრეგულირების სიდიდის მნიშვნელობის მიხედვით, რომელსაც განსაზღვრავენ საკონტროლო პარამეტრის მომდევნო და წინა უდიდესი გადახრების ფარდობით, ამასთან, თუ ფარდობა მეტია ან უდრის ერთს, მაშინ ხანგრძლივობას ამცირებენ 10%, თუ ნაკლებია ერთზე - 5%-ით. რეჟიმის რეგულირება წარმოებს იმ პარამეტრების მიხედვით, რომელიც პირველი გავა დასაშვები მნიშვნელობების საზღვრებს გარეთ, ხოლო დასაშვები მნიშვნელობის ინტერვალში რეგულირება არ წარმოებს; საკონტროლო პარამეტრების მიმდინარე მნიშვნელობების ცვლილების სიჩქარეს აკონტროლებენ დასაშვები მნიშვნელობების საზღვრებს გარეთ; ხელოვნური მიკროკლიმატის რეჟიმის დარღვევის შემთხვევაში გადამწოდების გამოკითხვის სიჩქარეს ზრდიან (მაგალითად, ორჯერ); თუ ცალკეული საკონტროლო პარამეტრის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე ატარებს საპირისპირო ხასიათს, მაშინ მიკროკლიმატის ინტენსიურ ზომიერ მართვას ახორციელებენ ასევე საპირისპიროდ (მშრალი ჰაერი – ორთქლი ან ორთქლი – მშრალი ჰაერი); მიკროკლიმატზე ინტენსიური ან ზომიერი ზემოქმედებისათვის იყენებენ კონდიციონერს, მასში ჩამონტაჟებული გამახურებლით და/ან გამწოვ-შემწოვ ვენტილატორს რეჟიმის მართვის ელექტრონული სქემებით; საწყისი რეჟიმის ავტომატურად დასაყენებლად რიგრიგობით ზემოქმედებენ იმ პარამეტრის ცვლილებაზე, რომელიც უფრო შორს მდებარეობს კრიტიკული მნიშვნელობების არეებიდან; დაფიქსირებულ მიმდინარე მნიშვნელობებს, კრიტიკული მნიშვნელობებიდან უდიდესი გადახრების სიდიდეებს ($P_n - P_{კრი}$) და რეგულირების ხანგრძლივობას ($t_{კრი} - t_{0in}$) გარკვეული დროის შუალედის გავლის შემდეგ (მაგალითად, 1-4 საათი), რაც დამოკიდებულია მეხსიერების მოცულობაზე და მართვის ინტენსიურობაზე, ამოხედავენ და შემდეგ ადრე ჩაწერილი ინფორმაციის 75%-ს ჩამოყრიან.

შემოთავაზებული სიგნალების გარდაქმნის და მათზე მოქმედებების ერთობლიობა იძლევა საშუალებას მივიღოთ ახალი თვისება – პარამეტრების ერთდროული მართვა და მიკროკლიმატის რეჟიმის მართვაზე ოპერატორის ზემოქმედების სრული გამორიცხვა, ავტომატური და ადაპტიური მართვის საფუძველზე ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნება მოცემული დასაშვები მნიშვნელობების არეში.



ნახ.1



მოდელის ფოტო

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია საკონტროლო პარამეტრების მიმდინარე მნიშვნელობების, მათი სიჩქარეების ცვლილების და მმართველი ზემოქმედების ტიპური სიგნალების ხასიათი; ფოტოსურათზე მოყვანილია – ხერხის რეალიზაციის კონკრეტული მოქმედი მოდელი.

ხერხის განმახორციელებელი მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი შემდეგია:

როცა საკონტროლო პარამეტრი გადის დასაშვებ მნიშვნელობათა არის გარეთ, ადაპტაციისა და ლოგიკური მართვის ბლოკი, გამოკითხვის წინა ინფორმაციის გამოყენებით, რომელსაც იღებს ოპერატიული მეხსიერების ბლოკიდან, განსაზღვრავს მეზობელი გადაძვინების საკონტროლო პარამეტრების ცვლილების ტენდენციას შემდეგი გამოსახულების გათვალისწინებით:

$$\text{როცა } V_{pj} > 0, \text{ მაშინ } \sum_{i=1, i \neq j}^n \Delta P_i > 0, \text{ ხოლო როცა } V_{pj} < 0, \text{ მაშინ } \sum_{i=1, i \neq j}^n \Delta P_i < 0,$$

სადაც n – მეზობლად მდებარე გადაძვინების რიცხვია,

j – გადაძვინების პირობითი ნომერი ($j \in [1; 2N]$, $2N$ – გადაძვინების საერთო რიცხვია,

V_{pj} – j -ური პარამეტრის ცვლილების სიჩქარე,

ΔP_i – i -ური პარამეტრის ცვლილება.

თუ გამოსახულების მეორე პირობა ირღვევა, მაშინ ინფორმაცია ითვლება არასაიმედოდ შემდეგ გამოკითხვამდე. ამ შემთხვევაში ციკლური გამოკითხვის სიჩქარე ორჯერ იზრდება, რათა დაჩქარდეს რეჟიმზე ზემოქმედების ჩატარება. საკონტროლო პარამეტრის დასაშვები მნიშვნელობის ზონის გასვლის განმეორებადი დადასტურების შემთხვევაში მართვის ბლოკი მოქმედებს შემდეგნაირად:

თუ საკონტროლო პარამეტრის სიგნალის ცვლილების სიჩქარე დასაშვებ მნიშვნელობათა არის გასვლის შემდეგ მეტია კრიტიკულ სიჩქარეზე, ირთება ინტენსიური მართვის რეჟიმი მომდევნო პარამეტრის კრიტიკული მნიშვნელობის მიღწევამდე, ე.ი. სანამ მომდევნო ციკლური გამოკითხვის შედეგად ამ არხში სიგნალი არ შეწყდება.

2. მოსალოდნელი შედეგები.

მიკროკლიმატის ადაპტიური მართვის ხერხის გამოყენება საშუალებას იძლევა: მიკროკლიმატის რეჟიმი იმართებოდეს ოპერატორის ჩარევის გარეშე; გაიზარდოს მიკროკლიმატის რეჟიმის სიზუსტე დასაშვები მნიშვნელობების არეში; შემცირდეს ენერგოდანახარჯები დასაშვები მნიშვნელობების არეში ზემოქმედებათა გამორიცხვის საშუალებით და გადამეტრეგულირებისას ზემოქმედების ხანგრძლივობის შემცირების ხარჯზე ადაპტიური მართვის გამოყენების გზით.

3. გამოყენების სფეროები. მიკროკლიმატის ადაპტიური მართვის ხერხის გამოყენება საშუალებას იძლევა: მიკროკლიმატის რეჟიმი იმართებოდეს ოპერატორის ჩარევის გარეშე; გაიზარდოს მიკროკლიმატის რეჟიმის სიზუსტე დასაშვები მნიშვნელობების არეში; შემცირდეს ენერგოდანახარჯები დასაშვები მნიშვნელობების არეში ზემოქმედებათა გამორიცხვის საშუალებით და გადამეტრეგულირებისას ზემოქმედების ხანგრძლივობის შემცირების ხარჯზე ადაპტიური მართვის გამოყენების გზით.

პროექტი 2:

“ორ- და სამხედური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის მიკროპროცესორული სისტემის დამუშავება და გამოკვლევა”

1. პროექტის მოკლე აღწერა. არსებული ორ- და სამხედური ინფორმაციის ამსახველი მოწყობილობები, რომლებშიც წინასწარ მოცემული დროის შუალედის გავლის შემდეგ ხედური ინფორმაციები პერიოდულად ენაცვლებიან ერთმანეთს, მართვა ხორციელდება მექანიკური, ერთმანეთთან კინემატიკურად დაკავშირებული საშუალებების გამოყენებით.

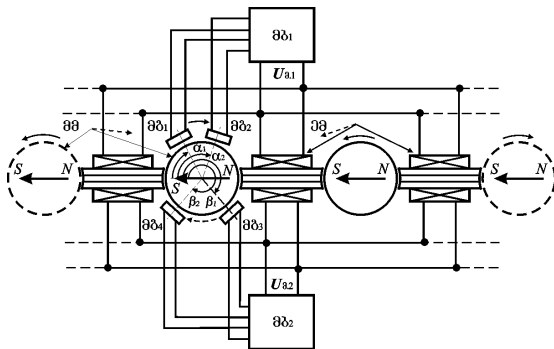
მექანიკური შემობრუნების მეთოდის ღირსებებია: კბილანური მექანიკური გადაცემა, რომელიც გამორიცხავს ბრუნვით გამოწვეული მიღწეადი რხევების გამოწვევას და ხედური ინფორმაციის შეცვლის საიმედოობა.

ნაკლოვანებები: აუცილებელი კინემატიკური კავშირი, ანუ ის, რომ მექანიკური, ცალსახა და მჭიდრო მექანიკური კონტაქტის გარეშე მისი ფუნქციონირება შეუძლებელია; ინფორმაციის განახლების (შეცვლის) და პერიოდულობის შუალედები პირდაპირ დაკავშირებულია მბრუნავი საერთო ღერძის კუთხურ სიჩქარეზე და შერჩეული კბილანების რიცხვზე; ენერჯის დიდი მოხმარება (ექვსწახნაგა ღერძი გაუჩერებლად ბრუნავს); ინფორმაციის ამსახველი ფირფიტები ვერ შექმნიან წრიულ, ელიფსურ, ოვალურ ან სხვა ხედურ სიბრტყეებს, ვინაიდან ბრუნვის მავალელები ღერძი ექვსწახნაგაა და შეუძლია იბრუნოს მხოლოდ ერთი წრფის გასწვრივ. უკონტაქტო ადაპტური მართვა უზრუნველყოფს აღნიშნული ნაკლოვანებების გამორიცხვას.

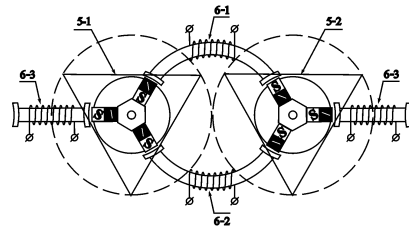
თემის მიზანია სამპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის მიკროპროცესორული სისტემის აგების პრინციპების დამუშავება, მუშა მდგომარეობაში მყოფი ლაბორატორიული მაკეტის შექმნა, გამოცდა და გამოყენების სფეროების დადგენა.

ორ- და სამპოზიციური ხედური ინფორმაციის მართვის სისტემების აგების საშუალებები მოყვანილია ნახ. 2 და ნახ. 3-ზე, შესაბამისად.

ორპოზიციური ადაპტური მართვის განხორციელების სტრუქტურული სქემა მოყვანილია ნახ.2 [4], ხოლო სამპოზიციური (ნახ.3) ინდიკატორის ბრუნვის მართვის ძირითადი ელემენტი და მართვის სიგნალების დიაგრამები მოყვანილია [5]. მართვა ხორციელდება ლოგიკურად დადგენილი და დროში თანმიმდევრულად განთავსებული იმპულსური სიგნალების ზემოქმედებით მუდმივი მაგნიტებისაგან შედგენილ მბრუნავ ელემენტებზე.



ნახ. 2



ნახ. 3

2. მოსალოდნელი შედეგები. დამუშავებული ორ და სამპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის მიკროპროცესორული სისტემა უზრუნველყოფს ინდიკატორის ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას, მმართველი იმპულსის მოხსნის შემდეგ გარდამავალი პროცესების რხევების რაოდენობის მნიშვნელოვან შემცირებას და მართვის გამარტივებას, რაც გაზრდის ინფორმაციის შეცვლის საიმედოებას, საინფორმაციო ხედის შეცვლის სწრაფქმედებას და ელექტროენერჯის ხარჯის შემცირებას.

პროექტის შესრულების შედეგად დამუშავდება სამხედური ინდიკატორის პერიოდულად მართვადი მართვის სისტემა, რომლის დანერგვაც სახალხო მეურნეობის ისეთ დარგებში, როგორებიცაა სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის მართვა, ცვლადი საგზაო ნიშნების გამოყენება არა მარტო ტრასებზე (ან ავტობანებზე) ატმოსფერული პირობების შეცვლისას სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარის შეცვლის აუცილებლობის დროს, არამედ რადიომართვადი ავტომატურად ცვლადი პარკირების ნიშნების გამოყენებისას, მძიმე მრეწველობის ინდუსტრიაში (ვიბრაციების პირობებში) ინფორმაციის საიმედო ასახვას, სარეკლამო საქმიანობა და სხვა, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს ინფორმაციის გამოყენების ეფექტურობას.

3. გამოყენების სფეროები. თემის დასრულების შემდეგ შეიქმნება დამუშავებული მართვის სისტემის დოკუმენტაცია და მუშა მდგომარეობაში მყოფი მაკეტი იდენტური,

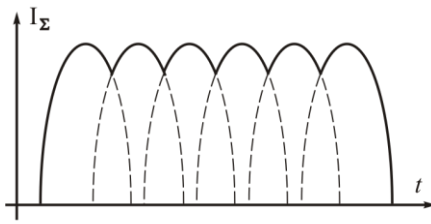
მაგრამ თითოეულ სიბრტყეში ერთხედური ინფორმაციის ამსახველი მოძრავი ელემენტებით, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება მართვის საშუალება.

სისტემა გამოიყენება ავტომატიკაში, სარეკლამო საქმიანობაში, ცვალებად საგზაო ნიშნებში და სხვა ინფორმაციის ამსახველ ცვალებად დანადგარებში.

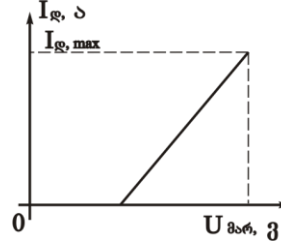
პროექტი 3:

ფართო დიაპაზონში მართვადი დიდი მუდმივი დენის წყარო

1. პროექტის მოკლე აღწერა. დასამუშავებელ დიდი მუდმივი დენის მართვად წყაროში დაგეგმილია გამოსავალი დენის ცვლილება ხორციელდებოდეს თანამედროვე ოპტოტორისტორული წყვილების მეშვეობით, რომლებიც ჩართული იქნებიან ძალოვანი სამფაზა



ნახ.4



ნახ.5

ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილების მიმდევრობით [6]. ნახ.4 მოყვანილია სამფაზა გამმართველის ჯამური გამოსავალი სიგნალის ხასიათი, ხოლო ნახ.5-ზე - დატვირთვის დენის $I_{გ}$ დამოკიდებულება მართვის ძაბვის $P_{მარ}$ მნიშვნელობაზე

ოპტოტორისტორებში გამავალი დენი იქნება მცირე სიდიდის, რაც გამორიცხავს სიმძლავრის მნიშვნელოვან დანაკაგებს და, ამასთან, საშუალებას იძლევა ფართო დიაპაზონში უწყვეტად იცვლებოდეს გამოსავალი დენი. ამასთან, ოპტოტორისტორების გამოყენება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ დიდი მუდმივი დენის წყაროს - კალიბრატორის ავტომატიზაცია.

2. მოსალოდნელი შედეგები. წარმოდგენილი პროექტის შესრულების შედეგად დამუშავდება და შეიქმნება დიდი მუდმივი დენის ოპტოტორისტორული წყარო - კალიბრატორი, რომელიც გამოიყენება დიდი დენის რელებისა და მოწყობილობების დაკალიბრებისათვის ელმავლების, საგლინავი დგანების ამძრავებისათვის და დიდი მუდმივი დენის მომხმარებელთა სატრანსპორტო საშუალებებზე (მაგ. მეტროპოლიტენი).

მათი გამოყენება უზრუნველყოფს ზემოთ აღნიშნული საშუალებების მართვის საიმედოობის ამაღლებას და აქედან გამომდინარე უსაფრთხო და საიმედო ფუნქციონირების ხანგრძლივობის გაზრდას.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე უზრუნველყოფილი იქნება ეკონომიური მაჩვენებლების გაზრდა, რაც პირდაპირ არის დაკავშირებული მოხმარებელი დენის სიდიდესთან, რაც განაპირობებს მომხმარებლის (ძრავები, დაზგა-დანადგარები და სხვა ხელსაწყოები) ნორმალური ფუნქციონირების რეჟიმის შენარჩუნებას.

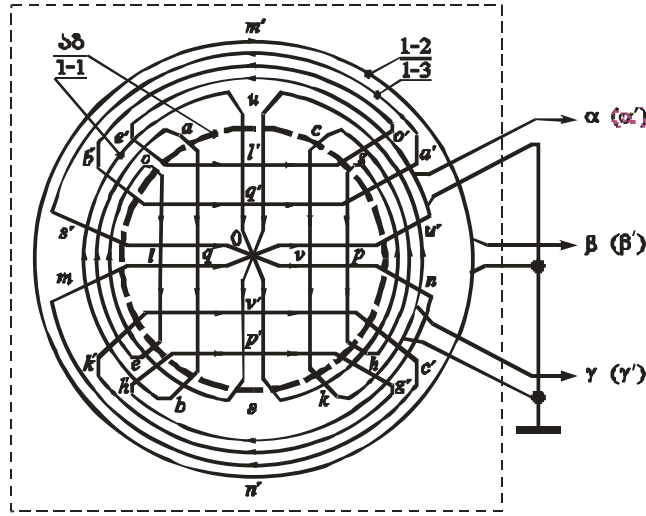
3. გამოყენების სფეროები. მძლავრი სატრანსპორტო საშუალებები როგორცაა მეტროპოლიტენის და სარკინიგზო სამგზავრო მატარებლები და სხვა დიდი დენის მომხმარებელი დანადგარები, მათ შორის, დიდი დენის ჩამორველ-გამომრთველი მოწყობილობები, რომლებსაც ნორმალური ფუნქციონირებისათვის ესაჭიროება პერიოდული კალიბრება, რაც გაუხანძლივებს მათ ფუნქციონირების პერიოდს.

პროექტი 4:

სამკოორდინატული ნახევარსფერული ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელის დამუშავება მოძრავი რობოტოტექნიკური დანადგარებისათვის

1. პროექტის მოკლე აღწერა. წინა წლებში, ინსტიტუტის მიერ ჩატარებულმა კვლევითმა სამუშაოებმა გამოკვეთილად დაგვანახა, რომ იდეის ბოლომდე განსახორციელებლად საჭიროა მრავალი ამოცანის გადაჭრა [7,8]. მათ რიცხვს მიეკუთვნება: საერთო ცენტრის მქონე დრუ ორ განსხვავებულ დიამეტრების მქონე ნახევარსფერულ ზედაპირებზე (იხ.

ნახ.6) აღმზნები (1-1) მავთულების არაგადამკვეთი სივრცული განთავსება (გადაკვეთის შემთხვევაში მავთულები გადაიკვეთებიან მართი კუთხით); და მიმღები გამზომი (1-2; 1-3 და 1-4) გრაგნილების მავთულების ბეჭდითი დაფის მეთოდის გამოყენება (პერსპექტივაში);



ნახ.6

გამომავალი მახასიათებლების მაქსიმალურად გაწრფივება და მისი მგძნობიარების გაზრდა არა მარტო აღმზნები გრაგნილების რაოდენობის გაზრდით, არამედ განსხვავებული სიხშირეების გამოყენებით; გაბარი-ტული ზომების შემცირება და მოძრავი და უძრავი ნაწილების საიმედო შეთავსება.

2. მოსალოდნელი შედეგები. ახალი გადაწყვეტილების დამუშავების საფუძველზე გადაიჭრება მნიშვნელოვანი ტექნიკური ამოცანები. მათ შორის: გამომავალი მახასიათებლების გაწრფივება; გამზომი გრაგნილების ცალკეული მავთულების ურთიერთგადაკვეთის თავიდან აცილება; ღრუ ნახევარ სფეროზე გამზომი გრაგნილების ისეთი განლაგება, რომ შესაძლებელი გახდება, მაგალითად, რობოტის მოძრავი სახსრის ადგილმდებარეობის როგორც განსაზღვრა, ასევე დაფიქსირება.

3. გამოყენების სფეროები. რობოტექნიკა, მრავალსახსრული მექანიზმები, სივრცული ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის, მაგალითად, აეროფოტოგადაღებების დროს კარტოგრაფიული რუქის შესადგენად და სხვა დანადგარებში, რომლებიც შეიცავენ მოძრავ ნაწილებს, რომელთა სივრცული ადგილმდებარეობა უნდა იყოს განსაზღვრული დროის ნებისმიერ შუალედში.

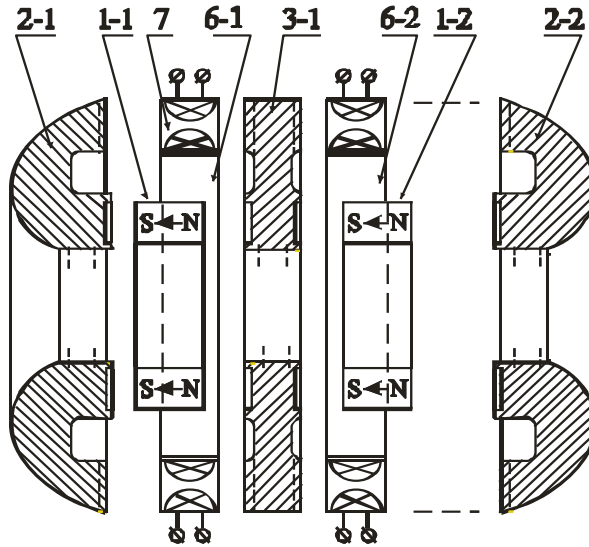
პროექტი 5:

მრავალფუნქციური, გადაწყობადი, სინქრონული, რეგულირებადი და მცირეგაბარიტული გენერატორი

1. პროექტის მოკლე აღწერა. არსებული სინქრონული გენერატორები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მუდმივი მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის სივრცული გადანაწილების ხერხებით. ძირითადად გამოიყენება რადიალური სახის ველის შექმნა რომელიც იკვრება გარსაცმის გამოყენებით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის გაბარიტებს და იწვევს მაგნიტის მაგნიტური ენერჯის ნაწილობრივ, არასრულ გამოყენებას და მის გაბნევას.

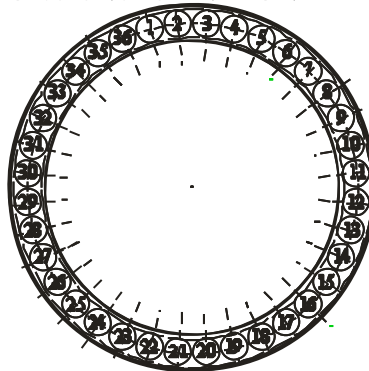
ჩვენს მიერ შემოთავაზებული გენერატორი აგებული იქნება მაგნიტური ველის ჰორი-ზონტალური სახით გადანაწილებაზე სივრცეში, რაც უზრუნველყოფს მაგნიტებით შექმნილი ველის გაბნევის მინიმუმამდე დაყვანას, გაბარიტული ზომების მნიშვნელოვან შემცირებას და გადაწყობადი გენერატორის აგება-აწყობის და სხვა ტექნიკური საშუალებების გამარტივებას.

ნახ. 7-ზე მოყვანილია სინქრონული გენერატორის აგების მეთოდი [9] და მისი დამზადების ხერხი [10]. ტოროიდალური, მართკუთხა ფორმის, მუდმივი მაგნიტები 1-1, 1-2 განთავსებულია სპეციალური ფორმის კიდურა მაგნიტოგამტარებს 2-1 და 2-2 შორის. მაგნიტებს შორის განტასებულია მაგნიტოგამტარები 3-1 სახ, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაგნიტურ ველების შეკვრას. 6-1, 6-2, . . . წარმოადგენენ ღრუ დისკებს. მის გარე პერიმეტრზე ჩაშენებულია მგვალი ფორმის აღმგზნები ელექტრომაგნიტები (ანუ გენერირებული დენის წყაროები). მათი სადენების განლაგება და შეერთება იძლევა საშვალელებს მუდმივი, ერთ-, ორ- ან მრავალფაზა გადაქცობადი გენერატორის განხორციელების საშუალებას.



ნახ. 7

ნახ.8-ზე მოყვანილია დენის იდენტური კონსტრუქციის მქონე წყაროების განთავსების სახე და რაოდენობა რაც უზრუნველყოფს დასმული ამოცანების გადაწყვეტას.



ნახ. 8

2. **მოსალოდნელი შედეგები.** შესაძლებელი გახდება აწყობადი და გადაწყობადი გენერატორის რეალური მაკეტის განხორციელება, რაც უმეტეს შემთხვევაში იძლევა მის გამოყენების სფეროს გაფართოების საშუალებას.
3. **გამოყენების სფეროები.** ნებისმიერი საველე, მაგალითად, ქარაგრეგატები, საჰაერო, წყალზედა და წყალქვეშა ავტონომიურად მოძრავი ან უძრავი საშუალებები და სხვა სოფლის მეურნეობის, მეტალურგიული და მანქანათსამშენებლო ქარხნები.

პროექტი 6:

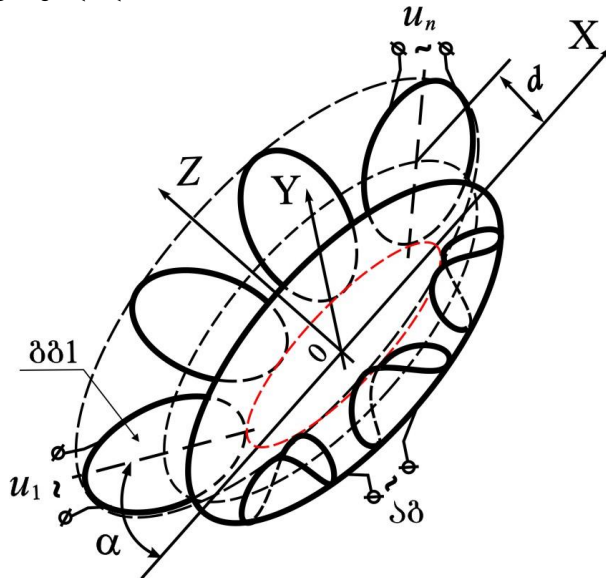
მრავალარხიანი, ურთიერთინდუქციური, რეგულირებადი, შეთავსებული, გადაწყობადი და მცირეგაბარიტული სიგნალების მიმღებ-გადამწოდი ანტენა

1. **პროექტის მოკლე აღწერა.** დღეს ცნობილი და მოქმედი მიმღებ-გადამწოდი ანტენები სტაციონარული ტიპისაა, ანუ მათი ელექტრომაგნიტური რხევების აღმზნები და მიმღები კოჭების გრაგნილები ერთმანეთის მიმართ განლაგებულია უცვლელად, რაც ზღუდავს ხელსაწყოს გამოყენების სფეროს და ფუნქციურ შესაძლებლობებს, ვინაიდან გადაწყობა ხორციელდება მხოლოდ სიხშირის ცვლილებით [11].

ლაბორატორულ პირობებში ექსპერიმენტულად და თეორიულად დადგენილია, რომ შესაძლებელია შეიქმნას მრავალარხიანი, რეგულირებადი, გადაწყობადი და მცირეგაბარიტული მიმღებ-გადამწოდი ანტენა (იხ. ნახ.9), რომელიც გააფართოებს მის ფუნქციურ შესაძლებლობებს და აქედან გამომდინარე მისი გამოყენების სფეროს. ასეთი ტიპის მიმღებ-გადამწოდი ანტენაში გამოყენებულია ერთი ამგზნები გრაგნილი (აგ), ხოლო გამზომი გრაგნილების (გგ) რაოდენობა ძირითადად დამოკიდებულია მათ გაბარიტულ ზომებზე და შეთავსების დახრის (a) კუთხეებზე და სიხშირე (f).

2. **მოსალოდნელი შედეგები.** თეორიულად და პრაქტიულად დადგინდება ურთიერთინდუქციული ტიპის გადაწყობადი მიმღებ-გადამწოდი ანტენის ფუნქციური შესაძლებლობები. დამზადდება მაკეტი, ჩატარდება ცდები და დადგინდება შესაძლო გამოყენების სფეროები.

3. **გამოყენების სფეროები.** გადაწყობადი მიმღებ-გადამწოდი ანტენა გამოიყენება იმ სფეროებში, სადაც არის მოთხოვნა მცირეგაბარიტულ, მოქნილ და ადვილად გადაწყობად, მაგალითად, საველე პირობებში, ნალმების ან აუფეთქებელი ჭურვების ადგილმდებარეობის დასადგენათ, მათი ზომების და სხვა სახის დაკვირვებების ჩასატარებლად, რადარულ დანადგარებში სიჩქარის გასაზომად და სხვა სახის სამუშაოების ჩასატარებლად.



ნახ. 9

Solve various types of control problems of dynamic objects by means of application of modern principles of transformation of information

O.Labadze, N.Kavlashvili, M.Tsertsvadze

Summary

The usage of electromagnetic fields to solve various types of problems of different types of dynamic object control is considered. These include: microprocessor control of temperature and humidity in the multilayered closed storages; the three-positional contactless indicator renderer of information that changes periodically; direct current source supply controllable in a wide range; three-coordinate mutually inductive measuring converter; the control system of resettable brushless synchronous generator; the combined and adjustable multi-channel receiver-transmitter antenna.

Решения различного типа задач управления динамическими объектами с применением современных принципов преобразования информации

О.Лабадзе, Н.Кавлашвили, М.Церцвадзе

Резюме

В статье рассмотрены вопросы применения электромагнитных полей для решения различного типа задач динамического управления. К их числу относятся: микропроцессорное управление температурой и влажностью в многослойных закрытых помещениях; трёхпозиционный безконтактный индикатор отображатель информации который периодически меняется; в большом диапазоне изменяющийся управляемый источник постоянного тока; система управления перенастраиваемого синхронного безколлекторного генератора; совмещённая и регулируемая многоканальная приёмо-передающая антенна.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Многоканальная система контроля микроклимата АСКМ-128/1. ООО Евролаб, Санкт-Петербург. 16.04.2006 - <http://www.eurolab.ru/catalog/askm-128-1.htm>.
2. ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, თ. საანიშვილი, ო.ლაბაძე - ტემპერატურისა და ტენიანობის გადაწყობადი კონტროლისა და ადაპტური მართვის მიკროპროცესორული სისტემა. – სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2006, N 10, გვ.103 – 107.
3. ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, თ. საანიშვილი, ო.ლაბაძე, ზ.ბუაჩიძე. ხელოვნური მიკროკლიმატის კონტროლისა და მართვის სისტემის ქვესისტემები – სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2008, N 12, გვ.123 – 127
4. ო.ს.ლაბაძე, კ.შ.მანჯავიძე, შ.გ.კვიციანი. ორპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის პრინციპები, თავისებურებანი და პრობლემები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ინფორმაციული ტექნოლოგიები მართვაში,” ITC`07, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი , 10-12.2007წ., ტომი 1, გვ. 65-70.
5. ო.ს.ლაბაძე უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ინდიკატორის მართვის მეთოდი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №17, 2013 წ., გვ. 66-70.
6. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კვიციანი. დიდი დენის რეგულაციისა და პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევისა და გრადუირებისათვის

- განკუთვნილი მოწყობილობა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №15, 2011 წ., გვ. 111-115.
7. O.Labadze. **INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS.** I.Javaxishvili Tbilisi state University. The IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”, Section № 4 and “Control and Optimization”, Section № 6. Volume III, Azerbaijan, Baku, 12-14 sept., 2012, p.99-100.
 8. ო.ლაბაძე. ელექტრომაგნიტური სამკოორდინატიანი გადამწოდი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი” პატენტი P 4703. განცხადებულია 11.12.2006წ., საიდენტიფიკაციო ნომერი 9754/01. გამოქვეყნებულია 10.06.09წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საიფორმაციო ბიულეტენი 2009 წ., №11.
 9. ო.ლაბაძე. უკოლექტორო სინქრონული გენერატორის აგების მეთოდი. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №13, 2009 წ., გვ. 100-106.
 10. ო.ლაბაძე. ელექტროგენერატორი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი”. პატენტი, P10931. განცხადებულია 10.10.2008 წ., საკანცელარიო № 72558, ს.კლ. H02K 21/00; 21/16, გამოქვეყნებულია, სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საინფორმაციო ბიულეტენში 12.09.2011 წ., № 17, გვ. 12.
 11. ო.ლაბაძე, თ.მახარაშვილი, გ.მაღლაკელიძე მიმღებ-გადამცემი ურთიერთინდუქციური ტიპის ანტენების აგების ფიზიკური საფუძვლები, თავისებურებანი და გამოყენების სფეროები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №16, 2012 წ., გვ. 93-98.

ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა ვერტიკალურ ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკის თბოგაცემაზე

თენგიზ მაგრაქველიძე, ავესენტი მიქაშავიძე, ნიკოლოზ ბანცაძე,
ხათუნა ლომიძე, ნუგზარ ლეკვეიშვილი

Email: qvelit@rambler.ru

რეზიუმე

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალურობა. წარმოდგენილია ვერტიკალურად განთავსებული მილის გარე ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკის თბოგაცემაზე ხელოვნური ხაოიანობის გავლენის საკვლევი ექსპერიმენტული დანადგარის აღწერა და ცდების მიმდინარეობისა და ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების მეთოდიკა. ექსპერიმენტები ჩატარდა გლუვ და ქლიბისებური ხაოიანობის მქონე ზედაპირებზე წყლის აფსკის ჩამოდინების პირობებში. ქლიბისებური ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე შეადგენდა 0,25 მმ.

ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა, რომ თბოგამცემ ზედაპირზე ქლიბისებური ხაოიანობის შექმნა განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობის მნიშვნელოვან ზრდას (დაახლოებით 2-ჯერ).

საკვანძო სიტყვები: ჩამომდინარე აფსკი, თბოგაცემა, ხაოიანობა, ტურბულენტური ნაკადი.

თანამედროვე თბოგადამცემ დანადგარებში თბოგაცემის პროცესი შეიძლება მიმდინარეობდეს თბოგამცემ ზედაპირზე აფსკის ჩამოდინების პირობებში. ასეთ პროცესებს ადგილი აქვს თბოელექტროსადგურების კონდენსატორებში, ქიმიურ და ტექნოლოგიურ დანადგარებში, სარაკეტო ტექნიკაში და სხვა.

რადგანაც თბოგაცემის ინტენსიურობა მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს ხსენებული დანადგარების კომპაქტურობას, თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის მეთოდების ძიებას და მათი ეფექტურობის გამოკვლევას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

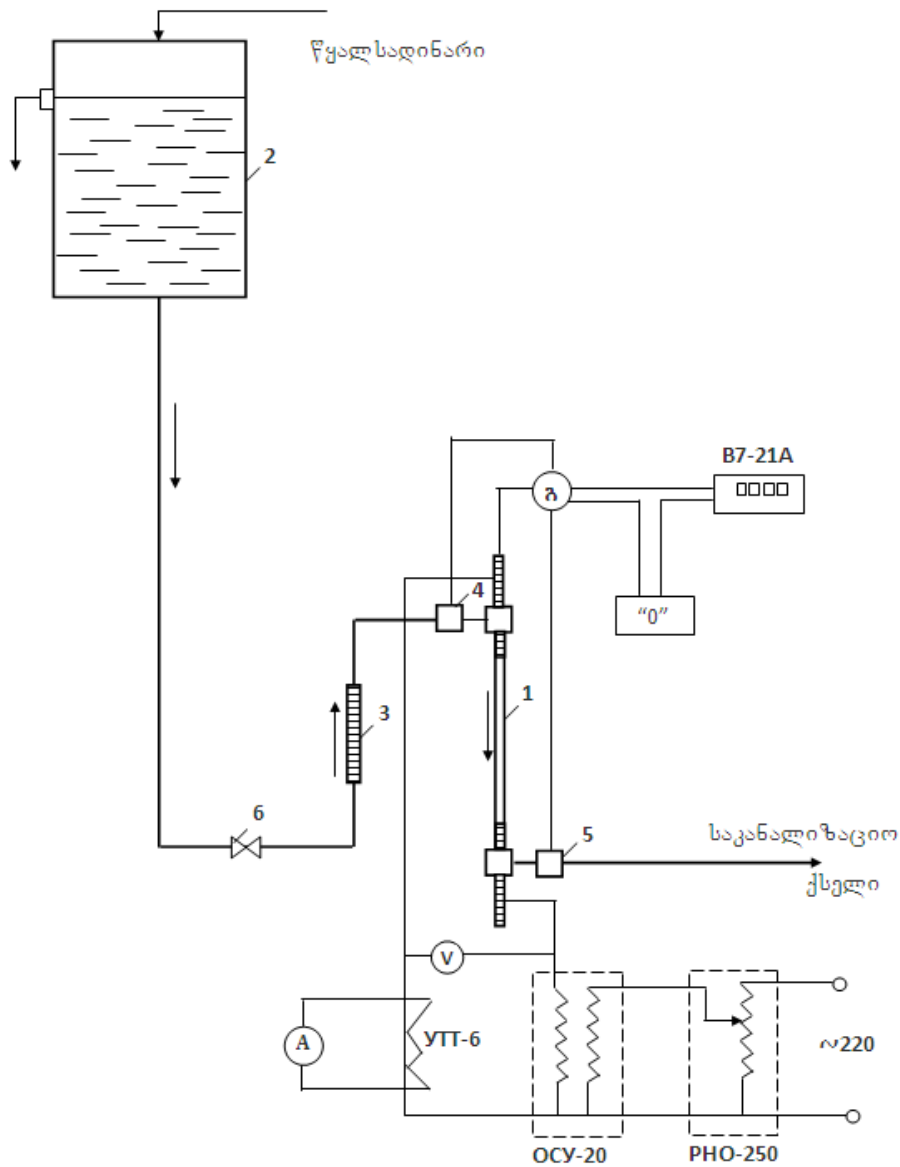
ამასთან ერთად, ვინაიდან თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია დაკავშირებულია თბომტარის სასაზღვრო შრეზე ზემოქმედებასთან და ამით გამოწვეულ ნაკადის სტრუქტურის შეცვლასთან, აღნიშნული საკითხის შესწავლას დიდი თეორიული მნიშვნელობა ენიჭება.

მრავალი ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევით დადასტურებულია, რომ თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდის გამოყენება. ამ მეთოდის ეფექტურობა საფუძვლიანადაა შესწავლილი არხებში ტურბულენტური ნაკადის თბოგაცემაზე [1-4].

ავტორთა მიერ უკანასკნელ წლებში, პირველად იქნა გამოკვლეული ხაოიანობის გავლენა სარევიან აპარატებში თბოგაცემის ინტენსიურობაზე. ამ გამოკვლევათა ციკლში მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები, რომლებიც გამოქვეყნებულია როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ [5-7].

ამასთან ერთად, პრაქტიკულად შეუსწავლელია ვერტიკალურ ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკის თბოგაცემაზე ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა. ამ საკითხისადმი მიძღვნილი რამდენიმე გამოკვლევა არ არის საკმარისი პრობლემის სრულყოფილად გადასაჭრელად [8].

საკითხის შესწავლის მიზნით ჩვენ მიერ განხორციელებულ იქნა ექსპერიმენტული დანადგარი, რომლის სქემატური გამოსახულება წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.



ნახ1. ექსპერიმენტული დანადგარი

- 1 - საცდელი უბანი; 2 - წყლის ავზი; 3 - ხარჯმზომი;
4, 5 – კამერები თერმოწყვილებისათვის; 6 – ვენტილი.

დანადგარი წარმოადგენდა ღია კონტურს, რომლის ძირითადი ელემენტი იყო საცდელი უბანი -1. საცდელი უბნის თბოგამცემ მილზე თვითდინებით ჩამოედინებოდა აფსკი ავზიდან -2. წყლის ხარჯი იზომებოდა როტამეტრით -3. გამოყენებული წყალი ექსპერიმენტული უბნის გავლის შემდეგ ჩაედინებოდა საკანალიზაციო ქსელში. წყლის ავზზე დამონტაჟებული იყო ავტომატური მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც ხდებოდა ავზში წყლის მუდმივი დონის შენარჩუნება. წყლის ხარჯი რეგულირდებოდა ვენტილით -6.

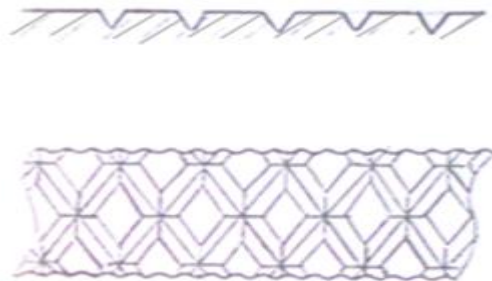
ექსპერიმენტული უბანი წარმოადგენდა უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ მილს, რომლის გარე დიამეტრი ტოლი იყო 10 მმ. საცდელი უბნის საერთო სიგრძე შეადგენდა 400 მმ. ექსპერიმენტებში ხურდებოდა მილის მხოლოდ ქვედა ნაწილი, რომლის სიგრძე იყო 200 მმ. ექსპერიმენტული მილი განთავსებული იყო ვერტიკალურად. მილის ბოლოებზე მირჩილული იყო სპილენძის დენმიმცვანები. ექსპერიმენტული უბანი აღჭურვილი იყო

აგრეთვე ზედა და ქვედა კამერებით, რომლებშიც ერთმანეთისადმი 120°-იანი კუთხით განლაგებული იყო სამ-სამი შტუცერი. შტუცერებზე მიერთებული იყო თბომტარის მიმყვანი და გამომყვანი მილები.

საცდელი უბნის თბოგამცემი მილი ხურდებოდა მასში დაბალი ძაბვის ელექტროდენის უშუალო გატარებით. ამისათვის გამოყენებული იყო ძაბვის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორი -OCY-20. ექსპერიმენტულ მილზე მიწოდებული სიმძლავრე რეგულირდებოდა PHO-250 ტიპის მარეგულირებელი ტრანსფორმატორით.

ექსპერიმენტები ჩატარდა როგორც გლუვი, ისე ხაოიანი ზედაპირებისათვის.

პირველი ექსპერიმენტები ჩატარდა ქლიბისებური ხაოიანობის მქონე მილზე. მის შესაქმნელად გამოვიყენეთ შედარებით სქელკედლა უჟანგავი ფოლადის მილი ($d=10 \times 1$ მმ) დამუშავება წარმოებდა სახარატო ჩარხზე. კერძოდ, სამკუთხედის ფორმის მქონე საჭრისით ხდებოდა მილის გარე ზედაპირზე ხრახნული ღარის ამოღება. ხრახნის ბიჯი შეადგენდა 14 მმ, ხოლო ღარის სიღრმე -0.25 მმ. მილის მთელ სიგრძეზე ერთი ღარის ამოღების შემდეგ საჭრისი ბრუნდებოდა საწყის მდგომარეობაში, ხოლო მილი შემობრუნდებოდა ღერძის მიმართ გარკვეული კუთხით და იჭრებოდა შემდეგი ღარი. შემობრუნების კუთხე ისე იყო შერჩეული, რომ მილის მთელ პერიმეტრზე მოჭრილი იყო ერთმანეთისაგან თანაბრად დაშორებული 14 ღარი. ამის შემდეგ, მილის საპირისპირო მიმართულებით დატრიალებით ხდებოდა იგივე პარამეტრების მქონე უკუხრახნების მოჭრა. მილის ასეთი სახით დამუშავების შემდეგ მის ზედაპირზე მიიღებოდა რომის ფუძის მქონე წაკვეთილი პირამიდის ფორმის, ერთმანეთთან მჭიდროდ განლაგებული ხაოიანობის ელემენტები (ნახ2). ასეთივე მეთოდით იქნა დამზადებული სტაბილიზაციის უბნის მილი. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი ტიპის ხაოიანობა თავისი ფორმით ძალზე ახლოსაა ქვიშისებური, ე.წ. „ნიკურამის ხაოიანობასთან“ და, ამის გამო, მის მახასიათებლად შეიძლება საკმარისი იყოს ერთადერთი გეომეტრიული პარამეტრი - ხაოიანობის ელემენტების სიმაღლე – k_s .



ნახ.2 ქლიბისებური ხაოიანობის მქონე ზედაპირი

ჩვენი შეფასებით ქლიბისებური ხაოიანობის შექმნის შედეგად თბოგამცემი მილის ზედაპირის ფართი 40-50%-ით გაიზარდა.

ექსპერიმენტები ტარდებოდა შემდეგი თანმიმდევრობით. ვენტილის -6 გახსნით და როტამეტრის -3 ჩვენების მიხედვით ექსპერიმენტულ მილზე იქმნებოდა საჭირო პარამეტრების მქონე ჩამომდინარე აფსკი. რეჟიმის დამყარების შემდეგ, მარეგულირებელი და დამადაბლებელი ტრანსფორმატორების საშუალებით თბოგამცემ მილს მიეწოდებოდა საჭირო სიმძლავრე. ექსპერიმენტულ მილში გამავალი დენის ძალა -I იზომებოდა მაღალი კლასის ციფრული ხელსაწყოთი, რომელიც მიერთებული იყო ელექტრულ სქემასთან YTT-6 ტიპის დენის ტრანსფორმატორის საშუალებით. ძაბვის ვარდნა - ΔU ექსპერიმენტულ მილში იზომებოდა ასევე მაღალი კლასის ციფრული ხელსაწყოთი B7-21A. ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებების მიხედვით განისაზღვრებოდა ექსპერიმენტულ უბანში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა -Q.

თბომტარის ტემპერატურა ექსპერიმენტული უზნის შესასვლელზე - $t_{\text{ს.ა}}$ და გამოსასვლელზე - $t_{\text{ს.გ}}$ იზომებოდა ქრომელ-ალუმელის თერმოწყვილებით, რომლებიც მოთავსებული იყო უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ თხელკედლა მასრებში. მასრებში ჩასხმული იყო ტრანსფორმატორის ზეთი. ასევე ქრომელ-ალუმელის თერმოწყვილებით იზომებოდა ექსპერიმენტული მილის კედლის შიგა ზედაპირის ტემპერატურები - $t_{\text{კ1}}, t_{\text{კ2}}, t_{\text{კ3}}$. აღნიშნული თერმოწყვილები მოთავსებული იყო ტეფლონის კამერებში.

გამზომი ხელსაწყოების ჩვენებების მიხედვით განისაზღვრებოდა შემდეგი სიდიდეები.

თბური ნაკადი:

$$Q = I \cdot \Delta U, \text{ ვტ};$$

ხვედრითი თბური ნაკადი:

$$q = \frac{Q}{F}, \text{ ვტ/მ}^2,$$

სადაც F არის თბოგამცემი მილის ზედაპირის ფართი, მ^2 .

თბოგამცემი მილის კედლის გარე ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა:

$$t_{\text{კ}} = \frac{t_{\text{კ1}} + t_{\text{კ2}} + t_{\text{კ3}}}{3}, \text{ K};$$

კედლის გარე ზედაპირის ტემპერატურა, გაზომილი შიგა ზედაპირის ტემპერატურის მიხედვით, იანგარიშებოდა ცილინდრულ კედელში ტემპერატურის ვარდნის საანგარიშო ცნობილი ფორმულით.

სითხის საშუალო ტემპერატურა:

$$t_{\text{ს}} = \frac{t_{\text{ს.ა}} + t_{\text{ს.გ.}}}{2}, \text{ K};$$

საშუალო ტემპერატურული დაწნევა:

$$\Delta t = t_{\text{კ}} - t_{\text{ს}}, \text{ K};$$

თბოგაცემის საშუალო კოეფიციენტი:

$$\alpha = \frac{q}{\Delta t}, \frac{\text{ვტ}}{\text{მ}^2 \text{ K}},$$

ნუსელტის კრიტერიუმი:

$$Nu = \frac{\alpha \Theta}{\lambda}, \quad \Theta = \left(\frac{v^2}{g} \right)^{1/3},$$

სადაც λ არის სითხის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, ვტ/მ K, v არის სითხის კინემატიკური კოეფიციენტი, $\text{მ}^2/\text{წმ}$, g არის სიმძიმის ძალის აჩქარება, $\text{მ}/\text{წმ}^2$.

რეინოლდსის კრიტერიუმი:

$$Re = \frac{G}{\rho v},$$

სადაც G არის აფსკვი სითხის დაყვანილი ხარჯი, კგ/მ წმ, ρ არის სითხის სიმკვრივე, კგ/მ³.

პრანდტლის კრიტერიუმი:

$$Pr = \frac{\nu}{a},$$

სადაც a არის სითხის ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი, $\text{მ}^2/\text{წმ}$.

ხაოიანობის შექმნით გამოწვეული თბოგაცემის ინტენსიურობის ზრდა:

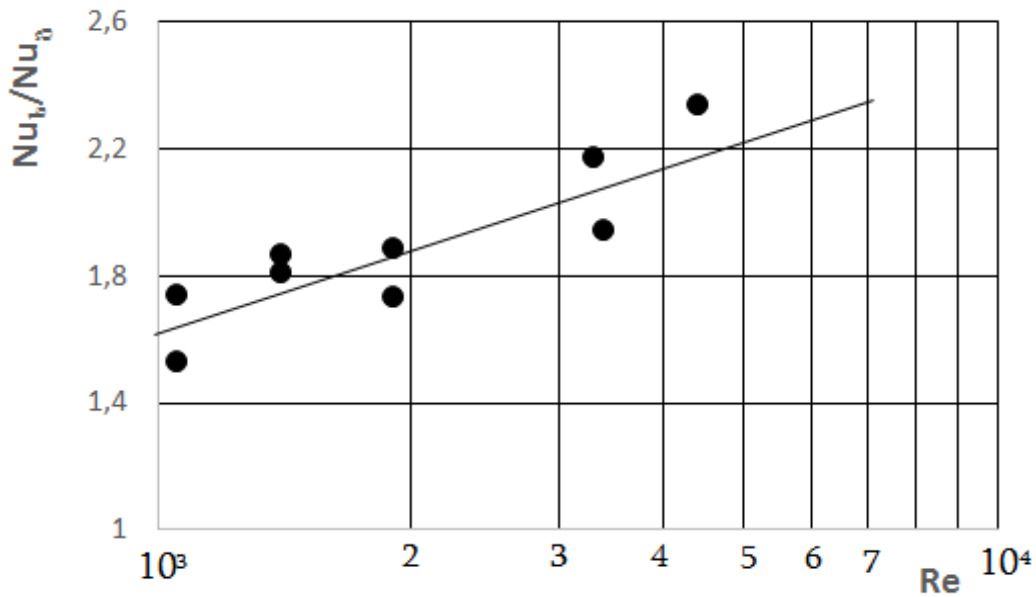
$$\frac{Nu_{\text{ს}}}{Nu_{\text{გ}}}$$

სითხის თბოფიზიკური პარამეტრები აიღებოდა ცხრილებიდან სითხის საშუალო ტემპერატურის მიხედვით [9]. ექსპერიმენტებში თბომტარის პრანდტლის რიცხვი $Pr=10 \pm 12$.

ჩვენი შეფასებით ექსპერიმენტებში თბოგაცემის კოეფიციენტის განსაზღვრის მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება არ აღემატებოდა 5%, Nu -ის განსაზღვრის მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება იყო 6%, Re -ის განსაზღვრის მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება შეადგენდა 3%. ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება წარმოებდა კომპიუტერის საშუალებით **TurboPascal** ენაზე შედგენილი პროგრამით.

ნახ3-ზე კოორდინატებში (Nu_b/Nu_0 , Re) წარმოდგენილია ექსპერიმენტული მონაცემები.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, თბოგაცემ ზედაპირზე ხაოიანობის შექმნის შედეგად მნიშვნელოვნად იზრდება თბოგაცემის ინტენსიურობა (დაახლოებით 2-ჯერ). ამასთან, ინტენსიფიკაციის ხარისხი მატულობს რეინოლდსის რიცხვის ზრდასთან ერთად.



ნახ.3. თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე.

აღნიშნული განსხვავება თბოგაცემის ინტენსიურობისა ცხადია გამოწვეული უნდა იყოს ზედაპირზე ხაოიანობის შექმნით. ჩვენს ექსპერიმენტებში რეინოლდსის რიცხვი იცვლებოდა 700-დან 5000-მდე, ანუ იყო გარდამავალი რეჟიმი ლამინარულიდან ტურბულენტურში. ცხადია, ინტერესს იმსახურებს სხვადასხვა ტიპის ხაოიანობის გავლენის გამოკვლევა რეინოლდსის კრიტერიუმის ფართო დიაპაზონში.

Influence of artificial roughness on heat transfer of the film flowing down on vertical surface

Tengiz Magrakvelidze, Avksenti Mikashavidze, Nikoloz Bantsadze, Khatuna Lomidze, Nugzar Lekveishvili

Summary

Based on analyses of references importance of problem is justified. Test unit for investigation of influence of artificial roughness on heat transfer from liquid film flowing down on vertical pipe is described; test procedures and experimental data methodic are shown. During the tests smooth and

surfaces with “file type” roughness overflowing by water film were investigated. The height of roughness elements were 0.25 mm.

It was found that creating “file type” roughness on the heated surface causes significant improvement of heat transfer intensity (approximately twice).

Влияние искусственной шероховатости на теплоотдачу стекающий на вертикальной поверхности пленки

Тенгиз Маграквелидзе, Авксентий Микашавиძე, Николоз Банцაძე, Хатуна Лომიძე, Нугзар Леквейшვილი

Резюме

На основе анализа литературных данных показана актуальность проблемы. Представлены описание экспериментальной установки и методика проведения опытов по определению влияния искусственной шероховатости на теплоотдачу стекающий на вертикальной поверхности водяной пленки. Шероховатость представляла собой поверхность в виде напильника высотой элементов шероховатости - 0,25 мм.

В результате проведенных экспериментов установлено, что создание шероховатости на теплоотдающей поверхности обуславливает значительное увеличение теплоотдачи (примерно 2 раза).

ლიტერატურა – References – Литература

1. 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.
2. Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кипшидзе М.Е. Интенсификация конвективного теплообмена под воздействием искусственной шероховатости. В кн. Вопросы конвективного теплообмена и чистоты водяного пара. Изд-во АН ГССР, 1970, с.98-131.
3. Абрамидзе Ш.П., Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кикнадзе Г.И. Исследование теплообмена в активной зоне ядерного реактора типа ИРТ с искусственной шероховатостью на оболочках тепловыделяющих элементов. В кн. [4], с.132-149.
4. Джамарджашвили В.А. Усовершенствованный метод интенсификации теплоотдачи и его экспериментальное обоснование. Сообщения АН ГССР, 1989, т.133, №2, с.369-372.
5. 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.
6. მაგრაქველიძე თ., ბანცაძე ნ., ლეკვეიშვილი ნ., ლომიძე ხ. თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია და თბოგადამცემი აპარატების ეფექტურობის ამაღლების პრობლემა. ა.ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. 2006. გვ.122-129.
7. Magrakvelidze T., Bantsadze N., Lekveishvili N., Lomidze Kh. Influence of Artificial Roughness on Heat Transfer in the Rotating Flow. World Academy of Science, Engineering and Technology. "International Conference on Fluid Mechanics, Heat Transfer and Thermodynamics". Proceedings, Dubai, United Arab Emirates. 2011. pp.162-165.
8. Николаев Н.А., Войнов Н.А. Теплоотдача в пленке жидкости, стекающей по стенке канала с крупномасштабной шероховатостью при больших числах Рейнольдса. Известия Российской академии наук Энергетика. 2005. 6 с.11-15.
9. Чиркин В.С. Тепло-физические свойства материалов ядерной техники. Атомиздат. Москва, 1968. 483 ст.

Задачи, методы и системы интеллектуального анализа данных в медицине

*Майя Микеладзе, Вадим Радзиевский, Гела Бесиашвили, Нора Джалабова,
Папуна Карчава, Дмитрий Радзиевский*

Email: mikeladzemaia@yahoo.com

Резюме

Огромное количество разнородных данных, генерируемых в современной медицине, требуют развития новых технологий по анализу данных с целью выявления определенных закономерностей и скрытых знаний. Именно методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) предоставляют новые возможности для решения этой актуальной задачи.

В статье рассмотрены особенности медицинских данных и основные задачи, связанные с их анализом и обработкой. Дан краткий обзор методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных, наиболее часто используемых в сфере медицины; рассмотрены их преимущества и недостатки; приведены примеры их практического применения для решения различных задач медицинской диагностики и прогнозирования, а также наиболее актуальные направления развития технологий интеллектуального анализа медицинских данных.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ медицинских данных, Data Mining, классификация, прогнозирование, кластеризация, поиск ассоциаций

I. ВВЕДЕНИЕ

В век бурно развивающихся информационных технологий стало возможным тотальное объединение информационных ресурсов, что облегчило доступ к большим массивам данных из различных областей деятельности человека. Однако ценность данных определяется не только их количеством, но и той возможностью, которую они предоставляют для нахождения новых, ранее неизвестных знаний, закономерностей и взаимосвязей. Впоследствии эти новые знания могут быть использованы для принятия решений. Однако объем циркулирующей и хранящейся в современном обществе информации уже давно превысил возможности отдельного индивида по ее переработке и усвоению. Как следствие, стала актуальной проблема обработки больших объемов данных с целью выявления определенных закономерностей и скрытых знаний. Для решения этой проблемы и предназначены методы интеллектуального анализа данных (Data Mining).

Сфера применения Data Mining – все области человеческой деятельности, где имеются большие массивы данных. Наиболее богатый и успешный опыт применения технологий интеллектуального анализа данных накоплен в сфере экономики и бизнеса (маркетинг, розничная торговля, банковское дело, страховой бизнес, управление производством и т.д.). Вместе с тем в последнее десятилетие наблюдается значительный прогресс в использовании технологий Data Mining в сфере медицины и здравоохранения. Приложения Data Mining используются при решении следующих задач: диагностика заболевания и прогнозирование его развития, выбор оптимального лечения с точки зрения эффективности и стоимости, оптимизация ресурсов медицинского учреждения, выявление мошенничества в медицинском страховании и т.д. В данной статье дан краткий обзор особенностей медицинских данных и основных задач, связанных с их анализом и обработкой. Рассмотрены методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных, их преимущества и недостатки, а также примеры их практического применения для решения различных задач по обработке медицинских данных. Приведены наиболее актуальные направления развития технологий интеллектуального анализа медицинских данных.

II. ОСОБЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Все нарастающая компьютеризация медицинской отрасли порождает огромное количество разнородных данных. Это - информация из систем ведения электронных историй болезни, которые аккумулируют большие объемы информации: показатели здоровья пациентов, результаты

обследований, данные о проведении лечебных процедур и др. Обследование и лечение пациентов предполагает генерирование не только числовой и текстовой информации, но и визуальной: рентгеновские снимки и ЭКГ, результаты ультразвуковых и томографических исследований. В связи с развитием медицинской техники объём визуальных данных растёт с каждым годом.

Кроме этого, медицинские организации генерируют огромный объём информации в виде текстов на естественном языке: истории болезни, результаты анализов и обследований, отчеты о проведении операций. Эти тексты содержат много полезной информации, которую необходимо извлечь и структурировать.

Кроме этого, эти данные, как правило, имеют неоднозначный, нечёткий характер и часто являются неполными, противоречивыми. Несмотря на создание Международной классификации болезней (МКБ) с целью систематизации регистрации, анализа, интерпретации и сравнения данных о заболеваемости, в медицине отсутствует единый формальный язык для описания симптомов и диагнозов, что и обуславливает неоднозначность медицинской информации. Неточность данных отчасти проистекает из ошибок измерения чисто технического характера. Но большая часть неточности обусловлена тем, что считывание и обработка информации происходят посредством человека, и это уже несет определенную долю субъективности, нечеткости и иногда просто ошибки. Все это делает практически невозможным применение традиционного статистического анализа и делает необходимым применение методов Data Mining для обработки медицинских данных [1, 2].

Что касается практического применения систем интеллектуального анализа данных в медицине, то их используют в основном для поддержки принятия решений – как в сфере управления, так и при лечении. К управленческим задачам относятся: снижение затрат и оптимизация ресурсов медицинского учреждения, прогнозирование показателей эффективности медицинского персонала, выявление мошенничества в медицинском страховании и т.д. В процессе лечения возникают следующие задачи: диагностика заболевания; прогнозирование развития заболевания; оценка вероятности осложнений; выбор оптимального лечения; отслеживание критических изменений в показателях здоровья пациента; поиск похожих клинических случаев и т.д. [2].

III. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) – сравнительно новое междисциплинарное направление, объединившее в себе методы и технологии баз данных, распознавания образов, машинного обучения, прикладной статистики, визуализации данных и других областей науки. Основу Data Mining составляют процедуры, предназначенные для обработки больших объемов данных с целью выявления определенных закономерностей и скрытых знаний. Данные, предназначенные для обработки методами Data Mining, должны обладать следующей спецификой:

- обрабатываемые данные имеют неограниченный объем;
- данные могут быть неточными, неполными, разнородными и противоречивыми.

В свою очередь, результаты обработки должны поддаваться интерпретации (быть выражены в понятной человеку форме).

Методы интеллектуального анализа данных можно разделить на несколько групп в соответствии с решаемыми с помощью них задачами. Задачами Data Mining являются: классификация, кластеризация, поиск ассоциаций, поиск последовательных шаблонов, прогнозирование, определение отклонений, оценивание, анализ связей, визуализация, подведение итогов [3]. Наиболее распространенными задачами интеллектуального анализа в медицине являются поиск ассоциаций, классификация, прогнозирование и кластеризация.

Поиск ассоциаций. Методы поиска ассоциаций предназначены для обнаружения часто встречающихся наборов элементов в больших массивах данных. В медицине эти методы используются для обнаружения скрытых взаимосвязей между различными заболеваниями, между состояниями различных пациентов с одним и тем же диагнозом, между симптомами заболеваний и т.д.

Результаты, получаемые при решении данной задачи, обычно представляются в виде ассоциативных правил. Ассоциативные правила имеют следующий вид:

из события A следует событие B,

где *A* и *B* – наборы элементов. Основными характеристиками ассоциативного правила являются поддержка и достоверность правила. Поддержка – это процент записей базы данных, содержащих

одновременно оба набора элементов A и B . Достоверность правила – это вероятность того, что из наличия в записи набора A следует наличие в ней набора B . Достоверность вычисляется как отношение количества записей, содержащих одновременно оба набора A и B , к количеству записей, содержащих набор A .

Наиболее известным алгоритмом поиска ассоциативных правил является алгоритм *Apriori* [4]. Основная идея этого алгоритма – у часто встречающегося набора элементов все подмножества должны быть часто встречающимися. Алгоритм вычисляет поддержку наборов и отсекает все «нечастые» наборы – наборы, поддержка которых меньше заранее заданного минимального значения.

Практическое использование в медицине. В работе [5] при помощи методов поиска ассоциаций были построены правила, которые указывают наборы лекарств, наиболее часто прописываемые в комбинации с антацидами. Часто методы поиска ассоциаций используются совместно с методами классификации, что позволяет формировать более эффективные правила классификации. Например, в работе [6] комбинированный подход был использован для построения правил классификации пациентов с проблемами сердца, а в работе [7] алгоритм *Apriori* был использован для генерации правил классификации пациентов, страдающих от диабета 2-го типа.

Классификация/Прогнозирование. Под классификацией понимается отнесение объектов к одному из заранее известных классов. В этом случае применяется сценарий обучения с учителем. При обучении с учителем набор исходных данных разбивают на два множества – обучающее и тестовое. Обучающее множество используется для конструирования классификационной модели, а тестовое множество – для оценивания точности модели. Оба множества содержат описания объектов в признаковой системе, каждому из которых сопоставлена оценка – класс, к которому принадлежит данный объект. Полученная модель может быть представлена классификационными правилами, деревом решений или математической формулой.

Результатом решения задачи прогнозирования является модель прогнозирования, построенная на основе ретроспективных данных и позволяющая предсказывать пропущенные или же будущие значения целевых переменных. Результатом прогнозирования является прогноз – утверждение о будущем с относительно высокой степенью достоверности. Прогноз носит вероятностный характер. Задачу прогнозирования можно рассматривать как задачу классификации, в которой в качестве классов выступают прогнозируемые значения. Ввиду этого многие методы, применяемые для решения задачи классификации, пригодны и для решения задач прогнозирования.

Основными методами классификации являются: нейронные сети, деревья решений, логические методы классификации, метод « K - ближайших соседей», метод опорных векторов, генетические алгоритмы, байесовская классификация.

Нейронная сеть может быть представлена направленным графом со взвешенными связями. Каждый узел графа имеет вход, выход и активационную функцию. Активационная функция вычисляет выходной сигнал нейрона на основе взвешенных входных сигналов. Перед использованием нейронной сети происходит ее обучение на основе обучающей выборки. Процесс обучения состоит в настройке весовых коэффициентов. Существует два сценария обучения: обучение с учителем (в задачах классификации и прогнозирования) и обучение без учителя (в задачах кластеризации). В первом случае для каждого вектора значений входных переменных известен вектор значений выходных переменных, во втором случае известны только значения входных переменных. Основными недостатками нейронных сетей: 1) невозможность логической интерпретации полученных результатов и 2) необходимость иметь большой объем обучающей выборки [3].

Деревья решений являются одним из часто используемых методов решения задач классификации и прогнозирования. Дерево решений позволяет представить классификационные правила в иерархическом виде, а именно, в виде дерева, каждый узел которого включает проверку одной независимой переменной (атрибута расщепления). Если результат проверки положительный, то осуществляется переход к левому узлу следующего уровня, в противном случае – к правому узлу, и проверяется условие, связанное с этим узлом. Процесс проверки продолжается до самого нижнего уровня, узлы которого задают имена классов.

Существует большое число алгоритмов построения деревьев решений, например, ID3, CART, C4.5 [3]. Преимущества деревьев решений: классификационная модель легко поддается интерпретации; деревья решений позволяют извлекать правила на естественном языке; быстрый

процесс обучения; деревья решений работают как с числовыми, так и с категориальными типами данных.

Однако, следует отметить, что деревья решений дают полезные результаты только в случае независимых признаков. Кроме этого, построение деревьев решений затруднено при большом количестве исходной информации.

Логические методы классификации. В общем виде логические методы представляют собой поиск по обучающей выборке логических функций, описывающих классы объектов. Функции, описывающие классы состояний, как правило, являются конъюнкциями элементарных высказываний и принимают истинное значение для достаточно большого числа объектов из собственного класса и ложное значение почти на всех объектах других классов. Для выбора функции – описания класса вводятся понятие информативности и критерий информативности, а в качестве описания класса берется высокоинформативный предикат. Существуют различные критерии информативности: эвристический, статистический, энтропийный. В реальных задачах предпочтительнее использовать эвристический критерий. Согласно эвристическому критерию, информативность предиката тем выше, чем больше он выделяет объектов из «своего» класса и чем меньше – из других классов [8].

Основное преимущество этих методов заключается в том, что их можно использовать при отсутствии сведений о функциях распределения и при малых объемах обучающей выборки. В этих методах также отпадает необходимость выбора метрики в пространстве описаний объектов. Все это обуславливает предпочтительность логических методов распознавания в случаях качественной (нечисловой) информации. В случае количественной (числовой) информации также возможно применение логических методов – в результате бинаризации исходных признаков. При бинаризации количественного признака множество значений исходного признака разбивается на интервалы, а сам признак заменяется на ряд бинарных признаков – одноместных предикатов, определяющих принадлежность значений признака соответствующим интервалам разбиения [8].

Метод «K - ближайших соседей» (K-NN). В основе метода лежит идея о сходстве объектов из одного и того же класса. Пусть имеется множество объектов из разных классов, каждому из которых соответствует запись в базе данных – описание объекта в системе признаков. На первом этапе для нового объекта (записи) находят K записей с минимальным расстоянием до новой записи – поиск «ближайших соседей». На втором этапе проводят «голосование»: новой записи присваивается класс, в котором находится большинство из найденных «ближайших соседей», при этом расстояние до каждого «соседа» не учитывается. В этом случае несколько классов могут набрать равное количество голосов. Решить эту проблему можно путем «взвешенного голосования» - чем меньше расстояние от новой записи до «соседа», тем больший вес присваивается голосу от этого «соседа».

Преимущества метода K -NN: простота алгоритма и устойчивость к аномальным выбросам в данных. Недостатки метода K -NN: метод не создает каких-либо моделей или классификационных правил; решения принимаются на основе полного перебора всего массива данных; выбор той или иной метрики оказывает существенное влияние на результаты классификации [3].

Метод опорных векторов (SVM). Метод опорных векторов был изначально разработан для бинарной классификации, хотя он может быть использован и в случаях с большим количеством классов. Каждый объект данных представлен, как вектор – точка в многомерном пространстве. Цель метода – найти гиперплоскость, разделяющую два множества точек. Если такое разделение невозможно, исходные векторы переводят в пространство более высокой размерности и поиск максимальной разделяющей гиперплоскости осуществляется уже в этом пространстве. Для построения нелинейного классификатора вводятся нелинейные функции ядра (полиномиальная, функция Гаусса, сигмоидная и т.д.). Главная проблема метода SVM – правильный выбор функции ядра. На одном и том же наборе данных при разных функциях ядра метод опорных векторов выдает разные результаты [3].

Генетические алгоритмы. В интеллектуальном анализе данных генетические алгоритмы являются основным методом для отбора признаков и выявления зависимости между переменными. Генетические алгоритмы – это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. Первое поколение «хромосом» генерируется случайным образом. К ним применяются операции скрещивания и мутации для порождения большего числа новых хромосом. Затем производится «селекция»: хромосомы оцениваются с использованием «функции приспособленности» и во второе поколение отбираются «хромосомы» с лучшим показателем этой функции. Процесс продолжается от поколения к поколению до тех пор, пока качество лучшей

«хромосомы» не перестанет улучшаться. Преимущество генетических алгоритмов – широкие возможности по применению различных эвристик; недостаток – медленная сходимость [9].

К *байесовской классификации* относится широкий класс алгоритмов, которые используют теорему Байеса для определения принадлежности объекта к тому или иному классу при условии, что зависимые переменные (признаки объекта) принимают заданные значения. Объект относится к тому классу, апостериорная вероятность которого максимальна. На практике обычно используют т.н. «наивный» байесовский классификатор, построенный на основе предположения о статистической независимости переменных. Преимущества «наивного» байесовского классификатора: простота вычислений, высокая скорость работы и интерпретируемость результатов. Недостатки: предположение о статистической независимости переменных; игнорирование влияния различных комбинаций переменных [3].

Методы классификации широко используются в интеллектуальном анализе медицинских данных. Как правило, их применяют для решения задач диагностики и прогнозирования состояния пациента на основе его симптомов. В табл. 1 представлены примеры практического использования различных методов классификации в медицине.

Табл. 1. Примеры практического использования методов классификации в медицине.

Метод классификации/прогнозирования	Решаемая задача
Нейронные сети	Дифференциальная диагностика заболеваний органов дыхания [10]
Деревья решений	Прогнозирование коэффициента выживаемости при раке полости рта [11]
Метод «K - ближайших соседей»	Прогнозирование выживаемости при раке молочной железы [12]
Метод опорных векторов,	Прогнозирование ошибок медикаментозного лечения диабета II типа [13]
Генетические алгоритмы,	Классификация медицинских данных [14]
Байесовская классификация	Диагностика и прогнозирование шансов 8 различных дерматологических заболеваний [15]

Кластеризация. Кластеризация сходна с задачей классификации, но, в отличие от нее, при кластеризации классы объектов заранее не известны. В этом случае применяется сценарий обучения без учителя. Результатом кластеризации является разбиение множества объектов на кластеры – подмножества сходных объектов. Критерием группировки является определенным образом заданное расстояние: «близкие» друг к другу объекты должны попасть в один и тот же кластер, тогда как «достаточно далекие» объекты должны быть в разных кластерных группах. При этом строятся формальные правила, представляющие собой описания кластеров в признаковой системе и позволяющие относить новые объекты к тому или иному кластеру. Популярность кластерного анализа обусловлена тем, что в отличие от большинства математико-статистических методов он позволяет рассматривать множество исходных данных практически произвольной природы, не накладывая никаких ограничений.

В настоящее время разработано достаточно большое количество алгоритмов кластеризации. Однако разнообразие методов кластерного анализа обусловлено не только количеством алгоритмов кластеризации, но и тем, как при определенном методе осуществляется: формирование выборки объектов для кластеризации; выбор признаков и шкал их измерения; выбор меры «близости» объектов. Наиболее часто используемые меры «близости» объектов: евклидово расстояние и манхэттенское расстояние (расстояние городских кварталов) – для количественных переменных; мера сходства Хэмминга – для качественных переменных [3].

Алгоритмы кластеризации. Существует большое количество алгоритмов кластеризации, но их можно разделить на 2 основные группы: *иерархические* и *неиерархические*.

В свою очередь, иерархические алгоритмы делятся на *агломеративные* и *дивизимные*. Агломеративная кластеризация начинается с одноэлементных кластеров, которые последовательно объединяются в более крупные кластеры до тех пор, пока в конце не получится один кластер, включающий в себя все объекты выборки. В дивизимных алгоритмах

осуществляется обратная процедура. Результатом иерархической кластеризации является дендрограмма – иерархическая структура, каждый уровень которой соответствует одному шагу процесса кластеризации и представляет полученные на этом шаге кластеры и расстояния между ними. После получения последовательности таких разбиений можно выбрать в качестве модели наиболее интересный и поддающийся интерпретации уровень разбиений.

Следует отметить, что при большом количестве объектов иерархические методы не работают. В таких случаях используют неиерархические методы, которые представляют собой итеративную процедуру разбиения исходного набора объектов на определенное количество кластеров. К этим методам относятся последовательный пороговый метод, параллельный пороговый метод и оптимизирующее распределение.

При последовательном пороговом методе выбирают центр кластера, и все объекты, находящиеся на расстоянии от центра, не превышающем заданного порога, объединяют в этот кластер. Затем выбирают новый кластерный центр, и процесс повторяют для оставшихся объектов.

Параллельный пороговый метод отличается от последовательного только тем, что одновременно выбирают несколько кластерных центров и объекты в пределах порогового значения группируют с ближайшим центром.

В методах оптимизирующего распределения число кластеров задается изначально. Затем объекты каким-либо образом, но по возможности равномерно, приписываются к различным кластерам. Затем объекты итеративно перераспределяются по кластерам с тем, чтобы оптимизировать определенную целевую функцию, характеризующую качество полученного разбиения. Алгоритм завершается, если нельзя больше перераспределить элементы со значительным улучшением целевой функции. Между собой методы различаются выбором центров, правилом формирования новых кластеров и правилом остановки. Чаще всего используется алгоритм *k-средних*, также называемый быстрым кластерным анализом.

В табл.2 представлены примеры практического использования методов кластеризации в медицине.

Табл. 2. Примеры практического использования методов кластеризации в медицине.

Метод кластеризации	Решаемая задача
Иерархическая кластеризация	Группировка пациентов в соответствии с их продолжительностью пребывания в больнице [16]
<i>Алгоритм k-средних</i> (неиерархическая классификация)	Выявления рецидива рака молочной железы [17]

IV. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

В процессе обследования и лечения пациентов происходит генерирование большого количества т. наз. клинических текстов на естественном языке (истории болезни, результаты анализов и т.д.). В связи с этим одним из актуальных направлений развития технологий интеллектуального анализа в медицине является интеллектуальный анализ текстов (Text Mining), в частности, интеллектуальный анализ клинических текстов [2].

С развитием медицинской техники объём визуальных данных растёт с каждым годом: рентгеновские снимки и ЭКГ, результаты ультразвуковых и томографических исследований. Все это делает актуальным развитие технологий для анализа изображений, видео- и аудиоинформации, которые объединены в отдельное направление интеллектуального анализа данных – Multimedia Mining [18].

Практическое применение разных методов интеллектуального анализа в области медицины показало, что не существует универсального метода и эффективность того или иного метода зависит от типа анализируемых данных. Как оказалось, комбинация различных методов обеспечивает большую точность и эффективность. В связи с этим одним из перспективных направлений интеллектуального анализа в медицине является разработка гибридных методов [19].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бурный рост объема данных, генерируемых в современном обществе, и их доступность требуют развития новых технологий по анализу данных с целью выявления определенных закономерностей и скрытых знаний. Именно методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) предоставляют новые возможности для решения этой актуальной задачи. В отличие от традиционных статистических методов, которые, в основном, нацелены на проверку заранее сформулированных гипотез, методы Data Mining способны самостоятельно строить гипотезы об имеющихся закономерностях. Еще одним важным преимуществом Data Mining по сравнению со статистическим анализом является то, что методы интеллектуального анализа данных не накладывают никаких ограничений на вид обрабатываемых данных и позволяют исследовать данные произвольной природы. Все это обуславливает все возрастающую популярность методов Data Mining при обработке медицинских данных.

В статье дан краткий обзор методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных, наиболее часто используемых в сфере медицины; рассмотрены их преимущества и недостатки; приведены примеры их практического применения для решения различных задач медицинской диагностики и прогнозирования, а также наиболее актуальные направления развития технологий интеллектуального анализа медицинских данных.

მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის ამოცანები, მეთოდები და სისტემები მედიცინაში

მაია მიქელაძე, ვადიმ რადიევსკი, გელა ბესიაშვილი, ნორა ჯალიაბოვა, პაპუნა ქარჩავა, დიმიტრი რადიევსკი

რეზიუმე

თანამედროვე მედიცინაში მონაცემების დიდი რაოდენობა და მათი მრავალგვარობა მოითხოვს მონაცემთა ანალიზის ახალი ტექნოლოგიების განვითარებას, რომლებიც განკუთვნილია გარკვეული კანონზომიერებისა და დაფარული ცოდნის გამოვლენისთვის. ამ აქტუალური ამოცანის გადაწყვეტის ახალ შესაძლებლობებს იძლევიან მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) მეთოდები.

ნაშრომში განხილულია სამედიცინო მონაცემების თავისებურებები და ამ მონაცემების ანალიზთან და დამუშავებასთან დაკავშირებული ძირითადი ამოცანები. მოცემულია მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის იმ მეთოდების და ალგორითმების მოკლე მიმოხილვა, რომლებიც ყველაზე ხშირად გამოიყენება მედიცინის სფეროში. განხილულია ამ მეთოდების უპირატესობები და ნაკლოვანებები და მოყვანილია მათი პრაქტიკული გამოყენების მაგალითები, რომლებიც განკუთვნილია სამედიცინო დიაგნოსტიკის და პროგნოზირების ამოცანების გადაწყვეტისთვის. აგრეთვე განხილულია სამედიცინო მონაცემთა ანალიზის ტექნოლოგიების განვითარების აქტუალური მიმართულებები.

Tasks, Methods and Applications of Intelligent Data Analysis in Medicine

Maia Mikeladze, Vadim Radzievski, Gela Besiashvili, Nora Jaliabova, Papuna Qarchava, Dmitri Radzievski

Summary

A huge amount of heterogeneous data generated by modern medicine, require the development of new technologies for data analysis in order to discover certain patterns and hidden knowledge. Methods of data mining provide new opportunities for solving of this actual task.

In the paper features of the medical data and the main tasks associated with their analysis and processing are considered. A brief overview of data mining methods an algorithms, most often used in medicine, are given; their advantages and disadvantages are considered. Data mining applications for

solving various problems of medical diagnosis and prediction, as well as the most actual directions of development of data mining technologies in medicine are given.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Cios K. J., Moore, W. G. Uniqueness of medical data mining. *Artificial intelligence in medicine*, 2002, 26(1), pp. 1–24.
2. Баранов А.А., Намазова - Баранова Л. С., Смирнов И. В., Девяткин Д. А., Шелманов А. О., Вишнева Е. А., Антонова Е. В., Смирнов В. И., Латышев А. В. Методы и средства комплексного интеллектуального анализа медицинских данных. Труды Института системного анализа РАН, М., 2015, № 65(2), с. 81-93.
3. Чубукова И.А. *Data Mining*. М., Изд. дом «Бином», 2008, 384 с.
4. Agrawal R., Imielinski T., Swami A. Mining Associations between Sets of Items in Massive Databases. In *Proc. of the 1993 ACM-SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data*, 1993, pp. 207-216.
5. Chen T.-J., Chou L.-F., Hwang S.-J. Application of a datamining technique to analyze coprescription patterns for antacids in Taiwan. *Clinical therapeutics*, 2003, V. 25, № 9, pp. 2453–2463.
6. Vyas O.P., Soni S. Using Associative Classifiers for Predictive Analysis in Health Care Data Mining. *International Journal of Computer Applications*, 2010, 4(5), pp.33–37.
7. Patil B. M., Joshi R. C., Toshniwal D. Association rule for classification of type -2 diabetic patients. *Second International Conference on Machine Learning and Computing*, 2010, pp. 330-334.
8. Воронцов К. В. Лекции по логическим алгоритмам классификации. 2007 (<http://www.ccas.ru/voron/download/LogicAlgs.pdf>)
9. Воронцов К.В. Лекции по методам оценивания и выбора моделей. 2007 (<http://www.ccas.ru/voron/download/Modeling.pdf>)
10. Er O., Yumusak N., Temurtas F. Chest Diseases Diagnosis Using Artificial Neural Networks. *Expert Systems with Applications- Elsevier*, 2010, Volume 37, pp. 7648-7655.
11. Sharma N., Om H. Data mining models for predicting oral cancer survivability. *Netw. Model. Anal. Heal.Informatics Bioinforma.*, 2013, vol. 2, no. 4, pp. 285–295.
12. García-Laencina P. J., Abreu P. H., Abreu M. H., Afonso N. Missing data imputation on the 5-year survival prediction of breast cancer patients with unknown discrete values. *Comput. Biol. Med.*, 2015, vol. 59, pp. 125–133.
13. Kang S., Kang P., Ko T., Cho S., Rhee S., Yu K.-S. An efficient and effective ensemble of support vector machines for anti-diabetic drug failure prediction. *Expert Syst. Appl.*, 2015, vol. 42, no. 9, pp. 4265–4273.
14. Brameier M., Banzhaf W. A comparison of linear genetic programming and neural networks in medical data mining. *IEEE Trans. Evolutionary Comput.*, 2001, vol. 5(1), pp. 17-26.
15. Manjusha K. K., Sankaranarayanan K. and Seena P. Prediction of Different Dermatological Conditions Using Naïve Bayesian Classification. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2014, 4(1), pp. 864-868.
16. Belciug S. Patients length of stay grouping using the hierarchical clustering algorithm. *Annals of University of Craiova, Math. Comp. Sci. Ser.*, ISSN: 1223-6934, 2009, vol. 36, no. 2, pp. 79-84.
17. Belciug S., Gorunescu F., Salem A., Gorunescu M. Clustering-based approach for detecting breast cancer recurrence. *10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, 2010.
18. Vijayarani S., Sakila A. Multimedia Mining Research – An Overview. *International Journal of Computer Graphics & Animation (IJCGA)*, 2015, Vol.5, No.1.
19. Tomar D., Agarwal S. A survey on Data Mining approaches for Healthcare. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 2013, Vol. 5, No. 5, pp. 241-266.

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

ნემის წონასწორობის სიტუაციის შესახებ ბერტრანის
მოდელში განუზღვრელობის არსებობისას

მინდია სალუქვაძე, ვლადისლავ ჟუკოვსკი

msaluk@science.org.ge

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ბერტრანის ორველიანი არაკოალიციური თამაშის ამოცანა განუზღვრელობის არსებობის შემთხვევაში. დასაწყისში ჩამოყალიბებულია ნემის წონასწორობის სიტუაციის არსი არაკოალიციური თამაშების თეორიაში. შესწავლილია ბაზარზე ორი ფირმის ურთიერთობის მატემატიკური მოდელი, რომელიც წარმოადგენს არაკოალიციურ თამაშს განუზღვრელობის გარეშე. მიღებული ამონახსნი წარმოადგენს ნემის წონასწორობის სიტუაციას. შემდეგ განხილულია ბერტრანის მოდელი, როდესაც ბაზარზე შემოდის იმპორტიორი განუზღვრელობის სახით. შესწავლილია ასეთი ამოცანისათვის ნემის პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის სიტუაცია. ასეთი სიტუაციის მისაღებად ჩამოყალიბებულია ალგორითმი. მიღებულია ფორმულები ნემის პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის სიტუაციისა და შესაბამისი მოგებების შესახებ მოთამაშე ფირმებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: *თამაშთა თეორია, არაკოალიციური თამაში, ნემის წონასწორობის სიტუაცია, ბერტრანის მოდელი, პარეტო-გარანტირებულობა, განუზღვრელობა, გარანტირებული მოგებები.*

არაკოალიციური თამაშების თეორიაში ერთერთი ყველაზე მიღებული ამოხსნაა ნემის წონასწორობის სიტუაციის მოძიება. ნემის წონასწორობა ფართოდაა მიღებული ეკონომიკაში, სამხედრო საქმეში, პოლიტიკაში, სოციოლოგიაში და სხვა არსებული ამოცანების გადაწყვეტის საქმეში.

რას წარმოადგენს იგი?

დავუშვათ საქმე გვაქვს სამი პირის არაკოალიციური თამაშის განხილვასთან, როგორცაა

$$\Gamma_3 = \langle \{1,2,3\}, \{X_i\}_{i=1,2,3}, \{f_i(x)\}_{i=1,2,3} \rangle,$$

როდესაც თითოეული მოთამაშე $i = (1,2,3)$ ირჩევს საკუთარ სტრატეგიას $x_i \in X_i \subseteq R^{n_i}$ თავისი ფუნქციონირების ხარისხის ამაღლების მიზნით, მისი მოგებაა $f_i(x)$ მოცემულ სიტუაციაში $x = (x_1, x_2, x_3) \in X_1 \times X_2 \times X_3 = X$.

ნემის წონასწორობა $(x^e, f^e = (f_1(x^e), f_2(x^e), f_3(x^e))) \in X \times R^3$ განისაზღვრება სამი ტოლობით

$$f_1(x^e) = \max_{x_1 \in X_1} f_1(x_1, x_2^e, x_3^e),$$

$$f_2(x^e) = \max_{x_2 \in X_2} f_2(x_1^e, x_2, x_3^e), \quad (1)$$

$$f_3(x^e) = \max_{x_3 \in X_3} f_3(x_1^e, x_2^e, x_3).$$

აქ ყოველი მოთამაშე იღწვის თავისი ეგოისტური ამბიციების დასაკმაყოფილებლად, არ ფიქრობს სხვებზე.

წონასწორობის სიტუაციის ასეთი ცნება თამაშთა თეორიაში 1949 წელს შემოიტანა ცნობილმა ამერიკელმა მათემატიკოსმა და ეკონომისტმა ჯონ ნეშმა, პრინსტონის უნივერსიტეტის ასპირანტმა [1].

განვიხილოთ ბერტრანის მოდელი [2] და მასში ნეშის წონასწორობის პრინციპის პრობლემა.

წარმოვიდგინოთ, რომ ბაზარზე არის ორი ფირმა I და II, რომლებიც აწარმოებენ შესაბამისად A და B საქონელს. ეს საქონელი არის ურთიერთ შემცვლელი. ასე რომ, მყიდველისათვის სულერთია ვისთან შეიძენს საქონელს. ფირმის სტრატეგია (მოთამაშეთა ამ ბაზარზე) არის საკუთარი პროდუქციის ფასი.

დავუშვათ I ფირმა აცხადებს საკუთარი საქონლის ფასს ერთეულ პროდუქციაზე, რომელიც არის p_1 , ხოლო II ფირმა კი აცხადებს ფასს p_2 . ფირმების გამოცხადების შემდეგ ბაზარზე ყალიბდება მოთხოვნილება ყოველ საქონელზე, დავუშვათ იგი არის წრფივი სიდიდე გამოცხადებული ფასებისა.

ასეთ მოთხოვნილებას შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი სახე:

$$Q_1(p_1, p_2) = q - l_1 p_1 + l_2 p_2, \quad Q_2(p_1, p_2) = q - l_1 p_2 + l_2 p_1.$$

სიდიდე q გამოხატავს საწყის მოთხოვნილებას, ხოლო ელასტიურობის კოეფიციენტი $l_1 > 0$ უჩვენებს როგორ მცირდება მოთხოვნილება სასურველ საქონელზე მისი ფასის ერთი ერთეულით გაზრდის შემთხვევაში. ასევე ელასტიურობის კოეფიციენტი $l_2 > 0$ უჩვენებს რამდენი ერთეულით გაიზრდება მოთხოვნილება საქონლის ფასის ერთი ერთეულით გაზრდისას (შემცვლელი საქონლის).

საქონლის თვითღირებულების ერთეული აღვნიშნოთ C ნიშნით და ჩავთვალოთ, რომ თვითღირებულება მწარმოებლისათვის ერთნაირია. ასეთ შემთხვევაში ფირმების მიერ მიღებული მოგება გამოისახება როგორც

$$\begin{aligned} f_1(p_1, p_2) &= (q - l_1 p_1 + l_2 p_2)(p_1 - c), \\ f_2(p_1, p_2) &= (q - l_1 p_2 + l_2 p_1)(p_2 - c). \end{aligned} \quad (2)$$

ასეთი ურთიერთობის მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს არაკოალიციურ თამაშს განუზღვრელობის გარეშე

$$\Gamma = \langle \{1, 2\}, \{P_i = [0, +\infty)\}_{i=1,2}, \{f_i(p_1, p_2)\}_{i=1,2} \rangle.$$

ასეთ თამაშში 1 და 2 არის მოთამაშეთა ნომრები. i მოთამაშის სტრატეგია ($i=1,2$) არის მის მიერ გამოცხადებული ფასი $P_i > 0$ კონკურენტ მოთამაშესთან შეთანხმების გარეშე. მოთამაშეთა მოგების ფუნქციები გამოსახულია (2) ფუნქციით.

ფუნქცია $f_i(p_1, p_2)$ მკაცრად ჩაზნექილია p_i მიხედვით რადგანაც $\frac{d^2 f_i}{d p_i^2} = -2l_i < 0$. p_i^e -ს არსებობის საკმარისი პირობები, რომლებიც მაქსიმუმს ანიჭებს $f_i(p_i, \cdot)$ ფუნქციას p_i -ს მიხედვით, დაიყვანება შემდეგი წრფივი განტოლებების სისტემის ამოხსნაზე

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial f_1(p_1, p_2)}{\partial p_1} \right|_{p^e} = q + l_1 c - 2l_1 p_1^e + l_2 p_2^e = 0, \\ \left. \frac{\partial f_2(p_1, p_2)}{\partial p_2} \right|_{p^e} = q + l_1 c - 2l_1 p_2^e + l_2 p_1^e = 0. \end{cases} \quad (3)$$

თუ $l_2 \neq 2l_1$, მაშინ (3) სისტემის მხოლოდ ერთი ამონახსნი არსებობს

$$p_1^e = p_2^e = \frac{q + l_1 c}{2l_1 - l_2},$$

რომელიც დადებითი იქნება, როდესაც $l_2 < 2l_1$.

მიღებული ამონახსნი არის ნემის წონასწორობის სიტუაცია Γ თამაშისათვის. ეხლა განვიხილოთ მდგომარეობა, როდესაც ბერტრანის ორველიან მოდელში შემოდის იმპორტიორი მესამე მოთამაშის სახით.

ამრიგად, ბაზარზე არის ორი მოთამაშე (ფირმების წარმომადგენელი) I და II, რომელთაც აქვთ ერთნაირი საქონელი, ურთიერთშემცვლელი A და B. ამ დროს ბაზარზე ასეთივე საქონლით შემოდის მესამე მოთამაშე, იმპორტიორი ანალოგიური საქონლით C. იმპორტიორის პოლიტიკასა და მისი ფასების შესახებ I და II ფირმებისათვის არაფერია ცნობილი. საქონლის ფასი y , რომელსაც იმპორტიორი შემოიტანს, ქმნის განუზღვრელობის მდგომარეობას, რა თქმა უნდა $y \geq 0$.

საკუთარი სტრატეგიის არჩევისას მწარმოებლები $i=1,2$ ირჩევენ ფასს საკუთარ საქონელზე ისე, რომ მხედველობაში მიიღონ არამარტო კონკურენციის მოქმედება, არამედ დამატებით გაითვალისწინონ იმპორტიორის მიერ შემოტანილი გაუთვალისწინებელი საქონლის ფასი y .

დავუშვათ, I ფირმა აცხადებს თავისი საქონლის ერთეულზე ფასს p_1 , ფირმა II კი აცხადებს ფასს p_2 . მწარმოებელთა მიერ ფასების დანიშვნის შედეგად ბაზარზე ყალიბდება სიტუაცია $(p_1, p_2) \in X = X_1 \times X_2$. ერთდროულად, მიუხედავად მწარმოებელთა მიღებული გადაწყვეტილებებისა, რეალიზებული იქნება განუზღვრელობის კონკრეტული მნიშვნელობა y , ფასი, დანიშნული იმპორტიორის მიერ. დავუშვათ, რომ მოთხოვნილება საქონელზე (p_1, p_2) და y გამოცხადების შემდეგ წრფივად არის დამოკიდებული ამ ფასებზე. ამავე დროს მოთხოვნილება ელასტიურობის კოეფიციენტების შესახებ ფასების შესაბამისად არის l_1 და l_2 .

ასეთ შემთხვევაში მოთხოვნილებების ფუნქცია პირველი მწარმოებლის საქონელზე მიიღებს სახეს

$$Q_1(p_1, p_2, y) = q - l_1 p_1 + l_2 y + l_2 p_2 = q - l_1 p_1 + l_2(p_2 + y).$$

ანალოგიურად, მოთხოვნილება მეორე მწარმოებლის საქონელზე მიიღებს სახეს

$$Q_2(p_1, p_2, y) = q - l_1 p_2 + l_2(p_1 + y).$$

როგორც ვთქვით, ორივე მწარმოებლის ნაწარმოები ერთეული საქონლის თვითღირებულება ერთნაირია და შეადგენს C სიდიდეს. ასეთ დროს, პირველი მწარმოებლის მოგების ფუნქცია იქნება

$$f_1(p_1, p_2, y) = Q_1(p_1, p_2, y)(p_1 - c) = [q - l_1 p_1 + l_2(p_2 + y)](p_1 - c), \quad (4)$$

მეორე მწარმოებლის მოგების ფუნქცია კი-

$$f_2(p_1, p_2, y) = Q_2(p_1, p_2, y)(p_2 - c) = [q - l_1 p_2 + l_2(p_1 + y)](p_2 - c).$$

მწარმოებლები ყოველგვარი ურთიერთშეთანხმების გარეშე საკუთარ საქონელს ისეთ ფასს ადებენ, რომ ცდილობენ რაც შეძლება მეტი მოგება მიიღონ. ამავე დროს, გადაწყვეტილების მიღებისას, მათ უნდა გაითვალისწინონ იმპორტიორის მიერ შემოტანილი განუზღვრელობა y -იმპორტის ფასი.

ყოველივე ამის შემდეგ ბერტრანის ორველიანი არაკოალიციური თამაში განუზღვრელობის არსებობის დროს მიიღებს შემდეგი მათემატიკური მოდელის სახეს

$$\langle \{1,2\}, \{P_i\}_{i=1,2}, Y, \{\Phi_i(p_1, p_2, y)\}_{i=1,2} \rangle. \quad (5)$$

აქ 1 და 2 მოთამაშეთა (მწარმოებლების) რიგითი ნომრებია, რომელთა სტრატეგიებიც არის ფასების ფორმირება $p_i \in P = [0, +\infty)$ ($i=1,2$), Y არის y განუზღვრელობათა სიმრავლე. i -ური მოთამაშის მოგების ფუნქცია $\Phi_i(p_1, p_2, y)$ ($i=1,2$) ი. გერმეიერის გარანტირებული რეზულტატის პრინციპის შესაბამისად წარმოადგენს $f_i(p_1, p_2, y)$ მოგებისა და $\frac{y^2}{2}$ ჯამს, ანუ

$$\Phi_1(p_1, p_2, y) = [q - l_1 p_1 + l_2(p_2 + y)](p_1 - c) + \frac{y^2}{2}, \quad (6)$$

$$\Phi_2(p_1, p_2, y) = [q - l_1 p_2 + l_2(p_1 + y)](p_2 - c) + \frac{y^2}{2}.$$

სიდიდე $\frac{y^2}{2}$ დამატებულია მოგების ფუნქციაზე იმ გაგებით, რომ მოთამაშემ შეირჩიოს სტრატეგია მოგების მაქსიმალურად გაზრდისათვის და ამავე დროს გაითვალისწინოს განუზღვრელობის მაქსიმალური წინააღმდეგობა. ეს იგივეა, რომ გადაწყვიტოს ორკრიტერიუმიანი ოპტიმიზაციის ამოცანა [3].

თამაში მიმდინარეობს შემდეგი სახით:

მოთამაშეები არ შედიან ერთმანეთთან კოალიციაში და განსაზღვრავენ საკუთარ სტრატეგიებს p_i ($i=1,2$), რომლის შედეგადაც ყალიბდება სიტუაცია $p=(p_1, p_2) \in P = P_1 \times P_2$. ერთდროულად მოთამაშთა მოქმედებისაგან დამოუკიდებლად რეალიზდება განუზღვრელობა y . ამრიგად იქმნება წყვილი (p, y) . ასეთი წყვილების სიმრავლეზე განსაზღვრულია i -ური მოთამაშის მოგების ფუნქცია ფორმულით (6). Φ_i ფუნქციის მნიშვნელობა წყვილის (p, y) რეალიზაციის დროს არის i მოთამაშის შემოსავალი, ხოლო $f_i(p_1, p_2, y)$ არის შესაბამისი მოგება.

არაკოალიციური თამაშის (5) პარეტო-გარანტირებულ წონასწორობას წარმოადგენს სამეული $(p^e, \Phi_1^e, \Phi_2^e)$, რომლისთვისაც არსებობს ფუნქცია $yP(p), P \rightarrow y$, რომლის დროსაც [4]:

1. ფუნქცია $yP(p); P \rightarrow y$ ნებისმიერი $p \in P$ -სათვის არის მინიმალური პარეტო-განუზღვრელობა ორკრიტერიულ ამოცანაში

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

რომელიც მიიღება (5) გამოსახულებიდან ნებისმიერი ფიქსირებული სიტუაციისათვის $p = (p_1, p_2) \in P$.

2. სიტუაცია $p^e(p_1^e, p_2^e)$ ნებისმიერი სიტუაციის ტოლფასია განუზღვრელობის გარეშე თამაშში

$$\langle \{1,2\}, \{P_i\}_{i=1,2}, Y, \{\Phi_i(p, yP(p))\}_{i=1,2} \rangle,$$

რომელიც მიიღება თამაშში (5) განუზღვრელობა y -ის ნაცვლად მისი რეალიზაციის $yP(p)$ ჩასმით. ამრიგად, p^e არის პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია, მისი შესაბამისი ვექტორული გარანტია კი $\Phi_i^e = \Phi_i(p^e, yP(p^e))$.

ამრიგად, პარეტო-გარანტირებულ წონასწორობას ბერტრანის ორველიან ამოცანაში იმპორტის არსებობის შემთხვევაში ვარქმევთ სამეულს (p^e, f_1^e, f_2^e) , სადაც პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია $p^e = (p_1^e, p_2^e)$ იგივეა, რაც პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია თამაშში (5), ხოლო $f_i^e(p^e, yP(p^e))$ არის i ფირმის შესაბამისი მოგება.

განვიხილოთ ბერტრანის ორველიანი ამოცანისათვის იმპორტის გათვალისწინებით პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის მისაღებად საჭირო ალგორითმი.

ასეთი ალგორითმი მოითხოვს შემდეგ მიმდევრობით ნაბიჯებს:

1. განვსაზღვროთ უწყვეტი ფუნქცია $yP = yP(p)$, რომელიც ანიჭებს პარეტო მინიმუმს ორკრიტერიულ ამოცანაში

$$\langle Y = [0, +\infty), \{\Phi_i(p, y)\}_{i=1,2} \rangle. \quad (7)$$

რომელიც მიიღება (5) ამოცანიდან ნებისმიერი ფიქსირებული სიტუაციისათვის $(p_1, p_2) \in P$;

2. ავაგოთ სიტუაცია $p^e = (p_1^e, p_2^e)$, ნებისმიერი წონასწორობისათვის განუზღვრელობის არმქონე თამაშში

$$\langle \{1,2\}, \{P_i = [0, +\infty)\}_{i=1,2}, \{\Phi_i(p, yP(p))\}_{i=1,2} \rangle, \quad (8)$$

რომელიც მიიღება (5) ამოცანაში პარეტო-მინიმალური განუზღვრელობის $yP = yP(p)$ ჩასმით.

3. გამოვთვალოთ $p_1 = p_1^e$ და $p_2 = p_2^e$ შესაბამისი მოთამაშეთა მოგებები $f_i(p_1^e, p_2^e, yP(p_1^e, p_2^e)) = f_i^e$ ($i=1,2$).

ბერტრანის ორველიანი მოდელისათვის ავადგომთ გარანტირებული პარეტო-მინიმალური განუზღვრელობა.

მტკიცებულება 1.

განუზღვრელობა $yP(p_1, p_2) = l_2 \frac{2c-p_1-p_2}{2}$ პარეტო-მინიმალურია ორკრიტერიულ ამოცანაში (7) ყოველი სიტუაციისას $p = (p_1, p_2) \in [0, +\infty)^2$.

დამტკიცება.

განვიხილოთ ფუნქცია

$$F(p, y) = \Phi_1(p, y) + \Phi_2(p, y) = f_1(p_1, p_2, y) + f_2(p_1, p_2, y) + y^2 = \\ = [q - l_1 p_1 + l_2(p_2 + y)](p_1 - c) + [q - l_1 p_2 + l_2(p_1 + y)](p_2 - c) + y^2.$$

მინიმალური მნიშვნელობა ამ ფუნქციისა ყველა ფიქსირებული p -სათვის, $p = (p_1, p_2) \in P$, მიიღწევა როდესაც $yP(p) = l_2 \frac{2c-p_1-p_2}{2}$, თუ

$$\left. \frac{\partial F}{\partial y} \right|_{y=yP(p)} = l_2(p_1 - c) + l_2(p_2 - c) - 2yP(p) = 0$$

და

$$\left. \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \right|_{y=yP(p)} = 2 > 0.$$

მივიღეთ, რომ განუზღვრელობა $yP(p) = l_2 \frac{2c-p_1-p_2}{2}$ პარეტო მინიმალურია ორკრიტერიულ ამოცანაში (7) ყოველი ფიქსირებული სიტუაციისათვის $p = (p_1, p_2) \in P$.

ეხლა ავადგომთ ნემის წონასწორობის სიტუაცია „გარანტირებული თამაშისათვის“.

მტკიცებულება 2.

როდესაც $l_1 > \frac{1}{8}$ და $l_2 > 0$, ნემის წონასწორობის სიტუაცია განუზღვრელობის გარეშე თამაშში (8), არის

$$p^e = (p_1^e, p_2^e) = \left(\frac{q+c(l_1+l_2^2)}{2l_1-l_2+l_2^2}, \frac{q+c(l_1+l_2^2)}{2l_1-l_2+l_2^2} \right).$$

დამტკიცება.

მტკიცებულება 1-ში მიღებული განუზღვრელობა $yP(p)$ ჩავსვათ გამოსახულებაში (6). მივიღებთ

$$\Phi_1(p, yP(p)) = [q - l_1 p_1 + l_2 p_2 + l_2 \frac{2c-p_1-p_2}{2}](p_1 - c) + l_2^2 \frac{(2c-p_1-p_2)^2}{8},$$

$$\Phi_2(p, yP(p)) = [q - l_1 p_2 + l_2 p_1 + l_2 \frac{2c-p_1-p_2}{2}](p_2 - c) + l_2^2 \frac{(2c-p_1-p_2)^2}{8}.$$

ნემის წონასწორობის სიტუაციის $p^e = (p_1^e, p_2^e)$ არსებობის საკმარისი პირობები განუზღვრელობის გარეშე თამაშში (8) შეიძლება დაყვანილ იქნეს შემდეგი ოთხი მოთხოვნის შესრულებაში:

$$\left. \frac{\partial(\Phi_1(p_1, p_2^e))}{\partial p_1} \right|_{p_1=p_1^e} = \left(-l_1 - \frac{l_2^2}{2} \right) (p_1^e - c) + q - l_1 p_1^e + l_2 p_2^e + \\ + l_2^2 \frac{2c-p_1^e-p_2^e}{2} - \frac{l_2^2}{4} (2c - p_1^e - p_2^e) = 0, \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial^2(\Phi_1(p_1, p_2^e))}{\partial p_1^2} \right|_{p_1=p_1^e} = -2l_1 - \frac{3}{4} l_2^2 < 0, \quad (10)$$

$$\left. \frac{\partial(\Phi_2(p_1^e, p_2))}{\partial p_2} \right|_{p_2=p_2^e} = \left(-l_1 - \frac{l_2^2}{2}\right)(p_2^e - c) + q - l_1 p_2^e + l_2 p_1^e + l_2^2 \frac{2c - p_1^e - p_2^e}{2} - \frac{l_2^2}{4}(2c - p_1^e - p_2^e) = 0, \quad (11)$$

$$\left. \frac{\partial^2(\Phi_2(p_1^e, p_2))}{\partial p_2^2} \right|_{p_2=p_2^e} = -2l_1 - \frac{3}{4}l_2^2 < 0. \quad (12)$$

პირობები (10) და (12) არსებობენ, ვინაიდან $l_2 > 0$ და $l_1 > \frac{1}{8}$. პირობები (9) და (11) წარმოადგენენ არაერთგვაროვან წრფივ განტოლებებს მუდმივი კოეფიციენტებით

$$\begin{cases} \left(2l_1 + \frac{3l_2^2}{4}\right)p_1^e + \left(\frac{l_2^2}{4} - l_2\right)p_2^e = q + c(l_1 + l_2^2), \\ \left(\frac{l_2^2}{4} - l_2\right)p_1^e + \left(2l_1 + \frac{3l_2^2}{4}\right)p_2^e = q + c(l_1 + l_2^2). \end{cases} \quad (13)$$

ამ სისტემის განმსაზღვრელი

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} & \frac{l_2^2}{4} - l_2 \\ \frac{l_2^2}{4} - l_2 & 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} \end{vmatrix} = \left(2l_1 + \frac{3l_2^2}{4}\right)^2 - \left(\frac{l_2^2}{4} - l_2\right)^2 = (2l_1 - l_2 + l_2^2)(2l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{2}) \neq 0,$$

რადგანაც $l_2 > 0$ და $l_1 > \frac{1}{8}$.

განმსაზღვრელების

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \begin{vmatrix} q + c(l_1 + l_2^2) & \frac{l_2^2}{4} - l_2 \\ q + c(l_1 + l_2^2) & 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} \end{vmatrix} = [q + c(l_1 + l_2^2)] \begin{vmatrix} 1 & \frac{l_2^2}{4} - l_2 \\ 1 & 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} \end{vmatrix} = [q + c(l_1 + l_2^2)] \left(2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} - \frac{l_2^2}{4} + l_2\right) = \\ &= [q + c(l_1 + l_2^2)] \left(2l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{2}\right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \begin{vmatrix} 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} & q + c(l_1 + l_2^2) \\ \frac{l_2^2}{4} - l_2 & q + c(l_1 + l_2^2) \end{vmatrix} = [q + c(l_1 + l_2^2)] \begin{vmatrix} 2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} & 1 \\ \frac{l_2^2}{4} - l_2 & 1 \end{vmatrix} = [q + c(l_1 + l_2^2)] \left(2l_1 + \frac{3l_2^2}{4} - \frac{l_2^2}{4} + l_2\right) = \\ &= [q + c(l_1 + l_2^2)] \left(2l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{2}\right) \end{aligned}$$

გამოთვლის შედეგად მივიღებთ (13) სისტემის ამონახსნს

$$p_i^e = \frac{\Delta_i}{\Delta} = \frac{[q + c(l_1 + l_2^2)] \left(2l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{2}\right)}{(2l_1 - l_2 + l_2^2)(2l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{2})} = \frac{q + c(l_1 + l_2^2)}{2l_1 - l_2 + l_2^2} \quad (i=1,2).$$

ესლა შეგვიძლია ვიპოვოთ მოგების ფუნქცია თითოეული მოთამაშისათვის, გარანტირებული პარეტო-წონასწორობით.

პირველ რიგში $p^e = (p_1^e, p_2^e)$ -ის პირდაპირი ჩასმით გამოსახულებაში $yP(p) = l_2 \frac{2c - p_1 - p_2}{2}$ მივიღებთ, რომ

$$yP(p_1^e, p_2^e) = l_2 \frac{c l_1 - c l_2 - q}{2l_1 - l_2 + l_2^2}. \quad (14)$$

შემდეგ ჩავსვათ გამოსახულებები

$$p^e = (p_1^e, p_2^e) = \left(\frac{q + c(l_1 + l_2^2)}{2l_1 - l_2 + l_2^2}, \frac{q + c(l_1 + l_2^2)}{2l_1 - l_2 + l_2^2}\right)$$

და გამოსახულება (14) მოთამაშეთა მოგებათა ფუნქციების გამოსახულებებში (4) და (5), მივიღებთ მოთამაშეთა შესაბამის მოგებებს

$$f_1^e = f_1(p_1^e, p_2^e, yP(p_1^e, p_2^e)) = [q - l_1 p_1^e + l_2(p_2^e + yP(p_1^e, p_2^e))](p_1^e - c) = l_1 \frac{[q + c(l_2 - l_1)]^2}{(2l_1 - l_2 + l_2^2)^2},$$

$$f_2^e = f_2(p_1^e, p_2^e, yP(p_1^e, p_2^e)) = [q - l_1 p_2^e + l_2(p_1^e + yP(p_1^e, p_2^e))](p_2^e - c) = l_1 \frac{[q + c(l_2 - l_1)]^2}{(2l_1 - l_2 + l_2^2)^2}.$$

ამრიგად შეგვიძლია მიღებული რეზულტატი ჩამოვაცალიბოთ მტკიცებულების სახით:

მტკიცებულება 3.

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა ბერტრანის ორველიან ამოცანაში იმპორტის გათვალისწინებით, როდესაც $l_1 > \frac{1}{8}$ და $l_2 > 0$, არის სამეული (p^e, f_1^e, f_2^e) , სადაც

$$p^e = (p_1^e, p_2^e) = \left(\frac{q + c(l_1 + l_2^2)}{2l_1 - l_2 + l_2^2}, \frac{q + c(l_1 + l_2^2)}{2l_1 - l_2 + l_2^2} \right),$$

ხოლო შესაბამისი მოგება i ფირმისათვის იქნება

$$f_i^e = l_1 \frac{[q + c(l_2 - l_1)]^2}{(2l_1 - l_2 + l_2^2)^2} \quad (i=1,2).$$

On the Nash Equilibrium Situation in Bertrand's Model in Conditions of Uncertainty

Mindia Salukvadze, Vladislav Zhukovskiy

Summary

The paper pertains to Bertrand's problem of duopoly non-coalition game in uncertainty conditions. At the beginning the essence of Nash's equilibrium situation in the theory of non-coalition games is considered. The mathematical model of two firms' market interrelation has been studied which represents the non-coalition game without uncertainty. The obtained solution is equal to Nash's equilibrium situation. Then the authors touch upon Bertrand's model, when the importer enters the market in the form of uncertainty.

To create such situation an algorithm is offered. For the firms involved in the game certain formulas are received for Nash's Pareto-guaranteed equilibrium situation and the corresponding profit.

О ситуации равновесия Нэша в модели Бертрана при условии неопределенности

Миндия Салуквадзе, Владислав Жуковский

Резюме

В работе рассмотрена дуопольная некоалиционная задача Бертрана в условиях неопределенности. В начале дается сущность ситуации равновесия Нэша в теории некоалиционной игры. Изучена математическая модель деятельности двух фирм, что и представляет некоалиционную игру без неопределенности. Полученное решение представляет ситуацию равновесия по Нэшу. После этого рассмотрена модель Бертрана, когда на рынке появляется импортер в виде неопределенности. Для такой задачи изучена Парето-гарантированная ситуация равновесия по Нэшу. Предложен алгоритм для получения такой ситуации. Для игроков фирм получены формулы парето-гарантированной ситуации равновесия по Нэшу и их соответствующих прибилей.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Nash J.F. Non-cooperative games. Ann. Math. 1951.54. P 286-295.
2. Bertrand J. Cabene des probabilities. Paris, 1888.
3. Гермейер Ю.Б. Введение в исследование операции. М. Наука, 1971
4. В. И. Жуковский, М.Е. Салуквадзе. Математические основы золотого правила. Москва-Тбилиси, 2016, 260 стр.

ტიპიური ონლაინ სლოტის პარამეტრების იდენტიფიკაცია

ვიქტორ ხუციშვილი

Email: otariko@yahoo.com

რეზიუმე

აღწერილია ტიპიური ონლაინ სლოტი და მისი პარამეტრები - 13 ფიგურიდან თითოეულის შემთხვევითი ამოსვლის პირობითი ალბათობები. ჩამოყალიბებულია ამ პარამეტრებზე დამოკიდებული სლოტის მთავარი მახასიათებლის - გაცემის წინასწარ დასახელებული დონისა და სტრუქტურის მიღწევის ამოცანა. ალბათობის თეორიის ფორმულებზე დაყრდნობით შედგენილია შესაბამისი არაწრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემა. მის ამოსახსნელად შემოთავაზებულია სამეტაპიანი რიცხვითი ალგორითმი. ორ ეტაპზე გამოიყენება იტერაციები, რომელთა სწრაფი კრებადობა განპირობებულია ამოცანის სპეციფიკის გათვალისწინებით შერჩეული კარგი საწყისი მიახლოებით. მოყვანილია სლოტის პარამეტრების რიცხვითი იდენტიფიცირების მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები: ონლაინ სლოტი, პირობითი ალბათობები, პარამეტრების იდენტიფიკაცია, არაწრფივი, იტერაციები

შესავალი

სათამაშო ინდუსტრიის ერთ-ერთ პოპულარულ სახეობას წარმოადგენს სლოტები, რომელიც ინტერნეტის განვითარების შედეგად დიდწილად არის წარმოდგენილი ონლაინ სლოტების სახით. სლოტი ამლევს მოთამაშეს შანსს მოიგოს თანხა, რომელიც მრავალჯერ აღემატება მისი დადებული ფსონის ოდენობას. თამაშის მიზანია დოლების შემთხვევითი ტრიალის შედეგად ამოვიდეს ფიგურების მომგებიანი კომბინაცია. რაც უკეთესია კომბინაცია, მით უფრო მეტია მოთამაშის მოგება.

სლოტის მომწყობისთვის სამართ პარამეტრებს წარმოადგენს ფიგურების ამოსვლის ალბათობები. ეს პარამეტრები უნდა შეირჩეს ისე, რომ მოთამაშეების მოგებებმა დააკმაყოფილოს გარკვეულ შეზღუდვებს, რომელშიც მთავარი არის მოთხოვნა გაცემის ოდენობაზე. გაცემა არის გარკვეულ პერიოდში მოგებების სახით გაცემული თანხის იგივე პერიოდის განმავლობაში ფსონების სახით შემოსულ თანხასთან შეფარდების მათემატიკური მოლოდინი. პრაქტიკულად გაცემა მერყეობს 90-98 პროცენტის ფარგლებში. ცხადია, რომ საბოლოო ჯამში თვით გაცემაც წარმოადგენს სამართ პარამეტრს, იმიტომ რომ ძირითადად მასზეა დამოკიდებული კონკრეტული სლოტის ბრუნვა და მომწყობის მოგება.

განხილულია ტიპიური სლოტი - პოპულარული თამაში „დიქტატორი“ [1]. მისთვის შედგენილია ალგორითმი, რომელიც ახდენს უცნობი პარამეტრების იდენტიფიცირებას ისე, რომ უზრუნველყოფილი არის გაცემის წინასწარ მოცემული ოდენობა და სტრუქტურა.

ტიპიური სლოტის აღწერა

სლოტის მომხმარებლის, ანუ მოთამაშის წინაშეა მართკუთხედი 3x5, რომელიც 15 უჯრედად არის დაყოფილი. თითოეულ ვერტიკალურ ხაზზე არის 3 უჯრედი, ვერტიკალების რაოდენობა უდრის 5-ს. ამ 15 უჯრედში გარკვეული შემთხვევითი წესით ჩნდება (ამოდის) ფიგურები 13-ელემენტის სიმრავლიდან ისე, რომ ვერტიკალურ სამეულში ფიგურები არ მეორდება. ფიგურების ამოსვლამდე მოთამაშე წინასწარ ირჩევს ჰორიზონტალურ ხუთუჯრედიან ხაზს (ან „ხაზს“, რომლის უჯრედები განლაგებულია 5 განსხვავებულ ვერტიკალურზე), დებს მასზე ფსონს და ელოდება მომგებიან კომბინაციას. კომბინაცია მომგებიანია, თუ მასში არის 3 ან მეტი ფიგურა ერთნაირი ნომრით 0-დან 9-ის ჩათვლით, განლაგებული ზედიზედ მარცხენა ან მარჯვენა ბოლოდან. მოგების შემთხვევაში

მოთამაშის მიერ დადებული ფსონი (თანხა) მრავლდება გარკვეულ რიცხვზე წინასწარ ცნობილი ცხრილიდან და ეს გამრავლებული თანხა (მოგება) მოთამაშეს ეძლევა. რიცხვების (მოგების კოეფიციენტების) ცხრილი ქვემოთ არის მოყვანილი.

ფიგურის №	სამეული	ოთხეული	ხუთეული
0	5	10	15
1	10	20	50
2	15	30	75
3	20	40	100
4	25	50	125
5	30	60	150
6	50	100	250
7	70	140	350
8	80	160	400
9	100	200	500

არსებობს ფიგურა W (Wild, №11), რომელიც იცვლება ნებისმიერ ფიგურაზე 0-დან 9-ის ჩათვლით ისე, რომ მოთამაშემ მიიღოს მაქსიმალური შესაძლო მოგება. მაგალითად, თუ ამოვიდა კომბინაცია 22W33, W შეიცვლება 3-ზე და მოთამაშეს დაუბრუნდება ფსონის 20-ჯერადი თანხა. WWW11 ამოსვლისას W-ები შეიცვლება 9-ებით და მოთამაშე მიიღებს 100-ჯერად თანხას.

ფიგურა S (Scatter, №10) დამატებით უფასოდ ათამაშებს სლოტის კლიენტს 5, 10 ან 15-ჯერ იმის მიხედვით თუ რამდენი S ამოვიდა 15 უჯრედში - 3, 4 ან 5.

ფიგურა B (Bonus, №12) ათამაშებს კლიენტს თანმხლებ თამაშში, რომლის შედეგად ის ღებულობს თავისი დადებული თანხის საშუალოდ b-ჯერადს ($b \approx 45$). ამისთვის 15 უჯრედში ფიგურა B უნდა ამოვიდეს 3 ან მეტჯერ.

მოთამაშეს შეუძლია აირჩიოს სათამაშოდ ერთდროულად რამდენიმე ხაზი. ხაზები დამოუკიდებელია - თითოეულს სჭირდება ერთი და იგივე ოდენობის ფსონი. თუ W ამოვიდა უჯრედში, რომელიც ორ ან მეტ ხაზს ეკუთვნის, ერთ ხაზში W შეიძლება შეიცვალოს ერთი ფიგურით, ხოლო სხვა ხაზებში - სხვა ფიგურებით.

ფიგურების გენერირება

თითოეულ ვერტიკალურ სამეულში ფიგურების გენერირება ხდება სხვა ვერტიკალებისგან დამოუკიდებლად. ვერტიკალურ სამეულში შესაძლებელია სულ $13 \times 12 \times 11 = 1716$ კომბინაცია (იმის გათვალისწინებით, რომ ვერტიკალში ფიგურები არ მეორდება). შემადგენლობით გვექნება $3! = 6$ -ჯერ ნაკლები კომბინაცია, ანუ 286.

ყველა კომბინაციას გააჩნია თავისი ამოსვლის გარკვეული ალბათობა. ამ ალბათობების მიხედვით ინტერვალი $[0,1]$ იყოფა 1716 ნაწილად და იმას, რომელი კონკრეტული ვერტიკალური სამეული ამოვა, წყვეტს ის, რომელ ნაწილში 1716-დან მოხვდება შემთხვევითი რიცხვი, რომელსაც შემთხვევით რიცხვთა გენერატორი იძლევა.

სლოტის მართვის საშუალებას წარმოადგენს მითითებული 1716 ალბათობა. მათი ცვლით იცვლება სლოტის მახასიათებლები, რომელშიც უმთავრესი არის Payout - საშუალო გაცემა ერთეულოვან ფსონზე.

ამოცანის დასმა

მოცემულია შემდეგი რიცხვები:

1. Payout - გაცემა /ცვლილების საზღვრები 0.90 - 0.98/,
ფიგურების წილები ამ გაცემაში, რომელიც განსაზღვრავს გაცემის სტრუქტურას:
 2. PayB - ბონუსის წილი /ცვლილების საზღვრები 0.28 - 0.32/,
 3. PayS - სკატერის წილი /ცვლილების საზღვრები 0.05 - 0.07/ და
 4. b - ბონუს-თამაშის საშუალო კოეფიციენტი /ცვლილების საზღვრები 40 - 50/.
- მოცემულია ასევე ის, რომ $\text{PayF} = 0-9$ ფიგურების ერთობლივი წილი $\text{PayF} = 1 - \text{PayB} - \text{PayS}$ / თანაბრად არის განაწილებული ამ ათ ფიგურას შორის.

უნდა ვიპოვოთ ვერტიკალური სამეულები ამოსვლის 1716 ალბათობა ისე, რომ მივიღოთ წინასწარ დასახელებული გაცემა და ამ გაცემის სტრუქტურა.

ინტუიციურ დონეზე ნათელია, რომ დასმული ამოცანის ამოსახსნელად საკმარისია მოხერხდეს სულ 13 პარამეტრის იდენტიფიცირება. ეს არის p_i , $i = 0, 1, \dots, 12$ ალბათობები, სადაც p_i არის ვერტიკალური სამეულის კონკრეტულ უჯრედში i -ური ფიგურის ამოსვლის ალბათობა. ეს ალბათობები არის პირობითი და პირობა არის ის, რომ ვერტიკალურ სამეულში ფიგურები არ მეორდება. ქვემოთ ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ ამ 13 პარამეტრის იდენტიფიცირების შემთხვევაში ზემოთხსენებული 1716 ალბათობაც გამოითვლება (მართალია, არატრივიალურად). ასე რომ, სლოტი წარმოადგენს დისკრეტულ არაწრფივ სამართ სისტემას 13 საინდეტიფიკაციო პარამეტრით.

ვერტიკალურ სამეულში B ფიგურის ამოსვლის ალბათობა და p_B -ს პოვნა

აღვნიშნოთ ეს ალბათობა x -ით. მაშინ ბონუსის მიღების ალბათობისთვის მივიღებთ გამოსახულებას $x^3 + 5x^4(1-x) + 10x^3(1-x)^2 = x^3(6x^2 - 15x + 10)$. ესე იგი, ამოსახსნელი გვაქვს განტოლება

$$x^3(6x^2 - 15x + 10) = c, \text{ სადაც } c = \text{Payout} \times \text{PayB} / b.$$

ამ განტოლებას ვხსნით ნიუტონის იტერაციული მეთოდით. საწყის მიახლოებად ვიღებთ $x = (c/10)^{1/3}$, ხოლო მორიგი მიახლოება გამოითვლება ფორმულით

$$x = x - [x^3(6x^2 - 15x + 10) - c] / [30x^2(1-x)^2],$$

სადაც x მარჯვენა მხარეში არის წინა იტერაციის შედეგი. 3-4 იტერაცია არის საკმარისი.

ვინაიდან ვერტიკალურ სამეულში B ფიგურა არ მეორდება, ცხადია, რომ $p_B = p_{12} = x/3$.

მაგალითები: 1. Payout = 0.94, PayB = 0.3, b = 45. $p_B = 0.0298759$.

2. Payout = 0.95, PayB = 0.3, b = 45. $p_B = 0.0299868$.

ვერტიკალურ სამეულში S ფიგურის ამოსვლის ალბათობა და p_S -ის პოვნა

ეს ალბათობა აღვნიშნოთ y -ით. მაშინ S ფიგურის 5, 4 და 3 ამოსვლის ალბათობები იქნება შესაბამისად y^5 , $5y^4(1-y)$ და $10y^3(1-y)^2$, ამიტომ საპრიზო უფასო ცდების საშუალო რაოდენობა გამოითვლება ასე: $a = 15y^5 + 10 \times 5y^4(1-y) + 5 \times 10y^3(1-y)^2$, ანუ

$$a = 15y^5 - 50y^4 + 50y^3.$$

რადგან ერთი ცდა იძლევა Payout -ს, ამიტომ a ცდა მოგვცემს $a \times \text{Payout}$ -ს, ესე იგი $a = \text{PayS}$, ანუ y -ის მიმართ მიიღება შემდეგი განტოლება:

$$15y^5 - 50y^4 + 50y^3 = \text{PayS},$$

რომელიც ასევე ეფექტურად იხსნება ნიუტონის მეთოდით:

$$\text{საწყისი } y = (\text{PayS}/50)^{1/3},$$

$$\text{მომდევნო } y = y - [5y^3(3y^2 - 10y + 10) - \text{PayS}] / [25y^2(3y^2 - 8y + 6)],$$

სადაც y მარჯვენა მხარეში არის წინა მიახლოება.

წინა პუნქტში მიღებული დამოკიდებულების ანალოგიურად გვექნება $p_S = p_{10} = y/3$.

მაგალითები: 1. Payout = 0.94, PayS = 0.064304, b = 45. $p_S = 0.0376738$.

2. Payout = 0.95, PayS = 0.064304, b = 45. $p_S = 0.0376738$.

3. Payout = 0.94, PayS = 0.060200, b = 45. $p_S = 0.0368218$.

p_S არაა დამოკიდებული Payout-ზე, ის დამოკიდებულია მხოლოდ PayS-ზე, ანუ მხოლოდ S-ის წილზე Payout-ში.

დარჩენილი 11 პარამეტრის პოვნის უხეში მეთოდი

ამ მეთოდით მიღებულ მიახლოებას შემდგომში გამოვიყენებთ ზუსტი ამოხსნის გამოსათვლელად. უხეში მიახლოების მისაღებად ჩვენ ვისარგებლებთ იმ ფაქტით, რომ მომგებიან კომბინაციებში გაცილებით უფრო ხშირია მომგებიანი სამეულები, ვიდრე ოთხეულები და ხუთეულები. შესაბამისად, მიუხედავად ამ სამეულებზე შედარებით მცირე კოეფიციენტებისა, საერთო გაცემაში ლომის წილი ეკუთვნის სამეულებს. მომგებიანი ოთხეულებისა და ხუთეულების უგულებელყოფის შედეგად მიიღება განტოლებათა მარტივი სისტემა:

$$2T_i(p_i + p_w)^3 = \text{Payout} \times \text{PayF}/10, \quad i = 0, 1, \dots, 9,$$

$$p_0 + p_1 + \dots + p_9 + p_w = 1 - p_s - p_B,$$

სადაც T_i არის მოგება i -ურ სამეულზე. აქედან

$$p_i + p_w = [\text{Payout} \times \text{PayF}/(20T_i)]^{1/3}, \quad i = 0, 1, \dots, 9.$$

შეკრებით და სისტემის ბოლო, მე-11 განტოლების გათვალისწინებით მიიღება ფორმულები როგორც p_w -თვის, ასევე დანარჩენი უცნობებისთვის.

მაგალითი: $\text{Payout} = 0.94, \text{PayB} = 0.3, \text{PayS} = 0.0602, b = 45.$

$$\begin{aligned} p_0 &= 0.16641, & p_5 &= 0.08463, \\ p_1 &= 0.12889, & p_6 &= 0.06897, \\ p_2 &= 0.11065, & p_7 &= 0.06001, & p_{10} &= p_s = 0.03682, \\ p_3 &= 0.09912, & p_8 &= 0.05673, & p_{11} &= p_w = 0.01544, \\ p_4 &= 0.09091, & p_9 &= 0.05155, & p_{12} &= p_B = 0.02988. \end{aligned}$$

მაგალითში მიღებული ალბათობები რომ არის უხეში მიახლოება, ჩანს იქიდანაც, რომ ამ ალბათობებიდან გამოთვლილი გაცემა არ არის 0.94-ის ტოლი. ის უდრის 1.007179-ს.

ზუსტ განტოლებათა სისტემა 11 უცნობი პარამეტრის მიმართ

ეს სისტემა არის საკმაოდ რთული, ამიტომ საილუსტრაციოდ ამოვიწერთ მხოლოდ შედარებით მარტივ მეთავე განტოლებას, რომელიც ასახავს გაცემაში მეცხრე ფიგურის წილს:

$$\begin{aligned} & T_{59}(p_9 + p_{11})^5 + 2T_{49}[(p_9 + p_{11})^4(1 - p_9 - p_{11}) - (p_{11})^4(p_6 + p_7 + p_8)] + \\ & + 2T_{39}[(p_9 + p_{11})^3(1 - p_9 - p_{11}) - (p_{11})^3(p_6 + p_7 + p_8) - (p_{11})^3(p_3(p_3 + p_{11}) + p_4(p_4 + p_{11}) + p_5(p_5 + p_{11})) - \\ & - p_9(p_{11})^2(p_6(p_6 + p_{11}) + p_7(p_7 + p_{11}) + p_8(p_8 + p_{11}))] = \text{Payout} \times \text{PayF}/10, \end{aligned}$$

სადაც T_{59}, T_{49} და T_{39} არის მეცხრე ფიგურისგან შემდგარი ხუთეულის, ოთხეულისა და სამეულის შესამამისი კოეფიციენტები. შევნიშნოთ, რომ მეთერთმეტე განტოლება ასახავს ყველა უცნობი ალბათობის ჯამურად ერთთან ტოლობას, ხოლო პირველი ათი განტოლების ჯამი ასახავს გაცემაში პირველი ათი ფიგურის წილს და მის მარჯვენა მხარეში არის $\text{Payout} \times \text{PayF}$. ზუსტად ამ ჯამური განტოლების დაკმაყოფილება არის ყველაზე მნიშვნელოვანი იმ გაგებით, რომ ცალ-ცალკე 10 განტოლების მცირე დარღვევა პრობლემას არ წარმოადგენს, ასეთი დარღვევა გამოიწვევს მხოლოდ გაცემის სასურველი სტრუქტურის მცირე დამახინჯებას, რაც ნაკლებად მნიშვნელოვანია. სისტემის ამ თავისებურებას ჩვენ გამოვიყენებთ მისი ამოხსნის იტერაციული პროცესის ასაწყობად და საბოლოო ჯამში გაცემის სტრუქტურასაც გავხდით უნაკლოს. შევნიშნოთ აგრეთვე, რომ პირველი ათი განტოლების შეკრებით მიღებული განტოლების მარცხენა მხარეში არის 11 ცვლადის ფუნქცია, რომელიც თითოეული ცალკე აღებული ცვლადის მიმართ არის ზრდადი. ჩვენ ამ თავისებასაც გამოვიყენებთ.

უხეში მიახლოების გაუმჯობესება

გაუმჯობესება მოხდება იმ გაგებით, რომ დავაკმაყოფილებთ ხსენებულ მთავარ ჯამურ განტოლებას, რითაც უზრუნველყოფილი იქნება გაცემის მოცემული დონე Payout . ამას მოვახდენთ უხეში მიახლოების ბაზაზე $p_{11} = p_w$ პარამეტრის ცვლით, რომელზედაც გაცემა ყველაზე ძლიერად არის დამოკიდებული. იმისათვის, რომ არ დაირღვეს მე-11 განტოლება (მოთხოვნა ალბათობების ჯამზე), p_{11} -ის ცვლილებას მიბმული იქნება ყველაზე ნაკლებად გავლენიანი ნულოვანი ფიგურის ალბათობის p_0 -ის ცვლილება, ანუ $p_0 + p_{11}$ იქნება უცვლელი. სხვა სიტყვებით, ჩვენ გვაქვს ჯამური განტოლება

$$F(p_0, p_1, \dots, p_9, p_{11}) = \text{Payout} \times \text{PayF},$$

უხეში მიახლოების კომპლექტიდან ვაფიქსირებთ p_1, p_2, \dots, p_9 და $(p_0 + p_{11})$ -ს, რითაც განტოლების მარცხენა მხარეს ვხდით მხოლოდ ერთ ცვლადზე დამოკიდებულს (ეს დამოკიდებულება წარმოადგენს ზრდადობას). ესე იგი, ამოსახსნელი გვაქვს განტოლება

$$\Phi(p_{11}) = A,$$

სადაც

$$\Phi(p_{11}) = F((p_0 + p_{11}) - p_{11}, p_1, \dots, p_9, p_{11}), \quad A = \text{Payout} \times \text{PayF}.$$

ეს განტოლება ადვილად იხსნება თუნდაც ბისექციის მეთოდით.

მაგალითი: $\text{Payout} = 0.94, \text{PayB} = 0.3, \text{PayS} = 0.064, b = 45.$

ფიგურის №	ამოსვლის ალბათობა	წილი გაცემაში, %
0	0.16963	7.57865
1	0.12875	6.76695
2	0.11054	6.57804
3	0.09904	6.44928
4	0.09084	6.35444
5	0.08458	6.27693
6	0.06895	6.05789
7	0.06001	5.91032
8	0.05673	5.85178
9	0.05157	5.77573
10	0.03761	6.40000
11	0.01187	
12	0.02988	30.00000

როგორც ვხედავთ, ერთნიშნანომრიანი ფიგურის წილი განსხვავდება სასურველი 6.36%-გან (ეს რიცხვი განისაზღვრება ამ მაგალითის მონაცემებიდან), სამაგიეროდ სრულდება მთავარი მოთხოვნა - სლოტის გაცემა უდრის მოცემულ 94%-ს.

გაცემის სასურველი სტრუქტურის მიღწევის ალგორითმი

ზემოთმოყვანილი მასალა გვამძლევს საფუძველს გამოვიდეთ იქიდან, რომ ჩვენ უკვე გვაქვს სლოტის პარამეტრების ისეთი კომპლექტი, რომელიც უზრუნველყოფს გაცემის მოცემულ დონეს, ოღონდ 0-9 ფიგურების წილები ჯერ არაა თანაბარი, ანუ ზოგ ფიგურაზე მოდის საშუალოზე მეტი წილი, ზოგზე კი - ნაკლები.

ავირჩიოთ n და m ინდექსები $\{0,1,\dots,9\}$ სიმრავლიდან ისე, რომ Pay_n იყოს მაქსიმალური წილი ათიდან, ხოლო Pay_m - მინიმალური. იმისათვის, რომ მივუახლოვოთ ეს წილები სასურველ საშუალო სიდიდეს, p_n -ს დავაკლოთ მცირე დადებითი ϵ , ხოლო p_m -ს დავამატოთ იგივე ϵ , ასე რომ ალბათობების ჯამი არ შეიცვლება. შემდეგ $\Phi(p_{11}) = A$ განტოლების ამოხსნით აღვადგინოთ გაცემის მოცემული დონე. ეს მოხდება p_{11} და p_0 ცვლილების ხარჯზე. შემდეგ იტერაციაზე ისევ ვიპოვოთ მაქსიმალური და მინიმალური წილების შესაბამის ინდექსებს და ისევ მოვახდენთ შესაბამისი ალბათობების ერთდროულ ვარირებას, რომელსაც მოვყოლებთ $\Phi(p_{11}) = A$ განტოლების ხელახალ ამოხსნას. იტერაციებს გავაჩერებთ, როცა მაქსიმალური წილი მომდევნო ბიჯზე გახდება მინიმალური, ხოლო მინიმალური წილი გახდება მაქსიმალური. ასეთ ვითარებაში, ანუ ჩაციკლვის შემთხვევაში, შესაძლებელია ϵ -ის შემცირება და პროცესის გაგრძელება შემდეგ ჩაციკლვამდე. გაცემაში ერთნიშნანომრიანი ფიგურების წილების გათანაბრების სასურველი სიზუსტე მიიღწევა ϵ -ის სათანადო შემცირების ხარჯზე.

მაგალითები: $\text{PayB} = 0.3, \text{PayS} = 0.064, b = 45. \text{Payout} = 0.94$ (მეორე სვეტი), $\text{Payout} = 0.95$ (ბოლო სვეტი).

ფიგურის №	ამოსვლის ალბათობა, %	წილი გაცემაში, %	ამოსვლის ალ-ბა, %
0	16.06626950	6.36000	16.08368865
1	12.67785849	6.36000	12.68431371
2	11.00052680	6.36000	11.00137165
3	9.93162309	6.36000	9.92891467

4	9.16455283	6.36000	9.15922517
5	8.57673582	6.36000	8.56944228
6	7.10018755	6.36000	7.08791590
7	6.25075608	6.36000	6.23570948
8	5.93766484	6.36000	5.92160095
9	5.43734527	6.36000	5.41895752
10	3.76119164	6.40000	3.76119164
11	1.10769384		1.14898517
12	2.98759427	30.00000	2.99868322

ფიგურების ვერტიკალური სამეულები ალბათობების გამოთვლა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დასმული ამოცანის ამოხსნა გულისხმობს, რომ მოძებნილი უნდა იყოს ამ ვერტიკალური სამეულების ალბათობები. ეს გარკვეულ პრობლემას წარმოადგენს, ვინაიდან ამ 1716 ალბათობის გამოთვლა უშუალოდ ვერ ხერხდება. პრობლემის გადასაწყვეტად ჩვენ შემოვიღებთ გარკვეულ საშუალებად სიდიდეებს - ფიგურების ამოსვლის 13 უპირობო ალბათობას და აგრეთვე ვერტიკალური სამეულების გენერირების კონკრეტულ წესს, რომელშიც ეს უპირობო ალბათობები იქნება გამოყენებული. საბოლოო ჯამში, როცა პრობლემა იქნება გადაწყვეტილი, არც საშუალებად ალბათობების, არც მათი გამომყენებელი გენერირების კონკრეტული წესის ხსენება საჭირო აღარ იქნება. ეს დამხმარე ინსტრუმენტები დარჩება „სამზარეულოში“.

q_i , $i = 0, 1, \dots, 12$, იყოს უჯრედში i -ური ფიგურის ამოსვლის ალბათობა, როცა ვერტიკალურ სამეულში ფიგურების არგამეორების პირობა არის მოხსნილი. ანუ q_i ალბათობები არის უპირობო და მათი ჯამი უდრის ერთს. გავიხსენოთ, რომ ნაპოვნი p_i , $i = 0, 1, \dots, 12$, ალბათობები იყო პირობითი.

p_{ijk} (ინდექსები იცვლება 0-დან 12-ის ჩათვლით და ერთმანეთს არ უდრის) იყოს ვერტიკალური სამეულების საძიებელი ალბათობები. მათი ჯამიც უდრის ერთს. (i, j, k) ვერტიკალური სამეულის გენერირების წესი იყოს ასეთი: სამივე უჯრედში ერთდროულად ვაგენერირებთ ფიგურებს მათი ამოსვლის უპირობო ალბათობების შესაბამისად. თუ სამეულში ფიგურები გამეორდა, სამეულის გენერირება ხდება თავიდან, სანამ არ დაკმაყოფილდება ფიგურების არგამეორების პირობა.

სამეულში ფიგურების არგამეორების ალბათობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$P_{No} = 1 - \sum_{k=0}^{12} q_k^2 (3 - 2q_k).$$

ამიტომ $p_{ijk} = q_i q_j q_k / P_{No}$. ინდექსები იცვლება 0-დან 12-მდე და ერთმანეთს არ უდრის. j და k ინდექსებით აჯამვის შედეგად მივიღებთ ფორმულებს პირობითი ალბათობებისთვის:

$$p_i = q_i [q_i^2 + (1 - q_i)^2 - \sum_{k=0}^{12} q_k^2] / [1 - 3 \sum_{k=0}^{12} q_k^2 + 2 \sum_{k=0}^{12} q_k^3], \quad i = 0, 1, \dots, 12.$$

ბოლო ფორმულებს განვიხილავთ როგორც არაწრფივ განტოლებათა სისტემას უპირობო ალბათობების მიმართ. მას ამოვხსნით მარტივი იტერაციისა და ზედიელის მეთოდების გარკვეული ნაზავით, ბუნებრივი საწყისი მიახლოებით $q_i = p_i$, $i = 0, 1, \dots, 12$. ამის შემდეგ 1716 ვერტიკალური სამეულის ალბათობის პოვნა სიძნელეს აღარ წარმოადგენს.

მაგალითი: Payout = 0.95, PayB = 0.3, PayS = 0.064, b = 45.

ფიგურის №	პირობითი ალბათობა, %	უპირობო ალბათობა, %
0	16.08368865	19.69867239
1	12.68431371	13.61651535
2	11.00137165	11.18766687
3	9.92891467	9.78394908
4	9.15922517	8.83472666
5	8.56944228	8.13682961

6	7.08791590	6.48359325
7	6.23570948	5.59008878
8	5.92160095	5.27029688
9	5.41895752	4.76860114
10	3.76119164	3.19425498
11	1.14898517	0.92724084
12	2.99868322	2.50756417

გამოთვლების სქემა

საბოლოოდ, დასმული ამოცანის ამოხსნის სქემა შეიცავს სამ ეტაპს. პირველ ეტაპზე Payout-დან და სხვა საწყისი მონაცემებიდან ვახდენთ სლოტის 13 უცნობი პარამეტრის - p_i პირობითი ალბათობების იდენტიფიკაციას, მეორე ეტაპზე ვითვლით q_i უპირობო ალბათობებს და მესამე ეტაპზე ითვლება ვერტიკალური სამეულეების ალბათობები.

Identification of parameters for typical online slot

Victor Khutsishvili

Summary

A typical online slot and its parameters - conditional probabilities of the occasional appearance of each of the 13 icons is described. A problem for the main characteristic of the slot – output, depending on these parameters - to achieve the given level and structure is formulated. On the basis of probability formulas a corresponding system of nonlinear algebraic equations is drawn up. For its solution three-stage numerical algorithm is offered. Two stages use iterations, fast convergence of which caused by taking into account the specificity of the problem when choosing a suitable initial approximation. Examples of the numerical identification of parameters for the slot are presented.

Идентификация параметров типичного онлайн слота

Виктор Хуцишвили

Резюме

Описан типичный онлайн слот и его параметры – условные вероятности случайного выпадения каждой из 13 фигур. Сформулирована задача достижения зависящей от этих параметров главной характеристикой слота – выдачей заранее оговоренных уровня и структуры. На основе формул теории вероятностей составлена соответствующая система нелинейных алгебраических уравнений. Для её решения предложен трёхэтапный численный алгоритм. На двух этапах используются итерации, быстрая сходимость которых обусловлена учитывающим специфику задачи выбором подходящего начального приближения. Приведены примеры численной идентификации параметров слота.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <https://www.adjarabet.com/ka/pages/show/slots/10>

მესამე რიგის განტოლებების ფესვური ჰოდოგრაფების კვლევა
ტრიგონომეტრიის გამოყენებით

ომარ კოტრიკაძე, ქეთევან კოტრიკაძე

Email: ketino27@gmail.com

რეზიუმე

ფესვური ჰოდოგრაფი არის (ბერძ. Hodos – გზა, გრაფიკი) არის ალგებრული განტოლების ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიების ერთობლიობა, როცა ადგილი აქვს ამ განტოლების ერთი ან რამდენიმე კოეფიციენტის ცვლილებას. ფესვური ჰოდოგრაფები, ავტომატური რეგულირების სისტემების ანალიზის და სინთეზის ამოცანებში პირველად გამოიყენა ამარიკელმა მეცნიერმა ევანსმა და საკმაოდ წარმატებულადაც. ეს მოხდა გასული საუკუნის 40-იან წლების მიწურულს. ევანსის მიერ დამუშავებული იქნა ფესვური ჰოდოგრაფების აგების და გამოყენების გრაფო-ანალიზური მეთოდი; მანვე ფესვების ტრაექტორიების ასაგებად გამოიგონა სპეციალური სახაზავი “სპირული,” რომლითაც მარტივდებოდა ალგებრული განტოლების ფესვების არგუმენტების გრაფიკულად პოვნა და აჯამვა. თითქმის ევანსის პარალელურად ფესვური ჰოდოგრაფების ანალიზური კვლევით დაინტერესდნენ რუსი მეცნიერი თეოდორჩიკი და მისი მოსწავლე ბენდრიკოვი, რომლებმაც ფ3-ების ანალიზური გამოსახულებების მისაღებად ისარგებლეს პოლინომის ტეილორის მწკრივით.

ჩვენს მიერ ფ3-ების თვისებების დასადგენად და გრაფიკის ასაგებად, შემოთავაზებული იქნა პოლინომის ფესვების გამოსახვა ტრიგონომეტრიული ფორმაში. ასეთი მიდგომა ერთი შეხედვით ართულებს სასურველი შედეგის მიღწევას, სინამდვილეში კი ფ3-ების (ალგებრული განტოლების ფესვების ტრაექტორიების) დადგენა იმდენად ელემენტარულად და ლამაზად ხდება, რომ ასეთი ანალიზური მიდგომით ფ3-ების კვლევა და გრაფიკის აგება უდავოდ რაციონალურია და მომხიბვლელი.

აღნიშნულ ნაშრომში ჩვენს მიერ განხილული სამწევრა, ნებისმიერი რიგის განტოლების ფ3-ების კვლევა და აგება, როცა ადგილი აქვს ამ განტოლებების ორი კოეფიციენტის ერთდროულად ცვლილებას (სამწევრა განტოლებაში მხოლოდ ორი კოეფიციენტია, რომელიც ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად შეიძლება იცვლებოდნენ).

საკვანძო სიტყვები: მესამე რიგის განტოლება, ფესვური ჰოდოგრაფი, ტრიგონომეტრიული ფორმულები.

გამოვიკვლიოთ

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

განტოლების (S -ცვლადია; α – კოეფიციენტი) ფესვების კომპლექსურ ფესვთა სიბრტყეზე მოძრაობის ტრაექტორიები და ავაგოთ მათი გრაფიკები, როცა α იცვლება ინტერვალში $]-\infty; +\infty[$; ამისათვის დავუშვათ, რომ (1) განტოლების ფესვია $S = r(\cos\varphi + j\sin\varphi)$; მაშინ თუ (1) განტოლებაში ჩავსვამთ S-ის მნიშვნელობას იგი გაიხლიჩება ორ ჭეშმარიტ რიცხვით ტოლობად:

$$r^3 \cos 3\varphi + \alpha r \cos \varphi + 1 = 0 \tag{2}$$

$$r^3 \sin 3\varphi + \alpha r \sin \varphi = 0 \tag{3}$$

თუ (2) ტოლობაში ჩავსვამთ (3) ტოლობიდან განსაზღვრულ α -ს მნიშვნელობას:

$$\alpha = -r^2 \frac{\sin 3\varphi}{\sin \varphi}$$

(4)

მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ:

$$r^3 \sin 3\varphi = \sin \varphi$$

(5)

სადაც, როგორც აღვნიშნეთ, r არის (1) განტოლების ერთი ფესვის მოდული, ხოლო φ არის ამ ფესვის არგუმენტი [1];

ამგვარად, (5) ტოლობა შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც (1) განტოლების კომპლექსური ფესვების განტოლება. ეს იმას ნიშნავს, რომ თუ (5) ტოლობა ჭეშმარიტია, რიცხვითი ტოლობა r -ის და φ -ის რაღაც მნიშვნელობებისთვის, მაშინ $S = r(\cos \varphi + j \sin \varphi)$ მნიშვნელობა (1) განტოლების ფესვია, თუ α განსაზღვრული (1) ფორმულით. იგივე აზრი შეიძლება შებრუნებულად შეიძლება ჩამოვყალიბოთ: თუ $S = r(\cos \varphi + j \sin \varphi)$ (1) განტოლების ფესვია, როცა $\alpha = -r^2 \frac{\sin 3\varphi}{\sin \varphi}$, მაშინ (5) ტოლობა ჭეშმარიტი რიცხვითი ტოლობა იქნება. ამიტომ (5) ტოლობა შეიძლება განხილული იქნას, როგორც (1) განტოლების ფესვების განტოლება. რას ნიშნავს ეს? თუ ჩვენ შევძლებთ ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყეზე დავხაზოთ (1) განტოლების ფესვების მოძრაობის ტრაექტორიები, მაშინ ამ ტრაექტორიების ერთობლიობას შეიძლება დავარქვათ (1) განტოლების ფესვების ჰოდოგრაფები, როცა $\alpha \in]-\infty; +\infty[$

(5) განტოლება შეიძლება გავხლიჩოთ 2 ტოლობად:

$$\sin \varphi = 0$$

და

(7)

$$2r^3 \cos \varphi = 1.$$

აქედან (6) განტოლება არის (1) განტოლების ნამდვილი ფესვების განტოლება, ხოლო (7) კომპლექსური ფესვების განტოლება. თუ (7)-ში შევცვლით $\cos \varphi = \frac{\delta}{r}$, მივიღებთ $2r^2 \delta = 1$ (8).

ამგვარად, (8) ტოლობა არის (7) ტოლობის მოდიფიკაცია, რომლიდანაც ნათლად ჩანს, რომ (1) განტოლების კომპლექსური ფესვები ფესვთა კომპლექსურ სიბრტყის მარჯვენა ნახევარსიბრტყეშია [2].

ვიპოვოთ (1) გაგანტოლების ორჯერადი ნამდვილი ფესვები. ესენი იქნებიან:

$$(S^3 + 1)'S - S'(S^3 + 1) = 0$$

განტოლების ფესვები $S=0$ $S = \sqrt[3]{0,5} = 0,794$. $S=0$ ორჯერადი საბოლოო წერტილია, ხოლო $S = \sqrt[3]{0,5}$, ორჯერადი წერტილია, რომელიც მიიღება თუ $(\alpha = -1,89 \quad \alpha = -\frac{S^3+1}{S} = -\frac{\sqrt[3]{0,5}+1}{\sqrt[3]{0,5}} = -1,89)$.

(1) განტოლების იმ ფესვებს, რომლებიც მიიღებიან $\alpha = 0$ მნიშვნელობისას ჰოდოგრაფის საწყისს წერტილებს უწოდებენ. (1) განტოლების ასეთი წერტილებია:

$$S_1 = e^{-j\frac{\pi}{3}}; S_2 = e^{j\frac{\pi}{3}} \text{ და } S_3 = e^{-j\pi} \quad (6)$$

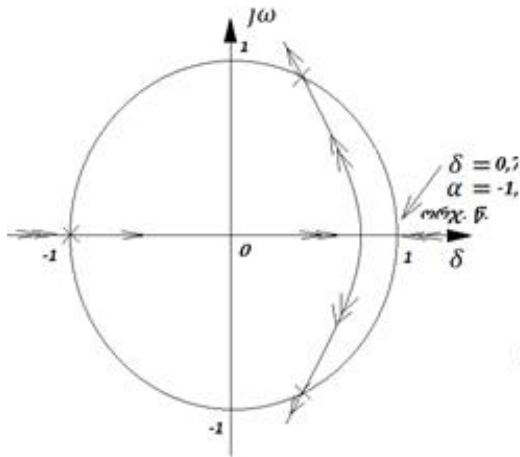
(1) განტოლების იმ ფესვებს, რომლებიც მიიღებიან როცა $\alpha \rightarrow -\infty$. ფკ-ს საბოლოო წერტილები ჰქვიათ. ასეთი წერტილები (1) განტოლებას ერთი აქვს. (მართლაც, თუ (1) განტოლებას გავყოფთ α -ზე $\alpha \rightarrow -\infty$, მაშინ განტოლების ერთი ფესვი იქნება $S=0$ და დანარჩენი ორი ფესვი მიისწრაფვის უსასრულობისაკენ). ბოლოს დავადგინოთ ფკ-ების განტოლების არეები.

ფკ-ის (5) განტოლების თანახმად (1) განტოლების ფესვები აუცილებლად იმ არეშია, სადაც ჭეშმარიტია უტოლობათა სისტემები:

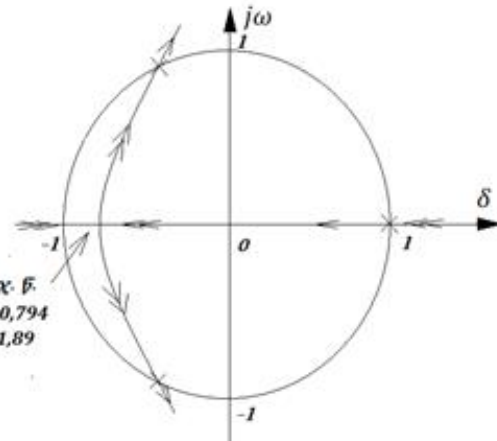
$$\begin{cases} \sin 2\varphi > 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \quad \text{ან} \quad \begin{cases} \sin 2\varphi < 0 \\ \sin \varphi < 0 \end{cases}$$

ანუ $\varphi \in]-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}[$; ე. ი. (1) განტოლების კომპლექსური ფესვები $S = \delta + j\omega$, სადაც $\omega \neq 0$ ყოველთვის მარჯვენა ნახევარსიბრტყეშია (იგივე დებულება ამ შემთხვევაში კარგად ჩანს (8) განტოლებიდანაც $\delta > 0$).

(1) განტოლების ფესვების ტრაექტორიები (ფ3-ები) გამოსახულია ნახ. 1.-ზე.



ნახ. 1



ნახ. 2

ახლა დავადგინოთ

$$S^3 + \alpha S - 1 = 0$$

(9)

განტოლების ფესვების ტრაექტორიები, როცა $\alpha \in]-\infty; +\infty[$. თუ ამ განტოლებაში S -ს შევცვლით “- S ”-ით მივიღებთ (1) განტოლებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ (9) განტოლების ფესვების ნამდვილ ნაწილს (1) განტოლების ფესვების ნამდვილი ნაწილების მოპირდაპირე ნიშნები აქვს. მაშასადამე, (9) განტოლების ფესვების ტრაექტორიები ნახ. 1-ზე გამოსახული ფესვური ჰოდოგრაფების სარკული ანარეკლია წარმოსახვითი ღერძის მიმართ. (1) განტოლების ფესვური ჰოდოგრაფი გამოსახულია ნახ. 2-ზე [3].

ფ3-ს განტოლება იქნება:

$$r^3 \sin 2\varphi = -\sin \varphi$$

(10)

ანუ $2r^3 \delta = -1$ ან $\sin \varphi = 0$. ფესვური ჰოდოგრაფის ორჯერადი წერტილი იქნება $S = -\sqrt[3]{0,5} = -0,794$; ორჯერად წერტილში $S = -\frac{S^3-1}{S} = -\frac{-1,5}{-0,794} = -1,89$;

ახლა გამოვიკვლიოთ

$$S^3 + \alpha S^2 + 1 = 0$$

(11)

განტოლების ფ3-ები. ფ3-ის განტოლება იქნება:

$$r^3 \sin \varphi = \sin 2\varphi$$

(12)

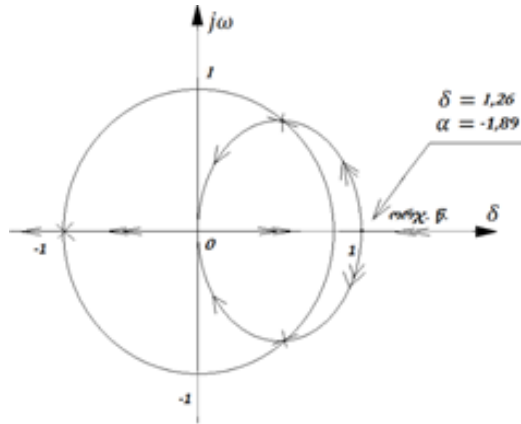
აქედან, $r^4 = 2\delta$ ან $\sin \varphi$.

განტოლების ორჯერადი ნამდვილი ფესვი იქნება $S = \sqrt[3]{2} = 1,26$. (11) განტოლებას ასეთი ფესვი ექნება, თუ $\alpha = -\frac{S^3+1}{S} = -\frac{3}{\sqrt[3]{4}} = -1,89$.

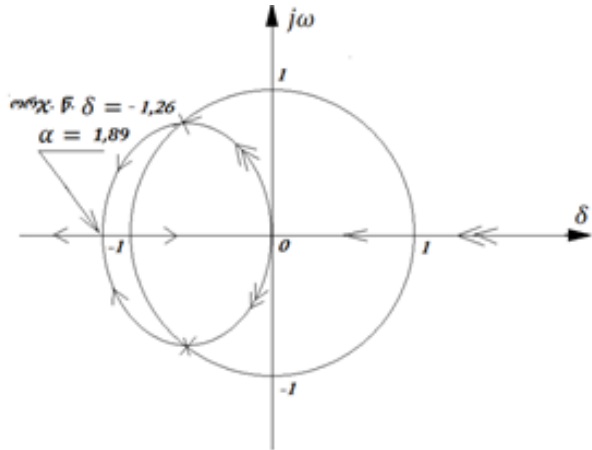
მარტივად მტკიცდება, რომ (11) განტოლების $S = \delta + j\omega$ კომპლექსური ფესვები $\omega \neq 0$ ფესვთა კომპლექსური სიბრტყის მარჯვენა ნახევარსიბრტყეშია. ფ3-ს საწყისი წერტილებია:

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

კოორდინატა სათავეში ორჯერადი საბოლოო წერტილია (11) განტოლების ფ3-ები გამოსახულია ნახ 3-ზე, სადაც მითითებულია ორჯერადი წერტილი $S = \sqrt[3]{2} = 1,26$ და α -ს მნიშვნელობა ამ წერტილში. ამ შემთხვევაშიც ფ3-ის განთავსების არეა: $\varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$.



ნახ. 3



ნახ. 4

ბოლო სამწევრი კუბური განტოლება იქნება:

$$S^3 + \alpha S^2 - 1 = 0.$$

(13)

ჯერ დავადგინოთ აქვს თუ არა (13) განტოლების ფ3-ებს რაიმე მსგავსება ნახ. 3-ზე გამოსახულ ჰოდოგრაფთან. ამისათვის, (13) განტოლებაში შ შევცვალოთ "-S"-ით; მივიღებთ

$$-S^3 + \alpha S^2 - 1 = 0.$$

გავამრავლოთ -1-ზე და მივიღებთ

$$S^3 - \alpha S^2 + 1 = 0$$

ანუ

$$S^3 + (-\alpha)S^2 + 1 = 0.$$

(14)

გამოდის, რომ (13) განტოლების ფ3-ები წარმოადგენენ ნახ. 3-ზე წარმოდგენილი ფესვური ჰოდოგრაფის სარკულ ანარეკლს წარმოსახვითი ღერძების მიმართ, მხოლოდ ყველა ფესვების მოძრაობის მიმართულებები შეცვლილი უნდა იქნას საპირისპიროთი, რაზეც მიუთითებს "- ნიშანი α -ს წინ (14) ფორმულაში.

(13) განტოლების ფ3-ები გამოსახულია ნახ. 4-ზე.

Third order equations root locus research using trigonometry

Omar Kotrikadze, Ketevan Kotrikadze

Summary

Root locus (RL) (gr. hodo - Road, Chart), is the unity of the algebraic equation roots' trajectory when the equation's coefficients, one or more are changing. Root locus was first used by American scientist Evans to solve problems of analysis and synthesis of automatic control systems, and quite successfully. This happened in the late 40's. Graph-analytical method has been developed for the construction of Evans root locus. He also invented a special ruler "spyrul", for the construction of algebraic equations roots' trajectories by which finding and summing the arguments was simplified graphically.

Almost simultaneously with the Evans root locus studies interested Russian scientists Tedorchik and his student Bendrikov who used PolinomTeylor Rows to obtain analytical image of root locus. We have proposed an expression of roots of a polynomial using trigonometric form to determine the properties and construction of the root locus.

Such an approach is, at first glance, makes it difficult to achieve the desired result, but in fact the study of RL (algebraic equation root path) is defined so simply and beautifully, that this analytical approach to research and structuring graphs RL is undoubtedly reasonable and attractive.

In this Article we overview RL structuring and research of trinomial equation of any order RL while two coefficients are changing simultaneously and examine trinomial equation of any order RL specific and development, (there are only two coefficients in trinomial equation two coefficients, that could change independently).

Исследование корневых годографов уравнения третьего порядка с использованием тригонометрии

Омар Котрикадзе, Кетеван Котрикадзе

Резюме

Корневые годографы (КГ) являются (гр. hodo - дорога, диаграмма) единством траектории движения корней алгебраического уравнения, когда меняются коэффициенты данного уравнения один или более. Корневые годографы впервые использовал американский ученый Эванс для решения задач анализа и синтеза автоматических систем управления и вполне успешно. Это произошло в конце 40-х прошлого столетия. Для построения корневых годографов Эвансом был разработан графо-аналитический метод. Он также изобрёл специальную линейку "спирал", для построения траекторий корней алгебраических уравнений, с помощью которой упрощается нахождение графически аргументов корней и их суммирование.

Почти одновременно с Эвансом исследованиями корневых годографов заинтересовались русские ученые Теодорчик и его ученик Бендриков, которые для аналитических выражений корневых годографов воспользовались рядами полинома Тейлора.

Для установления свойств и построения корневых годографов нами предложен выражение корней полинома с помощью тригонометрической формы.

Такой подход, на первый взгляд, затрудняет достижение желаемого результата, но на самом деле исследование КГ (алгебраическое уравнение корней траектории) определяется так просто и красиво, что такой аналитический подход для исследования и построения графиков КГ несомненно, является разумным и привлекательным.

В этой статье мы рассматриваем построение и исследование КГ, при одновременном изменении двух коэффициентов и исследуем трёхчленное уравнение любого порядка pH конкретных ий и разработок, в то время как в то же самое время происходит изменение в соотношении этих двух уравнений (в трёхчленном уравнении два коэффициента. могут меняться одновременно).

ლიტერატურა – References – Литература

1. Удерман Э. Т. « Метод корневого годографа в теории автоматических систем», «Наука» М.,1972 г. 350 ст
2. Kotrikadze T. Anlysis and sysntesis of the robust systems with root locus methhmethod. International conference on informatics and control St-Petersburg. June 9-13,. 1997. 125 p.
3. კოტრიკაძე ო. ფესვური ჰოდოდგრაფების აგების ანალიზური საფუძვლები ა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. საერთაშორისო კონფერენციის “მართვის და ენერგეტიკის პრობლემები” მოხსენებათა კრებული, თბილისი, 2004. გვ. 103-107.

მკურნალობის ტაქტიკის შერჩევა ექსპერტთა აზრის გათვალისწინებით

დალი სიხარულიძე

Dali_sx@yahoo.com

რეზიუმე

ნაშრომში ეფექტური მკურნალობის ტაქტიკის შერჩევის პრობლემა დასმულია როგორც ოპტიმიზაციის ამოცანა სამი სამინიმიზაციო წრფივი კრიტერიუმით ("დისკომფორტი", "ტოქსიკურობა" და "მკურნალობის დრო"). გადაწყვეტილების მიმღები პირი აპრიორულად ვერ საზღვრავს კომპრომისს ჩამოთვლილ კრიტერიუმებს შორის. ამიტომ ხდება კრიტერიუმების აგრეგირება ერთ წრფივ კრიტერიუმად, თითოეული ფუნქციონალის შესაბამისი წონითი კოეფიციენტების დაზუსტება კომპრომისული ამოხსნის მისაღებად ხდება k ექსპერტისაგან შემდგარი საბჭოს მიერ. თითოეული ექსპერტი ავსებს სამ კითხვარს. ორი მათგანი არის მათი კომპეტენტურობის, ხოლო მესამე - ფუნქციონალების მნიშვნელობის (უპირატესობის) შესაფასებელი ცხრილი. [2]-ში მოყვანილი ფორმულებით ხდება საბოლოოდ წონითი კოეფიციენტების გამოთვლა.

საკვანძო სიტყვები: *წონითი კოეფიციენტები, ექსპერტთა შეფასება.*

ეფექტური მკურნალობის ტაქტიკის შერჩევის დროს წარმოიშობა მთელი რიგი მრავალკრიტერიალური ოპტიმიზაციის ამოცანა. ერთერთი შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად [3]: ჩავთვალოთ, რომ ძირითადად შეიძლება გამოიყოს მკურნალობის 6 მეთოდი: მედიკამენტოზური, ფიზიოთერაპია, ჰიპნოზი, სხივური თერაპია, დიეტოთერაპია და სამკურნალო ფიზკულტურა. თითოეულ ამ მეთოდს აქვს ავადმყოფისათვის არასასიამოვნო მხარე (დისკომფორტი). სიმარტივისათვის ჩავთვალოთ, რომ დისკომფორტი პირდაპირ პროპორციულია ზემოქმედების ხანგრძლივობის, მაშინ პირველი კრიტერიუმი, რომლის მინიმიზაციაც არის საჭირო, შეიძლება ჩაეწეროს შემდეგი სახით:

$$d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_6x_6 \rightarrow \min,$$

სადაც x_1, x_2, \dots, x_6 ჩამოთვლილი მეთოდების (მოცემული მიმდევრობით) საძიებელი ხანგრძლივობებია, ხოლო d_1, d_2, \dots, d_6 - შესაბამისი პროპორციულობის კოეფიციენტები. ასევე უნდა ვეცადოთ შევამციროთ თითოეული მეთოდის გვერდითი მოვლენები (ტოქსიკურობა) ეს გვაძლევს მეორე ფუნქციონალს:

$$t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_6x_6 \rightarrow \min$$

ხსენებული მეთოდები ისეთი დოზით უნდა შეირჩეს, რომ ავადმყოფი განიკურნოს, რისთვისაც მათი კომბინაცია უნდა გვაძლევდეს ეფექტურობის დასახელებულ დონეს:

$$e_1x_1 + e_2x_2 + \dots + e_6x_6 \geq E$$

აქაც $t_1, t_2, \dots, t_6; e_1, e_2, \dots, e_6$ - შესაბამისი პროპორციულობის კოეფიციენტებია. დაბოლოს ავადმყოფი უნდა განიკურნოს რაც შეიძლება ჩქარა:

$$\max(x_1, x_2, \dots, x_6) \rightarrow \min$$

ამგვარად, ვლებულობთ შემდეგ მრავალკრიტერიალური ოპტიმიზაციის ამოცანას:

$$d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_6x_6 \rightarrow \min,$$

$$\begin{aligned}
 & t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_6x_6 \rightarrow \min \\
 & \max(x_1, x_2, \dots, x_6) \rightarrow \min \\
 & e_1x_1 + e_2x_2 + \dots + e_6x_6 \geq E, \\
 & x_i \geq 0, i=1, 2, \dots, 6
 \end{aligned}$$

მესამე ფუნქციონალი დაიყვანება წრფივზე დამატებითი ცვლადის შემოღებით: შემოგვაქვს ახალი ცვლადი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს $x_7 \geq x_1$, $x_7 \geq x_2, \dots, x_7 \geq x_6$. ცხადია, რომ x_7 -ის მინიმიზაცია ნიშნავს $\max(x_1, x_2, \dots, x_6)$ -ის მინიმიზაციას. ამოცანა დებულობს სახეს:

$$\begin{aligned}
 & d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_6x_6 \rightarrow \min, \quad (1) \\
 & t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_6x_6 \rightarrow \min \quad (2) \\
 & x_7 \rightarrow \min \quad (3) \\
 & e_1x_1 + e_2x_2 + \dots + e_6x_6 \geq E, \\
 & x_7 \geq x_1 \quad x_7 \geq x_2, \dots, x_7 \geq x_6 \\
 & x_i \geq 0, i=1, 2, \dots, 7
 \end{aligned}$$

გადაწყვეტილების მიმღები პირი აპრიორულად ვერ საზღვრავს კომპრომის ჩამოთვლილ კრიტერიუმებს შორის. ამიტომ ხდება კრიტერიუმების აგრეგირება ერთ ინტეგრალურ კრიტერიუმად, მაგალითად, წრფივ კრიტერიუმად [1]:

$$W(x) = \sum_{j=1}^3 \lambda_j q_j(x), \lambda_j \geq 0, j=1, 2, 3; \sum_{j=1}^3 \lambda_j = 1,$$

სადაც $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_7)$ და $q_j(x), j=1, 2, 3$ აღნიშნავს (1), (2) და (3) ფუნქციონალებს. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ კოეფიციენტების დაზუსტება კომპრომისული ამოხსნის მისაღებად ხდება ექსპერტთა საბჭოს მიერ. ჩავთვალოთ, რომ საბჭო k ექსპერტისაგან შედგება. თითოეული ექსპერტი ავსებს სამ კითხვარს. ორი მათგანი არის მათი კომპეტენტურობის, ხოლო მესამე-ფუნქციონალების მნიშვნელობის (უპირატესობის) შესაფასებელი ცხრილი. თითოეული ექსპერტი აფასებს (1), (2) და (3) ფუნქციონალების ფარდობითი მნიშვნელობების ინტენსივობებს საათის მიერ შემოთავაზებული 9-ბალიანი სკალით. 1 ქულა - ყველაზე დაბალი

	q_1	q_2	q_3
E_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}
E_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}
E_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}
...
E_k	a_{k1}	a_{k2}	a_{k3}

შეფასება, 3-არაარსებითი უპირატესობა, 5-არსებითი, 7-ცხადი, 9-აბსოლუტური, 2,4,

6,8 - შუალედური მნიშვნელობებია ორ მეზობელ მნიშვნელობას შორის. ვადგენთ შეფასებების წონების მატრიცას, რომლის θ_{ij} კოეფიციენტები გამოითვლება ფორმულებით:

$$\theta_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^3 a_{ij}}, i = 1, \dots, k$$

	q_1	q_2	q_3
E_1	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}
E_2	θ_{21}	θ_{21}	θ_{23}
E_3	θ_{31}	θ_{32}	θ_{33}
...
E_k	θ_{k1}	θ_{k2}	θ_{k3}

ექსპერტები ავსებენ კითხვარს. მათი კომპეტენტურობა დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე :

1. დაკავებულ თანამდებობაზე;
2. სამეცნიერო ხარისხზე;
3. სამეცნიერო წოდებაზე;
4. პრაქტიკული სამუშაოს გამოცდილებაზე;
5. სამეცნიერო ნაშრომების რაოდენობაზე;
6. მეცნიერებისა და ტექნიკის მიღწევათა ცოდნაზე;
7. პრობლემების და განვითარების პერსპექტივების გაგებაზე და ა.შ.

თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ პირველ ორ ფაქტორს, გვთავაზობენ [2] ექსპერტთა კომპეტენტურობის შეფასებისათვის ცხრილს 1 და [2] ექსპერტების კომპეტენტურობის შეფასების მეთოდიკას, რომელიც ეყრდნობა შემდეგ ფორმულებს:

$$R_i = (0,1R_{inf,j} + R_{arg,j}) / 2$$

სადაც $R_{inf,j}$ და $R_{arg,j}$ არის გადასაწყვეტი პრობლემის შესახებ ექსპერტების ინფორმირებულობა და არგუმენტირებულობა. კოეფიციენტი $R_{inf,j}$ განისაზღვრება ექსპერტის თვითშეფასებით. გვთავაზობენ თვითშეფასებების ქულების შემდეგ ცხრილს [2]:

$R_{inf,j} = 0$ -ექსპერტი არ იცნობს პრობლემას;

$R_{inf,j} = 1-3$ -ექსპერტი ზედაპირულად იცნობს პრობლემას, მაგრამ ის მისი ინტერესების გარეთაა;

$R_{inf,j} = 4-6$ -ექსპერტი იცნობს პრობლემას, მაგრამ მის გადაჭრაში უშუალოდ არ მონაწილეობს;

$R_{inf,j} = 7-9$ -ექსპერტი იცნობს პრობლემას და მის გადაჭრაში მონაწილეობს უშუალოდ;

$R_{inf,j} = 10$ -ექსპერტი შესანიშნავად იცნობს პრობლემას.

დალი სიხარულიძე

დაკავებული თანამდებობა	(R_j)			
	სპეციალისტი ხარისხის გარეშე	მეცნიერებათა კანდიდატი	მეცნიერებათა დოქტორი	აკადემიკოსი
წამყვანი ინჟინერი	1	–	–	–
უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, მ.თ., უმცროსი მ.თ	1	1,5	–	–
მთავარი მ.თ., წამყვანი მ.თ	–	2,25	3	–
ლაბორატორიის ან სექტორის გამგე	2	3	4	6
განყოფილების გამგე, მოადგილე	2,5	3,75	5	7,5
კომპლექსის, დანაყოფის ხელმძღვანელი	3	4,5	6	9
დირექტორი, მოადგილე	4	6	8	12

ცხრილი 1

$R_{arg,j}$ განისაზღვრება ექსპერტის შეფასებების შემდეგი ცხრილიდან ქულების შეკრებით:

არგუმენტაციის წყაროები	წყაროს გავლენის ხარისხი თქვენს აზრზე		
	მაღალი	საშუალო	დაბალი
თქვენს მიერ ჩატარებული თეორიული ანალიზი	0,3	0,2	0,1
თქვენი საწარმოო გამოცდილება	0,5	0,4	0,2
თანამემამულე ავტორების შრომათა განზოგადობა	0,05	0,05	0,05
უცხოელი ავტორების შრომათა განზოგადობა	0,05	0,05	0,05
საზღვარგარეთ საქმის ვითარების თქვენი პირადი ცოდნა	0,05	0,05	0,05
თქვენი ინტუიცია	0,05	0,05	0,05

ცხრილი 2

$R_i, i = 1, \dots, k$ კოეფიციენტები განისაზღვრება ზემოთმოყვანილი თვითშეფასებებისა და მე-2 ცხრილის მიხედვით. საბოლოოდ, ექსპერტების შეფასებები მიიღება ცხრილი 1-ის k_i ქულისა და R_i ქულის გადამრავლებით: $\bar{R}_i = k_i R_i, i = 1, \dots, k$. საბოლოოდ:

$$\lambda_j = \sum_{i=1}^k \theta_{ij} \bar{R}_i, j = 1, 2, 3$$

Therapeutic Approach Choice Subject to Board of Examiners Estimation

Dali Sikharulidze

Summary

In the paper the effective treatment policy choice problem is stated as optimization problem with three linear functionals subject to minimization (“discomfort”, “toxicity” and “treatment time”). Decision maker a priori can't make a compromise between enumerated criteria. That is why the criteria are aggregated into one linear criterion. Purification of appropriate weighting factor for each functional is made by the board of k examiners. Each examiner fills three questionnaires. Two of them estimate examiners' competence and third-importance of functional. Finally weighting factors are calculated by the formulas from [2].

Выбор тактики лечения с учетом мнения совета экспертов.

Дали Сихарулидзе

Резюме

В статье проблема выбора тактики эффективного лечения ставится как задача оптимизации с тремя минимизируемыми линейными функционалами («дискомфорт», «токсичность» и «время лечения»). ЛПР априорно не может найти компромисс между перечисленными критериями. Поэтому критерии агрегируются в один линейный критерий, для каждого функционала соответствующие весовые коэффициенты для получения компромиссного решения уточняются советом из k экспертов. Каждый эксперт заполняет три вопросника. Два из них оценивают их компетентность, а третий-важность функционалов. Окончательно весовые коэффициенты вычисляются при помощи формул, приведенных в [2].

ლიტერატურა - References - Литература

1. Растрингин Л.,Эйдук Я.Ю., Адаптивные методы многокритериальной оптимизации. Автоматика и телемеханика, 1985 , № 1, стр.5-26.
2. Живицкая Е.Н. Системный анализ и проектирование. Электронный ресурс.<http://victor-safonov.narod.ru/systems-analysis/lectures/zhivickaya.html>
3. Габисония В.Е.,Сихарулидзе Д.М. О применении многокритериальной оптимизации при выборе эффективного лечения.Сборник трудов Института систем управления А.Элиашвили №6, 2002,Тбилиси.

**კრიტერიუმთა შედარებითი მნიშვნელოვნების ასახვა ვექტორული
ოპტიმიზაციის ინტერაქტიულ მეთოდში**

ნელი კილასონია

neli.kilasonia@science.org.ge

რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია ვექტორული ოპტიმიზაციის ინტერაქტიული ალგორითმი რომელიც დაფუძნებულია იმ მოსაზრებაზე, რომ გმპ-ს (გადაწყვეტილების მიმღები პირი) უნარი შესწევს წყვილ-წყვილად შეადაროს კრიტერიუმები მათი მნიშვნელოვნების მიხედვით. ალგორითმის საწყის ეტაპზე ხდება გარკვეული წონების გამოთვლა, რომლებიც გმპ-ს მიერ კრიტერიუმების წყვილ-წყვილად შედარების შედეგადაა მიღებული. შემდეგ სალუქვადის პრინციპის გამოყენებით და მიღებული ამონახსნების გმპ-ს მიერ დადებითი ან უარყოფითი შეფასების საფუძველზე, ალგორითმის ყოველ ახალ იტერაციაზე ხდება საწყისი ამოცანის მოდიფიკაცია ამონახსნების დაზუსტების მიზნით. პროცესი წყდება და მიღებული ამონახსნი ჩათვლება საბოლოო კომპრომისულ ამონახსნად იმ შემთხვევაში, თუ ან გადაწყვეტილების მიმღები პირი ჩათვლის, რომ შედეგი მისთვის დამაკმაყოფილებელია, ან მიღებული პასუხი იმეორებს წინა იტერაციის შედეგს.

საკვანძო სიტყვები: ვექტორული ოპტიმიზაცია, ინტერაქტიული ალგორითმი, სალუქვადის პრინციპი

ნაშრომებში [1] და [2] აღწერილია ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ორი ინტერაქტიული მეთოდი, რომლებიც გათვლილია სხვადასხვა მოთხოვნების მქონე მომხმარებელზე. კერძოდ, ერთ შემთხვევაში გადაწყვეტილების მიმღები პირი (გმპ) ინტერაქტიულ რეჟიმში აზუსტებს თავის მოთხოვნებს კომპრომისული ამონახსნის მიმართ იმ გზით, რომ ყოველ ბიჯზე წარუდგენს ალგორითმს დამატებით ინფორმაციას კრიტერიუმების დასაშვები ქვედა დონეების შესახებ, ხოლო მეორე შემთხვევაში მას შეუძლია მხოლოდ შეაფასოს მიღებული ამონახსნები დადებითად ან უარყოფითად, ყოველგვარი სხვა ინფორმაციის მიწოდების გარეშე.

რიგ შემთხვევებში შესაძლებელია გმპ-ს შეეძლოს აგრეთვე წარმოადგინოს სხვა სახის დამატებითი ინფორმაცია, მაგალითად, ხშირად ეს შეიძლება იყოს ინფორმაცია კრიტერიუმების შედარებითი მნიშვნელოვნების შესახებ, კერძოდ, გმპ-ს შესაძლებელია შეეძლოს წყვილ-წყვილად შეადაროს ისინი ამ ნიშნით.

ქვემოთ წარმოდგენილია ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის მეთოდი, რომელიც ასეთ შემთხვევაზეა გათვალისწინებული.

მეთოდის საწყის ეტაპზე გმპ-საგან მოითხოვება რომ მან წყვილ წყვილად შეადაროს კრიტერიუმები $q_i (i=1...k)$ და ამ შედარების შედეგად, ალგორითმი ახდენს წონების $\pi_i (i=1...k)$ გამოთვლას ნაშრომში [3] წარმოდგენილი ხერხით. ეს წონები ახასიათებენ თითოეული კრიტერიუმის მნიშვნელოვნებას. ამის შემდეგ შესაბამისი ერთკრიტერიული ამოცანების ამოხსნის გზით ხდება თითოეული კრიტერიუმის ოპტიმალური ამონახსნების, ანუ ლოკალური ოპტიმუმების გამოთვლა. გამოითვლება, აგრეთვე, ყველაზე უარესი, ანუ მინიმალური მნიშვნელობები.

შემოთავაზებული მეთოდი შემდეგნაირად აღიწერება:

ბიჯი 1. მოსამზადებელი ეტაპი.

გმპ-საგან მოითხოვება შეიყვანოს კრიტერიუმთა წყვილ-წყვილად შედარების შედეგები. გამოითვლება წონები $\pi_i, i = \overline{1, k}$

ბიჯი 2. ერთკრიტერიული ამოცანების $q_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}, i = \overline{1, k}$ ამოხსნის გზით გამოითვლება ყოველი კრიტერიუმისათვის ოპტიმალური მნიშვნელობები $q_i^0, i = \overline{1, k}$, ხოლო $q_i(x) \rightarrow \min_{x \in D}, i = \overline{1, k}$ ამოცანების ამოხსნის საშუალებით გამოითვლება ყველაზე უარესი მნიშვნელობები $q_i^w, i = \overline{1, k}$;

ბიჯი 3. პირველი კომპრომისული ამონახსნის მიღება.

სალუქვადის იდეალური მანძილის მინიმიზაციის პრინციპის [4] (ან ნებისმიერი სხვა არანტერაქტიული მეთოდის გამოყენებით) ხდება კომპრომისული ამონახსნის და კრიტერიუმთა შესაბამისი მნიშვნელობების გამოთვლა;

ბიჯი 4. ყოველ l -ურ იტერაციაზე მიმდინარე რეზულტატები $q_i^l, i = \overline{1, k}$, წარედგინება გმპ-ს, რომელმაც ამ შედეგების მიმართ უნდა გამოხატოს თავისი დამოკიდებულება, ანუ დაყოს კრიტერიუმები სამ ჯგუფად;

-კრიტერიუმები, რომელთა მიმდინარე მნიშვნელობები მას არ აკმაყოფილებს და ისინი უნდა გაუმჯობესდნენ;

-კრიტერიუმები, რომელთა მიმდინარე მნიშვნელობების გაუარესებაზე იგი თანახმაა;

-კრიტერიუმები, რომელთა მიმდინარე მნიშვნელობები მას აკმაყოფილებს.

შესაბამისად, შმოგვაქვს სიმრავლეები:

- N_I^l ინდექსების სიმრავლე იმ კრიტერიუმებისა, რომლების მნიშვნელობებიც უნდა გაუმჯობესდეს,

- N_K^l რომელთა მნიშვნელობების გაუარესება დასაშვებია;

- N_A^l რომელთა მნიშვნელობები უცვლელი უნდა დარჩეს.

ბიჯი 5. პროცესის დასრულებაზე შემოწმება.

თუ ერთი მაინც N_I^l, N_K^l სიმრავლეთაგან ცარიელია, ან თუ $x^l = x^{l-1}$ პროცესი წყდება და მიღებული ამონახსნი ჩაითვლება საბოლოოდ. სხვა შემთხვევაში პროცესი გრძელდება ბიჯით 6.

ბიჯი 6. საწყისი ამოცანის მოდიფიცირება.

ხდება შემდეგი სახის მოდიფიცირებული ამოცანის ამოხსნა

$$\tilde{R}(x) \rightarrow \min$$

$$\tilde{R}(x) = \sum_{x \in \tilde{D}} \sum_{i \in N_I^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^0} - 1 \right)^2,$$

$$\tilde{D} = D \cap D^l,$$

სადაც

$$D^l = \{x : q_i(x) \geq q_i^l, i \in N_I^l \cup N_A^l\};$$

$$q_i(x) \leq q_i^l + \Delta_i^l, i \in N_K^l;$$

$$\Delta_i^l = (q_i^l - q_i^w)(1 - \pi_i) \}.$$

მიღებული ამონახსნი აღინიშნება x^{l+1} -ით, კრიტერიული ფუნქციების შესაბამისი მნიშვნელობები კი აღინიშნება q_i^{l+1} , $i = \overline{1, k}$, რის შემდეგაც ხორციელდება დაბრუნება ბიჯზე 4.

აღვნიშნავთ, რომ ყოველ იტერაციაზე მიღებული ამონახსნები პარეტო-ოპტიმალურია.

Отображение относительной важности критериев в интерактивном методе векторной оптимизации

ნელი კილასონია

Резюме

В статье описывается интерактивный алгоритм векторный оптимизации, который основан на предположении, что ЛПР (лицо принимающее решение) имеет возможность сравнить критерии попарно по их значимости. На начальном этапе алгоритма высчитываются определенные веса, которые характеризуют относительную важность критериев. Затем с использованием принципа Салуквадзе и на основе положительной или отрицательной оценки ЛПР, на каждой итерации алгоритма происходит модифицирование исходной задачи с целью уточнения решений. Процесс прерывается и полученное решение считается окончательным в том случае, если ЛПР считает его удовлетворительным, или если оно повторяет результат предыдущей итерации.

Representation of Relative Importance of the Criteria in the Interactive Method of Vector-valued Optimization

Neli Kilasonia

Summary

This article describes an interactive vector-valued optimization algorithm, which is based on the assumption that the DM (decision maker) is able to compare the criteria in pairs by their importance. At the initial stage of the algorithm are calculated certain weights that characterize the relative importance of the criteria. Then, using Salukvadze principle and based on the positive or negative assessment of the DM, at each iteration of the algorithm the original problem is modified to clarify the decision. The process stops, and the solution is taken as final if the DM finds it satisfactory, or if it repeats the result of the previous iteration.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ნ. კილასონია. ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ერთი ალგორითმის შესახებ, რომელიც იყენებს ინფორმაციას კრიტერიუმთა დასაშვებ დონეებზე. საქ მეცნ. აკადემიის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 7, 2003
2. Киласония Н.А. Об одном алгоритме решения задачи векторной оптимизации. Сообщ. АН Грузии. 141, 1. 1991.
3. Р.Банайюн, О.И., Ларичев, де Млнголфюе, К. Терни. Автоматика и телемеханика, 8, 1971.

მართვის სისტემები

CONTROL SYSTEMS

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Numerical simulation, design and testing of rectangular shape planar microwave applicators for use in “green” biosynthesis of metal nanoparticles

A. Chirakadze , Z. Buachidze, A. Gigineishvili , L. Gurchumelia , N. Kavlashvili ,
P. Kervalishvili
achikochirakadze@gmail.com

Abstract.

Nowadays manufacturing of metal nanomaterials is one of the most dynamic and rapidly developing fields of high-technology manufacturing. However, the most environment-friendly method of creating nanoparticles is the method of microwave assisted biosynthesis, which is relatively cheap, environmentally safe and technologically simple. This method utilizes environmentally safe precursors (water solutions of metal salts, micro-emulsions or extracts), and the minimization of microwave losses and optimization of heating efficiency are required. This work deals with an attempt to apply in biosynthesis of nanoparticles a recently developed and tested model of microwave applicator, which was proposed for use in microwave hyperthermia. The preliminary results of numerical simulation using CST MICROWAVE STUDIO 2011 software suite, as well as experimental studies showed that combination of four rectangular shaped planar applicators is suitable for efficient use in biosynthesis of metal particles using water micro-emulsions and extracts of different vegetation waste and residues.

Keywords: *microwave applicator, software, numerical simulation, biosynthesis, metal nanoparticles.*

Introduction.

Because of the advantages of water as the solvent, a large number of research activities have been devoted to the microwave-assisted synthesis of inorganic nanostructures in aqueous solution, and the related experimental data have been well documented in the literature. The recent main progress in microwave-assisted synthesis of inorganic nanostructures in aqueous is reviewed and discussed on the basis of the classification of different kinds of materials [1]. Nowadays manufacturing of metal nanomaterials is one of the most dynamic and rapidly developing fields of high-technology manufacturing. Existing methods are mostly based on the chemical reactions in the electrolytic solutions and are very expensive, technologically sophisticated and containing environment threats. Thus, elaborating of the environmentally clean and cheap methods for producing of metal nanoparticles is an actual current problem. However, the most environment-friendly method of creating nanoparticles is the method of microwave assisted biosynthesis, which is relatively cheap, environmentally safe and technologically simple [2]. This method utilizes environmentally safe precursors (water solutions of metal salts, micro-emulsions or extracts), and the minimization of microwave losses and optimization of heating efficiency are required. Different kinds of microwave circuits and applicators can be used for microwave heating of the precursors of synthesis, but in all cases special efforts for simulation, design and optimization of microwave circuit are necessary. Microwave devices usually used for biosynthesis are often called “applicators”. We can use both planar or waveguide ones. Both of have different limitations and advantages, and the main differences are in energy transfer efficiency and versatility [3]. Planar applicators are versatile group of different shaped antennas realized as printed circuit board, so they are cheap to manufacture and could be even made of elastic materials. Most common shapes of such applicators are double spiral and rectangle slot applicators [4]. Spiral applicator behaves as broadband antenna and is less critical to dependence of working frequency on permittivity than slot applicator. At the same time, slot applicator (as a resonant circuit) provides the transfer of more electromagnetic energy to target media. Wavelength of this applicators can be calculated

$$\lambda = c \times f^{-1} \times (\epsilon_{\text{eff}})^{-1/2} \quad (1)$$

where c is speed of light, f is microwave frequency, and ϵ_{eff} is effective permittivity. The value of ϵ_{eff} is higher than relative permittivity of used dielectric and lower than relative permittivity of the used precursors.

Simulation and design of the applicator.

Composition of foursquare slot applicators studied in [4] was utilized. Operational frequency of a common microwave oven 2,45 GHz was chosen. To provide maximum energy transfer to treated solutions it was necessary to find optimal impedance matching between applicator itself and treated precursor solutions in the temperature range $55 \pm 30 \text{ C}^\circ$ and corresponding values of dielectric constant $\epsilon' = 40 \pm 10$ and conductivity $\sigma = 5 \pm 3 \text{ S/m}$. CST MICROWAVE STUDIO 2011 software suite was used for simulation and optimal design with aim to minimize the impedance mismatch. This software is capable of entering variables as dimension parameters and that easy modification of model parameters. Simulations showed that satisfactory matching for the given ϵ' and σ in the all needed range. Figure 1 represents the simulation results for all S parameters calculated for $\epsilon' = 40$ and $\sigma = 5 \text{ S/m}$. It can be easily seen that all calculated values of main S parameters (S_{11} , S_{22} , S_{33} and S_{44}) at the microwave frequency $f = 2.45 \text{ GHz}$ are less than -30 dB . Simulation also showed, that all calculated S parameters are less than -25 dB for the whole range of investigated values of ϵ' and σ . Thus, the proposed applicator design should provide the needed impedance matching and efficient treatment of precursor solutions.

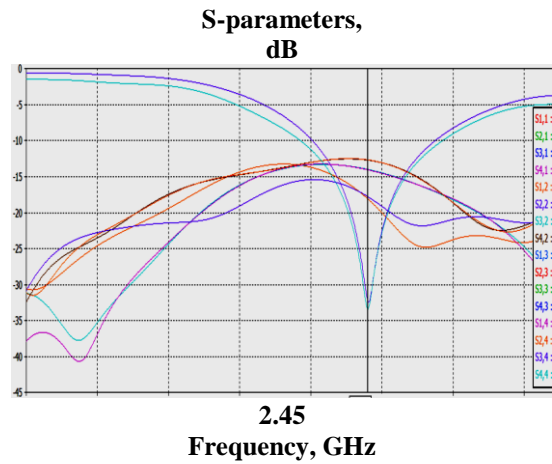


Figure 1. Impedance matching of the composition of four slot applicators ($\epsilon' = 40$ and $\sigma = 5 \text{ S/m}$)

The simulated distribution of the microwave field is given in Figures 1 (sagittal cut plane), 2 (frontal cut plane) and 3 (transversal cut plane).

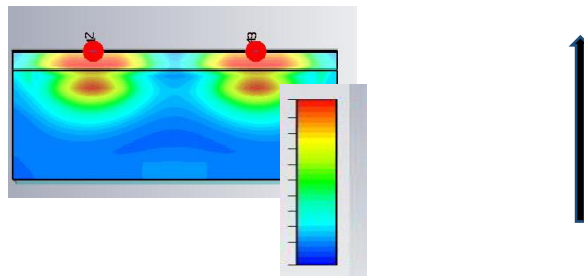


Figure 2. Sagittal cut plane of the microwave field (and Specific Absorption Rate) distribution in the precursor solution ($\epsilon' = 40$ and $\sigma = 5 \text{ S/m}$)

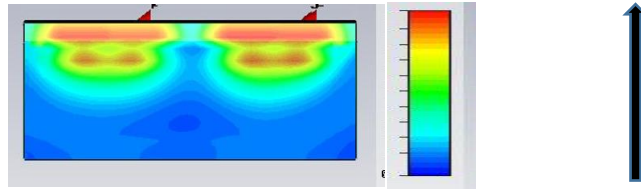


Figure 3. Frontal cut plane of the microwave field (and Specific Absorption Rate) distribution in the precursor solution ($\epsilon' = 40$ and $\sigma = 5$ S/m)

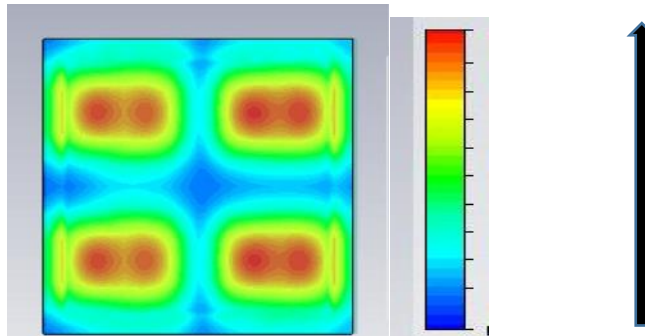
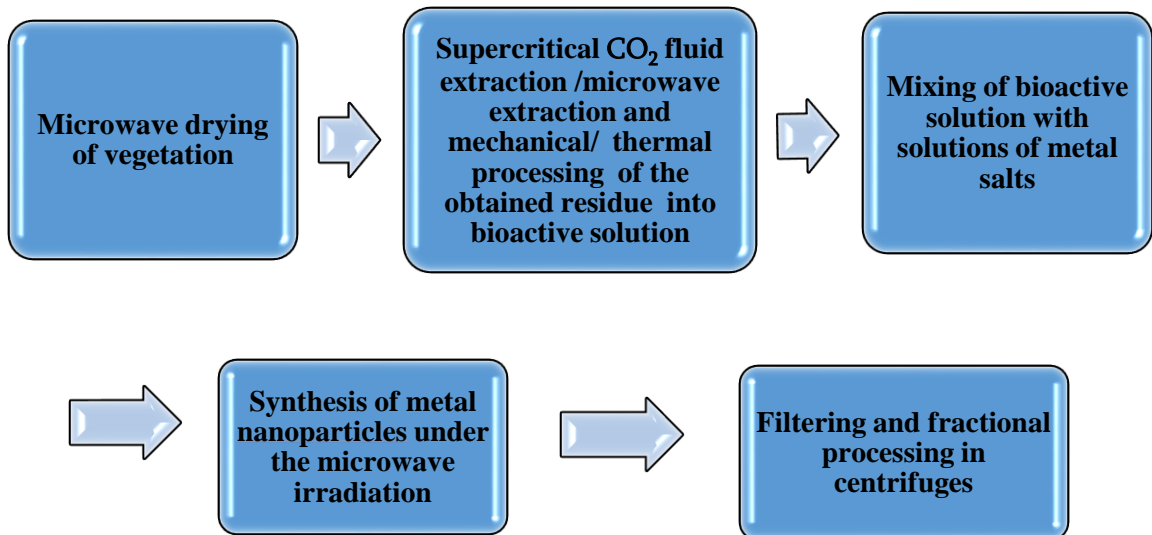


Figure 4. Transversal cut plane of the microwave field (and Specific Absorption Rate) distribution in the precursor solution ($\epsilon' = 40$ and $\sigma = 5$ S/m)

Experimental.

The simulated and designed applicator was used as a microwave source for biosynthesis of silver nanoparticles using the complex treatment method developed and tested in [2]. The typically developed process of biosynthesis using supercritical CO₂ fluid extraction and microwave drying/extraction is the following:



In the current research an experimental installation on the basis of the extractor VN5-PN800 with a microwave transparent window [2] was used for the tea leaves and roots, peppermint roots, etc. (see Figure 5).



Figure 5. Experimental installation for combined microwave and supercritical CO₂ fluid extraction

The designed and constructed applicator was used for the biosynthesis of silver nanoparticles instead of the multimode microwave chamber utilized in [2]. Application of the combination of four square slot applicators allowed to reduce the microwave power consumption for 5-7 times and to reduce the size dispersity of the synthesized nanoparticles.

Results:

Combination of four rectangular shaped planar applicators is suitable for efficient use in biosynthesis of metal particles using water micro-emulsions and extracts of different vegetation waste and residues. Farther progress in simulation, design and development of the high-efficient versatile microwave applicators is very urgent in terms of achieving the volume production of low-cost metal nanoparticles using “green” methods.

მართკუთხა პლანარული ზემადღალისხშირული აპლიკატორის რიცხვითი მოდელირება, პროექტირება და გამოცდა ლითონური ნანონაწილაკების „მწვანე“ ბიოსინთეზში გამოსაყენებლად

ა. ჭირაკაძე, ზ. ბუაჩიძე, ა. გიგინეიშვილი, პ. კერვალიშვილი, ლ. ლურჯუმელია,
ნ. ყავლაშვილი

რეზიუმე

სადღესოდ ლითონური ნანომასალების დამზადება წარმოადგენს მაღალტექნოლოგიური წარმოების ერთ-ერთ ყველაზე დინამიურ და სწრაფად მზარდ დარგს. იმავდროულად, ნანონაწილაკების წარმოების ყველაზე უფრო ეკოლოგიურად სუფთა ხერხი გახლავთ მიკროტალღური დასხივების პირობებში განხორციელებული ბიოსინთეზი, რომელიც გამოირჩევა დანახარჯების სიმცირით, უსაფრთხო გარემოსთვის და ტექნოლოგიურად მარტივია. იგი იყენებს ეკოლოგიურად უსაფრთხო პრეკურსორებს (ლითონების მარილების წყალხსნარებს, მცენარეულ მიკროემულსიებს და ნაყენებს), ამასთან აუცილებელია მიკროტალღური სიმძლავრის დანაკარგების მინიმიზაცია და სითბოგადაცემის ეფექტიანობის გაზრდა. CST MICROWAVE STUDIO 2011 პროგრამული უზრუნველყოფის კომპლექტის მეშვეობით შესრულებული რიცხვითი მოდელირების წინასწარი შედეგები, ისევე როგორც ჩატარებული ექსპერიმენტი, გვიჩვენებს, რომ მართკუთხა ფორმის ოთხი პლანარული აპლიკატორის კომბინაცია შეიძლება გამოვიყენოთ ლითონების მარილების წყალხსნარების, წყლის მცენარეული მიკროემულსიებისა და ნაყენების ან ლითონური ნანონაწილაკების ბიოსინთეზისათვის.

Численное моделирование, проектирование и проверка прямоугольного планарного микроволнового аппликатора СВЧ-диапазона для «зеленого» биосинтеза металлических наночастиц

А. Чиракадзе, З. Буачидзе, А. Гигинеишвили, Л. Гурчумелиа, Н. Кавлашвили, П. Кервалишвили

Резюме

На сегодняшний день получение металлических наночастиц является одной из наиболее динамичных и быстро развивающихся областей высокотехнологического производства. В то же время, самым экологически безопасным способом получения наночастиц является микроволновой биосинтез, который отличается относительной дешевизной, безопасен для окружающей среды и прост в технологическом плане. Этот метод использует безвредные прекурсоры (водные растворы солей металлов, растительные микроэмульсии и настойки), но может быть успешно реализован только при условии минимизации потерь СВЧ-мощности и увеличения эффекта теплопередачи. Данная работа посвящена исследованию возможности использования в процессе нанобиосинтеза СВЧ-аппликатора, недавно предложенного для осуществления эффективной микроволновой гипертермии. Предварительные результаты, полученные с использованием пакета программного обеспечения CST MICROWAVE STUDIO 2011б свидетельствуют о том, что устройство из четырех планарных аппликаторов прямоугольной формы можно с успехом применять для биосинтеза металлических наночастиц с применением водных растворов солей металлов, водных растительных микроэмульсий и настоек.

ლიტერატურა - References - Литература

1. Ying-Jie Zhu and Feng Chen. Microwave-Assisted Preparation of Inorganic Nanostructures in Liquid Phase. Chemical Review. 2014, 114, 6462–6555.
2. Utilization of agricultural waste through biosynthesis of the metal nano- particles. A. Chirakadze, L. Ghurchumelia, M. Gabrichidze, G. Chiradze, Z. Buachidze. Utilization of agricultural waste through biosynthesis of the metal nano-particles. STEM Workshop on Nanotechnology and Environmental Sciences, Tbilisi, Georgia, Sep. 4-6, 2015, Proceedings, 187-194.
3. J. Kosík, J. Vorlíček, J Vrba. Design of Rectangular Shaped Slot Planar Applicator. Available at http://dsp.vscht.cz/konference_matlab/MATLAB12/full_paper/042_Kosik.pdf
4. O. Rychlík, J. Šafařík. Planar Applicators for Local Hyperthermia. 19th International Conference Radioelektronika 2009. Proceedings. Bratislava: FEI, Slovak University of Technology, 2009, 260-263

დიდი მუდმივი დენის წყარო დატვირთვის დენის წრფივი მახასიათებლით

ოთარ ლაბაძე, ნუგ ზარ ყავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, თამაზ საანიშვილი

olabadze@gmail.com, l.gvaramadze@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია დიდი მუდმივი დენის წყაროს ძირითადი ბლოკის, დაგვიანების ბლოკის რეალიზაციის თავისებურებები

ნაჩვენებია, რომ დაგვიანების ბლოკის, ანალოგური მეთოდებით რეალიზაციის უარყოფითი მხარეები. კერძოდ საკუთრივ დაგვიანების დამკვეთი ელემენტი (ცვლადი წინააღმდეგობა) არ იძლევა საშუალებას ზუსტად დავაფიქსიროთ მისი მნიშვნელობა პოტენციომეტრის სახელურის პოზიციონირებით. თავად დაგვიანების სიდიდეც არ არის წრფივად დამოკიდებული წინააღმდეგობის სიდიდეზე.

განხილულია დაგვიანების ბლოკის ციფრული რეალიზაციის უპირატესობები. შემოთავაზებულია ციფრული რეალიზაციის დროს გამოსავლელი დენის წრფივი მახასიათებლის მიღების ერთი ვარიანტი. მოყვანილია მეთოდიკა რომლითაც ხორციელდება შესაბამისი პარამეტრების შერჩევა გაწრფივების წინასწარ დაკვეთილი სიზუსტით რეალიზაციისათვის. აღნიშნულია ამ მეთოდიკის გავრცელების საშუალების შესაძლებლობა დაგვიანების სიდიდის ცვლილების სხვა არწრფივი მახასიათებლის მიღებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: დაგვიანება, დიდი მუდმივი დენი, გაწრფივება

ტირისტორების მართვის ფაზოიმპულსურ მეთოდზე დაფუძნებული დიდი მუდმივი დენის წყაროების ძირითადი შემადგენელი ნაწილი - დაგვიანების ბლოკი, როგორც წესი, რეალიზებულია ანალოგური გამზომი ტექნიკის ელემენტებზე [1]. მათთვის დამახასიათებელია გამოსავალი პარამეტრების დაბალი ტემპერატურული სტაბილურობა. გარდა ამისა მათ არ შეუძლიათ უზრუნველყონ გამოსავალი მახასიათებლების წრფივობა, რაც უმრავლეს შემთხვევებში ზღუდავს მათ გამოყენებას საკონტროლო-გამზომ ტექნიკაში.

დენის წყაროს გამოსავალი სიდიდის - დატვირთვის დენის მნიშვნელობის დამკვეთი (მარეგულირებელი) მოწყობილობა უმარტივეს შემთხვევაში წარმოადგენს ჩვეულებრივი ანალოგურ პოტენციომეტრის გამოყენებით აგებულ RC წრედს, რომლის R წინააღმდეგობის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ტირისტორების მართვის ფაზოიმპულსურ მეთოდის რეალიზაციისათვის საჭირო დაგვიანების იმპულსის ხანგრძლივობის სიდიდეს τ_1 . პირველ მიახლოებაში ბლოკის მიერ გენერირებული დაგვიანების ეს სიდიდე შეიძლება მივიჩნიოთ პოტენციომეტრის წინააღმდეგობის პროპორციულად, ხოლო პოტენციომეტრის წინააღმდეგობის მნიშვნელობა მისი მცოცის წრფივი გადაადგილების ან კუთხური მობრუნების Ω პროპორციულად. თუ უგულებლვყოფთ ტრანსფორმატორის გამოსავალი გრაგნილის და დატვირთვისთან მისაერთებელი სადენების წინააღმდეგობას შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ გამომავალი დენის სიდიდე პროპორციულია გრაფიკებზე მოჭრილი S ფართის, რომლის ფუძე არის τ ნახ1. 50 ჰგ. ქსელის შემთხვევაში:

$$\tau_1 + \tau = 10\text{მწმ} \quad (1)$$

აქ τ_1 არის დაგვიანების ბლოკის მიერ გენერირებული დაგვიანების სიდიდე; τ ნახ1. მოყვანილი გრაფიკზე მოჭრილი ფართის ფუძის სიდიდე

დიდი მუდმივი დენის წყაროს ფუნქციური დატვირთვიდან გამომდინარე შეგვიძლია განვიხილოთ ორი შემთხვევა: გამოსავალ წრედში გადატანილი მუხტის ან დენის სიმძლავრის გამოყენება. პირველ შემთხვევაში გამოსავალი სიდიდის მნიშვნელობა იქნება

დიდი მუდმივი დენის წყარო დატვირთვის დენის წრფივი

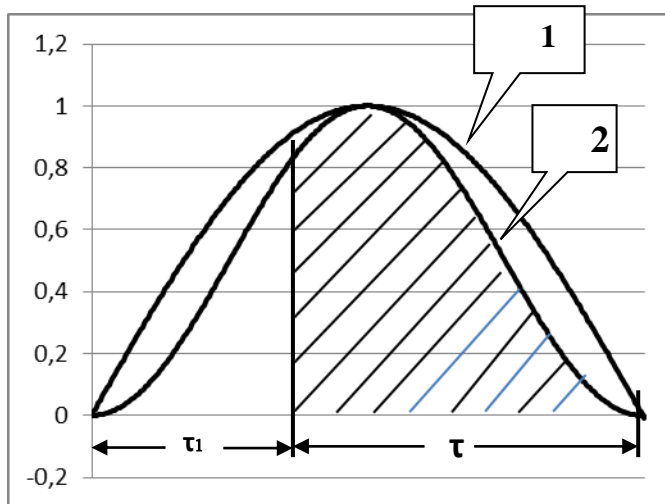
სინუსოიდალური დენის საშუალო მნიშვნელობის პროპორციული (მრუდი 1), ხოლო მეორე შემდგომში დენის ეფექტური მნიშვნელობის (მრუდი 2).

განვსაზღვროთ, თუ როგორაა დამოკიდებული გამოსავალი სიდიდის მნიშვნელობა τ_1 დაგვიანებაზე. განვიხილოთ პირველი შემთხვევა. როცა საქმე გვაქვს დენის საშუალო მნიშვნელობასთან, გამოსავალი სიდიდე იქნება ნახ.1 (მრუდი 1). ნაჩვენებია ფართის პროპორციული.

$$S_{max} = \int_0^{10} A \cdot \sin\left(\frac{\pi}{10} t\right) dt = 2A$$

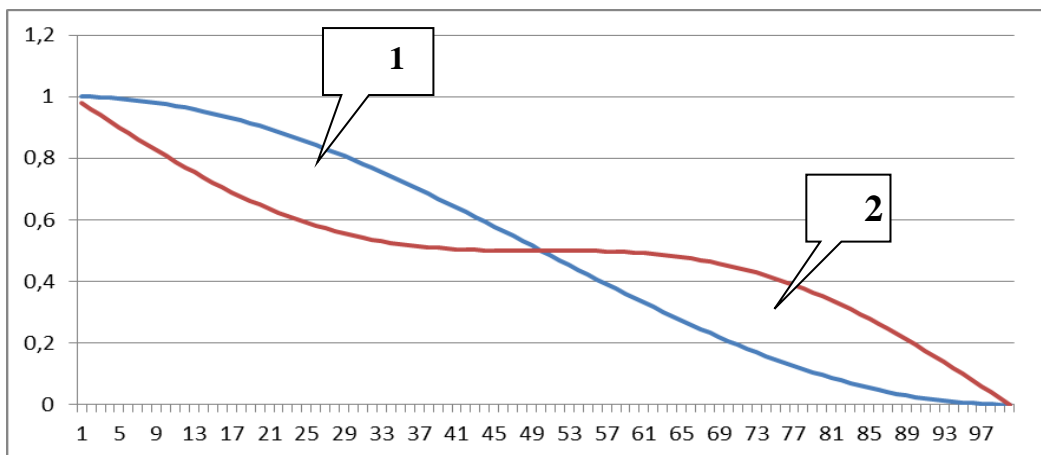
$$S = \int_{\tau_1}^{10} A \cdot \sin\left(\frac{\pi}{10} t\right) dt = A\left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{10}\right)\tau_1\right]$$

აქ S-არის სინუსოიდის დადებითი ნახევარპერიოდზე მოკვეთილი ფართის სიდიდე, S_{max} - სინუსოიდის ნახევარპერიოდის მთლიანი. A-დენის ძალის ამპლიტუდური - მაქსიმალური მნიშვნელობაა. τ 50 ჰც-იანი სინუსოიდალური ქსელის დროს იცვლება 10მწმ - 0 ინტერვალში. ნახ.1 თვალსაჩინოებისათვის აღებულია $A=1$.



ნახ.1.

რადგანაც ძირითადად გვინტერესებს დენის წყაროს გამოსავალი სიდიდის ცვლილების ფორმა, შემოვიტანოთ ფარდობითი სიდიდე α მიმდინარე ფართის ფარდობა მის მაქსიმალურ მნიშვნელობასთან.



ნახ.2

$$\alpha = S/S_{max} = [1 + \cos(\frac{\pi}{10} \tau_1)]/2 \quad (3)$$

ნახ.2 მოყვანილია ამ ფუნქციის გრაფიკი (მრუდი 1). ის არაწრფივია.

ანალოგიურად თუ განვიხილავთ მეორე შემთხვევას - როცა საქმე გვაქვს დენის ეფექტურ მნიშვნელობასთან, მაქსიმალური ფართის S_{max} , მოვეთილი ფართის S მნიშვნელობები და ფარდობითი სიდიდე α . შესაბამისად:

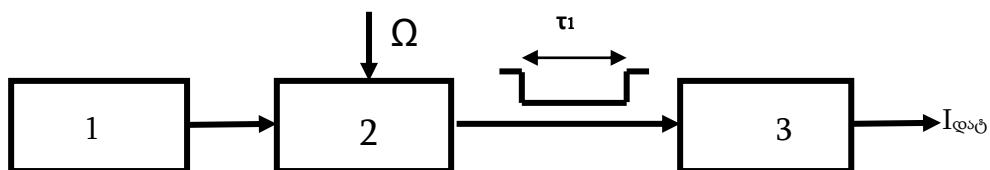
$$S_{max} = \int_0^{10} A \sin^2(\frac{\pi}{10} t) dt = A \frac{\pi}{2}$$

$$S = \int_{\tau}^{10} A \sin^2(\frac{\pi}{10} t) dt = A \frac{\pi}{2} (1 - \frac{\tau}{10} + \frac{\sin 2\frac{\pi\tau}{10}}{2\pi})$$

$$\alpha = \frac{S}{S_{max}} = (1 - \frac{\tau}{10} + \frac{\sin 2\frac{\pi\tau}{10}}{2\pi}) \quad (4)$$

ამ შემთხვევაში ანალიტიკური დამოკიდებულების $\tau = f(\alpha)$ განსაზღვრა ცხადი სახით შეუძლებელია. ის აგებულია ცხრილების საშუალებით. ნახ.2 (მრუდი 2). აქაც S ფართის სიდიდე არაწრფივად დამოკიდებული τ_1 დაგვიანებაზე და შესაბამისად პოტენციომეტრის მცოცის გადაადგილებაზე, რაც მთლიანობაში განსაზღვრავს $I_{დატ}$ დატვირთვის დენის მარეგულირებელი ორგანოს სკალის არაწრფივობას. რიგ შემთხვევებში ეს იწვევს გარკვეულ უხერხულობას, მაგრამ თუ ხელასწყოს დანიშნულებაა რაიმე დანადგარის კალიბრება, არაწრფივი სკალა მნიშვნელოვნად ართულებს კალიბრების პროცესს და ხშირად საერთოდ მიუღებელია. შექმნილი მდგომარეობიდან ერთგვარ გამოსავალს წარმოადგენს ე.წ. მრავალბრუნვიანი პოტენციომეტრების გამოყენება წინააღმდეგობის მნიშვნელობის ზუსტი დაყენებისათვის. მაგრამ აქაც სკალის არაწრფივობის თავიდან აცილება შეუძლებელია.

აქედან გამომდინარე, მიზნშეწონილია მართვის ისეთი მოწყობილობის რეალიზაცია რომელსაც გააჩნია წრფივი სკალა. ეს შესაძლებელი ხდება თუ განხორციელდება დაგვიანების სიდიდის ფორმირების ციფრული ვარიანტი. დაგვიანების ბლოკის ციფრული რეალიზაციის ერთერთი ვარიანტი მოცემულია [2]. ანალოგურ მეთოდებთან შედარებით მას გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობები (ტემპერატურული სტაბილურობა, მახასიათებლის განმეორებადობა), მაგრამ მასში არ ხერხდება გამოსავალი სიდიდის წრფივობის პრობლემის გადაწყვეტა. ნახ. 3 მოცემულია დაგვიანების ბლოკის ციფრული რეალიზაციის ზოგადი ბლოკ-სქემა, რომელშიც გათვალისწინებულია წრფივი მახასიათებლის მიღების შესაძლებლობა:



ნახ. 3

აქ - 1-მართკუთხა იმპულსების გენერატორი; 2-სამართი ზემოქმედების გარდამქნელი, რომელიც ახორციელებს τ_1 დაგვიანების იმპულსის ფორმირებას; 3- საკუთრივ დიდი მუდმივი დენის $I_{დატ}$ მაფორმირებელი მოწყობილობა. Ω დამკვეთი წარმოადგენს ციფრულ მოწყობილობას (კლავიატურა, კოდის მაფორმირებელი გორგოლაჭებით, კოდის მაფორმირებელი ჩამრთველებით), რომლითაც ხორციელდება დისკრეტული წრფივი ზემოქმედება.

დიდი მუდმივი დენის წყარო დატვირთვის დენის წრფივი

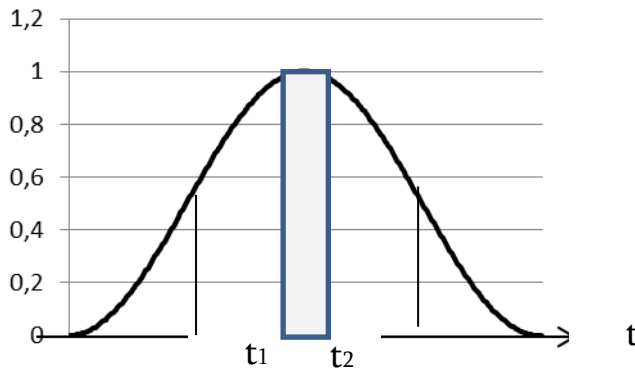
ბლოკ სქემის ფუნქციაა Ω სამართი ზემოქმედების შედეგად განახორციელოს დაგვიანების t_1 იმპულსის ისეთნაირი ცვლილება, რომ გამოსავალი სიდიდე $I_{დატ}$ იცვლებოდეს წრფივად:

$$I_{დატ} = k(\Omega)$$

შეიძლება განვიხილოთ ორი ვარიანტი.

- გენერატორი ახორციელებს მუდმივი სიხშირის სტაბილური იმპულსების გენერირებას, ხოლო გარდამქნელის გადაცემის ფუნქცია არის არაწრფივი. თანაც ეს არაწრფივობა ისეთნაირია, რომ გამოსავალი სიდიდე $I_{დატ}$ იცვლება წრფივად;
- გარდამქნელის მახასიათებელი წრფივია, მაგრამ გენერატორის მიერ გენერირებული იმპულსების სიხშირე ცვლიდა ისეთნაირად, რომ საბოლოოდ დატვირთვის მახასიათებელი გამოდის წრფივი.

პრაქტიკული რეალიზაციისათვის სიმარტივის მიხედვით უფრო მისაღებია პირველი ვარიანტი. წრფივი მახასიათებლის მიღებისათვის გამოვიყენოთ [3] შემოთავაზებული მეთოდი. ნახ.1 მოცემული ფუნქციების მიერ შემოსაზღვრული ფართობი ერთეულოვანი ამპლიტუდური მნიშვნელობის დროს S_{MAX} იყოფა N ტოლ ნაწილებად. აქ N განსაზღვრავს ციფრული დამკვეთი მოწყობილობის მიერ რეალიზებულ დისკრეტულ მდგომარეობათა რაოდენობას და შესაბამისად გამოსავალი სიდიდის $I_{დატ}$ რეგულირების სიზუსტეს. რეალურ სისტემებში $N \Rightarrow 10$. შესაბამისად თითოეული ელემენტარული ფიგურის ფართი იქნება: S_{MAX}/N . ცხადია, რომ ამ ელემენტარული ფიგურების ფუძეები იქნება მინიმალური გრაფიკის ცენტრში. იხ. ნახ4.



ნახ.4

საკმაოდ კარგი მიახლებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ცენტრში მიღებული ელემენტარული ფიგურის ფართი არის მართკუთხედი. მაშინ მისი ფართობის მნიშვნელობა:

$$1 \cdot (t_2 - t_1) = \Delta t = S_{MAX}/N \tag{5}$$

რადგანაც დაგვიანების ფორმირება ხდება ციფრული მოწყობილობით (მრიცხველით) დაგვიანების მნიშვნელობა იცვლება დისკრეტულად და მისი დისკრეტიზაციის ბიჯი დამოკიდებულია მოწყობილობაში გამოყენებული გენერატორის სიხშირეზე. 50 კვ -იან ქსელში მაქსიმალური დაგვიანების მნიშვნელობა არის 10 მწმ შესაბამისად იმისდა მიხედვით თუ რამდენ თანრიგიან მრიცხველს გამოვიყენებთ მინიმალური ბიჯის სიდიდის მნიშვნელობა:

$$\Delta t = 10/M \tag{6}$$

სადაც M არის მრიცხველის შევსებისათვის აუცილებელი იმპულსების რაოდენობა, სქემოტექნიკური გადაწყვეტების პრაქტიკიდან გამომდინარე $M = 64, 128, 256, 512, 1024$ შესაბამისად (5) და (6) გამოყენებით:

$$M = 6,37N \quad (7)$$

რადგანაც Δt არის დისკრეტიზაციის რეალიზაციის მინიმალური მონაკვეთი t ღერძზე დიაგრამის ცენტრში ნახ.4, (7) პირობიდან შეგვიძლია, დავკეთილი N დისკრეტიზაციის ხარისხიდან გამომდინარე, გავნსაზღვროთ მრიცხველის შესავსები იმპულსების რაოდენობის ქვედა ზღვარი M

$$M \Rightarrow 6,37N \quad (8)$$

ცხადია გაწრფივების ხარისხი (სიზუსტე) იქნება მით უფრო მაღალი, რაც მეტია N ე.ი. რაც მეტ ნაწილად დავყოფთ ნახ.1. მოცემულ ფართს. მეორეს მხრივ N გაზრდა იწვევს დისკრეტიზაციის შემცირებას, რაც თავის მხრივ (6) თანახმად ზრდის მოთხოვნებს მოწყობილობის აპარატურის მიმართ, კერძოდ ითხოვს მრიცხველის თანრიგების გაზრდას და შესაბამისად აპარატურული რეალიზაციის გართულებას.

რადგანაც მთელი ფიგურის ფართი დავყავით N ტოლ ნაწილად მიღებული ფიგურების ფუძეები იქნება არათანაბარი სიდიდის. დროის ღერძზე დანაყოფების სიხშირე $0 - 5$ მწმ ინტრვალში ჯერ იქნება მაქსიმალური, შემდეგ შემცირდება, ცენტრში მიიღებს მინიმალურ მნიშვნელობას, ხოლო შემდეგ ისევ გაიზრდება. t_k დროის მომენტების დაფიქსირებისათვის გამოვიყენოთ (3) და (4) მიღებული განტოლებები:

დენის ძალის საშუალო მნიშვნელობისათვის

$$1 + \cos \frac{\pi}{10} t_k = 2 \frac{(N-k)}{N} \quad \text{სადაც } k=1,2,3,\dots,N \quad (9)$$

დენის ძალის ეფექტური მნიშვნელობისათვის

$$1 - \frac{t_k}{10} + \frac{\sin 2\frac{\pi}{10} t_k}{2\pi} = \frac{\pi(N-k)}{2N} \quad \text{სადაც } k=1,2,3,\dots,N \quad (10)$$

(10) განტოლებიდან t_k ცხადი სახით განსაზღვრა შეუძლებელია. ამ ამოცანის ამოხსნა შესაძლებელია სპეციალური პროგრამული პაკეტის საშუალებით, რომელიც წინასწარ არჩეული N დისკრეტიზაციის ხარისხისათვის გვაძლევს t_1, t_2, \dots, t_k მიმდევრობას. ამ პროცესის შემდეგ შესაძლებელია კორექციის ცხრილის შედგენა ნახ.3 გამოსახული სქემისათვის ცალკეული დროითი ინტერვალებისა და გენერატორის არჩეული სიხშირის მიხედვით.

$$n_k = \frac{tk+1-tk}{1/f} \quad \text{სადაც } k=1,2,3,\dots,N \quad (11)$$

აქ n_k არის k ური ინტერვალის შესავსებათ აუცილებელი იმპულსების რაოდენობა, f - იმპულსების გენერატორის არჩეული სიხშირე.

ცხრილი:

N	$t_{k+1} - t_k$ მწმ	n_k		t_1 მწმ
0	2,05	26,23	0	
1	0,90	11,57	26,23	2,05
2	0,74	9,46	37,80	2,95
3	0,67	8,57	47,26	3,69
4	0,64	8,21	55,83	4,36
5	0,64	8,21	64,04	5,01
6	0,67	8,57	72,25	5,66
7	0,74	9,46	80,82	6,31
8	0,90	11,57	90,28	7,05
9	2,05	26,23	101,28	7,91
10	0,00	0,00	128,08	10,00

დიდი მუდმივი დენის წყარო დატვირთვის დენის წრფივი

სამართი ზემოქმედების გარდამქმნელის სტრუქტურა უნდა შეირჩეს ისეთნაირად, რომ მოახდინოს თითოეული $t_k - t_{k+1}$ უბნისათვის მრიცხველის მართვის კოდის ისეთნაირი კორექცია, რომ მოხდეს ამ უბნის ხანგრძლივობის შევსებისათვის საჭირო რაოდენობის n_k იმპულსების გენერირება. შედეგად მივიღებთ გამოსავალი სიდიდის $I_{\text{დატ}}$ წრფივი მახასიათებელს N დისკრეტიზაციის დონით.

მეთოდის პრაქტიკული ილუსტრაციის მიზნით განვიხილოთ მაგალითი. ავიღოთ დისკრეტიზაციის ხარისხი $N=10$ ე.ი. სამართ მოწყობილობას ექნება 10 გრადაცია. გამოვიყენოთ (9). გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხრილში. შესაბამისად

$$M \Rightarrow 6,37N=63,7$$

მრიცხველი შევარჩიოთ 6 თანრიგის $M=128$, გენერატორის საჭირო სიხშირე კილოჰერცებში იქნება:

$$f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{10} M = 12,8 \quad (12)$$

ცხრილის პირველ სვეტში მოყვანილია t_k დისკრეტიზაციის წერტილების რაოდენობა $k=1,2,3,\dots,N$, ($N=10$). მეორე სვეტში მოყვანილია $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$ ინტერვალების მნიშვნელობები დათვლილი (9) განტოლების გამოყენებით. შემდეგ სვეტში მოცემულია (12) მიხედვით, შერჩეული გენერატორის სიხშირის შესაბამისად, სკალის არათანაბრობის გათვალისწინებით თითოეულ ინტერვალზე რამდენი იმპულსით ივსება. ეს ინფორმაცია გვჭირდება სამართი ზემოქმედების გარდამქმნელის რეალიზაციისათვის. ბოლო სვეტში მოცემულია დისკრეტიზაციის თითოეული გარდაცვისათვის დაგვიანების ბლოკის მიერ რეალიზებული დაგვიანების იმპულსის ხანგრძლივობა.

უნდა აღინიშნოს, რომ [3] აღწერილი მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია განვახორციელოთ დაგვიანების სიდიდის არა მარტო წრფივი კანონით ცვლილება, არამედ ნებისმიერით. ამისათვის აუცილებელია რომ ნახ.1 შემოსაზღვრული S ფართი დავეყოთ არა ტოლ ნაწილებად, არამედ ისეთნაირად, რომ დაყოფილი ნაწილების ფართების სიდიდე იცვლებოდეს განსახორციელებელი კანონის შესაბამისად.

შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დაგვიანების ბლოკის ციფრული რეალიზაციის შემთხვევაში გვაქვს შემდეგი უპირატესობები:

- იზრდება დაგვიანების სიდიდის ფორმირების სიზუსტე და უზრუნველყოფილია მისი განმეორებადობა;
- იძლევა საშუალებას მოვახდინოთ დაგვიანების სიდიდის ცვლილება ნებისმიერი კანონის მიხედვით (წრფივი, ექსპონენციალური და ა.შ.);
- მიკროკონტროლერების ტექნოლოგიის გამოყენებით შევქმნათ მარტივად გადაწყობადი დაგვიანების ბლოკის სტრუქტურა.

Источник большого постоянного тока с линейной выходной характеристикой

*Отар Лабაძე, Нугзар Кавлашвили, Леван Гварамаძე, Пананот Ставриანიძი,
Тамаз Саанишвили*

Резюме

Рассмотрены особенности реализации основного блока источника большого постоянного тока – блока задержки.

Показаны отрицательные стороны реализации блока задержки при помощи аналоговой схемотехники. Задатчик величины задержки (переменное сопротивление) не дает возможности точно зафиксировать величину методом позиционирования ручки потенциометра. Сама величина задержки не зависит линейно от величины сопротивления.

Рассмотрены преимущества цифрового метода реализации блока задержки. Предложена практическая реализация оригинального метода линеаризации выходного тока. Приведена

методика расчета параметров структуры блока задержки для данного метода исходя из заданной точности линеаризации.

Отмечена возможность распространения данной методики для формирования нелинейных характеристик с требуемыми законами изменения.

The source of large dc with linear target characteristic

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

Summary

Features of realization of the mainframe of a source of the big direct current - the delay block are considered.

Negative sides of realization of the block of a delay by means of analogue circuit design are shown. Setting device of delay size (variable resistance) does not give possibility precisely to fix size a method of positioning of the handle of a potentiometer. The size of a delay does not depend linearly on resistance size.

Advantages of a digital method of realization of the block of a delay are considered. Practical realization of an original method linearization a target current is offered. The design procedure of parameters of structure of the block of a delay for the given method proceeding from the set accuracy linearization is resulted.

Possibility of distribution of the given technique for formation of nonlinear characteristics with demanded laws of change is noted.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Тиристорные блоки с фазоимпульсным управлением. www.termo-det.spb.ru
2. ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე - დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორში დაგვიანების ციფრული ბლოკის რეალიზაცია დისკრეტულ ელემენტებზე – სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N10, თბილისი, 2015, გვ. 59-63
3. Т. Саанишвили, П. Ставрианиди Л. Гварамадзе, Н. Кавлашвили, О. Лабадзе, Опотиристорный цифровой калибратор напряжения/ Международная научная конференция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ» посвящённое 85 летию со дня рождения академика И.В.Прангишвили. Труды. Грузия. Тбилиси 3-5 ноября, 2015 г с.277-281.

**მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული დიდი დენის რელეების
გაწყობისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა**

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

tapesa@mail.ru

რეზიუმე

აღწერილია მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული დიდი დენის რელეების გაწყობისათვის განკუთვნილი, ოპტოტირისტორებზე აგებული, მოწყობილობა. ამ მოწყობილობას აქვს ერთნაირი მეტროლოგიური მახასიათებლები მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული ყველა ტიპის დიდი დენის რელეების მიმართ. ასეთ მახასიათებლებს წამოადგენენ დიდი დენის კონტროლის ერთნაირი სიზუსტე გაზომვის მთელ დიაპაზონში და კონტროლისთვის საჭირო დროის ერთნაირი მნიშვნელობა.

ეს მიღწეულია მოწყობილობაში ციფრული გადამრთველის და შედარების მოწყობილობის დამატებით. ციფრული გადამრთველის მეშვეობით მიიღწევა გაწყობის მოწყობილობაში გასაწყობი რელეს საორენტაციო ამუშავების დენის მნიშვნელობის 90–95 პროცენტის შეყვანით. ეს საშუალებას იძლევა იმპულსების გენერატორიდან რევერსულ მთვლელებზე ეწოდებოდეს ჯერ მაღალი სიხშირის იმპულსები, ხოლო გაწყობის მოწყობილობის მიერ გენერირებული დენის მნიშვნელობის რელეს ამუშავების დენის მნიშვნელობასთან მიახლოებისას იმპულსების სიხშირის შემცირებას, რაც იწვევს გენერირებული დენის მატების სიჩქარის მნიშვნელოვან დაკლებას და შედეგად რელეს ამუშავების დენის უფრო ზუსტ ფიქსაციას.

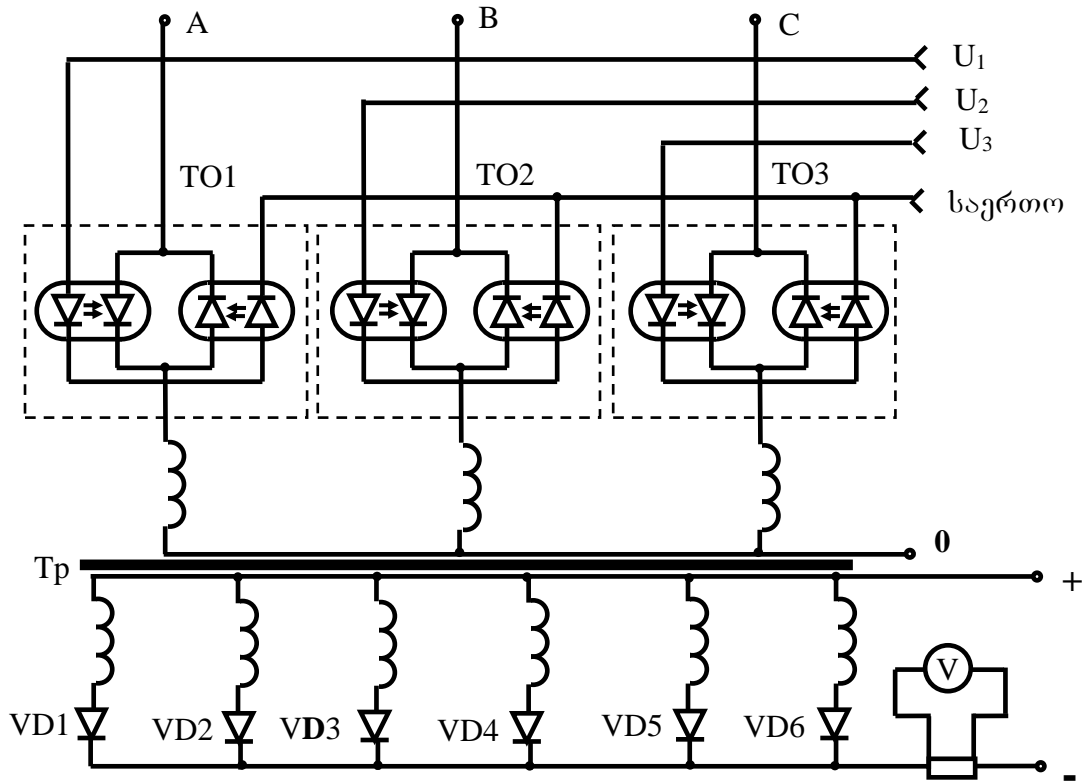
მოყვანილია გაწყობის მოწყობილობის ძალოვანი ნაწილის პრინციპული ელექტრული სქემა, მისი მართვის მოწყობილობის სტრუქტურული და პრინციპული სქემები.

საკვანძო სიტყვები: *ოპტოტირისტორები, დიდი მუდმივი დენი, გაწყობის მოწყობილობა.*

მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოიყენება მთელი რიგი დიდი დენის რელეები, რომლებსაც აქვთ ამუშავების დენის სხვადასხვა მნიშვნელობები. მიტომ დგება ამოცანა შეიქმნას დიდი დენის რელეების გაწყობისათვის ისეთი მოწყობილობა, რომელსაც ექნება ერთნაირი მეტროლოგიური მახასიათებლები მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული ყველა ტიპის დიდი დენის რელეებისათვის. ასეთ მახასიათებლებს წარმოადგენენ დიდი დენის კონტროლის ერთნაირი სიზუსტე გაზომვის მთელ დიაპაზონში და კონტროლისთვის საჭირო დროის ერთნაირი მნიშვნელობა.

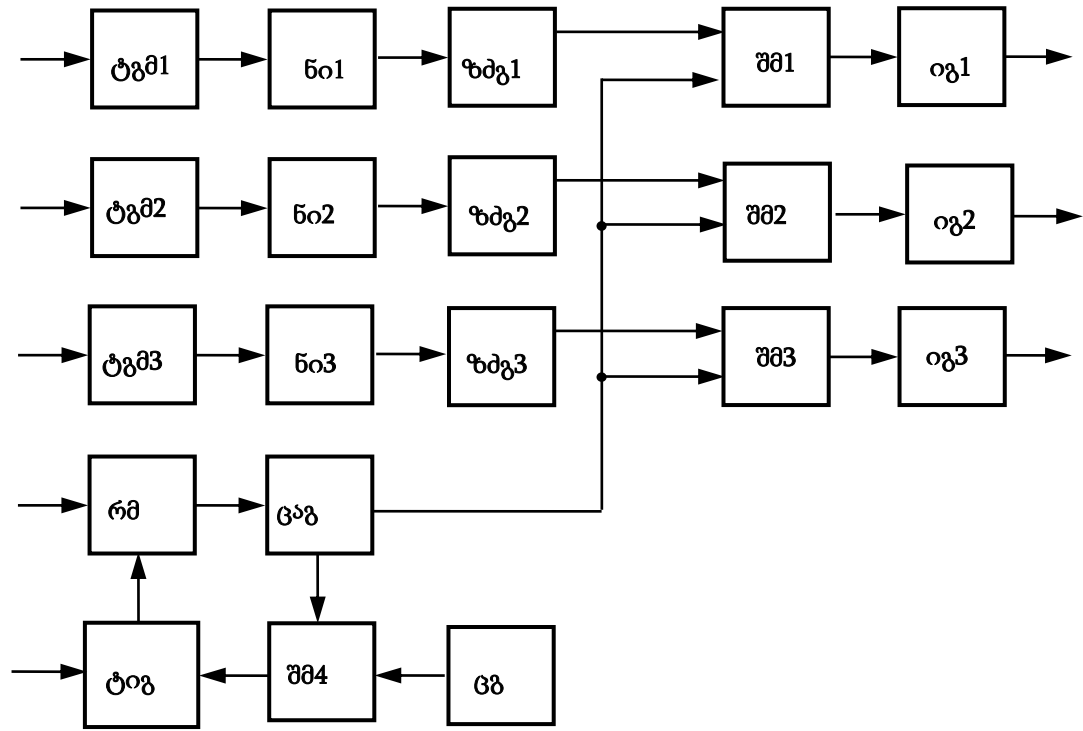
ოპტოტირისტორულ გაწყობისათვის განკუთვნილ მოწყობილობაში მთავარ მმართველ ელემენტს წარმოადგენენ ოპტოტირისტორული 5Π103ТТ-10-8 ტიპის წყვილები, რომლებიც მოთავსებული არიან სამფაზა ძალოვანი ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილების მიმდევრობით და იმართებიან მართვის სპეციალური მოწყობილობის მეშვეობით (ნახ.1). ოპტოწყვილების პირველადი გრაგნილის მიმდევრობით ჩართვა საშუალებას იძლევა მეორადი გრაგნილის გამოსავალზე მიერთებული სამფაზა გამმართველში გამოყენებულ იქნეს ჩვეულებრივი მაღალი ამპერაჟის მქონე დიოდები [1].

მართვის მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს. მცირე სიმძლავრის სამი ტრანსფორმატორი, რომლებიც დატვირთულია ტგმ1, ტგმ2 და ტგმ3 გამმართველებით,



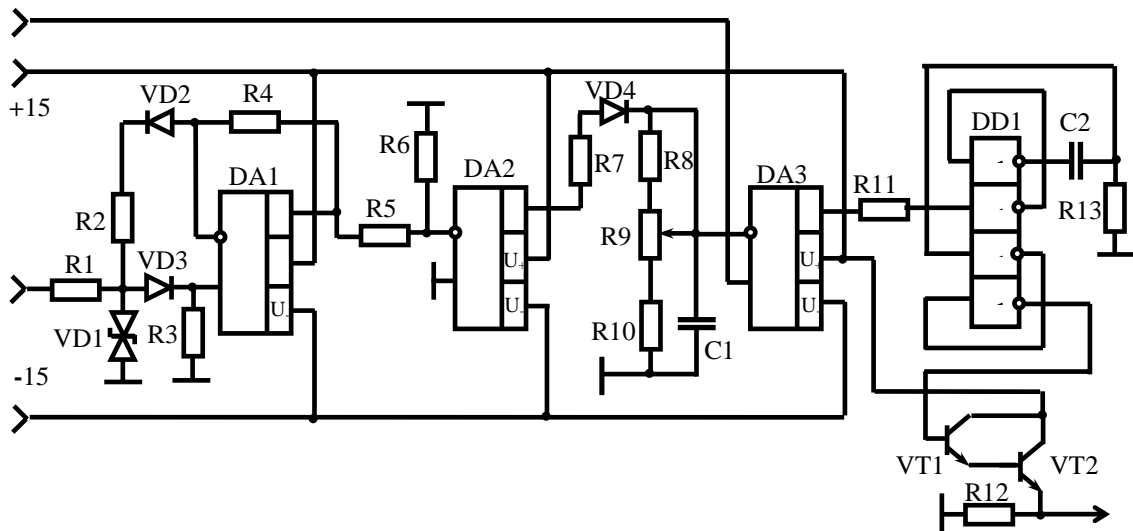
ნახ.1. გაწყობის მოწყობილობის ძალოვანი ნაწილის პრინციპული ელექტრული სქემა

ჩართულები არიან იმ სამ ფაზაში, რომლებიც კვებავენ გაწყობისათვის განკუთვნილი მოწყობილობის ძალოვან ტრანსფორმატორს (ნახ.2). ტგმ1, ტგმ2 და ტგმ3 გამმართველები DA1 ანალოგურ მიკროსქემაზეა აწყობილი (ნახ.3) და მათი გამართული გამოსავალი ძაბვები, რომელთა სიხშირეებიც 100 ჰერცს შეადგენს, მიეწოდებიან ნი1, ნი2 და ნი3 ნულინდიკატორებს, რომლებიც შესრულებულები არიან DA2 ანალოგურ მიკროსქემაზე (ნახ.3) და რომელთა გამოსავალზე ფორმირდება სწოკუთხა იმპულსები 100 ჰერცის სიხშირით. ეს იმპულსები თავის მხრივ მიეწოდებიან ზბგ1, ზბგ2 და ზბგ3 ზრდადი ძაბვის გენერატორებს, რომლებიც შესრულებულები არიან R8, R9, R10 რეზისტორებზე და C1 ტევადობაზე (ნახ.3). ამ გენერატორების გამოსავალზე ფორმირებულ ძაბვებს უდარებენ ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელის ცაგ გამომავალ ძაბვას, რომელიც აგრეთვე ზრდადი ძაბვას წარმოადგენს. მისი ფორმირება შემდეგნაირად ხორციელდება (ნახ.2): ტაქტური იმპულსების გენერატორიდან ტიგ რევერსულ მთვლელს რმ მიეწოდება იმპულსები. რევერსული მთვლელი რმ მის შესავალზე მმართველი სიგნალის არსებობისას იწყებს იმპულსების დათვლას მმართველი ზემოქმედების მოხსნის მომენტამდე. რელების გრადუირებისას მმართველი ზემოქმედების მოხსნა ემთხვევა რელეს კონტაქტების შეკვრას. რევერსულ რმ მთვლელში ჩაწერილი ორობითი კოდი მიეწოდება ციფრულ-ანალოგურ ცაგ გარდამქმნელს, ხოლო მის გამოსავალზე ფორმირებული კოდის შესაბამისი ძაბვა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მიეწოდება შს1, შს2 და შს3 შედარების სქემებს. შედარების სქემები მათ შესავალზე მიწოდებული ძაბვების ტოლობის შემთხვევაში იცვლიან თავიანთ მდგომარეობას, რაც იწვევს იგ1, იგ2 და იგ3 იმპულსების გენერატორების ამუშავებას. ამ იგ



ნახ.2 მართვის მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

გენერატორების გამოსასვლელები მიერთებული არიან **TO1**, **TO2** და **TO3** ოპტოტრისტორების მართვის შესასვლელებთან (ნახ.1), რომლებიც ოპტოტრისტორში შემავალი შუქდიოდების შესასვლელებს წარმოადგენენ [2]. ამათან გამომუშავებული იმპულსები აღებენ ოპტოტრისტორის მკვებავი სინუსოიდალური ფაზური ძაბვის ნულთან



ნახ.3. გაწყობის მოწყობილობის ძალოვანი ნაწილის მართვის ბლოკის პრინციპული ელექტრული სქემა

ტოლობის, ანუ ამ ძაბვის პოლარობის შეცვლის მომენტამდე. ამდენად, პერიოდის განმავლობაში რაც უფრო გვიან მოხდება შედარების სქემის ამუშავება, მით უფრო დიდხანს იქნება გახსნილი ოპტოტირისტორი (ნახ.2).

იმისთვის, რომ დიდი დენის რელეების გაწყობის მოწყობილობას ჰქონდეს ერთნაირი მეტროლოგიური მახასიათებლები მეტროპოლიტენის მატარებელში გამოყენებული ყველა დიდი დენის რელეს მიმართ გაწყობის მოწყობილობაში დამატებულია ციფრული გადამრთველი **68** და შედარების მოწყობილობა **შმ4**. ПП7-1А ტიპის ციფრული გადამრთველის მეშვეობით მიიღწევა გაწყობის მოწყობილობაში გასაწყობი კონკრეტული რელეს საორენტაციო ამუშავების დენის მნიშვნელობის 90–95 პროცენტის შეყვანა. ეს საშუალებას იძლევა იმპულსების გენერატორიდან რვერსულ მთვლელზე ეწოდებოდეს ჯერ მაღალი სიხშირის იმპულსები, ხოლო გაწყობის მოწყობილობის მიერ გენერირებული დენის მნიშვნელობის რელეს ამუშავების დენის მნიშვნელობასთან მიახლოებისას შედარების **შმ4** მოწყობილობა იცვლის მდგომარეობას, რაც იწვევს ტაქტური იმპულსების **ტიგ** გენერატორიდან მიწოდებული იმპულსების სიხშირის შემცირებას. ეს თავის მხრივ იწვევს გენერირებული დენის მატების სიჩქარის მნიშვნელოვან დაკლებას და შედეგად რელეს ამუშავების დენის უფრო ზუსტ ფიქსაციას.

გაწყობის მოწყობილობაში ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილები ჩართულები არიან ე.წ. ექვსფაზა სქემით [3]. სიგნალის გასამართავად გამოყენებულია **VD1...VD6** ჩვეულებრივი დიოდები, რომლებიც ქმნიან სამფაზა გამმართველს. გამართული ძაბვის კონტროლი შესაძლებელია შუნტის მეშვეობით (ნახ.1). ასეთი ტიპის გამმართველს გააჩნია მცირე ამპლიტუდის 300 ჰერცის ტოლი პულსაცია.

A DEVICE FOR SETTING A LARGE PERMANENT CURRENT RELAY USED IN SUBWAY TRAINS

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

Summary

A device on optotristors to configure the relay large DC is described, which is used in subway trains. This device has the same metrological characteristics with respect to all large DC relays used in subway trains. These characteristics include the same control accuracy of large DC in the entire range of control period and the same amount of time necessary for the control.

This is achieved by the additional including of the digital switch and the comparator into the device. With the use of the digital switch is achieved introduction into the setting device 90-95 percent of the indicative value of the customizable relay operating current. This gives the opportunity, firstly, of supplying the high-frequency pulses from pulse generator to the reversible counter and then, after the value generated by the setting device approaching the value of the current relay, of reducing the frequency of pulses, that reduces the speed of the generated current rise and eventually to more accurately fixing the AC relay.

A circuits diagram of the power part of the relay setting device and structural and electrical diagrams for its control devices are presented

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАСТРОЙКИ РЕЛЕ БОЛЬШОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЕЗДАХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Тамаз Саанишвили, Нугзар Кавлашвили, Леван Гварамадзе, Отар Лабадзе, Панаот Ставрианиди, Гиорги Кикнадзе

Резюме

Описано устройство на оптотиристорах для настройки реле большого постоянного тока, применяемых в поездах метрополитена. Это устройство имеет одинаковые метрологические

характеристики по отношению всех реле большого постоянного тока, применяемых в поездах метрополитена. К таким характеристикам относятся одинаковая точность контроля большого постоянно тока во всем диапазоне контроля и одинаковое время необходимое для этого контроля.

Это достигается введением дополнительно в устройство цифрового переключателя и устройства сравнения. При помощи цифрового переключателя достигается введением в устройство настройки 90-95 процентов ориентировочного значения тока срабатывания настраиваемого реле. Это дает возможность с генератора импульсов на реверсивный счетчик подавать сначала импульсы высокой частоты, а потом после приближения значения генерируемого устройством настройки тока к значению тока срабатывания реле, уменьшить частоту следования импульсов. Это приводит к уменьшению скорости нарастания генерируемого тока и в итоге к более точной фиксации тока срабатывания реле.

Приведены принципиальная электрическая схема силовой части устройство настройки реле, структурная и электрические схемы ее устройства управления.

ლიტერატურა – References – Литература

1. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე - დიდი მუდმივი დენის ოპტოტორისრორული კალიბრატორი. - სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N5, თბილისი, 2002, გვ. 60-65.
2. ლ.გვარამაძე, ო.ლაბაძე, ნ.ყავლაშვილი, თ.საანიშვილი, გ.კიკნაძე - ოპტოტორისტორებით მართვადი სამფაზა გამმართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N19, თბილისი, 2014, გვ. 87-92.
3. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე - დიდი დენის რელეებისა და პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევისა და გრადუირებისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N15, თბილისი, 2011, გვ.111-116.

Оптотиристорный калибратор тока с линейной установочной шкалой

Нугзар Кавлашвили, Отар Лабадзе, Панаиот Ставрианиди, Леван Гварамадзе, Тамаз Саанишвили, Георгий Кикнадзе

olabadze@gmail.com:

В статье рассматривается цифроаналоговая система линейаризации установочной шкалы калибратора с цифровой схемой установки угла отсечки оптотиристора. Показано преимущество описанной системы по сравнению с известными разработками. Предложен один из вариантов реализации линейности калибратора тока.

Индексационные термины — Калибратор тока, цифроаналоговая схема реализации, аналоговый двухпороговый компаратор.

Разработанное устройство относится к классу калибраторов предназначенных для точной установки значений тока методом фазоимпульсного тиристорного управления. Известные устройства основанные на этом методе и реализованные на аналоговых и цифровых элементах имеют нелинейные шкалы регулирования и установки выходного тока, что является их основным недостатком. К таким устройствам относятся калибраторы тока программируемые типа ПЗ21 [1] который внесён в Государственный реестр средств измерений и выпускается по техническим условиям ТУ 25-0445.018-83. Наиболее близким техническим аналогом предлагаемому устройству являются калибраторы описанные в работах [2,3,4]. Формирование импульса тиристорного управления в приведенных работах осуществляется цифровым методом при помощи счетчиков, которые на выходе переноса и заема выдают импульсы включения оптотиристора. Временные диаграммы работы этих устройств приведены на рис.1. На диаграммах показаны: *a* - работа тиристора при угле отсечки в 120° . Заштрихованная часть синусоиды представляет энергию

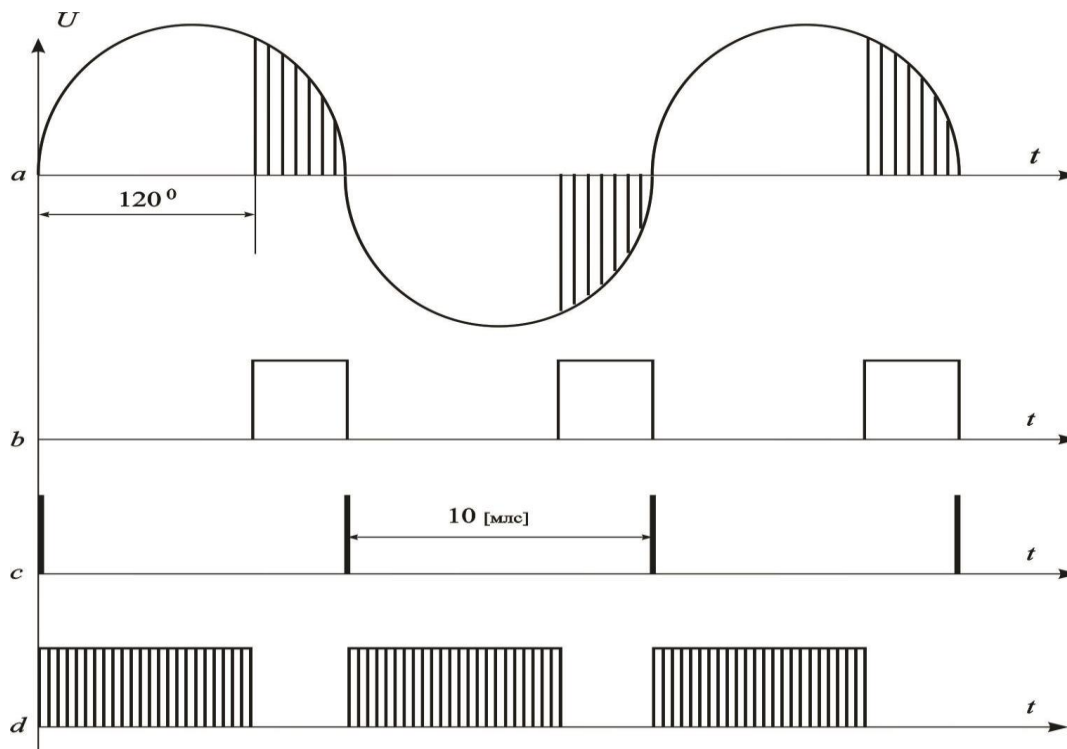


Рис. 1

проходящую через тиристор; *b* - последовательность импульсов поступающих на светодиоды оптотиристоров с выходов счетчиков в моменты когда содержимое их обнуляется; *c* – полупериодные импульсы управления работой калибратора; *d* – пакет импульсных сигналов для определения длительности открывания оптотиристора. В устройстве [2] синхроимпульсы перехода сетевого напряжения через нуль записывают в счетчик число пропорциональное углу $180^\circ - \phi^0$, которое затем уменьшается до нуля при обратном счете счетчика и представляет угол задержки включения оптотиристора, а в устройстве [2] в счетчик записывается число пропорциональное углу ϕ^0 и току *I* поступающему в нагрузку. Затем это число увеличивается до момента поступления импульса переноса на соответствующем выходе счетчика. Дискретность изменения выходного тока приведенных устройств меняется, что является их недостатком так как приводит к нелинейности шкалы регулирования и установки значения выходного тока. В работе [3] предлагается устранить этот недостаток введением в устройство специального сложного генератора тактовых импульсов [2]. Однако несмотря на это предлагаемое устройство от известных отличается тем преимуществом, что сохраняет не только линейность, но и дискретность шкалы при изменении внешней нагрузки.

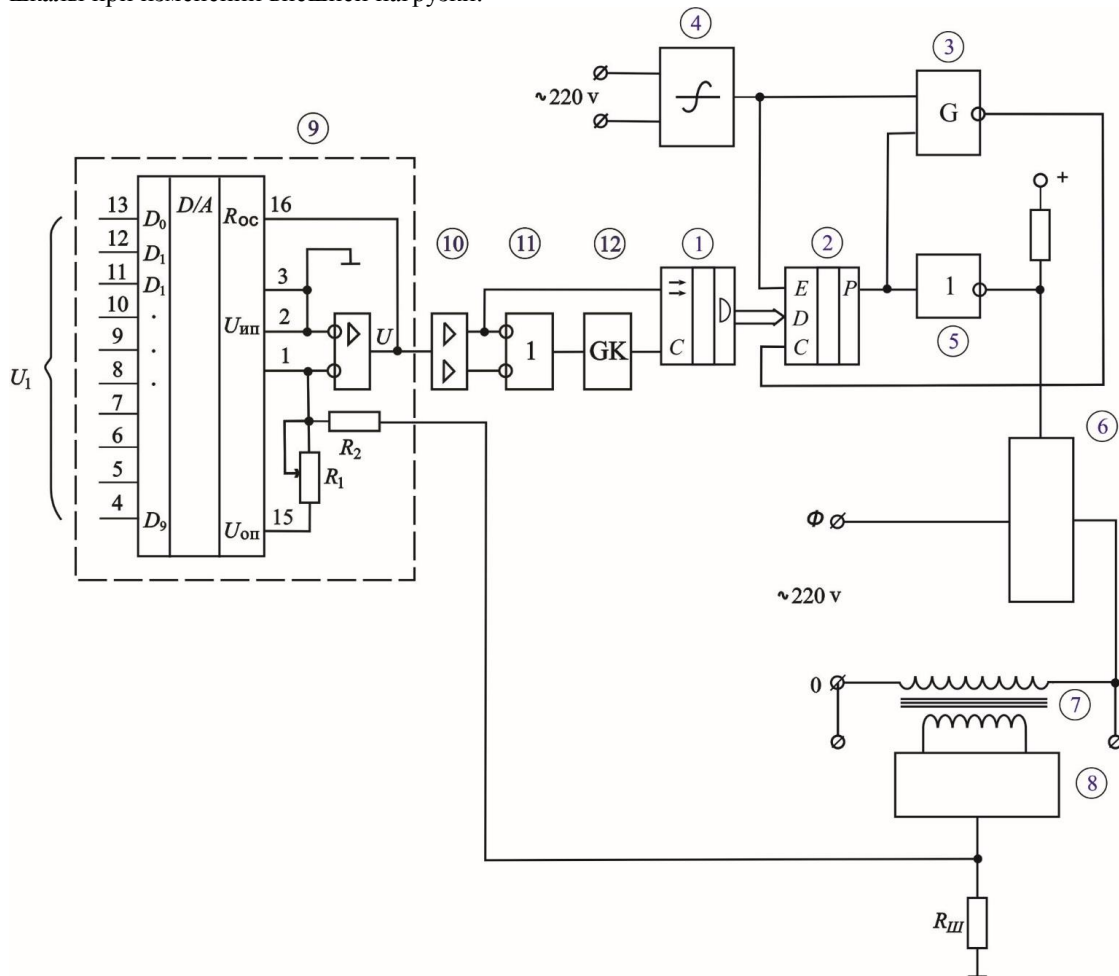


Рис. 2.

Калибратор тока содержащий силовой трансформатор вторичная обмотка которого через выпрямитель подключена к нагрузке, а первичная обмотка к сетевому напряжению через оптотиристор, светодиоды которого подключены через инвертор с открытым коллектором к выходу переноса счетчика формирователя импульсов включения светодиодов, информационные входы которого подключены к выходам счетчика установки угла отсечки оптотиристора, а счетный вход к выходу схемы И-НЕ, один вход которой подключён к выходу генератора тактовых импульсов, а другой – к выходу переноса счётчика формирователя импульсов включения светодиодов вход записи которого подключён к выходу синхронизатора. С целью получения линейной шкалы регулирования и установки выходного тока, в него введены компараторы верхнего и нижнего уровней интервала дискретизации, генератор коррекции выходного тока и

ЦАП с дополнительным аналоговым входом, подключенным к измерительному шунту $R_{ш}$ выходного тока калибратора, причем выход ЦАП подключен ко входам компараторов, а их выходы через схему ИЛИ к блокировочному входу генератора коррекции, выход которого подключен к счетному входу счетчика установки угла отсечки, вход установки направления счета которого подключен к выходу компаратора верхнего уровня.

Функциональная схема предлагаемого калибратора приведена на рис.2. Схема содержит счетчик установки угла отсечки оптодиристора -1, счетчик формирователь импульсов включения светодиодов оптодиристора -2, генератор тактовых импульсов -3, сетевой синхронизатор-4, инвертор с открытым коллектором -5, оптодиристор -6, силовой трансформатор -7, выпрямитель с нагрузкой и шунтом -8, ЦАП -9, компараторы -10, генератор коррекции со схемой ИЛИ на входе -12. Рассмотрим работу калибратора при изменении на входе ЦАП заданного кода, определяющего значение тока на выходе. При этом значение напряжения на выходе ЦАП можно записать в виде: $U=U_1-U_2+U_3$, где U_1 напряжение соответствующее заданному коду на входе ЦАП, U_2 напряжение соответствующее току выходного шунта, U_3 -напряжение смещения, задаваемое резистором R_1 , введенным для согласования с порогами компараторов.

На рис 3 показан управляющий сигнал на входе генератора коррекции, поступающий с выхода схемы ИЛИ при изменении значения U после изменения значения кода на входе ЦАП.

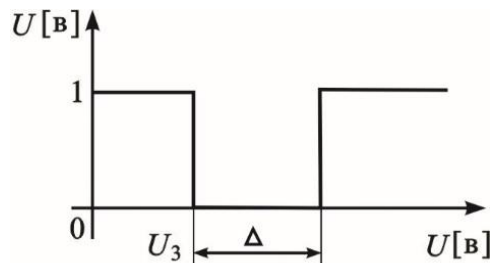


Рис. 3

Рис. 3 показывает, что при выходе значения U за пределы интервала дискретности заданного порогами компараторов, сигнал на выходе схемы ИЛИ принимает высокий уровень . При этом деблокируется генератор коррекции и на счетный вход счетчика угла отсечки поступают импульсы, которые изменяют угол отсечки так, что напряжение U возвращается в интервал ограниченный порогами компараторов. При этом значение тока на выходе калибратора устанавливается в соответствии с кодом заданным на входе ЦАП по линейной шкале.

Разработанный калибратор тока с автоматически выставляемой выходной линейной характеристикой предназначен для применения в автоматизированных поверочных установках, измерительных системах, а также в качестве самостоятельных приборов для поверки аналоговых и цифровых приборов постоянного тока в различных отраслях промышленности.

დენის ოპტოტრისტორული კალიბრატორი გამომავალი ხაზოვანი მახასიათებელით

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

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დასაყენებელი სკალის გაწრფივების ციფრო-ანალოგური სისტემა კალიბრატორისათვის ოპტოტრისტორის მოკვეთის კუთხის დაყენების ციფრული სქემით. ნაჩვენებია აღწერილი სისტემის უპირატესობა ცნობილ გადაწყვეტებთან შედარებით. შემოთავაზებულია დენის კალიბრატორის გაწრფივობის რეალიზაციის ერთ-ერთი ვარიანტი.

Optotiristor current calibrator with linear output characteristic

Nugzar Kavlashvili, Otar Labadze, Panaiot Stavriani, Levan Gvaramadze, Tamaz Saanishvili,

Gioegi Kiknadze

Summary

The article discusses the digital-analog linearization system of scale of calibrator with digital circuit of cutoff angle of optotiristor. The advantage of the described system in comparison with the known others is shown. A one embodiment of the linearity of the current calibrator is proposed.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Калибраторы тока программируемые ПЗ21. Выпускается по техническим условиям РФ ТУ 25-0445.018-83. Внесён в Государственный реестр средств измерений. Регистрационный N 8868-82.
2. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე. “დიდი მუდმივი დენის ოპტოტირისტორული კალიბრატორი. - სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N5, თბილისი, 2002, გვ. 60-65.
3. ლ.გვარამაძე, ო.ლაბაძე, ნ.ყავლაშვილი, თ.საანიშვილი, გ.კიკნაძე. ოპტოტირისტორებით მართვადი სამფაზა გამმართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N18, თბილისი, 2014, გვ. 161-166.
4. Кавлашвили Н.В., Ставрианиди П.Д., Лабадзе О.С., Гварамадзе Л.Я., Саанишвили Т.П. “Оптотиристорный цифровой калибратор напряжения” Международная научная конференция. “Информационные и компьютерные технологии, моделирование, управление”. Посвященная 85-летию со дня рождения Академика И.В. Прангишвили. Труды. Грузия, Тбилиси 3-5 ноября, 2015 г., с. 277-281.

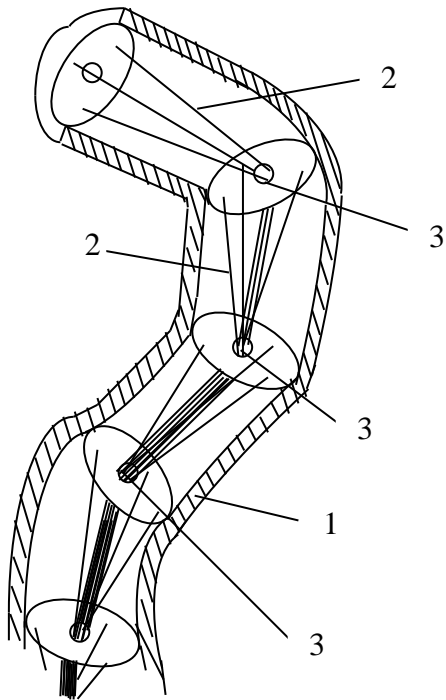
რობოტის სამართავი პროგრამის ჩაწერა მისი ჩამჭერის ხელით
გადაადგილებისას

დავით ფურცხვანიძე, ოთარ ლაბაძე, ვერიკო ბახტაძე
dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია, ჩვენს მიერ ადრე დამუშავებული, რობოტის სამუშაო პროგრამის შედგენის პრობლემები. რობოტის სამართავი პროგრამის ჩაწერა მისი მმართველი სისტემის მეხსიერებაში ხდება რობოტის მუშა ორგანოს ხელით გადაადგილების პროცესში. პროგრამის ჩაწერის რეჟიმში მუშაობისას, მმართველი გვარლების გადაადგილების სიდიდე აითვლება სერვომანქანის უკუკავშირის გადამწოდით. იმისათვის რომ სერვომანქანის მუშაობა აყვეს ჩამჭერის გადაადგილების შესაბამის მოძრაობას თვითოეულ გვარლეზე მიმდევრობით ჩართულია გვარლის დაჭიმვის გადამწოდი. ნაშრომში აღწერილია ორიგინალური გადამწოდის კონსტრუქცია და მისი მუშაობის პრინციპი. აღწერილი პროგრამის აკრეფის მეთოდი საშუალებას მოგვცემს უშუალოდ საწარმოო უბანზე მოვახდინოთ რობოტის დაპროგრამება საჭირო მოძრაობების განსახორციელებლად.

საკვანძო სიტყვები: მრავალსახსრული რობოტი, საწარმოო რობოტი, რობოტის მართვა.



ნახ.1

საწარმოო რობოტების შექმნა და სრულყოფა თანამედროვეობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენ ვცხოვრობთ წარმოების სულ უფრ მზარდი „რობოტიზირების“ საუკუნეში. საწარმოო რობოტების განვითარებამ საშუალება მოგვცა გამოგვეყენებინა ისინი წარმოების თითქმის ყველა სფეროში. მომავალში მათი გამოყენების არეალი კიდევ უფრო გაიზრდება.

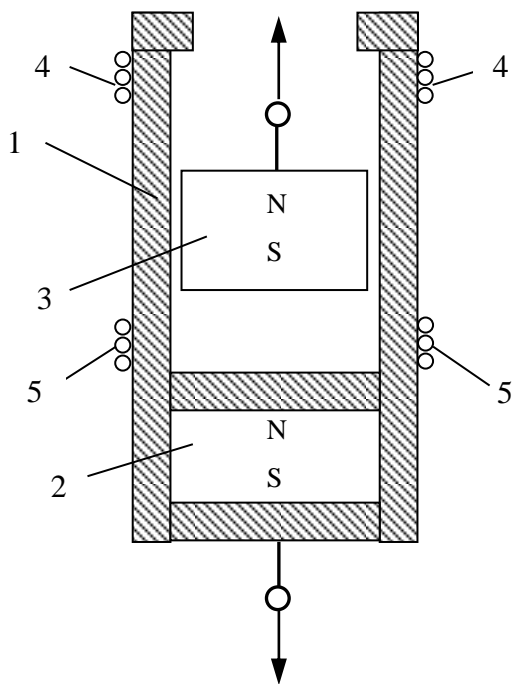
ჩვენს მიერ ადრე დამუშავებული იყო ახალი ტიპის მრავალსახსრიანი ე. წ. „ხორთუმის“ ტიპის საწარმოო რობოტი [1]. ხორთუმის გამარტივებული სქემა წარმოდგენილია ნახ.1 –ზე.

ნახაზზე: 1 – ხორთუმის გარსაცმია. 2 – სამართი გვარლები. 3 - სახსრები.

ხორთუმის ფორმის ფორმირება ხდება სამართი გვარლების დაჭიმვით. გვარლის დაჭიმვისას ხდება მობრუნება იმ სახსარში, რომელშიდაცაა გამობმული აღნიშნული გვარლი. ამ რობოტის წარმოებაში დანერგვას აძნელებს მისი მართვის სირთულე. კერძოდ, ძალზე რთულია მისი სამართავი პროგრამის შემუშავების პროცესი. წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება „ხორთუმის“ სამუშაო პროგრამის შედგენის ავტომატიზაციას, მისი თავაკის, ე.წ. „ჩამჭერის“ ხელით გადაადგილებისას.

რობოტის ამბრავ მექანიზმად ვიყენებთ სერვომანქანებს. როგორც ცნობილია სერვომანქანა წარმოადგენს ელექტროძრავს რომელიც ერთ კორპუსშია ჩამონტაჟებული რედუქტორთან და მმართველ ელექტრონიკასთან, რომელიც შედგება უკუკავშირის პოტენციომეტრისა და მართვის ფირფიტისაგან. გამოყენებული ელექტრონიკის მიხედვით გამოირჩევიან ანალოგური და ციფრული სარვომანქანები. ჩვენ ვიყენებთ ციფრულ სერვომანქანებს.

რობოტის სამართავი პროგრამის ჩაწერის რეჟიმში მუშაობისას, როდესაც ვახდენთ ჩამჭერის ხელით გადაადგილებას სამართი გვარლების გადაადგილების სიდიდე აითვლება სერვომანქანის უკუკავშირის გადამწოდით. იმისათვის რომ სერვომანქანის მუშაობა აყვეს ჩამჭერის გადაადგილების შესაბამის მოძრაობას თვითოეულ გვარლებზე მიმდევრობით ჩართულია გვარლის დაჭიმვის გადამწოდი. გადამწოდის გამარტივებული ნახაზი წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე. 1 - პლასტმასის კორპუსში, ჩამაგრებულია 2 - მუდმივი მაგნიტი.



ნახ. 2

3 - მუდმივი მაგნიტის კი, შეუძლია თავისუფლად გადაადგილება 1 - პლასტმასის კორპუსში. პლასტმასის კორპუსზე დახვეულია 4 და 5 - სპილენძის ხვეები. რომლებშიდაც აღიძვრება ე.მ.დ. მოძრავი მუდმივი მაგნიტის გადაადგილებისას.

სისტემა მუშაობს შემდეგნაირად: ხელით რობოტის თავაკის ამოძრავებისთანავე გვარლის დაჭიმვის გადამწოდში 3-მოდრავი მაგნიტი გადაადგილდება ზევით დაჭიმვის შემთხვევაში ან ქვევით შეკუმშვის შემთხვევაში. დაჭიმვის შემთხვევაში მას გადაადგილებს ხელით განვითარებული დაჭიმვის ძალა, ხოლო შეკუმშვის შემთხვევაში მას გადაადგილებს 2-უძრავი მაგნიტისაგან მოქმედი მიზიდულობის ძალა. დაჭიმვის შემთხვევაში სიგნალი მიიღება სპილენძის 4- ხვეებიდან, ხოლო შეკუმშვის შემთხვევაში 5- ხვეებიდან. მიღებული სიგნალით ხდება ინფორმაციის ჩაწერა გვარლის შესაბამისი სერვომანქანიდან. ერთ შემთხვევაში დადები-თი გადაადგილების, ხოლო მეორე შემთხ-ვევაში უარყოფითი გადაადგილების.

თავაკის მოძრაობის ტრაექტორიის დაქვანტვა ხორციელდება მუდმივი მაგნიტის გადაადგილების მიმართულების ცვლილების დროს, ანუ გვარლის დაჭიმვიდან შეკუმშვაზე გადასვლისას და პირიქით. ამასთანავე უნდა გათვალისწინებული იქნეს ყოველი ეს ცვლილება თვითოეულ გვარლებზე დამაგრებული გადამწოდისათვის. ისე, რომ, თუ რობოტს N სახსარი აქვს სიგნალი მიიღება 3N გადამწოდით. ხელით თავაკის გადაადგილებისას ხორციელდება ტრაექტორიის წრფივი ინტერპოლიაცია დაქვანტვის წერტილებს შორის. ყოველი სერვომანქანის უკუკავშირის გადამწოდითან მოსული სიგნალი ჩაიწერება შესაბამის მეხსიერების უჯრედში. რობოტის მმართველი მეხსიერება ისე არის ორგანიზებული, რომ მას აქვს 3N განყოფილება, რომელიც დაყოფილია ერთნაირ მისამართებიან უჯრედებად. მათში ერთდროულად იწერება სხვადასხვა გადამწოდებიდან მოსული ინფორმაცია.

Records management program's robot movements Hand his tong

David Purtshvanidze, Otar Labadze, Veriko Bakhtadze

Summary

In the present work deals with the problem of drawing up working for warming up, multihinge industrial robot worked out by the autor is considering in the paper. Record control program's industrial robot x in his rumpled control system, during manual movement of the working body of the robot. In warming up recording the amount of movement of controlled ropes made from the feedback sensor servos. To work servos produced therefore corresponding movement of the gripper on each cable connected in series cable tension sensor. In the work described the original sensor design and the principle of its actions.

Запис управляющей программы робота ручным передвижением его схвата

Давид Пурцхванидзе, Отар Лабадзе, Верико Бахтадзе

Резюме

В представленной работе рассматриваются проблемы составления рабочей программы для, ранее нами разработанного, многос шарнирного промышленного робота. Запись управляющей программы робота, в памяти его управляющей системы, производится в процессе ручного передвижения рабочего органа робота. В режиме записи программы величина перемещения управляемых тросов производится из датчика обратной связи сервомашини. Для того чтобы работа сервомашини производилось следовательно соответствующего перемещения схвата на каждом тросе последовательно подключен датчик натяжения троса. В труде описано конструкция оригинального датчика и принцип его действия.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Д. А. Пурцхванидзе Г. Д. Челидзе МАНИПУЛЯТОР Авторское свидетельство 1077780 опубликовано 07.03.84 Бюлет. № 9
2. დ. ფურცხვანიძე მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის (ხორთუმის) მართვის საკითხები. საქ მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. №7 2003
3. დ. ფურცხვანიძე. რობოტის სამუშაო პროგრამის შედგენის ავტომატიზაცია. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული № 9 2005 გვ. 187–190.

მცირე მდინარეზე ასაშენებელი ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის დადგენის საკითხისათვის

ხათუნა ლომიძე, მანანა ჯანიკაშვილი, ირმა არჩუაძე

Email: lkhatuna@mail.ru

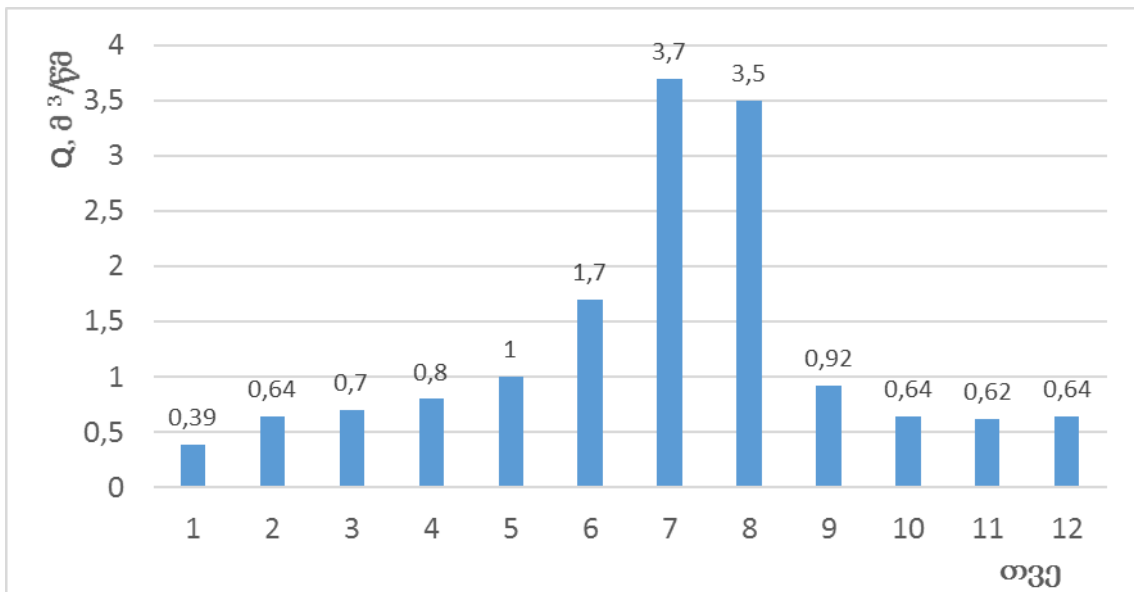
რეზიუმე

სტატიაში აღნიშნულია, რომ საქართველოს მდინარეების ჩამონადენი გაზაფხული-ზაფხულის თვეებში 5-ჯერ და მეტჯერ აღემატება შემოდგომა-ზამთრის სეზონის ჩამონადენს. სანიმუშოდ მოყვანილია მდინარის ჩამონადენის ცვლილება თვეების მიხედვით. ცხადია, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მდინარეზე ასაშენებელი ელექტროსადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დადგენას. ავტორთა აზრით, ელექტროსადგურის სიმძლავრის შერჩევის ამჟამად არსებული მეთოდი არასრულყოფილია და უმჯობესია იგი დადგინდეს ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენებით.

ასაშენებელი ელექტროსადგურის სიმძლავრის დასადგენად გრადიენტული მეთოდით ამოხსნილია არაწრფივი ოპტიმიზაციის ამოცანა და წარმოდგენილია მიღებული შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკა, სიმძლავრე, ენერგია, ჰიდროელექტროსადგური

როგორც ცნობილია, საქართველოს მდინარეები ჩამონადენის დიდი სეზონური უთანაბრობით ხასიათდება. საკმარისია აღინიშნოს, რომ მდინარეთა უმრავლესობის ჩამონადენი გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში 5-ჯერ და მეტად აღემატება შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში ჩამონადენს. საილუსტრაციოდ ნახ.1-ზე წარმოდგენილია დამახასიათებელი სურათი მდინარის ჩამონადენის ცვლილებისა თვეების მიხედვით. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს მდინარეთა დიდი უმრავლესობის ჩამონადენი ხარისხობრივად ანალოგიურია ნახ.1-ზე წარმოდგენილი სურათისა.



ნახ.1 მდინარის ჩამონადენი

ცხადია, ასეთ პირობებში აქტუალურია ასაშენებელი სადგურის სიმძლავრის დადგენა.

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

ყოველივე ზემოთქმული ეხება მხოლოდ უწყალსაცავო ჰესებს.

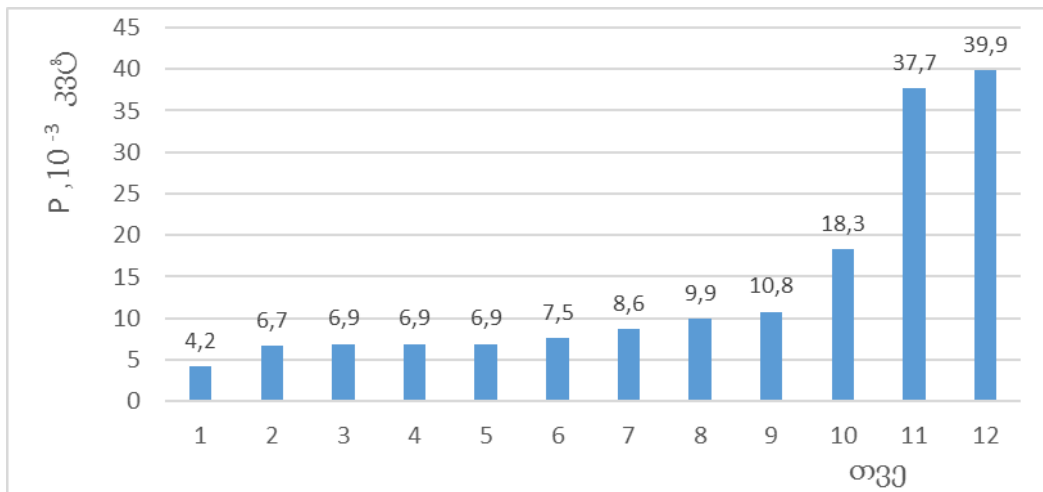
აგტორთა მიერ ადრე გამოქვეყნებულ სტატიაში [1] განხილული იყო სიმძლავრის დადგენის განსხვავებული მეთოდი. წინამდებარე სტატიაში აღნიშნული მეთოდი უფრო ვრცლადაა წარმოდგენილი.

ასაშენებელი სადგურის სიმძლავრის დასადგენად ჩვენ მიერ ჩამოყალიბდა ოპტიმიზაციის სათანადო ამოცანა. ამოცანის თანახმად საჭიროა დადგინდეს თუ როგორი სიმძლავრის ელექტროსადგური უნდა აშენდეს განსახილველ მდინარეზე, რათა დაკმაყოფილდეს შემდეგი კრიტერიუმები: რაც შეიძლება მაქსიმალური იყოს გამომუშავებული წლიური ენერჯია; ამასთანავე, მინიმალური იყოს აგრეგატის მოცდენისა და გამოუყენებელი წყლის გამო დაკარგული ენერჯია.

როგორც ცნობილია, ელექტროსადგურის სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$P=9.8 Q H \text{ კვტ. ,} \tag{1}$$

ფორმულა (1)-ის მიხედვით ნახ.1-ზე წარმოდგენილი ხარჯებით ნაანგარიშები სიმძლავრები მოყვანილია ნახ.2-ზე. ეს მონაცემები წარმოდგენილია არა თვეების მიხედვით მდინარის ჩამონადენის საფუძველზე, არამედ ამ ჩამონადენის ზრდადობის მიხედვით. გაანგარიშების დროს მიღებული იყო, რომ $H=100$ მ.



ნახ.2. სიმძლავრის დამოკიდებულება მდინარის ჩამონადენზე

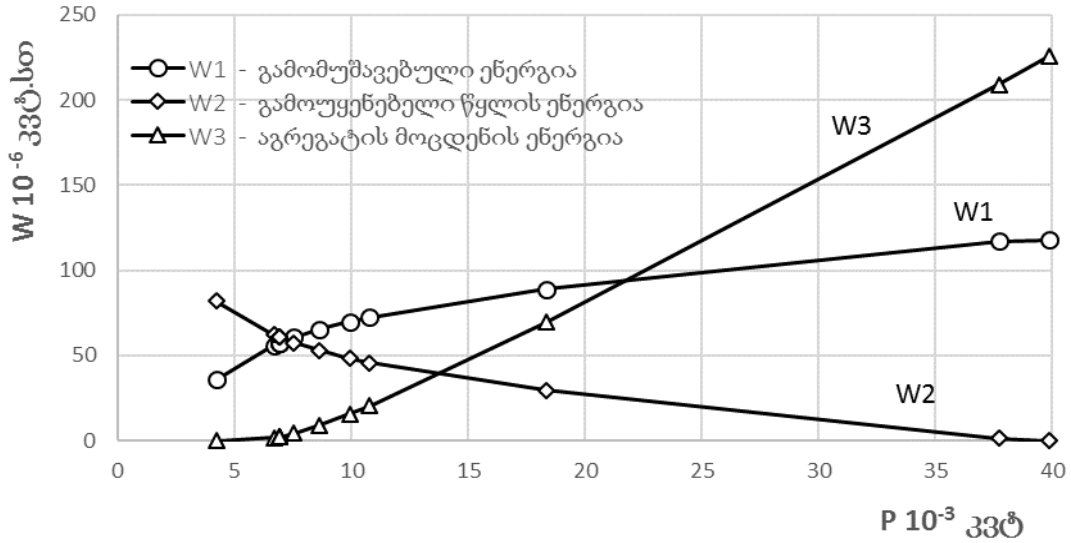
როგორც ნახაზიდან ჩანს, ნიმუშად აღებული მდინარისთვის მინიმალური სიმძლავრე არის $4,2 \cdot 10^3$ კვტ, ხოლო მაქსიმალური - $39,9 \cdot 10^3$ კვტ.

როგორც ცნობილია, ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ენერჯია გამოითვლება ფორმულით:

$$W=P t, \tag{2}$$

სადაც t არის ელექტროსადგურის მუშაობის საათები.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილი სიმძლავრეების მიხედვით და (2) ფორმულის საშუალებით შეიძლება ვიანგარიშოთ: გამომუშავებული წლიური ენერჯია – W_1 , გამოუყენებელი წყლის გამო დაკარგული ენერჯია – W_2 და აგრეგატის მოცდენის გამო დაკარგული ენერჯია – W_3 . ასეთი გაანგარიშების შედეგები კოორდინატებში (W, P) გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ.3-ზე.



ნახ.3. ენერჯის ბალანსი

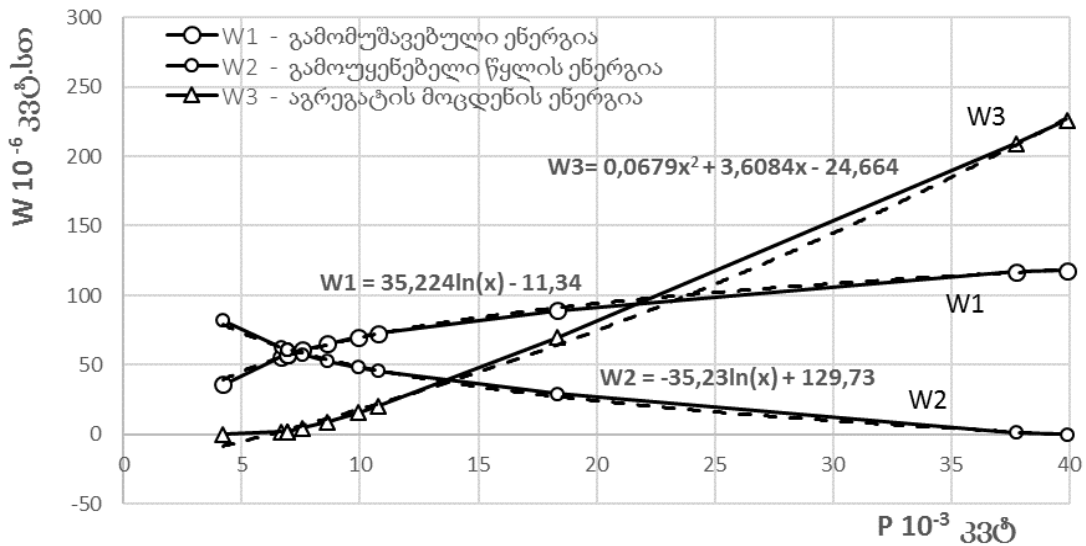
ნახ.3.ზე წარმოდგენილი შედეგები შეიძლება გამოსახულ იქნეს აპროქსიმაციული მრუდებით, რომლებიც მიღებულია Excel-ში არსებული აპროქსიმაციის პროგრამის საშუალებით [2].:

$$W1 = 35.224LN(P) - 11.34 \quad (3)$$

$$W2 = -35.23LN(P) + 129.73 \quad (4)$$

$$W3 = 0.0679P^2 + 3.6084P - 24.664 \quad (5)$$

აპროქსიმაციის შედეგები წარმოდგენილია ნახ.4-ზე (წყვეტილი ხაზები).



ნახ.4. ენერჯის ბალანსი (აპროქსიმაცია)

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ამოცანა შეიძლება ჩამოყალიბებულ იქნეს შემდეგი სახით:

მიზნის ფუნქცია:

$$F = k_1 \cdot W_1 - k_2 \cdot W_2 - k_3 \cdot W_3 \rightarrow MAX, \quad (5)$$

სადაც k_1, k_2, k_3 არის წონითი კოეფიციენტები, $k_1+k_2+k_3=1$.

შეზღუდვებს ექნება ასეთი სახე:

1. $P \geq 4.2$ მგტ;
 2. $P \leq 39.9$ მგტ.
- (6)

ცხადია, რომ ჩამოყალიბებული ამოცანის მიზნის ფუნქცია (5) არის არაწრფივი. ამოცანა ამოიხსნა გრადიენტული მეთოდით MS EXCEL-ში არსებული პროგრამის საშუალებით [3,4]. იმ შემთხვევაში, როდესაც $k_1=k_2=k_3=1/3$, ანუ W_1, W_2, W_3 წონები თანაბარია, ამოცანის ამოხსნის შედეგები ასეთია:

$$P=13.08 \text{ მგტ}; W_1=79,23 \text{ გვტ.სთ}; W_2=39,14 \text{ გვტ.სთ}; W_3=27,17 \text{ გვტ.სთ};$$

ამასთან ერთად, კონკრეტულ მდინარეზე ელექტროსადგურის აშენების დროს არსებული პირობებიდან გამომდინარე მოსალოდნელია, რომ W_1, W_2, W_3 წონები არ იყოს თანაბარი. ცხადია, დასმული ამოცანის ამოხსნა დიდ ინტერესს წარმოადგენს. ამოცანის ასეთი ამოხსნის შედეგები k_1, k_2, k_3 სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის წარმოდგენილია ცხრილ-1-ში.

ცხრილი-1

	P, მგტ	k1	k2	k3	W1, გვტ.სთ	W2, გვტ.სთ	W3, გვტ.სთ
1	13,08	1/3	1/3	1/3	79,23	39,14	27,17
2	13,23	0,33	0,33	0,34	79,63	38,74	28
3	13,69	0,32	0,32	0,36	80,83	37,54	30,5
4	14,17	0,31	0,31	0,38	82	36,33	33,11
5	14,67	0,3	0,3	0,4	83,3	35,1	36

ცხადია, რომ წარმოდგენილი ამოცანა შეფასებითი ხასიათისაა. კერძოდ, კონკრეტულ მდინარეზე სადგურის აშენებისათვის გათვალისწინებულ უნდა იქნეს როგორც მდინარის მონაცემები, ისე მშენებლობის და ენერგოაგრეგატების ღირებულება, აგრეთვე სხვა ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური მახასიათებლები.

For power definition of hydroelectric power plants on small river

Khatuna Lomidze, Manana Janikashvili, Irma Archuadze

Summary

In the paper is mentioned that Georgian river drains during spring-summer season exceeds more than five times compared to fall-winter season drain. Monthly variations of river drain are shown as an example. Obviously establishing optimal power of future plant is important. Authors think existing method of choosing capacity of the power plant is not sufficient and should be found using the methods of optimization.

To establish capacity of designed power plant non-linear optimization problem has been solved using gradient method and the results obtained are presented.

**К вопросу установления мощности гидроэлектростанции
на малой реке**

Хатуна Ломидзе, Манана Джаникашвили, Ирма Арчуадзе

Резюме

В статье отмечено, что сток рек Грузии в весенно-летнем периоде года 5 раз и более превосходит стока в осенне-зимнем периоде. Для примера приведено изменение стока реки по месяцам года. Очевидно, что особое значение приобретает вопрос установления оптимальной мощности ГЭС строительство которой намечается на малой реке. По мнению авторов применяемый в настоящее время метод выбора оптимальной мощность ГЭС является неудовлетворительным и, поэтому, целесообразно использовать методы оптимизации.

Для установления оптимальной мощность ГЭС решена нелинейная оптимизационная задача и представлены полученные результаты.

ლიტერატურა – References – Литература

1. თ.მაგრაქველიძე, ვ.ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე. ელექტროსადგურის ოპტიმალური სიმძლავრის დადგენა მდინარის ჩამონადენის სეზონური ცვლილების გათვალისწინებით. ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2015, გვ. 44-48.
2. <http://citforum.ru/pp/excel72.shtml>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=bPOOnevYK->
4. <http://www.addictivetips.com/windows-tips/microsoft-office-excel-2010-solver-add-in/>

მრავალსახსრული საწარმოო რობოტის კვანძთა მოძრაობის ტრაექტორიის ფორმირება და
ოპტიმიზაცია კუბიური პოლინომებით

ნუგზარ დადიანი, დავით ფურცხვანიძე

nugzar_dadiani@yahoo.com, dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

ფიზიკური შეზღუდვების გამო სამრეწველო რობოტების ოპტიმალური მართვა წარმოადგენს რთულ ამოცანას. ამოცანის გადაწყვეტის ალტერნატიული ხერხია მისი ორ ნაწილად გაყოფა: მოძრაობის დაწყებამდე ოპტიმალური ტრაექტორიის არჩევა და მანიპულიატორის მუშაობის პროცესში არჩეული ტრაექტორიის გასწვრივ მოძრაობის რეგულირება. ტრაექტორიის მიღება შესაძლებელია უკვე არსებულ გადაწყვეტათა მიღების გზით. ოპტიმალური ტრაექტორიის დაგეგმვა მიიღწევა შესახსვრათა დონეზე. კუბიური სპლაინის ფუნქცია გამოიყენება საწარმოო რობოტის შესახსვრათა ტრაექტორიის კონსტრუირებისას. რობოტის მოძრაობა განპირობებულია დეკარტეს კვანძთა თანამიმდევრობით, ანუ ხელის მდებარეობითა და ორიენტაციით. დამუშავდა ალგორითმი მეზობელ შესახსვრათა ყოველი წველისათვის დროითი ინტერვალების გრაფიკის ასაგებად ისე, რომ მინიმუზირებული იქნეს სრული გავლის დრო, რომელიც დამოკიდებულია ფიზიკურ შეზღუდვებზე სიჩქარეზე, აჩქარებაზე და შესახსვრათა გაკვრებზე.

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

ამოცანის გადაწყვეტას ვახდენთ მისი ორ ნაწილად გაყოფით: მოძრაობის დაწყებამდე ოპტიმალური ტრაექტორიის არჩევითა და მოძრაობის რეგულირებით არჩეული ტრაექტორიის გასწვრივ მოძრაობისას, მანიპულიატორის მუშაობის პროცესში. ტრაექტორია შემოსაზღვრულია დეკარტეს კოორდინატებში, ხოლო ამძრავების მიერ განვითარებული ძალებისა და მომენტების სიდიდეებიც უსასრულო არაა.

რობოტტექნიკაში ფართოდ გამოიყენება ე. წ. მიერთებული ცვლადების ცნება. მიერთებული ცვლადებია ყოველი კვანძის გადაადგილების სიდიდე, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში წარმოადგენს, სახსარში ღეროს შემობრუნების კუთხეს.

ამგვარად, დაისმება ოპტიმიზაციის ამოცანა ორ სხვადასხვა კოორდინატთა სისტემაში მოცემული შეზღუდვებით. დაბალი რიგის პოლინომებით აპროქსიმაციის გზით შესაძლებელია მანიპულიატორის ტრაექტორიის ფორმირება მიერთებული ცვლადების სივრცეში, შესაბამისი ტრაექტორიის ფორმირება დეკარტეს სივრცეში და ჩატარდეს ტრაექტორიის ოპტიმიზაცია და მოძრაობის რეგულირება მიერთებული ცვლადების დონეზე; ან გარდავქმნათ ძალებისა და მომენტების შეზღუდვები დეკარტეს კოორდინატთა სისტემაში, ხოლო შემდეგ მოვახდინოთ ტრაექტორიის ოპტიმიზაცია და მოძრაობის რეგულირება. მეორე მეთოდში, მოძრაობის დროის მინიმუზირების მეთოდში, ძალებისა და მომენტების ანალიტიკური გარდაქმნა მათ დეკარტეს ექვივალენტებში, ძალზე ძნელი განსახორციელებელია რობოტის დინამიკის მაღალი არაწრფივობის გამო. ამიტომ, ეს განხორციელებული იქნა ექსპერიმენტალურად.

ეს ხერხი მოიცავს დეკარტეს სივრცეში მოცემული ტრაექტორიის გარდაქმნას მიერთებულ ცვლადთა N ტრაექტორიად - თითოეული ყოველი შესახსვრისთვის. თუმცა, გარდაქმნათა იაკობიანები წერტილოვანია. რადგან არაა ცნობილი არცერთი ფუნქცია, რომელიც მოახდენს მოცემულ გარდაქმნას, ვიყენებთ შერჩევის მეთოდს. ამგვარად, დეკარტეს სივრცეში მიერთებულ ცვლადთა ფუნქციის მეშვეობით ტრაექტორიის აპროქსიმაციისთვის, მოცემულ ტრაექტორიაზე უნდა ავირჩიოთ საკმარისი რაოდენობის საკვანძო წერტილები და გარდავქმნათ ისინი მიერთებულ ცვლადებად. ამის შემდეგ აპროქსიმაციისათვის ასევე საჭიროა N პოლინომი - თითო-თითო ყოველი მიერთებული ცვლადისთვის.

წარმოადგენილ ნაშრომში ტრაექტორიის ასაგებად გამოყენებულია კუბიური პოლინომები. მოცემული ტრაექტორიის ინტერპოლირება ხდება კუბიური პოლინომებით n-2 საკვლევ საკვანძო წერტილებით. მოითხოვება, რომ გადაადგილება, სიჩქარე და აჩქარება იყოს მუდმივი მთელი ტრაექტორიის გასწვრივ. ორი საკვანძო წერტილი, რომლებშიდაც მიერთებული კოორდინატების მნიშვნელობები არაა განსაზღვრული, უნდა იყვნენ მიერთებული დიდი თავისუფლების უზრუნველსაყოფად უწყვეტობის პირობით ამოცანის გადაწყვეტისას. ე.ი. წერტილების საერთო რიცხვი გახდება n და თითოეული მიერთებული ცვლადი შემდგარი იქნება n-1 უბან - უბნად კუბიური პოლინომებისაგან. უწყვეტობის პირობის გამოყენებით. განსაკუთრებული წერტილები აღიწერება გამოსახულებით უცნობი კოეფიციენტებით და განსაზღვრული კონსტანტებით. უცნობი კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის უნდა ამოიხსნას სისტემა n-2 განტოლებებისა.

განტოლებათა სისტემის მიღებულ მატრიცას აქვს ლენტის ფორმა, რაც ამარტივებს ანგარიშს. მის ამონახსნს წარმოადგენს ტრაექტორიის მაპროექსირებელი ფუნქციები, რომლებიც დამოკიდებული არიან საკვანძო წერტილებს შორის დროის ინტერვალზე. მთელი მოცემული ტრაექტორიის გავლის დროის მინიმიზაციისათვის უნდა მოხდეს ამ ინტერვალების სიდიდეთა კორექტირება პოლინომიალური ტრაექტორიის $n-1$ მონაკვეთებიდან თითოეულის საზღვრებში. აქედან გამომდინარე, ოპტიმიზაციის პროცესში ჩართული იქნება ბევრი შეზღუდვა. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად შეიძლება გამოვიყენოთ პირდაპირი მიების მეთოდი, თუ ამ შეზღუდვებს ყურადღებით გამოვიყენებთ.

წარმოებაში შრომის ნაყოფიერება დამოკიდებულია რობოტის მანიპულირების სიჩქარეზე. მანიპულიატორის მუშაობის სიჩქარის გაზრდისათვის უნდა მოვახდინოთ მოცემული ტრაექტორიის გასწვრივ მოძრაობის დროის მინიმიზაცია. ოპტიმიზაციის ამოცანა დაიყვანება მოძრაობის დროის მინიმიზაციაზე დროითი ინტერვალების h_1, h_2, \dots, h_{n-1} , სიდიდის შესაბამისი შერჩევით, მიერთებულ სიჩქარეებზე, აჩქარებებზე, მომენტებზე და აჩქარებათა ცვლილების სიჩქარეზე შეზღუდვათა გათვალისწინებით. მოხერხებულობისთვის მივიღოთ

VC_j – შეზღუდვა სიჩქარისათვის j - ური შესახსვრისთვის,

wC_j – შეზღუდვა აჩქარებისათვის j - ური შესახსვრისთვის,

JC_j – შეზღუდვა აჩქარების ცვლილების სიჩქარისთვის j - ური შესახსვრისთვის,

$Q_{ji}(t)$ – კუბური პოლინომი, რომელიც აღწერს j -ური მიერთებული ცვლადის ქცევას i და $i+1$ საკვანძო წერტილებს შორის, ე.ი. H_i და H_{i+1} შორის.

w_{ji} – აჩქარება H_i – ში; ის შეესაბამება $Q_{ji}''(t_i)$ – ს, თუკი $Q_{ji}(t)$ გადის H_i –ზე t_i – დროის მომენტში, $X=(h_1, h_2, \dots, h_{n-1})$, - დროითი ინტერვალების ვექტორია.

ამოცანის ფორმულირება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდება: მოვახდინოთ T მიზნის ფუნქციის მინიმიზირება:

$$T = \sum_{i=1}^{n-1} h_i$$

შემდეგი შეზღუდვებით

$$|Q'_{ji}(t)| \leq VC_j, \quad j=1,2,\dots, N, \quad i=1,2,\dots,n-1,$$

$$|Q''_{ji}(t)| \leq wC_j, \quad j=1,2,\dots, N, \quad i=1,2,\dots,n-1,$$

$$|Q'''_{ji}(t)| \leq JC_j, \quad j=1,2,\dots, N, \quad i=1,2,\dots,n-1$$

ოპტიმიზაციის ალგორითმი

ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს $T = h_1+h_2+\dots+h_{n-1}$ სიდიდის განსაზღვრაში. ჯერ ამოირჩევა n – მაქსიმალური რაოდენობა სიდიდეების X_i , ($i=1,2,\dots, n$). ვთქვათ, რომ X_g და X_s აქვთ ფუნქციის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები. იტერაციული მეთოდით ოპტიმალური მნიშვნელობის მისაღწევად ვიყენებთ ფორმულას:

$$X_{n+1} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i - X_g \right].$$

ალგორითმი ცდილობს შეარჩიოს საუკეთესო მნიშვნელობები (ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობის შესაბამისად) წრფის გასწვრივ, რომელიც აერთებს X_g და X_{n+1} -ს, X_g -ს არასასურველი მნიშვნელობის ჩასანაცვლებლად.

მოცემული მიდგომის გამოყენებისას საჭიროა განისაზღვროს დრო ოპტიმალური დროითი ინტერვალების გაანგარიშებისათვის, ხოლო შემდეგ გამოვითვალოთ და შევკრიბოთ ფუნქციები ერთად. თუმცა, გაანგარიშებული დრო არ წარმოადგენს საკვანძო პრობლემას, რადგან გამოთვლა ხდება ავტონომურად. გამოთვლათა ჩატარების შემდეგ, შედეგად მიღებული ფუნქციები გამოიყენება როგორც მიერთებული ცვლადების მოცემული ტრაექტორიები სამუშაო რეჟიმისთვის. ამგვარად, სამუშაო რეჟიმის

დროს ჩატარებული გამოთვლები ამორჩევის ყოველი პერიოდისთვის თავის თავში მოიცავს მხოლოდ ამპრავების მიერ განვითარებულ ძალებისა და მომენტების გამოთვლას, მაგრამ არ შეიცავს გარდაქმნებს დეკარტეს საკოორდინატო სივრციდან მიერთებულ ცვლადების სივრცეში. შესაბამისად, შესაძლებელია ამორჩევის სიხშირის გაზრდა.

The formulation and optimization of cubic polynomials trajectory of multihinge industrial robot components

Nugzar Dadiani, David Purtskhvanidze

Summary

Because of the physical limitations of the optimal control of industrial robots is a challenging task. An alternative solution to the problem is to divide it into two parts: the selection of the optimal path to the beginning of the movement and traffic control along the selected path during operation of the manipulator. The trajectory can be obtained by taking the existing solutions. Planning the optimal trajectory is achieved at the level of the joints. Function cubic spline is used in the construction of trajectories of an industrial robot joints. An algorithm for plotting the time intervals between each pair of adjacent nodes so as to minimize the total transmission time, depending on the physical constraints of velocity and acceleration

Формулирование и оптимизация кубическими полиномами траектории движения узлов многошарнирного промышленного робота

Нугзар Дадиани, Давид Пурцхванидзе

Резюме

Из-за физических ограничений оптимальное управление промышленных роботов является сложной задачей. Альтернативным решением задачи является деление её на две части: выбор оптимальной траектории до начала движения и регулирование движения вдоль выбранной траектории в процессе работы манипулятора. Траекторию можно получить путем принятия уже существующих решений. Планирование оптимальной траектории достигается на уровне сочленений. Функция кубического сплайна используется при конструировании траекторий сочленений промышленного робота. Разработан алгоритм для построения графика временных интервалов между каждой парой соседних узлов так, чтобы минимизировать время полного прохождения, зависящее от физических ограничений по скорости и ускорению.

ლიტერატურა – References - Литература

1. Д. А. Пурцхванидзе Г. Д. Челидзе МАНИПУЛЯТОР Авторское свидетельство 1077780 опубликовано 07.03.84 Бюлет. № 9
2. დ. ფურცხვანიძე. მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის (ხორთუმის) მართვის საკითხები. საქ მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. №7 2003

ოპტიმიზაციის ზოგიერთი ამოცანის პროგრამული გადაწყვეტა

ნუგზარ დადიანი, ქეთევან ოშიაძე, დუდუხანა ცინცაძე

Email : nugzar_dadiani@yahoo.com, Komiadze@mail.ru, cindudu@rambler.ru,

რეზიუმე

პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობის მქონე მრავალი ამოცანა, რომელიც ტექნიკაში, ეკონომიკაში, პოლიტიკასა თუ დაპირისპირებულ მხარეთა კონფლიქტის დროს წარმოიშვება, ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღებას მოითხოვს, სიტუაციისა და კონკრეტული პირობების გათვალისწინების მიხედვით. ყოველი გონივრული გადაწყვეტილება მიიღება ოპტიმიზაციის კლასიკური მეთოდოლოგიის გამოყენებით, რომელსაც საფუძვლად უდევს სხვადასხვა მათემატიკური მოდელი.

სტატიაში აღწერილია განსაზღვრულ სივრცეში განათების გადანაწილების (ენერჯის, სიმძლავრის და ა.შ.), კერძოდ ოთახის განათების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის პირობები. პარამეტრების სახით მოცემულია ოთახის ზომები, ნათურების რაოდენობა და სიმძლავრე. ამოცანის მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს მრავალი ცვლადის ფუნქციის ექსტრემალური მნიშვნელობის მოძებნას, ხოლო პროგრამა ითვლის ოთახის ოპტიმალური განათების ინტენსივობას პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. წარმოდგენილია შესაბამისი გრაფიკული გამოსახულებები.

საკვანძო სიტყვები: ოპტიმიზაცია, მართვა, პროგრამირება

პროგრამული პაკეტები საგრძნობლად ამარტივებს მრავალი გამოყენებითი ამოცანის გადაწყვეტას. ის ძალიან მოსახერხებელი იარაღია მათემატიკური გენეტიკის, მონტე-კარლოს მოდელირების, სხვადასხვა ეკონომიკური და ოპტიმიზაციის ამოცანების განხილვისას. პრაქტიკაში ხშირად დგება საკითხი, როგორ გადავანაწილოთ განსაზღვრულ სივრცეში გადამცემი ანძები, დენის წყაროები და ა.შ., რომ მოცემული სიმძლავრის პირობებში მივიღოთ მაქსიმალური ეფექტი. წმინდა თეორიული თვალსაზრისით ეს საკითხი დაიყვანება მრავალი ცვლადის ფუნქციის ექსტრემალური მნიშვნელობის მოძებნაზე, რაც ხშირად ურთულეს გამოთვლებთან არის დაკავშირებული. **MatLab** საშუალებას იძლევა ყოველ კონკრეტულ შემთხვევას მარტივად მოვარგოთ ზოგადი პროგრამა გარკვეული პარამეტრების მნიშვნელობების მითითებით და შედეგი მივიღოთ როგორც რიცხვებით, ასევე ვიზუალურად.

სიმარტივისათვის განვიხილოთ ოთახის განათების მაგალითი. ამოცანა შემდეგში მდგომარეობს: როგორ მივაღწიოთ ოთახის ოპტიმალურ განათებას ნათურების მოცემული სიმძლავრისა და რაოდენობის შემთხვევაში. ვთქვათ $n \times m \times h$ პარამეტრების ოთახი უნდა გავანათოთ N რაოდენობის ერთნაირი სიმძლავრის ნათურით, რომელთა საერთო სიმძლავრე W ვატის ტოლია. ოთახის ჭერს შევუსაბამოთ კოორდინატთა სისტემა სათავით ერთერთ კუთხეში. საკოორდინატო ღერძები მივმართოთ გვერდების გასწვრივ. ნათურების კოორდინატები $(x_i, y_j)_{i,j=1, \dots, N}$ აღვნიშნოთ.

ესტეტიკური თვალსაზრისით სასურველია ნათურები განვალაგოთ ოთახის გრძელი კედლის გასწვრივ ცენტრალურ ნაწილში ან რამოდენიმე მწკრივად ერთმანეთისაგან და კედლებიდან თანაბარი დაშორებით. როდესაც ნათურები განლაგებულია გრძელი კედლის

გასწვრივ ცენტრალურ ნაწილში, ე.ი. $y=m/2$ წრფის გასწვრივ, ნათურების კოორდინატები იქნება: $x_i = \frac{n \cdot i}{N+1}$; $y_j = \frac{m}{2}$.

როდესაც $N=I \cdot k$, სადაც k და I ნატურალური რიცხვებია (ზოგადობის შეუზღუდავად შეგვიძლია ვივულისხმოთ, რომ $k \geq 1$), $x_i = \frac{n \cdot i}{l+1}$; $y_j = \frac{m \cdot j}{k+1}$.

მოცემულ (x, y) წერტილში სინათლის ინტენსივობა იზომება ვატი/კვადრატულ მეტრებში და ის ტოლია ნათურის სიმძლავრე შეფარებული 4-ის ნამრავლზე ნათურამდე მანძილის კვადრატთან:

$$e_{ij} = \frac{w}{N(4\pi i(x-x_i)^2 + (y-y_j)^2 + h^2)}$$

$$e = \sum_{i,j=1}^N \frac{w}{N(4\pi i(x-x_i)^2 + (y-y_j)^2 + h^2)}$$

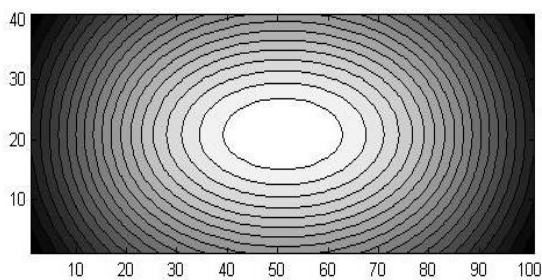
საილუსტრაციოდ განვიხილოთ კერძო შემთხვევა:

ვთქვათ $10 \times 4 \times 3$ განზომილების მქონე ოთახი უნდა გავანათოთ 300 ვატი საერთო სიმძლავრის 4 ნათურით. თავდაპირველად განვალაგოთ ერთ რიგად. მაშინ ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$e = \frac{75}{4\pi((x-2)^2 + (y-2)^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-4)^2 + (y-2)^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-6)^2 + (y-2)^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-8)^2 + (y-2)^2 + 3^2)}$$

შემდეგი პროგრამა ითვლის განათების ინტენსივობას ოთახის ნებისმიერ წერტილში (ძირითადად საინტერესოა ყველაზე ძლიერ და ყველაზე სუსტად განათებული წერტილები) და ვიზუალურად გვიჩვენებს მთლიანი განათების სურათს:

```
light4 = @(x, y, d) 75 ./ (4*pi * ((x-d).^2 + (y-2).^2 + 3^2))
[x, y] = meshgrid(0:0.1:10, 0:0.1:4);
contourf(light4(x, y, 2) + light4(x, y, 4) + light4(x, y, 6) + light4(x, y, 8, 20));
colormap('gray'); axis equal tight
for x=0:1:5
e=light4(x, 0, 2) + light4(x, 0, 4) + light4(x, 0, 6) + light4(x, 0, 8)
end
```



e = 0.7562	e = 1.1378	e = 1.3952
e = 0.9509	e = 1.2810	
e =	e = 1.3671	

როგორც ვხედავთ, განსხვავება ცენტრისა და კიდეების განათებას შორის დიდია.

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როცა 75 ვატის სიმძლავრის 4 ნათურა განლაგებულია ორ მწკრივად. ამ შემთხვევაში ნათურების კოორდინატები იქნება (x_i, y_j) , $i, j = \overline{1, 2}$

$$x_i = \frac{n}{3}i;$$

$$y_j = \frac{m}{3}j.$$

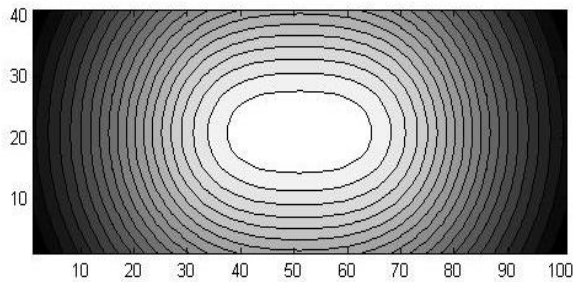
$(10 \times 4 \times 3)$ განზომილების მქონე ოთახის ნებისმიერ (x, y) წერტილში სინათლის ინტენსივობის გამოსათვლელი ფორმულა კი მიიღებს სახეს:

$$e = \frac{75}{4\pi((x-\frac{10}{3})^2 + (y-\frac{4}{3})^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-\frac{10}{3})^2 + (y-\frac{8}{3})^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-\frac{20}{3})^2 + (y-\frac{4}{3})^2 + 3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-\frac{20}{3})^2 + (y-\frac{8}{3})^2 + 3^2)}.$$

$$\text{light4} = @(x,y) 75./(4*\pi*((x-10/3).^2+(y-4/3).^2+3^2))+75./(4*\pi*((x-10/3).^2+(y-8/3).^2+3^2))... \\ +75./(4*\pi*((x-20/3).^2+(y-4/3).^2+3^2))+75./(4*\pi*((x-20/3).^2+(y-8/3).^2+3^2))...$$

```
[x,y]=meshgrid(0:0.1:10,0:0.1:4);
contourf(light4(x,y),20);
colormap('gray');axis equal tight
```

```
for x=0:1:5
e=light4(x,0)
end
```



$$\text{light4} = @(x,y) 75./(4*\pi*((x-10/3).^2+(y-4/3).^2+3^2))+75./(4*\pi*((x-10/3).^2+(y-8/3).^2+3^2))+75./(4*\pi*((x-20/3).^2+(y-4/3).^2+3^2))+75./(4*\pi*((x-20/3).^2+(y-8/3).^2+3^2))$$

$$e = 0.6985$$

$$e = 0.9077$$

$$e = 1.1498$$

$$e = 1.3644$$

$$e = 1.4830$$

$$e = 1.5125$$

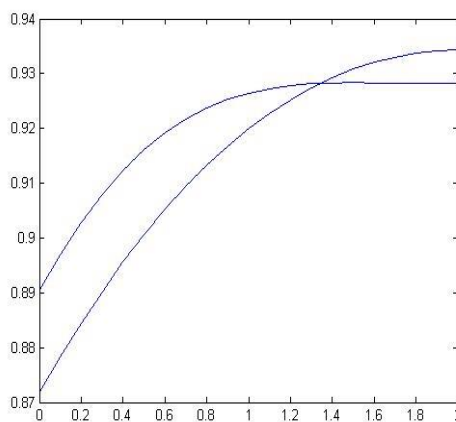
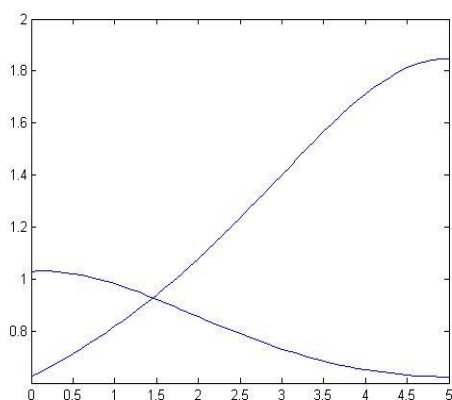
შედეგი არ გაუმჯობესდა. სურათიდან ჩანს, რომ თუ ნათურებს მცირე კედლებს მივუახლოვებთ, ოთახის ბნელი კიდურა წერტილები უკეთ განათდება.

ვთქვათ ერთერთი მოკლე კედლიდან ნათურის დაშორება არის d , მაშინ მეორე კედლიდან დაშორება იქნება $10-d$. გრძელი კედლიდან დაშორება აღვნიშნოთ l -ით, მეორე კედლიდან დაშორება იქნება $4-l$.

სინათლის ინტენსივობა კედლების გასწვრივ გამოვსახოთ გრაფიკულად. ზოგადობის შეუზღუდავად შეგვიძლია გრაფიკული გამოსახულება ავაგოთ მხოლოდ ერთი კუთხისათვის (დანარჩენებშიც იგივე სურათი მიიღება):

$$e = \frac{75}{4\pi((x-d)^2+(y-l)^2+3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-(10-d))^2+(y-l)^2+3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-d)^2+(y-(4-l))^2+3^2)} + \frac{75}{4\pi((x-(10-d))^2+(y-(4-l))^2+3^2)}$$

```
function ganateba6
syms x y d l;
light4 =@(x,y,d,l) 75./(4*pi*((x-d).^2+(y-l).^2+3^2))
d=0:0.1:5;
z1=light4(0, 0,d, 4/3)+light4(0,0,d,8/3)+light4(0,0,10-
d,4/3)+light4(0, 0,10-d, 8/3);
z2=light4(5, 0,d, 4/3)+light4(5,0,d,8/3)+light4(5,0,10-
d,4/3)+light4(5, 0,10-d, 8/3);
plot(d,z1)
hold on
plot(d,z2)
hold off
```

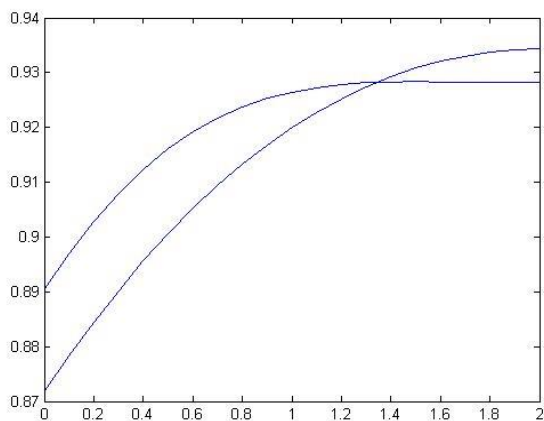


ნახაზიდან ჩანს, რომ სინათლის ინტენსივობა ცენტრსა და კიდურა წერტილში ერთნაირი იქნება, როცა მცირე კედლიდან დაშორება დაახლოებით 1.5 მეტრია. ზუსტი მნიშვნელობა ვიპოვოთ შემდეგი პროცედურით:

```
z=@(d) light4(0, 0,d, 4/3)+light4(0,0,d,8/3)+light4(0,0,10-
d,4/3)+light4(0, 0,10-d, 8/3)-...
light4(5, 0,d, 4/3)-light4(5,0,d,8/3)-light4(5,0,10-d,4/3)-
light4(5, 0,10-d, 8/3)
dint=fzero(z,1.5)
dint=1.4574
```

გამოვითვალოთ დიდი კედლიდან დაშორება და განათების ინტენსივობა ნათურების ახალი განლაგების შემთხვევაში.

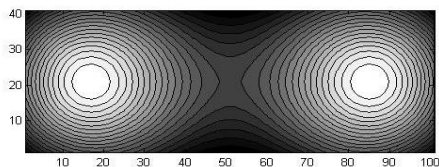
```
function ganateba7
syms x y d l;
light4 =@(x,y,d,l) 75./(4*pi*((x-d).^2+(y-l).^2+3^2))
l=0:0.1:2;
z3=light4(0, 0,1.457, l)+light4(0,0,1.457,4-
l)+light4(0,0,8.5423,l)+light4(0, 0,8.543,4-l);
z4=light4(5, 0,1.457, l)+light4(5,0,1.457,4-
l)+light4(5,0,8.543,l)+light4(5, 0, 8.543, 4-l);
plot(l,z3)
hold on
plot(l,z4)
hold off
```



```
Z=@(l)light4(0, 0,1.457, l)+light4(0,0,1.457,4-
l)+light4(0,0,8.5423,l)+light4(0, 0,8.543,4-l)-...
light4(5, 0,1.457, l)-light4(5,0,1.457,4-l)-light4(5,0,8.543,l)-
light4(5, 0, 8.543, 4-l);
dint=fzero(Z,1.4)
e1=light4(0, 0,1.457, 1.34)+light4(0,0,1.457,4-
1.34)+light4(0,0,8.5423,1.34)+light4(0, 0,8.543,4-1.34)
e2=light4(5, 0,1.457, 1.34)+light4(5,0,1.457,4-1.
light4 =
    @(x,y,d,l) 75./(4*pi*((x-d).^2+(y-1).^2+3^2))
dint =
    1.3420
e1 =
    0.9282
e2 =
    0.9282
```

მივიღეთ, რომ განათების ინტენსივობა კუთხესა და ცენტრში ერთნაირია. ოთახის საერთო განათების სურათი ასეთია:

```
light4=@(x,y,d,l) 75./(4*pi*((x-d).^2+(y-1).^2+3^2))
[x,y]=meshgrid(0:0.1:10, 0:0.1:4);
contourf(light4(x, y,1.45, 1.34)+light4(x, y,1.45,2.66)+light4(x,
y,8.5,1.34)+light4(x, y, 8.5,2.66), 20);
colormap('gray');axis equal tight
```



შედეგი სასურველია, ოთახი თანაბრად არის განათებული.

The solution of some optimization problems using Matlab

Nugzar Dadiani, Ketevan Omiadze, Dudukhana Tsintsadze

Summary

Many of the problems arising in engineering, economics, politics, conflict and having theoretical and practical importance, require optimal solutions according to the specific situation and conditions. Every rational decision is made using classical optimization methods, which are based on various mathematical models.

The article describes the lighting distribution (energy, power, etc.) in a certain area, in particular the conditions of choosing the best option of the room lighting. The dimensions of the room, the number of lamps and their power are set as parameters. The mathematical model of the problem involves finding extreme values of functions of several variables, Matlab-program calculates the light intensity in the room for a variety of settings. Presents relevant graphics.

Решение некоторых задач оптимизации с использованием Matlab

Нугзар Дадиани, Кетеван Омиадзе, Дудухана Цинцадзе

Резюме

Многие задачи, возникающие в технике, экономике, политике, конфликтологии и имеющие теоретическое и практическое значение, требуют принятия оптимального решения в соответствии с конкретными ситуациями и условиями. Каждое разумное решение принимается с использованием классических методов оптимизации, которые базируются на различных математических моделях.

В статье описывается распределение освещения (энергии, мощности и т.д.) в определённом пространстве, в частности, условия выбора оптимального варианта освещения комнаты. Размеры комнаты, количество ламп и их мощность задаются в виде параметров. Математическая модель задачи включает в себя нахождение экстремального значения функции нескольких переменных, а Matlab-программа вычисляет интенсивность освещения в комнате для различных значений параметров. Представлены соответствующие графические изображения.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Ногин В.Д., Протодяконов И.О., Евлампиев И.И. – Основы теории оптимизации. Москва, «Высшая школа», 1986г.
2. Шилов Г. Е. – Математический анализ. Москва, изд. «НАУКА», 1972г.
3. Дьяконов В.П. – MATLAB 7.*/R2006/R2007, Москва: ДМК ПРЕСС, 2008г.

მზის ენერჯის გამოყენების ტენდენციები ევროპაში

ნოდარ მირიანაშვილი, ნოდარ გძელიშვილი, ქეთევან ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ვენერა ხათაშვილი, თენგიზ ნოზაძე, თონა წოწონავა-დურგლიშვილი

verona64@mail.ru

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ევროპის ქვეყნებში მზის ენერჯის გამოყენების ტენდენციები და განვითარების პერსპექტივები.

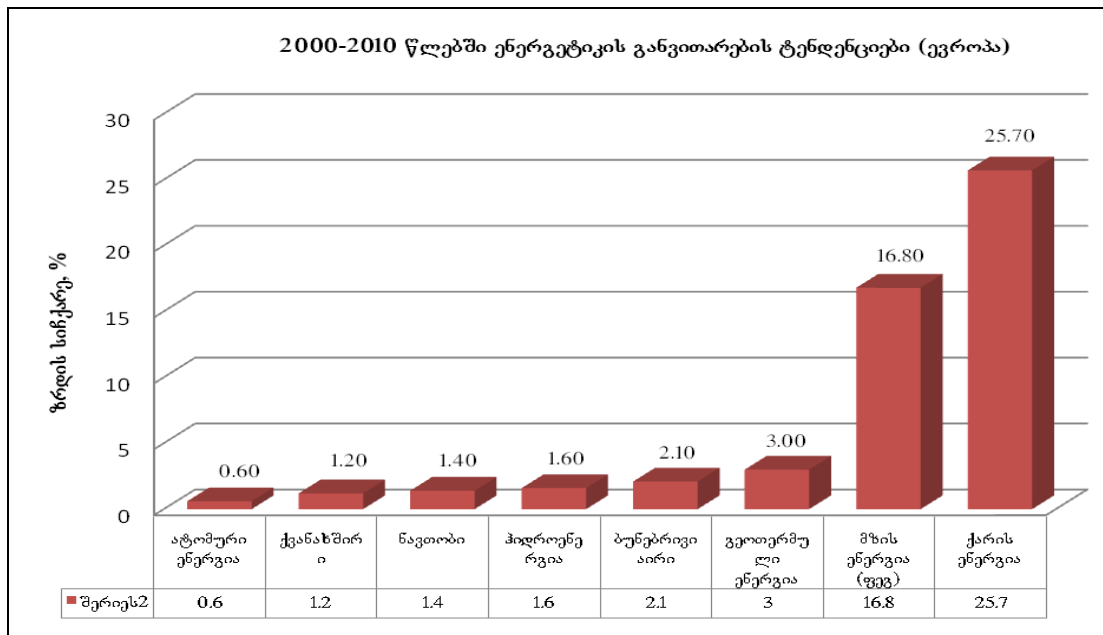
მზის ენერჯის გარდამქმნელების უმრავლესობა დაბალტემპერატურული ჯგუფისაა. მათი საშუალებით ხდება წყლის გაცხელება, ხილისა და ბოსტნეულის შრობა. მზის ენერჯის აკუმულირებით შესაძლებელია შენობების, სათბურების და სხვათა ცხელი წყლით მომარაგება და გათბობა.

მზის დანადგარები პრაქტიკულად არ საჭიროებენ საექსპლუატაციო დანახარჯებს, რაც კიდევ უფრო პერსპექტიულს ხდის მათ ფართოდ გამოყენებას ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში.

საკვანძო სიტყვები: მზის ენერჯია, ენერგოდაზოგვა, თბომომარაგება

1973 წელს დაიწყო UNESCO-ს პირველი საერთაშორისო პროგრამა მზის ენერჯის გამოყენების თაობაზე. 1973-2000 წწ. მსგავსი პროგრამების რეალიზაციამ ევროპის ქვეყნებში ენერგეტიკული ბალანსის გარკვეული ცვლილება გამოიწვია. გრაფიკზე 1 ნაჩვენებია ამ ცვლილებების დინამიკა. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, 2000 წლიდან 2010 წლამდე ენერჯის ცალკეული სახეების მიხედვით ენერგეტიკის ზრდის სიჩქარეს ქარენერგეტიკა 25,7% და მზის ენერგეტიკა (ფოტოელექტრული გარდამქმნელები (ფეგ)) 16,8% განსაზღვრავს.

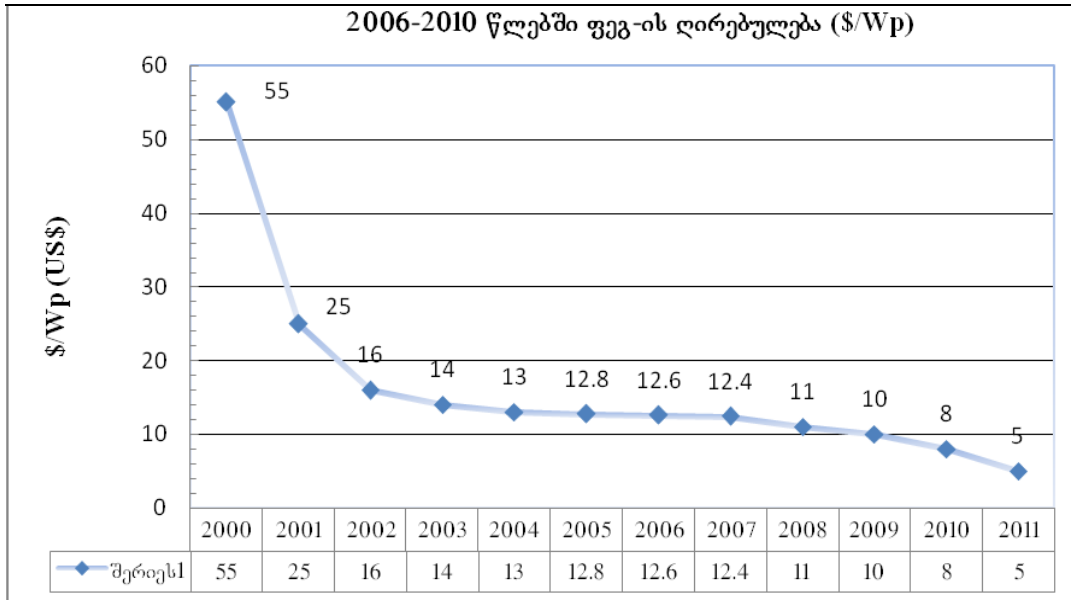
გრაფიკი 1



1975 წლიდან ფოტოელექტრული ელემენტების მოხმარება ყოველწლიურად იზრდება. აღნიშნული ელემენტების ფართომასშტაბიან პრაქტიკულ გამოყენებას ჯერ კიდევ მისი მაღალი თვითღირებულება განსაზღვრავს.

ბოლო დროინდელი ტექნოლოგიური მიღწევების შედეგად 1კტ სიმძლავრის ფოტოელექტრული გარდამქმნელის ღირებულება (\$/W_p) 2000 წლიდან 2010 წლამდე 80%-ით შემცირდა. ეს ცვლილებები მოყვანილია გრაფიკზე 2.

გრაფიკი 2



ფოტოელექტრული გარდამქმნელის ღირებულება, მისი მასობრივი წარმოების შემთხვევაში 2000 წელთან შედარებით შესაძლებელია ორჯერ შემცირდეს (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

ფეგ-ის ღირებულება \$/კვტ: მდგომარეობა და პროგნოზი

ფოტოელექტრული გარდამქმნელების მასალა	2000 წ.	2020 წ.
პოლიკრისტალური სილიციუმი	1,5-2,5	1,2-2,0
Cd-Te (სტიბიუმი-ტელური)	1,2-2,0	0,75-1,25
a.Si (ამორფული სილიციუმი)	1,2-2,0	0,75-1,25
Cu(Ln, Ca)Se ₂ (სპილენძი, ლითუმი, კალციუმი, სელენი)	1,2-2,0	0,75-1,25

2020 წლისათვის ფეგ-ის ღირებულების პროგნოზი არსებულ ტექნოლოგიებში ღირებულების მინიმალურ ზღვარს წარმოადგენს.

ამასთან ერთად ფეგ-ის თვითღირებულების შემცირებას ხელს შეუწყობს მათი ეფექტურობის ზრდაც (ცხრ. 2).

მზის ენერგეტიკის განვითარებას ქვეყნების მთავრობები ყოველნაირად ეხმარებიან. გერმანიაში 2000 წლის თებერვლის კანონის თანახმად სახელმწიფო კერძო მესაკუთრეების ფოტოელექტრული მოდულებიდან გამომჟღავნებულ ჭარბ ელექტროენერგიას დღის საათებში იძენს, ხოლო საღამოს და ღამის საათებში თავის მოქალაქეებს საჭიროების შემთხვევაში უკან უბრუნებს. გერმანიაში მოქმედი პროგრამის “10000 მზის სახურავი” და მიღებული კანონის შერწყმამ ხელი შეუწყო ფოტოელექტრულ გარდამქმნელებზე გაზრდილიყო მოთხოვნა. ფეგ-ის 5კვტ სიმძლავრის მოდულების შემქმნელებს მთავრობა 10 წლიან უპროცენტო კრედიტს სთავაზობს. ასეთი ხელშეწყობით ვითარდება ქვეყანაში მზის ენერგეტიკა და საერთოდ ენერგეტიკის მდგომარეობა

ცხრილი 2

მზის ელემენტების (მოდულების) მ.კ.კ.: მდგომარეობა და პროგნოზი

ფოტოელექტრული გარდამქმნელების მასალა	2000 წ.	2020 წ.
პოლიკრისტალური სილიციუმი	16	20
a.Si (ამორფული სილიციუმი)	12	14
Cd-Te (სტიბიუმი-ტელური)	10	14
Cu(Ln, Ca)Se ₂ (სპილენძი, ლითუმი, კალციუმი, სელენი)	12	14

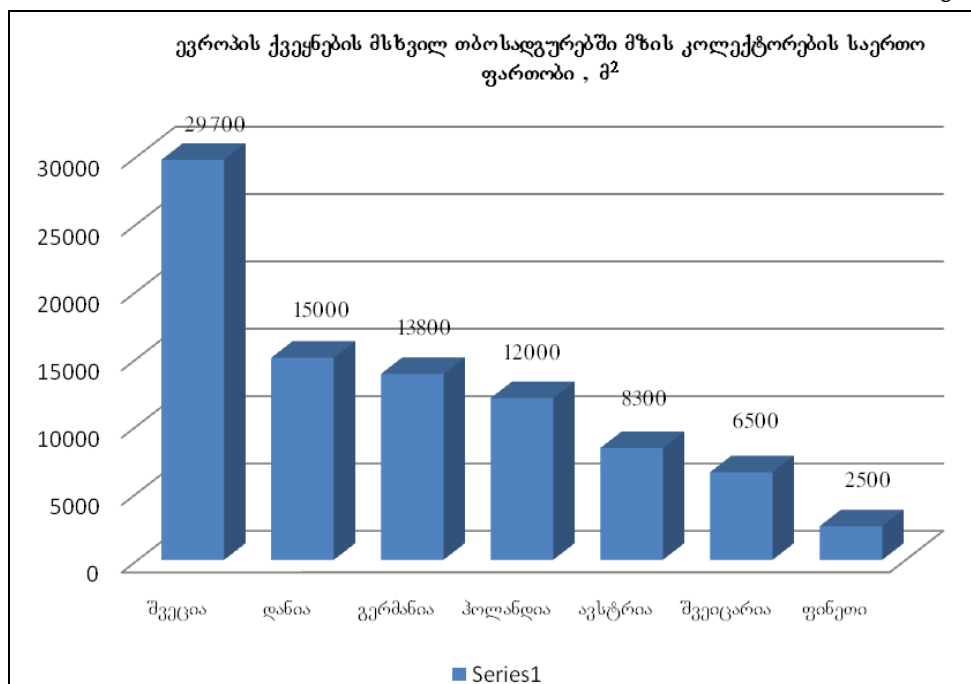
ჰელიოენერჯეტიკის განვითარებაში მეორე მსოფლიო კონფერენცია (1998წ, ვენა) შემობრუნების მომენტად ითვლება. ვენაში მოეწყო მზის ენერჯის ფეგ-ის გამოფენა, რომელშიც 2000-მდე მეცნიერი მონაწილეობდა. აქ პირველად გაჟღერდა 2010 წლისათვის განახლებადი ენერჯების სფეროში ევროპული გაერთიანების მიზნები. ევროპის ქვეყნებში გათვალისწინებულია 3000მგტ სიმძლავრის ფეგ-ის დანერგვა და ერთი მილიონი ფეგ-ის წარმოება.

დღეისათვის მზის ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნის პერსპექტიულობა ეჭვს არ იწვევს. მიუხედავად ამისა მზის თბური კოლექტორების გამოყენების მასშტაბები ბევრად აღემატება ფეგ-ის გამოყენების მასშტაბებს.

ამჟამად მზის თბური კოლექტორების მიერ დაკავებულია მილიონობით კვადრატული მეტრი ფართობი. 1999 წლისათვის ევროპაში ექსპლუატაციაში მყოფი თბური კოლექტორების ჯამური ფართი 7 მლნ მ²-ს შეადგენდა, 3500 მგტ თბური სიმძლავრით. საშუალოდ 1მ² ფართობის ღირებულება 250 \$-ზე ნაკლებია.

ევროპაში თბური კოლექტორების გამოყენების მხრივ შვეცია, თავისი გეოგრაფიული მდებარეობის მიუხედავად, ლიდერი ქვეყანაა (გრაფ. 3).

გრაფიკი 3



ევროპაში 46 მსხვილი თბოსადგურიდან 15 შვეციაში მდებარეობს. 1997 წლიდან დღემდე გერმანიასა და ავსტრიაში აშენდა მზის 20 თბოსადგური.

1998 წელს გერმანიაში, ავსტრიასა და შვეციაში მზის თბური კოლექტორების რეალიზაციის საერთო მოცულობამ $1 \cdot 10^6$ მ² შეადგინა. 2000 წლისათვის ეს რიცხვი $8 \cdot 10^6$ მ²-მდე გაიზარდა, რითაც ატმოსფეროში გამოტყორცნილი ნახშირორჟანგის რაოდენობა $2,4 \cdot 10^6$ ტონით შემცირდა. შვეიცარია მზის ენერჯის გამოყენების მხრივ ერთ-ერთი წამყვანი ქვეყანაა ევროპაში. აქ 2000 წლისათვის სილიციუმის მზის გარდაქმნელებისა და თბური კოლექტორების სახით დაახლოებით 3000-მდე ჰელიოდანადგარი მოქმედებდა. მათი სიმძლავრეები 1 კვტ-დან 1000 კვტ-მდე იცვლება.

შვეიცარიაში მოქმედი მზის ენერჯის გამოყენების პროგრამა “სოლარი-91” ხორციელდება ქვეყნის ბიუჯეტის მხარდაჭერის გარეშე, ნებაყოფლობით, ცალკეული მოქალაქეების, კერძო მეწარმეების და მუნიციპალიტეტების ძალისხმევით.

სილიციუმის ფოტოგარდამქმნელიანი 2-3 კვტ სიმძლავრის ჰელიოდანადგარები სახლების სახურავებსა და ფასადებზე მონტაჟდება. ასეთი სიმძლავრის დანადგარი დაახლოებით 20-300მ² ფართობს იკავებს. თითოეული დანადგარი წელიწადში საშუალოდ 2000კვტ.სთ ელექტროენერჯის გამოიმუშავებს, რაც საშუალო შვეიცარიულ ოჯახისათვის საყოფაცხოვრებო საჭიროებისა და ელექტრომობილის აკუმულატორის დასამუხტავად საკმარისია.

კომპანიების მიერ საწარმოების კორპუსების სახურავებზე მონტაჟდება 300კვტ-მდე სიმძლავრის ჰელიოდანადგარები. ასეთი სიმძლავრის ერთმა ჰელიოდანადგარმა შეიძლება საწარმოს მოთხოვნილება 50-70%-ით დააკმაყოფილოს. მაღალმთიან ალპურ რაიონებში, სადაც ელექტროგადამცემი ხაზების გაყვანა არარენტაბელურია, აშენებენ ავტონომიურ ჰელიოდანადგარებს აკუმულატორებით.

დღეისათვის მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებშია შექმნილი და წარმატებით მუშაობს ფოტობიოქიმიური სისტემები, სადაც სინათლის კვანტური ენერჯია გამოყენებულია ელექტრონების გადასატანად. ისინი მომავლის ეფექტური გარდაქმნელების პირველ სახეს წარმოადგენენ და მათი მოქმედება ბუნებრივი ფოტოსინთეზის პრინციპზეა დაფუძნებული. მზის ენერჯეტიკის ეკონომიურობის საკითხის გადაწყვეტისას ახალი სახის ენერჯეტიკული რესურსები უნდა შევადაროთ ენერჯის ისეთ სახეებს, რომლებიც ისეთივე მასშტაბით იქნება გამოყენებული მომავალში. მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მზის ენერჯის დახმარებით მიღებული სინთეზური თხევადი საწვავის ფასი 60 \$/ბარელის ტოლი იქნება (ინგლისური ბარელი = 163,65 ლ; აშშ ბარელი = 159 ლ). შედარებისათვის შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ 2016 წლის სექტემბრის მონაცემებით 1 ბარელი ნავთობის ფასი საერთაშორისო ბაზარზე დაახლოებით 50 აშშ დოლარია.

მზის ენერჯეტიკის განვითარებისა და გამოყენების თანამედროვე ეტაპზე საჭიროა გავთვალისწინებულ იქნეს მისი ყველა დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მაგალითად, მზის ენერჯის დაბალი სიმკვრივის გამო თვლიან, რომ დიდი სიმძლავრის ჰელიოდანადგარების გამოყენება ელექტროენერჯის მისაღებად მიწის დიდ ფართობებს დაიკავებს.

ცხრილში 3 მოცემულია მთელ რიგ ქვეყნებში 10% მ.ქ.კ.-ის მქონე ჰელიოდანადგარების მიერ (ქვეყანაში ენერჯიაზე საერთო მოთხოვნილების დაახლოებით 20%-ის მზის ენერჯით დაკმაყოფილების შემთხვევაში) დაკავებული ფართობის (ქვეყნის საერთო ფართობიდან) წილი პროცენტებში.

ჰელიოდანადგარების მიერ დაკავებული ფართობი, %

N	ქვეყანა	ფართობის წილი, %	N	ქვეყანა	ფართობის წილი, %
1.	ავსტრალია	0,006	7.	დანია	1,0
2.	კანადა	0,04	8.	იაპონია	1,2
3.	შვეცია	0,3	9.	ინგლისი	2,0
4.	აშშ	0,3	10.	გერმანია	2,4
5.	საფრანგეთი	0,6	11.	ნიდერლანდები	4,0
6.	იტალია	0,8			

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში შექმნილია და ექსპლუატაციას გადის მზის ენერჯის აკუმულატორები (დამგროვებლები). მათი მოცულობა ასეულ ათასი მ³-მდეა. აქ გამოყენებულ ნივთიერებათა კუთრი ტევადობა 0,1-4,18 გჯ/მ³-ია, მუშა ტემპერატურა 500-600°C, ხასიათდება სითბოს დიდი ხნით შენახვის შესაძლებლობით (რამდენიმე თვე). ამჟამად მიმდინარეობს აკუმულატორების სისტემების გაუმჯობესების სამუშაოები მათი ღირებულების შემცირების პარალელურად.

Tendencies of use solar energy in Europe

Nodar Mirianashvili, Nodar Gdzlishvili, Ketevan Vezirishvili-Nozadze, Venera Khatashvili, Tengiz Nozadze, Teona Tsotsonava-Durglishvili

Summary

In article the tendency of use solar energy in the European countries and prospects of its development is considered. The majority of converters of a solar energy низкотемпературной groups. By means of them it is possible to heat up water, to drain fruit and vegetables. With solar energy accumulation probably to carry out hot water supply and heating a building, hotbeds etc. Solar installations the practical do not require operational costs because of what they become even more perspective for wide application in various branches of a national economy.

Тенденции использования солнечной энергий в Европе

Нодар Мирианашвили, Нодар Гдзелишвили, Кетеван Везиришвили-Нозадзе, Венера Хаташвили, Тенгиз Нозадзе, Теона Цоцонава-Дурглишвили

Резюме

В статье рассмотрена тенденция использования солнечной энергий в Европейских странах и перспективы её развития. Большинство преобразователей солнечной энергии низкотемпературной группы. С помощью их можно нагреть воду, осушить фрукты и овощи. С аккумулярованием солнечной энергии, возможно, осуществить горячее водоснабжение и отопление здания, парников и т.д. Солнечные установки практически не нуждаются в

эксплуатационных издержках, из-за чего они становятся еще более перспективными для широкого применения в различных отраслях национального хозяйства.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ნ.მირიანაშვილი, ნ.გძელიშვილი, ვ.ხათაშვილი. თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული, N19, თბილისი, 2015, გვ. 80–84.
2. ნ.მირიანაშვილი, ქ.ვეზირიშვილი. არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისების პერსპექტივები ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით საქართველოს ზღვისპირეთში. სტუ–ს დაარს. 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. შრომები „XXI საუკუნის მეცნიერება და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“. თბილისი, 19–21 სექტემბერი 2012, გვ.157–159.

ინფორმატიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

ტექსტის ანალიზი და გრამატიკული კატეგორიები

გიორგი ჩიკოიძე

gogichikoidze@yahoo.com

რეზიუმე

ნაშრომი ეხება წინადადების გამოხატულებიდან შინაარსის ამოკითხვას, ანუ ტექსტის ანალიზს. პირველ რიგში, ეს ხდება წინადადების ყველა ცალკეული სიტყვაფორმის შემცველი ინფორმაციის დეტალური დამუშავებით.

სტატიაში განხილული მაგალითების ერთობლიობა მიგვანიშნებს დაბრკოლებებზე, რომლებსაც ტექსტის ავტომატური ანალიზი შეიძლება წააწყდეს; აგრეთვე გვიჩვენებს იმ საშუალებებს, რომლებსაც, სავარაუდოდ, ძალუძს სისტემის ამგვარი „ჩიხური“ სიტუაციებიდან გამოყვანა.

საკვანძო სიტყვები

ტექსტის ანალიზი, „ჩიხური“ სიტუაციები, ლექსიკური ფუნქციები, სემანტიკური როლები

ტექსტის ანალიზის ამოცანაა წინადადების გამოხატულებიდან შინაარსის ამოკითხვა. პირველ რიგში, ეს ხდება იმ ინფორმაციის „გამიფვრით“, რომელსაც მოიცავს წინადადების ყველა ცალკეული სიტყვაფორმა.

ამ თვალსაზრისით, წინადადება არის სიტყვაფორმათა თანამიმდევრობა. თავის მხრივ, ყოველი სიტყვაფორმა უშუალოდ წარმოდგენილია როგორც ასოების თანამიმდევრობა (ყოველ შემთხვევაში, ტექსტში). ასოთა თანამიმდევრობაში „კოდირებულია“ მორფთა ჯაჭვი, რომლის ყოველი რგოლი, ანუ მორფი, არის ესა თუ ის მორფემა. სწორედ მორფებია უშუალოდ „დატვირთული“ ინფორმაციით, რომელსაც ანალიზი საჭიროებს საბოლოო ამოცანის მისაღწევად, ანუ წინადადების შინაარსის, მასში ჩადებული აზრის დასადგენად. თუმცა ეს ინფორმაცია, უმეტეს შემთხვევაში, არ არის ცალსახა. თანაც არაცალსახობა თითქმის ყოველთვის გამოირჩევა მრავალფეროვნებით, ანუ ატარებს სხვადასხვა ხასიათს, ექვემდებარება რამდენიმე ასპექტს.

მრავალფეროვნების ზედა დონე არის ლექსიკური და გრამატიკული ინფორმაციის „კოჰაბიტაცია“ ცალკეული მორფემის ფარგლებში.

ლექსიკური ინფორმაცია ორიენტირებულია მორფის პირდაპირ, უშუალო წვლილზე შინაარსში ანუ წინადადების სემანტიკაში. გრამატიკული ინფორმაცია კი ცალკეულ სიტყვაფორმებს შორის კავშირებს უზრუნველყოფს და ამით ხელს უწყობს იმ „როლის“ გამოვლენას, რომელსაც ესა თუ ის ლექსიკური ერთეული ასრულებს მოცემული წინადადების კონტექსტში, კერძოდ, რა სემანტიკური როლი აქვს მას წინადადების „ჯაჭვურ“ შინაარსში.

რა თქმა უნდა, ლექსიკური ინფორმაციის მატარებლები, პირველ რიგში, არიან ძირები (სახლ-, ლამაზ-, -კეთ- ...), მაგრამ მათი წვლილი სემანტიკაში (ხშირ შემთხვევაში) გაურკვეველი რჩება, სანამ არ დადგინდება შესაბამისი სიტყვის მეტყველების ნაწილის კატეგორია (სახლი - დასახლდა, ლამაზი - გალამაზდა, ლამაზად).

მეტყველების ნაწილის კატეგორიის ცოდნა გარკვეულ ნათელს ჰფენს მოცემული სიტყვის როლს მოცემული წინადადების ფარგლებში:

ლამაზი გოგო (ატრიბუტია),

ლამაზმანი ცეკვავს (სიტუაციის, პროცესის მონაწილე);

გალამაზდა ჩვენი გოგო (პრედიკატი, სიტუაციის მართვის, სათანადო პროცესის ამსახველი ერთეული).

თუმცა სემანტიკის საბოლოოდ დასადგენად ესეც არაა საკმარისი. მაგალითად, თუკი მოცემულია ლექსემების სიმრავლე მათი მეტყველების ნაწილის კატეგორიის მითითებით, ეს შესაძლოა მაინც არ იყოს საკმარისი შინაარსის დასადგენად და წარმოიშვას გარკვეული განსხვავებული ვარაუდები. მაგალითად, თანმიმდევრობა:

ხატვა (ზმნა), მხატვარი, პეტრე, ცოლი, სურათი, ცნობილი, გუშინ

შეიძლება გამოხატული იყოს წინადადებებში:

პეტრემ ცნობილ მხატვარს (გუშინ) დაახატვინა ცოლის პორტრეტი;

ცნობილმა მხატვარმა გუშინ დახატა პეტრეს ცოლის პორტრეტი.

ყველა ზემოთ მოცემულ შემთხვევაში ზმნის ფორმა საკმარის საფუძველს იძლევა მონაწილეთა სემანტიკური როლების დასადგენად. ჩნდება პრაგმატიკული მოსაზრებებიც. თუმცა, ზოგ ექსკლუზიურ შემთხვევაში, პრაგმატიკა შეიძლება აღმოჩნდეს „უძლიერი“ და „ხელისშემშლელიც“ კი:

გუშინ ცნობილი მხატვარი ცოლს უხატავდა პეტრეს პორტრეტს.

ამ შემთხვევაში პრაგმატიკულად სავსებით მისაღებია ჯანსაღი ვარიანტების გვერდზე თავი იჩინოს ფანტასტიკურმა ვარიანტებმაც, რომელთა თანახმად, *ცოლის დახატვა, მისი გამოსახულება* უნდა მიეძღვნას რაღაცის პორტრეტს და არა მეუღლეს.

ასეთი მერყეობის ნიმუშია გრამატიკულად სავსებით გამართლებული ვარიანტი:

(ჩემ) გოგოს საღამოს კაბას ვაჩუქებ,

სადაც *საღამოს* შეიძლება წარმოადგენდეს როგორც დროის გარემოებას, ისე „კაბის“ ატრიბუტსაც. თუმცა აქაც ბოლომდე არ არის გამორიცხული მარგინალური მეტაფორა, რომლის თანახმად, „მე“ – სწორედ *გოგო* წარმოადგენს საჩუქარს, ადრესატად კი მიჩნეულია *კაბა* (რომელშიც, მაგალითად, გამოვლინდება მისი ღირსება), როცა ის გამოჩნდება პოდიუმზე კაბაში გამოწყობილ გოგოსთან ერთად. *კაბა* არის საჩუქრის მისამართი.

ძნელი სათქმელია ასეთი პრაგმატიკულად მარგინალური ვარიანტები რამდენად იმსახურებენ სიტუაციის სტატუსს. ამ პრობლემის გადაწყვეტა უნდა ეყრდნობოდეს სტატისტიკას, ანუ საკმაოდ ვრცელი ტექსტური კორპუსის გამოკვლევას.

მძლავრი და მრავალფეროვანი მორფოლოგიის წყალობით, ასეთი „ჩიხური“ სიტუაციები არც ისე ხშირია ქართულ ტექსტში. მათ პირველწყარო, პირველ რიგში, ზემოხსენებული პირველი სერიის ზმნით მართული კონტექსტებია, სადაც პირდაპირი (OB) და ირიბი (AD) ობიექტები გამოხატულია ერთი და იმავე (მიცემითი) ბრუნვით. დამატებით სირთულეებს ქმნის მიცემითი და ნათესაობითი ბრუნვის ფორმების თანხვედრა ო-ზე და უ-ზე დამთავრებული სახელების შემთხვევაში: *გოგოს, საღამოს, ... ; ბუს, კუს, რუს.*

ეს თანხვედრა უფრო ძლიერდება და ფართოვდება ზედსართავის პარადიგმაში, როცა ის გვევლინება პრეპოზიციული ატრიბუტის სახით:

მაღალი ბიჭი/ბიჭის სახით; მაღალ ბიჭს, ბიჭად; პატარა ბიჭი, ... ბიჭად.

ორაზროვნებები ხშირად ამოსახსნელია სიტყვათა რიგითობის გათვალისწინებით. უახლოესი მომდევნო არსებითი სახელი, როგორც წესი, წარმოადგენს საზღვრულს, რომელსაც უნდა ახასიათებდეს იგივე ბრუნვა, რაც მის ატრიბუტს. თუმცა შესაძლებელია ამ წესის დარღვევაც:

ლამაზ, მოდურ კაბაში ჩაცმულ გოგოს ხელში ეჭირა ქოლგა;

აქ *ლამაზი* შეიძლება მივაწეროთ როგორც *გოგოს*, ისე მის *კაბასაც* (თუმცა მძიმე (,) ტექსტში ომონიმის ხსნის).

მსგავს შემთხვევებში პრაგმატიკაც „უძლიერია“, ვინაიდან სილამაზე შეიძლება ახასიათებდეს როგორც *გოგოს*, ისე *კაბასაც*.

როცა პრაგმატიკული მოსაზრებები თავის როლს იძენენ, დგება მათი ასახვის (ნაწილობრივ მაინც) პრობლემა. ერთ-ერთი ასეთი ხერხია ზოგიერთი ლექსიკური

ფუნქცია ამა თუ იმ სემანტიკურ როლთან დაკავშირებით. მაგალითად, „შენება“ ზმნის შემთხვევაში სავარაუდო ადრესატის (AD) მნიშვნელობა შეიძლება შეიზღუდოს Gener ფუნქციის მნიშვნელობით. „პიროვნება“ ან „პიროვნებათა ჯგუფი/ერთობლიობა“. „რაც“ შეიძლება უშენდებოდეს ან პიროვნებას (მე, შენ, პეტრე, უცნობი), ან პიროვნებათა გაერთიანებას (სტუდია, ფირმა, ქარხანა, ...).

ამ წესის „დარღვევა“ კი შეიძლება განხილული იქნას როგორც „ჩიხი“, რომელსაც მოჰყვება მომხმარებლის ჩარევა ინტერაქტიური რეჟიმის ფარგლებში.

„ჩიხურ“ სიტუაციებთან დაკავშირებით მათი „ავტომატური“ შეფასების პრობლემა ჩნდება, ანუ იმ სიტუაციების გამოყოფა, რომლებიც „უიმედოა“ (ავტომატური გადაწყვეტის თვალსაზრისით) და მოითხოვს მომხმარებლის ჩარევას. რა თქმა უნდა, სასურველია ასეთი სიტუაციების გაჩენის სიხშირის მინიმუმამდე დაყვანა, რაც, თავის მხრივ, მოითხოვს ინფორმაციის მოძიებას, რომელიც განაპირობებს „ჩიხიდან“ გამოსვლას ინტერაქტიური ჩართვის გარეშე.

„ანტი-ჩიხური“ ინფორმაციის პირველწყაროდ მიგვაჩნია ლექსიკური ფუნქციები [1].

როგორც ჩანს, ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება Gener ფუნქციას, რომელიც აფიქსირებს იმ ზოგად ცნებას, რომელსაც მოცემული სიტყვაფორმის ლექსიკა ექვემდებარება. ამ ფუნქციის სათანადო გამოყენება გულისხმობს, რომ ყოველ სალექსიკონო ერთეულს მითითება უნდა ახლდეს მის განზოგადებაზე (თუკი ასეთი კატეგორია მას გააჩნია). ეს ფუნქცია შეიძლება ახლდეს სხვადასხვა ტიპს, სხვადასხვა მეტყველების ნაწილს, რომელთა სემანტიკა გამოხატავს საგანს, მის მახასიათებლებს, პროცესს ან მდგომარეობას და ამგვარად შეესაბამება არსებითს, ზედსართავს, ზმნიზედას ან ზმნას.

მაგალითად, ზმნებთან Gener ფუნქციის საერთო მნიშვნელობა შეიძლება მიეწეროს ლექსემათა შემდეგ ჯგუფს:

იყიდა, შეიძინა, მოიპოვა, დაისაკუთრა, მიითვისა, მოიპარა, მიიღო, ...

ბოლო წევრი (მიიღო) ალბათ ყველაზე ახლოა ლექსემების ზოგად მნიშვნელობასთან, რომელიც შეიძლება უფრო ექსპლიციტურად დავახასიათოთ როგორც პროცესი/აქტი, რომლის შედეგად „რაც“ ობიექტი (OB) გადადის „ვიღაცის“ (AD) კუთვნილებაში, ანუ „ვიღაცა“, ვისაც არ ჰქონდა ეს საგანი (OB), ეხლა ფლობს მას. ისევ რომ მივუბრუნდეთ ლექსიკური ფუნქციების აპარატს, შეიძლება გამოვიყენოთ კიდევ ერთი ფუნქცია Incep, რომელიც აღნიშნავს პროცესის „დაწყებას“ და მისი საშუალებით მივიღოთ კომბინირებული ფუნქცია

Gener V= Incep (OB აქვს AD-ს)

V აქ წარმოადგენს ზემოთ მოყვანილი სიის ნებისმიერ წევრს და ზოგიერთ სხვა მსგავს ლექსემას, რომელიც ექვემდებარება იმავე ზოგად სქემას. ასეთია, მაგალითად, ზოგი სიტყვაშენაერთი, რომელიც იყენებს ზმნას „მიიღო“ როგორც Oper₂ ფუნქციის მნიშვნელობას:

მიიღო ჯილდოს/ პრემიის/ ანაზღაურების/ დახმარების/ საჩუქრის/ ... სახით.

უკანასკნელ შემთხვევაში შესაძლებელია, აგრეთვე: *მიიღო საჩუქრად*. არ არის ნახსენები ისეთი „სლენგური“ ნიმუშები, როგორიცაა, მაგალითად, *დაითრია*.

აღსანიშნავია, რომ კონკრეტულ მაგალითში, ისევე როგორც მრავალ სხვა შემთხვევაში, ლექსემების ამ ჯგუფს აერთიანებს Syn (სინონიმია). ეს მიმართება ახასიათებს ჯგუფის მხოლოდ ზოგ კომპონენტს, რომლებიც ამგვარად ქმნიან გარკვეულ სინონიმურ მწკრივებს:

ვიყიდე, შევიძინე;

მიითვისა, მიისაკუთრა;

მოპარა, წაართვა;

და სხვა.

ამავე დროს, საერთო Gener-ის მნიშვნელობით დახასიათებულ ჯგუფს გააჩნია გარკვეული, [2]-ის თანახმად, „შეფარდებული“ პარტნიორი ჯგუფები. ასეთებია ლექსემები,

რომლებიც გამოხატავენ იმავე პროცესს საპირისპირო მიმართულებით, ანუ „მიიღო“ შედეგის კონვერსიები (Conv) არიან:

მიჰყიდა, მისცა, აჩუქს, დააჯილდოვს, მიართვა ...

ამ ჯგუფის Gener-ად შეიძლება მივიჩნიოთ

მისცა (AG, OB, AD).

უფრო დეტალურად, ამ ლექსიკური ჯგუფის ორივე მიმართულება შეიძლება აისახოს ფორმულით:

Incep [Anti (აქვს SR OB, AD) \wedge აქვს AD OB SR)],

სადაც OB ასახავს ობიექტს, რომელსაც „კარგავს“ მისი საწყისი „წყარო“ SR (SouRce) და „იძენს“ ადრესატი (AD); „^“ ნიშანი გულისხმობს კონიუნქციას, რომლის მარცხენა წევრი (Anti) გულისხმობს SR მონაწილის აქტივობას, ანუ AG როლის შესრულებას, მარჯვენას კი ეს აქტიურობა გადააქვს AD-ზე. ამ უკანასკნელ დეტალს ასახავს ამ როლების პოზიცია: მარცხენა წევრში პირველი ადგილი ეთმობა SR-ს, მარჯვენაში – AD-ს.

ანალიზის ამოცანის თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია პოზიციების გაფორმება, რადგანაც სწორედ ამ ნიშნის მიხედვით პროცესმა ესა თუ ის სემანტიკური როლი უნდა მიაკუთვნოს სიტუაციის მონაწილეებს. ამ ზმნების უმრავლესობა ეკუთვნის რეგულარულ ტიპს და ამიტომ პირველი (AG) და მეორე (OB) პოზიციის გაფორმება საკმაოდ სტაბილურია:

მან მიიღო ის (მისგან),

მან მისცა ის (მას).

ვარიაციულობა ახასიათებს მხოლოდ მე-3 პოზიციას (SR/AD):

მან მიიღო ის მისგან,

მაგრამ

მან წაართვა ის მას,

მან მიითვისა მისი ის.

უფრო სტაბილურია მე-3 პოზიციის გაფორმება Conv ჯგუფის შემთხვევაში:

მისცა/ აჩუქს/ დაუთმო/ ... მან ის მას.

სამაგიეროდ, სწორედ ამ სტაბილურ ერთეულებთან ჩნდება „ჩიხური“ სიტუაციის გაჩენის შესაძლებლობა, რადგანაც პირველ და მეორე სერიაში OB და AD/SR ფორმდება ერთნაირად, სახელდობრ, მიცემითი ბრუნვით:

(წა/გამო)ართმევს ის მას მას;

ჩუქნის/აჩუქებს ის მას მას.

იშვიათი გამონაკლისის გარდა, „ჩიხიდან“ გამოსვლას შეიძლება ხელი შეუწყოს მონაწილეთა Gener მახასიათებლის გამოყენებამ. სახელდობრ, ყოველ როლს შეიძლება დაუვუკავშიროთ Gener ფუნქციის მნიშვნელობა, რომელიც ყველაზე ხშირად და ჩვეულებრივ ახასიათებს ამ როლის შემსრულებელ ლექსემას. მაგალითად, ზემოთ განხილული ზმნური ჯგუფის და მისი კონვერსიების შემთხვევაში OB როლს უნდა ახორციელებდეს რაღაც მატერიალური საგანი, ნივთი, SR/AD კი „ტიპობრივად“ უნდა იყოს წარმოდგენილი პიროვნების ან პიროვნებათა გარკვეული ერთობლიობის გამომხატველი ლექსემებით:

თინა გამოართმევს ქოლგას თავის დას და აჩუქებს მას (ქოლგას) თავის მეგობარს.

გაფორმების თანხვედრის მიუხედავად (მიცემითი ბრუნვა), აშკარაა, რომ OB როლი აკისრია ქოლგას (Gener – საგანი, ნივთი) და SR/AD როლები – დას და მეგობარს, რადგანაც მათი Gener ფუნქციის მნიშვნელობა უდრის „პიროვნებას“.

პიროვნებათა (ორგანიზებული) ერთობლიობა ჩნდება კონტექსტში:

ქველმოქმედი/ფირმა ჩუქნის/აძლევს/ურიცხავს ... სკოლას გარკვეულ თანხას.

არის შემთხვევებიც, როცა OB ატარებს არა უშუალოდ მატერიალურ, საგნობრივ ხასიათს, არამედ წარმოდგენილია უფრო ზოგადი, აბსტრაქტული ერთეულით. ეს ხდება, მაგალითად, Oper₁-ის ხმარებით გაპირობებულ კონტექსტებში:

დღესდღეობით ფირმა სკოლას (ფინანსურ) დახმარებას უწევს, მაგრამ ახლო მომავალში მას (სკოლას) დიდ ზარალს მიაყენებს.

აქ „დახმარება“, რომელსაც, როგორც წესი, უნდა მოჰყვეს რაღაც „მოგება“ (მატერიალური, მენტალური თუ ემოციური) და ამ უკანასკნელის Anti (წაგება, ზარალი) ორივე გარკვეულწილად ატარებს განყენებულ ხასიათს და შეიძლება გულისხმობდეს არამატერიალურ შედეგსაც. სათანადო ინფორმაცია უნდა ახლდეს შესაბამის ზმნურ ერთეულებს (ამ შემთხვევაში – უწევს, მიაყენებს), რომლებიც, ამავე დროს, ასრულებენ Oper₁-ის ფუნქციას *ეხმარება* და *აზარალებს* ზმნებთან.

Gener მნიშვნელობას შეიძლება ექვემდებარებოდეს გარკვეული იერარქიული სტრუქტურაც. მაგალითად, „ცოცხალი არსება“ მოიცავს ცხოველს, ქვეწარმავალს და მწერსაც. თავის მხრივ, ცხოველი შეიძლება დაგვით ადამიანებად და არაადამიანებად, ეს უკანასკნელი კი შინაურ და გარეულ ცხოველებად, გარეულები კი მტაცებელ და არამტაცებელ ცხოველებად და ა.შ. სტრუქტურათა დეტალიზაციის დონე განისაზღვრება იმით, თუ რამდენად შეუძლიათ მათ (სტრუქტურებს) ხელი შეუწყონ „ჩიხიდან“ გამოსვლას. მაგალითად, დაპირისპირებაში – მტაცებელი/არამტაცებელი

კარგი მწყემსი ცხვარს არ შეაჭმევინებს მგელს

ცხვარი და მგელი ორივე გაფორმებულია მიცემითი ბრუნვით, მაგრამ მათი Gener მნიშვნელობების დაპირისპირება მიუთითებს იმაზე, რომ „მუქარის წყაროს“ წარმოადგენს *მგელი* (AG), მის პოტენციურ „მსხვერპლს“ კი – *ცხვარი* (OB); კაუზატორის (CS) როლს კი ასრულებს სახელობით ბრუნვით გაფორმებული მწყემსი, რომელიც განასხვავებს მას ამ „ჩიხური“ წყვილისაგან.

კიდევ ერთი მაგალითი შეიძლება დავუკავშიროთ ზმნურ ლექსემას „ჩაცმა“:

სალამოს დედა გოგოს ჩააცმევს ახალ კაბას.

ამ შემთხვევაში OB პოზიციას უნდა დავუკავშიროთ

Gener=ტანისამოსი,

რომელიც უნდა ახასიათებდეს *კაბას* და

Gener=ადამიანი, პიროვნება,

რომელიც დაიქვემდებარებს *გოგოს* და დაახასიათებს ზმნის AD პოზიციას, რის საშუალებითაც შეიძლება დადგინდეს „ვის“ და „რა“ ჩააცვეს.

აქ „ჩიხური“ სიტუაციის ასაცილებლად საკმარისია ჩავრთოთ დამატებითი ინფორმაცია

Gener OB=G₁, Gener AD=G₂

იმ ზმნური ლექსემების ერთეულებში, რომლებსაც პირველი სერიის ფორმებში გააჩნიათ ერთდროულად OB და AD როლების ამსახველი მიცემითი ბრუნვით გაფორმებული აქტანტები: G₁ და G₂ ამ გამოსახულებაში გამოხატავენ Gener ლექსიკური ფუნქციის კონკრეტულ მნიშვნელობას, რომელიც „ჩვეულებრივ“, არამეტაფორულ კონტექსტში უნდა ახასიათებდეს სახელებს, რომლებიც ამ ზმნის კონტექსტში გამოხატავენ მის OB, AD სემანტიკურ როლებს.

მაგალითად, „შენება“ ზმნურ ერთეულს უნდა ახლდეს: Gener OB=შენობა, Gener AD=პიროვნება. ამ ინფორმაციამ უნდა განმუხტოს „ჩიხური სიტუაცია“ „ნორმალურ“ კონტექსტებში:

უშენებს/ უშენებდა/ აუშენებს პეტრე სახლს (თავის) შვილს,

რადგანაც *სახლი* ერთეულის Gener მნიშვნელობა უნდა იყოს „შენობა“, რაც აკმაყოფილებს მის OB მახასიათებელს, AD როლი კი ენიჭება *შვილს*, რომლის (ყოველ შემთხვევაში, ერთ-ერთი დონის) Gener წარმოდგენილი უნდა იყოს მნიშვნელობით – პიროვნება.

აქ ერთ-ერთი დონის ხსენება უკავშირდება იმას, რომ ლექსემის Gener ფუნქცია ქმნის სტრუქტურას, რომელიც უნდა მოიცავდეს მნიშვნელობებს:

„ოჯახის წევრი“ → „ნათესავი“ → „ახლობელი“ → ... → „პიროვნება“.

კიდევ რამდენიმე მარტივი მაგალითი:

- კითხვა* – Gener OB=ტექსტი,
Gener AD=პიროვნება
დედა შვილს უკითხავს ზღაპარს;
- რეცხვა* – Gener OB=ქსოვილი,
Gener AD=პიროვნება
დედა შვილს ურეცხავს პერანგს;
- მიყიდვა* – Gener OB=კუთვნილება,
Gener AD=პიროვნება
პეტრემ მიჰყიდა მეზობელს (მისი) სახლი/წიგნი/ძროხა/ ...

ბოლო მაგალითი აჩვენებს, რომ ზოგი ერთეულის Gener მახასიათებლები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს არამარტო იერარქიულ სტრუქტურად, არამედ როგორც რამდენიმე განსხვავებული მიმართულებით დანახული განზოგადება:

Gener 1 ძროხა=ცხოველი → შინაური;

Gener 2 ≠ ძროხა - კუთვნილება მიმართულება.

აგრეთვე „სახლიც“, თავისი სპეციფიკური თვისებების თანახმად, „შენობის“ კონკრეტული მაგალითია, მაგრამ, ამავე დროს, გვევლინება როგორც „საკუთრების“ კერძო მაგალითი „ყიდვა-გაყიდვის“ აქტების კონტექსტში.

ამ მიდგომის სრული წარმატებისათვის ზოგჯერ საჭიროა სალექსიკონო ინფორმაციის დატვირთვა დამატებითი მეტაფორული მონაცემებითაც. ასეთია იგივე „ყიდვა-გაყიდვის“ ერთეულები. მისი ობიექტის ხასიათი მკვეთრად იცვლება კონტექსტებში:

ის იოლად/იაფად მიჰყიდის მტერს თავის ნამუსს/სინდისს/ღირსებას/ ერთგულებას (სამშობლოსადმი)/ ...

ამ განყენებული ობიექტების ზოგად მახასიათებლად შეიძლება მივიჩნიოთ არა „კუთვნილება“, არამედ (დადებითი) მორფოლოგიური მახასიათებლები. რთულ მიდგომასთან დაკავშირებულ კიდევ ერთ მაგალითს წარმოადგენს „შეკეთება“ ზმნა:

ხელოსანი მაგიდას შეუკეთებს დაზიანებულ ფეხს / ფეხსაცმელს გაცვეთილ ლანჩას / აბაჯანას გაფუჭებულ ონკანს/ ...

აქ ობიექტის ხასიათი წარმოდგენილია ლექსიკური ფუნქციით Part:

Part აბაჯანა/ პირსაბანი = ონკანი,

Part მაგიდა = ფეხი, და ა.შ.

კიდევ ერთი თავისებურებაა ისიც, რომ *ხელოსანი* არის ისეთი პროფესიების განზოგადება, როგორცაა დურგალი, მეწაღე, სანტექნიკოსი. ამავე დროს, იმ არტეფაქტის რაობა (მაგიდა, ფეხსაცმელი, ...), რომელსაც კონტექსტში შესაკეთებელი ნაწილი (OB) ეკუთვნის, ნორმალურ, „ჩვეულებრივ“ კონტექსტში არსებითად დამოკიდებულია AG-ის ხასიათზე: დურგალი, სანტექნიკოსი, მეწაღე. თუმცა, ზოგ „უჩვეულო“ სიტუაციაში, ისევე როგორც სხვა მაგალითების შემთხვევაში, ეს შესაბამისობა შეიძლება დაირღვეს. არ არის გამორიცხული, რომ სანტექნიკოსი (ონკანთან ერთად) შეაკეთებს აბაჯანის რომელიმე თაროს ან სკამს, რომელიც ჩვეულებრივად უნდა იყოს დურგლის მოღვაწეობის ობიექტი.

ამგვარად, Gener-ის გარდა, აქ შევცვლით შემთხვევას, როცა სიტუაციის გასარკვევად საჭიროა ზოგი სხვა ფუნქციაც.

ეს მაგალითები მოწმობს იმას, რომ აქ შემოთავაზებულ ზოგ ლექსიკურ ფუნქციაზე (პირველ რიგში - Gener-ზე) დაყრდნობა არ იძლევა სწორი დასკვნის სრულ გარანტიას, თუმცა, უმეტეს შემთხვევაში, მაინც უნდა პასუხობდეს წინადადებაში ჩადებულ შინაარსს. ენასთან დაკავშირებული სირთულეების გათვალისწინებით, ეს არ არის მოულოდნელი და არ მიუთითებს მიდგომის უაზრობაზე. კერძოდ, ეს დამატებითი ინფორმაცია და მასზე დაფუძნებული ვარაუდები შეიძლება გამოყენებული იქნეს ინტერაქტიული რეჟიმის ნაწილობრივი გამარტივებისათვის. სახელდობრ, ასეთ ოდნავ „საეჭვო“ შემთხვევებში, სისტემამ ეკრანზე შეიძლება გამოიტანოს თავისი სავარაუდო დასკვნა მომხმარებლის ჩარევის „მთავარი“ მოთხოვნის გარეშე.

ლექსიკური ფუნქციების ლექსიკონში ჩართვა ამგვარად უზრუნველყოფს ზოგიერთი პრაგმატიკული ნიუანსის გათვალისწინებას, ანუ ადამიანის ზოგადი (ენციკლოპედიური) ცოდნისადმი მიმართვას, თუმცა ესენი წარმოადგენენ საერთო ცოდნის მხოლოდ მცირედენ „ნამცევებს“ იმ რეალური გარემოს შესახებ, რომელშიც არსებობს და მოღვაწეობს ადამიანი იმის გათვალისწინებით, რომ მთლიანობაში ამ კოლოსალური ინფორმაციის მოპოვება და მოწესრიგება პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამოცანა მდგომარეობს ამ „ნამცევების“ ისეთი ქვესიმრავლის არჩევაში, რომელიც საკმაოდ ეფექტიანად უზრუნველყოფს ზოგი „ჩიხიდან“ გამოდევნას მომხმარებლის ზედმეტი „შეწუხების“ გარეშე.

თუმცა არის ისეთი „ჩიხური“ პუნქტები, რომლის გადალახვა თვით მომხმარებელსაც გაუჭირდება მთელი მისი ცხოვრებისეული გამოცდილების გათვალისწინებით. ამასთან დაკავშირებით შეიძლება გავიმეოროთ სტრუქტურა, რომელსაც ზემოთ ერთხელ უკვე შევხეთ:

ფანჯრის წინ კიდა ძვირფასი/ დახვეწილი/ მრავალფეროვანი/ ოქროსფერი ძაფებით მოქარგული ფარდა.

პირველი ატრიბუტები (ძვირფასი, დახვეწილი) შეიძლება ეხებოდეს როგორც *ძაფებს*, ისე თავად *ფარდის* კვალიფიკაციას. ამ ამოცანის სწორ ამოხსნაზე მინიშნება შეიძლება მოცემული იყოს უფრო ფართო კონტექსტში. მაგალითად, თუ კონტექსტი ქსოვის ტექნოლოგიას ეხება, ვარაუდი შეიძლება „ძაფებისკენ“ გადაიხაროს, მეორე მხრივ, თუ მთავარი თემა ოთახის დიზაინია – „ფარდისკენ“.

ავტომატური სისტემისთვის ფართო კონტექსტის თავისებურების დადგენა ცალკე და საკმაოდ რთული ამოცანა უნდა იყოს. შეიძლება მხოლოდ ვივარაუდოთ, რომ ამ ამოცანის გადაწყვეტას საფუძვლად უნდა ედოს გარკვეული, ტექსტური კორპუსების ავტომატურ ანოტირებაზე ორიენტირებული სტატისტიკური მიდგომა. სწორედ ეს ამოცანა არის ჩვენი მიმდინარე სამუშაოს ერთ-ერთი კომპონენტი.

მსგავსი დამოკიდებულება, მხოლოდ უფრო ფართო კონტექსტში, ახასიათებს ზემოთ განხილული OB/AD „ჩიხების“ ვარიანტებს. ასეთებია, მაგალითად, შემთხვევები, როცა მიცემით გაფორმებული OB და AD სემანტიკური როლები ექვემდებარება ერთსა და იმავე Gener მახასიათებელს:

პეტრე შეაყვარებს/ შეაძულებს/ გააცნობს/ შეახვედრებს/ ... პავლეს თინას.

მიცემით გაფორმებული სიტუაციის ორივე მონაწილე შეიძლება იყოს როგორც OB, ისე AD. თუმცა მათი წვლილი ამ სიტუაციაში მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან: მეტ ინტენსივობას იჩენს AD როლის მქონე მონაწილე, რომელსაც „უყვარს/სძულს“ OB პარტნიორი, ან რომელიც „გაიცნობს/შეხვედება“ მას, რაც ნათლად ჩანს კონტექსტში, სადაც I სერიის ზმნის ფორმას ენაცვლება იმავე ზმნის II სერიის ფორმა:

პეტრემ შეაყვარა/ გააცნო/ ... პავლეს თინა,

და კიდევ ამავე სიტუაციის უფრო მკვეთრად გამოხატულ გამონათქვამებში:

პავლემ შეიყვარა/ გაიცნო/ ... თინა.

ისეთ კონტექსტშიც კი როგორცაა:

თინა შეუყვარდა/ შესძულდა/ ... პავლეს,

ეს უკანასკნელი (პავლე) წარმოადგენს უფრო აქტიურ, „ინტენსიურ“ მხარეს: ის შეპყრობილია „მიჯნურობით“ ან საპირისპირო განცდებით, *თინა* კი შესაძლოა სულაც გულგრილია *პავლეს* მიმართ, ის შეიძლება მას არც უყვარდეს და არც სძულდეს, ბოლოსდაბოლოს შეიძლება საერთოდ არ იცნობდეს მას.

ასეთ დროს როლებრივი „კონფლიქტის“ დასაძლევად, ნაწილობრივ მაინც, შეიძლება დაგვეხმაროს სიტყვათა თანმიმდევრობის გარკვეული ტენდენცია, რომელიც, სიტყვათა თავისუფალი რიგის მიუხედავად, ქართულ წინადადებასაც ახასიათებს. სახელდობრ, ზემოთ მოყვანილ მაგალითებში არსებობს ტენდენცია, რომლის თანახმად, AD როლის გამომხატველი ერთეული უსწრებს OB როლის გამოხატულებას. ასე რომ, იმ შემთხვევაში, როცა ეს გამოხატულება თანხვედება, გარკვეულ დონემდე უპირატესობა შეიძლება მივანიჭოთ (AD, OB) თანმიმდევრობას. მაგალითად, მოსალოდნელია (ნეიტრალურ კონტექსტში):

პეტრე პავლეს (AD) გააცნობს თინას (OB),
თუმცა არ არის გამორიცხული ვარიანტი:

პეტრე თინას გააცნობს პავლეს,

პირველ რიგში, თუკი *თინა* ან *პავლე* აქცენტირებულია.

როგორც [3]-ში იყო აღნიშნული, სიტყვათა ნეიტრალური თანმიმდევრობისგან გრამატიკულად დასაშვები გადახრები ხშირად გამოხატავს აქცენტის გადატანას ასეთ „უჩვეულო“ პოზიციაში მყოფ ერთეულებზე. მაგალითად, ზემოთ მოყვანილ და სხვა მსგავს კონტექსტებში გამოიყოფა (თუმცა ზომიერად) ერთი ან ორივე წევრი (AD, OB).

წინადადებაში – *პეტრემ თინა შეაყვარა პავლეს* – AD/OB როლების გადაადგილება შეიძლება ნიშნავდეს როგორც იმას, რომ *პეტრემ* შეაყვარა *პავლეს* სწორედ *თინა* (და არა ვინმე სხვა), აგრეთვე იმასაც, რომ *თინა* შეაყვარეს სწორედ *პავლეს* (და არა ვინმე სხვას).

ზეპირმეტყველებაში ორაზროვნებას არკვევს ინტონაცია, მაგრამ ტექსტში ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ ფართო კონტექსტზე დაყრდნობით, რაც სერიოზულ სირთულეს უქმნის ისევე ავტომატურ ანალიზს. თუმცა არც ის არის გამორიცხული, რომ ტექსტის წამკითხველი პიროვნებაც ვერ გააკეთებს სწორ და ცალსახა დასკვნას.

ეს შენიშვნები შეიძლება განვიხილოთ როგორც თავისებური „გაფრთხილება“ ტექსტის ავტორისთვის: თუკი კონტექსტში მკვეთრად ხაზგასმული არ არის რომელიმე მონაწილის „წინ წამოწევა“, სტილისტურად გამართლებულია და საჭიროცაა დამატებითი ინფორმაციის მიწოდება სპეციფიკური ლექსიკის მეშვეობით: *სწორედ, მაინც, სწორედ რომ, მხოლოდ და ა.შ.*

იმის გათვალისწინებით, რომ აქცენტის პოზიცია წინადადების შინაარსის მეტად მნიშვნელოვანი ასპექტია, ამ ასპექტის ასახვა შეიძლება დავგეგმოთ შინაარსის წარმოდგენაში, რომლის აგებაც არის ანალიზის უშუალო ამოცანა. ზემოთ განხილული „უიმედო ჩიხების“ შემთხვევაში შეიძლება ვიგულისხმოთ ინტერაქტიული რეჟიმის ჩართვის აუცილებლობა. ჩართვის შედეგად ამა თუ იმ მეთოდით მოპოვებული ინფორმაცია კი ექსპლიციტურად უნდა აისახოს შინაარსის საბოლოო წარმოდგენაში. მაგალითად, ბოლო ნიმუშებში სენტენციური პრიმიტივების როლებრივ სტრუქტურაში შეიძლება დამატებით ჩავრთოთ ზემოთ მოხსენებული ერთეულები: *სწორედ, მაინც, მხოლოდ და ა.შ.*, რომელთა არჩევა აგრეთვე მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე უნდა მოხდეს.

ამავე დროს, სასურველია ამ მიმართებათა დაზუსტება, თუნდაც იმის გამო, რომ შესატყვისი „ნაწილაკები“, ხშირ შემთხვევაში, არ უზრუნველყოფს ამ მიმართებათა ცალსახობას. ალბათ, ცალსახად შეიძლება ჩაითვალოს მათგან ყველაზე ზოგადი – *სწორედ (რომ)*, რომელიც გამოხატავს „ჭეშმარიტებას“, „სიზუსტეს“ და ხაზს უსვამს თავისი საზღვრულის „მნიშვნელობას“:

... სწორედ თინა გააცნო პავლეს

ან

... გააცნო სწორედ პავლეს,

რაც, კერძოდ, გულისხმობს იმასაც, რომ გააცნეს *პავლე* (და არა სხვა ვინმე) ან გააცნეს *თინას* (და არა სხვა ვინმეს). *სწორედ* შეიძლება ახასიათებდეს უშუალოდ ზმნასაც:

სწორედ, რომ გააცნო,

რაც გულისხმობს დაახლოებით იმავეს, რაც „არც მეტი და არც ნაკლები“, ანუ „არა მარტო შორიდან აჩვენა“, მაგრამ, ამავე დროს, „არც განუვითარებია მათი დამოკიდებულება“.

ამ უკანასკნელი მნიშვნელობის უფრო ცალსახა მაჩვენებელია – *მხოლოდ*:

... მხოლოდ გააცნო ისინი ერთმანეთს.

რომელიმე როლთან მიმართებაში იგივე *მხოლოდ* გამოხატავს შესაბამისი მონაწილის ერთადერთობას მოცემულ მოქმედებაში:

გააცნო მხოლოდ /თინა ... / ... მხოლოდ პავლეს.

თუმცა აქ „უნიკალურობაზე“ აქცენტი უფრო სუსტია, ვიდრე *სწორედ, რომ* ატრიბუტთან.

ორაზროვანია *მაინც* ერთეულის მნიშვნელობაც. ის შეიძლება გამოხატავდეს „მინიმალურ წარმატებას“ ან „წარმატებას მიუხედავად ყველაფრისა“:

თინა მაინც გააცნო პავლეს

შეიძლება ნიშნავდეს „გააცნო“, მაგრამ მეტად ვერ „დაახლოვა ერთმანეთს“ ან „გააცნო მათი სურვილის, წინააღმდეგობის მიუხედავად“.

ამგვარად, ამ ლექსემების საშუალებით წინა პლანზე წამოწეული ერთეულები, ან თავად ეს ლექსემები, დამატებითი მაჩვენებლებით უნდა მოინიშნოს, რომლებიც იმ კონკრეტულ მნიშვნელობაზე მიუთითებენ, რომელსაც მათ მიერ ასახული მიმართება იძენს მოცემულ კონტექსტში.

სიმარტივისათვის შესაძლებელია ასეთნაირად აქცენტირებული ერთეულების ინდექსაცია სიმბოლოებით, რომლებიც პირდაპირ მიუთითებენ აქცენტირების ნიუანსებზე.

ალბათ ყველაზე რთული “ჩიხი“ უკავშირდება სრული წინადადების ზედა დონეს, რომელსაც ერთგვაროვანი ზმნების თანმიმდევრობა ქმნის, რომლის წევრები დამოუკიდებელ სტრუქტურულ ერთეულებს წარმოადგენენ, ანუ არ არიან რომელიმე სხვა ერთეულით დაქვემდებარებული:

პეტრე უყურებს ტელევიზორს, თინა ფუსფუსებს სამზარეულოში, ბავშვი კითხულობს წიგნს, რომელიც გუმბინ საჩუქრად მიიღო ბაბუისგან.

აქ ზედა დონეს ქმნიან ზმნები: *უყურებს, ფუსფუსებს, კითხულობს*,

ამ დონეს არ ეკუთვნის *მიიღო*, რომელიც არის დაქვემდებარებული წინადადების სტრუქტურის „მწვერვალი“, კერძოდ, *წიგნს* ერთეულის ატრიბუტი. ის, თავის მხრივ, ობიექტის (OB) როლში ექვემდებარება დომინანტური თანმიმდევრობის ბოლო წევრს – *კითხულობს*.

ამ სრულ წინადადებას, ერთი მხრივ, ახასიათებს მისი წევრი-წინადადებით გამოხატული პროცესების ერთდროულობა, და, მეორე მხრივ, მონაწილეთა, პირველ რიგში, აგენსების განსხვავება. ამავე დროს, ერთდროულობა არ გამორიცხავს AG როლის შემსრულებლის უცვლელობას:

პეტრე ზის ბუხართან, რკინის ჯოხით ნაცარში იქექება და თავის საყვარელ მელოდიას ღიღინებს.

სამივე პროცესს (ჯდომა, ქექვა, ღიღინი) AG როლის შემსრულებელი პეტრე ასრულებს. კავშირი და ამ შემთხვევაში მონიშნავს ერთდროული პროცესების ჩამონათვალის დასრულებას. იგივე კავშირი, აგრეთვე არააუცილებლად შეიძლება მონიშნავდეს რთული “მრავალსაფეხურებიანი” პროცესის დასრულებას, რომლის თითოეული საფეხური გამოხატულია ზმნური ერთეულით:

პეტრემ ჩამოასხა ღვინო, წამოდგა ფეხზე, ასწია თავი და მიულოცა სტუმრებს ახალი წელი.

აქ უფრო სასურველია და, თუმცა წინადადება მის გარეშეც არ დაკარგავდა თავის გრამატიკულობას. უფრო “საჭიროდ” ჩანს და-ს მონაწილეობა იქ, სადაც ბოლო ზმნა მიაწინებს ზოგადი პროცესის გაგრძელებას მომავალში:

... დაჯდა და გააგრძელა თამაძობა.

სრული წინადადება ამ შემთხვევაში გამოხატავს გლობალური პროცესის რაღაც მონაკვეთს, პირველ რიგში, დაწყებას, “სტარტს“.

აღსანიშნავია, რომ ამ უკანასკნელი მაგალითის კომპონენტები ნაწილობრივ გაპირობებულია მათი კონტექსტით (“ბუხართან ჯდომის” მაგიდისგან განსხვავებით); უფრო ნათლად ეს ურთიერთდამოკიდებულება ვლინდება ისეთ ტექსტში, როგორიცაა:

მან მიიწია ახლოს ჭიქა, აიღო ხელში ღვინის ბოთლი, გაავსო ჭიქა ღვინით, მიიტანა ის პირთან და დაცალა ბოლომდე.

აქ ყოველი შემდეგი ეტაპის შესაძლებლობა გარკვეულწილად გაპირობებულია წინა ეტაპების შესრულებით.

„უკავშირო“ თანმიმდევრობის წევრებს შეიძლება ახასიათებდეს უფრო მძლავრი, უფრო ინტენსიური, აუცილებლობასთან მიახლოებული, ანუ მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულებებიც:

ვენახი დასეტყვა, მოსავალი გამოვიდა მწირი, გაჭირვებამ მაიძულა დამეწყო მუშაობა სახელოსნოში, ხელობა მალე ავითვისე, ანაზღაურებაც კარგი გამიხდა და ოჯახი გაჭირვებას გადავარჩინე.

აქ *სეტყვა* მოსავლის სიმწირის მიზეზია, მოსავლის სიმწირე ქმნის *გაჭირვებას*, რომელიც, თავის მხრივ, შემოსავლის სხვა წყაროს ძებნისაკენ უბიძგებს, ასეთი წყარო ამ შემთხვევაში სახელოსნოა, იქ წარმატებული მუშაობა კი უზრუნველყოფს ჯერ კარგ ანაზღაურებას და საბოლოოდ გაჭირვებიდან თავის დაღწევას. ამ ჯაჭვის კომპონენტებს რომ ნამდვილად აკავშირებს მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულება, დასტურდება იმით, რომ (თითქმის) ნებისმიერი უშუალო მეზობლობაში მყოფი წყვილი შეიძლება შინაარსის დარღვევის გარეშე დავაკავშიროთ შესაბამისი ენობრივი ერთეულებით: რადგანაც, ვინაიდან, რაკი, იმის გამო (რომ),

ეს მიმართებები საბოლოო მიზნის მეტად მნიშვნელოვანი ნაწილია. საბოლოო მიზანი კი არის ტექსტის ანალიზი, სახელდობრ, ტექსტის შინაარსის შეძლებისდაგვარად სრული და გამჭვირვალე წარმოდგენა.

ამავე დროს, ნათელია, რომ შესაბამისი ექსპლიციტური ენობრივი მონიშვნის გარეშე ამ დამოკიდებულებათა ტექსტიდან ამოკითხვა მხოლოდ ადამიანს შეუძლია თავის უზარმაზარ პრაგმატიკულ ცოდნაზე დაყრდნობით, რომლის ავტომატურ სისტემაში შეტანა დღესდღეობით მიუღწევებლად გვეჩვენება. ეს კი იმაზე მიუთითებს, რომ ამ ტიპის „ჩიხიდან“ გამოსვლის საშუალება არის მხოლოდ ინტერაქტიული რეჟიმი. მომხმარებლისთვის ინტერაქტიული რეჟიმი რომ უფრო მოსახერხებელი იყოს, მეტად მნიშვნელოვანია ისეთი დიალოგის ჩამოყალიბება, რომლის ფარგლებშიც მომხმარებელი ადვილად მიხვდება რა ამოცანის წინაშე დგას და როგორი იქნება პრობლემის სწორი გადაწყვეტა. ალბათ ყველაზე მარტივი და ეფექტური იქნება ეკრანზე შესაძლო პასუხების სრული სპექტრის წარმოდგენა და მათგან სწორი არჩევანის გაკეთება.

„უკავშირო“ ზმნური ჯაჭვების წევრებს შორის არსებულ მიმართებათა ძირითადი სია მოიცავს ისეთ ელემენტებს, როგორიცაა: ერთდროულობა, (დროითი) თანამიმდევრობა, გაპირობებულობა და მიზეზ-შედეგობრიობა. ამოცანის გადაწყვეტას შეიძლება ართულებდეს ისიც, რომ ეს მიმართებები არ არის აუცილებლად უცვლელი: ისინი ზოგჯერ გარკვეულ ტრანსფორმაციას განიცდიან ერთი და იგივე ჯაჭვის ფარგლებში. მაგალითად, ბოლო მაგალითში *ვენახის დასეტყვა* აშკარად *მოსავლის სიმწირის* მიზეზია, მაგრამ *კარგი მუშაობა*, სამწუხაროდ, მხოლოდ პირობაა კარგი ანაზღაურებისთვის.

ეს ცვლილებები შეიძლება ექვემდებარებოდეს რაღაც სქემასაც, რომელიც განაზოგადებს და აწესრიგებს ცვლადი მიმართების ერთობლიობას. ბოლო მაგალითში ამ მიმართებათა თანმიმდევრობა შეიძლება დავუქვემდებაროთ სქემას:

ზარალი → გაჭირვება → გამოსავალი,

რომელიც აგრეთვე ასახავს წინადადების შინაარსს უფრო მაღალ, ზოგად დონეზე.

სტატიაში განხილული მაგალითების ერთობლიობა მიგვანიშნებს დაბრკოლებებზე, რომლებსაც ტექსტის ავტომატური ანალიზი შეიძლება წააწყდეს; აგრეთვე გვიჩვენებს იმ საშუალებებს, რომლებსაც, სავარაუდოდ, ძალუძს სისტემის ამგვარი “ჩიხური სიტუაციებიდან“ გამოყვანა.

Analysis of The Text and Grammatical Categories

George Chikoidze

Summary

The article concerns perception of the contents of the sentence i.e. the analysis of the text. First of all it occurs by detailed information processing of each separate word form.

In the article a set of the examples indicating obstacles which the automatic analysis of the text can stumble across is considered; and also the means which are apparently capable to remove process of the analysis out of these impasses are offered.

Анализ Текста и Грамматические Категории

Георгий Чикоидзе

Резюме

Работа касается восприятия содержания предложения т.е. анализа текста. В первую очередь это происходит детальной обработкой информации каждой отдельной словоформы.

Совокупность примеров, рассмотренных в статье, указывает на те препятствия на которые может натолкнуться автоматический анализ текста, а также предлагает те средства, которые, по видимому, способны вывести процесс анализа из этих “тупиковых” ситуаций.

ლიტერატურა – References – Литература

[1] Мельчук И., Опыт теории лингвистических моделей “Смысл↔Текст”, изд. “Наука”, Москва, 1974;

[2] Апресян Ю., Лексическая семантика. Синонимические средства языка. Избранные труды, том. 1. Школа «Языки русской культуры», изд. «Восточная литература» РАН 1995;

[3] ჩიკოიძე გ., სინონიმია და ვერბალური კომუნიკაცია. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია - „ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები“, თბილისი, 2012, გვ.265-269.

პარალელური კორპუსის ტიპები და მათი გამოყენების სფეროები

ნინო ამირეზაშვილი, ლია სამსონაძე, ნინო ჯავაშვილი

(*ninomaskh, liasams, ninojavashvili*)@yahoo.com

რეზიუმე

სტატია ეხება ზოგადად ტექსტურ კორპუსებს და, აგრეთვე, სხვადასხვა ჟანრის ელექტრონულ პარალელურ კორპუსებს. ნაჩვენებია თუ როგორი მიმართულების კვლევების ჩატარებაა შესაძლებელი მათი დახმარებით; წარმოდგენილია პარალელური კორპუსების ტიპები და მათი გამოყენების სფეროები, კორპუსების ტეგირება, კორპუსის მენეჯერის მნიშვნელობა, ომონიმის მოხსნის სირთულეები და სხვა. განხილულია მაგალითები.

საკვანძო სიტყვები

კორპუსის ლინგვისტიკა, პარალელური კორპუსები, ტექსტების გათანაბრება-მონიშვნა

უცხო ენის შესწავლისათვის და, განსაკუთრებით, ტექსტების თარგმნის პროცესში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დამხმარე საშუალებას სხვადასხვა ჟანრის ელექტრონული პარალელური კორპუსები წარმოადგენს. ასეთი კორპუსები საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ შესასწავლი ლექსიკის შესაძლო ექვივალენტური ვარიანტები, გავარჩიოთ მისი მნიშვნელობა და ფუნქცია განსხვავებულ კონტექსტებში. ენათმეცნიერების ეს მიმართულება – კორპუსის ლინგვისტიკა სხვადასხვა ქვეყნებში აქტიურად ვითარდება. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში შეიქმნა უამრავი ორ და მრავალენოვანი კორპუსები [1]. მსოფლიოში ყველაზე დიდი ხელმისაწვდომი პარალელური კორპუსია ევროკავშირის კანონმდებლობა, რომელიც შეიცავს მილიარდ სიტყვას 22 ენაზე TMX ფორმატში <http://langtech.jrc.it/DGT-TM.html>.

საქართველოში პარალელური კორპუსების შექმნაზე აქტიურად მუშაობენ ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტში (<http://corpora.iliauni.edu.ge>) და ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ლექსიკოგრაფიულ ცენტრში (<http://corp.dict.ge>). უკვე არსებობს მათ მიერ შექმნილი პარალელური კორპუსები, რომლებიც ჯერ კიდევ სრულყოფის პროცესშია [2].

წინამდებარე სტატიაში მოკლედ მიმოვიხილავთ პარალელური კორპუსების ტიპებს და მათი გამოყენების მეთოდებს.

პარალელური კორპუსი არის ორ ან მეტენოვანი კორპუსი, ანუ ორიგინალური ტექსტი და მისი შესაბამისი თარგმანი რომელიმე სხვა ენაზე. კორპუსის ტექსტები შერჩეული უნდა იყოს გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით, რომლებიც კორპუსის შექმნის მიზნებზეა დამოკიდებული. გათვალისწინებული უნდა იყოს ტექსტის ავტორი, ზომა, თემა, ჟანრი და სხვ. ნებისმიერ შემთხვევაში, კორპუსი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: უნდა შეიცავდეს ორიგინალური (ბუნებრივი) ენის მონაცემებს; უნდა იყოს წარმომადგენლობითი, ანუ შეიცავდეს განსხვავებული ტიპის მონაცემებს.

ამასთან, ეს ორი ტექსტი (ორენოვანი კორპუსის შემთხვევაში) ისე უნდა იყოს ერთმანეთის მიმართ გათანაბრებული, რომ ორიგინალის თითოეული ფრაგმენტი ემთხვეოდეს თარგმანის შესაბამის ფრაგმენტს. სწორედ ეს გვადლევს პარალელური კორპუსების კვლევის ინსტრუმენტად გამოყენების საშუალებას.

კორპუსის სტრუქტურული ორგანიზაცია დამოკიდებულია მისი შექმნის პრაგმატულ მიზნებზე. ის შეიძლება იყოს: 1. ტრადიციული ტექსტი თარგმანის მითითებით, 2. ცხრილის ფორმის, რაც უფრო მოსახერხებელია ფრაგმენტების შესადარებლად, 3. მონაცემთა ბაზის სახით.

პარალელური კორპუსის შექმნის პროცესი რამდენიმე ეტაპს მოიცავს:

1. ტექსტების გათანაბრება;
2. ტექსტების მონიშვნა – ტეგირება;
3. საძიებო ინტერფეისის პროექტირება.

ტექსტების გათანაბრების პროცედურა გამოიყენება, პირველ რიგში, ორიგინალის ფრაგმენტის შესაბამისი თარგმანის მოსაძებნად, რის შემდეგაც ხორციელდება პარალელური ტექსტების ერთნაირი ფრაგმენტების ერთმანეთთან შეჯერება.

თავიდანვე დგება საკითხი, თუ რა რას უნდა გაუთანაბრდეს: შეიძლება მოხდეს სიტყვა-სიტყვითი გათანაბრება, რაც თითქმის შეუძლებელი ხდება გარკვეული მიზეზების გამო – მყარი გამონათქვამების ლექსემების ნაკრები სხვადასხვა ენებში ერთმანეთს არ ემთხვევა. მოვიყვანოთ მხოლოდ რამდენიმე მაგალითს. ინგლისურში სიტყვა pay-ს მრავალი მნიშვნელობა აქვს იმის მიხედვით, თუ სიტყვათშეთანხმებაში რომელ სიტყვასთან არის კომბინაციაში: pay a fine – ჯარიმის გადახდა, pay respects – მისამძიმრება, pay a visit – ვიზიტის განხორციელება, pay attention – ყურადღების მიქცევა, pay desk – სალარო და ა.შ. ასევე იქცევა იგივე ზმნა ქართულში: საფასურის გადახდა, სამაგიეროს გადახდა – სამაგიეროს მიზღვა, მადლობის გადახდა – მადლობის მიგება, ზეიმის გადახდა – ზეიმის გამართვა და ა.შ.

ფრაზაში დანასისხლად გადაეკიდა, ზმნის მნიშვნელობა სულ სხვაა ვიდრე ფრაზაში მკლავზე გადაეკიდა. ასეთი უამრავი მაგალითის მოყვანა შეიძლება, რაც სიტყვა-სიტყვითი გათანაბრების მეთოდის წინააღმდეგ მუშაობს.

პრობლემები იქმნება, ასევე, წინადადებების დონეზე გათანაბრებისასაც. წინადადებების ან აზრების რაოდენობა შეიძლება არ ეთანადებოდეს ერთმანეთს. მთარგმნელმა, გარკვეული მიზეზების გამო, შეიძლება შეამციროს ტექსტი, ამოიღოს იქიდან გარკვეული ნაწილები ან შეუცვალოს მათ ადგილები. პარალელურ კორპუსში ტექსტებს შორის შესაბამისობის ხარისხი იცვლება ტექსტის ტიპის მიხედვით. მაგალითად, ბელეტრისტული ტექსტი მთარგმნელს უფრო მეტ თავისუფლებას აძლევს ვიდრე იურიდიული ხასიათის ტექსტი.

ორენოვან ტექსტს მთარგმნელობითი დარგის კვლევით სფეროში „ბიტექსტი“ ეწოდება. იგი შეთავსებული დოკუმენტია, რომელიც შედგება ამოსავალი ტექსტისაგან და მისი შესაბამისი თარგმნილი ვერსიისაგან. ბიტექსტები სპეციალური პროგრამების საშუალებით (Euclid, HunAlign და სხვ.) იქმნება, რომლებსაც ეწოდებათ გათანაბრების ინსტრუმენტი (alignment tool) ან ბიტექსტის ინსტრუმენტი (bibtex tool). ისინი ორიგინალური ტექსტისა და მისი თარგმანის ავტომატური გათანაბრების საშუალებას იძლევა წინადადებების დონეზე. ბიტექსტების ნაკრებს ეწოდება ბიტექსტების მონაცემთა ბაზა ანუ ორენოვანი კორპუსი.

ასეთი სახის პროგრამები შემდგენიარად მუშაობენ: პროგრამის შესავალში გვაქვს აზრების ნებისმიერი რაოდენობის შემცველი ტექსტური ფორმატის ფაილი. ჩავტვირთავთ ორიგინალურ ტექსტს და მის თარგმანს, რის შემდეგაც ხდება მათი ავტომატური დამუშავება. შემდეგ HunAlign ან მისი მსგავსი პროგრამის მეშვეობით ხდება ორი ტექსტის სრული ავტომატური გათანაბრება და მიღებული შედეგი ჩაიტვირთება Euclid ტიპის პროგრამის გრაფიკულ ინტერფეისში ხელით შემდგომი რედაქტირებისათვის. HunAlign პროგრამა ეყრდნობა სტატისტიკურ მონაცემებს (წინადადების სიგრძე, სიმბოლოების დამთხვევის რაოდენობა, სასვენი ნიშნების სტრუქტურა და ა.შ.) და თითოეულ გათანაბრებულ წინადადებების წყვილს მიუწერს გათანაბრების სავარაუდო განსაზღვრულ კოეფიციენტს. პროგრამა გამოყოფს საეჭვო წყვილებს, სადაც გათანაბრების კოეფიციენტის მნიშვნელობა ნულზე დაბალია. ასეთი წყვილები შემდგომ ხელით დამუშავებას მოითხოვს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, პარალელური კორპუსის შექმნის შემდგომ ეტაპს ტექსტების მონიშვნა-ტეგირება წარმოადგენს, რასაც ბუნებრივი ენის დამუშავების პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. კორპუსების მონიშვნა (tagging, annotation) ძალზე შრომატევადი პროცესია. ტექსტების ავტომატური მორფოლოგიური და სინტაქსური მონიშვნისათვის არსებობს სპეციალური პროგრამები – ტეგერები (taggers) და პარსერები (parsers). ავტომატური მორფოლოგიური ანალიზატორის (ტეგერის) შედეგად თითოეულ ლექსიკურ ერთეულს მიეწერება გრამატიკული მახასიათებლები, მეტყველების ნაწილი, ლემა

და გრამემების ნაკრები (მაგალითად, პირი, რიცხვი, ბრუნვა, სულიერი/უსულო, დრო, მწკრივი და ა.შ). ავტომატური სინტაქსური ანალიზატორის მუშაობის შედეგად ფიქსირდება სინტაქსური კავშირები სიტყვებსა და გამონათქვამებს შორის და სინტაქსურ ერთეულებს მიეწერება შესაბამისი მახასიათებლები (წინადადების ტიპი, სინტაქსური ფუნქცია და ა.შ).

მონიშვნა სხვადასხვა სახის შეიძლება იყოს: მეტატექსტური, გრამატიკული, სემანტიკური. ეს ნიშნავს, რომ თითოეულ სიტყვას ან ტექსტს უნდა მიეწეროს ცალკეული ტეგი ანუ ესა თუ ის ინფორმაცია. ტექსტის მონიშვნა – ტეგირება, საშუალებას გვაძლევს ტექსტში მოვძებნოთ ჩვენთვის საჭირო ინფორმაცია, მაგალითად, მოცემული ენის გრამატიკულ ფორმას (კონკრეტულად ქართული ზმნის III სერიის I თურმეობითის ფორმას – გამიკეთებია, დამიხატია და ა.შ.) ზმნის რომელი ფორმა შეესაბამება მეორე ენაზე.

ბუნებრივი ენის ავტომატური ანალიზი არ ხორციელდება შეცდომების გარეშე და ხშირ შემთხვევაში მრავალმნიშვნელოვანია – ერთ ლექსიკურ ერთეულს ენიჭება მნიშვნელობის რამდენიმე ვარიანტი. ადგილი აქვს გრამატიკულ ომონიმას, რომლის მოხსნაც კომპიუტერული ლინგვისტიკის ერთ-ერთ მთავარ და ურთულეს ამოცანას წარმოადგენს. ომონიმის მოხსნა ხორციელდება როგორც ავტომატურად, ასევე ხელით, უშუალოდ სპეციალისტის ჩარევით. ომონიმის მაგალითები: სტუმრები *თელავს* გაემგზავრნენ. ცხენი ტორებით ბალახს *თელავს*; ეზოში წითელი *ვარდები* გამლილიყო. ნუ ვარდები, ხელი მომკიდე; რა *გველის გველის* წელიწადს?

ენობრივი კორპუსები განკუთვნილია ფართო სპექტრის მომხმარებლისთვის და ამავე დროს, უზრუნველყოფილია მათი მრავალჯერადი გამოყენების შესაძლებლობით, ამიტომ მათი მონიშვნა და ლინგვისტური უზრუნველყოფა გარკვეულწილად უნიფიცირებული, სტანდარტიზირებული უნდა იყოს. კორპუსის ტეგირების პარამეტრები და მათი მნიშვნელობები უნდა შეესაბამებოდეს საყოველთაოდ მიღებულ მეცნიერულ კლასიფიკაციას.

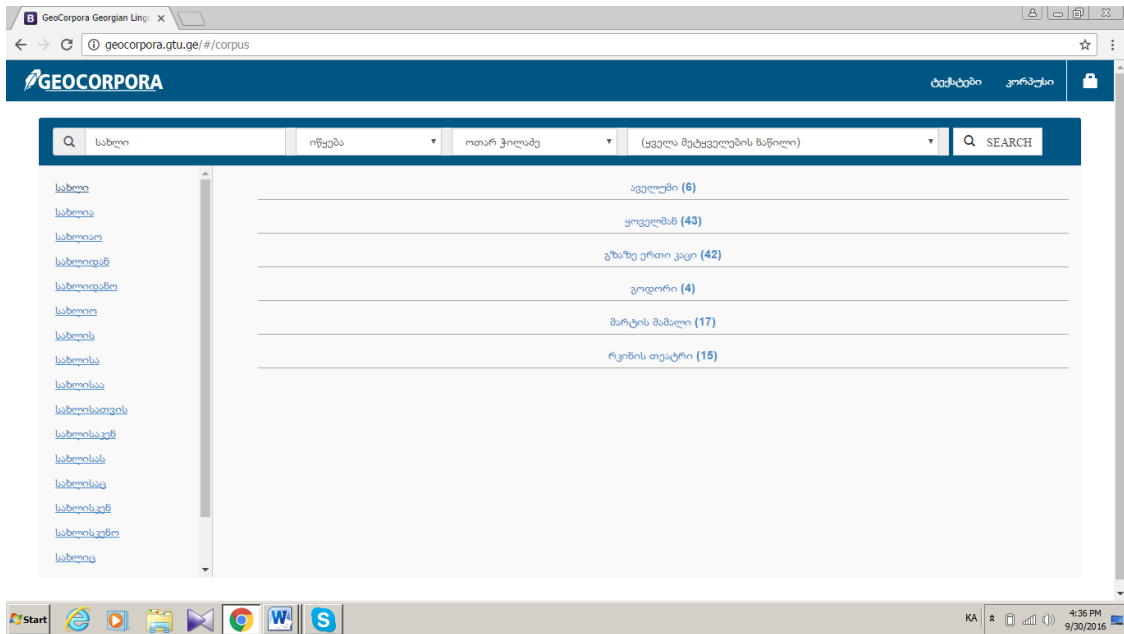
ტექსტური კორპუსის აუცილებელი ნაწილია კორპუსის მენეჯერი – სპეციალური საძიებო სისტემა, რომელიც წარმოადგენს პროგრამების ნაკრებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ კორპუსში სხვადასხვა მონაცემების მოძიებას და მომხმარებლისათვის მოსახერხებელ ფორმაში გადაცემას.

კორპუსის მენეჯერს უნდა შეეძლოს [3]:

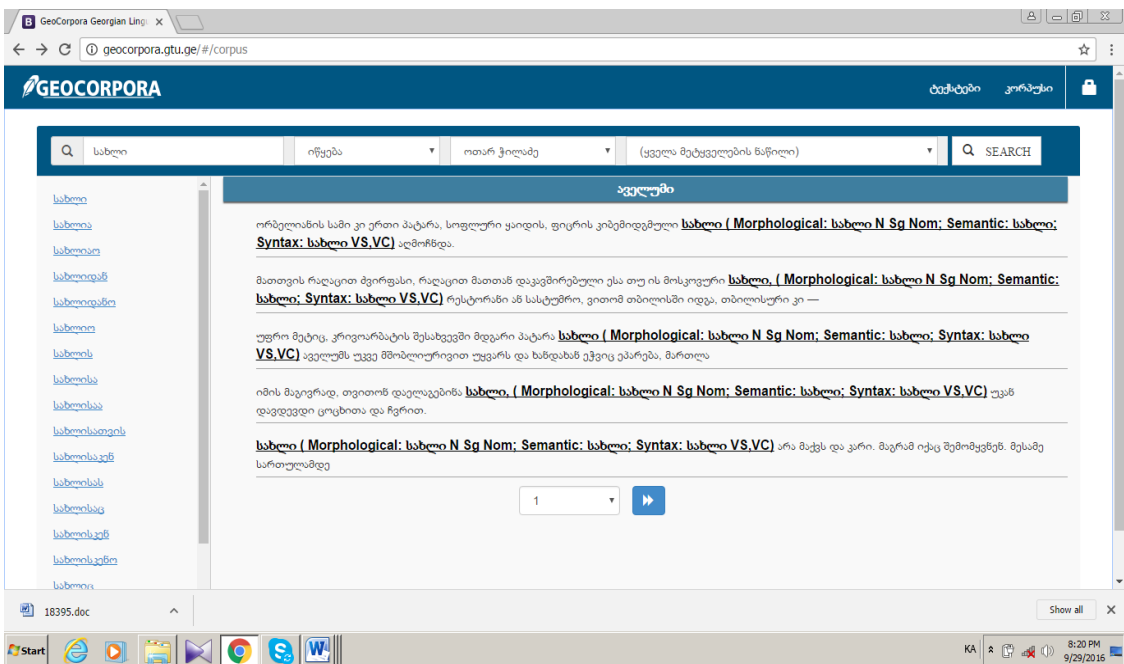
- მოიძიოს კონტექსტები არა მხოლოდ ცალკეული სიტყვებით, არამედ შესიტყვებებითაც;
- დაახარისხოს მიღებული შედეგები მომხმარებლის მიერ არჩეული კრიტერიუმის მიხედვით;
- მოგვცეს სტატისტიკური ინფორმაცია კორპუსის ცალკეული ელემენტების შესახებ;
- ასახოს ლემები, სიტყვაფორმების მორფოლოგიური მახასიათებლები და მეტამონაცემები (ბიბლიოგრაფიული, ტიპოლოგიური), რაც დამოკიდებულია კორპუსის მონიშვნის ხარისხზე;
- შეინახოს და დაბეჭდოს შედეგები;
- ჰქონდეს ტექსტური მონაცემების ფორმატების (txt, doc, rtf, html, xml, და სხვ.) მხარდაჭერა;
- იყოს ადვილად გასაგები და მოსახმარი როგორც დამწყები, ასევე გამოცდილი მომხმარებლისათვის.

კორპუსის მენეჯერის მუშაობის შედეგი, ჩვეულებრივ, წარმოდგენილია კონკორდანსის სახით. კორპუსის ლინგვისტიკაში კონკორდანსი აღნიშნავს ენობრივი გამონათქვამის კონტექსტების სრულ სიას, რომელშიც საძიებო სიტყვა გვხვდება კორპუსში ძიების შედეგად. ნიმუშად მოვიყვანოთ სიტყვას „სახლი“ ოთარ ჭილაძის რომანების

ტექსტური კორპუსიდან, რომელიც შეიქმნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მართვის სისტემების ინსტიტუტის ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილებაში¹.



სურათი 1



სურათი 2

¹ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი „ქართული ენის კორპუსის სრული (მორფოლოგიური, სინტაქსური, სემანტიკური) ანოტირების სისტემა“ (საგრანტო ხელშეკრულება №31/65)

სურათ 1-ზე მარცხენა სვეტში ნაჩვენებია სიტყვების სია, რომელთა შემადგენლობაში შედის სიტყვა *სახლი*. თითოეული მათგანის გააქტიურებით მარჯვენა ფანჯარაში ჩნდება ნაწარმოების სახელები, რომელშიც არჩეული სიტყვა მონაწილეობს. რომანის სახელთან ფრჩხილებში მითითებულია რიცხვი, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ შეგვხვდა საძიებო სიტყვა კონკრეტულ რომანში. მაგალითად, *სახლი* (ზუსტად ამ ფორმით) „აველუმში“ გვხვდება ექვსჯერ, „ყოველმან ჩემმან მპოვნელმან“-ში 43-ჯერ, „გზაზე ერთი კაცი მიდიოდა“-ში 42-ჯერ და ა.შ. რომანის სახელწოდებაზე დაწკაპუნებით (ჩვენ შემთხვევაში ეს არის „აველუმი“) შესაძლებელია კონტექსტების ნახვა, სადაც სიტყვა *სახლი* მონაწილეობს. სამეზნ სიტყვასთან მითითებულია გრამატიკული მახასიათებლებიც, იხ. სურათი 2.

კორპუსის მომხმარებლებს, პირველ რიგში ლინგვისტებს, აინტერესებთ არა კონკრეტული ტექსტის შინაარსი, არამედ მისი მეტატექსტური ინფორმაცია და ამა თუ იმ ენობრივი ელემენტის ან კონსტრუქციის გამოყენების მაგალითები. პირველი ლინგვისტური კვლევები, რომლებიც უშუალოდ კორპუსების საშუალებით ხორციელდებოდა, სხვადასხვა ენობრივი ელემენტების შეხვედრის სიხშირის გამოთვლამდე დადიოდა. სტატისტიკური მეთოდების საშუალებით შეიძლება დადგინდეს თუ რომელი სიტყვები გვხვდება რეგულარულად ერთად, რის საფუძველზეც შეიძლება ისინი მივაკუთვნოთ მყარი გამონათქვამების რიცხვს (ბოდიში მოიხადა, მაღლობა გადაიხადა, პასუხისმგებლობა მოიხსნა, ვალდებულება მოიხადა, ძილი ნებისა, ღამე მშვიდობისა და სხვ.).

ენობრივი კორპუსი მონაცემთა მდიდარი წყაროა ლექსიკოგრაფიული და გრამატიკული კვლევებისთვის. თეორეტიკოსი ლინგვისტები კორპუსს ხმარობენ როგორც ექსპერიმენტულ ბაზას სხვადასხვა ჰიპოთეზების შესამოწმებლად და თავიანთი თეორიების დასამტკიცებლად. გამოყენებითი დარგის ლინგვისტები (პედაგოგები, თარჯიმნები და სხვა) ელექტრონულ კორპუსებს იყენებენ ენების სწავლების პროცესში და სხვადასხვა პროფესიული ამოცანების გადაწყვეტისას. კომპიუტერული ლინგვისტიკის სპეციალისტები ცდილობენ გამოავლინონ და შემდეგ გამოიყენონ ტექსტებში არსებული სტატისტიკური და ლინგვისტური კანონზომიერებები ენის კომპიუტერული მოდელების შესაქმნელად. ენის სხვა სპეციალისტებსაც კორპუსებზე დაყრდნობით შეუძლიათ პასუხები მიიღონ მათთვის საინტერესო კითხვებზე. მაგალითად, ტექსტებში მოიძებნოს ენაში არსებული წვიმის გამომხატველი ყველა სიტყვა და მათი შესაბამისი თარგმანი, როგორ გადათარგმნა თითოეული ეს სიტყვა კონკრეტულმა ავტორმა განსხვავებულ კონტექსტში, მით უმეტეს, რომ ზოგჯერ გარკვეული სიტყვები ლექსიკონებში არც გვაქვს. საჭირო კონტექსტის მოსაძებნად აღარ გვჭირდება უამრავი ლიტერატურის კითხვაზე დროის დახარჯვა, მხოლოდ წამებია საკმარისი. ასევე წამებში მოიძიებს პარალელური ტექსტების მენეჯერი ინგლისურიდან ქართულად თარგმნისას ინგლისური ზმნის აწმყო სრული (present perfect) ფორმა ქართულში დროის რომელი სერიის და მწკრივის ფორმით გადმოიცემა.

პარალელური კორპუსები გვეხმარება ე.წ. ლინგვისპეციფიკური სიტყვების კვლევაში. ეს ის სიტყვებია, რომლებსაც არ გააჩნიათ ზუსტი ეკვივალენტი სხვა ენებში და მხოლოდ ინტუიციასა და დაყრდნობით ითარგმნება თარჯიმანის მიერ. ასეთი სიტყვებისთვის საჭიროა დამატებითი ახსნა (წუთისოფელი, ჭირნახული, თავქუდმოგლეჯილი და ა.შ.).

დაბოლოს, კორპუსები გამოიყენება სხვადასხვა ავტომატიზირებული სისტემების დამუშავებისას (მანქანური თარგმანი, სახეთა გამოცნობა, ინფორმაციული ძიება). პარალელური კორპუსები საჭიროა, პირველ რიგში, ლინგვისტებისათვის, აგრეთვე ლიტერატურათმცოდნეებისათვის, უცხო ენების პედაგოგ-მასწავლებლებისათვის და რა თქმა უნდა, თარჯიმნებისა და რედაქტორებისათვის. საჭირო კონტექსტის მოსაძებნად აღარ

გვჭირდება უამრავი ლიტერატურის კითხვაზე დროის დახარჯვა, მხოლოდ წამებია საკმარისი.

კორპუსის ლინგვისტიკა, რომელშიც პარალელური კორპუსებიც მოიაზრება, ენათმეცნიერების ახალ მიმართულებაა, რომელიც ენის ნებისმიერი დონის ერთეულის მეცნიერული კვლევისა და ენობრივი მონაცემების უზარმაზარი მასივების სწრაფად დამუშავების საშუალებას იძლევა. ამავე დროს, უნდა აღვნიშნოთ ის ფაქტიც, რომ კომპიუტერული ტექნოლოგიის სფეროში მიმდინარე პროგრესი განაპირობებს იმ პროგრამების სრულყოფას, რომელთა საშუალებითაც ხორციელდება ტექსტების ავტომატური დამუშავება.

Types of Parallel Corpora and Fields of Their Usage

Nino Amirezashvili, Lia Samsonadze, Nino Javashvili

Summary

The article concerns the general text corpora as well as electronic parallel corpora of different genres. Directions of researches, possible to carry out by means of parallel corpora are shown. Types of parallel corpora and the fields of their usage, tagging of corpora, significance of the corpus manager, complexity of disambiguation and etc. are considered. Examples are given.

Типы Параллельных Корпусов и Сферы их Применения

Нино Амirezашвили, Лия Самсонадзе, Нино Джавашвили

Резюме

Статья касается общих текстовых корпусов, а также, электронных параллельных корпусов разных жанров. Показано какие направления исследований можно проводить с помощью параллельных корпусов; рассмотрены типы параллельных корпусов и сферы их употребления, тегирование корпусов, значение корпусного менеджера, сложности снятия омонимии и др. Приведены примеры.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Mihailov M. and Tommola H. Compiling parallel text corpora. Towards automation of routine procedures. <https://www.scribd.com/document/261945762/Compiling-Parallel-Text-Corpora>
2. მარგალიტაძე თ., ევროპულ-ქართული პარალელური კორპუსები ქართული ლექსიკოგრაფიისა და მთარგმნელობითი საქმიანობისათვის. თსუ, საკონფერენციო მასალები, 2015. <http://margaliti.com/paralelkorpus.pdf>
3. Захаров В.П., Богданова С.Ю. Корпусная лингвистика, <http://www.academia.edu>

ლექსიკური ონტოლოგია GeWordNet

ლიანა ლორთქიფანიძე, მერი გეგეჭკორი

l_lordkipanidze@yahoo.com, merigeg@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ქართული ლექსიკური ონტოლოგიის – GeWordNet-ის შემუშავების მეთოდოლოგია; ახსნილია რით განსხვავდება WordNet თესაურუსი ტრადიციული ლექსიკონებისა და თესაურუსებისაგან; ჩამოთვლილია პრინსტონის WordNet თესაურუსში გამოყენებული ძირითადი პრინციპები; განხილულია ენის სისტემის შესახებ ინფორმაციის წარმოსადგენად აუცილებელ ლინგვისტურ წყაროთა ჯგუფები. დახასიათებულია WordNet თესაურუსების შემუშავების სტანდარტები: მნიშვნელობათა ანალიზის დეფინიციური, კონტექსტური და სიტყვაწარმოებითი მეთოდები; აღწერილია თესაურუსში გამოყენებული სემანტიკური, პარადიგმატიკული და სინტაგმატიკური კავშირების სახეები.

საკვანძო სიტყვები: *მნიშვნელობათა ანალიზის მეთოდები, პრინსტონის WordNet თესაურუსი, სინსეტი, ქართული თესაურუსი – GeWordNet*

ცოდნის მართვის სფეროში ინფორმაციის მოძიებისა და ორგანიზაციის უამრავი საშუალება არსებობს, მაგრამ საკითხი მაინც აქტუალურია და პრობლემის გადასაჭრელად ახალ-ახალი სისტემები იქმნება. ცოდნის დაგროვება ხდება ინფორმაციის გადამუშავებით, რომლის უმეტესი ნაწილი ტექსტის სახით არსებობს, იქნება ეს ელექტრონული თუ ბეჭდური. მონაცემთა ბაზებიდან ინფორმაციის მიღება და შენახვა ერთობლივი კომპლექსური პროცესია და ამ პროცესში სიტყვის სემანტიკა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია. სწორედ სიტყვის სემანტიკაზე დაყრდნობით და ლექსიკური რესურსების გამოყენებით შეიქმნა ტექნოლო-გიების სფეროში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული WordNet ლექსიკონი.

ტრადიციულ ლექსიკონებში სიტყვები დალაგებულია ანბანის მიხედვით და ერთმანეთის გვერდით განთავსებულ სიტყვებს ერთმანეთთან კავშირი არ აქვთ. WordNet თესაურუსში კი მომხმარებელს შეუძლია საძიებო სიტყვის გვერდით იპოვოს სემანტიკურად მსგავსი სიტყვები, როგორც ეს თესაურუსში ხდება.

ენის ცალკეული ლექსიკური ერთეულებისა და მთლიანად ენის სისტემის შესახებ ინფორმაციის WordNet თესაურუსში წარმოსადგენად აუცილებელია სხვადასხვა ლინგვისტური წყაროების გამოყენება [1]-[2]. პირობითად ისინი ორ დიდ ჯგუფადაა დაყოფილი.

პირველი რიგის წყაროდ ითვლება ტექსტების კორპუსები და ფსიქოლინგვისტური ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც მიიღება ბუნებრივი ენის სიტყვათა რეალური ფუნქციონირების ემპირიული მონაცემების შეკრების გზით. მათში ლექსიკო-სემანტიკური ინფორმაცია ნათლად არაა წარმოდგენილი, რაც ამ გზით მიღებული წყაროების გამოყენებას ართულებს. ამ მიზნის მისაღწევად აუცილებელი ხდება სპეციალური პროცედურებისა და საშუალებების შემუშავება.

მეორე რიგის წყაროდ ითვლება სხვადასხვა სახის ლექსიკოგრაფიული ლექსიკონები და თესაურუსები, რომლებიც მიიღება პირველი რიგის წყაროებიდან ექსპერტი-ლინგვისტების ინტუიციისა და დაყრდნობილი ანალიზის საშუალებით. ამ შემთხვევაში

ინფორმაციის მოპოვება გაიოლებულია, ვინაიდან ის წარმოდგენილია ექსპლიციტური ფორმით. მაგრამ ხშირად სხვადასხვა ლექსიკონების შემდგენლები სხვადასხვა კონცეფციას ეყრდნობიან და აუცილებელი ხდება მონაცემების გადამოწმება.

პრინსტონის WordNet თესაურუსის შემუშავებისას პირველ ეტაპზე გამოყენებულ იქნა პირველი რიგის წყაროები, კერძოდ, ფსიქოლინგვისტური ექსპერიმენტების შედეგები. შემდგომ მეთოდთა გაფართოვდა კონტექსტური და დეფინიციური ანალიზის გამოყენებით. პროექტ EuroWordNet-ის დაწყებასთან ერთად, განსაკუთრებულ ადგილს იკავებს ტექსტური კორპუსები [3], [4], როგორც ლინგვისტური ინფორმაციის და ანალიზის მეთოდების მოპოვების ყველაზე სანდო წყაროები. გარდა ამისა, შემუშავდა ელექტრონული ლექსიკონების, თესაურუსებისა და ონტოლოგიების ელექტრონული დამუშავების პროცედურები.

ამრიგად, დღესდღეობით ნაციონალური WordNet თესაურუსების შემუშავების სტანდარტებია მნიშვნელობათა ანალიზის დეფინიციური, კონტექსტური და სიტყვა-წარმოებითი მეთოდები. პრინსტონის WordNet თესაურუსში ასევე გათვალისწინებულია ფსიქოლინგვისტური მონაცემები. თითოეულ დასახელებულ მეთოდს აქვს თავისი საზღვრები და შეზღუდვები. კერძოდ, დეფინიციური ანალიზის დროს იგულისხმება ტრადიციული განმარტებითი ლექსიკონებისკენ მიბრუნება, რომლებიც სულ სხვა მიზნებისა და სხვა პარადიგმის ფარგლებში იყო შემუშავებული. ამაზე მეტყველებს თვითონ სალექსიკონო სტატიის სტრუქტურა, რომელშიც სიტყვის მნიშვნელობისა და მნიშვნელობის სხვადასხვა ელფერის გამოყოფა, სიტყვის მნიშვნელობათა თანმიმდევრობა, სიტყვის ძირითადი მნიშვნელობის გამოყოფა ძირითადად სუბიექტურ სახეს ატარებს და განსხვავებულია როგორც ერთი ლექსიკონის სხვადასხვა სიტყვა-სტატიებისთვის, ისე (მითუმეტეს) სხვადასხვა ლექსიკონებისთვის.

ეჭვგარეშეა, რომ განმარტებითი ლექსიკონის სტატია სიტყვის მნიშვნელობათა სტრუქტურის მონიშვნის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს და გარკვეულწილად ობიექტურად ასახავს ენაში სიტყვის ფუნქციონირებას. მაგრამ მაინც გაურკვეველი რჩება როგორია მნიშვნელობათა დაყოფისა და იერარქირების სიღრმე, რაც ხშირად მაგალითების კარტოთევასა და ლექსიკოგრაფების გადაწყვეტილებებზეა დამოკიდებული.

პრინსტონის WordNet-ის ფარგლებში WordNet თესაურუსის შემუშავების საბაზისო პრინციპებიდან ჩამოყალიბდა ძირითადი პრინციპი, რომლის მიხედვით სიტყვის მნიშვნელობების ჩამონათვალი უნდა შეესაბამებოდეს ტექსტებში სიტყვის მნიშვნელობათა სიხშირულ განწილებას. ანუ პირველი უნდა იყოს სიტყვის ის მნიშვნელობა, რომელიც ყველაზე ხშირად ტექსტებში ნახმარი. ეს პრინციპი ხშირად არ სრულდება WordNet-პროექტებში რეალიზაციის სირთულის გამო. ჯერ ერთი, საჭირო ხდება ტექსტების თემატური და დროებითი პერსპექტივის ფორმულირება. მეორე, კორპუსებში მნიშვნელობათა მონიშვნა შრომატევადია, ვინაიდან არ არსებობს სემანტიკურად მონიშნული კორპუსები. მესამე, სიტყვათა კარტოთეკები სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის ხშირად არასწორ წარმოდგენას იძლევა: ხშირად ხმარებული მნიშვნელობების რიცხვი შემცირებულია მათი „ტრივიალური“ (ყველასთვის გასაგები) მნიშვნელობის გამო, მაშინ, როცა იშვიათი მნიშვნელობები (ხშირად შემთხვევითი) ფიგურირებს უზუალური (ენაში დამკვიდრებული) მნიშვნელობების გვერდით.

პრინსტონის WordNet თესაურუსის ძირითადი პრინციპებია:

1. WordNet თესაურუსში ასახული უნდა იყოს არა მარტო ვიწრო სპეციალიზაციის ტერმინოლოგიური ლექსიკონები, არამედ ენის მთლიანი ლექსიკური სისტემა, როგორც

თანამედროვე, საყოველთაოდ მიღებული, ისევე ბოლო ათწლეულების მანძილზე საგაზეთო-პუბლიცისტურ ჟანრში გამოყენებული ლექსიკა.

2. WordNet თესაურუსი უნდა შედგებოდეს ოთხი ძირითადი მეტყველების ნაწილის (არსებითი სახელი, ზმნა, ზედსართავი სახელი და მიმღობა) ურთიერთდაკავშირებული მონაცემთა ბაზისაგან.

3. WordNet თესაურუსის ძირითადი სტრუქტურული ერთეულები უნდა იყოს სიტყვა და სინონიმური მწკრივი (სინსეტი).

4. ერთმანეთთან სინონიმური კავშირით შეერთებულმა სიტყვებმა უნდა წარმოქმნან ლექსიკონის საბაზისო ერთეულები – სინსეტები.

5. სინსეტებზე მოცემული უნდა იყოს ისეთი პარადიგმატული კავშირები, როგორიცაა: ჰიპონიმია/ჰიპერონიმია, ტროპონიმია, მერონიმია, კაუზაცია, პრესუპოზიცია, ანტონიმია და სხვ.

სინსეტი, როგორც ლექსიკალიზებული ცნება, თავის თავში აერთიანებს მოცემული ცნების აღმნიშვნელ, ერთმანეთთან სინონიმით დაკავშირებულ, სიტყვის ყველა ლექსიკო-სემანტიკურ ვარიანტს. სინონიმის განსაზღვრის ბევრი მიდგომა არსებობს. მოვიყვანოთ ორ ვარიანტს:

კონტექსტში ურთიერთშენაცვლების უნარი: ორი სიტყვა სინონიმურია, თუ არსებობს გამონათქვამი (ან რიგი გამონათქვამებისა), რომლებშიც ერთი სიტყვის მეორეთი შეცვლა გამონათქვამის ჭეშმარიტებაზე გავლენას არ ახდენს [5];

სიტყვათა სემანტიკური სიახლოვე: ამ შემთხვევაში კრიტერიუმად ითვლება სიტყვათა რაღაც საერთო მნიშვნელობის არსებობა.

ამ კრიტერიუმების პრაქტიკულ გამოყენებას თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები აქვს: ერთი მხრივ, ენაში არც ისე ბევრია აბსოლუტური სინონიმები (ნებისმიერ კონტექსტში ურთიერთშენაცვლებადი სიტყვები, როგორცაა ლინგვისტიკა-ენათმეცნიერება), მეორე მხრივ, სემანტიკური სიახლოვის კრიტერიუმი საკმაოდ სუბიექტურია: მნიშვნელობების რაოდენობრივი ანალიზის გარეშე ძნელი დასადგენია რამდენად „არამნიშვნელოვანია“ სინონიმებს შორის სემანტიკური განსხვავებები.

WordNet თესაურუსში სემანტიკური კავშირებიდან განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს გვარსახეობით (ჰიპონიმია/ჰიპერონიმური და ტროპონიმური) კავშირებს, რომლებიც სინსეტის იერარქიულად დალაგებისა და კავშირების ხეებად ორგანიზაციის საშუალებას იძლევა (ჰიპონომიური სტრუქტურების ფარგლებში ხდება ჰიპერონიმის დამახასიათებელი თვისებების მემკვიდრეობით მიღება).

სიტყვათა გვარსახეობითი იერარქიის ხარისხი განსხვავებულია სხვადასხვა მეტყველების ნაწილისთვის. არსებითი სახელები იძლევა ტიპიურ გვარსახეობით იერარქიას, რომელიც, მიუხედავად ამისა, არ ფლობს ძალიან დიდ სიღრმეს (არაუმეტეს 5-8 დონისა). ზმნებისთვის გვარსახეობითი კავშირის სახით მიღებულია ე.წ. ტროპონიმია (ბერძნულიდან *τροπιση* – წესი/გზა). ზმნების გვარსახეობითი კავშირის დამახასიათებელ მაგალითს წარმოადგენს წყვილი *მიდის-კოჭლობს*. ზედსართავებისა და მიმღობებისათვის გვარსახეობითი კავშირები ან საერთოდ არაა წარმოდგენილი, ან წარმოდგენილია უსისტემოდ, მხოლოდ ზოგიერთი ჯგუფისთვის, რის გამოც მოგვიხდება სინსეტების სტრუქტურირების სხვა გზების მოძიება.

მერონიმური (ნაწილი – მთელი) კავშირი ტიპურია თესაურუსების წარმოდგენისას. ჩვეულებრივ, მათ საფუძვლად განიხილება ლოგიკური კავშირები „კომპონენტი – საგანი“ (ტოტი – ხე), „წევრი – სიმრავლე“ (ხე – ტყე), „მასალა – საგანი“ (ალუმინი – თვითფრინავი)

ტიპის ცნებებს შორის. თუმცა, შეიძლება წარმოვიდგინოთ სხვა შესაძლო კავშირებიც, რომლებსაც მივაკუთვნებთ მერონიმურ კავშირს. მაგალითად, „პორცია – მასა“ (ნამცხვარი – ნაჭერი) ან „ადგილი – მხარე“ (თბილისი – საქართველო). თუმცა, ნათელია, რომ მასალის ანალიზის დროს ძალიან დაბალ (ატომების) დონეზე ალბათ ვერ ვიტყვით, რომ ატომი არის კონკრეტული საგნის ნაწილი. მთელის ნაწილთან თანაშეფარდება მთავრდება იქ, სადაც ნაწილის შემცირება მსგავსი საგნების განცალკევების მიზანს ადარ ემსახურება. მერონიმური იერარქია არაა ხისებური, ის უფრო ჰგავს ქსელს. მაგ.: წვეტი – დანის, ფანქრის, ნემსის ნაწილი.

WordNet თესაურუსის წარმოდგენაში ნაკლებად ტიპიურია ზმნური ლექსიკის ისეთი კავშირი, როგორცაა კაუზაცია (კაუზაციური ზმნა – კაუზაციის შედეგით (თუ შედეგად?!)) მიღებული მდგომარეობა, მაგალითად მოკლა – მოკვდა, გააშრო – მშრალი გახდა გაშრა ჯობია და მსგ.); ლექსიკური შედეგი დაერქვა რთული მოქმედებისა და მისი ნაწილის კავშირს (მაგალითად, სძინავს – ხვრინავს, ღებავს – უსვამს და მსგ.); პრესუპოზიცია ეწოდა კავშირს მოქმედებასა და მის აუცილებელ წინამორბედ მოქმედებას შორის (მაგალითად, მოიგო – ითამაშა, შეხსნა – შეკრა და მსგ.).

კონვერსია თესაურუსში განხილულია როგორც ანტონიმია.

დერივაციული სიტყვაწარმოებითი კავშირები დაყოფილია შემდეგ ქვეტიპებად:

ტრანსპოზიცია – ერთი და იგივე ცნება გამოხატულია სიტყვის სხვადასხვა კატეგორიული მნიშვნელობებით. მაგალითად, თეთრი – სითეთრე, სვლა – სიარული.

ექსპრესიული სინონიმია – სემანტიკურად ახლო მდგომი მნიშვნელობები ასახავს სხვადასხვა ცნებას, რაც არ იძლევა კონტექსტში მათი ურთიერთჩანაცვლების შესაძლებლობას. მაგალითად ბიჭი – ბიჭიკო, წიგნი – წიგნაკი.

EuroWN-ის ფარგლებში, პარადიგმატული კავშირების გარდა, წარმოდგენილია სინტაგმატიკური კავშირებიც, რომლებიც აერთიანებს მეტყველების სხვადასხვა ნაწილებს [6]: ზედსართავს და არსებით სახელს, ზმნას და არსებით სახელს, ზმნას და ზედსართავ სახელს და მსგ. ასეთი კავშირების შემთხვევაში, ზმნებთან მითითებულია ვალენტობის გრამატიკული სტრუქტურა; ზედსართავებთან მითითებულია იმ არსებითი სახელების კლასები, რომლებთანაც (ზედსართავის) კავშირი შეიძლება წინასწარ იყოს განსაზღვრული.

WordNet-ის ქართული ვერსიის რეალიზაციისათვის ჩვენ ვიყენებთ უკვე აპრობირებულ მიდგომას და სტანდარტებს. მოხსენებაში განხილული იქნება აღწერილი მეთოდების ქართული GeWordNet თესაურუსისთვის მორგებისას შექმნილი პრობლემები, შედეგები და პერსპექტივები.

The Lexical Ontology of GeWordNet

Liana Lortkipanidze, Meri Gegechkori

Summary

In the article the method of GeWordNet lexical ontology development is described. The differs between traditional dictionaries and WordNet thesauruses are explained. The basic principles used in the Princeton WordNet thesaurus are shown. Obligatory linguistic components for representation of information about the language system are considered. Standards of WordNet thesaurus development are described: definitional, contextual and word-formation methods of the meaning analysis. The semantic, paradigmatic and syntagmatic relations used in the thesaurus are presented.

Лексическая онтология GeWordNet

ლიანა ლორთქიფანიძე, მერი გეგეჭკორი

Резюме

В статье описана методика разработки лексической онтологии GeWordNet. Объясняется, чем отличается от традиционных словарей и тезаурусов WordNet тезаурус. Рассказаны основные принципы использованные Принстонском WordNet тезаурусе. Рассмотрены обязательные лингвистические компоненты для представления информации о системе языка. Описываются стандарты разработки WordNet тезаурусов: дефиниционный, контекстный и слово-образовательный методы анализа значений. Представлены семантические, парадигматические и синтагматические связи, использованные в тезаурусе.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Fellbaum C. WordNet: an Electronic Lexical Database. MIT Press, Cambridge, MA, 1998,
2. Vossen, 1998 – Vossen, P. (ed.): EuroWordNet: A Multilingual Database with Lexical Semantic Network. Dordrecht, Kluwer,
3. Pala K., Sevecek P. The Czech WordNet, EuroWordNet (LE-8928). Deliverable 2D014, 1999. <http://www.hum.uva.nl/~ewn/docs.html>,
4. Naumann, K. GermaNet. 2000. <http://www.sfs.nphil.uni-tuebingen.de/Adj.html>,
5. Lyons J. Semantics. (2 vol.) London and New York, 1977,
6. Miller G. et al. Five Papers on WordNet. CSL-Report, vol.43. Princeton University, 1990,
7. <ftp://ftp.cogsci.priceton.edu/pub/wordnet/5papers.ps>.

ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის ერთი ალგორითმის რეალიზაციის შესახებ

ალა თუშიშვილი, რუდოლფ ერემიანი, მიხეილ თუშიშვილი

tushishvili.mikheil@gmail.com

რეზიუმე

ქართული ორთოგრაფიული ტექსტის გახმოვანება საკმაოდ შრომატევადი სამუშაოა, მაგრამ ქართული ენის ფონეტიკური თავისებურებიდან გამომდინარე, სხვა ენებთან შედარებით ადვილად მისაღწევია. გამოყენებულია ქართული ფონემების მახასიათებლების სტაბილურობა. ქართულ ენაში მახვილი პრაქტიკულად არ ცვლის ხმოვნების ტემბრს, ისინი ერთნაირნი არიან პოზიციისა და ბგერათა მეზობლობისაგან დამოუკიდებლად. ამიტომაც, ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის ალგორითმის რეალიზაცია გამარტივდა, და ქართულ ბგერათა პოზიციური ვარიანტები ნაკლები რაოდენობით გვაქვს.

საკვანძო სიტყვები: *ფონეტიკური, კომპილაცია, სინთეზი, მეტყველება*

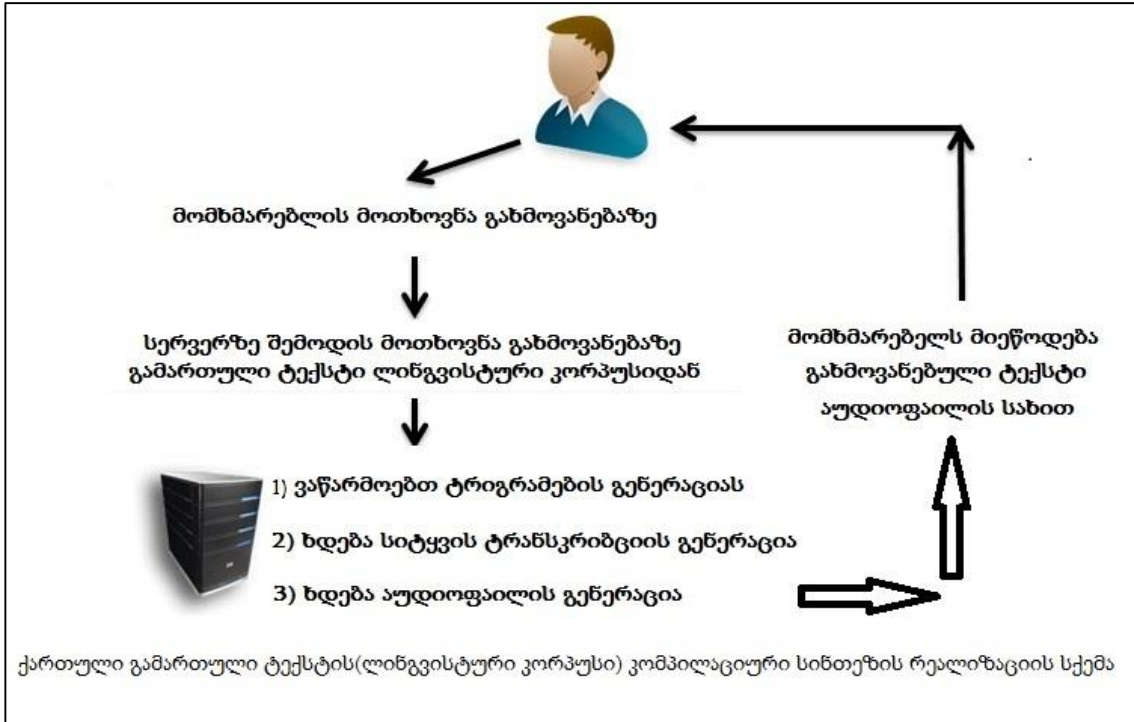
ნებისმიერი ტექსტის მიხედვით მეტყველების სინთეზის განხორციელებისას ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ორთოგრაფიისა და ფონეტიკური ჩანაწერის შესატყვისობაში მოყვანის ალგორითმიზაცია. ქვემოთ ვისაუბრებთ ქართული მეტყველების არაინტონირებული კომპილაციური სინთეზის შესაძლებლობაზე და მოსალოდნელ ტიპობრივ სიმძნელებზე. საქმე ისაა, რომ ფონეტიკური პროცესები, რომლებსაც ადგილი აქვს უწყვეტ მეტყველებაში, ყოველთვის ვერ პოულობენ ადეკვატურ გამოხატულებას წერილობით ტექსტში. ინგლისურში, მაგალითად, ფონემებსა და ასოებს შორის ძალიან რთული მიმართებაა. არსებითად განსხვავდება, აგრეთვე, რუსული ფონეტიკური ლექსიკონი რუსულ ანბანთან.

ქართული ენის ფონეტიკური თავისებურებები კომპილაციურ სინთეზს ზოგ სპეციფიკურ მოთხოვნას უყენებს. ქართული ტექსტი შეიძლება მივიჩნიოთ ფონეტიკურად ტრანსკრიბირებულ ტექსტად(ეს, რა თქმა უნდა, თავისთავად, საკმაოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორია), რაც გარკვეული თვალსაზრისით, აადვილებს კომპილაციურ სინთეზს.

ქვემოთ ჩვენ გვინდა შევჩერდეთ ზოგიერთ წესზე, რომელთა გამოყენება სინთეზური მეტყველების ორგანიზების პროცესში მეთოდით “ტექსტი - მეტყველება“, ხელს შეუწყობს მიღებული პროდუქტის „გაბუნებრივებას“. რაც შეეხება ქართულ ენას, აქ საქმე გვაქვს ასოებისა და ბგერების მეტ-ნაკლებ თანხვედრასთან. თუმცა, იმის მტკიცება, რომ ქართულში „როგორც იწერება, ისე იკითხება“ არ იქნება მართებული, ვინაიდან არის შემთხვევები, როდესაც ბგერები არ შეესატყვისება ასოებს და პირიქით. მხედველობაში გვაქვს არა ბგერების კოარტიკულაცია, არამედ ფონეტიკურად განპირობებული ცვლილებები (ასიმილაცია, ბგერების ამოვარდნა, ნაზალიზაცია, დაყრუება და სხვა). ქართული ორთოგრაფიული ტექსტის ფონეტიკურში გარდაქმნის ამოცანა შეიცავს ორ ასპექტს: ფრაზაში პაუზების განლაგებას და ბგერათა ცვალებადობის სისტემურ აღწერას.

ორთოგრაფიულ ტექსტში სიტყვები განცალკევებულები არიან ხარვეზებით, მაგრამ ზეპირმეტყველებაში ისინი ყოველთვის არ ემთხვევა პაუზებს. მიუხედავად ამისა, ფრაზაში პაუზების განაწილების წესები, პუნქტუაციიდან და ხარვეზებიდან გამომდინარე, კარგად არის დამუშავებული და, ამდენად, ექვემდებარება ფორმალიზებას[6].

მაგალითად, პაუზები უნდა გაკეთდეს: ერთმარცვლიანი მაქვმდებარებელი კავშირების მერე იმ შეთხვევაში, თუ კავშირის წინ დასმულია მძიმე (კავშირი „რომ“); მართებული კავშირების შემდეგ: მძიმისა და წერტილ-მძიმის მერე და სხვა. ასეთი სახის პაუზების დანაწი-



ლება არ მოითხოვს ფრაზათა წინასწარ ანალიზს და, ამდენად, შესაძლებელია მათი საკმაოდ მარტივი ორგანიზება.

რაც შეეხება ბგერათა ცვალებადობას, მცირედი გამონაკლისის გარდა, მათ ადგილი აქვთ უმახვილო პოზიციებში. ძირითადად ცვლილებებს განიცდიან თანხმოვნები. ცვლილებათა სახეები შემდეგნაირია: ბგერათა ამოვარდნა, მჟღერი ბგერის დაყრუება, ყრუ ბგერის გამჟღერება, მკვეთრი ბგერის შეცვლა ფშვინვიერით და, პირიქით, სისინა ბგერის შეცვლა შიშინათი, მჟღერი-ნაპრალოვანის შეცვლა ნახევარხმოვნით და სხვა[2,3].

ცალკე ჯგუფს ქმნიან სონორები. ისინი დაყრუების შემთხვევაში არ გარდაიქმნებიან სხვა ბგერებში და, თავის მხრივ, ზემოქმედებას არ ახდენენ მეზობელ ბგერებზე. ალგორითმის რეალიზებისას ამ ბგერათა ცვალებადობის შვიდი წესია გამოყენებული.

მჟღერი ბგერებისთვის შედარებით ნაკლები - ხუთი წესია გამოყენებული კომპილაციური სინთეზის ალგორითმში, ასევე ექვსი ბგერათცვლილებათა წესია გამოყენებული ყრუ ბგერების ჯგუფისათვის.

კათვალისწინებულია ის გარემოებაც, რომ ქართული ენის მახვილი თითქმის არ ცვლის ფონემების ტემბრალურ შეფერილობას და პირველ მარცვალზე მისი ფიქსირება კი ამარტივებს სინთეზირებული მეტყველების რითმიკულ ორგანიზაციას და ამ მეტყველების აღქმისას სიტყვათა გამოყოფას.

რითმიკას ქმნის მახვილიანი და უმახვილო მარცვლების მონაცვლეობა. მახვილიანი ხმოვანი უმახვილოზე გრძელიცაა და ინტენსიურიც, მაგრამ თუ სინთეზისას მწელია გრძლივობის რეგულირება, მის კომპენსირებას ვახდენთ ინტენსივობის რეგულირებით, ან მახვილიანი ხმოვნის ადგილზე უფრო ინტენსიური ხმოვნის დასმით [3-5].

პირველ მარცვალზე მახვილის დასმა საშუალებას გვაძლევს გავამარტივოთ ალგორითმის რეალიზაცია და ავსახოთ ქართული მეტყველების რითმიკული სურათის ძირითადი სახე.

კომპიუტერთან ზეპირსიტყვიერი დიალოგის წარმართვას, ანუ კომპიუტერის მიერ ფორმალიზებული ტექსტის ქართულ ენაზე გახმოვანებას მნიშვნელოვნათ ხელს შეუწყობს ლინგვისტური პროცესორების ჩართვა მეტყველების სინთეზის სისტემაში.

ჩვენს მიერ რეალიზებულ კომპილაციური სინთეზის სისტემა მიზნულია ლინგვისტური კორპუსზე, რომელიც ამარაგებს მას საჭირო ლინგვისტიკური ინფორმაციით და უადვილებს

სინთეზირებული მეტყველების „გაადამიანურებას“, ალგორითმის გამარტივებას (არ არის საჭირო სიტყვების შემოწმება კორექტულობაზე). ესეიგი სინთეზის სისტემა შესავალზე ღებულობს დეტერმინირებულ ტექსტს, სადაც ბგერათა აკუსტიკურ/ფიზიოლოგიური ნიშნები და წესებია გამოყენებული[1-6]. ანუ საჭიროა ავლნიშნოთ, რომ ბგერათცვალებადობის ალგორითმს თანერთვის ქართულ ბგერათა ნიშნების ფორმალიზებული აღწერა.

შესაძლებელია გახმოვანება გაკეთდეს ტექსტის ფორმალიზების გარეშეც, მაგრამ გახმოვანებული ტექსტის ჟღერადობის ხარისხი საკმარისად გაუარესდება.

განვიხილოთ ქართული გამართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის სქემის ალგორითმის ფუნქციონირება(იხილე სურათი). როგორც კი სისტემა ღებულოს მოთხოვნას გახმოვანებაზე, იწყება აუდიოფაილის გენერაციის პროცესი. თვით გენერაციის პროცესის ლოგიკა დაფუძნებულია აღწერილი ბგერათცვლილებების წესების და ხეების მიხედვით[1].

სისტემის მუშაობის პირველ ეტაპზე სიტყვის თავსა და ბოლოში მიეწერება სპეციალური სიმბოლოები, რომლების გვიადვილებს მომავალში სიტყვის ფორმირებას. შემდგომში ყოველი სიტყვისთვის ხდება ტრიგრამების(სიტყვაში სიმბოლოების თანამიმდევრობა) მასივის გენერაცია. ასეთ მიდგომას განაპირობებს ყოველი სიტყვის ასობგერების ანალიზის აუცილებლობა.

მაგალითად, ასობგერათა ცვალებადობას ადგილი აქვთ უმახვილო პოზიციებში. ასეთ ცვლილებებს ძირითადად განიცდიან თანხმოვნები: ბგერათა ამოვარდნა, მჟღერი ბგერის დაყრუება, ყრუ ბგერის გამჟღერება, მკვეთრი ბგერის შეცვლა ფშვინვიერით და, პირიქით, სისინა ბგერის შეცვლა შიშინათი, მჟღერი-ნაპრალოვანის შეცვლა ნახევარხმოვნით.

დავასახელოთ ამ ბგერათა ცვალებადობის რამდენიმე წესი:

1. თუ ბგერა „ლ“ მოთავსებულია ბგერა „ხ“-სა და ყრუ თანხმოვანს შორის, იგი ამოვარდება (სახლი-სახში).
2. თუ ბგერა „რ“ მოთავსებულია ორ თანხმოვანს შორის, იგი იკარგება (გრძელი-გძელი).
3. თუ ბგერა „რ“-ს მოსდევს ყრუ ბგერა, „რ“ დაყრუვდება (რკინა).
4. თუ ბგერა „ნ“ არ დგას სიტყვის დასაწყისში და მას მოდევს ყრუ ფონემა, იგი დაყრუვდება (ჩანს).

ასეთნაირად ხდება სიტყვის ტრანსკრიბირება, რომელიც შემდგომში წარმოდგენილი იქნება აუდიოფაილის სახით.

ინფორმაცია ყველა ასობგერაზე წინდაწინ მოთავსებულია პროგრამაში და ინახება როგორც ENUM-თანამიმდევრობა. ასობგერები დაყოფილია ორ ტიპად: ხმოვნებად და თანხმოვნებად თავისი ნიშნების აღწერით.

ტრანსკრიბირებული სიტყვის მიღების შემდეგ იწყება პროგრამის მეორე ეტაპის განსახიერება საჭირო ასობგერების თანამიმდევრობის ფორმირებასა და საბოლოო სახით მოთხოვნილი სიტყვის აუდიოფაილის გენერირება.

სერვერის გაშვებისას პირველ რიგში ივსება ცხრილი (Hash Table), რომელშიც ასობგერა ითვლება გასადებათ, მისი მნიშვნელობა კი არის ფონემა (აუდიოფაილი), წარმოდგენილი როგორც ციფრული (ბიტური) მასივი. ასეთი მიდგომა გვაძლევს საშუალებას მომხმარებლის ყოველი მოთხოვნის დროს არ მოხდეს მიმართვისა და აუდიოფაილის ჩამოტვირთვა, რაც, თავისთავად, მოახდენს სისტემის ოპტიმალურ ფუნქციონირებას.

ფუნქცია mergePhonemes ახდენს მიღებული სიტყვის ტრანსკრიფციის მიხედვით ფონემების გადაბმას. ამის შედეგად პროგრამა გვიბრუნებს აუდიოფაილს WAV ფორმატში,

რომელიც შეიძლება გახმოვანდეს სხვა პროგრამაში ან ჩამოიტვიტოს მომხმარებლის კომპიუტერში.

ON THE ALGORITHM OF THE GEORGIAN TEXT COMPILATION SYNTHESIS

Alla Tushishvili, Rudolf Eremian, Mikheil Tushishvili

Summary

Auditing of a Georgian spelling text is quite a labor consuming work, but on the basis of the Georgian phonetics specificity, as compared with other languages, it is relatively easy to be achieved. Stability of characteristics of Georgian phonemes is applied. Stress practically doesn't change the timbre coloring of phonemes and so their characteristics are independent of the position and the neighborhood. Based on such linguistic features a number of positional variations of Georgian audio units is relatively small that simplified the implementation of the compilation synthesis algorithm.

Об одном алгоритме компилятивного синтеза грузинского текста

Алла Тушишвили, Рудолф Еремян, Михаил Тушишвили

Резюме

Озвучивание грузинского орфографического текста довольно трудоемкая работа, однако исходя из особенностей грузинской фонетики, по сравнению с другими языками, относительно легко достижима. Применена стабильность характеристик грузинских фонем. Ударение практически не меняет тембральную окраску фонем и поэтому их характеристики независимы от позиции и соседства. Исходя из этих языковых особенностей количество позиционных разновидностей грузинских звуковых единиц относительно невелико, что привело к упрощению реализации алгоритма компилятивного синтеза.

ლიტერატურა - Referenses – Литература

1. თუშიშვილი ა. ქართული მეტყველების სინთეზის კომპიუტერული სისტემის დამუშავება. ავტორეფერატი ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 1996.
2. ჯაფარიძე ზ., თუშიშვილი ა., კორძაია. პუნქტუაციისა და ინტონაციის ურთიერთ-მიმართება ტექსტის მიხედვით ქართული მეტყველების სინთეზის პირობებში. . საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა.ელაიშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, „მეცნიერება“, თბილისი, 1999, 185-188.
3. Ramishvili G., Tushishvili A., Tushishvili M., Pirxalava M., Kordzaxia I. The Combined Method of the Georgian Speech Synthesis. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა.ელაიშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, „მეცნიერება“, თბილისი, 2003, 234-236.
4. თუშიშვილი ა., თუშიშვილი მ. ქართული ტექსტის გარდაქმნა მეტყველების კომპილაციური სინთეზის დროს. . საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა.ელაიშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, „მეცნიერება“, თბილისი, 2015, 115-118.
5. Japaridze Z., Ramishvili G., Tushishvili A. Organization of Georgian Speech Compilative Synthesis. Proceedings of the Conference of Speech Technology, Tallinn, 1989.
6. რამიშვილი გ., ჯაფარიძე ზ. ქართული მეტყველების კომპილაციური სინთეზის კომბინირებული მეთოდი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა.ელაიშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, „მეცნიერება“, თბილისი, 1997, 133-137.

რეალური დროის ოპერაციული სისტემების უსაფრთხოების ანალიზი

მერი გეგეჭკორი, ნინო ნარიმანიძე, დავით კაპანაძე,
თამუნა ხვედელიძე, თინათინ კაიშაური
merigeg@gmail.com, ninonarimanidze@gmail.com, david@gtu.ge,
khvedelidzetamuna@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია რეალური დროის ოპერაციული სისტემების (რდოს) განმასხვავებელი თვისებების ანალიზი, ამ სისტემების ინფორმაციული და ფუნქციონალური უსაფრთხოების მოთხოვნები პრობლემებზე ორიენტირებულ კომპიუტერულ კომპლექსებში გამოყენებისას. წარმოდგენილია ძირითადი დარგები, რომელშიც შესაძლებელია მიმდინარე დროის ოპერაციული სისტემების გამოყენება. გაკეთებულია დასკვნები რეალური დროის ოპერაციულ სისტემებზე მოთხოვნების შესრულების აუცილებლობასა და მისი ინფორმაციული და ფუნქციონალური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მეთოდების და საშუალებების გამოყენების შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: რეალური დროის ოპერაციული სისტემები, კომპი-უტერული სისტემები, უსაფრთხოება, პროგრამული უზრუნველყოფა, მონაცემთა დაცვა.

რეალური დროის ოპერაციული სისტემების ძირითადი მიზანია უზრუნველყოს ინტერფეისი დროში კრიტიკული რესურსებისთვის, ხოლო ამოცანაა მოწყობილობების ან მათი ფუნქციონალური ელემენტების მოთხოვნებზე დროული რეაქცია. მას უნდა ჰქონდეს პროგნოზირებადი ქცევის ყველა სცენარი. რეალური დროის ოპერაციული სისტემები გამოიყენება თანამედროვე საზოგადოების ცხოვრების უზრუნველყოფის მრავალ ძირითად დარგში: სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის სისტემებში, ავიაციაში, მსუბუქ და მძიმე მრეწველობაში, ბირთვულ და კოსმოსურ სადგურებში. ამიტომ რეალური დროის ოს მუშაობაში უნდა აკმაყოფილებდეს მკაცრ მოთხოვნებს, რეაგირებდეს გარე ზემოქმედებებზე, იყოს საიმედო და უსაფრთხო.

მთელს მსოფლიოში, კომპიუტერულ სფეროში, უსაფრთხოების საკითხებს დიდი ყურადღება ექცევა, მათ შორის რდოს-ში მუშაობის უსაფრთხოების საკითხებსაც. რდოს პრობლემაზე ორიენტირებული მიმართვა არ ითვალისწინებს წარმოშობილ კრიტიკულ სიტუაციებს და გვთავაზობს გარკვეულ პასუხისმგებლობას სისტემის უსაფრთხო მუშაობაზე. სუბიექტმა, რომელიც ახორციელებს შეტევას რდოს-ზე, შეიძლება გამოიწვიოს სისტემის მარცხი, რის შედეგადაც შეიძლება მივიღოთ ლოკალური ან გლობალური მასშტაბის კატასტროფა. ანალიზმა აჩვენა, რომ სათანადო ყურადღება არ ექცევა რდოს ინფორმაციულ და ფუნქციონალურ უსაფრთხოების მოთხოვნებს. აქედან გამომდინარე, აქტუალურ საკითხად რჩება რდოს-ს ინფორმაციული და ფუნქციონალური უსაფრთხოების აუცილებლობის ანალიზი.

ანალიზის შედეგები: ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ რდოს აქვს მნიშვნელოვანი განსხვავებები ჩვეულებრივ ოპერაციულ სისტემებთან შედარებით. ცხრილში მოცემულია ძირითადი განსხვავება ამ ორ სისტემას შორის. რდოს - არის სისტემა, რომელიც შეზღუდული რესურსების გამოყენებით უნდა რეაგირებდეს მრავალ მოვლენაზე. ძირითად რესურსს წარმოადგენს პროცესორი. ერთპროცესორიან სისტემას არ შეუძლია რამდენიმე დავალების პარალელურად შესრულება. ამისთვის არსებობს დისპეტჩერიზაციის მრავალი მეთოდი.

	რდოს	საერთო დანიშნულების ოს
ძირითადი ამოცანა	მოწყობილობების ან მათი ფუნქციონალური ელემენტების მოთხოვნებზე დროული რეაქცია	კომპიუტერის რესურსების რაციონალური განაწილება მომხმარებლებსა და ამოცანებზე
მიმართულება	გარე მოვლენების დამუშავება	მომხმარებლების მოვლენების დამუშავება
ინტერფეისი	აპარატურულ-პროგრამული კომპლექსების მართვის ინსტრუმენტი	გამოყენებისთვის მზა დანართების ნაკრები
მოთხოვნილებები	კვალიფიციური დამმუშავებელი	საშუალო კვალიფიკაციის მომხმარებელი

ცხრილი 1.

ძირითადი განსხვავება ოს-სა და რდოს შორის

ნებისმიერ პერსონალურ კომპიუტერზე გამოყენებად ოპერაციული სისტემისაგან განსხვავებით რდოს ყოველთვის დაკავშირებულია გარე ობიექტებზე (აპარატურაზე) და მათზე მოქმედ მოვლენებზე.

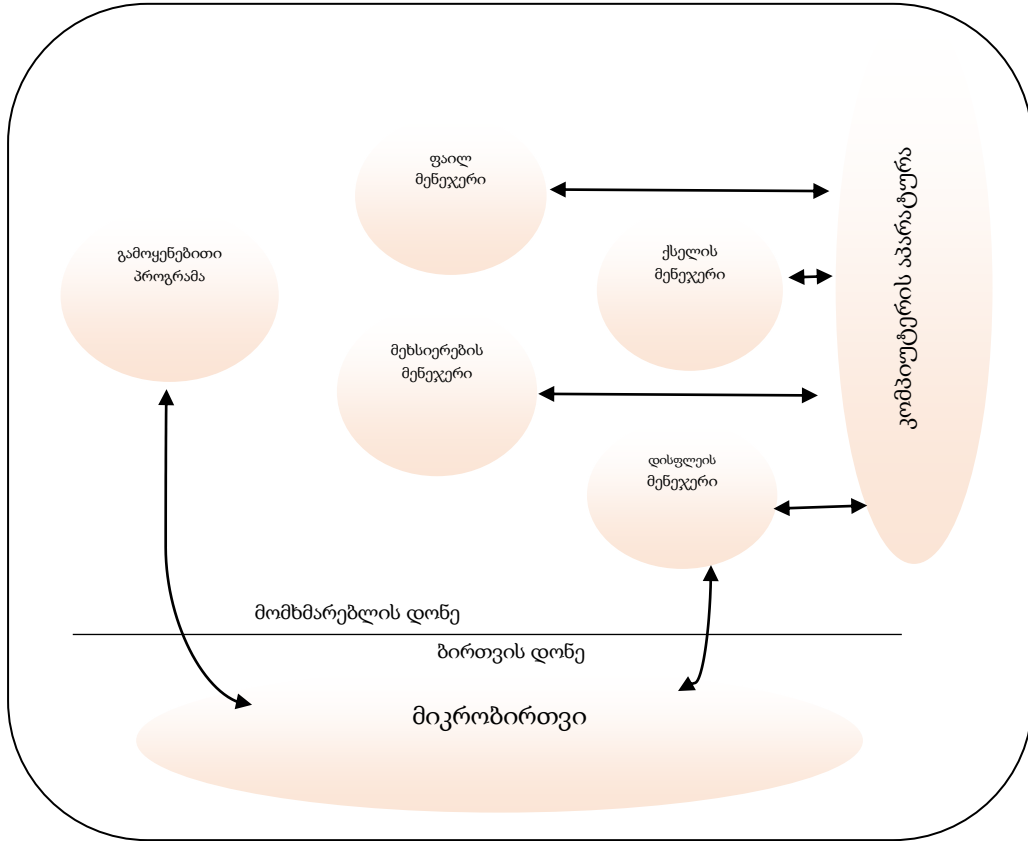
ასეთ ობიექტებს აქვთ ამ ობიექტზე მოქმედი მოვლენების მაჩვენებლები, შეტანა-გამოტანის მოდულები, გარდამქმნელი მაჩვენებლები.

ერთ-ერთი განმასხვავებელი არის ის, რომ ჩვეულებრივ ოს აქვს მზა ნაკრები დანართების, ხოლო რდოს კი მოიცავს სისტემური დანართების (ბირთვი, სისტემური მოდული, დრაივერები და ა.შ) მინიმალურ ნაკრებს. ასე რომ ოს ბაზისი დადის მინიმუმამდე, ხოლო ყველა დანარჩენი ფუნქციონალობა გამოიტანება სხვა დონეზე და იმართება ნაკადებით და ამოცანებით, რომლებიც პასუხობენ სისტემურ მოთხოვნებს. ასეთი მინიმიზაცია შესაძლებელია ისეთ პროგრამულ-აპარატურულ კომპლექსებში, რომლებიც იყენებენ რდოს და აქვთ კლიენტ-სერვერული არქიტექტურა.

ასეთი არქიტექტურის ძირითად პრინციპს წარმოადგენს ოს-ის სერვისების გამოტანა სერვისების სახით მომხმარებლის დონეზე, ხოლო მიკრობირთვი ასრულებს შეტყობინებების დისპეტჩერის ფუნქციას კლიენტის სამომხმარებლო პროგრამასა და სერვერს - სისტემურ სერვისებს შორის.

არქიტექტურა კლიენტ-სერვერი გვამღევს საშუალებას გავზარდოთ ოს –ის საიმედოობა (რადგან თითოეული სერვისის წარმოადგენს დამოუკიდებელ დანართს, ამიტომ შეცდომების ნახვა და მათი დალაგება უფრო მარტივია); მოდულების დინამიური ჩატვირთვა, ამოტვირთვა; ავამაღლოთ გაჩერება/მედეგობა (რადგან სერვისის შეიძლება გაეშვას სისტემის გადატვირთვის გარეშე). ამ არქიტექტურით დანართები წარმოადგენენ კლიენტებს, რომლებიც სერვისებს ითხოვენ სისტემური გამოძახების საშუალებით.

კლიენტ-სერვერის არქიტექტურის მომხმარებელ რეალური დროის ოპერაციულ სისტემებს შორის შეიძლება გამოეყოს OS9, VxWorks, pSOS და QNX.



ნახ.1

ოპერაციული სისტემის აგება კლიენტ-სერვერის არქიტექტურის გამოყენებით

ამ მოდელის არქიტექტურის ძირითად პრობლემას წარმოადგენს მეხსიერების დაცვა, რადგან სერვერული პროცესები უნდა იყოს დაცული. სერვისის ყოველ მოთხოვნაზე სისტემა უნდა გადაერთოს დანართის კონტექსტიდან სერვერის კონტექსტზე. მეხსიერების დაცვის შემთხვევაში ერთი პროცესიდან მეორეზე გადართვის დრო იზრდება.

როგორც წესი, უმრავლესობა თანამედროვე რდოს-სა აგებულია მიკრობირთვის საფუძველზე (kernel ან nucleus), რომელიც უზრუნველყოფს დავალებების დაგეგმვას და დისპეტჩერიზაციას, ასევე ახორციელებს მათ ურთიერთქმედებას.

სტაბილური მუშაობის მოთხოვნების მხრივ ოპერაციულ სისტემებში განასხვავებენ ხისტ და მსუბუქ რდოს. ხისტ რდოს-ში რეაქციის დაგვიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს მოწყობილობების მუშაობის შეჩერება და კატასტროფული შედეგი, შეიძლება ადამიანების მსხვერპლიც. მსუბუქი (სუსტი) რდოს არ არის ასეთი კრიტიკული მოვლენებზე დაგვიანებული რეაქციისას.

რდოს-ის მომხმარებელი ყველაზე ფართო კლასია – რეალური დროს კომპლექსების დამმუშავებლები, მონაცემთა მოკრების და დამუშავების მაპროექტირებელი ადამიანები. რეალური დროის სისტემის დაპროექტების და დამუშავების დროს პროგრამისტმა ყოველთვის ზუსტად იცის, რომელი მოვლენა უნდა მოხდეს ობიექტზე, იცის ამ მოვლენების მომსახურების კრიტიკული პირობები.

ასე რომ რეალური დროის სისტემა - ეს არის აპარატურულ-პროგრამული კომპლექსი, რომელიც მითითებლ დროს ახდენს რეაგირებას არაპროგნოზირებად გარე მოვლენების ნაკადზე, შესაბამისად:

- სისტემამ უნდა მოასწროს ობიექტზე მიმდინარე მოვლენებზე რეაგირება ამ მოვლენის კრიტიკულ დროში.

- ყოველი მოვლენის კრიტიკული დრო განისაზღვრება ობიექტით და მოვლენით. ისინი შეიძლება იყოს სხვადასხვა, მაგრამ სისტემის რეაქციის დრო უნდა იყოს გამოთვლილი სისტემის შექმნისას.
- რეალურ დროს სისტემებში რეაქციის არარსებობა ნიშნავს შეცდომას.
- სისტემამ უნდა მოასწროს რეაგირება ერთდროულად მიმდინარე მოვლენებზე. შეიძლება ეს მოვლენები ერთდროულად იყოს ორზე მეტიც, მაგრამ მნიშვნელოვანია რომ თითოეულზე რეაგირება მოესწროს მისთვის კრიტიკულ დროში.

რდოს-თვის ძირითად მოთხოვნას წარმოადგენს არა მუშაობის სისწრაფე, არამედ გარანტია არაპროგნოზირებად მოქმედებებზე, ნაწინასწარმეტყველებ დროის ინტერვალში, დროული რეაგირებისა. გარდა ამისა რდოს უნდა იყოს:

- მრავალამოცანიანი და მრავალპროგრამული;
- მრავალნაკადიანი და აქტიურად იყენებდეს წყვეტებს დისპერირიზაციისთვის;
- ჰქონდეს მხარდაჭერა ყველა პრიორიტეტების;
- რდოს-ში უნდა გამოიყენებოდეს ნაკადების პრიორიტეტები;
- ჰქონდეს პრიორიტეტების მემკვიდრეობის სისტემა (რომ არ მოხდეს დაბალი დონის ნაკადის დაბლოკვა მაღალი დონის ნაკადით);
- პროცესების სინქრონიზაციის საშუალება.

მრავალმომხმარებლიანი დაცვა – ეს არის მომხმარებელთა დაყოფა პრივილეგირებულ და არაპრივილეგირებულ მომხმარებლებად. მომხმარებელთა იდენტიფიკაციისთვის გამოიყენება ე.წ. იდენტიფიკაციის კოდი UIC (User Identification Code), რომელიც შედგება ორი რვაობითი რიცხვისგან, თითოეული იკავებს ერთ ბაიტს (დიაპაზონი 0 დან 377 მდე), სადაც პირველი რიცხვი არის ჯგუფის კოდი, მეორე კი ჯგუფის წევრის.

დაცვის აუცილებელ მექანიზმს წარმოადგენს: წვდომის დისკრეციული და მანდატური გამიჯვნა, კონტროლი და საბეჭდი დოკუმენტების მარკირება, შეტანა-გამოტანის კონტროლი გარე მატარებლებზე და სხვა. დაცვის მოცემული მექანიზმის პროგრამული კოდი მოთავსებულია ფაილებში და მიკრობირთვში.

ობიექტებზე სუბიექტების წვდომის გამიჯვნა დაფუძნებული უნდა იყოს ინფორმაციის კონფიდენციალურობაზე. ასევე უნდა არსებობდეს კომპიუტერულ პროცესებზე, მონაცემებზე და სისტემურ მოწყობილობებზე წვდომის შეზღუდული უფლებები.

აშკარაა, რომ სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს კომპიუტერში მონაცემების და ოპერაციების გაყოფას, ისე უნდა იყოს აგებული, რომ შეუძლებელი იყოს მისთვის გვერდის ავლა. ის ასევე უნდა გვადლევდეს საშუალებას, რომ შევაფასოთ გამოყენებული წესების სარგებლიანობა და ეფექტურობა. სუბიექტების ობიექტებზე დისკრეციული (ამორჩევითი) წვდომის მართვა მიმდინარეობს წვდომის მართვის სიებით ან წვდომის მატრიცებით.

შეტანა-გამოტანის კონტროლში იგულისხმება შეზღუდული მოქმედებები ამ მოწყობილობებზე (მაგ. დაუშვანთ მხოლოდ კითხვისთვის).

როგორც მრავალმომხმარებლიანი დაცვის, ასევე განაწილებული წვდომის გამოყენება არ გვადლევს გარანტირებულ დაცვას და შეიძლება მოხდეს:

- კომპიუტერში შენახული ინფორმაციის წაკითხვა ან მოდიფიცირება;
- მონაცემთა დაცვისთვის გამოყენებული მნიშვნელოვანი ინფორმაციის გადაქაჩვა;
- ქსელის რომელიმე კომპიუტერის გამოყენება ამავე ქსელის სხვა კომპიუტერში არასანქცირებულად შეღწევისთვის.

- კომპიუტერზე არსებული ინფორმაციის განადგურება ან კომპიუტერის მწყობრიდან გამოყვანა სპეციალური პროგრამების დახმარებით.

დასკვნა: რდოს-ის გამოყენება პრობლემაზე ორიენტირებულ კომპიუტერულ სისტემებში მოითხოვს ინფორმაციულ და ფუნქციონალურ უსაფრთხოების დამუშავებას მესხიერების შეზღუდული რესურსების და დაბალი წარმადობის პირობებში, ასევე მოითხოვს გარანტირებულ რეაგირების დროს, მაღალი ხარისხის მზაობას და ავტომონიტორინგის საშუალებების უპირატესობას.

როგორც წესი, რდოს-ები გამოიყენება იმ საბაზრო სეგმენტებში, რომლებიც ხასიათდებიან ინფორმაციული და ფუნქციონალური უსაფრთხოების მაღალი მოთხოვნებით. მითითებულ სეგმენტებში დიდი მნიშვნელობა აქვს შეცდომების ღირებულებას. ეს დარგები მოითხოვენ:

- რდოს-ებს ჰქონდეთ მაღალი ხარისხის “სიცოცხლისუნარიანი” სისტემა, რომელშიც პროგრამული უზრუნველყოფის რაიმე ნაწილის მწყობრიდან გამოსვლისას სხვა ნაწილი აგრძელებდეს ნორმალურ ფუნქციონირებას, ე.ი გარანტირებული უნდა იყოს რომ საერთო სისტემა მწყობრიდან არ გამოვა;
- რდოს უნდა აკმაყოფილებდეს მკაცრ მოთხოვნებს პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხზე, რაც გულისხმობს სხვადასხვა დარგის, ნაციონალურ და საერთაშორისო სტანდარტებთან შესაბამისობას
- შესამჩნევი მწყობრიდან გამოსვლა უნდა იყოს მინიმალური;
- მონაცემთა დაცვის და უსაფრთხოების მოთხოვნების მხრივ სისტემაში გადახედილი უნდა იყოს მნიშვნელოვანი ინფორმაციის დაცვის საშუალებები.

ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS SAFE TO REAL TIME OPERATING SYSTEM

*Meri Gegechkori, Nino Narimanidze, Davit Kapanadze,
Tamuna Khvedelidze, Tina Tin Kaishauri*

Summary

The analysis of the distinctive features of real time operating systems, and functional requirements of information security to these systems in terms of their use in problem-oriented computer complexes. An overview of the main branches, which can be used real time operating system. The conclusions about the need for performing the specified requirements for the real time operating system and the use of methods and means of information and functional safety.

Анализ Безопасности к операционным системам реального времени

*Мери Гегечкори, Нино Нариманидзе, Давит Капанадзе,
Тамуна Хведелидзе, Тинатин Кайшаури*

Резюме

В работе проведен анализ отличительных особенностей операционных систем реального времени, требований информационной и функциональной безопасности к этим системам в условиях использования их в проблемно-ориентированных компьютерных комплексах. Представлен обзор основных отраслей, в которых могут быть использованы операционные системы реального времени. Сделаны выводы о необходимости выполнения заданных требований к операционным системам реального времени и использования методов и средств обеспечения информационной и функциональной безопасности.

ლიტერატურა – References – Литература

1. И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н. Пономаренко Операционные системы реального времени, http://citforum.ru/operating_systems/rtos/1.shtml
2. Избирательное управление доступом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Избирательное_управление_доступом.
3. Бурдонов И.Б. Операционные системы реального времени / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н.Пономаренко. – М.: ИСП РАН, препринт 14. –2006. – 18 с..
4. Барретт С.Ф. Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка / С.Ф. Барретт, Д.Дж Пак // С. – М.: Изд. дом «ДМК. пресс», 2007. – 640 с
5. Мандатное управление доступом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
6. Семенов С.Г. Безопасность операционных систем реального времени в автоматизированных системах управления технологическим процессом / С.Г. Семенов, С.Ю. Гавриленко, В.В. Давыдов // Авіаційно- космічна техніка і технологія. – 2011. – № 8(85). – С. 222-225
7. Панасенко С.Методы и средства защиты от несанкционированного доступа. / С. Панасенко [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.panasenko.ru/Articles/77/77.html>
8. Жданов А.А. Операционные системы реального времени. Подробная информация об организации / А.А. Жданов // ЗАО "РТСофт", PCWeek, 8/1999. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу:<http://asutp.ru/?p=600591>

Причинно-следственная модель знаний в интеллектуальной системе медицинской диагностики

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Нора Джалябова, Дмитрий Радзиевский

Email: v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com

Резюме

Рассматривается задача компьютерной диагностики заболеваний класса первичных головных болей с использованием медицинских знаний. Знания представлены в виде семантической сети задающей отношения между симптомами и вызывающими их причинами. В компьютере эта сеть представлена в виде матрицы отношений. Используются такие нечёткие отношения как «возможная причина», «возможное следствие», «способствует», которые дают возможность более точно описать ситуацию, связанную с болезнью. Предложенная модель используется для решения задачи диагностики таких заболеваний какими являются мигрень, головная боль напряжения и кластерная головная боль, относящихся к классу первичных головных болей.

Ключевые слова: *медицина, симптом, диагностика, интеллект, система*

Медицинский диагноз может представлять собой как наименование болезненного состояния человеческого организма, так и наименование той болезненной причины, которая вызвала это состояние. Так как лечение – это воздействие лечебными средствами на причину болезни, то выявление причины болезни становится особенно важным при решении задачи диагностики. Компьютеризация этой сферы сводится к разработке компьютерных программ, которые на основе наблюдаемых нарушений – симптомов строят заключение о причине, вызывающей эти симптомы, тем самым обеспечивая диагностику заболевания. Задачи подобного рода относятся к классу неформализованных или слабо формализованных задач [1, 2], и при их решении приходится опираться на нечёткие качественные данные и соотношения, представленные на естественном языке. Следует, однако, отметить, что возможности решения задач диагностики, основанных на методах распознавания образов, сильно ограничены. В основе этих методов лежит стимульно реактивный принцип имитации лишь наблюдаемых сторон поведения врача при постановке диагноза. Этот принцип моделирования почти полностью игнорирует знания врача, полученные в результате квалификации. Врач, ставя диагноз, использует знания о самой структуре организма, определяемой взаимосвязью его функционирующих подсистем различного уровня иерархии, а также знания о тех функциях, которые выполняют отдельные его элементы. Очевидно, что использование знаний в искусственных интеллектуальных системах позволит решать задачу диагностики с большей эффективностью. Наличие знаний отличает современные интеллектуальные системы диагностики от традиционных систем медицинской диагностики, основанных только на методах распознавания. Как подчёркнуто в [3], мощность интеллектуальной системы обусловлена в первую очередь мощностью базы знаний и возможностью её пополнения и только во вторую очередь, используемыми ею методами (процедурами). Таким образом основной компонентой любой интеллектуальной системы являются знания о закономерностях мира, который она обследует. Это могут быть, например, знания о причинно-следственных и некоторых других отношениях, существующих в этом мире. Необходимость использования знаний поставило на повестку дня вопрос о форме представления знаний в компьютере, о моделях представления знаний наилучших, с некоторой точки зрения. В данной работе ставится задача диагностики с использованием знаний соответствующей области медицины.

В качестве компьютерной модели представления знаний будем использовать семантическую сеть, в которой вершины представляют собой понятия, определяющие различные нарушения в организме, а дуги – отношения между нарушениями [4,5]. В семантической сети выделяются вершины-симптомы, задающие нарушения, которые непосредственно наблюдаются у конкретного больного и содержат исходную информацию. Между симптомами и различными нарушениями используются причинно-следственные отношения, представленные в виде дуг семантической сети. Семантическая сеть представленная в виде графа (Рис. 1) также может быть

представлена в виде (0-1)-ой матрицы отношений (Рис. 2). Упомянутую семантическую сеть будем называть сетью заболеваний, а соответствующую матрицу – матрицей заболеваний.

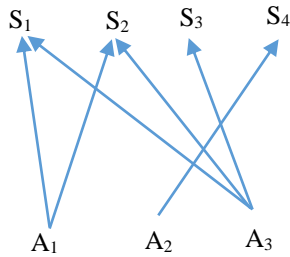


Рис. 1

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
A ₁	1	1	0	0
A ₂	0	0	0	1
A ₃	1	1	1	1

Рис. 2

В случае наличия нечётких отношений какими являются «возможная причина», «возможное следствие», «способствует» дугам графа и элементам матрицы приписываются некоторые весовые коэффициенты $\mu_i, \mu_i \in [0,1]$, которые трактуются как степени уверенности. Эти отношения дают возможность более точно описать ситуацию, связанную с болезнью. В этом случае вместо ноль-единичной матрицы, указывающей на наличие или отсутствие отношений, имеем матрицу, элементами которой являются степени уверенности μ_i . При этом все операции с этими матрицами проводятся в соответствии с тем, как это принято в теории нечётких множеств []. Степени уверенности обычно задаёт врач-эксперт опираясь на свой опыт и интуицию, однако, для определения степеней уверенности можно, опираясь на данные обучающей выборки, использовать Алгоритм Обучения с исправлением ошибок []. Семантическую сеть, с весовыми коэффициентами будем называть нечёткой сетью заболеваний, а соответствующую ей матрицу – нечёткой матрицей заболеваний.

Использование знаний подразумевает использование не только информации явно присутствующей в сети, но и той, которая в сети 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.

С целью решения задачи диагностики рассматривается семантическая сеть, отображающая знания о больном организме. На множестве вершин сети, определяющих возможные нарушения, 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 $A_i, i = 1 \dots m$, где m – число возможных нарушений (болезней), являющихся возможными причинами симптомов. Сумма весовых коэффициентов этих дуг задаёт оценку вершины A. 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 a_i , что увеличивает степень доверия к этой вершине. Эти способствующие факторы связаны с вершиной a_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 компьютерного представления заболеваний будем использовать упомянутую выше нечёткую матрицу заболеваний – матрицу C (рис 3).

Пусть вектор-столбец с компонентами $S_1 S_2 \dots S_m$ отображает наименование симптомов рассматриваемых болезней, вектор-строка $A_1 A_2 \dots A_n$ наименование болезней, а c_{ij} – элементы матрицы заболеваний, задающие степени уверенности. Каждый элемент матрицы отображает величину степени уверенности болезни при наличии симптома. Так как окончательное решение о заболевании принимается на основе совокупности симптомов, для решения задачи диагностики необходимо иметь информацию о наличии симптомов у конкретного больного. Для этого строится ноль-единичный вектор $X = x_1 \dots x_m$ в котором 1 указывает наличие симптома, а 0 – на его отсутствие. Вектор $X = x_1 \dots x_m$ формируется в процессе обследования больного и выявления симптомов. Он формируется или врачом, или самим больным при его ответе на вопросы врача. Установление диагноза, т.е. наиболее вероятной гипотезы о заболевании сводится к суммированию весовых коэффициентов столбцов тех строк, которые соответствуют активизированным симптомам, и вычислению их среднего значения. Столбцу, получившему максимум этого среднего, соответствует гипотеза болезни $A_1 A_2 \dots A_n$. Этот результат можно получить путём умножения ноль-единичного вектора $X = x_1 \dots x_m$ на матрицу C , т.е. путём проведения линейного преобразования вектора $X = x_1 \dots x_m$ с помощью матрицы C , и определения среднего значения взвешенной суммы каждого столбца этой матрицы.

$$C = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ S_1 & c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ S_2 & c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_m & c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{matrix}$$

Рис. 3

$$XC = (x_1 c_{11} + x_2 c_{21} + \dots + x_m c_{m1} = d_1, x_1 c_{12} + x_2 c_{22} + \dots + x_m c_{m2} = d_2, \dots, x_1 c_{1n} + x_2 c_{2n} + \dots + x_m c_{mn} = d_n);$$

Взяв средние значения d_1, d_2, \dots, d_n получим вектор их средних значений $\bar{D} = \bar{d}_1, \bar{d}_2, \dots, \bar{d}_n$

Порядковый номер максимального элемента этого вектора т.е. $\max(\bar{d}_1, \bar{d}_2, \dots, \bar{d}_n)$ укажет на вероятностный диагноз. Для проверки этой гипотезы двигаясь по дугам семантической сети, исходящим от вершины задающей вероятностный диагноз, выявляются симптомы, которые не были выявлены на начальной стадии обследования больного, но которые должны наблюдаться у пациента в случае, если исходная гипотеза окажется верной. Проверяется наличие этих симптомов у пациента. 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 можно считать её окончательным диагнозом. В противном случае вся процедура повторяется с новой вершиной, получившей максимальную оценку. Процедура установления диагноза заканчивается, когда подтверждается какая-либо из гипотез.

Для проверки этой гипотезы при матричном представлении путём анализа столбцов выявляются симптомы, которые не были выявлены на начальной стадии обследования больного, но которые должны наблюдаться у пациента в случае, если исходная гипотеза окажется верной. Проверяется наличие этих симптомов у пациента. На основе этих данных с использованием метода, приведённого выше, устанавливается диагноз. Если этот диагноз совпадёт с предыдущим, то гипотеза о заболевании подтверждается. В противном случае вся процедура повторяется и заканчивается, когда подтверждается какая-либо из гипотез.

В данной работе рассматривается класс болезней которые характеризуются головными болями. Следует отметить, что все существующие формы головных болей классифицируются на 2 большие группы: первичные и вторичные (симптоматические). При первичных головных болях анамнез, физикальный и неврологический осмотры, а также дополнительные методы исследования не выявляют органической причины боли, т.е. исключают вторичный характер цефалгии. Позитивная диагностика первичной головной боли базируется исключительно на данных жалоб и анамнеза. Инструментальные и лабораторные методы исследования не используются для диагностики первичной головной боли т.к. не выявляют никакой патологии. Медицинские данные на которые приходится опираться при диагностике первичной головной

боли имеют качественный нечёткий характер.[11,12] Всё это осложняет задачу диагностики, и требует особого подхода для её решения. Одними из наиболее характерных видов первичных головных болей являются: мигрень, головная боль напряжения, и кластерная головная боль, диагностика которых рассматривается в данной работе. Поскольку исходным материалом для решения задачи являются наблюдаемые нарушения – симптомы, выпишем симптомы соответствующие каждому из трёх заболеваний и представим эти данные в виде таблицы (матрицы болезней). На рис. 4 представлен фрагмент этой матрицы для первичных головных болей.

Признаки болезни	Головная боль напряжения A_1	Мигрень A_2	Кластерная головная боль A_3
Локализация			
двухсторонняя – s_1	0,9	0,6	0,1
односторонняя – s_2	0,1	0,9	0,9
глазница – s_3	0,3	0,8	0,9
лоб – s_4	0,5	0,6	0,5
затылок – s_5	0,7	0,4	0,5
глаз – s_6	0,3	0,8	0,9
Характер боли			
сдавливающая – s_7	0,9	0,6	0,1
пульсирующая – s_8	0,5	0,8	0,7
Частота приступов			
1 раз в месяц – s_9	0,7	0,7	0,1
несколько раз в месяц – s_{10}	0,7	0,7	0,1
несколько раз в неделю – s_{11}	0,7	0,5	0,1
Длительность приступа			
4 – 72 часа – s_{12}	0,6	0,9	0,1
15 минут – 3 часа – s_{13}	0,6	0,1	0,9
30 минут – 7 дней – s_{14}	0,9	0,6	0,1

Рис. 4

Используя данные таблицы и проведя операции в соответствие с приведённым выше методом можно решать задачу диагностики. Решение задачи сводится к проведению следующих процедур:

- Обследование больного и выявление наличия симптомов.
- На основании полученной информации строится ноль-единичный вектор, в котором 0 означает отсутствие симптома, а единица его присутствие.
- Осуществляется линейное преобразование этого единичного вектора с помощью нечёткой матрицы заболеваний.
- В векторе, полученном в результате этого линейного преобразования, определяется среднее значение каждого элемента.
- Выявляется номер максимального элемента. Этот номер определяет столбец в матрице заболеваний, которому соответствует название болезни.

**მიზეზ-შედეგობრივი ცოდნის მოდელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის
ინტელექტუალურ სისტემაში**

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, ნორა ჯალიაბოვა, დიმიტრი რადიევსკი

რეზიუმე

განიხილება პირველადი თავის ტკივილის კლასის დაავადებათა კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ამოცანა სამედიცინო ცოდნის გამოყენებით. ცოდნა წარმოდგენილია სემანტიკური ქსელის სახით. სემანტიკურ ქსელში მოცემულია სიმპტომების და მათი გამომწვევი მიზეზებს შორის დამოკიდებულებები. სემანტიკურ ქსელში გამოიყენება ასეთი არამკაფიო მიმართებები როგორცაა “შესაძლო მიზეზი”, “შესაძლო შედეგი,” “ხელს უწყობს”, რომლებიც გვამღევენ საშუალებას F უფრო ზუსტად აღვწეროთ სიტუაცია დაკავშირებული დაავადებასთან. შეთავაზებული მოდელი გამოიყენება პირველადი თავის ტკივილის ასეთი დაავადებათა, Y როგორც არის შაკიკი, დამაბულობის თავის ტკივილი და კლასტერული თავის ტკივილის დიაგნოსტიკის ამოცანათა გადასაწყვეტად.

Cause and effect model of knowledge in the intellectual system of medical diagnostics

Vadim Radziewski, Maia Mikeladze, Nora Jaliabova, Dimitri Radziewski

Summary

The problem of computer diagnostics of diseases of a class of primary headaches with the use of medical knowledge is considered. The knowledge is presented in the form of a semantic network defining the relationship between symptoms and their causes. Fuzzy relations are used, such as "possible cause", "possible consequence", "helps", which make it possible to more accurately describe the situation regarding the disease. The proposed model is used to solve the problem of diagnosis of such diseases as migraine, tension headache and cluster headache belonging to the class of primary headaches.

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. Feigenbaum E.A. Themes and case studies of knowledge engineering// Expert system in micro electronic age. – Edinburgh: infotach Limited,1979. P. 3 – 25.
4. 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.
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. Микელაძე მ., რადიევსკი ვ., ჯალიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. Методы искусственного интеллекта для решения неформализованных задач диагностики сложных систем на примере медицины. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “21-ე

- საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები” საქართველო, თბილისი 19 – 21 სექტემბერი, 2012 წელი. გვ. 403 – 406.
7. მიქელაძე მ., რაძიევსკი ვ., ჯალიაბოვა ნ., რაძიევსკი დ. ცოდნის ორგანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №18, თბილისი, 2014 წ. გვ. 50 – 56.
 8. რაძიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯალიაბოვა ნ., რაძიევსკი დ. სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტა კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მაგალითზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №17, თბილისი, 2013 წ. გვ. 157 – 162.
 9. Jager R. Multiple objective decision – making using fussy sets – “Int – jMen. Mashine studies, 1977, v 9.
 10. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. Мир, Москва, 1976.
 11. Табеева Г.Р. Головная боль: руководство для врачей – М. ГЭОТАР-Медиа, 2014.
 12. Шток В.Н. Головная боль – М 000 “Медицинское информационное агенство”. 2007 – 472 с.

კონკრეტული ავადმყოფისთვის სამკურნალო პრეპარატების არჩევის ინტელექტუალური სისტემა

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, ნორა ჯალიაბოვა, გელა ბესიაშვილი, პაპუნა ქარჩავა, დიმიტრი რადიევსკი

Email: v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, gela.besiashvili@tsu.ge, noraj@mail.ru, pqarchava@gmail.com, dradzievski@gmail.com

რეზიუმე

განიხილება მკურნალობის რაციონალური მეთოდის შერჩევა, რომელიც ხორციელდება მრავალი კრიტერიუმის საფუძველზე. შეთავაზებულია მედიკამენტოზური პრეპარატების შერჩევის მეთოდი კონკრეტული ავადმყოფის მდგომარეობისა და მისი დაავადების შესაბამისად. პრეპარატები შეირჩევა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე. შემოთავაზებული მეთოდი გამოყენებულია თავის ტკივილის პირველადი დაავადების მკურნალობისთვის.

საკვანძო სიტყვები: მკურნალობა, არამკაფიო სიმრავლე, მრავალი კრიტერიუმი.

სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემების შესაქმნელად საჭიროა, ისეთი ამოცანების, როგორც არის, დიაგნოსტიკების, სამედიცინო ცოდნის ბაზის შექმნის, პროგნოზირების და მკურნალობის შერჩევის ამოცანების ამოხსნა. ზემოთ ჩამოთვლილი პირველი 3 ამოცანა საკმაოდ ვრცლად იყო გაშუქებული [1,2,3,4] შრომებში. მოცემულ სამუშაოში განიხილება მკურნალობის შერჩევის ამოცანა, რომლის ამოხსნა ხორციელდება მრავალი კრიტერიუმის გათვალისწინებით. კონკრეტული ავადმყოფის ძირითადი დაავადების მკურნალობისას ექიმმა უნდა შეარჩიოს ისეთი მედიკამენტები, რომლებიც არ დააზიანებენ სხვა ორგანოებს და არ გამოიწვევენ დამატებით დარღვევებს ორგანიზმში. ამისათვის ექიმმა უნდა მიიღოს მხედველობაში პაციენტის მიმდინარე მდგომარეობა ჯანმრთელობის თვალსაზრისით, (თანმხლები დაავადებები, ალერგიული რეაქციები და აშ.) ე.ი. საჭიროა ობიექტურ ზემოქმედების პრეპარატების შერჩევა ერთი ან რამდენიმე მაჩვენებლის გათვალისწინებით. ცხადია, რომ მსგავსი შესაძლებლობა უნდა ჰქონდეს ინტელექტუალურ სისტემას, რომელიც ამ პრობლემის მოსაგვარებლად იქმნება გამიზნული. ამ ფუნქციების განხორციელებისათვის სამუშაოში გამოიყენება მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიაზე[5,6]. ეს მეთოდი გამოიყენება წამლების (პრეპარატების), რაციონალური არჩევისათვის, რომლებიც ავადმყოფის განკურნების მიზნითაა მითითებული[7]. ყოველი პრეპარატის ეფექტურობა უნდა იყოს შეფასებული.

ვთქვათ გვაქვს n შესაძლო წამლები (პრეპარატები), რომლებიც ავადმყოფის განკურნების მიზნითაა ნაჩვენები და ყოველი პრეპარატის ეფექტურობა ფასდება ექსპერტის მიერ სხვადასხვა კრიტერიუმების Q_1, Q_2, \dots, Q_m მიხედვით.

შეფასება წარმოდგინება მიკუთვნების ხარისხის ფუნქციის სახით, წამლების არამკაფიო სიმრავლის მიმართ და ღებულობს მნიშვნელობებს $(0,1)$ შუალედიდან.

$$Q_1 = \left\{ \frac{\mu_{11}}{R_1} \dots \frac{\mu_{1n}}{R_n} \right\}$$

...

$$Q_m = \left\{ \frac{\mu_{m1}}{R_1} \dots \frac{\mu_{mn}}{R_n} \right\}$$

სადაც $\mu_{ij} \quad j=1, \dots, n; \quad i=1, \dots, m$. წარმოადგენენ $Q_i \quad i=1, \dots, n$ კრიტერიუმების მიხედვით წამალთა არამკაფიო სიმრავლის მიმართ მიკუთვნების ხარისხს. მაშინ წამალთა საშუალებების არამკაფიო სიმრავლე, რომელიც აკმაყოფილებს ყველა i კრიტერიუმს, იქნება წარმოდგენილი სიმრავლეთა ინტერსექციით.

$$Q_i = Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_m = \left\{ \frac{\min \mu_{ij}}{R} \dots \frac{\min \mu_{in}}{R_n} \right\} \quad i=1, \dots, m$$

რეკომენდირებული ალტერნატივის როლში უნდა აირჩეს R_i გადაწყვეტილება, რომლის მრიცხველი არის მაქსიმალური, ვინაიდან იგი აკმაყოფილებს შეფასებათა სიმრავლეს მაქსიმალური მნიშვნელობით [6]. იმ შემთხვევაში, როცა ავადმყოფის მდგომარეობის მიხედვით (თვისებებს, რომელთა მიხედვით ფასდებიან წამალთა პრეპარატები) წამალთა თვისებებს ენიჭებათ სხვადასხვა ფასეულობა, ეს უნდა იყოს გათვალისწინებული არამკაფიო სიმრავლეთა კონცენტრაციის ოპერაციათა გამოყენებისას.

$$\text{Con } A = A^a$$

არამკაფიო სიმრავლეთა კონცენტრაციის ოპერაცია იძლევა მიკუთვნების ფუნქციის ზრდას თუ $a < 1$ და კლებას თუ $a > 1$, ამასთან ეს ცვლილებები უმნიშვნელოა თუ a უახლოვდება ერთს და მნიშვნელოვანი ხდება, რაც უფრო ნაკლებია a . იმისათვის, რომ გამოვთვალოთ ხარისხის მაჩვენებელი არამკაფიო სიმრავლის კონცენტრაციის ამოცანაში, საჭიროა შესაბამისი მატრიცის აგება. ეს მატრიცა აიგება შესაბამისი ალტერნატივების წყვილ-წყვილი შედარების საფუძველზე. ვთქვათ განხილულ მახასიათებლებს გააჩნია კოეფიციენტები:

$$Q_1=f_1 \quad Q_2=f_2 \quad \dots \quad Q_m=f_m$$

ვადარებთ რა წყვილ-წყვილად ამ პარამეტრებს მივიღებთ შემდეგი m -თანრიგის მატრიცას.

	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	$\frac{f_m}{f_1}$	$\frac{f_m}{f_2}$...	$\frac{f_m}{f_m}$

ვასრულებთ რა ამ მატრიცაზე [6]-ში მითითებულ ოპერაციებს, ვღებულობთ ხარისხის მაჩვენებლის რიცხობრივ მნიშვნელობებს $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \dots \alpha_m$ შესაბამისად $Q_1 \quad Q_2 \quad Q_3 \dots Q_m$ – სთვის. რაც საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ არამკაფიო სიმრავლეების კონცენტრაციის ოპერაციას ამოსავალ სიმრავლეზე.

$$Q_1^{\alpha_1} = \left\{ \frac{(\mu_{11})^{\alpha_1}}{R_1} \dots \frac{(\mu_{1n})^{\alpha_1}}{R_n} \right\}$$

...

$$Q_n^{\alpha_m} = \left\{ \frac{(\mu_{m1})^{\alpha_m}}{R_1} \dots \frac{(\mu_{mn})^{\alpha_m}}{R_n} \right\}$$

ამ სიმრავლეზე უნდა ჩატარდეს ინტერსექციის ოპერაცია. ოპერაციის შედეგად მივიღებთ:

$$Q^\alpha = Q_1^{\alpha_1} \cap Q_2^{\alpha_2} \dots Q_m^{\alpha_m} = \left\{ \frac{\min(\mu_{i1})^{\alpha_i}}{R_1} \dots \frac{\min(\mu_{in})^{\alpha_i}}{R_n} \right\} i=1,2,\dots,m.$$

მიღებული სიმრავლიდან უნდა ავირჩიოთ ელემენტი $R_j, j=1,2,\dots,n$ რომელიც შეესაბამება მიკუთვნების ხარისხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ეს ელემენტი წარმოადგენს წამალს, რომელიც ყველაზე ეფექტურია მოცემული კრიტერიუმების მიმართ მათი ფასეულობის გათვალისწინებით.

განვიხილოთ ეს საკითხი კონკრეტული რიცხვების მეშვეობით. ვთქვათ, სიტუაციის ანალიზი გვთავაზობს რამდენიმე შესაძლო გადაწყვეტილებას, რომელთა მეშვეობით შეიძლება ვიმოქმედოთ სისტემაზე. ჩვენ შემთხვევაში ეს არის წამლები და სხვა ზემოქმედება დაავადებულ ორგანიზმზე. აღვნიშნოთ ეს ზემოქმედება ასოებით $R_1 R_2 R_3 R_4 R_5$. დავუშვათ, რომ თითოეული ზემოქმედება ფასდება Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 4 კრიტერიუმის მიხედვით (0-1)სკალის ფარგლებში გვაქვს:

$$Q_1 = \left\{ \frac{0,7}{R_1} \quad \frac{0,9}{R_2} \quad \frac{0,5}{R_3} \quad \frac{0,7}{R_4} \quad \frac{0,6}{R_5} \right\}$$

$$Q_2 = \left\{ \frac{0,6}{R_1} \quad \frac{0,6}{R_2} \quad \frac{0,9}{R_3} \quad \frac{0,7}{R_4} \quad \frac{0,5}{R_5} \right\}$$

$$Q_3 = \left\{ \frac{0,8}{R_1} \quad \frac{0,8}{R_2} \quad \frac{0,7}{R_3} \quad \frac{0,4}{R_4} \quad \frac{0,6}{R_5} \right\}$$

$$Q_4 = \left\{ \frac{0,5}{R_1} \quad \frac{0,6}{R_2} \quad \frac{0,7}{R_3} \quad \frac{0,6}{R_4} \quad \frac{0,8}{R_5} \right\}$$

გადაწყვეტილების მისაღებად გამოვიყენოთ ინტერსექციის ოპერაცია, რომლის არსი მდგომარეობს მაქსიმალური არამკაფიო სიმრავლის ელემენტის მოძიებაში, რომელსაც შეიცავს ნებისმიერი განხილული არამკაფიო სიმრავლე.

$$Q = Q_1 \cap Q_2 \cap Q_3 \cap Q_4 = \left\{ \frac{0,5}{R_1} \quad \frac{0,6}{R_2} \quad \frac{0,5}{R_3} \quad \frac{0,4}{R_4} \quad \frac{0,5}{R_5} \right\},$$

სადაც ყველაზე კარგი გადაწყვეტილებაა – R_2

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იმ შემთხვევაში, როცა ავადმყოფის მდგომარეობის მიხედვით წამალთა ზოგიერთ თვისებას ენიჭება სხვადასხვა ფასეულობა, ეს შეიძლება გავითვალისწინოთ არამკაფიო სიმრავლეთა კონცენტრაციის ოპერაციათა გამოყენებისას. ამისათვის, როგორც იყო აღნიშნული, საჭიროა შესაბამისი მატრიცის აგება. ეს მატრიცა

	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
Q_1	1	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{3}$	5
Q_2	$\frac{3}{5}$	1	1	3
Q_3	$\frac{3}{5}$	1	1	3
Q_4	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1

აიგება არსებული ალტერნატივების წყვილ-წყვილად შედარების საფუძველზე. განხილულ მახასიათებლებს გააჩნია შემდეგი შეფასებათა კოეფიციენტები: $Q_1=5$ $Q_2=$

$Q_3=3$ $Q_4=1$ ვადარებთ რა წყვილ-წყვილად ამ პარამეტრებს მივიღებთ მე-4 თანრიგის მატრიცას

ამ მატრიცაზე ვატარებთ [6]-ში მითითებულ ოპერაციებს, რის შედეგად ვღებულობთ ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობებს $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$ შესაბამისად Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - სთვის. ჩვენ შემთხვევაში $\alpha_1 = 1,68$ $\alpha_2 = 1,00$ $\alpha_3 = 1,00$ $\alpha_4 = 0,32$. ავიყვანთ რა მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობებს a_i $i = 1 \dots 4$ ხარისხში,

$$Q_1^{1,68} = \left\{ \frac{(0,7)^{1,68}}{R_1} \frac{(0,9)^{1,68}}{R_2} \frac{(0,5)^{1,68}}{R_3} \frac{(0,7)^{1,68}}{R_4} \frac{(0,6)^{1,68}}{R_5} \right\}$$

$$Q_2^1 = \left\{ \frac{(0,6)^1}{R_1} \frac{(0,6)^1}{R_2} \frac{(0,9)^1}{R_3} \frac{(0,7)^1}{R_4} \frac{(0,5)^1}{R_5} \right\}$$

$$Q_3^1 = \left\{ \frac{(0,8)^1}{R_1} \frac{(0,8)^1}{R_2} \frac{(0,9)^1}{R_3} \frac{(0,7)^1}{R_4} \frac{(0,5)^1}{R_5} \right\}$$

$$Q_4^{0,32} = \left\{ \frac{(0,5)^{0,32}}{R_1} \frac{(0,6)^{0,32}}{R_2} \frac{(0,7)^{0,32}}{R_3} \frac{(0,6)^{0,32}}{R_4} \frac{(0,8)^{0,32}}{R_5} \right\}$$

მივიღებთ ახალ არამკაფიო სიმრავლებას:

$$Q_1^{1,68} = \left\{ \frac{0,54}{R_1} \frac{0,83}{R_2} \frac{0,32}{R_3} \frac{0,54}{R_4} \frac{0,43}{R_5} \right\}$$

$$Q_2^1 = \left\{ \frac{0,6}{R_1} \frac{0,6}{R_2} \frac{0,9}{R_3} \frac{0,7}{R_4} \frac{0,5}{R_5} \right\}$$

$$Q_3^1 = \left\{ \frac{0,8}{R_1} \frac{0,8}{R_2} \frac{0,7}{R_3} \frac{0,4}{R_4} \frac{0,6}{R_5} \right\}$$

$$Q_4^{0,32} = \left\{ \frac{0,79}{R_1} \frac{0,85}{R_2} \frac{0,89}{R_3} \frac{0,85}{R_4} \frac{0,95}{R_5} \right\}$$

არამკაფიო სიმრავლების ინტერსექციის ოპერაციის ჩატარებისას ვღებულობთ გადაწყვეტილებას, მიკუთვნების ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობით.

$$Q^a = Q_1^{1,68} \cap Q_2^1 \cap Q_3^1 \cap Q_4^{0,32}$$

$$Q^a = \left\{ \frac{0,54}{R_1} \frac{0,6}{R_2} \frac{0,32}{R_3} \frac{0,4}{R_4} \frac{0,43}{R_5} \right\}$$

როგორც წინათ, ეს გადაწყვეტილება იქნება R_2 ხოლო ელემენტების მიმდევრობა შეიცვალა. მეთოდი საშუალებას იძლევა ავირჩიოთ გადაწყვეტილება (წამალთა პრეპარატები) მოცემული კრიტერიუმებისა და მათი ფასეულობის მიხედვით. წამალთა პრეპარატების ასარჩევად გამოიყენება ცოდნა შესაბამისი პრეპარატების შესახებ. თითოეული წამალი ფასდება გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით და აირჩევა ყველაზე ეფექტური წამალი ყველა კრიტერიუმის მიმართ. თუ ავადმყოფის მდგომარეობიდან გამომდინარე კრიტერიუმებს მიეწერება შეფასებები (გარკვეული პრიორიტეტი), მაშინ განხილული მეთოდის შესაბამისად წამლები აირჩევა ამ პრიორიტეტების გათვალისწინებით და შეიძლება ჩატარდეს უფრო ეფექტურად. წამალთა პრეპარატების ასარჩევად გამოიყენება ცოდნა შესაბამისი პრეპარატების შესახებ. თითოეული წამალი ფასდება გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით და აირჩევა ყველაზე ეფექტური წამალი ყველა კრიტერიუმის მიმართ. თუ ავადმყოფის მდგომარეობის გათვალისწინებით კრიტერიუმებს მიეწერება შეფასებები, მაშინ განხილული მეთოდის გათვალისწინებით წამალთა არჩევა ხდება ამ

პრიორიტეტების გათვალისწინებით და შეიძლება ჩატარდეს უფრო ეფექტურად. კონკრეტული ავადმყოფისთვის წამლის (პრეპარატის) არჩევა ხდება გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით და შეირჩევა ისეთი წამალი, რომელიც უფრო ეფექტურია ყველა კრიტერიუმის გათვალისწინებით. განხილული მეთოდის საფუძველზე მუშავდება მკურნალობის რაციონალური არჩევის სისტემა, რომლის რეალიზაცია ხორციელდება პირველადი თავის ტკივილის კლასის, კერძოდ, შაკიკის ამოცანათა მაგალითზე. განხილული იყო შაკიკის საწინააღმდეგო წამლები ტრიფტანის ჯგუფიდან: სუმატრიფტანი, ფროვატრიფტანი, ალმოტრიფტანი, ზოლმიტრიფტანი, რიზატრიფტანი.

ყოველი ეს წამალი (პრეპარატი) ფასდება განსაზღვრული კრიტერიუმების მიხედვით. მოცემულ მაგალითში პრეპარატები ფასდებიან ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, როგორებიც არის: ეფექტურობა ტკივილის კუპირების სიჩქარის მიმართ- Q_1 , ეფექტურობა უარყოფითი მოქმედების არყოფნის მიმართ- Q_2 . ვთქვათ, ჩვენ გვინდა შევარჩიოთ წამალი ავადმყოფისთვის, რომელსაც შაკიკის გარდა აქვს ბევრი პრობლემები ჯანმრთელობის თვალსაზრისით. მაშინ შეფასებები განაწილდება შემდეგი არამკაფიო სიმრავლეების მიხედვით :

სუმატრიფტანი – R_1 , ფროვატრიფტანი – R_2 , ალმოტრიფტანი – R_3 , ზოლმიტრიფტანი – R_4 , რიზატრიფტანი – R_5 .

$$Q_1 = \left\{ \frac{0,6}{R_1} \quad \frac{0,5}{R_2} \quad \frac{0,8}{R_3} \quad \frac{0,9}{R_4} \quad \frac{0,8}{R_5} \right\}$$

$$Q_2 = \left\{ \frac{0,4}{R_1} \quad \frac{0,7}{R_2} \quad \frac{0,3}{R_3} \quad \frac{0,3}{R_4} \quad \frac{0,3}{R_5} \right\}$$

გადაწყვეტილების მისაღებად გამოვიყენოთ ინტერსექციის ოპერაცია ანუ არამკაფიო სიმრავლეების Q_1 და Q_2 გადაკვეთა.

$$Q = Q_1 \cap Q_2 = \left\{ \frac{0,4}{R_1} \quad \frac{0,5}{R_2} \quad \frac{0,3}{R_3} \quad \frac{0,3}{R_4} \quad \frac{0,3}{R_5} \right\}$$

ე.ი ამ კონკრეტული ავადმყოფისთვის ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა ფროვატრიფტანი – R_2 .

Intelligent System of Selecting Medicinal Preparations of a Particular Disease

Vadim Radziewski, Maia Miqeladze, Nora Jaliabova, Gela Besiashvili, Papuna Qarchava,

Dimitri Radziewcki

Summary

Is considered the rational treatment choice task, which is based on many criteria. Proposed the method of selection of drugs in accordance with the state of a particular patient with a particular disease it. The choice of drugs is carried out using fuzzy set theory. The method is used for the treatment of primary headaches class of diseases.

Интеллектуальная система выбора лекарственных препаратов для конкретного больного

*Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Нора Джалябова, Гела Бесиашвили,
Папуна Карчава, Дмитрий Радзиевский*

Резюме

Рассматривается задача выбора рационального метода лечения, которая осуществляется на основе многих критериев. Предложен метод выбора медикаментозных препаратов в соответствие с состоянием конкретного больного с его конкретной болезнью. Выбор препаратов осуществляется с использованием теории нечётких множеств. Метод использован для лечения заболеваний класса первичных головных болей.

ლიტერატურა – References – Литература

1. 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.
2. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯალიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტა კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მაგალითზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №17, თბილისი, 2013 წ. გვ. 157 – 162.
3. მიქელაძე მ., რადიევსკი ვ., ჯალიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. ცოდნის ორგანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №18, თბილისი, 2014 წ. გვ. 50 – 56.
4. Нора Джалябова, Гела Бесиашвили Формирование базы знаний для медицинских систем საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №19, თბილისი, 2015 წ. გვ. 146 –152.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. Мир, Москва, 1976.
6. Yager R. Multiple objective decision – making using fuzzy sets – “Int – jMen. Mashine studies, 1977, v 9.
7. თავის ტკივილის მართვა პირველად ჯანდაცვაში “კლინიკური პრაქტიკის ეროვნული რეკომენდაციები (გაიდლაინები)”. 2009 წ.

Программа интеллектуальной системы диагностики первичных головных болей

Дмитрий Радзиевский

Email: dradzievski@gmail.com

Резюме

Рассматривается описание интеллектуальной системы для решения задачи медицинской диагностики методом причинно-следственного анализа. Решение задачи осуществляется на примере диагностики первичных головных болей. Подробно изложено описание работы системы и назначение каждого её элемента. Описан принцип функционирования и построения основных блоков программы.

Ключевые слова: *Диагностика, головная боль, причинно-следственный анализ, C++.*

ექსპერტული სისტემა

პირველადი თავის ტკივილების დიაგნოსტიკა მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის საფუძველზე

აირჩიეთ სიიდან სიმპტომები

- სქესი: მამრობითი
- სქესი: მდედრობითი
- ასაკი: 0 - 20
- ასაკი: 21 - 40
- ასაკი: 41 - 50
- ასაკი: 51 - 80+
- თავის ტკივილის მიზეზი: თავის ტრავმა
- თავის ტკივილის მიზეზი: ინფექცია
- თავის ტკივილის მიზეზი: არტერიული ჰაიპერტენზია
- თავის ტკივილის მიზეზი: შაქრიანი დიაბეტი
- თავის ტკივილის მიზეზი: სტრესი
- თავის ტკივილის მიზეზი: მენსტრუაციის დაწყება
- თავის ტკივილის მიზეზი: ორსულობა
- თავის ტკივილის მიზეზი: კბილის ან თავის არემი სხვა ლოკ
- თავის ტკივილის მიზეზი: დეპრესია
- თავის ტკივილის მიზეზი: სხვა მიზეზი
- თავის ტკივილის მიზეზი: თავის ტკივილის მიზეზს ვერ ასაქ
- თავის ტკივილის მიზეზი: სიმპტომატიკური ანალგეტიკური
- თავის ტკივილის მიზეზი: ორალული კონტრაცეპტივების მი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): თავი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): წახევარი თავი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): მუხლი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): კეფა
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): თხემი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): საფეთქელი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): თვალბუდე
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): თვალი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (არე): კისერი
- ტკივილის ლოკალიზაცია (მხარი): ხან იალმზრივი, ხან ორმზ

შერჩეულია:

შერჩეულია

ანკეტები

გადათვირთვა

სავარაუდო დიაგნოზის დაზუსტება

მკურნალობა

Рис. 1

В работе [1] описан метод решения задачи диагностики заболеваний класса первичных головных болей с использованием медицинских знаний. Решение задачи осуществляется с использованием причинного анализа данных представленных в виде признаков (симптомов) заболевания и экспертных знаний, определяемых соотношением различных нарушений в организме больного. В данной работе рассматривается программная реализация этой задачи.

Решение задачи диагностики заболеваний класса первичных головных болей осуществляется с использованием около 300 признаков (симптомов). К этому классу относятся такие болезни какими являются мигрень, головная боль напряжения и кластерная головная боль. Система имеет несколько окон. На рис. 1 показано главное окно программы. В этом окне пользователю предлагается выбрать из списка признаков заболевания (симптомов) характеризующие состояние пациента. Выбор осуществляется установкой флажка рядом с признаком. Окончание выбора признаков определяется щелчком мыши по кнопке „შერჩეულია“ – «выбрано». На рис. 2 показано как выглядит окно программы после завершения выбора признаков.

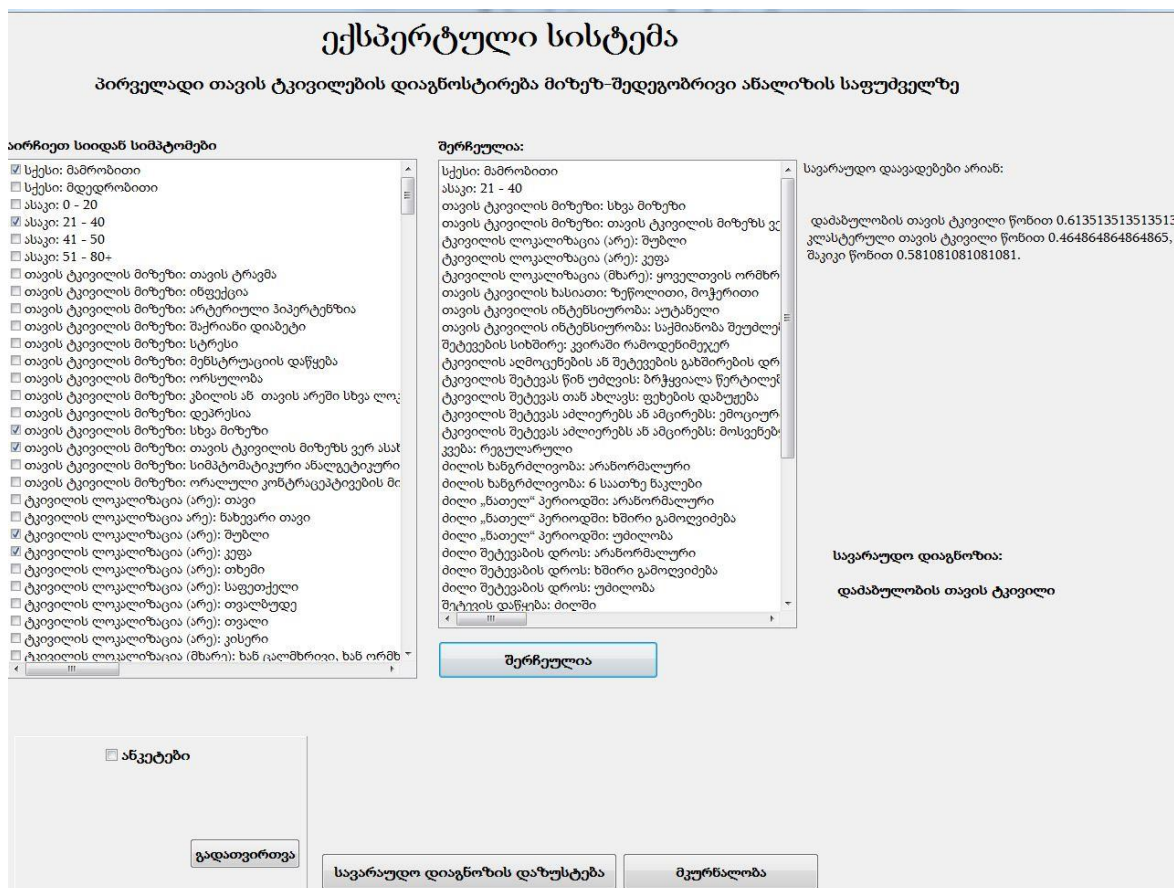


Рис. 2

Окно списка под надписью „შერჩეულია:“ заполняется выбранными признаками. Правее отображается надпись „სავარაუდო დაავადებები არიან:“ – «вероятные заболевания:», а ниже неё список возможных диагнозов с соответствующими весовыми коэффициентами. Ниже выделенным шрифтом отображается наиболее вероятный диагноз.

Полученный диагноз можно уточнить. Для этого достаточно щёлкнуть мышью по кнопке „სავარაუდო დიაგნოზის დაზუსტება“ – «уточнение вероятностного диагноза». Открывается новое окно, показанное на рис. 3. Аналогично окну на рис. 2, там отображается список всех признаков

заболеваний, весовые коэффициенты которых отличны от нуля. Выбор из этого списка завершает щелчок мышью по кнопке „**დაგნოზი**“ – «диагноз». После этого окно списка под кнопкой „**შერჩეულია**“ заполняется выбранными признаками заболевания. Внизу отображается список вероятных заболеваний, а ниже по центру отображается окончательный диагноз.

Рис. 3

Рядом с кнопкой „**დაგნოზი**“ отображается кнопка „**მკურნალობა**“ – «лечение». Щелчок мышью по этой кнопке вызывает отображение третьего окна программы, показанного на рис. 4. Это многостраничное окно программы, каждое из которых отображает определённый тип лечения. На первой странице отображён тип лечения с названием «первичное лечение» - „**პირველადი მკურნალობა**“. Это есть фармакологическое купирование головной боли при помощи обезболивающих и противовоспалительных лекарственных препаратов. На следующей странице отображается тип лечения с названием «превентивное лечение» – „**პრევენციული მკურნალობა**“. Этот тип лечения предотвращает дальнейшее развитие заболевания и нацелен на причины развития заболевания. На следующей странице отображается тип лечения с названием «лечение острого приступа» – „**მწვავე შეტევის მკურნალობა**“. Этот тип лечения направлен на снятие острого болевого приступа, который чаще всего бывает при кластерной головной боли или при мигрени. На следующей странице отображается тип лечения с названием «лечение приступов лёгкой и средней интенсивности» – „**მსუბუქი და საშუალო ინტენსივობის შეტევების მკურნალობა**“. На этой странице рекомендуются препараты для купирования лёгких и средних приступов мигрени. На последней странице отображается немедикаментозный тип лечения – „**არამედიკამენტური მკურნალობა**“. Это физические упражнения,

самовнушение, релаксация, методы снижения стресса, иглоукалывание. В основном, это используется при головной боли напряжения.

Рис. 4

Рис. 5

На каждой из страниц указывается список из лекарственных средств, рекомендованных для данного типа заболевания и в соответствии с данным типом лечения. Флаг „უკუჩვენებები და გვერდით მოვლენები“ – «противопоказания и побочные явления» служит для вывода списка

противопоказаний и побочных явлений для данного препарата. Таким образом, врач, назначая данный препарат получает соответствующее предупреждение. При установке флага эта информация отображается справа от соответствующего препарата, при отключении – удаляется. Если некоторый метод лечения не содержит информации о противопоказаниях и побочных явлениях, то флаг на экране отсутствует.

На рис. 5 отображено состояние главного окна программы при установленном флаге „ანკეტები“ – анкеты. В этом случае программа использует данные, взятые из амбулаторных анкет с заболеваниями мигрень, головная боль напряжения и кластерная головная боль. Анкеты также записаны в базе данных Microsoft Access. В процессе работы программы, данные извлекаются из этой базы данных.

При установке флажка „ანკეტები“, активизируются и отображаются все элементы управления, находящиеся под этим флажком. Непосредственно под флажком расположены слева идентификатор пациента, а справа – фамилия, имя и отчество пациента. Ниже отображается диагноз пациента. Ниже расположен навигатор, при помощи которого можно переходить от одной записи к другой, пролистывая таким образом все записи анкетной базы данных. Выбор анкеты можно подтвердить щелчком мышью по кнопке „შერჩეულია (ანკეტები)“ – «выбрано (анкеты)». В этом случае в основном списке признаков заболевания выбираются те из признаков, которые были занесены в анкету выбранного пациента. Щелчок по кнопке „შერჩეულია“ вызывает постановку диагноза системой, описанную выше. Таким образом, при помощи данного блока программы имеется возможность проверки правильности весовых коэффициентов каждого из признаков заболевания и, в случае необходимости, эти коэффициенты могут быть исправлены так, чтобы расхождения между диагнозами пациентов из анкеты и диагнозами, поставленными разработанной системой, были бы минимальны.

Программа построена на основе класса diagnostics. Этот класс содержит все переменные и функции, необходимые в работе программы. Использование класса позволяет локализовать все переменные и функции программы внутри класса. Также, имеется возможность управления доступом к некоторым функциям и переменным.

Основные блоки программы осуществляют:

- формирование главного списка симптомов;
- обработка выбранных пользователем данных и постановка предварительного диагноза;
- уточнение поставленного диагноза путём решения обратной задачи;
- отображение в отдельном окне основных методов лечения установленного заболевания;
- блок корректировки весовых коэффициентов.

Для формирования главного списка признаков заболеваний имеется функция, которая считывает из базы данных признаки всех рассматриваемых заболеваний и помещает их в массив данных. Затем проводится удаление повторяющихся элементов и отображение в виде списка, возле каждого из которых имеются флажки для возможности выбора пользователем нужных элементов этого списка.

Обработка выбранных пользователем данных и постановка предварительного диагноза осуществляется функцией, вызываемой по нажатию кнопки „შერჩეულია“. Эта функция проверяет установленные флаги в основном списке, элементы с установленными флагами перемещает во второй список (находящийся под заголовком „შერჩეულია“). Затем в этой функции производится запись в массив только тех элементов второго списка у которых отличен от нуля весовой коэффициент. Далее производится сортировка элементов массива по алфавиту и удаление одинаковых элементов. Затем производится подсчёт среднего арифметического значений весовых коэффициентов для каждого из заболеваний и вывод этих значений и постановка предварительного диагноза путём сравнения этих значений.

Решение обратной задачи аналогично прямой с той разницей, что при выводе накладывается ограничение на те признаки, весовые коэффициенты для данного заболевания равны нулю. По завершении работы этого программного блока выводится окончательный диагноз.

Функции, относящиеся к отображению методов лечения установленного заболевания сводятся к считыванию данных из базы данных и отображению этих данных на экране.

Блок корректировки весовых коэффициентов позволяет проверять работу программы при помощи шаблонных анкетных данных. Эти данные считываются из базы данных, куда помещены анкетные данные реальных пациентов и диагнозы этих пациентов, поставленные врачом. Указанный программный блок анализирует каждое из считанных полей базы данных, и, исходя из проведенного анализа, программа устанавливает флаги рядом с соответствующими элементами основного списка (рис. 3). Дальнейшая работа пользователя с программой аналогична обычной работе с программой. Разница лишь в том, что в данном случае поставленный системой диагноз должен совпадать с диагнозом из базы данных. В этом случае можно говорить о корректности работы системы. Увеличить процент таких совпадений можно скорректировав некоторые весовые коэффициенты признаков заболеваний. Тем самым имеется возможность увеличивать точность данной системы.

Рассмотренная в работе программа была разработана и протестирована в C++ Builder 0 Seattle [2].

პირველადი თავის ტკივილის ინტელექტუალური სისტემის დიაგნოსტიკის პროგრამა

დimitრი რადიევსკი

რეზიუმე

განიხილება ინტელექტუალური სისტემის აღწერა სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის ამოსახსნელად მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის მეთოდის გამოყენებით. ამოცანის ამოსხნა ხორციელდება პირველადი თავის ტკივილის დიაგნოსტიკის მაგალითზე. დაწვრილებით გადმოცემულია სისტემის მუშაობის აღწერა და თითოეული ელემენტის დანიშნულება. აღწერილია პროგრამის ძირითადი ბლოკების ფუნქციონირების და მათი აგების პრინციპი.

The Program of Intelligence Diagnostic System of Primary Headaches

Dimitri Radziewski

Summary

The intelligence system for solving the task of medical diagnosis of the cause-effect method is described. The solving of the task implemented on the example of diagnosis of primary headaches. The description of working the system and purpose of each of its units are in detail stated. The principle of functioning and structure of main units of program are described.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Радзиевский В., Микеладзе М., Джалябова Н., Радзиевский Д. Причинно-следственная модель знаний в интеллектуальной системе медицинской диагностики. В этом сборнике.
2. Архангельский А.Я. Программирование в C++ Builder. Москва. Издательство Бинوم. 2010.

ტექსტების კლასიფიკაციის გამოყენება ავტომატური დოკუმენტბრუნვის სისტემებში

მანანა ხაჩიძე, მაგდა ცინცაძე, მაია არჩუაძე, გელა ბესიაშვილი

Email: {manana.khachidze, magda.tsintsadze, maia.archuadze, gela.besiashvili}@tsu.ge

რეზიუმე

საქმის წარმოების მართვის პროგრამული პროდუქტების სიუხვის მიუხედავად არაერთი მსხვილი კომპანია თუ საწარმო ახდენს თავის მოთხოვნებზე მორგებლი პროგრამული სისტემების შემუშავებას. ასეთ სისტემთა შორის დიდი ადგილი უკავიათ დოკუმენტბრუნვის სისტემებს. ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ერთერთი დიდი უმაღლესი სასწავლებლის დოკუმენტბრუნვის სისტემაში კანცელარიაში შემოსული დოკუმენტთა დამუშავების „გზის“ შერჩევის მქანაზი, რომელიც ეფუძნება NLP (ბუნებრივი ენის დამუშავება - Natural Language Process) მეთოდებს. აღწერილია დოკუმენტების კლასიფიკაციის პროცესი ქართულეოვანი ტექსტებისათვის. მოცემულია ყველა საფეხური, ტექსტების საწყისი დამუშავებიდან მანქანური სწავლების პროცესამდე. ყოველი საფეხურის რეალიზაციას გამოყენებული ალგორითმები განიხილება მოიფიცირებით ქართული ენისთავისებურებების გათვანისწინებით.

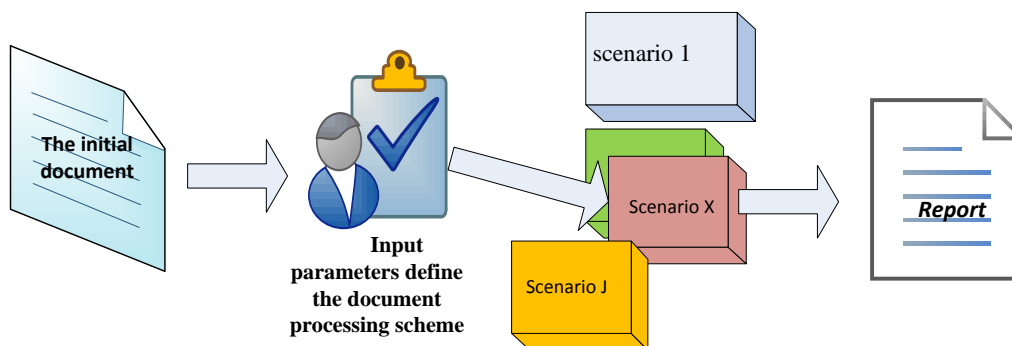
საკვანძო სიტყვები: ტექსტების კლასიფიკაცია, ბუნებრივი ენის დამუშავება, მანქანური სწავლება,

1. შესავალი

საქმის წარმოების მართვის პროგრამული პროდუქტები ისეთივა მრავალფეროვანია, როგორც ბიზნესი და მისი მართვის საშუალებები. პრაქტიკაში გამოყენებულ ასეთ პროგრამულ პროდუქტებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია დოკუმენტების დამუშავების სისტემებს (A document management workflow- DMW) [1, 2, 3], მათ შორის სხვადასხვა ტიპის და მასშტაბის დაწესებულებების კანცელარიის საქმიანობის მართვის სისტემებს. ზოგადი გაგებით DMW სისტემაა, რომელიც გამოიყენება კონკრეტულ ბიზნეს-პროცესთან დაკავშირებული დოკუმენტების შესაქმნელად, მათზე თვალყურის მისაღვევებლად, რედაქტირებისათვის, შენახვისა და მართვისათვის. უმრავლეს დაწესებულებებს გააჩნიათ დოკუმენტების უზარმაზარი მასა, რომელიც დაკავშირებულია ყოველდღიურ საქმიანობასთან. დაწესებულებაში დოკუმენტის გაჩენისთანავე იგი იწყებს მოძრაობას ერთი განყოფილებიდან მეორეში, შესაბამისი დამუშავებისათვის. მოძრაობის ეს სქემა დამოკიდებულია დოკუმენტის ტიპზე და იმ საქმიან რეგლამენტზე, რომელიც მოქმედებს ამ დაწესებულებაში. დაწესებულებების საქმიანობის მრავალფეროვნებიდან გამომდინარე თითქმის შეუძლებელია უნივერსალური სისტემის არსებობა, რომელიც ყველა ბიზნესს მოერგება. განსაკუთრებით აღსანიშნავია დოკუმენტების დამუშავების სქემის შერჩევა ისეთ შემთხვევაში, როდესაც დოკუმენტის შემქმნელი არა თვით დაწესებულებაა, არამედ საქმე გვაქვს შემოსული კორესპოდენციების დამუშავებასთან. კანცელარიის საქმიანობის ამ ნაწილს მნიშვნელოვანი როლი უკავია. კორესპოდენციის ადრესატის განსაზღვრა, იმ შემთხვევაში, როდესაც შემოსული კორესპოდენცია ზოგადად დაწესებულების სახელზეა, მოითხოვს მის შენაარსობრივ დამუშავებას. დიდი მოცულობის დოკუმენტების არსებობის შემთხვევაში ამ პროცესისათვის იხარჯება დიდი დრო და მოითხოვს დიდ ადამიანურ რესურსს. პრობლემა შეიძლება წარმოდგეს, როგორც ბუნებრივი ენის დამუშავების ამოცანა და მის გადასაჭრელად შესაძლებელია NLP (ბუნებრივი ენის დამუშავება - Natural Language Process) მიდგომები, ტექსტების კლასიფიკაცია.

2. საქმის წარმოების მართვის პროგრამული სისტემის შემუშავება (ერთი კერძო შემთხვევის მაგალითზე)

საქმის წარმოების მართვის პროგრამული სისტემის შემუშავების პროცესი რიგი საკვანძო საკითხებისგან შედგება, რომელთა წარმატებული გადაჭრა უზრუნველყოფს სისტემის წარმატებულობას. უპირველესად მნიშვნელოვანია სამუშაო პროცესზე ზოგადი ინფორმაციის წარმოდგენა [4, 5, 6]. ჩვენ აქ განვიხილავთ საქართველოს ერთერთი უნივერსიტეტის კანცელარიის დოკუმენტების დამუშავების საქმის წარმოების მართვის პროგრამული სისტემის შემუშავების პროცესს. ყოველდღიურად კანცელარიაში შესული კორესპოდენციის რაოდენობა რამდენიმე ასეულია და ზოგჯერ ათასსაც აჭარბებს. კორესპოდენციის უმრავლესობის ადრესატი ზოგადი სახითაა წარმოდგენილი. კანცელარიაში შემუშავებულია დოკუმენტების დახარისხების (კლასიფიცირების) სქემა, რომელიც გულისხმობს ყოველი შემოსული დოკუმენტის აღწერას მეტამონაცემებით. ეს მეტამონაცემები წარმოადგენენ სამუშაო პროცესის შემავალ პარამეტრებს. თავის მხრივ შემავალი პარამეტრები განსაზღვრავენ დოკუმენტის დამუშავების სამუშაო სქემას, განსაზღვრულს პროცესის მიმდევრობის ლოგიკით. შემავალი პარამეტრები ამ სქემაში განსაზღვრავენ აუცილებელ სცენარს დავალების შესასრულებლად და გადაწყვეტილების მიღების ელემენტების ჩამოსაყალიბებლად (ნახ.1).



ნახ.1.

რადგან მეტამონაცემების წყაროს წარმოადგენს თვით შემოსული კორესპოდენცია, აუცილებელია მოხდეს დოკუმენტის წაკითხვა ადამიანის მიერ. კანცელარიაში მოქმედი საქმიანი რეგლამენტის შესაბამისად შინაარსის მიხედვით განისაზღვრება, თუ რომელ დეპარტამენტ გადაეგზავნება დოკუმენტი შემდგომი დამუშავებისათვის. ამ პროცესის ავტომატიზირებისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ ტექსტების კლასიფიკაციის მეთოდი.

დოკუმენტების დამუშავების სქემა დამოკიდებულია ადრესატზე. ადრესატი შესაძლოა იყოს 20 ადმინისტრაციული დეპარტამენტიდან ან/და 8 ფაკულტეტიდან ერთ-ერთი. აქედან გამომდინარე უნდა შემუშავდეს ინსტრუმენტი, რომელიც მოახდენს ტექსტების კლასიფიკაციას.

ყოველი შემოსული დოკუმენტი წარმოადგენს არასტრუქტურირებულ ან ნაწილობრივ სტრუქტურირებულ მონაცემებს მოკლე ტექსტების სახით. Natural Language Processing (NLP) მეთოდოლოგია ერთერთი ყველაზე საუკეთესო მიდგომაა არასტრუქტურირებული მონაცემების დასამუშავებლად. კერძოდ - ტექსტების კლასიფიკაცია [7, 8, 9]. ტექსტების კლასიფიკაციის არაერთი ცნობილი ალგორითმი არსებობს, მაგრამ უნდა შეირჩეს ისეთი, რომელიც ყველა უფრო მორგებული იქნება მიზანთან. როგორც კვლევები აჩვენებს

ტექსტების კლასიფიკაციის არსებულ ალგორითმთაგან მცირე ზომის ტექსტებისათვის ყველაზე კარგ შედეგს იძლევა SVM ალგორითმი.

საბოლოო მიზნის მისაღწევად აუცილებელია შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

- ტექსტების საწყისი დამუშავება - ტოკენიზაცია, ლემატიზაცია - ქართული ენის თავისებურებების გათვალისწინებით;
- ტექსტების კლასიფიკაცია - ადრესატის დადგენა შემდგომი დამუშავების სქემის შესარჩევად.

ტექსტების საწყისი დამუშავება

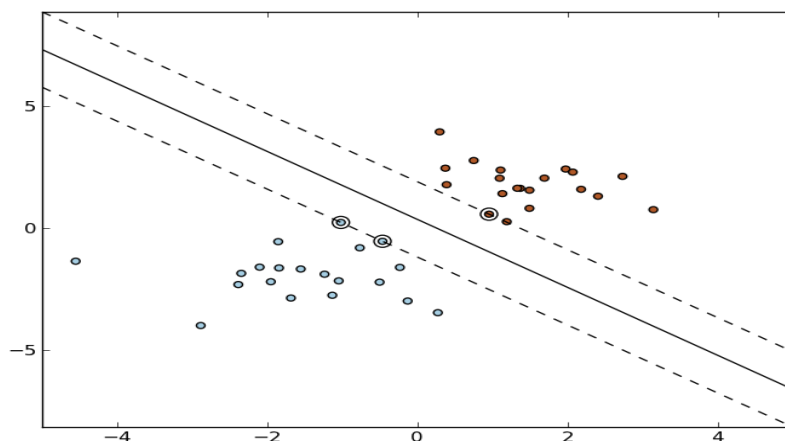
ტექსტის დამუშავების სხვადასხვა კატეგორიზაციის თითქმის ყველა ცნობილი ალგორითმი, მათ შორის SVM, იყენებს მის მინიმუზაციას, მასში მხოლოდ ყველაზე ხშირად განმეორებადი სიტყვების დატოვების გზით [9].

ჩვენს მიერ გამოყენებული ყველა ტექსტი (28 სხვადასხვა კატეგორიად დაჯგუფებული დაახლოებით 8000 დოკუმენტი), რომელიც მონაწილეობს როგორც კლასიფიკაციის პროცედურის შემუშავებაში ასევე სისტემის სატესტო შემოწმებაში ექვემდებარება დამუშავების სრულ პროცესს [10].

ტექსტების კლასიფიკაცია

კლასიფიკატორის შემუშავების პროცესი ეფუძნება მანქანურ სწავლებას. ამისათვის ვიყენებთ ტექსტების კოლექციებს, რომლებიც თავიდანვე მიკუთვნებულნი არიან კონკრეტულ კლასს (ჩვენს შემთხვევაში კოლექცია დაყოფილია 28 კლასად). ყოველი კლასიდან დოკუმენტების ნაწილი გამოყენებულია მანქანურ სწავლებაში, ხოლო მეორე ნაწილი მეთოდის სისწორის შესამოწმებლად.

მანქანური სწავლების ეტაპზე ყოველი კლასი წარმოდგება $p \times n$ (სადაც p განსხვავებული სიტყვების რაოდენობა კოლექციაში, n დოკუმენტების რაოდენობა) განზომილებიანი მატრიცის სახით, რომლის ყოველი სტრიქონი ტექსტების საწყისი დამუშავების შედეგად მიღებული ინდექსირებული დოკუმენტია „ტერმინი/წონა“ ვექტორის სახით. ასეთ წარმოდგენას უწოდებენ Vector Space Model (VSM). სულ გავქვს 28 ასეთი მატრიცა. ეს მატრიცები წარმოადგენენ სისტემის ცოდნის ბაზას. ამ ალგორითმის შერჩევა განაპირობა ჩატარებულმა სამუშაოებმა, რომელიც აღწერენ ქართულენოვანი ტექსტების დამუშავებას [11]. ცხადი წარმოდგენისთვის ეს მეთოდი მოკლედ ასე აღვწეროთ:



ნახ.2 VSM კლასიფიკაციის მეთოდის გრაფიკული გამოსახვა

კლასიფიკატორი ნახაზზე გამოსახული ვექტორებისთვის პოულობს მაქსიმალურ, მაგრამ თანაბარ დაშორებას და ავლებს ვექტორების პარალელურ წრფეს (ზღვარს) ამ წერტილზე. შემდეგ ნებისმიერი ახალი დოკუმენტის კლასიფიცირება ხდება იმის მიხედვით თუ ზღვრის რომელ მხარეს ვარდება იგი.

აღწეროთ ცოდნის ბაზის შემუშავების პროცესი დეტალურად:

- პირველი საფეხური - როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ტესტების საწყისი დამუშავების შედეგად ყოველი დოკუმენტი წარმოდგება ვექტორის სახით, სადაც მოცემულია წყვილი - ყოველი განსხვავებული სიტყვა/ტექსტში მისი სიხშირე. დასასწავლი კოლექციისთვის ასევე მოცემულია კატეგორიის დასახელება, თუ რომელ კატეგორიას გაგეკუთვნება მოცემული ტექსტი. ამის შემდეგ ყოველი უნიკალური სიტყვისთვის გამოითვლება idf მნიშვნელობა და წარმოდგება SVM კლასის idf map-ის სახით [12, 13]. ბაზაში მოცემულია უნიკალური სიტყვების და მათი შესაბამისი df მნიშვნელობების ცხრილი, რაც იძლევა idf-ის დასათვლელად საჭირო მონაცემებს. Idf-ის დათვლის შემდეგ ყოველი დოკუმენტის ყოველი სიტყვისთვის ხდება tf მნიშვნელობის მოდიფიკაცია (თავდაპირველად სიტყვის tf წარმოადგენს დოკუმენტში ამ სიტყვის რაოდენობას, ხოლო მოდიფიკაციის დროს, შედეგის გასაუმჯობესებლად ხდება ამ მნიშვნელობის გაყოფა დოკუმენტის სიტყვების რაოდენობაზე).
- მეორე საფეხური - ამ ეტაპზე უკვე ვითვლით ყოველი დოკუმენტის ყოველი სიტყვის tf/idf-ს და ვინახავთ ამ მნიშვნელობებს words map-ში. ამის შემდგომ ხდება ყოველი დოკუმენტის სიტყვების map-ის ნორმალიზაცია (ყოველი სიტყვის tf/idf მნიშვნელობა იყოფა ამ სიტყვების ვექტორულ სიგრძეზე). შემდეგ საფეხურზე უკვე ვქმნით trained set-ს. ამისთვის ჩვენ ყოველ უნიკალურ სიტყვას ვადარებთ თითოეული დოკუმენტის სიტყვებს, თუ ასეთი სიტყვა არის დოკუმენტში მაშინ მასივში ინახება ამ სიტყვის tfidf მნიშვნელობა ამ დოკუმენტისთვის, ხოლო თუ არ გვხვდება მასივში იწერება 0. მიღებული მასივი წარმოადგენს დოკუმენტის შესაბამის tfidf ვექტორს, ხოლო სიტყვების შედარება ყოველ უნიკალურ სიტყვასთან საჭიროა, რათა ყოველი დოკუმენტისთვის ვექტორები იყვნენ ერთნაირი ზომის. დოკუმენტის tfidf მნიშვნელობების ვექტორის საფუძველზე იქმნება Instance კლასის ობიექტი. ეს ტიპი საჭიროა კლასიფიკატორთან მუშაობისთვის. თითოეული დოკუმენტისთვის იქმნება შესაბამისი Instance და იგი ემატება Svm კლასის trainedset-ს. Trainedset არის Dataset ტიპის ობიექტი და წარმოადგენს დასასწავლ მასალას კლასიფიკატორისთვის.
- მესამე საფეხური - ამ ეტაპზე ვქმნით კლასიფიკატორს და გადავცემთ ამ trainedset-ს. იგი ახდენს დასწავლას და უკვე შეუძლია დაახარისხოს გადასაცემი დოკუმენტი. გადასაცემი დოკუმენტი წარმოადგენს ჩვეულებრივ .txt გაფართოების ფაილს. პროგრამა ქმნის ამ ფაილის შესაბამის Document ტიპის ობიექტს. Svm კლასის სპეციალური მეთოდის (getTestInstance) მეშვეობით, რომელსაც გადავცემა ეს Document ტიპის ობიექტი ხდება ამ ობიექტიდან Instance ტიპის ობიექტის შექმნა. მის შესაქმნელად საჭირო საფეხურები იგივეა რაც უკვე დალაგებული დოკუმენტების Instance ტიპად გარდაქმნისთვის იყო საჭირო (tf-ების მოდიფიკაცია, tf-idf-ის დათვლა და შესაბამისი ვექტორის ნორმალიზაცია და ა.შ.). მოცემული Instance ობიექტი უკვე გადავცემა კლასიფიკატორს, რომელიც ახდენს მის კლასიფიკაციას.

დოკუმენტის დამუშავების პროცესი

ზემოთ არწერილი ორი მოდული წარმოადგენს დოკუმენტების დამუშავების სისტემის იმ მოდულის მთავარ ნაწილს, რომელმაც უნდა განსაზღვროს სისტემაში შემოსული ყოველი დოკუმენტის „დამუშავების სცენარი“. აღვწეროთ როგორ მუშაობს ეს მოდული.

უპირველესად ხება შემოსული დოკუმენტის საწყისი დამუშავება [14]. დამუშავებული დოკუმენტი გადავცემა მომდევნო მოდულს, რომელიც აღწერილი ზემოთ პროცედური შეაბასადაა აგებული. ამ მოდულში მოხვედრილი დოკუმენტი იდენტიფიცირდება „ადრესატის“ შესაბამისობის დადგენის მიზნით რაც გულისხმობს დოკუმენტის შინაარსის მიხედვით იმ დეპარტამენტის განსაზღვრას, ვისაც ეკუთვნის ამ დოკუმენტის განხილვა. იდენტიფიცირების შედეგად დოკუმენტს მიენიჭება კოდი. მინიჭებული კოდი განსაზღვრავს დოკუმენტის დამუშავების „სცენარს“ რომელიც გაწერილია უნივერსიტეტის საქმიანი რეგლამენტის შესაბამისად.

დასკვნა

ამგვარად ჩვენს მიერ შემუშავებულია სისტემა, ომელიც წარმოადგენს კაცელარის Workflow Management Systems, ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდების ამოყენებით სრულად უზრუნველყოფს პროცესის სრულყოფილ განხორციელებას, მათ შორი იმ საფეხურზეც როდესაც აუცილებელია არასტრუქტურული ინფორმაციიდან სემანტიკური ხსიათისინფორმაციის ამოღება.

Using Text Classification in Document Management Workflow

Manana Khachidze, Magda Tsintsadze, Maia Archaudze, Gela Besiashvili

Summary

Despite abundance of various Workflow Management Software Products, many companies prefer to develop own software according to their specific requirements, especially for Automated Document Management Workflow. The presented work considers the “mechanism” of document processing on the example of one of the largest educational institution of Georgia, based on NLP (Natural Language Process) methods. The classification process of Georgian language based texts is described. Each step of document workflow management starting from text-initial processing to machine learning is provided. The realization algorithms of every issue consider Georgian Language peculiarities.

классификация текста в системе автоматического управления документооборота

Манана Хачидзе, Магда Цинцадзе, Маиа Арчаудзе, Гела Бесиашвили

Резюме

Не смотря на обильность программных продуктов в области автоматического управления деловыми процессами, многие предприятия разрабатывают собственные системы, под свой деловой регламент. Среди таких систем большое место занимают системы автоматического управления документооборотом. В предложенной работе рассматривается механизм создания такой системы на примере ВУЗ. Описан процесс выбора сценария обработки документа, который основывается на методах обработки естественного языка. Приведены все этапы с начальной обработки до машинного обучения. Приведенные алгоритмы рассматриваются с учетом особенности Грузинского языка.

ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Bob Wiggins, Effective Document and Data Management: Unlocking Corporate Content, Taylor & Francis, Apr 29, 2016 - Business & Economics - 266 pages
- [2] Kenneth Clayt, Document Management 62 Success Secrets - 62 Most Asked Questions On Document Management - What You Need To Know. Emereo Publishing, Jul 27, 2013 - Business & Economics - 104 pages
- [3] Jeffrey Burks. Workflow 105 Success Secrets - 105 Most Asked Questions On Workflow - What You Need To Know. Emereo Publishing, Jul 12, 2013 - Business & Economics - 206 pages

- [4] Hai Zhuge, Component-based workflow systems development. *Decision Support Systems*, 35 (2003) 517 – 536
- [5] H. Wang, A. Rutle, W. MacCaul, A Formal Diagrammatic Approach to Timed Workflow Modelling, in: *Proceedings of TASE 2012: 6th International Conference on Theoretical Aspects of Software Engineering*, Vol. 0, IEEE Computer Society, 2012, pp. 167–174.
- [6] A. Rutle, H. Wang, W. MacCaul, A Formal Diagrammatic Approach to Compensable Workflow Modelling, in: Z. Liu, A. Wasssyng (Eds.), *Foundations of Health Informatics Engineering and Systems*, Vol. 7789 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 194–212.
- [7] H.Gao, A.Bowles, D.Carrell and DS.Buist, "Using natural language processing to extract mammographic findings," *Journal of Biomedical Informatics*, pp. 77-84, 2015.
- [8] A.Sarker and G.Gonzalez, "Portable automatic text classification for adverse drug reaction detection via multi-corpus training," *Journal of Biomedical Informatics*, pp. 196-207, 2015.
- [9] C.Kotfila and O.Uzuner, "A systematic comparison of feature space effects on disease classifier performance for phenotype identification of five diseases,," *Biomed Inform*, 2015.
- [10] M.Khachidze, M.Vardanidze and G.Dzamashvili, "Georgian Language Based Document Classification Method Development," in *The Fourth Annual Conference in Exact and Natural Sciences*, Tbilisi, 2015.
- [11] V.Korde, "Text classification and classifiers," *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA)*, vol. 3, pp. 85-94, 2012.
- [12] G.Salton and C.Buckley, "Term-weighting approaches in automatic text retrieval," *Information Processing and Management*, vol. 24, pp. 513-523, 1988.
- [13] M.F.Porter, "Stemming algorithms for various European languages," 2004. [Online]. Available: <http://snowball.tartarus.org/english/stemmer.html> .
- [14] M.Khachidze, M.Tsintsadze, M.Archuadze and G.Besiashvili, "Concept Pattern Based Text Classification System Development for Georgian Text Based," *Baltic J. Modern Computing*, vol. 3, pp. 307-317, 2015.

ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდების გამოყენება სამედიცინო თვითდიაგნოსტიკის სისტემებში

მაია არჩუაძე, დავით ხაჩიძე, ნინო ნინოშვილი, ნია ხაჩიძე

Email: maia.archuadze@tsu.ge, khacho_dg@yahoo.com, Nuca_1991@yahoo.com, nia_khacho@yahoo.com

რეზიუმე (ABSTRACT)

მედიცინაში სულ უფრო აქტიურად გამოიყენება საინფორმაციო სისტემები. სისტემები თავისი დანიშნულებით მრავალფეროვანია, მაგრამ თვითდიაგნოსტიკის სისტემები ნაკლებადაა წარმოდგენილი. მიუხედავად თვითდიაგნოსტიკის რიგი უარყოფითი მხარეებისა მისი უგულველყოფა არ შეიძლება. ნაშრომში წარმოდგენილია თვითდიაგნოსტიკის საინფორმაციო სისტემის პრინციპული სქემა, როლმელშიც თვითდიაგნოსტიკის პროცედურა ეფუძნება პაციენტის მიერ მდგომარეობის აღწერას ბუნებრივ ენაზე წარმოდგენილი ტექსტის საშუალებით. სხვადასხვა დაავადების აღწერისათვის წარმოდგენილია გასაღები სიტყვები, რომლების მომხმარებლისათვის წარმოადგენენ „ეგრეთ წოდებულ მიმნიშნებლებს“. „მიმნიშნებლების“ გამოყენებით პაციენტი აღწერს თავის მდგომარეობას საფეხურებრივად. ყოველ საფეხურზე წარმოდგენილი აღწერის ანალიზის შემდეგ მომხმარებელს მიეწოდება მომდევნო საფეხურის შესაბამისი „მიმნიშნებლები“ და ა.შ. დიაგნოზის დასმის პროცედურა ეფუძნება „გადაწყვეტილების ხეს“ ალგორითმს. „მიმნიშნებლების“ სიმრავლე მიიღება „Info Gain“ მახასიათებლების ამოკრეფის მეთოდის საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: თვითდიაგნოსტიკის საინფორმაციო სისტემები, ბუნებრივი ენის დამუშავება, მანქანური სწავლება, გადაწყვეტილების ხე

1. შესავალი

ჯანმრთელობის უზრუნველყოფის სფეროში, თავითზრუნვა (თვითმოვლა), პირველი დონის აუცილებელი ქმედებაა არაპროფესიონალურ ზრუნვაში. ეს პროცესი ძირითადად ხორციელდება ოჯახებში და მოსახლეობაში პოპულარულია. თავითმოვლა გულისხმობს მეტწილად არაორგანიზებული ჯანდაცვითი ქმედებების განხორციელებას და ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილების მიღებას ფიზიკური პირების, ოჯახის, მეზობლების, მეგობრების და თანამშრომლების მიერ. ამ ქმედებებს განეკუთვნებიან ჯანმრთელობის მდგომარეობის მხარდაჭერა, დაავადებათა პრევენცია, თვითდიაგნოზი [1].

მიუხედავად რიგი უარყოფითი მხარეებისა, მედიცინის მუშაკები თავად აღიარებენ, რომ თვითდიაგნოზი შეიძლება იყოს საზოგადოების ინტერესში [2]. მაგალითად, გრიპის პანდემიის მართვა ეყრდნობა ადამიანი გადამწყვეტილებას - მას აქვთ გრიპი თუ არა, და უკავშირდებიან ექიმს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იზრდება რისკის ფაქტორი და გართულებები. ეს არის თვითდიაგნოსტიკის პირდაპირი დელეგირება მედიცინის სფეროს უფლებამოსილი პირებისაგან - თვითდიაგნოსტიკა სოციოლოგიური ინტერესის მატარებელია. აღნიშნული ფაქტი არ შეიძლება ჩაითვალოს სრულ ლეგიტიმაციად, თვითდიაგნოზი არ ხსნის ჯანდაცვასთან დაკავშირებულ უმეტეს პრობლემებს. მიუხედავად ამისა, თვითდიაგნოსტიკის შეისწავლა სამედიცინო პროფესიონალურ დიაგნოსტიკაში მისი ადგილის გასათვალისწინებლად, მეტად საინტერესო და აქტუალური ამოცანაა [3].

ყოველივე ზემოთაღნიშნული განაპირობებს სხვადასხვა სახის ჯანმრთელობის თვითდიაგნოსტიკის და თვითმონიტორინგის სისტემების მრავალმხრივ განვითარებას. განსაკუთრებით აქტუალური და პოპულარულია სხვადასხვა სახის მობილური

აპარატურული სენსორული სისტემები და ასევე აპლიკაციები, რომლებიც ჩაშენებულები არიან მობილურ ტელეფონებში.

ახალი თაობის მობილურების არსებობა, ზრდის ჯანმრთელობის მონიტორინგის და თვითდიაგნოსტიკის ისეთი სისტემების შექმნა-გამოყენების შესაძლებლობას [4], რომლებიც დაფუძნებულია სხვადასხვა ადამიანების პროფესიული გამოცდილებაზე. აქ იგულისხმება სხვადასხვა ტიპის ექსპერტული სისტემები.

ექსპერტული სისტემების განვითარება სწორედ სამედიცინო დანიშნულების სისტემის შექმნით იწყება [5]. ინტერნეტ სივრცეში მრავლად მოიძებნება ჯანმრთელობის თვითდიაგნოსტიკის სისტემები. ეს სისტემები იყენებენ მონაცემთა წარმოდგენის და დამუშავების სხვადასხვა ცნობილ მეთოდებს. უმრავლეს შემთხვევაში სისტემის მომხმარებელმა თვითდიაგნოსტიკისათვის მდგომარეობის აღწერისას უნდა გამოიყენოს კონკრეტული სიმპტომების ჩამონათვალი, რაც ზღუდავს „ობიექტის“ ბუნებრივი აღწერის შესაძლებლობას. განსაკუთრებით მოუხერხებელია ფიქსირებული სიმპტომებით აღწერა ისეთი კლასის დაავადებებისათვის, რომლებიც ადამიანის შეგრძნების ცვლილებას იწვევს. ასეთი ტიპის დაავადებებისაც პაციენტის მდგომარეობის თვითაღწერა უფრო მოსახერხებელია ბუნებრივ ენაზე. ამ შემთხვევაში უკეთესი იქნება მომხმარებელს ჰქონდეს საშუალება თავისი სიტყვებით აღწეროს „ობიექტი“. ხოლო ამ ტიპის ინფორმაციის დასამუშავებლად ყველაზე კარგ საშუალებას წარმოადგენს ბუნებრივი ენის დამუშავების მეთოდები[6].

წარმოდგენილ ნაშრომში შემოთავაზებულია სისტემური მიდგომა, რომელიც ეფუძნება ბუნებრივი ენის დამუშავების და მანქანური სწავლების მეთოდებს. შერჩეულია მოკლე ტექსტის სახით წარმოდგენილი სამედიცინო ჩანაწერების დამუშავებისათვის ყველაზე უფრო მოხერხებული ალგორითმები.

2. თვითდიაგნოსტიკის ინფორმაციული სისტემის შემუშავება

შემოთავაზებული სისტემის ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენს მომხმარებლისათვის მოსახერხებელი ბუნებრივი ენის საშუალებით (ჩვენს შემთხვევაში საუბარია ქართულ ენაზე) აღიწეროს მისი მდგომარეობა „ნაბიჯ-ნაბიჯ“. შედეგად განისაზღვროს მისი ჯანმრთელობის მდგომარეობა და მიეთითოს რეკომენდაცია შემდგომი ქმედებებისათვის (არა მხოლოდ შესაძლო თვითმკურნალობა) და შესაძლო გართულებების შესახებ კვალიფიციური მკურნალობის არ მიღების შემთხვევაში.

2.1. სისტემის არქიტექტურა

სისტემა შედგება სამი ფუნქციონალური მოდულისაგან:

1. მომხმარებლის მდგომარეობის აღმწერი ტექსტის შექმნის მოდული;
2. დიაგნოზის შერჩევის მოდული;
3. რეკომენდაციების მოდული.

აღმწერი ტექსტის შექმნის მოდული მომხმარებელს სთავაზობს სიტყვათა ნაკრებს რომელთა გამოყენებითაც უნდა აღიწეროს მისი მდგომარეობა. სიტყვების ნაკრების შერჩევისათვის გამოვიყენეთ ნიშანთისებათა შერჩევის ერთერთი მეთოდი, რომელიც ცნობილია Information gain [7] სახელით.

აქ მნიშვნელოვანია ანალიტიკური სახით წარმოვსდგინოთ ორი განმარტება Entropy და Information gain.

Entropy - დავუმვათ, რომ გვაქვს n ელემენტისაგან შემდგარი T სიმრავლე, რომელთაგან m ცალს გააჩნია D თვისება. მაშინ T სიმრავლის ენტროპია D თვისებასთან მიმართებით არის:

$$H(T, D) = -\frac{m}{n} \log_2 \frac{m}{n} - \frac{n-m}{n} \log_2 \frac{n-m}{n} \quad (1)$$

მარტივად რომ ვთქვათ ენტროპია დამოკიდებულია პროპორციაზე, რომლიდანაც გამოფილია სიმრავლე. ამ პროპორციის ზრდისას 0-დან 1/2-მდე ენტროპიაც იზრდება, ხოლო 1/2-ის შემდეგ მცირდება.

Information Gain - დავუშვათ, რომ T ელემენტების სიმრავლე, რომელთაგან ნაწილს გააჩნია D თვისება, კლასიფიცირდება W ატრიბუტების საშუალებით. მაშინ Information Gain განმარტება როგორც:

$$Gain(T, D) = H(T, D) - \sum_{i=1}^q \frac{|T_i|}{|T|} H(T_i, D), \quad (2)$$

T_i - T -ს ელემენტების სიმრავლეა, რომელზეც W ატრიბუტს აქვს i მნიშვნელობა.

რადგან ჩვენი ამოცანა ეფუძნება ბუნებრივ ენაზე ტექსტების დამუშავებას, განმარტების შესაბამისი T ელემენტებს ვუთანადებთ ტექსტების კოლექციას, რომლებიც აღწერენ სხვადასხვა დაავადებებს (სულ ასეთი კოლექცია ჩვენს შემთხვევაში არის 6) დაავადებებს. სხვადასხვა დაავადებებისათვის გვაქვს სხვადასხვა ტექსტების ნაკრები. სულ გვექნება 6 განსხვავებული ქვესიმრავლე. როგორც წესი, ეს ტექსტები შეიცავენ დაახლოებით ერთიდაიგივე რაოდენობის სიტყვებს. ყოველი დაავადებისათვის გვაქვს დაახლოებით 100-150 ტექსტი, თითოეული მოცულობით 150-200 სიტყვა.

თუ მივიჩნევთ, რომ D , თვისება იგივეა რაც დაავადების დასახელება (სულ გვექნება 6 განსხვავებული $D^1, D^2, D^3, D^4, D^5, D^6$) და T სიმრავლისათვის გამოვიყენებთ Information Gain-ის გამოთვლის მეთოდს ვღებულობთ სიტყვათა $W^j = \{w_1^j, \dots, w_k^j\}, j = \overline{1,6}$ სიმრავლეს ყოველიდაავადებებისათვის ცალ-ცალკე, რომელიც შეეთავაზება მომხმარებელს თვითდიაგნოზისათვის მდგომარეობის აღსაწერად.

დიაგნოზის შერჩევის მოდული წარმოადგენს ტექსტების კლასიფიკაციის მოდულს, რომელიც იყენებს Decision Tree Algorithms.

Decision Tree განხორციელების სამი ცნობილი მიდგომა არსებობს ID3, Assistant და C4.5.

აღწეროთ ხის აგების ალგორითმი ბიჯებით:

1. იქმნება პირველი კვანძი (ფესვი), რომელშიც შედიან ყველა ტექსტები (ტექსტის ფრაგმენტები), წარმოდგენილი ყველა არსებული ნიშანთვისებებით (ყოველი ტექსტისთვის ნიშანთვისებათა ვექტორის ზომა ტოლია N -ის);
2. მიმდინარე კვანძისთვის შეირჩევა ყველაზე უფრო მეტად შესაფერისი ნიშანთვისება და მისი საუკეთესო ზღვრული მნიშვნელობა;
3. შერჩეული ნიშანთვისების ზღვრული მნიშვნელობის საფუძველზე ხდება დასასწავლი ნაკრების ორ ნაწილად გაყოფა. ამორჩეული ნიშანთვისებები არ ჩაირთვება ამ ნაწილში ფრაგმენტების აღწერაში, ანუ ნაწილებში ფრაგმენტები წარმოდგებიან $N-1$ განზომილებიანი ვექტორის სახით;
4. წარმოქმნილი ქვესიმრავლე მუშავდება ანალოგიურად მანამ, სანამ ყოველ მათგანში არ დარჩება მხოლოდ ერთი კლასის ტექსტები (ეს კლასი გახდება ფოთლის კლასი) ან აღარ დარჩება ნიშანთვისება ტექსტის გარჩევისათვის.

ყველაზე შესაფერისი ნიშანთვისების შესარჩევად ვსარგებლობთ კრიტერიუმით, რომელიც იძლევა მოცემულ ბიჯზე მაქსიმალურ ინფორმაციას.

ზემოთ აღწერილი პროცედურით მიღებული Decision Tree წარმოადგენს დიაგნოზის შერჩევის მოდულის მთავარ ფუნქციონალს.

მომხმარებლის მიერ აღმწერი ტექსტის შექმნის მოდულის საშუალებით წარმოდგენილი ტექსტი გადაეცემა დიაგნოზის შერჩევის მოდულს. ეს მოდული მოახდენს რა ტექსტის კლასიფიკაციას - მიაკუთვნებს მას კონკრეტული დაავადების აღწერას. ეს აღწერა იქნება თვითდიაგნოსტიკის შედეგი.

რეკომენდაციების მოდული თვითდიაგნოსტიკის შედეგის საფუძველზე მონაცემთა ბაზაში მოძებნის დაავადების შესაბამის კლინიკურ აღწერას, დავადების შესაძლო განვითარების, რისკების და შედეგების მითითებით. ასევე შესაძლებელია მომხმარებელმა მოიპოვოს ინფორმაცია მკურნალობის შესახებ, არასწორი თვითმკურნალობის საფრთხის მითითებით.

3. მონაცემები და მასალები

საინფორმაციო სისტემის სამივე მოდულის შემუშავება საჭიროებს ინფორმაციას, რომელიც წარმოადგენს, როგორც პროფესიულ სამედიცინო ინფორმაციას ასევე სხვადასხვა დაავადების მქონე პაციანტთა გამოკითხვით მიღებული ინფორმაცია. დაავადების კლინიკური აღწერა გულისხმობს ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ დაავადებათა სიმპტომატურ აღწერას მედიცინაში მიღებული ფორმით. ეს დაავადებებია: მწვავე ბრონქიტი, გრიპი, ალერგია, გასტრიტი, ართრიტი, რევმატიზმი, გულის არითმია.

ამ დაავადებებისათვის ასევე წარმოდგენილია ინფორმაცია დაავადების მიმდინარეობის, გართულებების და მკურნალობის შესახებ. ეს ინფორმაცია განთავსებულია მონაცემთა ბაზაში.

საინფორმაციო სისტემის ძირითადი ფუნქციონალური მოდულების (მახასიატებელი სიტყვები და ცოდნის ბაზა) შესაქმნელად გამოყენებულ იქნა ბუნებრივ ენაზე წარმოდგენილი ტექსტები. ტექსტების კოლექციების შესაქმნელად გამოიკითხა სხვადასხვა ტიპის დაავადების მქონე (6 ძირითადი დაავადება) პაციენტები (სულ 784 ადამიანი).

გამოკითხვისას პაციენტებს სთხოვეს სიტყვიერად აღწერათ თავიანთი მდგომარეობა - ზოგადი ფიზიკური მდგომარეობა (შეგრძნებები, წვა, ტკივილი და ა.შ.), ფსიქო სომატური განწყობა. ყოველი პაციენტის დიაგნოზი განსაზღვრული იყო პროფესიონალი ექიმის მიერ. გამოკითხვის შედეგები დაჯგუფდა დაავადების ტიპის მიხედვით. რაოდენობრივად გამოკითხულები გადანაწილდნენ შემდეგნაირად (ცხრილი 1):

#	დაავადების დასახელება	სისტემის შემუშავებაში მონაწილე	სისტემის ტესტირებაში მონაწილე
1.	მწვავე ბრონქიტი	148	21
2.	გრიპი	127	16
3.	ალერგია	114	17
4.	გასტრიტი	159	20
5.	ართრიტი	147	17
6.	გულის არითმია	90	12

თითოეული დაავადებისათვის გამოკითხვის შედეგად მიღებული აღმწერი ტექსტების დამუშავების საფუძველზე შეიქმნა ნიშანთვისებათა სივრცე. ეს სივრცე წარმოადგენს სიტყვების ერთობლიობას. სიტყვების ეს სიმრავლე მიეწოდება მომხმარებელს მდგომარეობის აღსაწერად. ასევე გამოიყენება ეს ტექსტები გადაწყვეტილების ხეების ასაგებად. მომხმარებლის მიერ შეთავაზებული სიტყვებით აღწერილი ტექსტი გადაეცემა კლასიფიკატორს დიაგნოზის დასასმელად.

4. სისტემის ტესტირება

სისტემის ტესტირებისათვის შეირჩა 103 სხვადასხვა დაავადების მქონე და 20 ჯანმრთელი პაციენტი 20-დან 50 წლამდე. პაციენტები გაიყო ორ ჯგუფად. პირველმა ჯგუფმა გაიარა

თვითდიაგნოსტიკა სისტემის დახმარებით მხოლოდ ერთხელ, ხოლო მეორე ჯგუფმა თვითდიაგნოსტიკის პროცედურა ერთ სეანსზე გაიარა ორი განმეორებითი ციკლით. შედეგები განაწილდა ამგვარად:

#	დაავადების დასახელება	სისტემის ტესტირებაში მონაწილე	ტესტირების შედეგი ერთჯერადი სეანსით	ტესტირების შედეგი განმეორებითი ციკლის სეანსით
1.	მწვავე ბრონქიტი	21	54%	71%
2.	გრიპი	16	58%	69%
3.	ალერგია	17	61%	73%
4.	გასტრიტი	20	60%	73%
5.	ართრიტი	17	59%	78%
6.	გულის არითმია	12	54%	65%

როგორც ვხედავთ განმეორებითი ციკლით სისტემა უკეთეს შედეგს იძლევა.

დასკვნა

ჩვენს მიერ შემუშავებული სისტემა დაეხმარება ადამიანებს გარკვეული თვალსაზრისით ჯანმრთელობის კონტროლის უზრუნველყოფაში. სისტემის ტესტირების პროცესის გაგრძელება საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ მისი დახვეწა. ამ ეტაპზე გამოიკვეთა რიგი საკითხები, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია სამედიცინო გაზრდის მიზნით. ეს საკითხები ნაკლებადაა დაკავშირებული მედიცინასთან. გათვალისწინებული უნდა იყოს რიგი სოციალური ფაქტორებიც (ასაკი, სქესი, განათლება, პროფესია და ა.შ.). ამ შემთხვევაში მოხდება სისტემის აღმწერი მოდულის და სასკვნების მოდულის შესაბამისი ცოდნის ბაზის გაფართოება.

სისტემის ტექნოლოგიური დახვეწა შესაძლებელს ხდის შეიქმნას მობილური აპლიკაციაც.

Natural Language Processing Methods Used In The Self-Diagnostic Systems

Maia Archaudze, David Khachidze, Nino Ninoshvili, Nia Khachidze

Summary

In our century, Medicine more widely used information systems. Systems with their purposes are diverse, but self-diagnostic systems are less represented. Despite the fact that self-diagnostic systems have number of downsides they should not be neglected. The paper presents basic scheme for the Dental self-diagnostic information system. Self-diagnostic procedure is based on patients' description of their condition by means of natural language texting. There are presented different key words for describing variety of diseases. These key words are so-called "Hints". By using "Hints" patients describe their condition stepwise. After analyzing the submitted information on each step, patients are provided with new cycle of "Hints" and so on. The procedure of diagnosis is based on Decision tree algorithm. Multitude of "Hints" is obtained by method of Info Gain characteristics' selection.

**Использование методов обработки естественного языка в системах
самодиагностики**

Maia Archuadze, David Khachidze, Nino Ninoshvili, Nia Khachidze

Резюме

В медицине все чаще используются информационные системы. По назначению эти системы разнообразны, но системы самодиагностики встречаются реже. Несмотря на ряд отрицательных сторон самодиагностических систем, нельзя их игнорировать. В предложенной работе рассматривается принципиальная схема информационной системы самодиагностики, в которой процедуры самодиагностики основаны на описания состояния пациента на естественном языке. Для описания разных заболеваний пользователю предлагаются ключевые слова – «указатели». После анализа каждого этапа описания, пациенту предлагается набор новых «указателей» и т.д. Процедура диагностирования основывается на алгоритме «древо принятия решения». Множество «указателей» составляется использованием выборки признаков, известным под названием «Info Gain».

ლიტერატურა – References – Литература

- [1] Genc Burazeri , Lijana Zaletel Kragelj “Forum for Public Health in South Eastern Europe”. A Handbook for Teachers, Researchers and Health. Professionals (2nd edition) Volume I. Health:Systems – Lifestyle – Policies Editors: 2013 ISBN 978-3-89918-806-6
- [2] Annemarie Jutel . “Self-Diagnosis: A Discursive Systematic Review of the Medical Literature”. Journal of Participatory Medicine Vol. 2, September 15, 2010
- [3] Hesse BW, Nelson DE, Kreps GL, et al. “Trust and sources of health information: the impact of the Internet and its implications for health care providers: findings from the first Health Information National Trends Survey”. Arch Intern Med. 2005;165: 2618-2624.
- [4] N. Arbaiy and S. T. Chong, “Android mobile application for medical diagnosis expert system: a knowledge dissemination tool,” in Proc. 1st International Conference on Mobile Learning, Application & Services, 2012/9/2
- [5] Cornelius T.Leondes, The technology of knowledge management and decision making for the 21st century. Expert systems pp. 1–22. ISBN 978-0-12-443880-4.
- [6] H.Gao, A.Bowles, D.Carrell and DS.Buist, "Using natural language processing to extract mammographic findings," Journal of Biomedical Informatics, pp. 77-84, 2015.
- [7] A.Sarker and G.Gonzalez, "Portable automatic text classification for adverse drug reaction detection via multi-corpus training," Journal of Biomedical Informatics, pp. 196-207, 2015.
- [8] C.Kotfila and O.Uzuner, "A systematic comparison of feature space effects on disease classifier performance for phenotype identification of five diseases,," Biomed Inform, 2015.
- [9] R.Farkas and G.Szarvas, "Automatic construction of the rule-based ICD-9-CM coding systems," BMC Bioinformatics, pp. 3-10, 2008.
- [10] R. Quinlan, "Learning efficient classification procedures", Machine Learning: an artificial intelligence approach, Michalski, Carbonell & Mitchell (eds.), Morgan Kaufmann, 1983, p. 463-482. doi:10.1007/978-3-662-12405-5_15
- [11] Cha, Sung-Hyuk, Tappert, Charles . "A Genetic Algorithm for Constructing Compact Binary Decision Trees". Journal of Pattern Recognition Research. 4 (1): 1–13.
- [12] D. Roobaert et al. “Information Gain, Correlation and Support Vector Machines”, Volume 207 of the series “Studies in Fuzziness and Soft Computing” pp 463-470
- [13] Gupta Priya Verma. “Differential Diagnosis of Dental Diseases”. December 1, 2008. Doi: 10.5005/jp/books/10221. 528 p. ISBN, 9788184483727. Speciality, Oral and Maxillofacial Medicine and Radiology. 2008

Maintenance of performance and safety metrics in cloud autonomic computing by the joint use of algorithmic information theory and statistics

Tengiz Bakhtadze, Irakli Rodonaia

Abstract

The paper proposes a new technique for detecting malware threats and performance deterioration in autonomic component ensembles. The technique is based on the statistic complexity metrics, which relate objects to random variables and are ensemble based. This transforms the classic problem of assessing the complexity of an object into the realm of statistics. The result of the proposed procedure gives us the distribution of probabilities of malware infection among autonomic components and, consequently, performance characteristics of the whole ensemble.

KEY WORDS: Cloud autonomic computing, new technique, statistic, malware threats.

In many applications of cloud computing it is necessary to distinguish between legitimate traffic overload and coordinated malware attacks launched against the PaaS provide. The earlier this distinction is made, the higher is the degree of protection of the application from failure and poor performance. To provide this protection, the following security measures were suggested [1,2]. The technique described in these papers implemented Kolmogorov complexity metrics to reveal possible malware attacks. Despite its usefulness, Kolmogorov complexity does not capture the intuitive notion of complexity very well. For example, random strings without any regularities, say, strings that are constructed bitwise by repeated tosses of a fair coin, have very large Kolmogorov complexity. However, those strings are not “complex” from an intuitive point of view — those strings are completely random and do not carry any interesting structure at all. In proposed approach we suggest a method to define some complexity measure that is closer to the intuitive notion of complexity and overcomes the difficulties of Kolmogorov complexity. The method relates objects to random variables and are *ensemble* (that is, set of interrelated objects – symbol strings) based.

The Kolmogorov complexity measures M assigns a complexity value to each individual object x' under consideration. Let's denote it as $C_M(x')$. It is assumed that x' corresponds to a string sequence of a certain length and its components assume values from a certain domain. In [3] *statistic complexity* that is not only different to all other complexity measures introduced so far, but also connects directly to statistics, specifically, to statistical inference, was introduced. More precisely, a complexity measure with the following properties is introduced. The measure is bivariate comparing two objects, corresponding to pattern generating processes, on the basis of the *normalized compression distance (NCD)*[4] with each other:

$$NCD(x, y) = \frac{C(xy) - \min\{C(x), C(y)\}}{\max\{C(x), C(y)\}}$$

where $C(x)$ denotes the compression size of string x and $C(xy)$ the compression size of the concatenated strings x and y . The statistic complexity measure, suggested in [3], is defined by the following procedure:

1. Estimate the empirical distribution function \hat{F}_{XX} of the normalized compression distance from n_1 , $S_{X,X}^{n_1} = \{x_i = NCD(x', x'') | x', x'' \prec X\}_{i=1}^{n_1}$, from objects x' and x'' of size m generated by process X (here ' \prec ' means 'is generated by X ')
2. Estimate the empirical distribution function \hat{F}_{XY} of the normalized compression distance from n_2 , $S_{X,Y}^{n_2} = \{y_i = NCD(x', y') | x' \prec X, y' \prec Y\}_{i=1}^{n_2}$ from objects x' and y' of size m generated by two different processes X and Y
3. Determine $T = \sup_x |\hat{F}_{X,X}(x) - \hat{F}_{X,Y}(x)|$ and $p = Prob(T \leq t)$

4. Define $C_s(S_{X,X}^{n_1}, S_{X,Y}^{n_2} | X, Y, m, n_1, n_2) := p$ as *statistic complexity*

The statistic complexity corresponds to the p -value of the underlying null hypotheses, $H_0 : F_{XX} = F_{XY}$, and, hence, assumes values in $[0,1]$. The null hypothesis is a statement about the null distribution of the test statistic $T = \sup_x \left| \hat{F}_{X,X}(x) - \hat{F}_{X,Y}(x) \right|$, and because the distribution functions are based on the normalized compression distances among objects x' and x'' , drawn from the processes X and Y , this leads to a statement about the distribution of normalized compression distances. Hence, verbally, H_0 can be phrased as “on average, the compression distance of objects from X to objects from Y equals the compression distance of objects only taken from X ”. If the alternative hypothesis, $H_1 : F_{XX} \neq F_{XY}$ is true, this equality does no longer hold implying differences in the underlying processes X and Y , leading to differences in the NCDs.

Applied to the problem of finding malware threats in the flows between autonomic components CP_i [1, 2], the above procedure will look as follows. For *each autonomic component* (AC) of the *autonomic-component ensembles* (ACEs) the processes X and Y are considered as the processes generating objects represented in the form of strings. The strings, in turn, represent traffic flows through these autonomic components. The specific ways of how flows are transformed into strings are considered later in the paper. The process X (‘training processes’) is the process generating flows in the conditions when there are no malware threats. So, objects (strings) generated by the process X are ‘healthy’ (they do not contain any patterns of malware). These strings have to be generated preliminary (before actual workload on an autonomic components ensemble). Some fraction of objects (string) have to be generated for situation with unusual (but not malicious) behavior. For randomly taken pairs x' and x'' (the amount of such pairs is n_1) of the generated strings the metric NCD (x', x'') is calculated. The size of samples n_1 has to be sufficient to account for various possible situations and conditions that may occur in the specific autonomic ensemble under consideration. Then the empirical distribution function \hat{F}_{XX} is being built and stored to the specific place.

When the ensemble starts actual operation (receives workload), the process Y (‘production process’) generates objects (strings) y' , which represent actual current traffic between ensemble’s components. Some of these objects may contain malware patterns. The sample of the size n_2 of objects x' (generated preliminary by the ‘training process’ X) and objects y' is being created and the metric NCD (x', y') is calculated for each pair. Then the empirical distribution function \hat{F}_{XY} is being built. Now, by applying the steps 3 and 4 of the above procedure, the values of the *statistic complexity* for *each autonomic component* can be computed.

However, it is well known that the p -value is *not* the probability that the null hypothesis is true, nor is it the probability that the alternative hypothesis is false. To calculate the probability that the null-hypothesis is true, given some data we have collected, we need to use Bayes’ formula. Cohen [5] shows how the posterior probability of the null-hypothesis, given a *statistically significant* result (the data), can be calculated based on a formula that is a poor man’s Bayesian updating function. Instead of creating distributions around parameters, his approach simply uses the p -value of a test (which is related to the observed data), the power of the study, and the prior probability the null-hypothesis is true, to calculate the posterior probability H_0 is true, given the observed data.

Before we look at the formula, some definitions: $P(H_0)$ is the prior probability (P) the null hypothesis (H_0) is true. $P(H_1)$ is the probability (P) the alternative hypothesis (H_1) is true. Since we’ll be considering only a single alternative hypothesis here, either the null hypothesis or the alternative hypothesis is true, and thus $P(H_1) = 1 - P(H_0)$. We will use $1 - P(H_0)$ in the formula below. $P(T|H_0)$ is the probability (P) of the data T , which was obtained by the KS procedure

$$T = \sup_x \left| \hat{F}_{X,X}(x) - \hat{F}_{X,Y}(x) \right|$$

given that the null hypothesis (H_0) is true. In Cohen’s approach, this is the p -value of a study. $P(D|H_0)$ is the probability of the data (a significant result), given that H_0 is *not* true, or when the $P(T|H_0)$ is the probability of the data (a significant alternative hypothesis *is* true. This is the statistical power of a study. $P(H_0|T)$ is the probability of the null-hypothesis, given the data. This is our posterior belief in the null-hypothesis, after the data has been

collected. According to Cohen [5], it's what we really want to know. People often mistake the p -value as the probability the null-hypothesis is true.

$$P(H_0|T) = \frac{P(T|H_0)P(H_0)}{P(T|H_0)P(H_0) + P(T|\neg H_0)(1 - P(H_0))}$$

In the numerator, we calculate the probability that we observed a significant p -value when the null hypothesis is true, and divide it by the total probability of finding a significant p -value when either the null-hypothesis is true or the alternative hypothesis is true. The formula shows that the lower the p -value in the numerator, and the higher the power, the lower the probability of the null-hypothesis, given the significant result you have observed.

Therefore, the obtained numerical value of the statistic complexity can be interpreted in the following sense: in the current conditions the flows of packets through the given autonomic component cannot be regarded as complex flows (with the probability equal to $1 - P(H_0|D)$). That is, the flows may contain some patterns (indicating the possible presence of some malware threats) with the probability $P_{\text{infect}} = 1 - P(H_0|D)$. In our approach we assume that the probability $P_{\text{infect}} \geq 0.6$

Note that despite the fact that statistic complexity is a statistical test, it borrows part of its strength from the NCD and, respectively, the algorithmic information theory (in particular, Kolmogorov complexity) on which this is based on. Hence, it unites various properties from very different concepts.

Application of statistic complexity to autonomic components ensembles.

In autonomic cloud computing datacenters can be considered as autonomic-component ensembles (ACEs) and be represented by constructions of SCEL (Software Component Ensemble Language), a kernel language for programming autonomic computing systems [1, 6, 7]). Each (virtual) machine is running one instance of the Cloud Platform called Cloud Platform instance (CP_i). Each CP_i is considered to be a service component. Multiple CPs communicate over the Internet (IP protocol), thus forming a cloud and within this cloud one or more service component ensembles. The notions of autonomic components (ACs) and autonomic-component ensembles (ACEs) [6,7] have been put forward as a means to structure a system into well understood, independent and distributed building blocks that interact in specified ways.

The process part of a component (Fig.1) is split into an *autonomic manager* controlling execution of a *managed element*. The autonomic manager monitors the state of the component, as well as the execution context, and identifies relevant changes that may affect the achievement of its goals or the fulfillment of its requirements. It also plans adaptations in order to meet the new functional or non-functional requirements, executes them, and monitors that its goals are achieved, possibly without any interruption. A managed element

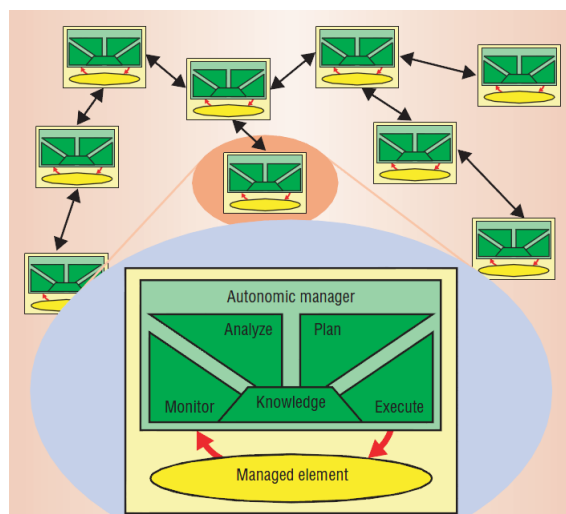


Fig.1 Functional description of a component

can be seen as an empty “executor” which retrieves from the knowledge repository the process implementing a required functionality id and bounds it to a process variable Z , sends the retrieved process

for execution and waits until it terminates. Also actual parameters for the process to be executed can be stored as knowledge items and retrieved by the executor (or by the process itself) when needed.

In our approach the notions of *netflows*, their *informational-theoretical metrics* and components' *autonomic manager* are essentially leveraged. A network *flow* can be defined in many ways. In a general sense, a flow is a series of packets with some attribute(s) in common. Each packet that is forwarded within a router or switch is examined for a set of IP packet attributes. These attributes are the IP packet identity or fingerprint of the packet and determine if the packet is unique or similar to other packets. All packets with the same source/destination IP address, source/destination ports, protocol interface, and class of service are grouped into a flow and then packets and bytes are labeled. This methodology of fingerprinting or determining a flow is scalable because a large amount of network information is condensed into a database of netflow information called the netflow cache.

A *netflow-enabled device* (*netflow exporter*: router or switch) (see the Fig.2) sends to the *netflow collector* single flow as soon as the relative connection expires. This can happen when 1) when TCP connection reaches the end of the byte stream (FIN flag or RST flag) are set; 2) when a flow is idle for a specific timeout; 3) if a connection exceeds long live terms (30 minutes by default). Packets captured by the netflow collector are stored to a *flow storage*. In our approach the duration of each flow's formation time is unknown in advance and actually is defined by relevant collectors on the basis of the selected connection expiration time criteria.

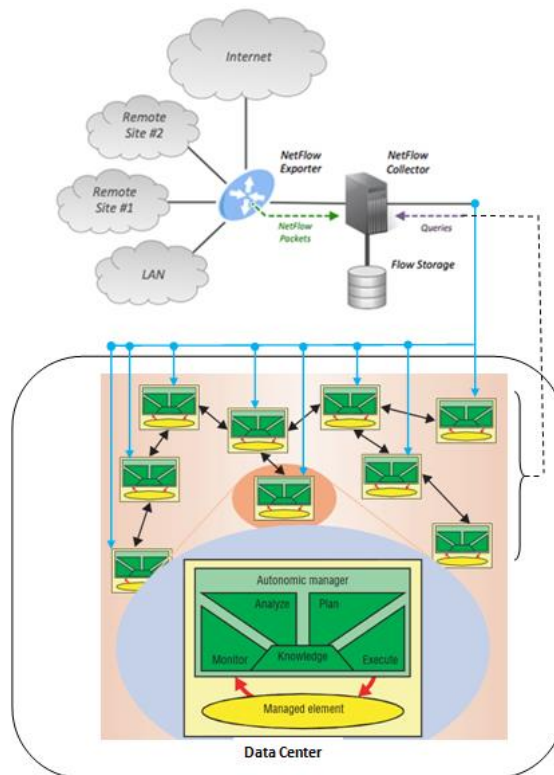


Fig.2 Interaction between netflow devices and autonomic components

Flows accumulated at the flow storage, are then subdivided into *component flows*. That is, flows which have the component's IP address as a destination address are grouped and sent to the corresponding component (more exactly, to the *autonomic manager* of a component - these flows are marked with blue arrows on the Fig.2).

After receiving their destined flows, the component's autonomic manager can start the processing in order to reveal the abnormal behavior of flows in accordance with the following technique.

Application for collecting and processing NetFlow statistics are defined below (Figure 3):

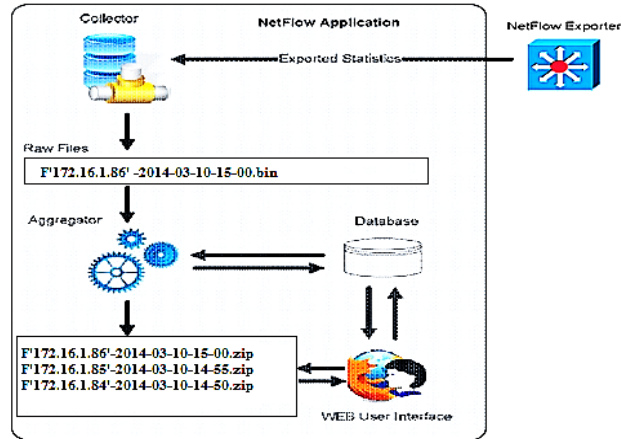


Fig. 3: Components of the NetFlow system for analysis of the statistics

Once the collector populates the raw file, the file is passed on to the second component in the system, which is called an aggregator. The aggregator receives the file from the collector and processes it using predefined information from the database. The data thus processed (aggregated) is stored in the database.

The user interface is a web application that enables us to obtain information on the status of the network, based on the data aggregated in the database. If it is necessary to get more detailed information about a specific communication, the user may open the relevant raw file via the web and filter it according to the desired criteria. The location of the device collecting NetFlow statistics depends on the architecture of the network itself. The amount of NetFlow information exported by network devices is directly dependent on the amount of traffic passing through that device (exporter). Experience has shown that the amount of NetFlow traffic does not exceed 1% of the total amount of traffic through the network, so the “distance” between the server (collector) and the network device exporting the data (exporter) is not relevant. The accessibility and the security of the server are the more important parameters

As it was described, the proposed procedure requires implementation of the ‘training process’ X (which generates ‘healthy’ flows containing no malware threats) before starting real ‘production’ (real-time) process Y . In order to decrease overheads, this process is executed just once with as large value of the sample size n_l as it is possible. The obtained results (the empirical distribution function \hat{F}_{XY}) is stored to each CP_i which can run applications subsequently. When applications are executed on the CP_i , the objects $y', y'', y''' \dots$, (corresponding component flows files) are created and the empirical distribution functions \hat{F}_{XY} are calculated on each CP_i . Then, according to the steps 3 and 4 of the procedure, the value of statistic complexity for each autonomic component is calculated. The result of the proposed procedure gives us the distribution of probabilities of malware infection among autonomic components of the datacenter.

As it was said above the probability $P_{infect} \geq 0.6$ can be practically regarded as a serious malware threat. In this condition the immediate migration of the application from the VM (where the application is being run currently) to another VM (which is to be selected by using the ensemble’s components autonomic managers’ knowledge base and issuing the special SCEL statement **qry [7]**) is required. The traffic flows through the node (CP_i) is being analyzed using the statistic complexity metrics. If the probability P_{infect} , associated with the statistic complexity, becomes equal or more than 0.6. the application has to migrate from the CP_i where it was running to another CP_i (which may belong to the same ensemble or other ensemble). A new CP_i must be found according to some requirements: probability P_{infect} and CPU load must be rather low, integrated hardware index (which includes such indicators as processor speed, available memory, available disk space, number of cores, etc) must correspond to the application resource requirements (they are published in the interface of the CP_i where the application is running). If the required CP_i is found, the application has to migrate there as soon as possible and stop its running on the “old” CP_i

It should be pointed out that detection of malware threats and consequent migration are being executed in real-time scale and thus minimize damage from possible malware threats. This also contributes to maintaining the required SLA.

ღრუბლოვანი ავტონომიური გამოთვლების გარემოში წარმადობის და უსაფრთხოების მოთხოვნების უზრუნველყოფა ალგორითმიული ინფორმაციის თეორიისა და სტატისტიკის ერთობლივი გამოყენებით

თენგიზ ბახტაძე, ირაკლი როდონაია

რეზიუმე

ნაშრომში შემოთავაზებულია ავტონომიური კომპონენტებისგან შემდგარი ანსამბლებში მავნე პროგრამების საფრთხის და წარმადობის გაუარესობის გამოვლენის ახალი მეთოდი. იგი ეფუძნება სტატისტიკური სირთულის მეტრიკაზე, რომელიც აკავშირებს ობიექტებს შემთხვევით ცვლადებთან და არის ანსამბლებზე დაფუძნებული. ამით ობიექტების სირთულის შეფასების კლასიკური ამოცანა გარდაიქმნება სტატისტიკურად უფრო გამართლებულ პროცედურაში. შემოთავაზებული მეთოდის შედეგები იძლევიან ავტონომიური კომპონენტების შორის მავნე პროგრამების აღბათობის განაწილებას და, შესაბამისად, მთლიანი ანსამბლის წარმადობის მახასიათებლებს.

Обеспечение метрик производительности и безопасности в облачных автономных вычислениях путем совместного использования алгоритмической теории информации и статистики

Тенгиз Бахтадзе, Иракли Родония

Резюме

В статье предлагается новый метод для обнаружения вредоносных программ и ухудшения производительности ансамблей автономных компонентов. Методика основана на метрике статистической сложности, которая соотносит объекты со случайными величинами, и ориентирована на использование в ансамблях. Это превращает классическую проблему оценки сложности объекта в статистически более обоснованную процедуру. Результаты предлагаемой процедуры выдают распределения вероятностей заражения автономных компонентов вредоносными программами и, следовательно, эксплуатационные характеристики всего ансамбля

ლიტერატურა - References – Литература

1. Prangishvili A., Shonia O., Rodonaia I, Rodonaia V. Formal security modeling in autonomic cloud computing environment. WSEAS / NAUN International Conferences, Valencia, Spain, 2013
2. Prangishvili A., Shonia O., Rodonaia I., Mousa M.. Formal verification in autonomic-component ensembles, WSEAS / NAUN International Conferences, Salerno, Italy, 2014
3. Emmert-Streib F.. Statistic Complexity: Combining Kolmogorov Complexity with an Ensemble Approach, Queen's University, Belfast, United Kingdom, 2010
4. Cilibrasi R, Vitanyi P. Clustering by compression. IEEE Transactions Information Theory 51: 1523–1545. 2005
5. Cohen J., The earth is round ($p < .05$). American Psychologist, 49, 997-1003), 1994
6. ASCENS, P.: <http://www.ascens-ist.eu/> (2010)
7. De Nicola R., Loreti M, Pugliese R, Tiezzi F. "SCEL- a Language for Autonomic Computing". ASCENS project , Technical report, January 2013

რეალობის შესახებ ინფორმაციის მოპოვების ტექნოლოგია

თენგიზ ბახტაძე, ანა კობიაშვილი

Email: tengizbakhtadze@hotmail.com, anakobia@hotmail.com

რეზიუმე

თანამედროვე ტექნოლოგიებზე ორიენტირებულ საზოგადოებაში თითოეული ადამიანი გამუდმებით ტოვებს საკუთარ ციფრულ კვალს. შესაბამისად, მთელ მსოფლიოში მილიონობით ადამიანის ქცევის შესახებ სოციალურ-გეოგრაფიული მონაცემების მოპოვება სავსებით შესაძლებელია. ნაშრომში განხილულია ადამიანის ქცევის და სოციალური ინტერაქციის ანალიზი და მოდელირება მობილური ტელეფონების გამოყენებით. აღწერილია ცნობილი კვლევითი ცენტრების მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგები მონაცემთა მოპოვების თანამედროვე ტექნოლოგიების შესახებ. შესწავლილია სამუშაო ადგილებზე ინტერაქციის ზეგავლენა. მოცემულია ადამიანის ქცევის მაღალი და დაბალი ენტროპიის ილუსტრაციები. განსაზღვრულია გამოწვევები მოცემულ სფეროში მომავალი სამუშაოების შესრულებასთან დაკავშირებით.

საკვანძო სიტყვები: ინფორმაცია, ინფორმაციის მოპოვების ტექნოლოგია, ინტერაქცია, ენტროპია

ჩვენ ვცხოვრობთ ტექნოლოგიებზე ორიენტირებულ საზოგადოებაში, რომელშიც თითოეული ადამიანი გამუდმებით ტოვებს თავის ციფრულ კვალს [1]. მაგალითად, ჩვენი მობილური ტელეფონები განუწყვეტლივ გრძნობენ ჩვენს მოძრაობებს და ურთიერთქმედებებს. სოციალურ-გეოგრაფიული მონაცემები მილიონობით ადამიანის შესახებ შეიძლება უწყვეტად იქნეს მოპოვებული მთელ მსოფლიოში და წარმოადგენს ადამიანის ქცევის შესახებ მნიშვნელოვანი მტკიცებულებების გამოვლენის წინაპირობას. არსებობს კვლევები ადამიანის სოციალური ქცევის შესასწავლად მობილური ტელეფონის აღქმადი მონაცემების საფუძველზე. ამ კვლევების საფუძველზე მასაჩუსეტსის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში შეიქმნა Reality mining პროგრამები[2], რომელთა მეშვეობითაც ხდება მონაცემთა მოპოვება მობილური ტელეფონებიდან, ავტომობილებიდან, უსაფრთხოების კამერებიდან, ბარათების წამკითხველი მოწყობილობებიდან და სხვ. მიღებული მონაცემების საფუძველზე ხდება პიროვნების ფიზიკური და სოციალური საქმიანობის გაზომვა. ეს პროგრამები გამოიყენება ისეთ სფეროებში, როგორცაა ეპიდემიოლოგია, ფსიქოლოგია, ურბანული დაგეგმარება, უსაფრთხოება, მარკეტინგი და სიღარიბის ანალიზიც კი.

მრავალი წლის მანძილზე სოციალური მეცნიერების მიერ ადამიანის ქცევის შესასწავლად ჩატარებული კვლევები ვერ იძლეოდა სათანადო შედეგებს ქცევის დინამიკის შესწავლის სირთულისა და არაპროგნოზირებადობის გამო. მობილური ტელეფონების გამოგონებამ დასაბამი მისცა მდიდარი ქცევითი ინფორმაციის შეგროვების შესაძლებლობას.

იმ დროს, როცა ვიყენებთ ელექტრონულ ფოსტას, ტელეფონს, საბანკო მომსახურებას, ან ვასრულებთ კიდევ უფრო მარტივ აქტივობებს, როგორცაა ავტომანქანის მართვა თუ ფოტოკოპირება, ჩვენ ვტოვებთ ჩვენი ქცევის კვალს, რომელიც პოტენციურად მოქმედებს ჩვენზე. მობილური ტელეფონის მონაცემები ფოკუსირებულია ადგილმდებარეობის მართვის მონაცემთა ანალიზზე. გლობალური ნავიგაციის სისტემის (GPS) მონაცემები გამოიყენება სატრანსპორტო რეჟიმებში მომხმარებლის ადგილმდებარეობის პროგნოზირებისათვის. არ-

სებობს სპეციალური პროგრამები ადგილმდებარეობის განსაზღვრისა და მოდელირებისათვის. მაგალითად, CitySense არის მობილური აპლიკაცია, რომელიც იყენებს GPS და WIFI მონაცემებს ქალაქის შიგნით კრიტიკული ზონების კონტროლისათვის.

თანამედროვე მობილური ტელეფონები იყენებენ ორი ტიპის ქსელს: მოკლე რადიუსის რადიოსიხშირეების ქსელს (Bluetooth) და დიდი რადიუსის რადიოსიხშირეების ქსელს (მაგ. GPS). ამ ორივე ქსელს შეუძლია გააძლიეროს ერთმანეთი ლოკაციისა და საქმიანობის შესახებ ვარაუდების აგებისას.

Bluetooth მოწყობილობები ახდენენ 5-10 მეტრი რადიუსში მოწყობილობების აღმოჩენასა და ინფორმაციის მიმოცვლას. Bluetooth თავდაპირველად შეიქმნა უკაბელო მიკროფონების ან ლეპტოპების დასაკავშირებლად მობილურ ტელეფონებთან, თუმცა ახლა უკვე შესაძლებელია მათი როგორც შუალედური მოწყობილობების გამოყენება, რაც ზრდის მათი ურთიერთქმედების დიაპაზონს 25 მეტრამდე. ამისათვის გამოიყენება აპლიკაცია BlueAware, რომელიც იწერს და აგროვებს ინფორმაციას მის ახლოს მყოფი მოწყობილობებიდან და ამ ინფორმაციას ხდის ხელმისაწვდომს სხვა აპლიკაციებისათვის.

BlueAware-ის ვარიანტია Bluedar, რომლის დანიშნულებაცაა სოციალურ გარემოში განთავსება და ხილული მოწყობილობების სკანირება. ის ახდენს გარემოს სკანირებას ყოველ 5 წუთში ერთხელ და მუშაობს 36 საათს მოლოდინის რეჟიმში [3].

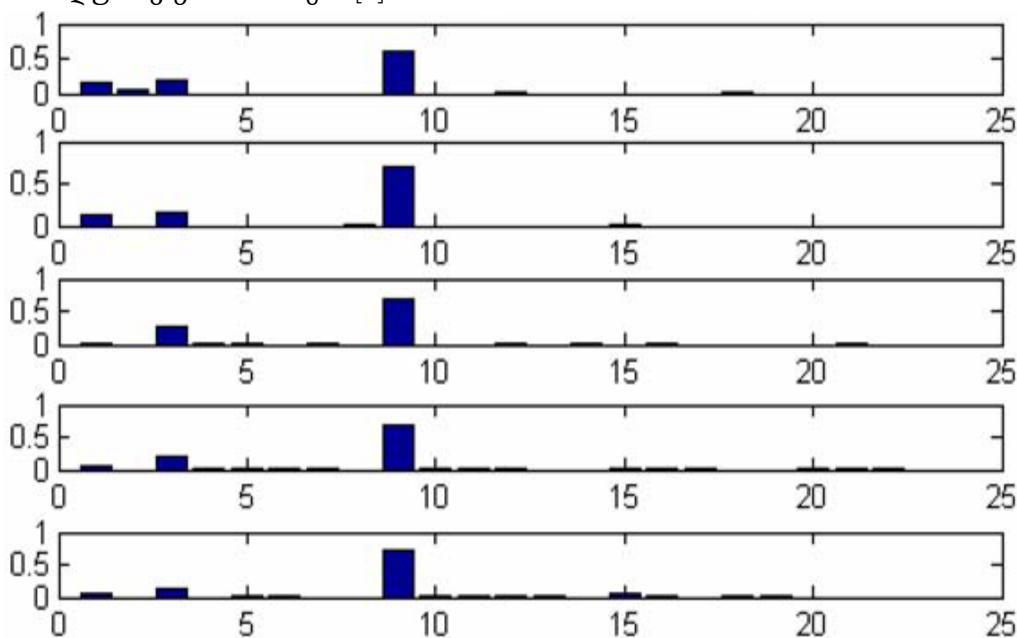
მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანებს აქვთ ერთმანეთისგან განსხვავებული ქცევის მანერები, მაინც არსებობს გარკვეული რუტინები ყოველი ადამიანის ცხოვრებაში. მაგალითად, ყოველდღიური რუტინა, როგორცაა სამსახურში წასვლა, სახლში დაბრუნება ან ლანჩი; ყოველკვირეული რუტინა, როგორცაა შაბათობით სპორტული თამაშები ან კვირაობით მეგობრებთან ვიზიტი; ყოველწლიური ქცევები, როგორცაა ოჯახის წევრების მონახულება არდადეგებისა და შვებულებების დროს.

ჩვენი მიზანია პროგნოზირებადი კლასიფიკატორების შექმნა, რომლებიც აღიქვამს მომხმარებლის ცხოვრების ასპექტებს უფრო ზუსტად, ვიდრე ადამიანური დაკვირვება. ამისათვის უნდა დავიწყოთ მარტივი მექანიზმით, რომელიც აღმოაჩენს ბევრ ზოგად სტრუქტურას სხვადასხვა სიტუაციიდან გამომდინარე. ინდივიდუალური პიროვნების სხვადასხვა პირობებში ქცევის შესწავლის შედეგები საფუძვლად დაედება სოციალური სტრუქტურების ანალიზს. ვიწყებთ მარტივი ქცევის მოდელის შესწავლით სამ ადგილზე: სახლი, სამსახური და სხვა ადგილები. Bluetooth-დან და ქსელური ანძიდან მიღებულ ინფორმაციას ვიყენებთ მომხმარებლის ადგილმდებარეობის დასადგენად 10 მეტრის რადიუსში. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მომხმარებლების უმეტესობა დიდ დროს ხარჯავს სტატიკურ Bluetooth მოწყობილობაზე, განსაკუთრებით მაშინ, როცა მათ აქვთ წვდომა რაიმე ქსელზე [4].

დიდი რაოდენობის კვლევები ჩატარდა ქსელური ანძის ID-ის მომხმარებლის ადგილმდებარეობასთან კორელაციის გამოსაკვლევად. მაგალითად, შემუშავდა უახლოესი ქსელური ანძიდან მიღებული ინფორმაციის მატრიცის ანალიზის საფუძველზე ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მეთოდი. ამ მეთოდის საშუალებით ხდება ოპტიმალური მარშრუტის განსაზღვრა პირდაპირ მობილურ ტელეფონზე დაყენებული ალგორითმის მეშვეობით. ლოკაციის განსაზღვრის მაღალი სიზუსტე მიიღება მომხმარებლის ერთ ადგილზე დიდი დროის გატარების შემთხვევაში, რადგანაც ამ დროს მიიღწევა ქსელური ანძის მჭიდრო კავშირი ადგილმდებარეობის შესაფასებლად. ტელეფონი უკავშირდება სხვადასხვა ქსელურ ანძებს სხვადასხვა სტატიკურ ადგილებზე სხვადასხვა დროს. ამიტომ დროის გატარებისას რაიმე ადგილზე იქმნება კავშირი ანძების ნაკრებთან კონკრეტულ ტერიტორიაზე. ანძების ყოველი გადანაწილება არსებითად აღმოაჩენს მცირე ცვლილებებსაც კი ადგილმდებარეობაში. სურ.1-

ზე ნაჩვენებია ქსელური ანძების განაწილება, რომელიც “ხედავს” მოწყობილობას მოცემული არეალისათვის 10 მეტრის რადიუსში. სურათიდან ჩანს, რომ მეოთხე და მეხუთე მომხმარებლები იყენებენ ოფისის ორ ფანჯარას და მათ აქვთ ერთი და იგივე ქსელური ანძის განაწილება, მიუხედავად იმისა, რომ მათ აქვთ ძალიან განსხვავებული დროის განაწილება ოფისში. პირველი და მეორე მომხმარებლები დროის უმეტეს ნაწილს ატარებენ საერთო არეალში ფანჯრებიდან მოშორებით და მათ ანძების მხოლოდ ნახევარი “ხედავს”. მესამე მომხმარებელი იმყოფება მეორე ოფისში ამავე ტერიტორიაზე და აქვს ქსელური ანძების ისეთი განლაგება, რომელიც იკავებს შუალედურ ადგილმდებარეობას დანარჩენი ორი მომხმარებლის მიმართ.

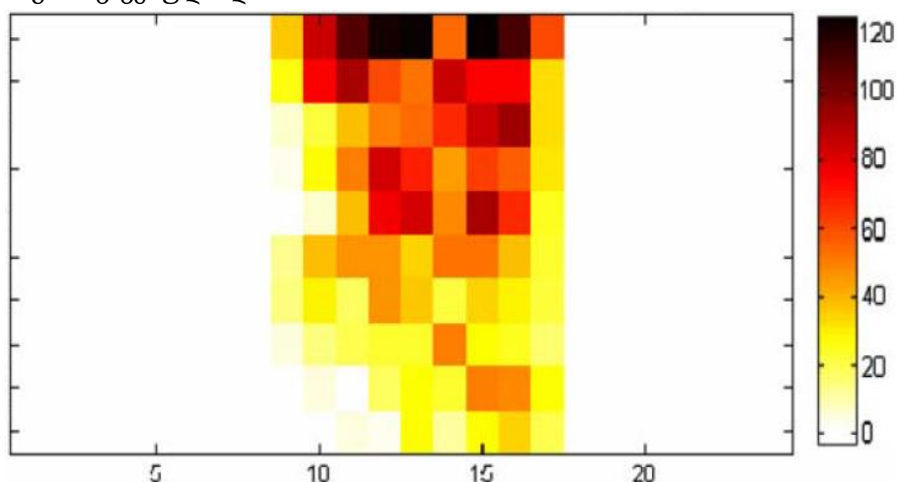
პროგრესის მიუხედავად ქსელური ანძების ადგილმდებარეობის მართვაში ხშირად რეზოლუცია არაა საკმარისად მაღალი, როგორც ადგილმდებარეობაზე დაფუძნებული სერვისის მოითხოვს. GPS წარმოადგენს ალტერნატიულ მიდგომას, რომელსაც იყენებენ ადგილმდებარეობის აღმოჩენისა და კლასიფიკაციისათვის, მაგრამ პირდაპირი ხაზის მოთხოვნები აყოვნებს მუშაობას შენობის შიგნით. ამიტომ უნდა ჩაირთოს სტატისტიკური Bluetooth ID მოწყობილობა, როგორც ადგილმდებარეობის დამატებითი ინდიკატორი. იგი უზრუნველყოფს მომხმარებლის ლოკალიზაციის მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას, განსაკუთრებით ოფისის გარემოში. მონაცემების ეს გაერთიანება განსაკუთრებით ხელსაყრელია იმ ადგილებში, სადაც სიგნალი სუსტია, მაგალითად, დიდი შენობების შუა ნაწილში, ან სადაც ბევრი სტატისტიკური Bluetooth მოწყობილობაა. მომავალში მოსალოდნელია Bluetooth მოწყობილობების დაფარვის არეალის მკვეთრად გაზრდა კომპიუტერებსა და სხვა ელექტრონულ მოწყობილობებში მათი სულ უფრო მზარდი გამოყენების გამო. ამიტომ Bluetooth ID მოწყობილობები შეიძლება გახდეს ისეთივე მნიშვნელოვანი მომხმარებლის ლოკაციის შესაფასებლად, როგორც მობილური კავშირის ანძები [5].



სურ.1. ქსელური ანძების ალბათობის სიმკვრივის ფუნქცია

ალბათობა დაკავშირებულია 25 ხილული ქსელური ანძიდან ერთ-ერთთან და გამოითვლება აღნიშნული ხუთი მომხმარებლისთვის, ვინც მუშაობს მესამე სართულზე იმავე ოფისის კუთხეში (სურ.2). თითოეული ანძა ათვლილია x ღერძზე და ტელეფონით შესვლის ალ-

ბათობა იმ მომენტში, როცა მომხმარებელი ოფისშია, ნაჩვენებია y ღერძზე. ნაჩვენებია, რომ თითოეული წვერი “ხედავს” განსხვავებული ქსელური ანძის განაწილებას, რომელის დამოკიდებულია მისი ოფისის ლოკაციაზე, გარდა მეოთხე და მეხუთე წვერებისა, რომლებიც არიან ოფისის მეზობლები. მათ აქვთ ერთი და იგივე განაწილება, მიუხედავად მათი ოფისში ყოფნის განსხვავებული დროისა.



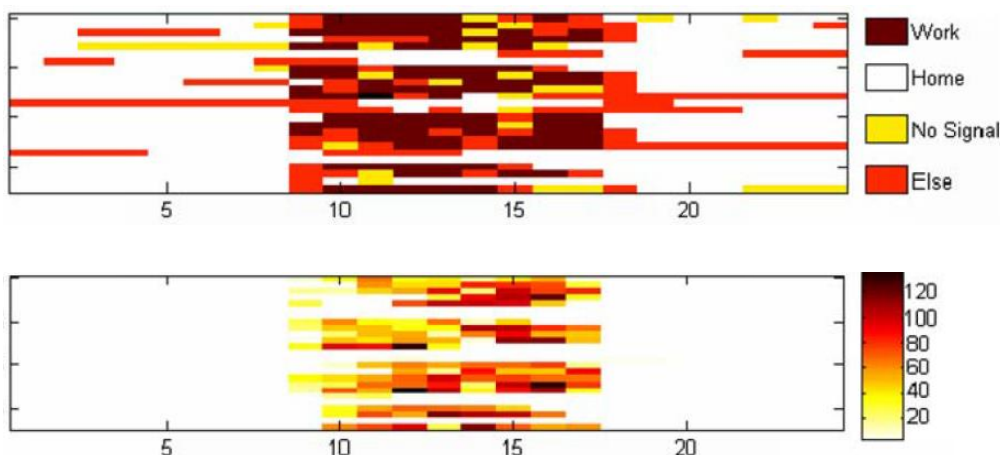
სურ.2. ათი ყველაზე ხშირად გამოვლენილი Bluetooth მოწყობილობა

როგორც სურ.2-დან ჩანს, კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ Bluetooth მოწყობილობების ტოპ ათეული გვხვდება მე-9 სუბიექტისათვის იანვრის თვის განმავლობაში. სუბიექტი რეგულარულად ახლოსაა სხვა Bluetooth მოწყობილობებთან სამუშაო დროის 9:00 და 17:00 საათებს შორის, მაგრამ არა ნებისმიერ სხვა დროს. დღის 14:00-სა და 15:00 საათებს შორის ოფისში შესვენებაა. მე-9 სუბიექტი ყველაზე ხშირად ახლოსაა მე-4 სუბიექტთან.

სურათზე ჩანს, რომ სუბიექტი შევიდა ოფისში. ამასთან, მეოთხე სექციაში ჩანს, რომ ეს მომხმარებელი ურთიერთობაშია სხვა სუბიექტებთანაც. სურათიდან ირკვევა, რომ მომხმარებელი ტოვებს ოფისს ორი საათის განმავლობაში და უახლოვდება მე-4 სუბიექტს. ძლიერი წყაროებიდან გამომდინარე ნათელი ხდება, რომ სუბიექტს ჰქონდა უაღრესად აქტიური საათები თვის განმავლობაში და ამით ხდება ამ მომხმარებლის საკმაოდ მაღალი დონის ქცევის პროგნოზირება.

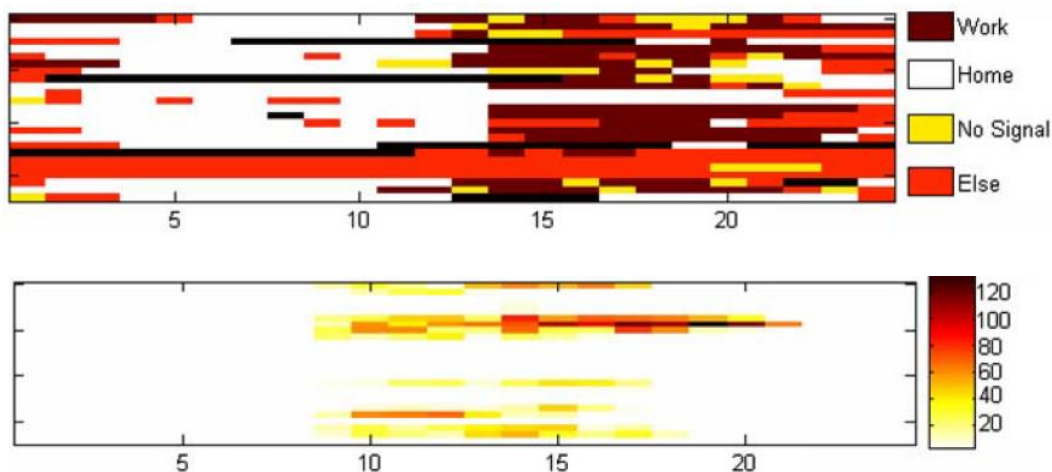
მომხმარებლის “დაბალი ენტროპიის” ქცევა აღწერილია სურ.3-ზე. სურათი გვიჩვენებს სუბიექტის სამსახურებრივი საქმიანობის ყოველდღიურ განაწილებას და Bluetooth მოწყობილობების გამოვლინებებს იანვრის თვეში. ზედა ფიგურა გვიჩვენებს სუბიექტის სავარაუდო ადგილმდებარეობას: “სამსახური, სახლი, სხვა ადგილები და სიგნალი არაა”. სანამ სუბიექტი არ იცვლის ადგილს, გვაქვს მდგომარეობა “სიგნალი არაა”. სხვა მდგომარეობები ჩანს რეგულარული სიხშირით. ეს დადასტურებულია Bluetooth-ის მიერ აღმოჩენილი გრაფიკით, რომელიც წარმოადგენს სტრუქტურულ “დაბალი ენტროპიის” სუბიექტის სამუშაო გრაფიკს.

ადამიანები საერთოდ ცხოვრობენ ენტროპიული ცხოვრებით. როგორც წესი, ისინი არიან განსხვავებულები და რთულად პროგნოზირებადნი. სურ.3-დან ნათელია, რომ სუბიექტი სახლშია საღამოს და მთელი ღამის განმავლობაში მეორე დილის 8:00 საათამდე, როცა ის ერთვება მუშაობაში; შემდეგ ის რჩება ოფისში 17:00-მდე და ბრუნდება სახლში. ეს ყველაფერი შესაძლებელია დავინახოთ ყველა აღმოჩენილი Bluetooth მოწყობილობიდან რეგულარულ სამუშაო საათებში ორშაბათიდან პარასკევის ჩათვლით.



სურ.3. მომხმარებლის ქცევის “დაბალი ენტროპია”

სურ.4-ზე ნაჩვენებია განსხვავებული ქცევა მე-8 სუბიექტისათვის. ამ სუბიექტს აქვს ადგილმდებარეობის ბევრად ნაკლები ცვლილებები და სადამოკებით არაა სხვა მობილური მოწყობილობები მის სიახლოვეს.



სურ.4. მომხმარებლის ქცევის “მაღალი ენტროპია”

სურ.4-ზე გაცილებით მაღალი ენტროპიაა. აქ მეტია რუტინული აქტივობები და სუბიექტის ქცევა ხდება უფრო ადვილად პროგნოზირებადი.

ინფორმაციის მოპოვების ზემოთ განხილული ტექნოლოგია დაკავშირებულია სამ ძირითად გამოწვევასთან. პირველია ფართომასშტაბიანი მონაცემების შეკრება და ინფორმაციის გავრცელება სოციალურად კრიზისულ მომენტებში. მეორე გამოწვევა ეხება ისეთი ფორმალური მოდელების შემუშავებას, რომლებიც შესაძლებელს გახდის რისკის აღქმის ეფექტის რაოდენობრივ შეფასებას და ცალკეული ინდივიდების გაცნობიერებას ტექნოლოგიური ქსელის სტრუქტურასა და დინამიკაში. მესამე გამოწვევა კონფიდენციალურობის შენარჩუნება.

Технология получения информации о действительности

Тенгиз Бахтадзе, Ана Кобиашвили

Резюме

В современном ориентированном на технологиях обществе люди обычно оставляют свои цифровые следы. Следовательно, вполне возможно получение социально-географической информации о поведении миллионов людей во всем мире. В работе рассмотрены анализ и моделирование человеческого поведения и социальной интеракции при помощи мобильных телефонов. Описаны результаты исследований, проведенных известными научно-исследовательскими центрами для получения данных о современных технологиях. Изучено воздействие интеракции на рабочие места. Даны иллюстрации высокой и низкой энтропии человеческого поведения. Определены проблемы для дальнейших разработок в данной сфере.

Ключевые слова: информация, технологии извлечения информации, взаимодействие, энтропия

Technology of obtaining the information about real world

Tengiz Bakhtadze, Ana Kobiashvili

Summary

In modern technology-oriented society people routinely leave their digital traces. Consequently, it is quite possible to mine the social-geographic data about the behavior of millions of people around the world. The analysis and modeling of human behavior and social interactions by using mobile phones are considered in the paper. The results of studies conducted by famous research centers to obtain data on the modern technologies are described. Learning the interactions that influence workplace are carried out. Illustrations of high and low entropies of human behaviour are given. Main appeals for the future work are defined.

ლიტერატურა – References - Литература

1. http://senseable.mit.edu/engagingdata/papers/ED_SIII_Reality_Mining_and_Personal_Privacy.pdf
2. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/4257739.stm>
3. <http://www.bluetoothsig.com/emailfiles/Zelos.pdf>
4. <https://mitpress.mit.edu/books/reality-mining>
5. <http://business.time.com/2012/07/31/big-data-knows-what-youre-doing-right-now/> Current Trends in Reality Mining

კომერციული საქმიანობის მასობრივი მომსახურეობის სისტემის იმიტაციური მოდელის შემუშავება Matlab გარემოში

ავთანდილ ბარდაველიძე, ხათუნა ბარდაველიძე

x.bardavelidze@gtu.ge, bardaveli@yandex.ru

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ორგანიზაციის მასობრივი მომსახურეობის სისტემის (მმს) იმიტაციური მოდელის აგება, გამართვა და ტესტირება. ჩატარებულია იმიტაციური მოდელირების ინსტრუმენტული საშუალებების მიმოხილვა. წარმოდგენილია მმს იმიტაციური მოდელირების შედეგები, რის საფუძველზეც გაკეთებულია დასკვნები და რეკომენდაციები ორგანიზაციის ოპტიმალური მართვისათვის.

საკვანძო სიტყვები: *იმიტაციური მოდელი, მასიური მომსახურეობის სისტემა, განაცხადთა ნაკადი, მომსახურეობის ნაკადი.*

იმიტაციური მოდელირების მეთოდი ფართოდ გამოიყენება საწარმოო სფეროში სხვადასხვა ამოცანების გადაწყვეტისათვის, უზრუნველყოფს რთული სახის პროცესების იმიტაციას. ამიტომ იმიტაციური მოდელირება ეფექტურად გამოიყენება რთული სტრუქტურის კვლევისათვის კონკრეტული პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით. აღნიშნული მეთოდიკა ლიდერობს მასობრივი მომსახურეობის სისტემების (მმს) კვლევისას, როდესაც შემთხვევით დროის მომენტში განაცხადი შემოდის მომსახურეობაზე სისტემის არხების საშუალებით. საწარმოს ავტომატიზაციის ამოცანა მასობრივი მომსახურეობის თეორიასთან შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც „განაცხადთა ნაკადი“, რომელთა რითმული შემოსვლა შეიძლება შეფერხებულ იქნეს შემთხვევითი მიზეზების გამო [1, 2].

ნაშრომში შემუშავებულია მმს იმიტაციური მოდელის აგება, გამართვა და ტესტირების საკითხები Matlab პროგრამული პაკეტის გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს ერთფაზიანი – ერთარხიანი მმს მოდელირების შესაძლებლობას შეზღუდული რიგით და უკუკავშირით. განაცხადთა ნაკადს და მომსახურეობას უნდა ჰქონდეთ სამაგალითო განაწილების კანონი (მმს ნოტაცია M/1/10) [3]. ზოგად შემთხვევაში განაცხადი წარმოადგენს რთულ ობიექტს, ამიტომ მოდელი უნდა დავახასიათოთ მინიმუმ ერთი პარამეტრით – წონით. დასამუშავებელი მოდელი უნდა იყოს მოხერხებული და გასაგები ინტერფრეისის პარამეტრების დავალებისათვის და შედეგების მოხსნისათვის.

დღეისათვის გვაქვს ბიზნეს პროცესების და მმს იმიტაციური მოდელირების მთელი რიგი პროგრამული ინსტრუმენტული საშუალებები, ისინი შეიძლება დაიყოს სამ კატეგორიად: ნაკადურ დიაგრამაზე აგებული, დინამიკური და დისკრეტული იმიტაციური მოდელირება. ერთ-ერთ ყველაზე უფრო მოხერხებულ ინსტრუმენტულ საშუალებას დისკრეტული იმიტაციური მოდელირებისათვის, რომელითაც უნდა ჩავატაროთ საწარმოო პროცესების მმს მოდელირება, წარმოადგენს Matlab/Simulink, რომელიც თავის მხრივ შეიცავს SimEvents გარემოს.

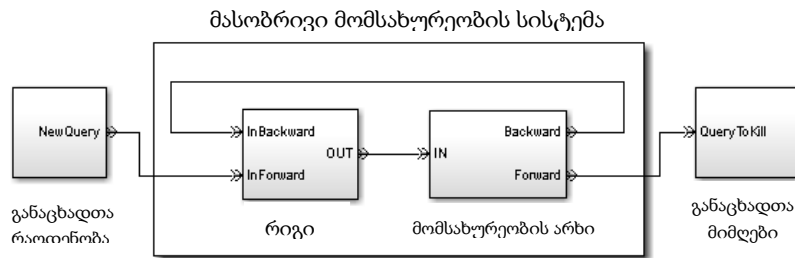
Matlab/Simulink პაკეტი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს რთული დინამიკური სისტემის გამოკვლევა – მოდელირება. სისტემაში პარამეტრების შეყვანა წარმოებს იტერაქტიულ რეჟიმში, ელემენტალური ბლოკების საშუალებით შეერთებული სქემის გრაფიკული შეკრების გზით, რის შედეგად მიიღება გამოსაკვლევი სისტემა. შესაქმნელ მოდელში ჩასართავი ბლოკები ერთმანეთთან შეიძლება დაკავშირებული იყოს როგორც ინფორმაციით, ისე მართვით. კავშირის სახე დამოკიდებულია ბლოკის ტიპზე და მოდელის

მუშაობის ლოგიკაზე. გამოვიყენებთ Matlab/Simulink ბლოკების ბიბლიოთეკას, რომლებიც წარმოადგენენ ვიზუალური ობიექტების ნაკრებს [4].

მოცემული მმს მოდელის აგებისთვის მოვნიშნავთ ასაგები მოდელის უფრო ზოგად ნაწილს, შემდეგ მოვახდენთ თითოეული მათგანის დეტალიზაციას ცალ-ცალკე.

დასმული ამოცანის თანახმად დასამოდელოებელი მმს პირველი მიახლოებით უნდა წარმოვიდგინოთ ბლოკი, როგორც „ზავი ყუთი“, რომელსაც აქვს შესასვლელი განაცხადებისათვის და გამოსასვლელი მომსახურებისათვის. ამ ბლოკის შემადგენლობაში მინიმუმ უნდა შედიოდეს ორი ქვებლოკი – მომსახურების არხი და მისი რიგი. განაცხადი უნდა შევიდეს არა მარტო არხის შესასვლელზე, არამედ არხის გამოსასვლელიდან რიგის შესასვლელზე (უკუკავშირით). გარდა ამისა, მოდელის სრული წარმოდგენისათვის აუცილებელია განვიხილოთ განაცხადთა ნაკადის წყარო მოცემული მახასიათებლებით, ასევე მომსახურებულ განაცხადთა მიმღები, რომელშიც განხორციელდება სტატისტიკური დამუშავების დიდი ნაწილი [5].

აღწერილი მოთხოვნები საშუალებას იძლევიან წარმოვადგინოთ დასაპროექტებელი მოდელის ფუნქციონალური სქემა, ნახ. 1.



ნახ. 1 დასაპროექტებელი მოდელის ზოგადი სქემა

მმს-ის მუშაობაზე ზოგადი წარმოდგენისათვის Simulink-ში ჩატარებული იქნა მომსახურების არხის, რიგის, განაცხადთა წყაროს და მიმღების ქვესისტემის ბლოკების დეტალიზაცია. მოდელირებამდე ერთხელ კიდევ გადავამოწმოთ მოდელის ზოგადი სტრუქტურა, რომელიც საშუალებას იძლევა „უკუკავშირი“ იგრძნოს თითოეულმა ქვესისტემამ მთავარ სქემაში.

გარდა ამისა, რამდენადაც მოდელი თხოულობს რამოდენიმე პარამეტრის დავალებას სხვადასხვა შიგა ბლოკებისთვის და იძლევა შედეგების საკმარისად დიდ ნაკრებს, აუცილებელია მოხერხებული ინტერფრეისის მოდელის მომხმარებლისთვის. ინტერფრეისზე ძირითადი მოთხოვნაა – ქვესისტემების პარამეტრების გაწყობისათვის ან მოდელირების შედეგების შეფასებისათვის არ არის აუცილებელი ქვესისტემის ფანჯრის გახსნა. ამ მოთხოვნას აკმაყოფილებს სპეციალური Goto და From ბლოკები, რომელთა დანიშნულებაა სიგნალების მოდელის ერთი წერტილიდან მეორეში გადაცემა, მათი ცხადი კავშირის გარეშე. ამ ბლოკების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს სრულად გამოვყოთ მოდელის ინტერფეისული ნაწილი ფუნქციონალურისაგან.

შემავალი პარამეტრების მავალეზლად შეიძლება გამოვიყენოთ მუდმივთა ბლოკები. ისინი წარმოადგენენ ბლოკის გამრავლებას კოეფიციენტზე. ასეთ ბლოკზე ორჯერადი დაწკაპუნება წარმოქმნის დიალოგურ ფანჯარას, რომელშიც კლავიატურის საშუალებით ვაჩვენებთ კოეფიციენტების მნიშვნელობას.

ამრიგად, ჩვენს მიერ აგებული იქნა მმს მოდელი (ნახ. 1), რომელიც ხასიათდება ცხრილში 1 მოცემული პარამეტრებით. განაცხადთა ნაკადი და მომსახურება, რომლითაც მუშაობს დასამოდელოებელი მმს, აღიწერება ცხრილში 2 მოცემული პარამეტრებით.

იმისათვის, რომ დავრწმუნდეთ მოდელის აგების სისწორეში, შემოწმება დავიწყოთ ტრივიალური ექსპერიმენტით. შემავალი ნაკადის ინტენსივობა ჩავთვალოთ 1-ის ტოლად, განაცხადთა მაქსიმალური წონა 0-ის ტოლად, ხოლო განაცხადთა რაოდენობა 10-ის ტოლად.

ცხადია, რომ ასეთი პარამეტრების დროს სისტემის აბსოლუტური გამტარუნარიანობა უნდა იყოს 1-ის ტოლი და განაცხადთა სისტემაში ყოფნის დრო მცირე.

ცხრილი 1

მმს-ის დასამოდერილებელი პარამეტრები

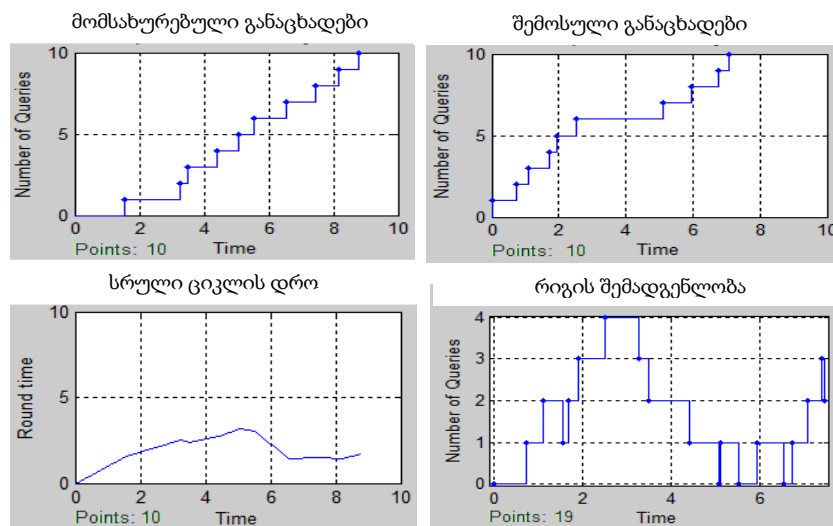
მოდელის პარამეტრები	პარამეტრთა მნიშვნელობები
ფაზათა რაოდენობა	1
არხების რაოდენობა	1
რიგის მაქსიმალური სიგრძე, განაცხადთა რაოდენობა	10
განაცხადის ბრუნვის ალბათობა	რეგულირდება 0-დან 1-მდე
რიგში მომსახურების დისციპლინა	FIFO

ცხრილი 2

მომსახურებისა და განაცხადთა ნაკადის პარამეტრები

პარამეტრი	განაცხადთა ნაკადი	მომსახურების ნაკადი
განაცხადთა შორის პაუზის განაწილების კანონი	ექსპონენციალური	ექსპონენციალური
ინტენსიურობა	რეგულირდება, 0-დან 2-მდე	1
განაცხადთა წონის განაწილების კანონი	თანაბარი	
განაცხადთა მაქსიმალური წონა	რეგულირდება, 0-დან 10-მდე	
განაცხადთა რაოდენობა	რეგულირდება, 0-დან 50-მდე	-

ზემოთ წარმოდგენილი პარამეტრების გამოყენებით მოდელირების შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 2 –ზე.

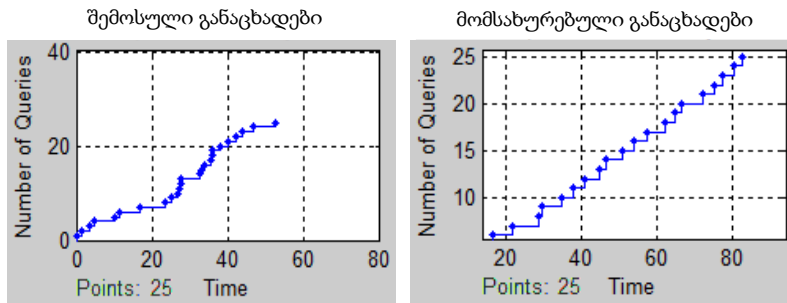


ნახ. 2 პირველი ექსპერიმენტის შედეგის გრაფიკები

ექსპერიმენტმა გვიჩვენა რომ სისტემის აბსოლუტური გამტარუნარიანობა შეადგენს 1,1 განაცხადი/წმ, სისტემაში განაცხადის ყოფნის საშუალო დრო 2,18 წმ-ია, რიგის საშუალო სიგრძე კი 1,6 განაცხადია. ნახ. 2-ის ზედა ორი გრაფიკის საშუალებით შეიძლება დავაკვირდეთ სისტემაში მიმდინარე ზოგად დინამიკურ პროცესს.

პირველ 0,8 წამში განაცხადთა წყარო არ ამოქმედებულა, შეჩერებულია მომსახურების არხი. თუმცა მალე იწყება განაცხადთა ინტენსიური გენერირება და ყველა ხელახლა გენერირებული განაცხადმა პირველის გარდა დაიკავა ადგილი რიგში, ეს კი განპირობებულია მათი რაოდენობის ზრდით რიგში (იხ. ნახ. 2, ქვედა მარჯვენა გრაფიკი). მომსახურების ნაკადის ინტენსივობა ამ პერიოდში გადახრილია შემცირების მხარეზე, თუმცა არხი განაგრძობს მუშაობას, რაზეც მეტყველებს განაცხადთა რაოდენობის ვარდნა 1,8 წმ დროის მომენტში. მეორე დარღვევას წარმოადგენს მომსახურებული განაცხადების ზრდის თანაფარდობა (მარცხენა ზედა გრაფიკი), იმ პერიოდში როცა შესასვლელზე ადგილი აქვს ცხად წყვეტას (3 - 5 წმ). ბოლო განაცხადის შემოსვლის და გასვლის მომენტის მცირე განსხვავება მოწმობს განაცხადთა ნაკადის ინტენსივობის და მომსახურების სიახლოვეს ან ტოლობას.

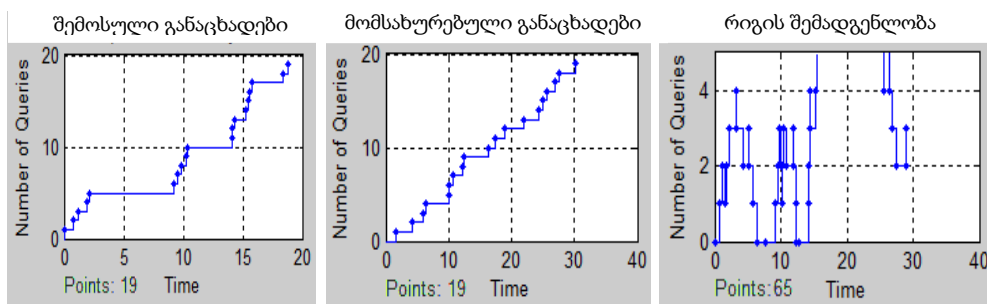
მოდელის დანარჩენი შესაძლებლობების ვერიფიკაციისათვის განაცხადთა წონას მივცეთ ნოლზე მეტი მნიშვნელობა. ნაკადს მივცეთ 25 განაცხადი, 0,5 განაცხადი/წმ ინტენსივობით და მაქსიმალური წონით – 4. ასეთი მონაცემებით მოდელირების შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.



ნახ. 3 მოდელირების შედეგები განაცხადთა წონის გათვალისწინებით

გრაფიკიდან ჩანს, რომ სისტემიდან ბოლო განაცხადი, შემოსვლის მომენტიდან გამოვიდა 30 წმ-ით გვიან. წარმოდგენილი დაგვიანების არსებობა მოწმობს ადრე გაკეთებულ დაშვებებზე შედეგების ცვლილებების ხასიათის შესახებ.

მოდელში დარჩა ერთი შეუქმონებელი განსაკუთრებულობა – უკუკავშირი მომსახურებისა და რიგითობის არხებს შორის. წინა ექსპერიმენტში ის იყო გამორიცხული ნულოვანი დაბრუნების ალბათობით. მისი ამოქმედებისათვის უჩვენოთ რომ განაცხადთა მაქსიმალური წონა ნულის ტოლია, ხოლო დაბრუნების ალბათობა 0,5 - ის ტოლი. აუცილებელია ავღნიშნოთ, რომ მოდელი უკვე არ ანსხვავებს უკუკავშირით დაბრუნებულ განაცხადებს, ამისათვის განაცხადის თითოეულ ეგზემპლარს აუცილებელია მივანიჭოთ შესაბამისი ნიშანი. ამასთან დაკავშირებით თითოეული განაცხადი დაბრუნებული უნდა იყოს 1-ზე მეტჯერ. შემავალ განაცხადთა ნაკადი იყოს 20-ის ტოლი - 0,9 ინტენსივობით. სისტემაში უკუკავშირის შემოტანა არსებითად ცვლის წარმოდგენილ სურათს. მოდელირების შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე.



ნახ. 4 მოდელირების შედეგები უკუკავშირის გათვალისწინებით

მომსახურებელი განაცხადის გრაფიკზე ნათლად ჩანს რამოდენიმე „პაუზა“, რაც იმას ნიშნავს, რომ მომსახურების არხში გამავალი განაცხადები მიმართულია რიგში ხელახლა და მოწმობს დროის მომენტში მომსახურებულ განაცხადთა გამოსვლას მომსახურების არხიდან. გარდა ამისა „ფრონტა“ რიცხვი გრაფიკზე 30 – ის ტოლია, განაცხადთა რაოდენობა ექსპერიმენტში კი – 20-ის ტოლია. ზემოთ აღნიშნული მოწმობს, რომ უკუკავშირით რიგში დაბრუნდა 10 განაცხადი. ამიტომ, მიღებული შედეგები შეიძლება ჩაითვალოს ადეკვატურად.

ამრიგად, იმიტაციური მოდელირება წარმოადგენს მასიური მომსახურების სისტემის მოდელირების ეფექტურ მეთოდს. მოდელირება ჩატარებულია SimEvents გარემოში ვიზუალურ – ორიენტირებული პროგრამის Matlab/Simulink სისტემაში. გამოყენებითი პროგრამული პაკეტი Matlab შეიცავს ისტრუმენტულ საშუალებებს, რომლითაც შეიძლება აიგოს, დამოდელირდეს და გაიმართოს მს. ეს საშუალებები წარმოადგენილია Simulink კომპლექსით, რომლის ბიბლიოთეკის შემადგენლობაში შედის SimEvents ბლოკები. როგორც ექსპერიმენტის შედეგებმა გვიჩვენა, დამუშავებული მოდელი წარმოადგენს მასობრივი მომსახურების სისტემების რეალური ამოცანების გადაწყვეტის შეუცვლელ საშუალებას.

Queueing system imitating model development of commercial activity in Matlab environment

Avtandil Bardavelidze, Khatuna Bardavelidze

Summary

It is discussed imitating model building, setting and testing of organization queueing system (QS). It is carried out overview of simulating instrumental tools. It is presented results of QS simulation, on basis of which are made the conclusions and recommendations for organization optimal control.

Разработка имитационного модели системы массового обслуживания (смо) коммерческой деятельности в среде Matlab

Автандил. Бардавелидзе, Хатуна Бардавелидзе

Резюме

В работе рассмотрена построение, установка и тестирование имитационной модели организации системы массового обслуживания (СМО). Проведён обзор инструментальных средств имитационного моделирования. Представлены результаты СМО имитационной моделирования, на основе которых сделаны выводы и рекомендации для оптимального управления организации.

ლიტერატურა _ References – Литература

1. Теория вероятностей и математическая статистика. [Учеб. пособие для вузов]/ Гмурман В.Е. - 9-е изд., Москва: Высшая школа, 2003. – 479 с.
2. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. Учебное пособие. Москва: Академия Айти, 2005г. -164 с.
3. Bardavelidze Kh., Bardavelidze A. Simulation Modeling of a Queueing System in the MATLAB Environment. VII International Scientific and Practical Conference "Internet and Society"-2015, Kutaisi, Georgia, Conference Proceedings, pp.171-174.
4. Справочные материалы по пакету MATLAB R2008a, (<http://mathworks.com>).
5. Системы и модели массового обслуживания в коммерческой деятельности: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям/ Г. П. Фомин. - Москва: Финансы и статистика, 2007. – 144 с.

უსაფრთხოების კომპონენტები ქსელის სისტემური პროგრამებისთვის

პაპუნა ქარჩავა, ნინო ნარიმანიძე, მაკა ოდილაძე,
თამარ ბურჭულაძე, თამუნა ხვედელიძე

ninonarimanidze9@gmail.com; maka.odilaze@tsu.ge; tamarburchuladze@gmail.com

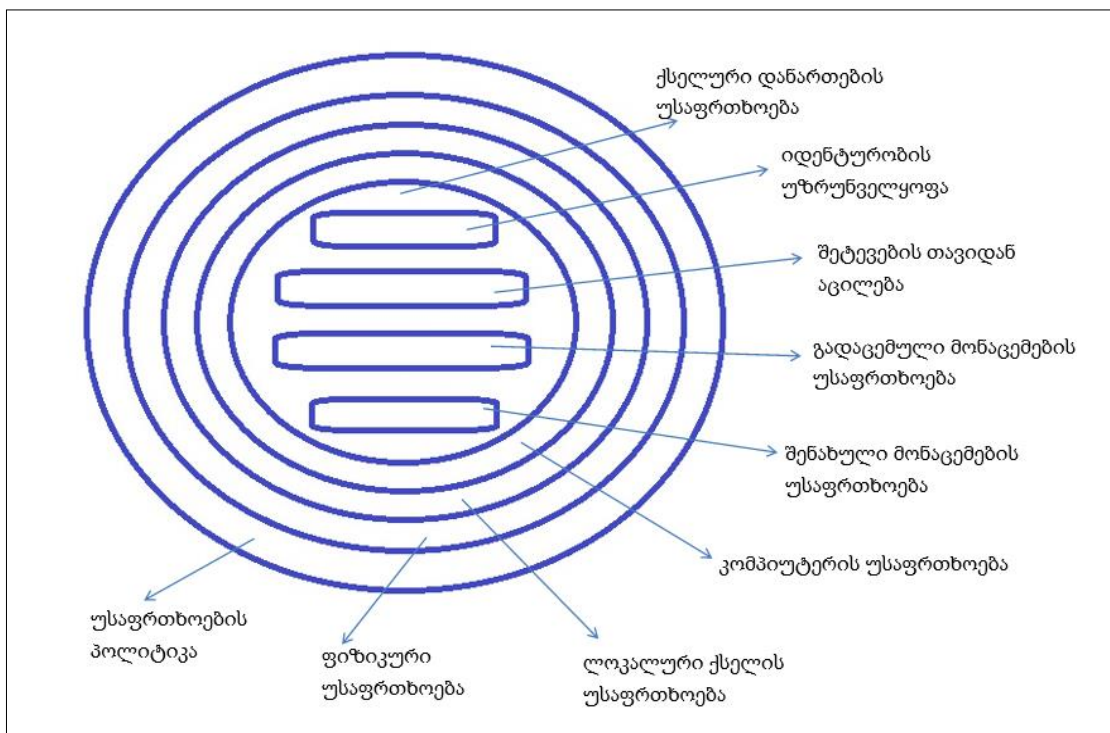
რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ქსელური პროგრამების პროექტირებისას ისეთი აუცილებელი კრიტერიუმები, როგორცაა მრავალდონიანი დაცვა. ასევე სტატიის ფარგლებში განხილულია ქსელური კლიენტ-სერვერის მექანიზმის შემუშავების პროცესი და დანართ-სერვერის და დანართ-კლიენტის უსაფრთხოების მოთხოვნები.

საკვანძო სიტყვები: ქსელი, სერვერი, კლიენტი, უსაფრთხოება.

ინტერნეტის ქსელი - დაუცველი ღია სისტემაა, ამიტომ ქსელში ინფორმაციის გაცვლის ორგანიზებისთვის აუცილებელია გავითვალისწინოთ უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრობლემები. აქედან გამომდინარე, მიმდინარეობს, ქსელური პროგრამებისთვის, პროგრამულ-ინფორმაციული მექანიზმების დამუშავება უსაფრთხოების მოთხოვნების გათვალისწინებით.

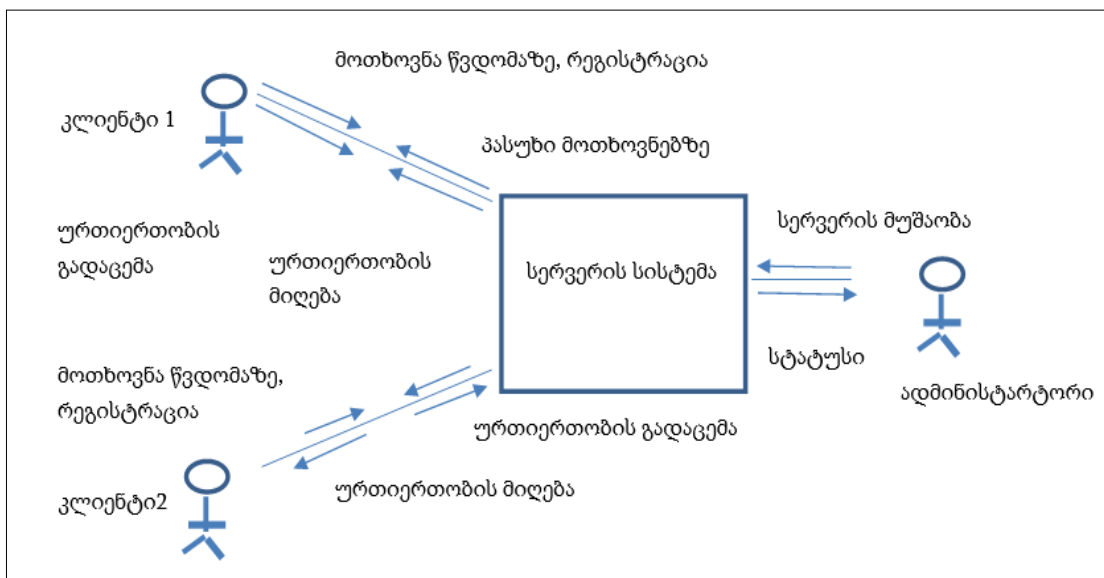
უსაფრთხოების კრიტერიუმის გათვალისწინებით, ქსელური პროგრამების პროექტირებისას აუცილებელია უზრუნველყოთ მრავალდონიანი დაცვა (სურ.1):



სურ.1. ქსელური პროგრამების მრავალდონიანი დაცვა

- უსაფრთხოების პოლიტიკა: ქსელის უსაფრთხოების პოლიტიკის მიზანია სწორი პრიორიტეტების და სამოქმედო გეგმის გაწერა, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრება სხვადასხვა ინციდენტების შემთხვევებზე რეაგირება. უსაფრთხოების პოლიტიკა მოიცავს ყველა იმ საკითხებს, რომლებიც უსაფრთხოებაში განიხილება. სწორედ ამ ფაქტორის გამოა იგი განთავსებული დიაგრამის სათავეში.
- ფიზიკური უსაფრთხოება: უზრუნველყოფს აპარატურული რესურსების უსაფრთხოებას, ისეთების როგორცაა : კომპიუტერი, მყარი დისკები და ა.შ.
- ლოკალური ქსელის უსაფრთხოება: ქსელის შიგნით უსაფრთხოებისათვის აუცილებელია აღმოფხვრათ გარედან შეტევა შიდა ლოკალურ ქსელზე.
- კომპიუტერის უსაფრთხოება: კომპიუტერის მიერ დამუშავებული ინფორმაციის შენახვის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია უზრუნველყოთ მისი პროგრამული დაცვა.
- ქსელური დანართების უსაფრთხოება: მოიცავს აუტენტიფიკაციას, უზრუნველყოფს ინფორმაციის კონფიდენციალურობას.

სტატიის ფარგლებში განიხილება ქსელური კლიენტ-სერვერის მექანიზმების დამუშავების პროცესი ქსელური დანართების უსაფრთხოების უზრუნველყოფისთვის. ამ პროცესში ყველა შეტყობინება შემოდის სისტემა-სერვერის გავლით. UML ნოტაციის დახმარებით აღწერილია კლიენტ-სერვერის შორის ურთიერთქმედების სქემა (სურ.2).



სურ. 2. ორი კლიენტის ურთიერთობის დიაგრამა

ქსელური პროგრამების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად აუცილებელია უზრუნველყოთ კლიენტების და სერვერის დანართების უსაფრთხოება. ქვემოთ განვიხილავთ ასეთი დანართების უსაფრთხოების მოთხოვნებს.

დანართი-სერვერის უსაფრთხოება: სერვერი - ეს დანართია, რომელიც გადაამუშავებს კლიენტების მიერ გაგზავნილ ყველა მოთხოვნებს. ეს ნიშნავს, რომ თუ კლიენტებს სურთ გაცვალონ ინფორმაცია, მაშინ მათ აუცილებლად უნდა იმოქმედონ სერვერი-დანართის მეშვეობით. ამიტომ სერვერი თამაშობს არსებით როლს პროგრამის შრომისუნარიანობის უზრუნველყოფისთვის. ამის გარდა, სერვერზე აუცილებლად უნდა ინახებოდეს ყველა

კლიენტის შესახებ აუცილებელი ინფორმაცია (სახელი, გასაღები და ა.შ.). სერვერ-დანართის დამუშავებისას, აუცილებელია თავი დავიზღვიოთ ჰაკერული შეტევებისგან, როგორცაა მაგ., DoS („მომსახურებაზე უარი“), პაროლის და ინფორმაციის არასანქცირებული მოპოვება და ა.შ. ყველაზე არსებითი ამოცანა სერვერის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად ესაა-მონაცემთა ბაზების უსაფრთხოება. მონაცემთა ბაზა პროგრამული სისტემაა - კლიენტის შესახებ სრული ინფორმაციის შენახვის ადგილი. იმისათვის, რომ უზრუნველყოთ ამ მონაცემების შენახვის უსაფრთხოება აუცილებლად უნდა ავკრძალოთ სხვა დანართების წვდომა მონაცემთა ბაზასთან. კლიენტების შესახებ ინფორმაცია უნდა ინახებოდეს დამიფრული სახით, მაშინ ბოროტი განზრახვის მქონე ადამიანი ვერ შეძლებს იქონიოს წვდომა მონაცემთა ბაზასთან, თუ მან არ იცის შიფრის ალგორითმი და გასაღები.

დანართი-კლიენტის უსაფრთხოება: კლიენტის მუშაობის მოდელის პროექტირებისას აუცილებელ ნორმად გვევლინება მომხმარებლის ვიზუალური ინტერფეისის გამოყენება. შესაბამისად, აუცილებელია უზრუნველყოთ ამ დანართის უსაფრთხოება. ამის გარდა, მომხმარებლების დიდ უმრავლესობას არა აქვს უსაფრთხოების საფუძვლების ცოდნა, ინტერნეტისა და კი, ამისთვის პროგრამის პროექტირებისას აუცილებელია ამას მივაქციოთ ყურადღება. ასევე აუცილებელია შევიმუშაოთ ახალი და დავხვეწოთ არსებული მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ უსაფრთხოებას. დანართი-კლიენტის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა ითვალისწინებს აუტენტიფიკაციას, მონაცემების დამიფრვას და მონაცემების მთლიანობის უზრუნველყოფას.

ამგვარად, უსაფრთხოების მოთხოვნის გათვალისწინებით, ქსელური პროგრამების დამუშავების პროცესი ძალიან შრომატევადია. სტატიის რანგში განხილულია უსაფრთხოების სისტემის კომპონენტები პროგრამული სისტემების ქსელური ურთიერთ-ქმედებისას, რაც აძლევს უსაფრთხოების გაზრდის საშუალებას ქსელური პროგრამების დამუშავებლებს.

Safety components for system programs of network

*Papuna Karchava, Nino Narimanidze, Maka Odiladze,
Tamar Burchuladze, Tamuna Khvedelidze*

Summary

This paper deals with the design criteria of network applications, such as multi-level protection. The article also discusses the development process within the networked client-server mechanism and also discussed in Appendix-server and Annex-client security requirements.

Компоненты безопасности для системных программ сети

*Папуна Карчава, Нино Нариманидзе, Мака Одиладзе,
Тамар Бурчуладзе, Тамуна Хведелидзе*

Резюме

Работа касается с критериями расчета сетевых приложений, такими как многоуровневая защита. Статья также обсуждает процесс разработки в сетевом механизме

клиент-сервер и также обсуждала в требованиях к защите сервера Приложения и клиента Приложения.

ლიტერატურა – References – Литература

1. А. Коптелов, Построение системы управления рисками IT-безопасности, 06.02.2007
2. А.А. Грушо, Е.Е. Тимонина, Распределенные атаки на распределенные системы
3. L. Gumnopoulos , S. Dritsas , S. Gritzalis , C. Lambrinouidakis, Information Assurance in Computer Networks. Methods, Models, and Architectures for Network Security, St. Petersburg: Springer, LNCS 2776, 2009
4. В. А. Галатенко, Категорирование информации и информационных систем. Обеспечение базового уровня информационной безопасности
5. Основы сетевой безопасности [Электронный ресурс], <http://www.4stud.info/networking/network-security.html>

ორგანიზაციულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი კონფლიქტური რეგიონების განვითარების მაგალითზე

ზურაბ გასიტაშვილი, მზია კიკნაძე, ზვიად ჯანყარაშვილი

m.kiknadze@gtu.ge

რეზიუმე

ნებისმიერი ორგანიზაციული სისტემის წარმატებული ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია და მნიშვნელოვანს წარმოადგენს ინფორმაციის და ინტელექტუალური რესურსების სრული ფლობა და შესაბამისად მათი ოპერატიული მართვა. ასევე მნიშვნელოვანია ინფორმაციის დამუშავება. ეს ეხება ბიზნეს-პროცესების სისტემურ ანალიზს, მათი ცალკეული პრობლემების განხილვიდან - გადაწყვეტილებათა მიღებამდე და რეალიზაციამდე. სტატიაში განხილულია ორგანიზაციულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი კონფლიქტური რეგიონების მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: *ორგანიზაციული სისტემების მართვა, კონფლიქტური რეგიონების განვითარების მოდელი*

ორგანიზაციულ სისტემებში მართვის პროცესში იქმნება გადაწყვეტილების მიღების აუცილებლობა, ასეთ სისტემებში სიტუაციის განვითარების კანონები და კანონზომიერებები აღიწერება ხარისხობრივად. მათში იქმნება სიტუაციები, სადაც სიტუაციების განვითარების დინამიკა არ ექვემდებარება კანონზომიერებებს. გადაწყვეტილების მიღების პროცესში მონაწილეობენ ექსპერტები და ანალიტიკოსები. ისინი გადააწყვეტილების მიღებისთვის ეყრდნობიან საკუთარ გამოცდილებას და ინტუიციას.

ორგანიზაციული სისტემის შექმნის, განვითარების და რეალიზაციისთვის მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს დაპროექტების წინ მისი ანალიზი და მოდელირება. თანამედროვე დიდ მასშტაბიანი რთული სისტემების განვითარებამ გამოიწვია მათი მოდელირების მეთოდოლოგიისადმი დიდი ინტერესი. მასში იგულისხმება სისტემის მოდელის აგება და ანალიზი.

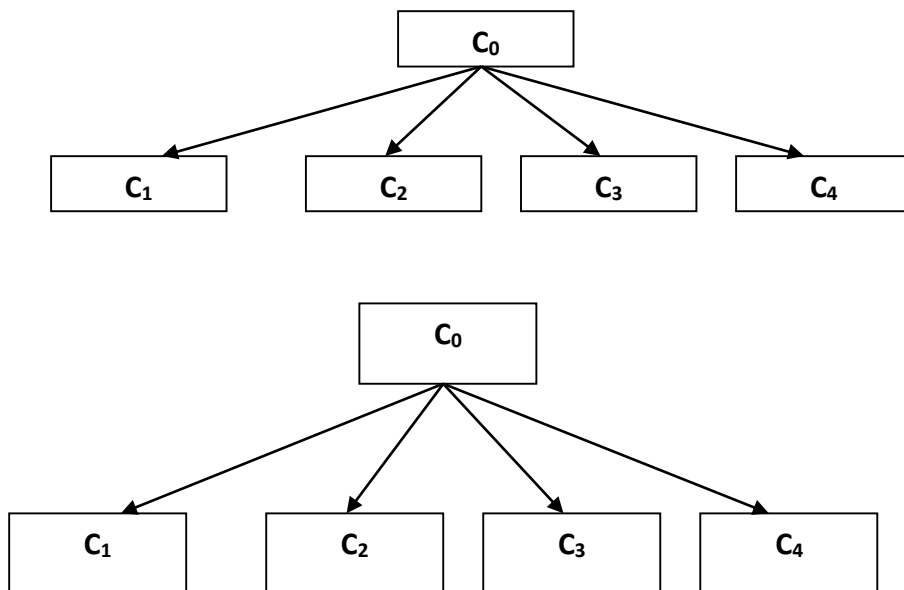
რთული ორგანიზაციული სისტემების ანალიზისას შეიძლება ჩამოვაცალიბოთ იმ მიზნების და ფაქტორების სიმრავლე, რომელიც დგას სისტემის წინაშე.

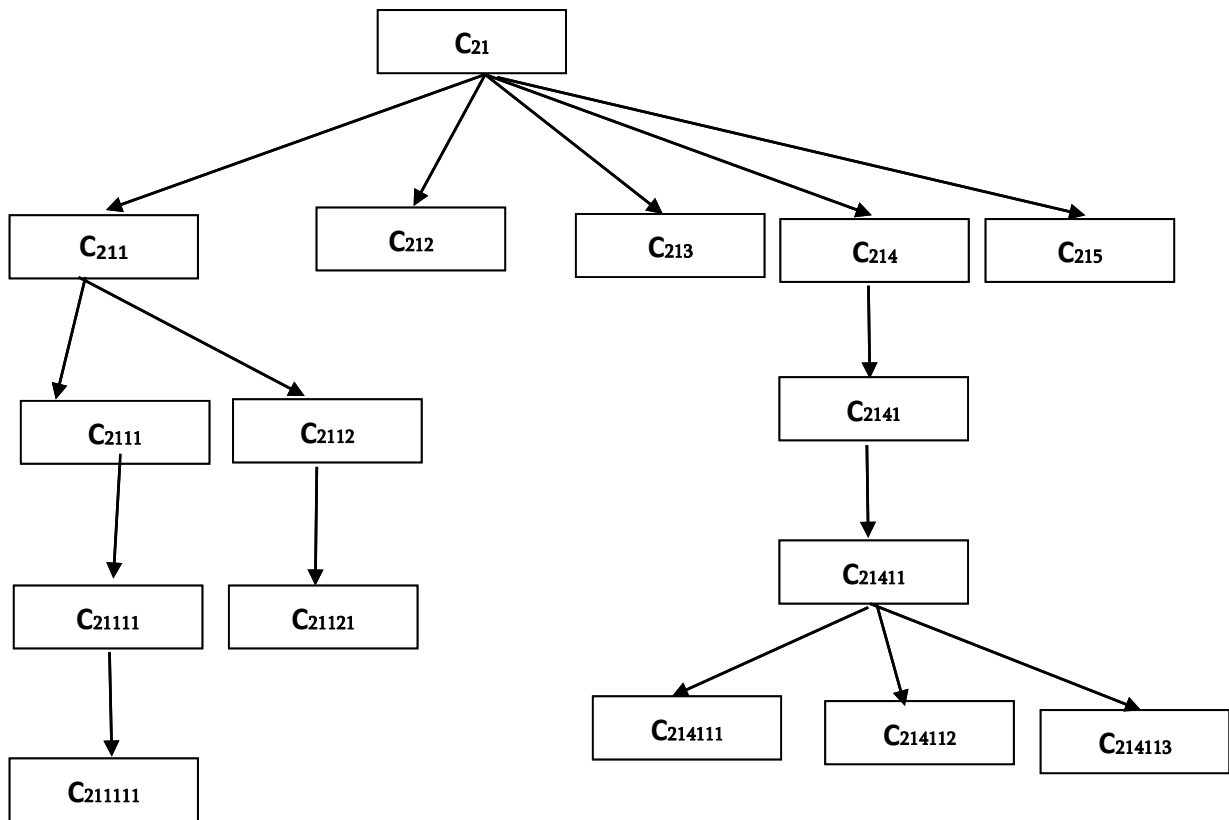
მიზნის სტრუქტურირებისათვის ანუ სტრუქტურირებული ინფორმაციული მოდელის შესაქმნელად გამოვყოთ მთავარი მიზანი (რომელიც გახლავთ გლობალური მიზანი) კონფლიქტების შიდასახელმწიფოერბრივი რეგულაციის ეფექტურობის შეფასება, რომელიც ავლნიშნოთ - C0 და რომელსაც მივანჭებთ ნულოვან დონეს. შემდეგ ანუ პირველ დონეზე მოვახდინოთ ამ მიზნის დეკომპოზიცია C1, C2, C3 ქვემიზნებად, მეორე დონის ქვემიზნები იყოფა (C11, C12, ..., C21, ..., C31 ...) ქვემიზნებად. ცხრილი 1-ში მოყვანილია კონფლიქტების შიდასახელმწიფოერბრივი რეგულაციის ეფექტურობის შეფასებაზე მოქმედი ფაქტორების - მიზნების და მისი ქვემიზნების მნიშვნელობები.

ცხრილი 1. (ფრაგმენტი)

აღნიშვნა	მნიშვნელობა
C0	კონფლიქტების შიდასახელმწიფოებრივი რეგულაციის ეფექტურობა
C1	პოლიტიკური ინდიკატორი
C2	სოციალური ინდიკატორი
C3	ეკონომიკური ინდიკატორი
C11	ურთიერთდაპირისპირებული გეოპოლიტიკური ორიენტაცია
	...
C12312	აფხაზეთის მიმართ არარაციონალური პოლიტიკური გადაწყვეტილების მიღება
C124	კავკასიაში რუსეთის უმთავრესი და მუდმივი ინტერესის (გეოპოლიტიკური, გეოეკონომიკური და სამხედრო გავლენის შენარჩუნება-განმტკიცება) არ გათვალისწინება
C1241	სამხრეთ ოსეთისთვის დიდ სახელმწიფოზე ორიენტირება უფრო მისაღები აღმოჩნდა
	...
C1251	არაქართველმა მოსახლეობამ, (მათ შორის აფხაზებმა და ოსებმა) უნდა იცოდეს, როგორია მათი პერსპექტივა, (როგორ სახელმწიფოში იცხოვრებენ, რა ერქმევათ მათ შვილებს, რა ენაზე ილაპარაკებენ საზოგადოებასა თუ ოჯახში, რომელი სარწმუნოება იქნება მათი შთამომავლობის რელიგია და თუ იქნება, საერთოდ, რწმენის თავისუფლება, თუ ექნებათ სიტყვის თავისუფლება).
C21	კულტურულ-ცივილიზაციური განხეთქილება
C211	ფასეულობებისკენ ორიენტაცია ერთი სახელმწიფოს სხვადასხვა სოციალურ და ეთნიკურ ჯგუფებს შორის

აღნიშნული მიზნების და ქვემიზნების მიზნის ხეს ექნება სახე (ფრაგმენტი) (ნახ.1)

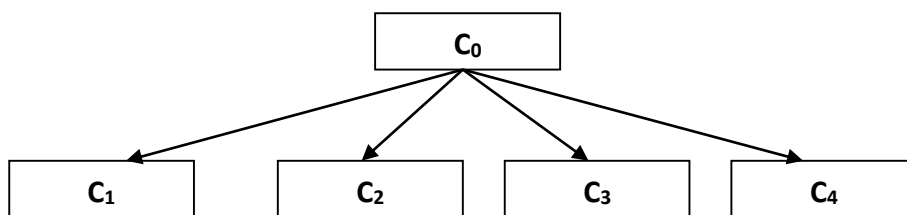


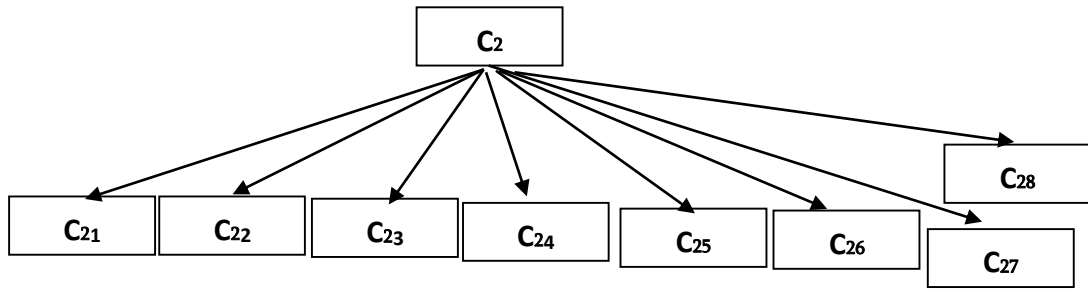


ნახ.1 მიზნების და ქვემიზნების მიზნის ხე (ფრაგმენტი)

გამოყოთ ზემოდან ქვემოთ ორდონიანი ფრაგმენტები, რომლებიც შედგება ძირეული წვეროსგან და ამ წვეროს ინცინდენტური წვეროებისგან. იმ ფრაგმენტს, რომელშიც შედის ხის ძირეული წვერო მივანიჭოთ ნულოვანი რანგი. ამ ფრაგმენტის ქვედა დონის წვეროები წარმოადგენენ ძირეულს პირველი რანგის წვეროებისთვის.

ნულოვანი რანგი აქვს მიზნის ხიდან ფრაგმენტს (C0,C1,C2,C3). პირველი რანგი აქვს მიზნის ხიდან ფრაგმენტებს: (C1, C11,C12,C13,C14,C15,C16), (C2,C21,C22,C23, C24 C25, C26, C27, C28), (C3,C31,C32,C33,C34, C35),და.ა.შ (ნახ.2)





ნახ.2 მიზნის ხიდან რანგის გამოყოფა (ფრაგმენტი)

სისტემის მიზნისთვის წონის მინიჭება.

მიზნების ურთიერთქმედების შეფასებისთვის (ხეზე წვეროების წონების შემოსაღებად) იმის დასადგენად, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მიზანი ექსპერტთან შეთანხმებით შემოვიღოთ შეფასების ქულები. C_i და C_j მიზნების ურთიერთქმედების ძალა შევაფასოთ სიტყვიერი (ლინგვისტური) ფორმულირებით და გამოვხატოთ რაოდენობრივად [1-10] ინტერვალში (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

ლინგვისტური მნიშვნელობები	რიცხვითი (ქულები) მნიშვნელობები
C_i და C_j მიზნების ერთნაირი მნიშვნელობისას	1
როდესაც C_i სუსტად არის დამოკიდებული C_j მნიშვნელობაზე	3
როდესაც C_i ძლიერად არის დამოკიდებული C_j მნიშვნელობაზე	5
როდესაც C_i ძალიან ძლიერად არის დამოკიდებული C_j მნიშვნელობაზე	7
აბსოლუტური დამოკიდებულება C_i -ი C_j -ის მნიშვნელობაზე	9
შეფასება მდებარეობს ორ ლინგვისტურ შეფასებას შორის	2,4,6,8

მიზნის ხის ყოველი ფრაგმენტისთვის დაწყებული ნულიდან შევადგინოთ კვადრატული მატრიცა $R=||r_{ij}||$.

მატრიცის სვეტები შეესაბამება ხის წვეროებს. მარცხენა სვეტში სულ ზედა უჯრაში მოცემულია ძირეული წვეროს წონა (C_0 გლობალური მიზნისთვის წონა $W_0=1$). C_i სტრიქონის და C_j სვეტის გადაკვეთაზე ეთითება r_{ij} -ის მნიშვნელობა, ეს მნიშვნელობა ტოლია 1-ის თუ $C_i=C_j$. თუ C_i უფრო მნიშვნელოვანია ვიდრე C_j მაშინ ეთითება b_{ij} , წინააღმდეგ შემთხვევაში თუ C_i ნაკლებად მნიშვნელოვანია ვიდრე C_j და ეთითება $1/b_{ij}$.

დავუშვათ მატრიცის სტრიქონები (სვეტები) შეესაბამებიან მიზანს C_1, \dots, C_p , შეფასებულია წონებით W_1, \dots, W_p . ძირეულ წვეროს აქვს წონა W_0 . მაშინ ჭეშმარიტია პირობა:

$$W_q = \sum_{i=1}^p W_i \quad (1)$$

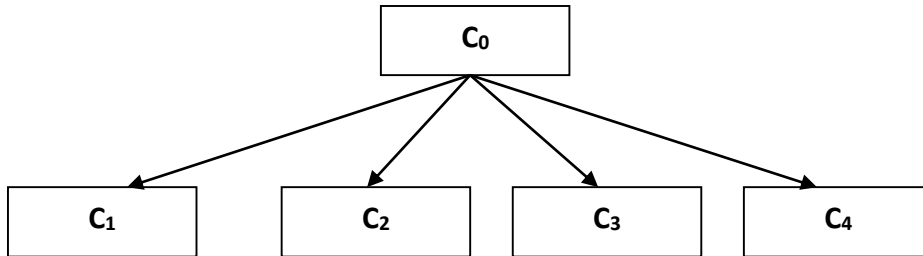
W_1 წონები წარმოადგენენ შემდეგი განტოლებათა სისტემების ამონახსნს:

$$w_i = \frac{1}{p_i} \sum_{j=1}^p r_{ij} W_j \quad (2)$$

$$w_{p-1} = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p r_{p-1,j} W_j$$

$$w_{p-1} = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p r_{p-1,j} W_j$$

მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ხეზე ნულოვანი რანგის შესაბამისი ხე (C0,C1,C2,C3,C4) (ნახ.3)



ნახ.3 0-ვანი ფრაგმენტის შესაბამისი ხე

სისტემის ლოკალური მიზნების მინიმიზება. რადგან მარტივი მიზნები და ფაქტორები შეიძლება ძალზე ბევრი გახლდეთ, საჭიროა ჩატარდეს ყველაზე მნიშვნელოვანი მიზნების და ფაქტორების რიცხოვრივი შეფასებები და რანჟირება, რათა მოხდეს ყველაზე ეფექტურის (მიზნის და ფაქტორის) შერჩევა. ლოკალური მიზნების ურთიერთდამოკიდებულების კოგნიტური რუკის შესადგენად უნდა იყოს გათვალისწინებული, რომ ცხრილში სვეტები და სტრიქონები შეესაბამებიან ლოკალურ მიზნებს. ანალიზის შედეგად და ექსპერტებთან შეთანხმებით მიღებულ კოგნიტურ რუკა, რომელსაც მოცემული ფრაგმენტისათვის აქვს სახე (ნახ.4)

მიზნები	C1	C2	C3	C4	C11	C12	C13	C14	C15	C21	C22	წონები
C1	+1,				+0,	-0,7	+0,	+0,	+0,			0.5000
C2		+1,								+0,	0	0.2778
C3			+1,									0.1543
C4				+1,	0	0	0	0	0			0.0679
C11	-0,5	0	0	0	+1,	0	0	0	0			0.2143
C12	+0,	0	0	0		+1,						0.1327
C13	+0,	0	0	0	0	0	+1,					0.0821
C14	+0,	0	0	0		0		+1,				0.0508
C15	+0,				0	0	0	0	+1,			0.0201

ნახ.4 კოგნიტური რუკის ფრაგმენტი

კოგნიტურ რუკაზე მიზნების შორის ურთიერთგავლენის დასადგენად შემოგვაქვს რიცხოვრივი მაჩვენებლები - გლობალური (C0) და ლოკალური მიზნების (Cj) მიღწევადობის ხარისხი, რომელსაც განხილული ნულოვანი რანგის მიზნის ხის ფრაგმენტისათვის აქვს სახე:

$$(C_0) = \sum_{j=1}^N (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) \cdot W_i$$
$$= (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) \cdot W_1 + (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) \cdot W_2 + (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) \cdot W_3 + (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) \cdot W_4 = 3,5101$$

აღნიშნული გამოთვლების შესრულების შემდეგ $J(C_0)=3, 501$,

მიზნის ქვესიმრავლეების მიღწევის ხარისხი, მათი ურთიერთგავლენის გათვალისწინებით გამოისახება ფორმულით;

$$J(C^*) = J(c_{ji}) + \dots + J(c_{jk})$$

$J(C^*)$ მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა ავღნიშნოთ Δ . და ის განხილულ შემთხვევაში ტოლია 0.2101

მინიმუმის ამოცანა ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად უნდა ვიპოვოთ C^* C , ისე რომ ერთდროულად შესრულდეს შემდეგი პირობები

$$J(C^*) \leq \Delta$$

$$|C^*| = \max$$

აღნიშნული გათვლების გათვალისწინებით მივიღებთ ლოკალური მიზნების მინიმუმების შედეგს $E=\{b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8\}$, რაც ნიშნავს რომ 150-ზე მეტი ფაქტორიდან შერჩეული იქნება უფრო მნიშვნელოვნები ანუ ისინი, რომლებიც მეტ გავლენას ახდენს კონფლიქტური $b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8$.

Organizational systems analysis of the factors influencing the development of conflict areas on the example

Zurab Gasitashvili Mzia Kiknadze, Zviad Jankharashvili

Summary

Therefore, degree of impact of factors (indicators) of conflict areas on the criteria of regional development should be studied to determine the problems of management of conflict areas development. Criteria of conflict areas development are many, so we have inconceivably large range of scenarios in simulated experiment. The work tries to develop the sub-range of factors with high magnitude (high degree of impact) from the range of factors of regional development. Simulation of social-political situations is effectively used for studying these problems. The work considers the tasks of modeling and studying economical sustainability on the basis of control impact and different types of experiments.

Анализ факторов организационной системы на примере конфликтного регионов

Зураб Гаситашвили, Мзия Кикнадзе, Звиад Джанкарашвили

Резюме

Для изучения управления проблемами организационной системы, необходимо изучить факторы (индикаторы развития, степень влияния регионального развития характерных критериев. Исходя из того, что количество критериев очень большое, в имитационном эксперименте формируется необыкновенно большое пространство изучаемых сценариев. Работа ставит перед собой цель разработать подпространство факторов высокого значения (имеющих степень влияния)

из пространства факторов организационной системы, которое станет базовым, на основе которого будет изучена экономика развития организационной системы, что является актуальной задачей. Для изучения выше перечисленных задач, эффективно используется моделирование социально-политических ситуаций, в работе рассматриваются вопросы составления модели и влияние на неё разными экспериментальными способами, а также вопросы изучения экономической устойчивости на основе правящего влияния.

ლიტერატურა - Referenses – Литература

1. Владиславлев П.Н. Выбор оптимального сценария поведения организационных систем // «Управление большими проектами». Сборник трудов. Под ред. Д.А. Новикова ИПУ РАН, М.: 2005,
2. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М. СИНТЕТ. 2002
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных Странах. М.: Логос, 2000

ვებ გვერდების ეფექტური ფერების მიღება კონტრასტის ალგორითმის გამოყენებით

მზია კიკნაძე, ნინო გოჩიტაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია კონტრასტის მნიშვნელოვნების შესახებ ვებ დაპროექტების დროს. კონტრასტული ფუნქცია გამიჯნავს ელემენტებს, გვეხმარება ხაზი გავუსვათ ყველაზე მნიშვნელოვანს და მეორეხარისხოვნად წარმოვადგინოთ ნაკლებად მნიშვნელოვანი ინფორმაცია. სტატიაში განხილულია ფერის კონტრასტის შერჩევის ალგორითმი. რომელიც იძლევა საშუალებას დაიყოს ვებ გვერდი ისეთ ელემენტებად, რომელიც კონტრასტზე დაყრდნობით იქნება მეტად ან ნაკლებად შესამჩნევი. ელემენტებს რომლებსაც აქვთ მაღალი კონტრასტის მაჩვენებელი იქცევენ მომხმარებლის მეტ ყურადღებას. ამის გამო ისინი ადვილად აღსაქმელია, რაც ამარტივებს საჭირო ინფორმაციის მიღებას მოკლე დროში.

საკვანძო სიტყვები

ვებ დიზაინი; კონტრასტი; ფერთა სხვაობა.

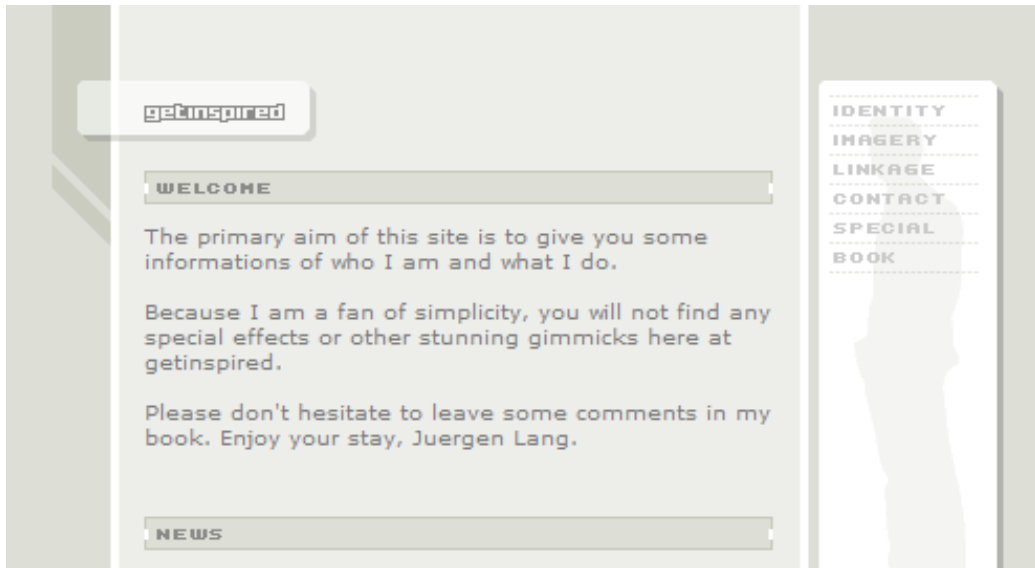
საიტის ეფექტური მაკეტის შექმნას ბევრი ფაქტორი განსაზღვრავს. ამ ფაქტორებიდან ფერის კონტრასტი წარმოადგენს მნიშვნელოვანს მომხმარებლისთვის ინფორმაციის სწორად მისაწოდებლად. ვიზუალური მხარე, რომელიც გამოტანილია ეკრანზე, განაპირობებს ხშირ შემთხვევაში ერთგვარი წარმატების ფორმულას კონკრეტული ორგანიზაციისთვის.

კონტრასტის გამოყენება მომხმარებელს საშუალებას აძლევს ეფექტურად დაათვალიეროს გვერდი, სწრაფად და მარტივად გადაავლოს თვალი მასზე განთავსებულ მნიშვნელოვან ინფორმაციას.

მისი გამოყენების მთავარი წესია, რომ ვებ გვერდზე კონტრასტული უნდა იყოს მხოლოდ მნიშვნელოვანი ელემენტები. მაგალითად თუ ვებ გვერდზე გამოვყოფთ რომელიმე გასაყიდ საქონელს კონტრასტით ბლოკად, მომხმარებლის ყურადღებას სწორედ ეს ბლოკი მიიქცევს.

კონტრასტი შედგება გვერდის მნიშვნელოვანი და ნაკლებად მნიშვნელოვანი ელემენტებისაგან. მაგალითად თუ ვებ გვერდის ფონი არის ძალიან მუქი და მოიცავს თეთრი ფერის ოდნავ დამუქებული ბმულებს, აუცილებლად მნიშვნელოვანი ბმულები უნდა გამოვყოთ თეთრი ფერით, რათა ისინი ადვილად მოხვდეს თვალში მომხმარებელს.

სურ.1-ზე მოცემულია არასაკმარისი კონტრასტის მაგალითი. ლამაზი განლაგება, ლამაზი ფორმის, მარტივი სილუეტი, როგორც ფონზე ნავიგაცია გამოიყურება საკმაოდ ორგანულად. მაგრამ არსებობს დიდი პრობლემები. არ არის საკმარისი კონტრასტი ადვილი კითხვადობისთვის. ნაცრისფერი ტექსტი მდებარეობს რუხი ფონზე, მთელი გვერდი ფონზე ასევე ნაცრისფერი. უარესდება მდგომარეობა მცირე ზომის ტექსტისა და ლოგოს გამო. საიტის ლოგო არის ძალიან პატარა, და ეს არის საიტის ძალიან მნიშვნელოვანი ელემენტი, რადგან ის მინიშნებს მომხმარებელს, თუ რომელ გვერდზეა ინფორმაცია.



სურ.1 არასაკმარისი კონტრასტის მაგალითი

კონტრასტის განსაზღვრა

როდესაც ვებ საიტზე ვირჩევთ ფერს ტექსტისთვის და ფონისთვის, მნიშვნელოვანია რომ ავირჩიოთ ფერთა ისეთი წყვილი რომელსაც აქვს საკმარისი კონტრასტი ფერებს შორის. ვებ დიზაინში საერთო ფერის კონტრასტს აქვს ორი კომპონენტი:

ელფერის სხვაობა (ცნობილია როგორც ფერთა განსხვავება) და **ნათელი/მუქი** (განსხვავება, რომელიც ცნობილია როგორც სინათლის სხვაობა (brightness difference)). რაც უფრო მაღალია კონტრასტი ტექსტსა და ფონს შორის უფრო კითხვადია ვებ გვერდი.

ვებ დაპროგრამებაში, ფერი განისაზღვრება წითელის, მწვანის და ცისფერის საშუალებით. ფერის RGB -ის მაჩვენებელი სამი ციფრისგან შედგება. თითოეული მოიცავს 0-255-მდე მნიშვნელობას. (ან 00 დან FF მდე თექსვემეტობით ფორმატში). მაგალითად, ღია ყვითელის მაჩვენებელი არის 255, 248, 150.

ფერის კონტრასტი გამოსათვლელად უნდა ვიცოდეთ ტექსტისა და ფონის RGB მაჩვენებლები. რომელსაც ჩავსვამთ ქვემოთ განხილულ ფორმულაში.

სინათლის სხვაობის გამოთვლა

სინათლის სხვაობის გამოთვლისთვის შემოვიღოთ აღნიშვნა ტექსტის წითელს, მწვანეს და ლურჯს მივანიჭოთ R_1, G_1, B_1 . ხოლო ფონისას- R_2, G_2, B_2 . ინდექსი. მაშინ ტექსტის ფერის სინათლის ინდექსი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$(299R_1 + 587G_1 + 114B_1)/1000.$$

შესაბამისად, სინათლის ინდექსი ფონის ფერისთვის იქნება:

$$(299R_2 + 587G_2 + 114B_2)/1000.$$

სინათლის სხვაობა გამოითვლება ორ ინდექსს შორის სხვაობით.

თუ სინათლის სხვაობა მეტია 125 -ზე ფერებს აქვთ საკმარისი ნათელი/ მუქი კონტრასტი. მაგალითად ტექსტის ფერი არის მუქი ყავისფერი $R_1 = 60, G_1 = 30, B_1 = 20$ და ვთქვათ უკანა ფონის ფერი არის ღია ლურჯი $R_2 = 180, G_2 = 200, B_2 = 255$.

მაშინ ტექსტის სინათლის სხვაობა იქნება:

$$(299*60 + 587*30 + 114*20)/1000 = 38.$$

ფონისთვის სინათლის სხვაობა იქნება:

$$(299 \cdot 180 + 587 \cdot 200 + 114 \cdot 255) / 1000 = 200.$$

აქედან გამომდინარე $200 - 38 = 164$ ამ ორ ფერს აქვს საკმარისი ნათელი/ მუქი კონტრასტი.

ფერთა სხვაობის გამოთვლა

ფერთა სხვაობა ტექსტსა და ფონს შორის გამოითვლება შემდეგი გამოსახულების მიხედვით:

$$| R_1 - R_2 | + | G_1 - G_2 | + | B_1 - B_2 |$$

თუ ფერთა სხვაობა არის 500-ზე მეტი, მაშინ ელფერის კონტრასტი არის საკმარისი. და თუ მისი მნიშვნელობა 500-ზე ნაკლებია მაშინ ეს ნიშნავს რომ ელფერი ერთმანეთის მსგავსია. ელფერის სხვაობა მუქი ყავისფერი ტექსტისთვის ღია ლურჯზე იქნება:

$$| 60 - 180 | + | 30 - 200 | + | 20 - 255 |$$

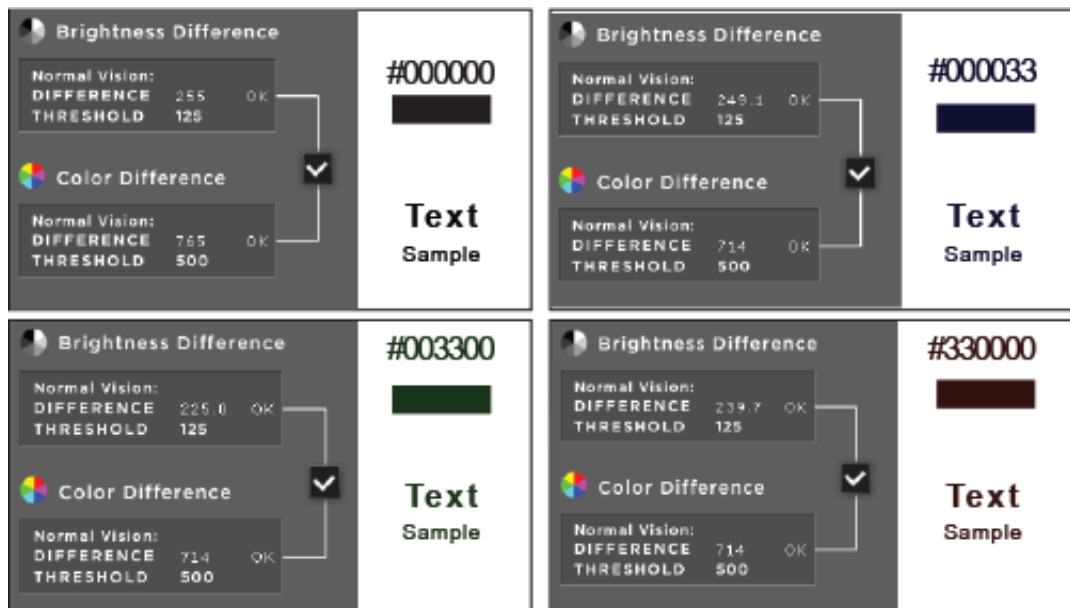
$$= 120 + 170 + 235 = 525$$

მიღებული მნიშვნელობა 500-ზე მეტია, ეს კი ნიშნავს, რომ კონტრასტიც საკმარისია.

მთლიანი ფერის კონტრასტი

W3 კრიტერიუმით მიღებულია, რომ ტექსტის და ფონის ფერებს საკმარისი კონტრასტი აქვთ როდესაც სინათლის სხვაობა არის 125-ზე მეტი და ელფერის სხვაობა 500-ზე მეტი. თუ ამ ორიდან ერთ-ერთი არ არის შესაბამისი, ფერებს არ ექნებათ შესაბამისი კონტრასტი. ყველაზე კითხვადი კომბინაცია გადის სინათლის სხვაობისა (brightness) და ელფერის სხვაობის (hue) ტესტს. კომბინაციები რთულად წასაკითხია იმ შემთხვევაში თუ არ აქვს საკმარისი შედეგი შესაბამისი მოთხოვნისთვის.

სინათლისა და ფერის სხვაობის მაგალითი წარმოდგენილია სურ.2-ზე, სადაც გამოთვლილია კონტრასტი. ამ სურათზე წარმოდგენილ ფერებს აქვთ ყველაზე მაღალი კონტრასტის მაჩვენებელი თეთრ ფონთან მიმართებაში ტექსტის კითხვის დროს.



სურ.2 სინათლისა და ფერის სხვაობის მაგალითი

Getting Effective Colours of Webpages by Using a Contrast Algorithm

Mzia Kiknadze, Nino Gochitashvili

Summary

Therefore, degree of impact of factors (indicators) of conflict areas on the criterions of regional development should be studied to determine the problems of management of conflict areas development. Criterions of conflict areas development are many, so we have inconceivably large range of scenarios in simulated experiment. The work tries to develop the sub-range of factors with high magnitude (high degree of impact) from the range of factors of regional development. Simulation of social-political situations is effectively used for studying these problems. The work considers the tasks of modeling and studying economical sustainability on the basis of control impact and different types of experiments.

ლიტერატურა - Referenses – Література

1. <http://1stwebdesigner.com/best-colors-for-websites/>
2. <https://medium.com/>
3. <http://designformasters.info/posts/contrast/>
4. www.mintleafstudio.com
5. <http://42works.net/web-design-and-development/11-reasons-your-website-took-a-nosedive/>
6. <http://www.colorsontheweb.com/colorcontrasts.asp>
7. <http://htmlcolorcodes.com/color-picker/>
8. <http://www.uxmatters.com/>