

ISSN 0135-0765

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

ARCHIL ELIASHVILI INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

PROCEEDINGS

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

СБОРНИК ТРУДОВ

№25, 2021



თბილისი * Tbilisi * Тбилиси

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

ყოველწლიური რეცენზირებადი და რეფერირებადი სამეცნიერო ჟურნალი

Annual peer-reviewed scientific journal

Ежегодный рецензируемый научный журнал

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

PROCEEDINGS

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

СБОРНИК ТРУДОВ

№25, 2021

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებულში ძირითადად დაბეჭდილია ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ 2021 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების შედეგები.

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

The research results carried out mainly by the institute's scientists through 2021 year are given in the proceedings.

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

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2021 году.

Труды отражают три главных научных направления исследований института: теорию управления, разработку систем и устройств управления, в том числе управление в энергетических системах, и информатику.

მთავარი რედაქტორი

პროფ. ნ. ყავლაშვილი (სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი)

სარედაქციო კოლეგია

სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი:

თ. მაგრაქველიძე, ტ.მ.დ. (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

ბ. შანშიაშვილი, პროფ., ტ.მ.დ. (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

ლ. ლორთქიფანიძე, ტ.მ.კ. (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი)

ვ. გაბისონია, ტ.მ.კ.

ო. ლაბაძე, ტ.მ.დ.

მ. მიქელაძე, აკად. დოქტორი

გ. ჩიკოძე, ფილოლ. მ.დ., ფიზ.მათ.მ.კ.

ა. ჩუტკერაშვილი, აკად. დოქტორი

ნ. მირიანაშვილი, ტ.მ.დ.

ნ. ჯავაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი:

ა. ფრანგიშვილი, აკადემიკოსი

ზ. გასიტაშვილი, პროფესორი

ზ. წვერაიძე, პროფესორი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ა. ბარდაველიძე, პროფესორი

იოჰანეს კეპლერის უნივერსიტეტი, ლინცი, ავსტრია

თ. კუცია, პრივატ-დოცენტი, დოქტორი

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ.№10

ტელ.: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: martsistem@gmail.com

ვებგვერდი: <http://gtu.ge/msi/>

ნომერი ეძღვნება
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
დაარსებიდან 100 წლისთავს

The issue is dedicated to the 100th anniversary
of the Georgian Technical University

Номер посвящается 100-летию
Грузинского технического университета

სარჩევი – Contents – Содержание

მართვის თეორია – Control Theory – Теория Управления

Features and models of operation of closed-loop nonlinear systems.....9	
<i>B. Shanshiashvili</i>	
Region Innovative Projects Choice Using Multicriteria Optimizatio.....16	
<i>D.Sikharulidze, V. Gabisonia, N. Dadiani</i>	
დისკრეტული ამოცანის ამოხსნის ერთი ალგორითმის აგების მათემატიკური საფუძვლები.....21	
<i>ქ. კუთხაშვილი, ვ. გაბისონია</i>	
О возможной причине волнообразного распространения коронавирусной инфекции28	
<i>В. Хуцишвили</i>	
სალუქვამის ამონახსნები ვექტორული ოპტიმიზაციის ინტერაქტიული მეთოდების აგებისათვის.....33	
<i>ნ. კილასონია</i>	
G-ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქციის შესრულების შესახებ.....36	
<i>ქ. ოშიაძე, ნ. დადიანი, დ. ცინცაძე</i>	
არაწრფივი დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაცია უწყვეტი ვინერ-ჰამერშტეინის მოდელებით41	
<i>ბ. ავაზნელი</i>	

მართვის სისტემები და მოწყობილობები - Control Systems and Devices – Системы и устройства управления

New approaches to the calculation of biological effectiveness and synergy of drug combinations and its application in laboratory testing and field trials.....49	
<i>A. Chirakadze, N. Lomidze, M. Ambokadze, A. Gigineishvili, Z. Buachidze, M. TaktakiSvili, N. Mitagvaria</i>	
წვეთოვანი მორწყვის სისტემების ბუფერულ რეზერვუარებში წყლის დინამიკური ცვლილების კონტროლის საშუალებები.....56	
<i>ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, პ. სტავრიანიდი, თ. საანიშვილი, ვ. ბახტაძე, გ. კიკნაძე</i>	
Улучшенный робототехнический манипулятор63	
<i>Н. Кавлашвили, О. Лабадзе, П. Ставрианиди, Д. Пурцхванидзе, В. Бахтадзе, М. Церцвадзе</i>	
ზედაპირის ხორკლიანობის ტიპის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს67	
<i>თ. მაგრაქველიძე, გ. გიგინეიშვილი, ა. მიქაშავიძე, ტ. კობერიძე, ხ. ლომიძე</i>	
„ჭკვიანი“ ქსელები და მაგენერირებელი ელექტროსადგურების სტრუქტურა.....74	
<i>თ. მაგრაქველიძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩვაძე</i>	
ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები ტრანსპორტში80	
<i>ნ. მირიანაშვილი, ნ. გმელიშვილი, ნ. დადიანი, ქ. კვირიკაშვილი, ვ. ხათაშვილი</i>	
გველის ნაკბენიდან შხამის გამომწოვი მოწყობილობა85	
<i>ვ. ბახტაძე, ქ. კვირიკაშვილი, გ. კიკნაძე, პ. სტავრიანიდი, დ. ფურცხვანიძე, მ. ცერცვაძე, თ. ხუციშვილი</i>	

მობილური რობოტი.....	88
<i>ვ. ბახტაძე, ქ. კვირიკაშვილი, გ. კიკნაძე, პ. სტავრიანიძე, დ. ფურცხვანიძე, ნ. ყავლაშვილი, მ. ცერცვაძე, თ. ხუციშვილი</i>	

ინფორმატიკა – Informatics – Информатика

On Dictionary Unit Information Zone Merging	95
<i>G. Chikoidze, A. Chutkerashvili</i>	
ძველი და ახალი ინფორმაციის გადმოცემის საშუალებები.....	100
<i>ა. ჩუტკერაშვილი</i>	
ლინგვისტური ცოდნის ბაზა ქართული ენისთვის.....	105
<i>ლ. ლორთქიფანიძე</i>	
დერივაციული ლექსიკური ფუნქციების შესახებ	111
<i>ნ. ჯავაშვილი</i>	
ზედსართავი სახელების აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით	117
<i>ნ. ამირეზაშვილი</i>	
სიტყვა „გულის“ ლექსიკური გარემოს აღწერა	124
<i>ლ. სამსონაძე</i>	
Blockchain Transaction Processing Technologies.....	129
<i>I. Rodonaia, T. Bakhtadze, A. Morchiladze, M. Gegechkori</i>	
დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების თანამედროვე პრობლემები	134
<i>თ. ზარქუა, ვ. ხუციშვილი</i>	
Оценка ценности информации на модельной системе искусственного интеллекта	140
<i>В. Радзиевский, М. Микеладзе, Д. Радзиевский, И. Оконян</i>	
სამედიცინო დიაგნოსტიკის ინტელექტუალურ სისტემასთან ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობის ამოცანა	145
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი</i>	
სასწავლო ნეირონული ქსელების გამოყენება დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემების შექმნისას.....	151
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი</i>	
მცირე და საშუალო ზომის უმცირესი დაფარვის ამოცანების ამოხსნის ერთი მარტივი ალგორითმის შესახებ.....	157
<i>ნ. ანანიაშვილი</i>	
Shadow DOM ინტერფეისის გამოყენება თანამედროვე სისტემებში.....	163
<i>მ. კლოიანი</i>	
დამატებითი კრიპტოგრაფიის გამოყენება ბლოკჩეინში და მისი რეალიზება საარჩევნო სისტემაში.....	167
<i>ნ. ფილია, მ. ფხოველიშვილი, ნ. არჩვაძე</i>	

ხსოვნა- Memory - Память

ვლადიმერ გაბისონია.....	179
-------------------------	-----

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Features and models of operation of closed-loop nonlinear systems

Besarion Shanshiashvili

besoshan@hotmail.com

Abstract

The operation features of one class of closed-loop nonlinear systems is considered, which are defined by the fact, that a part of the initial material remains unprocessed up to the required condition, when passing through to the working part of the object returns to the entry of this object. They are functioning with a positive feedback and the steady movement at their output is reached only at certain values of the system parameters and under the change of the input influence within certain limits. Taking into account the peculiarities of the functioning of such systems, the class of nonlinear block-oriented models for describing the ongoing processes in such systems is defined. The equations describing the dynamics of these models are defined in the form of a nonlinear ordinary differential equation - the Riccati equation, which should be used to solve system identification problems.

Key words:

closed-loop, nonlinear, block-oriented, model, differential equation.

1. Introduction

Closed-loop nonlinear systems are widespread in chemical, mining, pulp-and-paper industry, ecologies, etc. One class of such systems are defined by the fact, that a part of the initial material remained unprocessed up to the required condition, when passing through to the working part of the object, returns to the entry of this object forming the basis of recirculation stream. Such closed-loop systems are characterized by the maximum raw material utilization and comparatively high efficiency [1]. They are complex nonlinear control objects - the steady movement at their output is reached only at the certain values of the parameters of the system and under the change of the input influence within certain limits [2].

The nonlinear systems are generally represented by block-oriented models consisting of different modifications of the Hammerstein and Wiener models [3] or general models, in particular, the Volterra [4] and Wiener [5] series and the Kolmogorov-Gabor [6-7] continuous and discrete polynomials.

When constructing models of such closed-loop systems the circumstance is that there is certain a priori information about the system should be taken into consideration. For example, for the mill of ore-dressing plant working with the closed cycle, proceeding from their functioning conditions, there is certain information about the static characteristic of the system, which can be approximated by a polynomial function of the second degree. As to the system inertance, it is considered in the form of linear dynamic - in particular, aperiodic elements [2]. Therefore, we can use block-oriented models for modeling such nonlinear systems.

At the construction system model, the most important is to choose the correct structure of the model. Usually, model structure is determined based on a priori information or depending on the physical laws of the processes that take place in the system [8]. However, the structure of the model determined in this way often has high dimension, and its application is not expedient for the solution of practical problems.

In recent years there were several papers (e.g. [9-11]) in which different aspects of estimation of structure of model by data of system input-output were considered.

In some of these works the problem of structure identification is coordinated with Zadeh's classical definition of identification that is posed as follows: classes of models and input signals are given; it is required to develop a criterion identifying the model structures from the class of models. Thus the a priori information is applied to the task of a class of models, and a posteriori information – for definition of structure of model from this class (e.g. [12-14]).

The parameter identification problem can be solved based on the use of experimental data obtained through experiments conducted in the system (e.g. [15-17]).

In the given work features and models of operation of one class of closed-loop nonlinear systems are considered, which are widespread in practice.

2. Some peculiarities of functioning of closed-loop systems

Let's analyze some peculiarities of one class closed-loop nonlinear systems functioning with closed cycle [2], the knowledge of which is necessary for further discussions.

A system structural scheme with a closed cycle is given in the fig. 1.

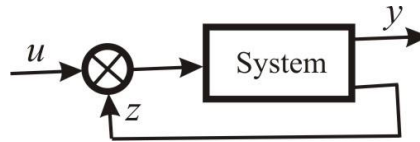


Fig.1. A system structural scheme with a closed cycle

The initial product u feeds into the systems input, in the system output a new product y and unprocessed part of raw material z (a recycle), which again feeds into the input, are produced. A total feeding implying an output value and recycle, is signed by x . According to their nature, none of the variables u, x, y, z can't be negative. According to said

$$x = u + z. \tag{1}$$

In the steady state for a system with an open cycle an equation

$$x = y + z. \tag{2}$$

is true (here of course $x=u$), and for a system with a closed cycle a quality

$$u = y, \tag{3}$$

that follows from the balance of the materials weighting quantities, incoming and out coming from the system in the time unit.

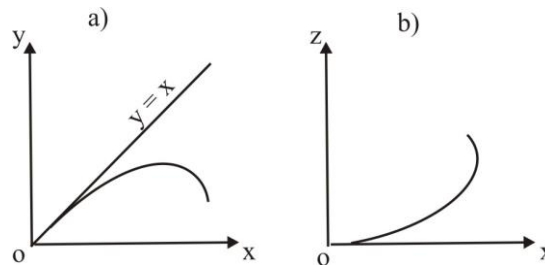


Fig.2. System static characteristic with an open cycle:
 a) for a direct channel,
 b) for a feedback channel

For an object with an open cycle of a characteristic $y=f(x)$ and $z = q(x)$ (fig. 2, a), b)) are essentially nonlinear and are static characteristics. The characteristic $z = q(x)$ is the addition to $y=f(x)$ up to a straight line $y=x$.

Proceeding from the features of systems working with a closed cycle, it is conditionally possible to pick out the direct channel and the channel of a feedback. There is a transformation of an initial material to the ready product with the direct channel, and there is a movement of a recycle in the system with the channel of a feedback. In practice usually the ready product is transferred to the following cycle of technological process and the initial material and the recycle are measured. The knowledge of mathematical model of the channel of a feedback enables constructions of model for the whole system.

Earlier, for the representation of systems with the closed cycle two types of nonlinear models were considered: Hammerstein and Wiener models with unit feedback [2] (Fig. 3).

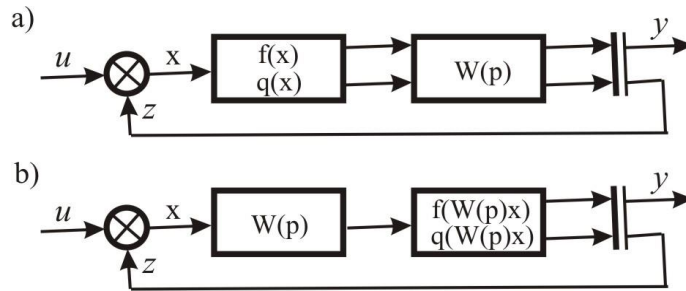


Fig.3. Nonlinear models of closed-loop systems:
a) Hammerstein model.
b) Wiener model.

3. Class of Models

Let's consider the set of the continuous block-oriented models for presentation of the feedback channel:

$$L = \{s_i | i = 1,2,3,4\}, \quad (4)$$

where s_1 - linear model with nonlinear feedback, s_2 -nonlinear model with linear feedback, s_3 and s_4 - Hammerstein and Wiener models with unit feedback. (Fig. 4).

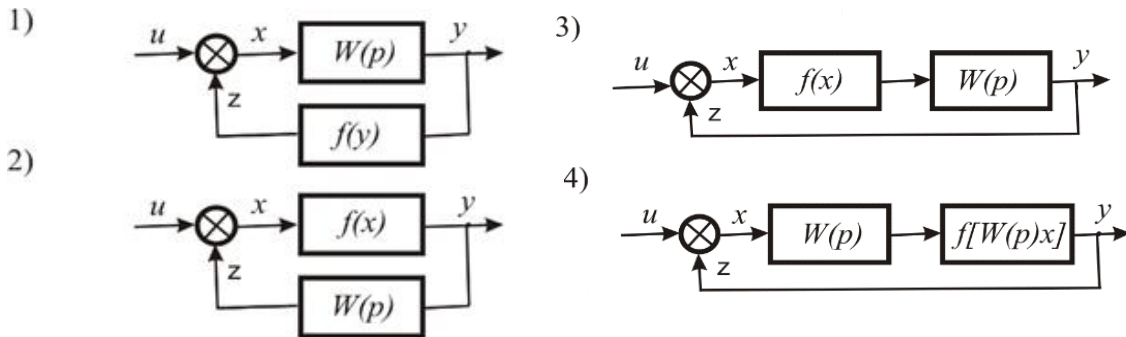


Fig.4. The block-oriented models with feedback: 1) linear model with nonlinear feedback; 2) nonlinear model with linear feedback; 3) Hammerstein model with unit feedback; 4) Wiener model with unit feedback.

3.1. Equations of Models

Models of sets (4) are described by the equations:

- **linear model with nonlinear feedback**

$$y(t) = W(p)\{u(t) + f[y(t)]\}; \quad (5)$$

On the basis of the a priori information, it is supposed that the nonlinear static element, which is the part of block-oriented models with feedback, is described by the polynomial function of the second degree:

$$f(x) = c_1x + c_2x^2, \quad (6)$$

where c_1, c_2 are coefficients and the free member c_0 is absent, since there is no signal on the output of system with feedback at the zero input signal.

The transfer functions of the linear dynamic elements have the following form:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1}, \quad (7)$$

where T - time constant, p designates the differentiation operation $p \equiv d/dt$.

If we consider expressions (6) and (7) in expression (5) after several transformations, we get that the model is described by the ordinary nonlinear differential equation of the first order - Riccati equation:

$$\dot{y} = -\frac{1}{T}(1 - c_1)y(t) + \frac{1}{T}c_2y^2(t) + \frac{1}{T}u(t). \quad (8)$$

- **nonlinear model with linear feedback**

$$y(t) = W^{-1}(p)\{f^{-1}[y(t)] - u(t)\}, \quad (9)$$

If we consider expression (6), we get

$$f^{-1}(y) = -\beta + \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y}, \quad (10)$$

where

$$\beta = \frac{c_1}{2c_2}. \quad (11)$$

If we consider expressions (7) and (10) in (9), we get nonlinear ordinary differential equation with variable parameters:

$$\dot{y} = -\frac{2}{T}y + \frac{2c_2}{T}\left\{[Tu(t) + u(t) + y + \beta]\sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y} - \beta^2\right\}, \quad (12)$$

investigation of which is associated with mathematical difficulties.

In the expression (10), a positive sign is placed in front of the radical due to physical considerations.

let's enter designation

$$\nu = \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y}, \quad (13)$$

then equation (12) can be transformed to the following form:

$$\dot{\nu} = -\frac{1}{T}\nu + \frac{c_2}{T}\nu^2 + \dot{u}(t) + \frac{1}{T}u(t) + \frac{1}{T}(\beta - c_2\beta^2) \quad (14)$$

and

$$y = c_2\nu^2 - c_2\beta^2. \quad (15)$$

- **Hammerstein model with unit feedback**

$$y(t) = W(p)f[y(t) + u(t)], \quad (16)$$

If we consider (6) and (7) expressions in equation (16), we get nonlinear differential equation with variable parameters::

$$\dot{y} = -\frac{1}{T}[1 - c_1 - 2c_2u(t)]y + \frac{c_2}{T}y^2 + \frac{c_1}{T}u(t) + \frac{c_2}{T}u^2(t). \quad (17)$$

Let's compose the model equation with respect to the variable x :

$$x = W(p)f[x + u(t)]. \quad (18)$$

Equation (18) can be transformed into the following form by considering the expressions (6) and (7):

$$\dot{x} = -\frac{1-c_1}{T}x + \frac{c_2}{T}x^2 + \dot{u}(t) + \frac{1}{T}u(t) \quad (19)$$

and

$$y = x - u(t). \quad (20)$$

• **Wiener model with unit feedback**

$$y(t) = W^{-1}(p)f^{-1}[y(t)] - u(t), \quad (21)$$

If we consider (7) and (10) expressions in equation (21), we get:

$$\dot{y} = -\frac{2}{T}y + \frac{2c_2}{T} \left\{ [u(t) + y + \beta] \sqrt{\beta^2 + \frac{1}{c_2}y - \beta^2} \right\}. \quad (22)$$

By use designation (13) equation (22) can be transformed to the following form:

$$\dot{\nu} = -\frac{1}{T}\nu + \frac{c_2}{T}\nu^2 + \frac{1}{T}u(t) \frac{1}{T}(\beta - c_2\beta^2) \quad (23)$$

and y is defined by (15).

Thus, the output signals of the set models (4) are related to the input signals by the following equations:

- linear model with nonlinear feedback – by differential equation (8);
- nonlinear model with linear feedback – by differential equation (14) and function (15);
- Hammerstein model with unit feedback - by differential equation (19) and function (20);
- Wiener model with unit feedback - by differential equation (23) and function (15).

It should be noted that while solving the problems of structural and parametric identification of this class of the continuous block-oriented models, it will be necessary to solve the Riccati differential equations: (8), (14), (19), (23) which is associated with certain mathematical difficulties.

4. Conclusion

In this work the peculiarities of one class closed-loop nonlinear systems functioning with closed cycle is considered. Such systems are defined by the fact, that a part of the initial material that remained unprocessed up to the required condition, when passing through to the working part of the object, returns to the entry of this object forming the basis of recirculation stream. Nonlinear systems with closed cycle are widespread in chemical, mining, pulp-and-paper industry, ecologies, etc. They are functioning with positive feedback and the steady movement at their output is reached only at the certain values of the system parameters and under the change of the input influence within the certain limits.

This work defines the class of nonlinear block-oriented models for describing the ongoing processes in such systems, taking into account the peculiarities of the functioning of the systems with closed cycle. The equations describing the dynamics of these models are defined in the form of a nonlinear ordinary differential equation - the Riccati equation, which should be used to solve system identification problems. The identification problems of such nonlinear systems get specific forms, depending on their functioning features. When carrying out the experiment in such systems it is necessary to consider the conditions of stability of each movement at the output, since such movements can become steady under same values of the system parameters. Besides, when obtaining the expressions of the output variables of the closed nonlinear systems analytically it is necessary to solve nonlinear differential equation that is connected with mathematical difficulties.

ჩაკეტილი არაწრფივი სისტემების ფუნქციონირების თავისებურებები და მოდელები

ბესარიონ შანშიაშვილი

რეზიუმე

განიხილება ერთი კლასის უკუკავშირიანი არაწრფივი სისტემების ფუნქციონირების თავისებურებები, რომლებიც განისაზღვრება იმით, რომ საწყისი მასალის ნაწილი, რომელიც გადაუმუშავებელი რჩება საჭირო კონდიციამდე ობიექტის სამუშაო ნაწილის გავლისას, უბრუნდება ამავე ობიექტის შესასვლელს. ისინი ფუნქციონირებენ დადებითი უკუკავშირით და მათ გამოსასვლელზე მდგრადი მოძრაობა მიიღწევა მხოლოდ სისტემის პარამეტრების გარკვეული მნიშვნელობებისა და შემავალი სიგნალის ცვლილებისას გარკვეულ საზღვრებში. ასეთი სისტემების ფუნქციონირების თავისებურებების გათვალისწინებით, განსაზღვრულია არაწრფივი ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების კლასი სისტემებში მიმდინარე პროცესების აღწერისათვის. განტოლებები, რომლებიც აღწერს ამ მოდელების დინამიკას, განისაზღვრება არაწრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური რიკატის განტოლების სახით, რომელიც გამოყენებული უნდა იქნას სისტემის იდენტიფიკაციის პრობლემების გადასაჭრელად.

Особенности и модели функционирования замкнутых нелинейных систем

Виссарион Шаншиашвили

Резюме

Рассматриваются особенности работы одного класса замкнутых нелинейных систем, которые определяются тем, что часть исходного материала, оставшаяся необработанной до требуемого состояния, при прохождении рабочей части объекта возвращается на вход этого объекта. Они функционируют с положительной обратной связью и устойчивое движение на их выходе достигается только при определенных значениях параметров системы и при изменении входного воздействия в определенных пределах. С учетом особенностей функционирования таких систем определен класс нелинейных блочно-ориентированных моделей для описания протекающих в таких системах процессов. Уравнения, описывающие динамику этих моделей, определены в форме нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения - уравнения Риккати, которое следует использовать для решения задач идентификации систем.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Nagiev M.F. Theoretical Foundation of Recirculation Processes. Academy of Sciences of the USSR, Moscow, 1962. (in Russian).
2. Arefiev B.A. Inertial Processes Optimization. (Mashinostroenie, Leningrad, 1969. (in Russian).
3. Haber R & Keviczky L Identification of nonlinear dynamic systems. In: Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation, part 1. Institute of Control Sciences, Moscow, 1976, pp. 62-112.
4. Volterra V. Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations. Dover Publ., New York, 1959.
5. Wiener N. Nonlinear Problems in Random Theory. Wiley, New York, 1958.
6. Kolmogorov A. N. Interpolation and extrapolation of stationary random series. Bulletin of the Academy Sciences of USSR, Mathematical series. No. 5, 1941, pp. 3-14.
7. Gabor L, Wilby PL., Woodcook R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. In: Proc. of the IE, part B, vol. 108, issue 40, 1961, pp.422-433.
8. Eykhoff, P. System Identification. Parameter *and* State Estimation. John Wiley and Sons Ltd, London, 1974.
9. Haber R., Unbehauen H. Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. Automatica. 26(4), 1990, pp. 651-667.

10. Shanshiashvili B.G. Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous-time systems. Preprints of the 9 th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation, vol. 1, Budapest, 1991, pp. 640 – 643.
11. Block-oriented Nonlinear System Identification. Eds. F. Giri, and E.-W. Bai, Springer, Berlin, 2010.
12. Salukvadze M., Shanshiashvili B. Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle. Inter. Jou. of Information Technology & Decision making, vol.12, no. 2, 2013, pp. 179-199.
13. Karabutov N. Structural identification of nonlinear dynamic systems. International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA), vol.7, no.9, 2015,. pp.1-11.
14. Shanshiashvili B., Prangishvili A. Structure identification of continuous nonlinear dynamical systems. Procedia Computer Science, vol. 112, 2017, pp. 1032-1043.
15. Schoukens M., Tiels K. Identification of block-oriented nonlinear systems starting from linear approximations: A survey. Automatica, vol. 85, 2017, pp. 272-292.
16. Giordano G., Sjöberg J. (2018). Maximum Likelihood identification of Wiener-Hammerstein system with process noise. IFAC-PapersOnLine, vol. 51, issue 15, 2018, pp. 401-406.
17. Shanshiashvili B., Rigishvili T. Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. ScienceDirect. IFAC PapersOnLine Volume 53, Issue 2, 2020, Pages 10695–10700.

Region Innovative Projects Choice Using Multicriteria Optimization

Dali Sikharulidze, Vladimer Gabisonia, Nugzar Dadiani

dali_sx@yahoo.com

Abstract

Region economic development requires innovations. The choice of innovative projects by regional leadership must be done on the basis of detailed analyzing, taking into account the following four main criteria: demand on production, prescribed by project; the increase of the number of jobs and the wages of workers and employees; the growth of gross regional product with the minimal environmental pollution; minimal moral damage of the population as a result of deforestation, artificial flooding of the territories, destruction of cultural monuments and forced relocation of local population. In the article the problem of region innovative projects choice is formulated as the problem of integer-valued multicriteria optimization, that by the criteria linear convolution method is reduced to the problem of binary linear programming, solving, for example, using the program BYNTPROG of MATLAB.

Key words:

binary multicriteria optimization. T.Saaty's method

Region innovative activity demands well-researched analysis and estimation of new projects for regional leadership in the form of recommendations for subsequent decision making about projects prospectivity and feasibility of their unforcement on the region territory. As many practical problems, choosing entertainable variants from the set of proposed innovative projects is the problem of binary multicriteria optimization. Giving model is an attempt of project estimation formulating in the form of binary multicriteria optimization problem, unlike [1]. The risks, attending every new initiation are not considered in the model. They may be considered on the next stage. For constructing of such difficult models it is necessary to create a council of qualified and authoritative experts which fairly and rightly evaluates important quantities taking into account the interests of the region population.

Let us denote by:

n - the number of investors (projects);

t_i - the time of the implementation of i -th project (in years) $i = 1, 2, \dots, n$;

r - the rate of discounting;

θ - coefficient, making the i -th project profit correction during t_i years, taking into account total quantity of federal and regional taxes;

q_i - one-time costs at the initial moment of i -th project (in monetary units);

p_{ij} - profit from i -th project in j -th year in monetary units, $j = 1, 2, \dots, t_i$;

E_i - concentrating (mass) of pollution substances in kg-s per 1 m^2 or 1 m^3 of the ground or air on the total territory of region during the period of t_i years of i -th project implementation;

E - acceptable extreme level of pollution concentrating throughout the entire region in kg-s;

μ - coefficient of main regional and local taxes;

k - accepted coefficient of social effectiveness;

k_i - accepted coefficient of social - economic effectiveness of i -th project;

k_{si} - employees and workers wages average level in i -th project;

N_p - the number of jobs in the region;

Let

$$J_i = \begin{cases} 0, & \text{if the project isn't innovative;} \\ 0.5, & \text{if it contains innovation elements;} \\ 1, & \text{if the project is innovative} \end{cases} \quad (1)$$

The coefficient J_i of innovativeness of the i -th project is estimated by experts. The profit of i – th project (discounted) is

$$L_i = \theta \sum_{j=1}^{t_i} \frac{p_{ij}}{(1+r)^j} - q_i$$

We introduce Boolean variables

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{if } i \text{ – th project will be carried out;} \\ 0, & \text{if will not.} \end{cases}$$

The first criteria is the i – th Project output demand, its importance for the country economic progress, w_i , $i = 1, 2, \dots, n$, that is fixed by experts. These weighted factors may be determined according T.Saaty's method [2].

The functional is:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n w_i x_i \rightarrow \max$$

The second criteria for the project choice is maximal profit:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n L_i x_i \rightarrow \max$$

with the constraints:

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

$$x_i \in \{0,1\};$$

$$\sum_{i=1}^n x_i E_i \leq E \quad ; \quad (2)$$

$$k_i \geq k;$$

$$J_i \geq 0.5, i = 1, 2, \dots, n,$$

where

$$k_i = \eta_1 \left(\frac{N_p + N_{pi}}{N_p} \right) + \eta_2 \left(\frac{k_{si} + k_s}{k_s} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

is the social – economic effectiveness of i -th project, it is the weighted sum of growths of jobs number and wages of i – th project; η_1 and η_2 are weights of jobs number and wages increase in i – th project fixed by experts; m is the given maximal number of innovative projects in the region.

The regional leadership will not accept the projects with the social-economic factor k_i less, than acceptable extreme level k . In the model, the extreme level is implied given.

The third criteria is maximization of gross regional product. In the model it is implied, that pollution fine is the function of pollution size.

Let S_i denote the fine for environmental pollution during the implementation of i – th project .The form of this function depends on specific conditions . We assume, that it is directly proportional to the pollution size:

$$S_i = GE_i,$$

where

$$G = \begin{cases} \gamma, & E_i \leq \frac{E}{3}, \\ C\gamma, & \text{if } \frac{E}{3} < E_i \leq \frac{2E}{3}, C \gg 1, \\ MC\gamma, & \text{if } E_i > \frac{2E}{3} \end{cases} \quad (3)$$

γ is monetary unit, accepted for fine; C, M -factors, fixed by experts.

The gross regional product increase during t_i years as a result of i – th project implementation may be calculated as follows [1]:

$$V_i = RL_i - S_i - G^* \gamma E_i \quad (4)$$

where R is the coefficient,taking into account the rates of major regional taxes, the third term in (4) is necessary monetary resourses for correction of prospective ecological damage, caused by implementation of i - th project, or for natural resourses reviving and for innovation of water purification new systems.The need to introduce this term is due to the fact, that at the time of designing it is impossible to estimate fully the damage for region, caused by the project realization. Both R and G^* are given.

The third functional is

$$F_3 = \sum_{i=1}^n V_i x_i \rightarrow \max$$

Some innovative projects implementation despite the economic gain is associated with deforestation, artificial flooding of territories, destruction of cultural monuments, that causes the moral damage of the region and country population, its migration, therefore at the time of project estimation it is necessary to take this facts into account, in spite of the fact, that it is difficult to fix the price of the moral damage caused by forced relocation of the population from native places according the i – th project . Let us denote by

μ_i - amount of monetary compensation for relocatable families according to the i – th project;
 λ_i - the cost of forest area to be cleared according to the i – th project in monetary units ;
 φ_i -the cost of floodable area , according to the i – th project in monetary units;
 ψ_i – the world standard cost of destructible culturul monuments according to the i – th project in monetary units;

Let us denote by b_i -the factors of acceptability of i – th project for the population of the region:

$$b_i = \omega_1 \mu_i + \omega_2 \lambda_i + \omega_3 \varphi_i + \omega_4 \psi_i ;$$

$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ are weight factors fixed by experts . So the fourth functional is

$$F_4 = \sum_{i=1}^n b_i x_i \rightarrow \min$$

Let

$$L_i^* = \frac{L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}; \quad V_i^* = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}; \quad b_i^* = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

In these notations the problem looks like this:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_{i=1}^n w_i x_i \rightarrow \max \\ F_2^* &= \sum_{i=1}^n L_i^* x_i \rightarrow \max \\ F_3^* &= \sum_{i=1}^n V_i^* x_i \rightarrow \max \\ F_4^* &= \sum_{i=1}^n b_i^* x_i \rightarrow \min \end{aligned}$$

with the constraints (1)-(3). The experts council fixes the priorities among these four criteria and weight coefficients $\Omega_l, l = 1, \dots, 5$, for combining these four factors with the fifth coefficient J_i of the project being innovative, in one criterion (the method of criteria linear convolution). By this way the problem reduces to the problem of binary linear programming problem

$$\sum_{i=1}^n (\Omega_1 L_i^* + \Omega_2 V_i^* + \Omega_3 b_i^* - \Omega_4 w_i) x_i + \Omega_5 J_i \rightarrow \max$$

with the constraints:

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

$$\sum_{i=1}^n x_i E_i \leq E ;$$

$$k_i \geq k;$$

$$x_i \in \{0,1\}; J_i \geq 0.5, i = 1, 2, \dots, n,$$

It can be solved using the function BINTPROG of MATLAB. The solution of this problem is a set of projects, recommended to the regional leadership as the best compromise choice.

**რეგიონისთვის ინოვაციური პროექტების შერჩევა მრავალკრიტერიული
ოპტიმიზაციის გამოყენებით**

დალი სიხარულიძე, ვლადიმერ გაბისონია, ნუგზარ დადიანი

რეზიუმე

რეგიონის ეკონომიკური განვითარება ითხოვს ინოვაციების შემოტანას. ინოვაციური პროექტების შერჩევა ხელმძღვანელობის მიერ უნდა ხდებოდეს დეტალური ანალიზის საფუძველზე შემდეგი ოთხი ძირითადი კრიტერიუმის გათვალისწინებით: მოთხოვნა პროექტით გათვალისწინებულ პროდუქციაზე, სამუშაო ადგილების რაოდენობის და ხელფასების გაზრდა, შიდა მთლიანი პროდუქტის გაზრდა გარემოს მინიმალური დაზიანებით, მოსახლეობისთვის მინიმალური მორალური ზიანის მიყენება, რასაც იწვევს ტყეების გაჩეხვა, ტერიტორიების ხელოვნური დატბორვა, კულტურული ძეგლების განადგურება და ადგილობრივი მოსახლეობის იძულებითი გადასახლება. სტატიაში ინოვაციური პროექტების შერჩევის ამოცანა ჩამოყალიბებულია, როგორც მთელრიცხვა

(ბინარული) ოპტიმიზაციის ამოცანა, რომელიც კრიტერიუმთა წრფივი ნახვევის მეთოდით დაიყვანება ბინარული წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე, მისი ამოხსნა შესაძლებელია, მაგალითად, MATLAB-ის BINTPROG პროგრამის საშუალებით.

Выбор инновационных проектов для региона с использованием многокритериальной оптимизации.

Дали Сихарулидзе, Владимир Габисония, Нугзар Дадияни

Резюме

Экономическое развитие региона требует введения инноваций. Выбор инновационных проектов руководством региона должен происходить на основе детального анализа с учетом четырех основных критериев: спрос на продукцию, предусмотренную проектом, рост количества рабочих мест и зарплаты, увеличение валовой продукции региона с минимальным загрязнением окружающей среды, минимальный моральный ущерб населению вследствие вырубки лесов, искусственного затопления территорий, уничтожения памятников культуры и вынужденного переселения местного населения. В статье задача выбора инновационных проектов сформулирована как целочисленная задача многокритериальной оптимизации, которая методом линейной свертки критериев сводится к задаче бинарного линейного программирования, которую можно решить, к примеру, при помощи программы Buntprog Matlab-a.

ლიტერატურა–References–Литература

1. Жуков А.В. Модель многокритериальной оценки оптимальной стратегии развития субъекта экономики //Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика. 2011. № 20. С. 105–123. URL: http://eprints.tversu.ru/1606/1/19950136_2011_1_zhukov.pdf
2. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh. 1990

დისკრეტული ამოცანის ამოხსნის ერთი ალგორითმის აგების მათემატიკური საფუძვლები

ქეთევან კუთხაშვილი, ვლადიმერ გაბისონია

kkutkhashvili@yahoo.com, L.gabis@yahoo.com

რეზიუმე

დისკრეტული და კომბინატორული ამოცანების უმრავლესობისთვის ამონახსნის პოვნა გადარჩევის გზით ხდება. მათში გამოთვლების რაოდენობა ამოცანის განზომილების ზრდასთან ერთად ექსპონენციალურად იზრდება. ზოგიერთი ასეთი ამოცანისათვის შესაძლებელია ეფექტური ალგორითმის აგება. დისკრეტული ამოცანების ამოხსნის მეთოდების დამუშავების ძირითადი არსი მდგომარეობს ისეთი ეფექტური ალგორითმის აგებაში, რომელიც არ მოახდენს სრულ გადარჩევას. ეფექტური ალგორითმის ცნება დაკავშირებულია ამოცანის ამოხსნისთვის საჭირო გამოთვლითი რესურსების (მანქანური დრო, მეხსიერება და ა.შ.) ხარჯვასთან. სამუშაო დისკრეტული ამოცანის ამოხსნის ერთი ეფექტური ალგორითმის აგების მათემატიკურ დასაბუთებას ეძღვნება.

საკვანძო სიტყვები:

დისკრეტული; ოპტიმალური; განრიგი; მათემატიკური მოდელი; ალგორითმი

ამოცანის დასმა და ალგორითმის აგების მათემატიკური საფუძვლები

რესურსების გარკვეული სიმრავლის საშუალებით უნდა შესრულდეს დავალებათა მოცემული სისტემა, რომელზეც გარკვეული შეზღუდვებია დადებული. საჭიროა დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობის დადგენის ეფექტური ალგორითმის აგება, რომელიც ოპტიმალობის რაიმე ზომის მიღწევის საშუალებას მოგვცემს. ოპტიმალობის ზომად სისტემის შექმნაზე გაწეული ფინანსური დანახარჯების მინიმიზაცია განვიხილოთ. დროს, რომელიც საჭიროა ალგორითმის მუშაობისათვის, ფუნქციის სახით თუ გამოვსახავთ, რომელიც ამოცანის განზომილებაზე იქნება დამოკიდებული, მაშინ ამოცანის სირთულეზე შეიძლება ვიმსჯელოთ ამ ფუნქციის მნიშვნელობის მიხედვით. ამოცანის განზომილებას ვუწოდებთ იმ შემავალ მონაცემთა მოცულობას, რომელიც საჭიროა ამოცანის ასაღწერად.

ფუნქციას, რომელიც ამოცანის შემავალ (დავალებათა რაოდენობა) n სიგრძეს ამ ამოცანის ამოსახსნელად აგებული ალგორითმის მიერ დახარჯულ მაქსიმალურ დროს შეუსაბამებს, აგებული ალგორითმის დროითი სირთულე ეწოდება. ამიტომ ალგორითმის სირთულე განიხილება როგორც n -ზე დამოკიდებული ფუნქცია.

ალგორითმის ეფექტურობის შესაფასებლად იყენებენ ალგორითმის პოლინომიალურობასა და ექსპონენციალობას.

განმარტება. ვიტყვი, რომ $f(n)$ ფუნქცია არის $O(g(n))$, თუ არსებობს ისეთი მუდმივი c რიცხვი, რომ $|f(n)| \leq c|g(n)|$ ნებისმიერი $n \geq 0$ მნიშვნელობისთვის.

განმარტება. ალგორითმს ეწოდება პოლინომიალური, თუ მისი დროითი სირთულე არის $O(p(n))$, სადაც $p(n)$ - რაიმე პოლინომიალური ფუნქციაა, ხოლო n - შემავალი პარამეტრის სიგრძეა. ცხადია, რომ პოლინომიალური ალგორითმის შედგენას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს განსაკუთრებით დიდი n - ის შემთხვევაში.

პოლინომიალური ალგორითმის შედგენა შესაძლებელია განრიგის ამოცანისათვის. ამ ამოცანებში შემავალი პარამეტრებია პროცესორების m რიცხვი, სისტემაში მოხვედრილ დავალებათა n რაოდენობა და დროითი ინტერვალის სიგრძე, რომელიც საჭიროა ყველაზე უფრო ხანგრძლივი დავალების შესასრულებლად. ალგორითმის გამოსავალი არის განრიგი, რომელიც შეიძლება მოცემული იყოს სხვადასხვა სახით.

როგორც ცნობილია, განრიგი ეწოდება $S = S(t) = \{S_1(t), S_2(t), \dots, S_m(t)\}$ m უბან-უბან მუდმივი, მარცხნიდან უწყვეტი ფუნქციების ერთობლიობას, რომელთაგან თითოეული მოცემულია $0 \leq t < \infty$ შუალედზე და იღებს მნიშვნელობებს $0, 1, \dots, n$. ამასთან, თუ $s_l(t') = k \neq 0$, რომელიმე $t = t'$, მაშინ $s_h(t') \neq k$ ნებისმიერი $1 \leq l \neq h \leq m$ გამოსახულება $s_l(t') = k \neq 0$ ნიშნავს, რომ დროის $t = t'$ მომენტში ერთი მოწყობილობა ემსახურება k დავალების შესრულებას. თუ $s_l(t') = 0$, მაშინ დროის $t = t'$ მომენტში l მოწყობილობა თავისუფალია.

განრიგი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

სისრულის პირობა. ნებისმიერი $1 \leq k \leq n$ –თვის არსებობს ისეთი l და $0 \leq t < \infty$, რომ $S_l(t) = k$, ხოლო თუ ასეთი l -ები რამდენიმეა, მაშინ ამ ინტერვალის სიგრძეთა ჯამი, რომლებზეც $S_l(t) = k, k \neq 0, l = 1, \dots, m$, ტოლია τ_k (წყვეტების შემთხვევა).

დასამუშავებლად მზადყოფნის პირობა. $S_l(t) \neq k, l = 1, \dots, m$, როცა $t < d_k, t = 1, \dots, n$. სადაც $d_k \geq 0$ არის k დავალებათა სისტემაში მოხვედრის დროითი მომენტი.

ყოველ S განრიგს შეესაბამება $\vec{t}(S) = (\vec{t}_1, \vec{t}_2, \dots, \vec{t}_n)$ ვექტორი, რომლის i -ური კომპონენტი ξ_i დავალების დამთავრების დროითი მომენტია.

განმარტება. ყოველთვის, როდესაც პროცესორი თავისუფლდება, მასზე ინიშნება შეუსრულებელი, მზადყოფნაში მყოფი დავალება იმ დავალებათაგან, რომელთაც აქვთ უფრო მაღალი დონე (ბოლო წვეროდან უფრო შორს მდგარი). ასეთი სახით შედგენილ განრიგს დონური განრიგი ეწოდება.

თეორემა. თუ დავალებათა სისტემის შესაბამისი გრაფი $(X, <)$ არის ხე, ამასთან, სისტემაში მოხვედრილ თითოეულ დავალებას აქვს თანაბარი შესრულების დრო, მაშინ დონური სტრატეგია მინიმალური სიგრძის უწყვეტი განრიგის აგების საშუალებას იძლევა.

S განრიგის შედგენა გულისხმობს ინდექსების $\{1, 2, \dots, n\}$ სიმრავლის დაყოფას m ბლოკებად B_1, \dots, B_m , რომელთაგან ზოგიერთი შეიძლება ცარიელიც იყოს. აგრეთვე გულისხმობს B_i ელემენტის α_i გადასმებს.

ბლოკი B_i შეიცავს იმ ინდექსებს, რომლებიც i -ურ პროცესორებზე უნდა შესრულდეს, ხოლო α_i ამ ინდექსებით მონიშნული დავალებების შესრულების თანმიმდევრობას გვიჩვენებს $1 \leq i \leq m$. S განრიგის ხარისხი ხასიათდება უბან-უბან უწყვეტი, ნამდვილი, მონოტონურად ზრდადი ფუნქციით $F(\vec{x}) = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, როცა $\vec{x} = \vec{t}(S)$.

პრაქტიკაში მიღებულია, $F(\vec{x})$ ფუნქცია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად: ყოველ $\xi_k, k = 1, 2, \dots, n$ დავალებას შევუსაბამოთ რაიმე უბან-უბან უწყვეტი არაკლებადი ფუნქცია - ე.წ. $\phi_k(x_k)$ საჯარიმო ფუნქცია. რომელიც გადასახადის იმ რაოდენობას გამოსახავს, რაც საჭიროა თუ ამ დავალების შესრულება დამთავრდება დროის $x_k = \xi_k$ მომენტში. განრიგის ხარისხი ხასიათდება ჯამური განრიგით, ანუ

$$F(\vec{t}(S)) = \sum_{k=1}^n \phi_k(\xi_k) \quad (1)$$

$$\text{ან} \quad F(\vec{t}(S)) = \max_{1 \leq k \leq n} \{\phi_k(\xi_k)\}. \quad (2)$$

სამართლიანია შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1. თუ $m=1$ და $F(\vec{x})$ არაკლებადი ფუნქციაა, მაშინ ნებისმიერი S განრიგისთვის არსებობს ისეთი S^* ,

$$F(\vec{t}(S^*)) \leq F(\vec{t}(S)) \quad (3)$$

და განრიგს შეიძლება ჰქონდეს წყვეტები არაუმეტეს, ვიდრე $d_k, k=1, 2, \dots, n$, წერტილებში.

შედეგი. თუ $d_k=0$ $k=1,2,\dots,n$, მაშინ, როცა $m=1$ და $F(\bar{x})$ არაკლებადი ფუნქციაა, არსებობს ოპტიმალური განრიგი.

განვიხილოთ სიმრავლე ყველა იმ n განზომილებიანი ვექტორებისა, რომელთა კომპონენტებიც $0, 1$ ან -1 რიცხვებია. ვიგულისხმობთ, რომ $F(\bar{x})$ ფუნქცია მონოტონურად ზრდადია ყველა თავისი არგუმენტის მიმართ და, მაშასადამე, ყველა მიმართულებით, რომელიც განისაზღვრება $\bar{e} \in E$ არაუარყოფითკომპონენტებიანი ვექტორით. თუ არსებობს

$\bar{x} = \bar{x}_0$ ვექტორი და $\alpha > 0$ რიცხვი ისეთი, რომ $F(\bar{x}_0) < F(\bar{x}_0 + \alpha\bar{e})$, მაშინ $F(\bar{x}_0) \geq F(\bar{x}_0 - \beta\bar{e})$ ყველა $\beta > 0$ -სთვის. $\bar{x} > 0$ ვექტორი, რომელზეც განსაზღვრულია $F(\bar{x})$ ფუნქცია, არ უნდა შეიცავდეს m -ზე მეტ კომპონენტს. $F(\bar{x})$ ფუნქციას, რომელიც აღნიშნულ თვისებებს აკმაყოფილებს, კვაზიჩაზნეილი ფუნქცია ეწოდება.

თეორემა 2. თუ $m \geq 1$, $d_k=0$, $k=1,2,\dots,n$ და $F(\bar{x})$ კვაზიჩაზნეილი ფუნქციაა, მაშინ ნებისმიერი S განრიგისთვის არსებობს მომსახურების ისეთი უწყვეტი S^* განრიგი, რომ $F(\bar{t}(S^*)) \leq F(\bar{t}(S))$.

აღვნიშნოთ D_k -თი, $k=1,2,\dots,n$, ის დროითი მომენტი, რომლისთვისაც დამთავრებული უნდა იყოს ξ_k დავალება. შევნიშნოთ, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც $d_k \geq 0$,

$$D_k = D, k=1,2,\dots,n, \quad (4)$$

იმისათვის, რომ ამოცანას ჰქონდეს ამოხსნა, ე.ი. არსებობდეს განრიგი რომელიც უზრუნველყოფს ყველა დავალების შესრულების წინასწარ განსაზღვრულ დროში, საჭიროა სრულდებოდეს შემდეგი უტოლობები $\bar{N} = \{i_1, i_2, \dots, i_m\} \leq N$ - სთვის

$$d_k + \tau_k \leq D, k = \bar{1}, n, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m (d_{i_j} + \tau_{i_j}) + \sum_{k=i_m+1}^n \tau_k \leq Dm. \quad (6)$$

იმისათვის, რომ დასმული ამოცანა ალგორითმის სახით ჩამოვყალიბოთ, პროცესორების სიმრავლე დავყოთ ქვესიმრავლეებად შემდეგნაირად:

$$\cup_{i=1}^n Q_i = P, \quad Q_i \cap Q_j \neq \emptyset, \quad (7)$$

სადაც, $Q_i = \{P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_{k_i}}\}$ ისეთი მოწყობილობებია, რომელთაგან თითოეულზე შესაძლებელია ξ_i დავალების შესრულება, ხოლო ინდექსი გვიჩვენებს ასეთი პროცესორების რაოდენობას. $\{a_j\}_{j=1,\dots,n}$ წონები მუდმივი სიდიდეებია, დროითი ინტერვალი არის $[T, T']$, რომლის განმავლობაშიც უნდა შესრულდეს $X = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n\}$ სისტემის ყველა დავალება. ნაწილობრივი დალაგების სიმრავლე " $<$ " ცარიელია, რაც იმას ნიშნავს, რომ უპირატესობა არც ერთი დავალების შესრულებას არ ენიჭება. ამიტომ ასაგები ხის პირველ საფეხურზე ვიხილავთ მთლიან X სიმრავლეს.

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ განშტოება, ამ სიმრავლიდან უნდა ამოვარჩიოთ ინდექსი, რომელსაც უპირატესობას მივანიჭებთ. ამისათვის შევნიშნოთ, რომ თეორემა 2-ის პირობები სრულდება და შეიძლება აიგოს განრიგი, რომელიც სისტემაში მოხვედრილ ყველა

$\xi_i, i = 1, \dots, n$ დავალების შესრულებას დირექტიულ დროში უზრუნველყოფს. ჩვენი მიზანია $N = \{1, 2, \dots, n\}$ სიმრავლის დაყოფა m არათანამკვეთ B_i ბლოკებად $B_i \cap B_j = \emptyset$ და $\cup_{i=1}^m B_i = N$.

ამასთან, უნდა ავაგოთ α_i ვექტორები, რომლებიც ამ დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობას გვიჩვენებენ და ავაგოთ ისეთი ასახვა $\rho: S^* \rightarrow [t_1, t_2]$, რომელიც თეორემა 2-ის პირობებს დააკმაყოფილებს. ამისათვის შევარჩიოთ დონური სტრატეგია და შევეცადოთ ვარიანტების ხის აგებას.

შემოვიღოთ აღნიშვნები: დროითი მომენტები, რომლებიც შეესაბამება X სიმრავლის ელემენტებს, აღვნიშნოთ t_i -ით, ხოლო რომლებიც შეესაბამებიან P სიმრავლის ელემენტებს - t_p -თი. (7)-ის თანახმად თითოეული ξ_i დავალების შესრულება შესაძლებელია $Q_i \subset P$ სიმრავლის ნებისმიერ მოწყობილობაზე $P_{i_j}, j=1,\dots,k_i$ და ამ დავალების შესრულებას ვერ შევუსაბამებთ $P \setminus Q_i$ სიმრავლის ვერც ერთ ელემენტს. ამასთან, იგულისხმება, რომ პროცესორები T' მომენტამდე დაკავებული იყვნენ ადრე დაწყებული სამუშაოებით. მაშინ

ცნობილი უნდა იყოს ასეთი სამუშაოების დამთავრების დროითი მომენტები. აღვნიშნოთ ისინი $\overline{t_{p_j}}$, $j=1,2,\dots,m$. ცხადია, რომ $T' \leq \overline{t_{p_j}} < T''$. შემოვიღოთ განშტოების მთვლელი k , როცა $k=1$, მთელი X სიმრავლე ექვემდებარება განაწილებას. შევადგინოთ მატრიცა A^1 შემდეგნაირად: $a_j^{(1)}$ სვეტში ამოვწეროთ ყველა ის ელემენტი X სიმრავლიდან, რომელთა შესრულებაც j -ურ პროცესორზე შესაძლებელი. ამ მატრიცის სვეტების რაოდენობა არის m , ხოლო სტრიქონების რაოდენობა იცვლება იტერაციების მიხედვით. ყოველი k -ური განშტოებისთვის შევადგინოთ ვექტორი $\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)}$ შემდეგნაირად: ყოველი ξ_i -სთვის ამოვარჩიოთ

$$\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)} = \min_{j \in Q_i} \overline{t_{p_j}}, \quad t_{\xi_i}^{(k)} = \max(d_i, \min_{j \in Q_i} \overline{t_{p_j}}). \quad i=1,2,\dots,n. \quad (8)$$

ყველა დავალებისთვის, რომელიც მოხდება სისტემაში, გამოითვლება მათთვის მუშაობის დაწყების შესაძლო მომენტში და აგრეთვე, შეიცვლება ის პროცესორები, რომლებიც თავისუფალია და მათი შესაბამისია. ასეთი დავალების შესაძლებლობა შესაძლებელია და ამის შემდეგ გადავდივართ შემდეგ დონეზე. ამოვარჩევთ დავალებას, რომელიც მზადაა შესასრულებლად და რომელსაც უპირატესობას მივანიჭებთ. გამოვყოთ X სიმრავლიდან დავალებათა $X_1^{(k)} \subset X$ ქვესიმრავლე შემდეგნაირად: შევარჩიოთ ის ξ_i , რომლისთვისაც $(t_{\xi_i}^{(k)} + \tau_i)$ მინიმალურია. ასეთი ξ_i იყოს $\xi_{(k)}^*$ და მისი შესაბამისი პროცესორის ნომერი კი $j_{(k)}^*$, ხოლო ეს მინიმალური მნიშვნელობა იყოს η , ამრიგად, $\eta = \min_{\xi_i \in X_1^{(k)}} (t_{\xi_i}^{(k)} + \tau_i)$. $\xi_{(k)}^*$ დავალება და ყველა ის ξ_i დავალება, რომლისთვისაც სრულდება პირობები

$$\begin{aligned} t_{\xi_i}^{(k)} &< \eta, \\ \tilde{t}_{\xi_i}^{(k)} - t_{\xi_i}^{(k)} &\geq 0 \\ j_{(k)}^* &\in Q_i, \end{aligned} \quad (9)$$

იქნება $X_1^{(k)}$ სიმრავლის ელემენტი. ამ სიმრავლის ნებისმიერი ელემენტი ექვემდებარება მუშაობის დაწყებას. შეიძლება დავამტკიცოთ შემდეგი თეორემა:

თეორემა 3. (9) პირობები ოპტიმალური ამონახსნის მიღების აუცილებელი პირობებია.

დამტკიცება: ვთქვათ, n სრულ გადანაცვლებათა სიმრავლეა. ვაჩვენოთ, რომ k -ურ იტერაციაზე $N \setminus X_1^{(k)}$ სიმრავლე ოპტიმალურ ამონახსნს არ შეიცავს. $j^* \in Q_i$ ჩართვის თანახმად, ამოირჩევა ის დავალებები, რომლებიც შეიძლება შესრულდეს $j_{(k)}^*$ პროცესორზე. $t_{\xi_i}^{(k)} < \eta$ პირობის დაცვა საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ამ დავალებათაგან ისეთების შერჩევა, რომლებიც მზადაა შესასრულებლად. ეს პირობა გულისხმობს დროზე დადებულ შეზღუდვის შესრულებას $d_i \leq t_{\xi_i}^{(k)}$. ამ შემთხვევაში შესაბამისი პროცესორი თავისუფალია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ξ_i დავალების შესრულების დაწყება $\xi_i^{(k)}$ მომენტში შეუძლებელია. ამდენად, (9) პირობის პირველი უტოლობა და ჩართვა წარმოადგენს აუცილებელ პირობებს. ახლა ვაჩვენოთ, რომ უტოლობა $\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)} - t_{\xi_i}^{(k)} \geq 0$ არ მოკვეთს ისეთ შტოს, რომელიც ოპტიმალურ ამონახსნს შეიცავს.

ვთქვათ, დავალებათა მთელი სიმრავლე განაწილებულია და მიღებული გვაქვს რაიმე S_i გრაფიკი, რომლის თანახმადაც ერთ-ერთი j_v პროცესორისთვის B_v ჯგუფებს და α_v ვექტორებს შეესაბამება.

ცხადია, რომ თუ B_i ბლოკებს შორის არსებობს ერთი ელემენტი მაინც, რომლისთვისაც

$$t_{p_v}^{(k)} \leq d_i < t_{\xi_i}^{(k)}, \quad (10)$$

მაშინ ასეთი $B_i^{(v)}$ და $B_i^{(v)}$ -ს ადგილების შეცვლით j_v -ური პროცესორის მუშაობა უფრო ეფექტური გახდება და მისი მოცდენა შემცირდება $t_{\xi_i}^{(k)} - d_i$ სიდიდით. ეს გადანაცვლება შესაძლებელია, რადგან $B_1^{(v)}, B_2^{(v)}, \dots, B_i^{(v)}, \dots$ ერთი და იგივე ქვესიმრავლის ელემენტები არიან.

ახლა ვთქვათ, არსებობს რომელიმე $B_i^{(l)}$, რომლისთვისაც (4) სრულდება, მაგრამ $l \neq v$. რომ არ მოგვეთხოვა $\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)} - t_{\xi_i}^{(k)} \geq 0$ უტოლობის შესრულება, მაშინ X სიმრავლეში მოხვდებოდა ყველა ის დავალება, რომლის შესრულებაც შესაძლებელია და რომელსაც $j_{(k)}^*$ პროცესორი შეესაბამება. (9) პირობით X სიმრავლიდან ის დავალებები უნდა ამოვარდეს, რომლებიც იწვევენ პროცესორის მოცდენას. თუ $B_i^{(l)}$ ბლოკის დავალებას გადავსვამთ $B_1^{(k)}$ ბლოკში, ამით მივიღებთ ახალ განრიგს \mathcal{N} და, ცხადია, $\rho(\omega_1) > \rho(\omega_2)$, ვინაიდან, \mathcal{N} განრიგი j_v პროცესორის მოცდენას იწვევს, რასაც (10) პირობა მოითხოვს. ამიტომ \mathcal{N} განრიგის შესაბამისი წყობა j_v -ური პროცესორისათვის X სიმრავლიდან ვერ ამოვარდება. ამით თეორემა დამტკიცებულია.

ახლა ავიღოთ X_1 სიმრავლიდან ნებისმიერი ξ_{i_k} ელემენტი და ჩავთვალოთ, რომ მისი შესრულება დავიწყეთ P_{j_k} პროცესორზე. P_{j_k} პროცესორი აკმაყოფილებს (1) - (4) პირობებს. ξ_{i_k} დავალებისათვის გამოვთვალოთ (2) - (4) ფორმულებში აღნიშნული ρ_1 და ρ_2 მნიშვნელობები. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ τ_i და $\omega_i (i = 1, 2, \dots, n)$ არის რაიმე პარამეტრზე დამოკიდებული ფუნქციები, რომლებიც ცხადი სახით მოიცემიან. ამ ალგორითმში ისინი არიან დროზე დამოკიდებული უბან-უბან მუდმივი ფუნქციები. შევასრულოთ $B_{j_{(k)}}^{(1)} = \xi_{(k)}^*$ და $\alpha_0^{(1)} = t_{\xi_{(k)}^*}^{(1)}$. ყოველ ნაბიჯზე უნდა მოხდეს აგებული ხის თითოეული შტოს შეფასება. თავიდან უნდა ამოვარჩიოთ (2)-(4) ფორმულებიდან ის კრიტერიუმი, რომლის მიხედვითაც გვინდა შეფასება. (2) კრიტერიუმის არჩევის შემთხვევაში უნდა შევარჩიოთ რაიმე მაქსიმალური რიცხვი, რომელსაც ვარაუდით $\rho(S^*)$ სიდიდე არ გადააჭარბებს. გამოვთვალოთ $\rho(S)$ სიდიდე (2) ფორმულის მიხედვით თითოეული k -ური შტოსთვის იმის გათვალისწინებით, რომ $\{\omega_j\}_{j=1, \dots, n}$ მოცემული სიდიდეებია, ხოლო $f_j(S_k) = t_{\xi_j}^{(1)} - t_0^{(1)} + \tau_{\xi_j}^*$ და ξ_j^* არჩეულია k -ური შტოს გასწვრივ.

იმისათვის, რომ არ დაგვჭირდეს ძალიან დიდი ინფორმაციის შენახვა, თითოეული შტოს ფორმირების დროს გზადაგზა ხდება $\rho(S_k)$ სიდიდის გამოთვლა და მიღებული სიდიდეების შეჯამება. იმ შემთხვევაში, თუ ეს ჯამი რომელიმე k -ური შტოსთვის აღმოჩნდება უფრო დიდი რიცხვი, ვიდრე წინასწარ დასახელებული M რიცხვი $\rho(S_k) < M$, მაშინ ეს შტო მოიკვეთება და გადავდივართ სხვა შტოს განხილვაზე.

ამოვადგოთ $X \setminus \{\xi_{(1)}^*\}$ ელემენტი. შევცვალოთ $t_{P_{j_{(1)}}}^{(2)} = t_{\xi_{(1)}^*}^{(1)} + \tau_{i_1}$. მაშინ ξ ვექტორის სახე შეიცვლება. ავგაოთ ხელახლა ξ ვექტორი (8) ფორმულებით. თუ მთელ პროცედურას გავიმეორებთ, ამით მოვახდენთ X სიმრავლიდან ახალი შტოს გამოყოფას და მივიღებთ ახალ $X \setminus \{\xi_{(1)}^*, \xi_{(2)}^*\}$ სიმრავლეს. ამის შემდეგ $J_{(2)}^*$ პროცესორზე $t_{\xi_{(2)}^*}^{(2)}$ მომენტში $\xi_{(2)}^*$ დავალება დაინიშნება და გამოითვლება $\rho_1 = \max(\rho_1, t_{\xi_{(2)}^*}^{(2)} + \tau_{i_2})$ და $\rho_2 = \rho_2 + (t_{\xi_{(2)}^*}^{(2)} + \tau_{i_2} - d_{i_2}) * \omega_{i_2}$.

X სიმრავლიდან კვლავ სდება ξ_{i_2} ელემენტის ამოგდება და ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ X სიმრავლე ცარიელი არ აღმოჩნდება. ამით შესაძლო ვარიანტების ხე აგებულია და გამოთვლილია რაიმე S_1 განრიგისთვის ρ_1, ρ_2 ფუნქციები.

შემდეგ ეტაპზე უნდა მოვახდინოთ იმ არაპერსპექტიული შტოების მოკვეთა, რომლებსაც ოპტიმალურ ამოხსნამდე ვერ მივყავართ. ამისათვის ბოლოს წინა დონიდან მიღებული X_1 სიმრავლიდან ამოვადგოთ ის ξ_k დავალება, რომელიც უკვე დაინიშნული გვაქვს. გადანაცვლებები შეგვიძლია ვაწარმოოთ X_1 ქვესიმრავლეში და არა X სიმრავლეში, რაც გამოთვლების მნიშვნელოვნად შემცირების საშუალებას გვაძლევს, ვინაიდან $\text{card } X_1 \leq \text{card } X$. ტოლობა სრულდება იმ შემთხვევაში, თუ ყველა დავალებისთვის $d_i = d \quad i=1, 2, \dots, n$, ყველა $\tau_i = \tau, \quad j=1, 2, \dots, m$ მუდმივი სიდიდეებია და პროცესორები იდენტურები არიან როგორც სწრაფმოქმედებით, ასევე ფუნქციონალური შესაძლებლობებითაც. ვინაიდან ეს შემთხვევა ტრივიალურია, და ამოცანის დასმაში იგულისხმება უფრო ზოგადი შემთხვევა, ამიტომ უტოლობა სრულდება მკაცრად.

ამრიგად, უკუსვლას ვიწყებთ ბოლო შტოდან. აგებული X_1 სიმრავლიდან ამოვავდით ბოლო ელემენტი $X_1 \setminus \{x_k$ და ბოლო შტოსთვის ავავით ახალი X_1 სიმრავლე თუ ის არ აღმოჩნდება ცარიელი, ხოლო თუ ცარიელი აღმოჩნდება, მაშინ გადავიდეთ უფრო მაღალ საფეხურზე და მისი შტოები განვიხილოთ. ამ ახალი სიმრავლის ბოლო ელემენტი დავნიშნოთ, რითიც იქნება შედგენილი ახალი განრიგი S_2 . ორივე განრიგისთვის გამოვთვალოთ $\rho(S_1)$, $\rho(S_2)$ ფუნქციონალების მნიშვნელობა ყველა კრიტერიუმისათვის. შევადაროთ ერთმანეთს და ამოვარჩიოთ საუკეთესო. საბოლოოდ ის ელემენტი იქნება დანიშნული, რომლისთვისაც მიიღწევა $(\rho(S_1), \rho(S_2)) \rightarrow \min$ და შესაბამისი ფუნქციონალის მნიშვნელობაც დავიმახსოვროთ. გადავიდეთ შემდეგ შტოზე და და პროცესი გავაგრძელოთ მანამ, სანამ ყველა საფეხურზე აგებული X_1 სიმრავლე არ აღმოჩნდება ცარიელი. ანუ, ვთქვათ, გვაქვს k -ურ იტერაციაზე მიღებულია $\rho(S_k)$, $\rho(S_k)$ მნიშვნელობები. თუ $k+1$ იტერაციის რომელიმე დონეზე აღმოჩნდა, რომ $\rho_l(S_k) \leq \rho_l(S_{k+1}), l = \overline{1,3}$, მაშინ $k+1$ -ე იტერაცია გვაძლევს უკეთეს შედეგს ვიდრე k -ური იტერაცია. როდესაც მივაღწევთ ბოლო დონეს და ამ დონეზე აგებული X_1 სიმრავლის ყველა ელემენტის გადანაცვლება იქნება ამოწურული, ამით ყველა შტოს აღმოჩნდება შეფასებული და მიღებული $\rho(S^*)$ სიდიდე იქნება დასმული ამოცანის ამონახსნი.

Mathematical basis for creating a discrete problem solving algorithm

Ketevan Kutkhashvili, Vladimir Gabisonia

Summary

The solution for discrete and combinatorial tasks is mainly found through selection. The calculation number exponentially increases together with the task dimension. It is possible to create an efficient algorithm for some tasks like these. The essence of developing methods for solving discrete problems is to build an efficient algorithm that does not lead to a total selection. An efficient algorithm is related to spending computational resources (machine time, memory, etc.) required to solve a task. The mathematical substantiation of creating an effective algorithm a discrete problem solving is considered in the work

Математические основы построения единого алгоритма решения дискретной задачи

Кетеван Кутхашвили, Владимир Габисония

Резюме

Для большинства дискретных и комбинаторных задач решение находится путем перебора. Количество вычислений в них растет экспоненциально с увеличением размерности задачи. Для некоторых таких задач можно построить эффективный алгоритм. Основной целью разработки методов решения дискретных задач - построить эффективный алгоритм, который не приводит к полному перебору.

Работа посвящена математическому обоснованию построения одного эффективного алгоритма решения дискретной задачи.

ლიტერატურა – References – Литература

- 1 Коффман Э.Г. и др. Теория расписаний и вычислительные машины. Введение в детерминированную теорию расписаний. Алгоритмы построения расписаний М.: Наука. 1984.
- 2 Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984.
- 3 კუთხაშვილი ქ., გაბისონია ვ. ალგორითმი განრიგთა თეორიის ერთი ამოცანისათვის ორი კრიტერიუმის გათვალისწინებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა „მოდესტა“, 2009 წ. გვ. 61.
- 4 გაბისონია ვ., კუთხაშვილი ქ. განრიგთა თეორიის ერთი კერძო ამოცანის შესახებ. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა „პოლიგრაფია“ 2017 წ.

О возможной причине волнообразного распространения коронавирусной инфекции

Виктор Хуцишвили

Email: otariko@yahoo.com

Резюме

Рассмотрен процесс распространения коронавирусной инфекции Covid-19 и поставлен вопрос о возможных причинах волнообразного характера этого процесса. Среди прочих выделен феномен запоздалого реагирования населения на изменение эпидемиологической ситуации, выражающегося как в недооценке опасности вируса при низком уровне его распространения, так и в максимальных мерах предосторожности при его высоком уровне. Этот феномен формализован в виде разностного уравнения с запаздыванием относительно процента заражённых среди всего населения данной страны. Приводится график решения этого уравнения для характерных значений его параметров (он имеет форму волны), а также результаты варьирования этих параметров.

Ключевые слова:

Covid-19, распространение инфекции, волна, запаздывание

1. Введение

Скоро пойдёт третий год с того момента, как на нашей планете начал распространяться новый коронавирус, затронувший здоровье более 245 миллионов населения Земли и унёсший более 5 миллионов жизней. Впервые вспышка коронавируса была зафиксирована 12 декабря 2019 года в китайском городе Ухань. 11 марта 2020 года Всемирная Организация Здоровья объявила пандемию коронавируса Covid-19. Эта пандемия вызвала самое масштабное сокращение продолжительности жизни со времён Второй мировой войны.

Статистика коронавируса показала, что инфекция распространяется волнообразно, т.е. имеются ярко выраженные периоды увеличения и уменьшения скорости её распространения. Волновой характер распространения вируса особенно сильно проявился на уровне отдельных стран [1]. Например, в Грузии в начале октября 2021 года наблюдался спад четвёртой волны, а к концу года ожидалось начало пятой волны.

Целью настоящей статьи является попытка выяснения возможных причин волнообразного распространения пандемии.

2. Основное допущение

Перед тем, как сформулировать это допущение, перечислим методы борьбы с распространением Covid-19. Это индивидуальные средства защиты и правительственные меры. К первым относятся ношение медицинских масок, соблюдение дистанции, частое использование мыла и дезинфицирующих растворов, проветривание помещений и пр. Ко вторым – карантин, дистанционная работа и учёба, запреты на коллективные мероприятия, комендантский час, остановка транспорта, локдауны. Очевидно, что жёсткие меры замедляют процесс распространения вируса, а их смягчение приводит к его ускорению. Казалось бы правительство в состоянии контролировать скорость распространения инфекции, но оказалось, что это не так. Дело в том, что действенность защиты от инфекции в большей степени зависит от добровольных индивидуальных усилий населения, чем от насильственных правительственных мер. А реакция на эпидемиологическую ситуацию довольно тривиальна – вспышка инфекции вызывает мобилизацию граждан и строгое соблюдение ими мер предосторожности, а улучшение эпидемиологических показателей – наоборот, влечёт за собой расхолаживание и несоблюдение необходимых мер.

Наше основное допущение относительно поведения населения заключается в том, что его реакция на эпидемиологическую ситуацию запаздывает в среднем на три недели. Именно это

среднее время необходимо жителям, чтобы осознать изменившуюся ситуацию и соответственно перестроиться.

3. Формулы

Мы не будем выводить дифференциальное уравнение, описывающее изменение процента заражённых (Active Cases) от общего числа жителей страны, а будем работать непосредственно с соответствующей дискретной переменной. Её значение в n -ый день обозначим через $x(n)$. Будем иметь разностное соотношение

$$x(n+1) = x(n) - Vx(n) + Cf(x(n-k))x(n),$$

где постоянная V отвечает за убыль заражённых – их большая часть выздоравливает, а малая умирает. Последний член описывает прирост заражённых, здесь C – константа, а функция f зависит от процента заражённых в день $(n-k)$ следующим образом: если $x(n-k)$ превышает некоторый психологический барьер A , то её значение равно нулю, иначе оно равно разности $A - x(n-k)$. Таким образом, время запаздывания реакции населения на эпидемиологическую ситуацию принято нами равным k дням. Предполагаем также, что в начальный период времени, равный 29 дням, процент заражённых сохраняется на низком уровне в 0.01% – этот период можно считать подавленной первой волной коронавируса.

4. Расчёты

На рис. 1 представлен график изменения процента заражённых, соответствующий представленной модели (на горизонтальной оси отложено время в днях). Расчётные параметры таковы: $V = 0.1$, $C = 0.14$, $A = 1.4\%$, $k = 21$ день. На выходе получаем волны процентного уровня заражённых с периодом около 90 дней.

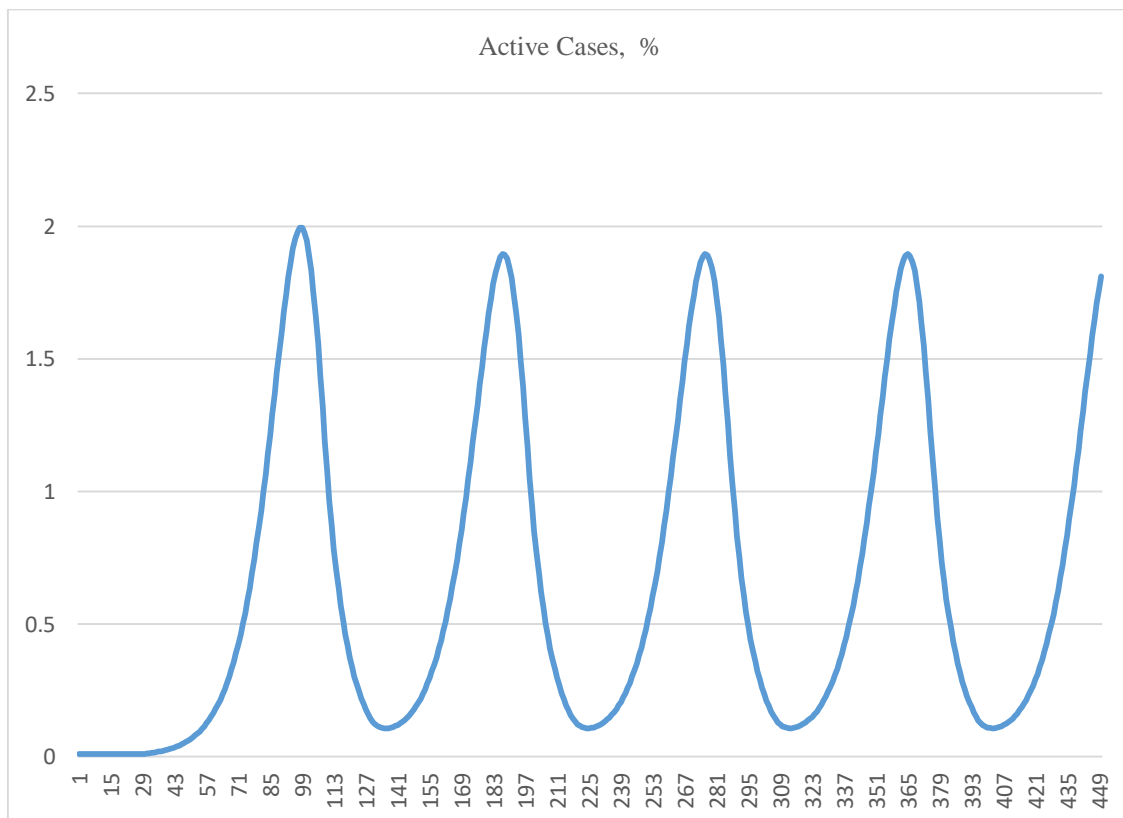


Рис. 1. Зависимость процента заражённых от времени. Основной график

На рис. 2 кроме основного графика, соответствующего $k = 21$, показаны волны при $k = 20$ и при $k = 19$. Уменьшение времени запаздывания k приводит к уменьшению амплитуды и периода волн.

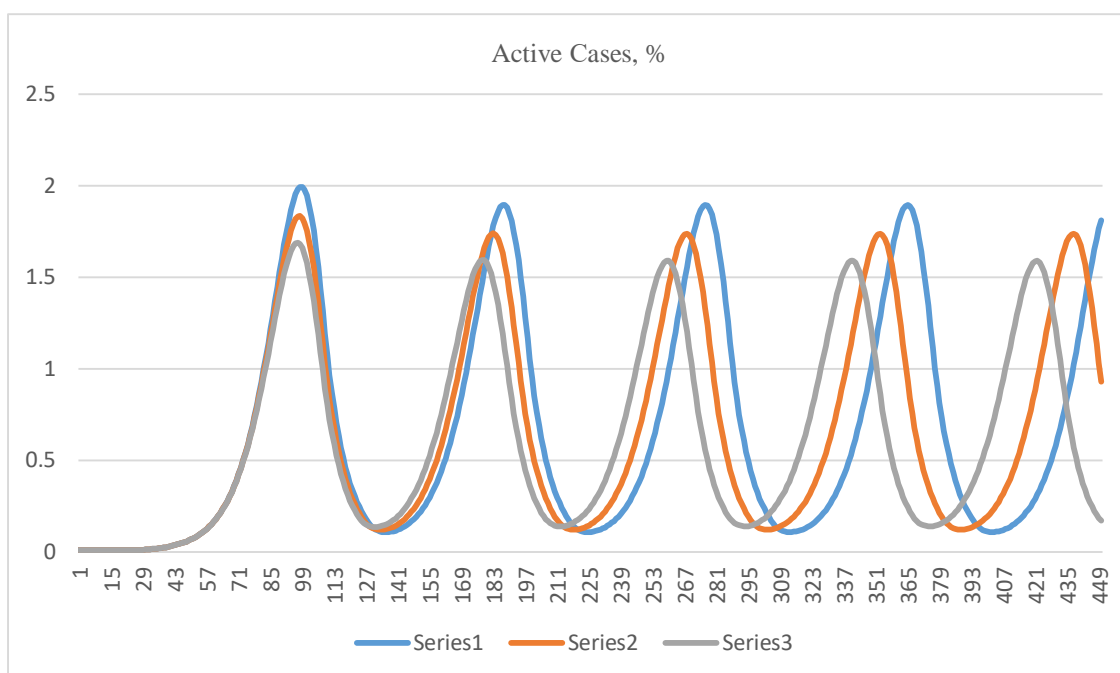


Рис. 2. Влияние уменьшения времени запаздывания k

На рис. 3 кроме основного графика, соответствующего $C = 0.14$, показаны волны при $C = 0.135$ и при $C = 0.13$. Уменьшение коэффициента пропорциональности C в выражении для скорости распространения инфекции приводит к уменьшению амплитуды и увеличению периода волн.

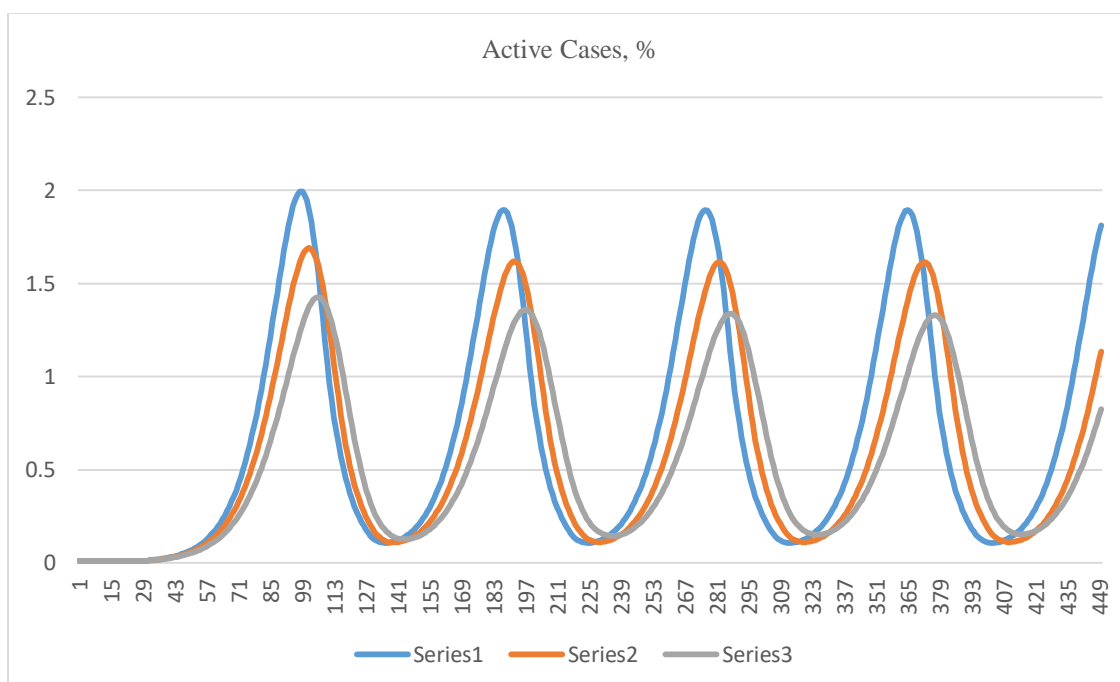


Рис. 3. Влияние уменьшения коэффициента C

О возможной причине волнообразного распространения коронавирусной инфекции

На рис. 4 кроме основного графика, соответствующего $A = 1.4\%$, показаны волны при $A = 1.35\%$ и при $A = 1.3\%$. Уменьшение значения психологического барьера A приводит к уменьшению амплитуды и увеличению периода волн.

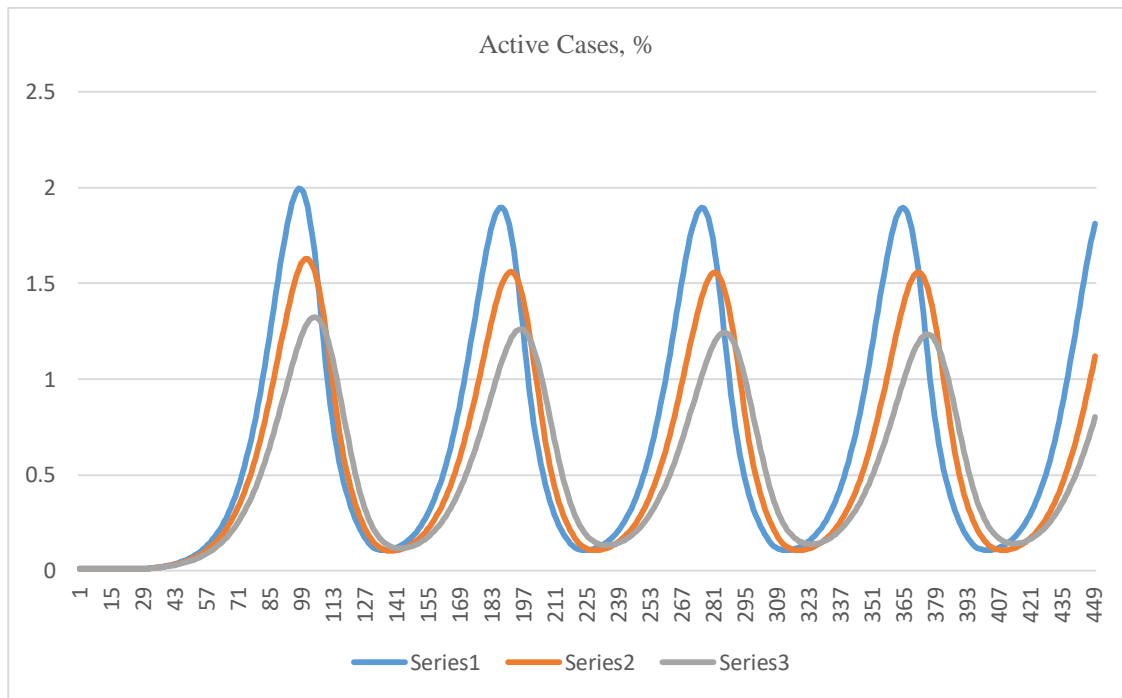


Рис. 4. Влияние уменьшения барьера A

На рис. 5 кроме основного графика, соответствующего $B = 0.1$, показаны волны при $B = 0.095$ и при $B = 0.09$. Уменьшение скорости убыли заражённых B приводит к увеличению амплитуды и уменьшению периода волн.

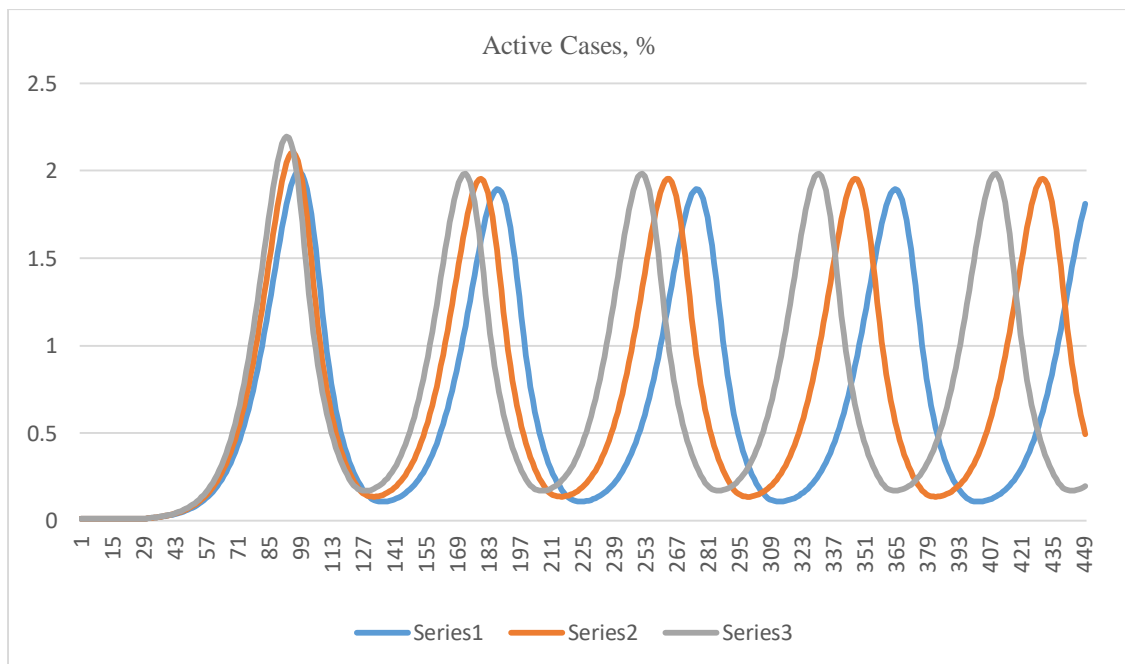


Рис. 5. Влияние уменьшения скорости убыли заражённых B

4. Заключение

Приведённые результаты на качественном уровне объясняют возможную причину волнообразного характера распространения коронавируса. Это есть некоторое запаздывание реакции населения на изменение эпидемиологической ситуации в стране. Значения параметров модели подобраны вручную и ориентированы на страну, подобную Грузии.

კორონავირუსული ინფექციის ტალღისებური გავრცელების შესაძლო მიზეზის შესახებ

ვიქტორ ხუციშვილი

რეზიუმე

განხილულია Covid-19 კორონავირუსული ინფექციის გავრცელების პროცესი და დასმულია საკითხი ამ პროცესის ტალღისებული ხასიათის შესაძლო მიზეზების შესახებ. სხვებს შორის გამოყოფილია მოსახლეობის მხრიდან ეპიდემიოლოგიური სიტუაციის ცვლილებაზე დაგვიანებული რეაქციის ფენომენი. რეაქცია გამოიხატება როგორც ვირუსის საშიშროების არაჯეროვან შეფასებაში მისი გავრცელების დაბალი დონის შემთხვევაში, ასევე უსაფრთხოების მაქსიმალურ ზომებში გავრცელების მაღალი დონის პირობებში. ეს ფენომენი ფორმალიზებულია მოცემული ქვეყნის მთლიან მოსახლეობაში ინფიცირებულთა პროცენტის მიმართ დაგვიანების შემცველი სხვაობიანი განტოლების სახით. განტოლებაში შემავალი პარამეტრების დამახასიათებელი მნიშვნელობებისთვის მოყვანილია მისი ამოხსნის გრაფიკი (მას აქვს ტალღის ფორმა), აგრეთვე პარამეტრების ვარიაციის შედეგებიც.

About the possible cause of the wave-like spread of coronavirus infection

Victor Khutsishvili

Summary

The process of the spread of coronavirus infection Covid-19 is considered and the question about the possible reasons for the wavelike nature of this process is raised. Among others, the phenomenon of a belated response of the population to a change in the epidemiological situation, expressed both in an underestimation of the danger of the virus at a low level of its spread, and in maximum precautions at a high level is highlighted. This phenomenon is formalized in the form of a difference equation with a delay for the percentage of infecteds among the entire population of a given country. A graph of the solution of this equation for the characteristic values of its parameters (it has a waveform), as well as the results of varying these parameters is given.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>

სალუქვადის ამონახსნები ვექტორული ოპტიმიზაციის ინტერაქტიული მეთოდების აგებისათვის

ნელი კილასონია

kilasonianeli1@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია სალუქვადის ამონახსნის გამოყენება ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ინტერაქტიული ალგორითმების აგებისათვის. პარეტო-ოპტიმალობის ცნების შემოტანის შემდეგ, სალუქვადის პრინციპსა და სალუქვადის ამონახსნს ვექტორული ოპტიმიზაციის თეორიაში უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავია. სტატიაში მოყვანილია ინტერაქტიული ალგორითმის მაგალითი, რომელიც ეფუძნება სალუქვადის ამონახსნებს და საწყისი ამოცანის შესაბამის მოდიფიკაციას. აღნიშნულია აგრეთვე, რომ მსგავს პრინციპზეა აგებული კიდევ ორი ინტერაქტიული მეთოდი. სამი აღნიშნული მეთოდი იყენებს ერთმანეთისაგან განსხვავებული ტიპის დამატებით ინფორმაციას, რომლის მოწოდება შეუძლია გმპ-ს (გადაწყვეტილების მიმღები პირი), ამასთან სამივე მათგანი მსგავსი სტრუქტურით გამოირჩევა და ეფუძნება სალუქვადის ამონახსნებს. მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, რომ სალუქვადის ამონახსნი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას გმპ-ს სხვადასხვა ტიპის დამატებითი ინფორმაციის შემთხვევაში ახალი ინტერაქტიული ალგორითმების კონსტრუირებისას.

საკვანძო სიტყვები:

ვექტორული ოპტიმიზაცია, ინტერაქტიული ალგორითმები, პარეტო-ოპტიმალობა, სალუქვადის ამონახსნი.

მრავალკრიტერიული (ვექტორული) ოპტიმიზაციის ამოცანას, რომელიც წარმოადგენს ბუნებაში და ადამიანური საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში არსებული მრავალკომპონენტური და წინააღმდეგობრივი პროცესების ასახვას, ზოგად შემთხვევაში გააჩნია შემდეგი სახე:

$$\max_{x \in D} Q(x), \quad D = \{x \in R^n : h_j(x) \geq 0, j = \overline{1, m}\}. \quad (1)$$

სადაც $Q(x)$ ვექტორ-ფუნქციის კომპონენტებია კრიტერიუმები $q_i(x)$, $i = \overline{1, k}$, შეზღუდვებია $h_j(x)$, $j = \overline{1, m}$, ხოლო $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ - სამიზნული ვექტორია.

მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის ამოცანა წარმოადგენს რა წინააღმდეგობრივი პროცესების ასახვას, თავისთავად გულისხმობს ოპტიმალობის განსხვავებულ გაგებას და კომპრომისული ამონახსნის არსებობას. პირველად აღნიშნული ოპტიმალობის ცნება მეცხრამეტე საუკუნის ბოლოს ჩამოაყალიბა ეკონომისტმა პარეტომ ნაშრომში [1], შემოიტანა რა ე. წ. არადომინირებადი წერტილების ცნება. პარეტო-ოპტიმალობა მდგომარეობს შემდეგში: $x^* \in D$ ეწოდება ეფექტური ანუ პარეტო-ოპტიმალური, თუ არ არსებობს ისეთი სხვა ამონახსნი $x \in D$, რომ $q_i(x) \geq q_i(x^*)$, $i = \overline{1, k}$, და ამასთან, ერთი მაინც ამ უტოლობათაგან მკაცრია.

გასული საუკუნის სამოცდაათიან წლებში გამოჩენილი ქართველი მეცნიერის აკადემიკოს მინდია სალუქვადის მიერ ჩამოყალიბებული იქნა იდეალური მანძილის მინიმიზაციის პრინციპი და შესაბამისი ამონახსნის ცნება, რომლებიც პარეტო-ოპტიმალობის შემდეგ ვექტორული ოპტიმიზაციის უმნიშვნელოვანეს ცნებებს წარმოადგენენ და რომლებიც

მსოფლიო სამეცნიერო ლიტერატურაში შესულია სალუქვადის პრინციპისა და სალუქვადის ამონახსნის სახელით. იდეალური მანძილის მინიმიზაციის მეთოდს აქვს შემდეგი სახე:

$$\min_{x \in D} R(x) = \sum_{i=1}^k \left(\frac{q_i(x)}{q_i^0} - 1 \right)^2 \quad (2)$$

$$D = \{x \in R^n : h_j(x) \geq 0, j = \overline{1, m}\},$$

სადაც $q_i^0, i = \overline{1, k}$ ოპტიმალური მნიშვნელობებია თვითოეული კრიტერიუმისათვის ცალცალკე.

ბოლო ათწლეულების მანძილზე ფართო განვითარება ჰპოვა მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ინტერაქტიულმა მეთოდებმა. ინტერაქტიული მიდგომა გულისხმობს ამონახსნის ძიების პროცესში გადაწყვეტილების მიმღები პირის (გმპ) ჩართულობას და მის ურთიერთქმედებას ალგორითმთან საბოლოო ამონახსნის ძიების პროცესში. აღმოჩნდა, რომ სალუქვადის პრინციპის გამოყენება ასეთი ტიპის ალგორითმების აგებისას საკმაოდ პერსპექტიულია. კერძოდ, ნაშრომში [3] მოყვანილია ინტერაქტიული მეთოდი, რომელიც გათვლილია ისეთ გმპ-ზე, რომელსაც არ გააჩნია დამატებითი ინფორმაცია კრიტერიუმების შესახებ და მხოლოდ მიღებული შედეგების შეფასება შეუძლია მათი დამაკმაყოფილებლობის თვალსაზრისით. სტრუქტურული მხრიდან ალგორითმი ეფუძნება სალუქვადის ამონახსნის ცნებას და საწყისი ამოცანის გარკვეული სახით მოდიფიცირებას, როგორ ფუნქციის ასევე საძიებო არის თვალსაზრისით. კერძოდ ყოველ l -ურ იტერაციაზე ხდება ახალი (1) და (2)-ისაგან განსხვავებული მოდიფიცირებული ამოცანის ამოხსნა:

$$\min_{x \in D} \bar{R}(x) = \sum_{i \in N_l^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^0} - 1 \right)^2 + \sum_{i \in N_k^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^l} - 1 \right)^2 \quad (3)$$

$$\bar{D} = D \cap D^l$$

სადაც

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

აქ $q_i^l, i = \overline{1, k}$ სალუქვადის ამონახსნებია ყოველ l -ურ იტერაციაზე, N_l^l არის ინდექსების სიმრავლე იმ კრიტერიუმებისა, რომლების მნიშვნელობებიც გმპ-ს მითითებით უნდა გაუჯობესდეს, N_k^l - რომელთა მნიშვნელობები დასაშვებია გაუარესდეს და N_A^l - რომელთა მნიშვნელობები უცვლელი უნდა დარჩეს.

მსგავს პრინციპებზეა აგებული ინტერაქტიული ალგორითმი, რომელიც მოცემულია ნაშრომში [4]. ამ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ გმპ-ს შეუძლია კრიტერიუმების რანჟირება მნიშვნელოვნების მიხედვით. მოდიფიცირებულ ამოცანაში (3) შემოდის გარკვეული წონები, რომლებიც გამოითვლება კრიტერიუმების შედარებითი მნიშვნელოვნების მიხედვით, ისევე ხდება სალუქვადის პრინციპის გამოყენება და საწყისი არის შემცირება. მსგავს მოდიფიცირებულ ამოცანას იყენებს ასევე ალგორითმი [5], რომლის შემთხვევაში გმპ-ს გააჩნია ინფორმაცია კრიტერიუმების მნიშვნელოვნების სასურველ დონეებზე, რომლებსაც წარუდგენს ალგორითმს.

სამივე აქ მოყვანილ ინტერაქტიულ მეთოდს, როგორც ვხედავთ, აქვს საერთო - სამივე ეფუძნება სალუქვადის ამონახსნების გამოყენებას და საწყისი ამოცანის მოდიფიცირებას გმპ-დან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე. ამასთან სამი აღნიშნული მეთოდი იყენებს ერთმანეთისაგან განსხვავებულ სამი ტიპის დამატებით ინფორმაციას, რომლის მოწოდება შეუძლია გმპ-ს (გადაწყვეტილების მიმღები პირი). ზემოთმოყვანილი ალგორითმების სტრუქტურა ცხადყოფს, რომ სალუქვადის ამონახსნების გამოყენებას ინტერაქტიულ მეთოდებში ფართო პერსპექტივა აქვს, და თუ გმპ-ს გააჩნია ზემოთ მოყვანილი სამი სხვადასხვა ტიპის ინფორმაციისაგან განსხვავებული ტიპის ინფორმაცია, მკვლევარს

შეუძლია ააგოს შესაბამისი ალგორითმი მსგავს პრინციპებზე სალუქვაძის ამონახსნის გამოყენებით ანალოგიურად იმისა, თუ როგორაა აღნიშნული შესრულებული განხილულ სამ მეთოდში.

Salukvadze's Solutions for Constructing Interactive Methods of Vector-valued Optimization

Neli kilasonia

Summary

The article discusses using of Salukvadze solutions in constructing interactive algorithms for the vector optimization problem. After the concept of Pareto-optimity, Salukvadze's principle and Salukvadze's solutions take important place in Vector Optimization theory. The article provides an example of an interactive algorithm based on Salukvadze's solutions and the corresponding modification of the initial problem. It is also noted that two more interactive methods are built on a similar principle. These methods use additional information of a different type that can be provided by the DM (decision-maker), and all three of them are distinguished by a similar structure and are based on Salukvadze's solutions. These examples show that Salukvadze's solutions can be used to construct new interactive algorithms in case of different types of DM's additional information.

Решения Салуквадзе для построения интерактивных методов векторной оптимизации

Нели Киласония

Резюме

В статье рассматривается использование решения Салуквадзе для построения интерактивных алгоритмов задачи векторной оптимизации. После Парето-оптимальности принцип Салуквадзе и решения Салуквадзе занимают важнейшее место в теории векторной оптимизации. В статье приведен пример интерактивного алгоритма, основанного на решениях Салуквадзе и соответствующей модификации исходной задачи. Также отмечается, что разработаны еще два интерактивных метода построенных по аналогичному принципу. Эти методы используют дополнительную информацию различного типа, которая может быть предоставлена ЛППР (лицом, принимающим решения), и все три отличаются сходной структурой и основаны на решениях Салуквадзе. Приведенные выше примеры показывают, что решение Салуквадзе может быть использовано в случае различных типов дополнительной информации ЛППР при построении новых интерактивных алгоритмов.

ლიტერატურა - References - Литература

1. Pareto V. Cours d'Economie Politique. Lousanne, Rouge, 1896.
2. Salukvadze M.E. Vector-Valued Optimization Problems in Control Theory. – New York: Academic Press, 219p. 1979.
3. Киласония Н.А. Об одном алгоритме решения задачи векторной оптимизации. - Сообщ. АН Грузии. 141,1. 1991.
4. Киласония Н.А. Об одном алгоритме решения задачи векторной оптимизации при ранжируемых критериях. - Сообщ. АН Грузии. 152,1. 1995.
5. ნ. კილასონია. ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ერთი ალგორითმის შესახებ, რომელიც იყენებს ინფორმაციას კრიტერიუმთა დასაშვებ დონეებზე. - საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 7, 2003.

G-ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქციის შესრულების შესახებ

ქეთევან ომიადე, ნუგ ზარ დადიანი, დუდუხანა ცინცაძე

Komiadze@mail.ru, dudutsin@gmail.com, nugzar_dadiani@yahoo.com

რეზიუმე

გამოკვლეულია ევკლიდეს სივრცეებში G-ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქციის შესრულების პირობები და ნაჩვენებია, რომ მისაღები შედეგები არსებითადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ რომელი სიმრავლე იქნება აღებული ევკლიდეს სამგანზომილებიან E_3 სივრცეში საკოორდინატო კუბის როლში. მიღებულია G-ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქციის შესრულების აუცილებელი და საკმარისი პირობები, როდესაც ერთეულოვანი კუბის როლში აღებულია $\Delta_3 = [0; 1]^3$ კუბი.

საკვანძო სიტყვები:

სიმრავლე, ზომათა თეორია, არაზომადი სიმრავლეები

თანამედროვე მათემატიკის შესწავლასა და კვლევაში სიმრავლეთა თეორია დიდ როლს თამაშობს. სიმრავლეთა თეორია აღებულია როგორც ბაზისი ყოველი საკვლევი მათემატიკური თეორიისა და მასზე დაყრდნობით ხდება სხვა თეორიების აგება, შესწავლა და მათი შემდგომი განვითარება.

სიმრავლეებზე განსაზღვრული ზომა წარმოადგენს ამ სიმრავლის რაღაც ტიპის ქვესიმრავლეებისათვის არაუარყოფითი რიცხვების მინიჭების წესს და ეს რიცხვი აღიქმება, როგორც შესაბამისი ქვესიმრავლის ზომა, ანუ სიმრავლეზე განსაზღვრული ზომა ეწოდება ფუნქციას, რომელიც ამ სიმრავლის ქვესიმრავლეებს არაუარყოფით ნამდვილ რიცხვებს შეუსაბამებს. მაგრამ სიმრავლეზე განსაზღვრული ზომით მისი ყველა ქვესიმრავლის გაზომვა ხშირად შესაძლებელი არაა. ამიტომ გაჩნდა იდეა, ზომა განსაზღვრულიყო სიმრავლეთა გარკვეულ კლასზე, ისე, რომ მათში არაზომადი სიმრავლის მიღება გამორიცხული ყოფილიყო.

1905 წელს ჯ. ვიტალიმ ამორჩევს აქსიომაზე დაყრდნობით ააგო ე.წ. ვიტალის არაზომადი V სიმრავლე (ვიტალის კონსტრუქცია), რომელიც ნამდვილ რიცხვთა ქვესიმრავლეს წარმოადგენს და არაზომადია ლებეგის აზრით.

მოცემულ სტატიაში ძირითადად ვისარგებლებთ ცნებებით, რომლებიც მოცემულია მაგალითად [3], [4]-სა და [5]-ში. აქ მოვიყვანოთ განმარტება, რომელთა ანალიზსაც ეხება წინამდებარე სტატია.

ვთქვათ G წარმოადგენს ნებისმიერი ბაზისური E სიმრავლის გარდაქმნების ჯგუფს, μ_G E-ზე განსაზღვრული არაგადაგვარებული G-ინვარიანტული ზომების კლასია.

ვიტყვი, რომ M_G -ზომათა კლასში სრულდება ვიტალის კონსტრუქცია, თუ ნებისმიერი $\mu \in M_G$ ზომისა და ნებისმიერი μ -ზომადი Z, $\mu(Z) > 0$, სიმრავლისათვის არსებობს $Z' \subset Z$ ქვესიმრავლე, რომელიც აბსოლუტურად არაზომადია μ ზომის გაგრძელებათა მიმართ μ_G კლასიდან.

ვთქვათ E სიმრავლის როლში აღებულია ევკლიდეს n-განზომილებიანი E_n სივრცე, G ჯგუფი წარმოადგენს ყველა პარალელური გადატანის π_n ჯგუფის რაიმე ქვეჯგუფს, ხოლო μ_G ყველა G-ზომათა კლასია.

ნაშრომ [2]-ში გამოკვლეულია G-ზომათა სხვადასხვა გეომეტრიული თვისება ევკლიდეს სივრცეებში, რომელიც დაკავშირებულია ამ სივრცეებში G-ზომათა კლასის მიმართ აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლეების არსებობასთან და აგრეთვე ვიტალის

კონსტრუქციის შესრულებასთან ზომათა იგივე კლასში. კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ მისაღები შედეგების ხასიათი არსებითადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ რომელი სიმრავლე იქნება აღებული ევკლიდეს სივრცეში საკოორდინატო კუბად. როდესაც ერთეულოვანი კუბის როლში აღებულია $\Delta_n =]0; 1[$ ღია კუბი, დადგენილია G -ზომათა კლასის მიმართ აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლეების არსებობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები (იხ. მაგ. [1]). ნაშრომ [2]-ში კი მოყვანილია აუცილებელი და საკმარისი პირობები ვიტალის კონსტრუქციის შესრულებისათვის ყველა G -ზომათა კლასში. თუმცა, როგორც ნაშრომი [1]-დან ირკვევა, თუ ერთეულოვანი კუბის როლში ავიღებთ $\Delta_n = [0; 1]^n$ ჩაკეტილ კუბს, [1]-ში დადგენილი პირობები არასაკმარისი G -ზომათა კლასის მიმართ აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლეების არსებობისათვის, ხოლო [2]-ში მოყვანილი პირობები არასაკმარისი ვიტალის კონსტრუქციის შესრულებისათვის ყველა G - ზომათა კლასში.

ჩვენ შევისწავლეთ ზემოხსენებული საკითხები, როცა E სიმრავლის როლში აღებულია ევკლიდეს 3-განზომილებიანი E_3 სივრცე, G ჯგუფი წარმოადგენს ყველა პარალელური გადატანის π_3 ჯგუფის რაიმე ქვეჯგუფს, μ_G ყველა G -ზომათა კლასია, ერთეულოვანი კუბის როლში კი აღებულია კუბი $\Delta_3 = [0; 1]^3$. ნაშრომ [5]-ში მიღებულია, G - ზომათა კლასის მიმართ, აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლეების არსებობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები, როდესაც ერთეულოვანი კუბის როლში აღებულია $\Delta_3 = [0; 1]^3$ კუბი. წინამდებარე სტატია ეძღვნება ვიტალის კონსტრუქციის შესრულების აუცილებელი და საკმარისი პირობების დადგენას იგივე შემთხვევაში.

სანამ მიღებულ შედეგებს ჩამოვყალიბებთ, გავიხსენოთ, რომ π_n ჯგუფის ნებისმიერი ქვეჯგუფი G წარმოადგენს E_n სივრცის რაიმე ვექტორული $V \subset G$ ქვესივრცისა და V -ს დამატებით ქვესივრცეში მდებარე რაიმე დისკრეტული ქვეჯგუფის პირდაპირ ჯამს. (იხ. მაგ.[4]). შესაბამისად, π_3 -ის ნებისმიერი არადისკრეტული ქვეჯგუფი G შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც პირდაპირი ჯამი E_3 -ის რაიმე ქვესივრცეში ყველგან მკვრივი $G_0 \subset G$ ქვეჯგუფისა და დისკრეტული ჯგუფისა, რომელიც წარმოქმნილია ვექტორების წრფივად დამოუკიდებელი სასრული $(a_i)_{i=1,r}$ ოჯახით $E_3 \setminus V$ ქვესივრციდან, სადაც $\dim(V+r)=3$.

H -ით აღვნიშნოთ $\bigcup_{g \in V} (\Delta_3)g$ გაერთიანება, რომელსაც ვუწოდოთ ჩაკეტილი ზოლი. სამართლიანია შემდეგი დებულება:

თეორემა 1. ვთქვათ $\Delta_3 = [0; 1]^3$, G წარმოადგენს π_3 ჯგუფის ქვეჯგუფს, რომლისთვისაც ვექტორული ქვესივრცე V შეიცავს რომელიმე საკოორდინატო ღერძს.

მაშინ G -ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქცია სრულდება მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა:

- ა) G ჯგუფი არადისკრეტულია;
- ბ) G ჯგუფის რანგი 3-ის ტოლია;
- გ) $(\forall)(1 \leq i \leq r) \Rightarrow [(H + a_i) \cap H] \neq \emptyset$, სადაც $\dim V+r=3$.

დამტკიცება. აუცილებლობა. დავუშვათ რომ G ჯგუფი დისკრეტულია. განვიხილოთ ოჯახი $(g(\Delta_3))_{g \in G}$. ცხადია, რომ ერთეულოვან $\Delta_3 = [0; 1]^3$ კუბს არაცარიელი თანაკვეთა ექნება მოცემული ოჯახის კუბების მხოლოდ სასრულ რაოდენობასთან. ავირჩიოთ ჩაკეტილი კუბის ნებისმიერი t წერტილი, რომელიც არ ეკუთვნის $(g(\Delta_3))_{g \in G}$ ოჯახის Δ_3 -თან თანამკვეთი არც ერთი კუბის საზღვარს. $\bigcup_{g \in G} \{g(t)\}$ აღვნიშნოთ T -თი. ვთქვათ $\text{card}(\Delta_3 \cap T) = q, q > 0$ და ყოველი $y \subset E_3$ სიმრავლისათვის დავუშვათ რომ

$$\lambda(y) = \begin{cases} \frac{1}{q} \text{card}(y \cap T), & \text{card}(y \cap T) < \kappa_0 \\ +\infty, & \text{card}(y \cap T) \geq \kappa_0 \end{cases}$$

ამრიგად, E_3 სივრცის მთელ ბულეანზე განსაზღვრულია G -ზომა, ე.ი. ვიტალის კონსტრუქცია არ სრულდება G -ზომათა კლასში.

თუ არ სრულდება ბ) ან გ) პირობები, მაშინ $(g(\Delta_3))_{g \in G}$ ოჯახი არ წარმოადგენს E_3 სივრცის დაფარვას. დავაფიქსიროთ $E_n \setminus \bigcup_{g \in G} g(\Delta_3)$ სხვაობიდან x წერტილი, წარმოვქმნათ

ორი $X = \bigcup_{g \in G} \{g(x)\}$ და $Y = \bigcup_{g \in G} \{g(\Delta_3)\}$ სიმრავლე. განვიხილოთ E_3 სივრცის S ქვესიმრავლეებისაგან წარმოქმნილი σ -რგოლი, რომლის ელემენტები $X' \cup Y'$ სახის სიმრავლეებია, სადაც X' არის X სიმრავლის ქვესიმრავლე, ხოლო $Y' \cap X'$ სიმრავლის ლებეგის აზრით ზომადი ქვესიმრავლე.

$$\lambda(X' \cup Y') = \begin{cases} \text{card}(X') + l_3(Y'), & \text{card} X' < \kappa_0 \\ +\infty, & \text{card} Y' \geq \kappa_0 \end{cases}$$

თანაფარდობით $S\sigma$ -რგოლზე მოცემულია G -ზომა, რომლისთვისაც სრულდება პირობა $\lambda(\{x\}) = 1$. ე.ი. ვიტალის კონსტრუქცია არ სრულდება მითითებულ G -ზომათა კლასში.

საკმარისობა. ვთქვათ μ ნებისმიერი G -ზომა და Z არის მკაცრად დადებითი μ -ზომის მქონე G -ზომადი სიმრავლე. თეორემის პირობების გათვალისწინებით, ზოგადობის შეზღუდვის გარეშე შეგვიძლია ვიგულისხმოდ, რომ ZE_3 -ის შემოსაზღვრული ქვესიმრავლეა. აღვნიშნოთ l -ით საკოორდინატო ღერძი და განვიხილოთ l ღერძზე მდებარე კოორდინატა სათავისაკენ კრებადი პარალელურ გადატანათა $(h_k)_{k \in \mathbb{N}}$ დიზუნქციური მიმდევრობა G_0 -დან. ჩავთვალოთ, რომ $|h_k| < 1, k \in \mathbb{N}$. G_1 -ით აღვნიშნოთ G ჯგუფის $(h_k)_{k \in \mathbb{N}}$ მიმდევრობის პარალელური ქვეჯგუფი და განვიხილოთ l წრფის დაყოფა G_1 ინტრანზიტულობის კლასებად. თუ $(Z_i)_{i \in \mathbb{N}}$ არის G_1 ჯგუფის ინტრანზიტულობის ყველა იმ კლასის ოჯახი, რომელთა თანაკვეთა Z სიმრავლესთან არაცარიელია, ავირჩიოთ თითოეული $Z_i \cap Z$ სიმრავლიდან თითო წარმომადგენელი და მიღებული სიმრავლე აღვნიშნოთ Z_1 -ით. $Z \subset \bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z')$ ჩართვის გამო μ ზომის არც ერთი μ' გაგრძელებისათვის, რომელიც ამავე დროს G -ზომაა, არ შეიძლება შესრულდეს $\mu'(Z') = 0$; ე.ი. $\mu'(Z') > 0$. მაგრამ $(h_k(Z'))_{k \in \mathbb{N}}$ ოჯახი დიზუნქტურია, ამის გათვალისწინებით მივიღებთ

$$\mu' \left(\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z') \right) = \sum_{k \in \mathbb{N}} \mu'(h_k(Z')) = \sum_{k \in \mathbb{N}} \mu'(Z') = +\infty,$$

მეორეს მხრივ $\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z')$ გაერთიანება შემოსაზღვრულია, თეორემის პირობების მიხედვით $\mu' \left(\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z') \right) < +\infty$. განვიხილოთ $\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z')$ შემოსაზღვრული სიმრავლის ჩაკეტვა, რომლისთვისაც $(g[0; 1]^3)_{g \in G}$ ოჯახი დაფარვას წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე საწყისი სიმრავლე $\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z')$ შეიძლება დაიფაროს კუბების სასრული რაოდენობით $(g[0; 1]^3)_{g \in G}$ ოჯახიდან. ე.ი. $\mu \left(\bigcup_{k \in \mathbb{N}} h_k(Z') \right) < +\infty$. თეორემა დამტკიცებულია.

თეორემა 2. ვთქვათ $\Delta_3 = [0; 1]^3$, G წარმოადგენს π_3 ჯგუფის არადისკრეტულ ქვეჯგუფს, რომლისთვისაც ვექტორული ქვესივრცე V არშეიცავს საკოორდინატო ღერძს. თუ $\dim V = k, k=1,2$ და V მთლიანად ძევს რომელიმე საკოორდინატო სიბრტყეში, რომელშიც ასევე ძევს G ჯგუფის წარმომქმნელი ვექტორი $a_i, 1 \leq i \leq 2-k$, მაშინ G -ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქცია სრულდება მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა:

$$(\forall)(1 \leq i \leq 2-k) \Rightarrow \text{int}[(H + a_i) \cap H] \neq \emptyset, \text{ და}$$

არსებობს დისკრეტული შემადგენლის წარმომქმნელი a_{3-k} , რომელთათვისაც $[(H + a_{3-k}) \cap H] \neq \emptyset$, წინააღმდეგ შემთხვევაში G -ზომათა კლასში ვიტალის კონსტრუქცია სრულდება მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა:

$$\text{int}[(H + b_i) \cap H] \neq \emptyset$$

სადაც $b_i, 1 \leq i \leq n-k, G$ ჯგუფის დისკრეტული შემადგენლის წარმომქმნელი ვექტორებია.

დამტკიცება. აუცილებლობის დამტკიცება საკმარისია მხოლოდ მეორე შემთხვევაში, რადგან პირველი შემთხვევისათვის ის მით უფრო სწორი იქნება. დავუშვათ, რომ არსებობს $i (1 \leq i < n-k)$ ინდექსი, რომლისთვისაც $\text{int}[(H+b_i) \cap H] = \emptyset$. h -ით აღვნიშნოთ H ზოლის საზღვარი და ავირჩიოთ h -დან წერტილი, რომელიც ამავედროულად Δ_3 -ის საზღვარზე ძევს და არ

წარმოადგენს შიდა წერტილს H ზოლის G ჯგუფის ყველა შესაძლო გარდაქმნებით მიღებული არც ერთი ტრანსილაციისათვის. არჩეულ წერტილზე გავავლოთ V ქვესივრცის პარალელური p წრფე, რომელიც Δ_3 –თან მხოლოდ ამ წერტილში იკვეთება. ყოველივე ეს შესაძლებელია $\text{int}[(H+b_i) \cap H] = \emptyset$ პირობის გათვალისწინებით. აღვნიშნოთ $P = \bigcup_{g \in G_1} g(p)$ გაერთიანება, სადაც G_1 წარმოადგენს G ჯგუფის დისკრეტულ შემადგენელს. თანაფარდობით

$$\lambda(Y) = \begin{cases} \frac{1}{q} \text{card}(P \cap Y), & \text{card}(P \cap Y) < \kappa_0 \\ +\infty, & \text{card}(P \cap Y) \geq \kappa_0 \end{cases},$$

სადაც $Y \in E_3$ -ის ნებისმიერი ქვესიმრავლეა და $q = \text{card}(\Delta_3 \cap P)$, სივრცის მთელ ბულეანზე განსაზღვრულია კონკრეტული G -ზომა, ე.ი. ვიტალის კონსტრუქცია არ სრულდება მითითებულ G -ზომათა კლასში.

საკმარისობა. დავუშვათ, რომ μ ნებისმიერი G -ზომაა და Z არის მკაცრად დადებითი μ -ზომის მქონე G -ზომადი სიმრავლე. თეორემის პირობების გათვალისწინებით, ზოგადობის შეზღუდვის გარეშე შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ $Z \in E_3$ -ის შემოსაზღვრული ქვესიმრავლეა. თავდაპირველად განვიხილოთ პირველი შემთხვევა. ვთქვათ W m -განზომილებიანი საკოორდინატო ქვესივრცეა $m=1,2$; რომელიც მოიცავს V ქვესივრცეს და G ჯგუფის არადისკრეტული ქვეჯგუფის წარმომქმნელ a_1, \dots, a_{m-k} ვექტორებს. განვიხილოთ V სივრცეში მდებარე ვექტორული წრფე u და ის საკოორდინატო ღერძი d , რომელზეც $u \cap [0;1]^3$ სიმრავლის ორთოგონალური პროექცია წარმოადგენს $[0;1]$ სეგმენტს. ვთქვათ $(h_j)_{j \in \mathbb{N}}$ კოორდინატთა სათავისაკენ კრებადი u წრფეზე მდებარე G_0 ჯგუფის პარალელურ გადატანათა დიზუნქციური მიმდევრობაა, ამასთან, თითოეული $j \in \mathbb{N}$ -სათვის ჩავთვალოთ, რომ $|h_j| < 1$. G_1 -ით აღვნიშნოთ $(h_j)_{j \in \mathbb{N}}$ ოჯახით წარმოქმნილი ჯგუფი, განვიხილოთ u წრფის დაყოფა G_1 – ინტრანზიტულობის კლასებად. თუ $(Z_i)_{i \in \mathbb{N}}$ არის G_1 ჯგუფის ინტრანზიტულობის ყველა იმ კლასის ოჯახი, რომელთა თანაკვეთა Z სიმრავლესთან არაცარიელია, ავირჩიოთ თითოეული $Z_i \cap Z$ სიმრავლიდან თითო წარმომადგენელი და მიღებული სიმრავლე აღვნიშნოთ Z_1 -ით. Z_1 სიმრავლის ყოველ წერტილზე გავავლოთ d ღერძის ორთოგონალური სიბრტყე. მათი გაერთიანება აღვნიშნოთ Z_2 -ით. განვიხილოთ $Z' = \Delta_3 \cap Z_2$ თანაკვეთა და დავრწმუნდეთ, რომ იგი არის აბსოლუტურად არაზომადი სიმრავლე G -ზომათა კლასის მიმართ. თუ დავუშვებთ, რომ რაიმე G -ზომა ν -თვის $Z' \in \text{dom}(\nu)$ და $\nu(Z') = 0$, $Z \subset \bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z)$ ჩართვიდან გამომდინარე მივიღებთ, რომ $\nu(Z) = 0$, რაც წინააღმდეგობაა. ახლა დავუშვათ, რომ $\nu(Z') > 0$. $(h_j(Z'))_{j \in \mathbb{N}}$ მიმდევრობისათვის ერთის მხრივ სრულდება

$$\nu\left(\bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z')\right) = \sum_{j \in \mathbb{N}} \nu(h_j(Z')) = \sum_{j \in \mathbb{N}} \nu(Z') = +\infty,$$

თანაფარდობა. მეორეს მხრივ

$$(\forall i)(1 \leq i \leq 2 - k) \Rightarrow \text{int}[(H + a_i) \cap H] \neq \emptyset,$$

პირობიდან გამომდინარე $\bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z')$ სიმრავლის შიდა არისათვის არსებობს სასრული დაფარვა კუბებით $(g([0;1]^3))_{g \in G}$ ოჯახიდან. ამიტომ $\bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z')$ გაერთიანებას დაფარავს შესაბამისი ჩაკეტილი კუბების სასრული მიმდევრობა $(g([0;1]^3))_{g \in G}$ ოჯახიდან, აქედან გამომდინარე, $\nu\left(\bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z')\right) < +\infty$, რასაც მივყავართ წინააღმდეგობამდე.

მეორე შემთხვევა ანალოგიურად მტკიცდება, მხოლოდ მსჯელობის ბოლოს

$$\text{int}[(H + b_i) \cap H] \neq \emptyset, \quad i=1; 2$$

პირობიდან გამომდინარე $\bigcup_{j \in \mathbb{N}} h_j(Z')$ სიმრავლის ჩაკეტვისათვის არსებობს სასრული დაფარვა კუბებით $(g([0;1]^3))_{g \in G}$ ოჯახიდან.

The conditions for performing the Vitali's construction in the class of G-measures

Ketevan Omiadze, Nugzar Dadiani, Dudukhana Tzintzadze,

Summary

The conditions for performing the Vitali's construction in the G-measures class in Euclidean spaces were investigated and it is shown that the acceptable results essentially depend on which set will be taken by Euclidean three-dimensional in the role of the coordinate cube in space. Necessary and sufficient conditions for the execution of the construction of the Vitali set in the G - measures class is obtained, when in the role of a unit cube is taken $\Delta_3 = [0; 1]^3$ cube.

О выполнении конструкции Витали в классе G-мер

Кетеван Омиадзе, Нугзар Дадияни, Дудухана Цинцадзе

Резюме

Исследованы, вопросы выполнения конструкции Витали в евклидовых пространствах в классе G-мер. Показано, что приемлемые результаты существенно зависят от того, какое множество будет принято за координатный куб в евклидовом пространстве. Получены необходимые и достаточные условия выполнения конструкции Витали в классе G- мер, когда за единичный куб взят $\Delta_3 = [0; 1]^3$ куб.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Нижарадзе Г.В. - Сообщения АН ГССР, 123, № 2, 1986.
2. Харазишвили А. Н. - Сообщения АН ГССР. 90, № 1, 1978.
3. Бурбаки Н. - Общая топология. М., 1969.
4. ონიანი გიორგი - ნამდვილი ანალიზის საფუძვლები - ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2019.
5. ქეთევან ომიადე, ნუგზარ დადიანი, დუდუხანა ცინცაძე - არაზომადი სიმრავლეების შესახებ - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №24 , 2020, გვ.33-36.

არაწრფივი დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაცია უწყვეტი ვინერ-ჰამერშტეინის მოდელებით

ბექა ავაზნელი

avaznelibeq@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებულია არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანების გადაწყვეტისას სიხშირულ არეში მათი უწყვეტი ვინერ-ჰამერშტეინის კასკადური მოდელებით წარმოდგენისას. ამ ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება სისტემის გამომავალი იძულებითი რხევების გამოსახულებები მის შესასვლელზე პერიოდული და ჰარმონიული სიგნალის ზემოქმედებისას. სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია ლ. ზადეს იდენტიფიკაციის კლასიკური განმარტების საფუძველზე. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური სისტემისათვის გადაწყვეტილია უმცირესი კვადრატების მეთოდით ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებისას.

საკვანძო სიტყვები:

იდენტიფიკაცია, არაწრფივი სისტემა, დინამიკური სისტემა, სტრუქტურა, პარამეტრი.

1. შესავალი

ნებისმიერი საწარმოო პროცესისთვის ავტომატური მართვის სისტემის ტიპის არჩევანი დამოკიდებულია მათემატიკური მოდელის სახით ფორმალიზებულ, სისტემის მდგომარეობის შესახებ არსებული ინფორმაციის რაოდენობაზე.

საკვლევ სისტემაში მიმდინარე პროცესის მათემატიკური მოდელის აგებისას სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდებით, საჭირო ხდება სხვადასხვა ამოცანის გადაწყვეტა სისტემის შესახებ აპრიორული ინფორმაციისა და სისტემის შემავალი და გამომავალი სიგნალების დაკვირვებადობასთან დამოკიდებულებით, რომელთაგანაც უმთავრესია მოდელის სტრუქტურისა და პარამეტრების განსაზღვრის ამოცანები [1].

საწარმოო სისტემებში მიმდინარე პროცესების უმრავლესობა ატარებს არაწრფივ ხასიათს, რომელთა თავისებურებების დადგენა სისტემების იდენტიფიკაციის თეორიაში კარგად შესწავლილი და პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებადი წრფივი მოდელებით, არ იძლევა მათი გამოყენების შესაძლებლობას წარმოების გარკვეულ სფეროებში საჭირო შედეგების მისაღწევად. ასეთ შემთხვევებში საჭირო ხდება არაწრფივი მოდელების გამოყენება საწარმოო სისტემებში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური აღწერისათვის.

საწარმოო პროცესების წარმოსადგენად, მათი შედარებითი სიმარტივის გამო სხვა არაწრფივ მოდელებთან შედარებით, უფრო გამოიყენება ბლოკურად ორიენტირებული მოდელები, რომელთა სიმრავლე შედგება ვინერისა და ჰამერშტეინის მოდელების სხვადასხვა მოდიფიკაციისაგან.

ბლოკურად ორიენტირებული მოდელებით არაწრფივი სისტემების წარმოდგენისას სტრუქტურული იდენტიფიკაციის სფეროში ძირითადი შედეგები მიღებულია დისკრეტული მოდელების გამოყენებით იდენტიფიკაციისას (მაგალითად [2-4]). უწყვეტი არაწრფივი სისტემებისთვის მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრა, როგორც წესი, ხორციელდება ბლოკზე ორიენტირებული მოდელების გარკვეულ ქვესიმრავლეებზე, რომლებიც შედგება ჰამერშტეინისა და ვინერის მოდელების სხვადასხვა მოდიფიკაციისაგან, (მაგალითად [5-8]).

ბლოკურად ორიენტირებული არაწრფივი სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის არსებული მეთოდების უმეტესობა შემუშავებულია ჰამერშტეინისა და ვინერის მარტივი მოდელებისთვის (მაგალითად [9-13]). შედარებით მცირე რაოდენობის ნამუშევრები ეძღვნება ჰამერშტეინ-ვინერისა და ვინერ-ჰამერშტეინის კასკადურ მოდელების იდენტიფიკაციას, რომლებშიც ეს ამოცანა გადაწყვეტილია სხვადასხვა მიდგომით (მაგალითად [14-18]). სხვა ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების პარამეტრების იდენტიფიკაციის სფეროში წარმატებები უმნიშვნელოა, რაც შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ასეთი მოდელების უმრავლესობა, არის არაწრფივი პარამეტრების მიმართ და ასევე შესაფასებელი პარამეტრების დიდი რაოდენობის გამო.

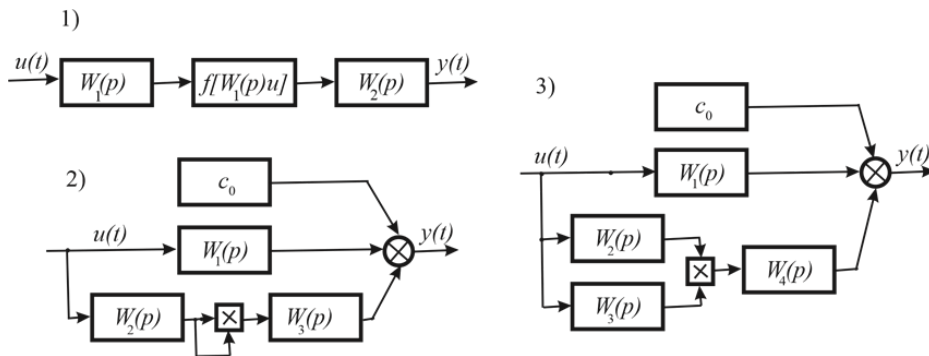
მოცემულ სამუშაოში განიხილება ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებულია არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანების გადაწყვეტისას უწყვეტ ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების კლასში, კერძოდ სისტემების უწყვეტი ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი, განზოგადებული და გაფართოებული კასკადური მოდელებით წარმოდგენისას (მაგალითად [5, 7-8, 13, 19-20]).

2. მოდელების კლასი

უწყვეტ ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების ზევით აღნიშნული კლასი (ნახ.1) აღიწერება შემდეგი განტოლებებით:

- ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელი

$$y(t) = W_2(p) \sum_{i=0}^n c_i [W_1(p)u(t)]^i ; \quad (1)$$



ნახ. 1. ბლოკურად ორიენტირებული მოდელები: 1) ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელი; 2) ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური მოდელი; 3) ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი.

- ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური მოდელი

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

- ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 + c_1 W_1(p)u(t) + W_4(p)[W_2(p)u(t)][W_3(p)u(t)] ; \quad (3)$$

სადაც $W_i(p)$ ($i=1,2,3,4$) - მოდელების შემადგენლობაში მყოფი წრფივი მდგრადი დინამიკური რგოლების გადაცემის ფუნქციებია ოპერატორულ ფორმაში, მოდელების შემადგენლობაში მყოფი არაწრფივი რგოლი აღიწერება n ხარისხის პოლინომიალური ფუნქციით c_i ($i=0,1,\dots,n$) მუდმივი კოეფიციენტებით.

3. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია

სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა ნაშრომებში [5-8] დასმულია ლოტვი ზადეს იდენტიფიკაციის კლასიკური განმარტების საფუძველზე [1]: იგულისხმება, რომ ცნობილია მოდელისა და სისტემის შემავალი სიგნალების კლასები და საჭიროა მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის კრიტერიუმის შემუშავება მოდელის კლასიდან.

3.1. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია სისტემის შემავალი პერიოდული სიგნალებისას

ამ დროს იგულისხმება შემავალი ცვლადი $u(t)$ - ნამდვილი პერიოდული ფუნქციაა T პერიოდით, რომლითვისაც ინტეგრალი $\int_{-T/2}^{T/2} |u(\tau)| d\tau$ არსებობს. ყოველ ღია შუალედში, სადაც

$u(t)$ და $u'(t)$ უბან-უბან უწყვეტია და ჯამი

$$\sum_{k=0}^{\infty} A_k \sin(k\omega t + \phi_k) = \begin{cases} u(t), \text{ თუ უწყვეტია } t - \text{ ში,} \\ \frac{u(t-0) + u(t+0)}{2} \text{ წინააღმდეგ შემთხვევაში.} \end{cases}$$

სადაც $A_0 = \frac{a_0}{2}$, $\phi_0 = \frac{\pi}{2}$, $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$, $\phi_k = \arctg \frac{a_k}{b_k}$ ($k = 1, 2, \dots$), $\omega = \frac{2\pi}{T}$. a_k , b_k ($k = 1, 2, \dots$) - ფურიეს კოეფიციენტებია.

გარდა ამისა, იგულისხმება, რომ მწკრივი $\sum_{k=1}^{\infty} A_k$ აკმაყოფილებს უსარულო მწკრივების

აბსოლუტური კრებადობის პირობებს. ასეთ შემთხვევაში პერიოდული სიგნალების კლასი მოიცავს ისეთ სიგნალებს, როგორიცაა სიმეტრიული სამკუთხა და ტრაპეციული, ნახევრად სინუსოიდალური სიგნალები და სხვა.

როდესაც პერიოდული სიგნალი მიეწოდება არაწრფივ სისტემას შესასვლელზე, მოდელის გამოსასვლელზე დამყარებულ რეჟიმში მიღებული იძულებითი რხევები განისაზღვრება გამოსახულებებით:

- ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 |W_2(0)| + c_1 A_0 |W_1(0)| |W_2(0)| + c_2 A_0^2 |W_1(0)|^2 |W_2(0)| + \frac{1}{2} c_2 |W_2(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_1(nj\omega)|^2 + H_5(t); \quad (4)$$

- ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + A_0^2 |W_2(0)|^2 |W_3(0)| + \frac{1}{2} |W_3(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)| + H_7(t); \quad (5)$$

- ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 + A_0 |W_1(0)| + A_0^2 |W_2(0)| |W_3(0)| |W_4(0)| + \frac{1}{2} |W_4(0)| \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 |W_2(nj\omega)| |W_3(nj\omega)| \cos[\vartheta_3(n\omega) - \vartheta_2(n\omega)] + H_8(t); \quad (6)$$

(5)-(7) გამოსახულებებში $|W_i(kj\omega)|$ და $\vartheta_i(k\omega)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) წრფივი რგოლების მოდულები და ფაზური ძვრებია შემავალი სიგნალის მიმართ, H_i ($i = 5, 7, 8$) აღნიშნებს მოდელის გამომავალი იძულებითი რხევების ჰარმონიკების ჯამს.

(5)-(7) გამოსახულებების ანალიზის შედეგად, მოდელის სტრუქტურის შემუშავებული კრიტერიუმი მდგომარეობს შემდეგში:

- ვინერ-ჰამერშტეინის მოდელები (მარტივი და განზოგადებული კასკადური) - გამომავალი პერიოდული სიგნალის მუდმივი კომპონენტი დამოკიდებულია შემავალი სიგნალის სიხშირის ცვალებადობაზე;

- ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი - გამომავალი პერიოდული სიგნალის მუდმივი კომპონენტი წარმოადგენს სიხშირის ტრიგონომეტრიულ ფუნქციას.

3.2. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია შემავალი სინუსოიდალური სიგნალებისას

ამ შემთხვევაში საკვლევი სისტემის შესასვლელზე მიეწოდება შემდეგი სახის სიგნალი:

$$u(t) = A \cos \omega t .$$

მოდელების გამოსასვლელზე დამყარებულ რეჟიმში მიღებული იძულებითი რხევები განისაზღვრება გამოსახულებებით:

- ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 |W_2(0)| + \frac{1}{2} |W_1(j\omega)|^2 c_2 A^2 |W_2(0)| + |W_1(j\omega)| |W_2(j\omega)| c_1 A \cos[\omega t + \varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega)] + \frac{1}{2} |W_1(j\omega)|^2 |W_2(2j\omega)| c_2 A^2 \cos[2\omega t + 2\varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega)]; \quad (7)$$

- ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} |W_2(j\omega)|^2 A^2 |W_3(0)| + |W_1(j\omega)| A \cos[\omega t + \varphi_1(\omega)] + \frac{1}{2} |W_2(j\omega)|^2 |W_3(2j\omega)| A^2 \cos[2\omega t + 2\varphi_2(\omega) + \varphi_3(\omega)]; \quad (8)$$

- ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} |W_2(j\omega)| |W_3(j\omega)| |W_4(j\omega)| A^2 \cos[\varphi_2(\omega) - \varphi_3(\omega)] + |W_1(j\omega)| A \cos[\omega t + \varphi_1(\omega)] + \frac{1}{2} |W_2(j\omega)| |W_3(j\omega)| |W_4(j\omega)| A^2 \cos[2\omega t + \varphi_2(\omega) + \varphi_3(\omega) + \varphi_4(\omega)]. \quad (9)$$

მოდელის სტრუქტურის შემუშავებული კრიტერიუმი მდგომარეობს შემდეგში:

- ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელი - მუდმივ მდგენელსა და მეორე ჰარმონიკის ამპლიტუდას შორის სხვაობა დამოკიდებულია სიხშირეზე;
- ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური მოდელი - მუდმივი მდგენელი და შემავალი სიგნალის სხვადასხვა ამპლიტუდის დროს მუდმივი მდგენელების სხვაობის ფარდობა მეორე ჰარმონიკის ამპლიტუდასთან, დამოკიდებულია სიხშირეზე;
- ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური მოდელი - მუდმივი მდგენელი წარმოადგენს სიხშირის ტრიგონომეტრიულ ფუნქციას.

4. პარამეტრული იდენტიფიკაცია

ვინერ-ჰამერშტეინის მოდელების პარამეტრების მიმართ არაწრფივობის გამო პარამეტრების იდენტიფიკაციის პრობლემის გადაწყვეტა ანალიზური ფორმით შესაძლებელია მხოლოდ დაბალი რიგის მარტივი კასკადური მოდელისათვის. [20]-ში განხილულია შემთხვევა, როდესაც ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელის შემადგენლობაში მყოფი წრფივი რგოლები წარმოიდგინება პირველი რიგის აპერიოდული რგოლებით, ხოლო არაწრფივი სტატიკური ელემენტი - $f(x) = cx^2$ ფუნქციით.

ექსპერიმენტალურად მიღებული იძულებითი რხევის მიმართ ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებით და უმცირესი კვარატების მეთოდით მიიღება პარამეტრების შემდეგი შეფასებები:

$$\hat{c} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \right) \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^2 \right)^2}{A^2 n \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^4 \right) - A^2 \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^2 \right)^2}, \quad (10)$$

$$\hat{T}_1 = \sqrt{\frac{n \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \right) \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^2 \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n a_{0i} \omega_i^2 \right)^2}}. \quad (11)$$

$$\hat{T}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(a_{2i} \omega_i^3 \hat{T}_1^2 - 4b_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1 \right) \left(a_{2i} - b_{2i} + a_{2i} \omega_i \hat{T}_1 + b_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1^2 \right)}{\sum_{i=1}^n \left(a_{2i} \omega_i^3 \hat{T}_1^2 - 4b_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1 \right)}. \quad (12)$$

სადაც a_{0i} , a_{1i} , a_{2i} - ფურიეს კოეფიციენტების შეფასებებია ω_i სიხშირის დროს.

5. დასკვნა

სამუშაოში განხილულია ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებულია ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი, განზოგადებული და გაფართოებული კასკადური მოდელებით წარმოდგენილი არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანების გადაწყვეტისას სიხშირულ არეში. წარმოდგენილია სტრუქტურული იდენტიფიკაციის მეთოდები სისტემის შემავალი პერიოდული და ჰარმონიული ზემოქმედებების დროს. წარმოდგენილია ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური მოდელის პარამეტრების შეფასების ამოცანის გადაწყვეტის შედეგები, როდესაც პარამეტრების შეფასებები მიიღება ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებისას უმცირესი კვადრატების მეთოდით. პარამეტრების შეფასების საიმედოება დამოკიდებულია სისტემის შემავალი და გამომავალი სიგნალების გაზომვისა და ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკურ დამუშავების სიზუსტეზე.

Identification of nonlinear dynamic systems by continuous Wiener-Hammerstein models

Beka Avazneli

Summary

The main results received at the solution of the structure and parameter identification problems of nonlinear dynamic systems in the frequency domain at their representation by continuous cascade Wiener-Hammerstein models are discussed. For the solution of these problems, expressions of the forced oscillations of the system output when a periodic and harmonic signal is entering to its input are used. The problem of structure identification is posed on the basis of the Zadeh classical definition of identification. The problem of parameter identification for the Wiener-Hammerstein simple cascade system is solved using the least squares method using Fourier approximation.

Идентификация нелинейных динамических систем с помощью непрерывных моделей Винера-Гаммерштейна

Беква Авазнели

Резюме

Обсуждаются основные результаты, полученные при решении задач структурной и параметрической идентификации нелинейных динамических систем в частотной области при их представлении непрерывными каскадными моделями Винера-Гаммерштейна. Для решения этих задач используются изображения вынужденных колебаний выхода системы при подаче на ее вход периодического и гармонического сигналов. Задача структурной идентификации поставлена на основе классического определения идентификации Заде. Задача параметрической идентификации для простой каскадной системы Винера-Гаммерштейна решается с использованием аппроксимации Фурье методом наименьших квадратов.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Eykhoff, P. System Identification. Parameter and State Estimation. London, John Wiley and Sons Ltd, 1974.
2. Haber R, Keviczky L Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. Automatica, vol. 26, no. 4, 1990, pp. 651-667.
3. Block-oriented Nonlinear System Identification (eds F. Giri & E-W. Bai). Berlin: Springer, 2010.
4. Schoukens J., Vaes M., Esfahani A.F., Relan R. Challenges in the identification of discrete time block oriented models for continuous time nonlinear systems. ScienceDirect. IFAC-PapersOnLine, 48-28, 2015, pp. 596–601.
5. Shanshiashvili, B. G. Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous-time systems. In: Preprints of the 9th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation, vol. 1. Pergamon Press, Oxford, 1991. pp. 640-643.
6. Salukvadze. M, Shanshiashvili, B. Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle. International Journal of Information Technology & Decision making, vol.12, no. 2, 2013, pp. 179-199.
7. Shanshiashvili, B. and Prangishvili, A. Structure identification of continuous nonlinear dynamical systems. Procedia Computer Science, vol. 112, 2017, pp. 1032-1043.
8. Shanshiashvili B., Prangishvili A., Tsveraidze Z. Structure identification of continuous-time block-oriented nonlinear systems in the frequency domain. ScienceDirect. IFAC PapersOnline. 9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 201, vol. 52, issue 13, 2019, pp. 463-468.
9. Mattsson P., Wigren T.: Convergence analysis for recursive Hammerstein identification", *Automatica* 71, pp. 179-186, 2016.
10. Ma J., Ding F., Xiong W., Yang E.: Combined state and parameter estimation for Hammerstein systems with time-delay using the Kalman filtering. Int. J. Adapt. Control Signal Proces., pp. 1-17 2016.
11. Bottegal G., Castro-Garcia R., Johan A.K. Suykens J.: A two-experiment approach to Wiener system identification. Automatica 93, pp. 282-289, 2018.
12. Li, J., Zong, T., Gu, J., Gu J., Hua L.: Parameter estimation of Wiener systems based on the particle swarm iteration and gradient search principle. Circuits, System, Signal Processing, vol. 39, no. 7, pp. 3470–3495, 2020.
13. Shanshiashvili B., Rigishvili T.: parameter identification of block-oriented nonlinear systems in the frequency domain. Sciencedirect. IFAC PapersOnLine. Vol. 53, no.2, pp. 10695–10700, 2020.
14. Brouri A., Kadi L. Slassi S.: Frequency identification of Hammerstein-Wiener systems with backlash input nonlinearity. Inte.Jour. of Control, Automation and Systems 1(5), pp. 2222–2232 2017.
15. Mzyk G., Wachel P.: Kernel-based identification of Wiener–Hammerstein system. Automatica 83, pp. 275–281, 2017.
16. Schoukens M., Vandersteen G., Rolain Y., Ferranti F. Fast identification of Wiener-Hammerstein systems using discrete optimization. Electronics Letters 50(25), 2014, pp. 1942-1944.
17. Schoukens M., Tiels K.: Identification of block-oriented nonlinear systems starting from linear approximations: A survey, Automatica 85, pp.272-292, pp. 2017.
18. Giordano G. and Sjöberg J.: Maximum Likelihood identification of Wiener-Hammerstein system with process noise. IFAC-PapersOnLine 51(15), pp. 401-406, 2018.
19. Shanshiashvili B., Avazneli B. Identification of nonlinear dynamic systems using Wiener models. Transactions Automated Control Systems Dedicated to the 50th Foundation Anniversary of the Chair "Automated Control Systems" of GTU (1971-2021), № 1(32), Vol. 1.1. Tbilisi, 2021, pp. 86-91.
20. შანშიაშვილი ბ., ჭელიძე ბ. ვინერ-ჰამერშტეინის მოდელის პარამეტრების შეფასება სიხშირულ არეში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2017, № 21, გვ. 16-21.

მართვის სისტემები და მოწყობილობები

CONTROL SYSTEMS AND DEVICES

СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

New approaches to the calculation of biological effectiveness and synergy of drug combinations and its application in laboratory testing and field trials.

Archil Chirakadze¹, Nino Lomidze¹, Maia Ambokadze¹, Akaki Gigineishvili¹, Zakaria Buachidze¹, Mikhail TaktakiSvili¹, Nodar Mitagvaria²

achikochirakadze@gmail.com

Abstract

The Brown Marmorated Stink Bug (BMSB), Italian Locust (*Calliptamus italicus*) and Migratory Locust (*Locusta migratoria*) are among the most hazardous pests for agriculture in many areas of the globe including South Caucasus countries. Management of these pests in Georgia is coordinated by the National Food agency of Georgia and the Ministry of Environment and Agriculture of Georgia with an active support of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (UNFAO) and the United Nations Development Program (USAID) within the framework of the programs implemented by the National Food Agency of Georgia [1-2]. Development of the broad spectrum highly effective insects is therefore crucially important for the sustainability of agricultural production of almost all countries around the world. Development of the highly synergistic combinations of insecticidal formulations is one of the most advanced modern approach to increase the effectiveness and reduce the negative environmental impact of the pesticides due to lower applied concentrations. Hereby, accurate determination of the biological effectiveness and synergy (co-toxicity) rate of the developed combinations through laboratory testing and field trials is one of the main factors for their successful application in practice. The reported study deals with the development of a new approach and formulae of calculation of the biological effectiveness and synergy rate of the developed combinations which provide high accuracy even in case of high mortality of pests in the control group. The developed and proofed approach and corresponding formulae can be used with equal success both in laboratory testing and (in a modified form) in field trials. Both kinds of testing showed that the insecticidal combinations with nano-alumina powder added instead of diatomite and kaolin micro-powders revealed a significantly (for 10-12 %) higher effectiveness than the analogous diatomite- and kaolin-based formulations [3, 4].

Key words:

sinergy, locust, agriculture, insects, malathion, bifenthrin, diatomitet, nano-alumina

Determination of the relative biological effectiveness of developed insecticidal combinations.

The biological effectiveness of the insecticidal combinations against BMSBs collected in Senaki and Abasha municipalities (group A) and Kobuleti and Khelvachauri municipalities (group B) of the Western Georgia was determined in comparison with the biological effectiveness of bifenthrin and malathion based insecticidal formulation “Prostore 420 EC” utilizing the experimental method and design given in [3]. Two main groups of insecticidal combinations were developed and tested according to [4]. The only difference was that the mineral components (diatomite and kaolin) were substituted with nano-sized (50-100 nm) alumina powder. All test insects (25 insects in each) were disposed in 5 l volume transparent containers with sprouted wheat. The provided and controlled testing conditions were as follows: air temperature $T = 25 \pm 2$ °C, relative humidity RH= 55-65 %, bright time - 16 hours, dark time - 8 hours. An important advantage of the developed experimental design was the possibility of the direct evaluation of the change of residual biological effectiveness over the testing time. All containers were sprayed just before the first group of insects was placed in the containers. During the first week all insects

¹ Georgian Technical University

² Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine

in the test and control groups were observed and the dead insects were daily removed and counted. On the last day of the week all the dead and survived insects were removed and counted. All insects were exposed to the equal dose of all tested combinations (50 ml per container) which was approximately 5 times lower than the recommended application dose of malathion based formulations [5, 6]. The results of testing are given in Figures 1-4. The biological effectiveness (BE) of the combinations was determined using the well-known Abbott formula ("modified" by us to account for the insect mortality in the control group):

$$BE (\%) = [1 - (n_1 + k \times n_2) / n_3] \times 100 \quad (1)$$

where, BE is the biological effectiveness of the insecticide, n_1 is the number of insecticide-treated surviving insects in the test group (in our case, groups A and B), n_2 is number of insects killed in the control group, and n_3 is the number of surviving insects in the control group, k is the empirical coefficient close to 1 (we used the value $k = 1$). It should be noted that the modified formula can be easily applied both to the laboratory and field trial data. The determined total (averaged) relative biological effectiveness of the malathion–bifenthrin-diatomite based and the dimethoate-gamma-cyhalothrin-kaolin based insecticidal combinations against insects is given in Figures 1 and 2.

Relative biological effectiveness, %

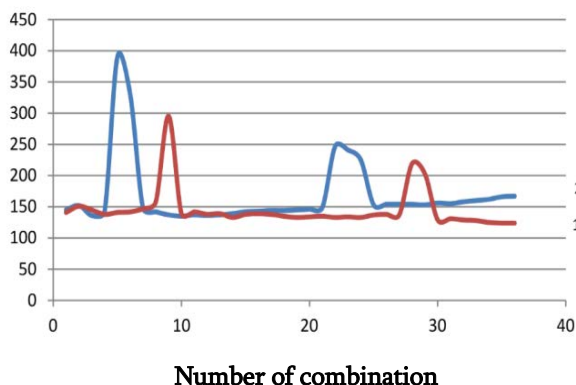


Figure 1. Relative biological effectiveness of malathion-, bifenthrin- and nanoalumina-based insecticidal combinations against group A (1, %) and B (2, %) insects

Relative biological effectiveness, %

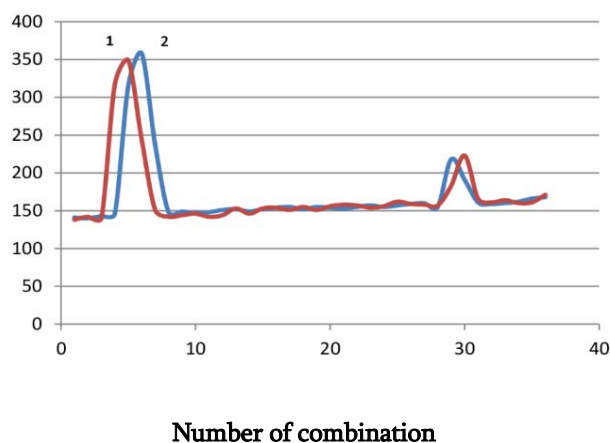


Figure 2. Relative biological effectiveness of gamma-cyhalothrin-, dimethoate- and nanoalumina-based insecticidal combinations against the group A (1, %) and B (2, %) insects

Determination of the synergy (co-toxicity) factor. The relative synergy (co-toxicity) coefficient C_o is usually applied in laboratory research [3-6] to characterize synergy of components (see formula 2):

$$C_o (\%) = 100 \times [(\text{Observed Mortality} - \text{Expected Mortality}) / \text{Expected Mortality}] \quad (2)$$

We introduced and used a modified version (formula 2') which is more precise and simple in use and can be used for an arbitrary number of components of mixture and takes into account the natural mortality (mortality of insects in the control group):

$$CT (BE, \%) = 100 \times (BEM - BEE) / BEE \quad (2')$$

where, BEM and BEE respectively are the experimentally measured and predicted (expected) values of the relative biological effectiveness.

The above formula does not require the data on lethal doses and can be easily used both in the laboratory and field trials. In this case, the measured relative biological effectiveness (BEMR) is determined using the data of field trials in the test sites after applying the tested insecticidal combinations, while the expected relative BE (BETR) will be a sum of BEMRs of all components determined using the data of field trials conducted in the control sites.

Synergy (co-toxicity) rate, %

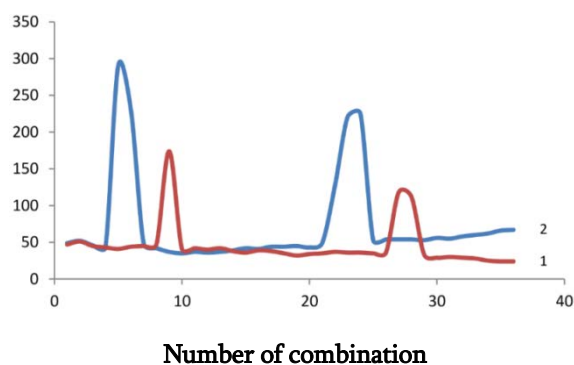


Figure 3. Synergy (co-toxicity) of malathion-, bifenthrin- and nanoalumina-based insecticidal combinations against group A (1, %) and group B (2, %) insects

Synergy (co-toxicity) rate, %

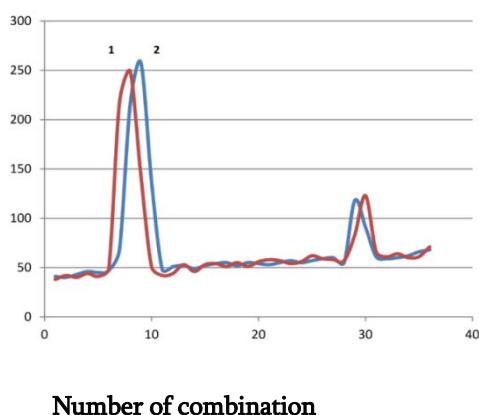


Figure 4. Synergy (co-toxicity) of dimethoate-, gamma-cyhalothrin- and nanoalumina-based insecticidal combinations against group A (1, %) and group B (2, %) insects

Taking into account that almost all data on the lethality and biological effectiveness of insecticides are determined by testing of non-resistant populations of insects (e. g. [5, 6]) and that the non-synergistic part of the biological effectiveness of bifenthrin-based combinations against insects collected in Abasha-Senaki sites decreased with increase of content of bifenthrin, indicating a significant resistance to bifenthrin, we decided to apply the formula (2'), where the expected biological effectiveness (BEE) is supposed to be equal to the linearized non-synergistic (lowly varying) part of the measured biological effectiveness. This approach allows several times to reduce the amount of time and labor expended to quantify the synergy of the components and the possible practical benefit from the use of insecticidal "cocktails" against both resistant and non-resistant pest populations.

The accuracy of the results obtained using this approach can easily be verified by measuring the biological effectiveness of several specific formulations of the studied combinations and determining the average correction factor. The obtained data on the relative synergy (co-toxicity) factor values are given in Figures 3 and 4. It is especially important that both combinations show a pronounced synergy of components, but the synergy peaks of the malathion-bifenthrin-diatomite based combinations in case of group A insects are noticeably "weaker" than in case of group B insects, while the synergy peaks of the dimethoate-gamma-cichlothrin-kaolin based combination are practically the same for both groups of insects. Another non-trivial result is the observed shift of the synergy peaks towards the higher content of bifenthrin in case of A group insects. In our opinion, this shift can be explained by the increased amount of bifenthrin required to neutralize the additional mechanism (s) of protection against bifenthrin, which is (are) the main cause of resistance development.

Comparison of the obtained results with the data given in [4] clearly shows that the substitution of mineral micro-powders with nanoalumina increased the biological effectiveness of the developed combinations for 10-12 %.

Field trials in the cornfield located in Senaki municipality

The field testing of the developed insecticidal combinations was held in August-September of 2021 in the cornfield of farmer Guram Jangvelidze in village Ettseri of Senaki municipality located in the subtropical clay podzole zone which is typical to many districts of the Western Georgia (mainly in Imereti, Guria, Samgrelo and Ajara regions) which is strongly infested by BMSB. The trials were carried out by the researchers of the Institute for Problems of Engineering Physics of the Georgian Technical University (GTU) and agro-technical group of the National Food Agency (NFA) of Georgia, with help and under supervision of NFA. The corn field was divided horizontally and vertically into six "columns" and five conditionally "rows", each with 15 observation plants located at equal distances. The distance between first five "columns" was 20 m. The sixth (control) "column" was separated from all other "columns" by a 50 m wide concreted yard of a tractor/car station and a fruit garden with trapping host plants, which were assumed to prevent migration of insects to the test site. The number of BMSB imago insects on all selected trees was counted and averaged. In all cases their number ranged from 44 to 71. Finally, the average number of insects per plant was estimated as 59 ± 2 . On August 28, from 8 to 9 o'clock p.m., five "columns" were sprayed with the most effective developed combinations (K5, D9, K24 and D28 respectively) and the insecticide Prostore 420 EC using backpack-type "Solo" engine. Thereafter, from August 29 to September 6, from 5 to 6 o'clock p.m., the survived insects in all six "columns" were daily counted by the local volunteers. On September 7 the BMSB two-part pheromone lures supplied by the Evergreen Growers Supply (Clackamas, Oregon, US) were fixed to the control trees to attract insects and on September 9 the trials were continued. The data on the biological effectiveness of the four tested and one control insecticidal formulation are given in Figures 5 (August 28 – September 6) and 6 (September 9 - September 15). The average number of insects N_1 counted on the test plants of the corresponding five "columns" was taken as the number of insects survived in the test groups. The averaged reduce of the insects on the plants of the sixths (control) "column" was taken as the number of insects N_2 killed in the control group. The initial averaged number of insects counted before spraying on

the plants in “columns” 1 to 5 was taken as the number of insects survived in the control group. Calculation of the biological effectiveness was made using formula (3):

$$BE (\%) = [1 - (N_1 + k \times N_2) / N_3] \times 100 \quad (3)$$

where, BE is the biological effectiveness of the insecticide, N_1 is the number of surviving insecticide-treated insects on the plants, N_2 is the decrease of the average number of insects in the control group, and N_3 is the initial average number of insects in the test groups, k is the empirical coefficient close to 1 (here we used the value $k = 1$).

Biological effectiveness, %

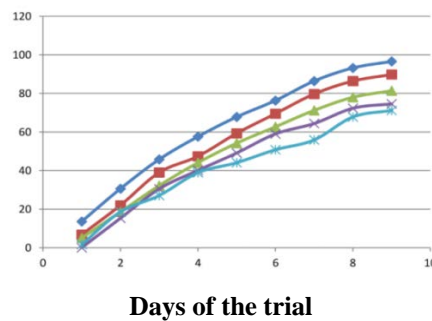


Figure 5. Biological effectiveness of the field tested insecticidal combinations (from up to down) K5(%), D9 (%), K30 (%), D28 (%) and control insecticide ProStore 420 EC (%), days 1-9

Biological effectiveness, %

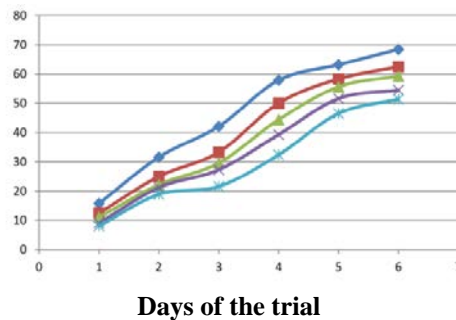


Figure 6. Biological effectiveness of the field tested insecticidal combinations (from up to down) K5 (%), D9 (%), K30 (3, %), D28 (%) and control insecticide ProStore 420 (%), days (12-18)

**ახალი მიდგომები პრეპარატების კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის და
სინერგიულობის გამოსათვლელად და მათი გამოყენება ლაბორატორიული
ტესტირების და საველე გამოცდების პროცესში.**

*არჩილ ჭირაკაძე, ნინო ლომიძე, მაია ამბოკაძე, აკაკი გიგინეიშვილი,
ზაქარია ბუაჩიძე, ნოდარ მითაგვარია*

რეზიუმე

ფართო სპექტრის მაღალეფექტური ინსექტიციდური კომბინაციების შემუშავებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყნის სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მდგრადობისათვის. ამ მავნებლების მართვა საქართველოში კოორდინირებულია საქართველოს სურსათის ეროვნული სააგენტოს და საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (UNFAO) და გაეროს განვითარების პროგრამის (USAID) აქტიური მხარდაჭერით. საქართველოს სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ განხორციელებული პროგრამების ფარგლებში [1-2]. ინსექტიციდური ფორმულაციების მაღალსინერგიული კომბინაციების შემუშავება არის ერთ-ერთი ყველაზე მოწინავე თანამედროვე მიდგომა პესტიციდების ეფექტურობის გასაზრდელად და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შესამცირებლად დაბალი კონცენტრაციების გამოყენების მეშვეობით. შემუშავებული კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტურობისა და სინერგიის (თანატოქსიკურობის) ზუსტად განსაზღვრა ლაბორატორიული ტესტირებისა და საველე კვამოცდების დროს არის მათი პრაქტიკაში წარმატებული გამოყენების ერთ-ერთი მთავარი წინაპირობა. ჩატარებული კვლევა ეძღვნება შემუშავებული კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობისა და სინერგიის მაჩვენებლის გამოთვლის ახალი მიდგომებისა და ფორმულების შემუშავებას, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაღალ სიზუსტეს საკონტროლო ჯგუფში მავნებლების მაღალი სიკვდილიანობის შემთხვევაშიც კი. შემუშავებული და შემოწმებული მიდგომა და შესაბამისი ფორმულები შეიძლება გამოყენებულ იქნას თანაბარი წარმატებით როგორც ლაბორატორიული ტესტირების, ასევე (მოდიფიცირებული ფორმით) საველე გამოცდების პროცესში. ორივე სახის ტესტირებამ აჩვენა, რომ დიატომიტისა და კაოლინის მიკროფხვნილის ნაცვლად ნანო-ალუმინის ფხვნილის დამატების შედეგად ინსექტიციდურმა კომბინაციებმა გამოავლინა მნიშვნელოვნად (10-12 %-ით) უფრო მაღალი ეფექტურობა, ვიდრე ანალოგიურმა დიატომიტისა და კაოლინის შემცველმა ფორმულირებებმა [3, 4].

**Новые подходы к расчету биологической эффективности и синергизма комбинаций
препаратов и их использование в лабораторных и полевых испытаниях.**

*Арчил Чиракадзе, Нино Ломидзе, Маиа Амбокадзе, Акаки Гигинеишвили, Закариа
Буачидзе, Нодар Митагвария*

Резюме

Разработка и создание широкого спектра высокоэффективных инсектицидных препаратов имеет решающее значение для устойчивости сельскохозяйственного производства почти во всех странах мира. Борьба с этими вредителями в Грузии координируется Национальным агентством продовольствия Грузии и Министерством окружающей среды и сельского хозяйства Грузии при активной поддержке Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (UNFAO) и Программы развития Организации Объединенных Наций (USAID). в рамках программ, реализуемых Национальным

агентством продовольствия Грузии [1-2]. Разработка высокоэффективных комбинаций инсектицидных препаратов - один из самых передовых современных подходов к повышению эффективности и снижению негативного воздействия пестицидов на окружающую среду благодаря более низким применяемым концентрациям. Таким образом, точное определение биологической эффективности и степени синергизма (ко-токсичности) разработанных комбинаций посредством лабораторных и полевых испытаний является одним из основных факторов их успешного применения на практике. Представленное исследование посвящено разработке нового подхода и формул расчета биологической эффективности и степени синергизма разработанных комбинаций, обеспечивающих высокую точность даже при высокой смертности вредителей в контрольной группе. Разработанный и апробированный подход и соответствующие формулы могут с одинаковым успехом использоваться как при лабораторных испытаниях, так и (в модифицированном виде) в ходе полевых испытаниях. Оба вида испытаний показали, что инсектицидные комбинации с добавлением порошка наноксида алюминия вместо микропорошков диатомита и каолина показали значительно (на 10-12%) более высокую эффективность, чем аналогичные составы на основе диатомита и каолина [3, 4].

References – ლიტერატურა – Литература

1. Ministry of environment protection and agriculture of Georgia. Execution of the state program of managing BMSB. **Error! Hyperlink reference not valid.**, 2021(accessed 03.09.2021).
2. The annual measures in the frame of the BMSB management program are successfully completed. <http://nfa.gov.ge/Ge/News/Details/214/>, 2021(accessed 03.09.2021).
3. A. Chirakadze, G. Meskhi, Z. Buachidze, et al. Study of the biological effectiveness of new highly efficient broad spectrum combined synergistic compositions and development of a new method of their validity time testing. Deposited to the National Center of the Intellectual Property of Georgia (“Sakpatenti”), Certificate No 0193, 23/10/2020.
4. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, N. Lomidze, M. Ambokadze, et al. Development and laboratory and field testing of new combined insecticides against the resistant and non-resistant populations of the Brown Marmorated Stink Bug (Halyomorpha Halys). *Annals of Agrarian Science*, 19, 4 (2021) in print.
5. T. Leskey, D.-H Lee., B. D. Short, et al. Impact of Insecticides on the Invasive Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of Insecticide Lethality. *Journal of Economic Entomology*. 105, 5 (2012) 1726-1735.
6. E. J. Norris, A. D. Gross, L. C. Bartholomay, et al. Plant essential oils synergize various pyrethroid insecticides and antagonize malathion in *Aedes aegypti*. *Med Vet Entomol*. 33, 4 (2019) 453–466.

წვეთოვანი მორწყვის სისტემების ბუფერულ რეზერვუარებში წყლის დინამიკური ცვლილების კონტროლის საშუალებები

ნუგზარ ყავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, ოთარ ლაბაძე, პანაიოტ სტავრიანიძე, თამაზ საანიშვილი, ვერიკო ბახტაძე, გიორგი კიკნაძე

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

რეზიუმე

განხილულია წვეთოვანი წყლის მორწყვის სისტემებში მოსარწყავი წყლის რესურსის დინამიკური ცვლილების კონტროლის ვარიანტები, სწორი გეომეტრიული ფორმის ბუფერული რეზერვუარების გამოყენების დროს, იმ შემთხვევებისთვის როცა დაგროვებული წყლის მოცულობა შეიძლება ჩავთავალოთ წყლის დონის წრფივ ფუნქციად.

შემოთავაზებულია წყლის მოცულობის თვისობრივი შეფასების მეთოდი და ნაჩვენებია წყლის დონის დამაფიქსირებელი გადამწოდებით აგებული წყლის მოცულობის შეფასების სისტემა.

მოცემულია ულტრაბგერითი გადამწოდის გამოყენებით აგებული წყლის მოცულობის უწყვეტი გაზომვის სისტემა.

განხილულია წყლის დონის განსაზღვრის მეთოდი ტევადური გადამწოდის გამოყენებით, რომელსაც პრინციპად უდევს ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობის ცვლილება საფენებს შორის დიელექტრიკის დიალექტიკური შეღწევადობის ცვლილების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები

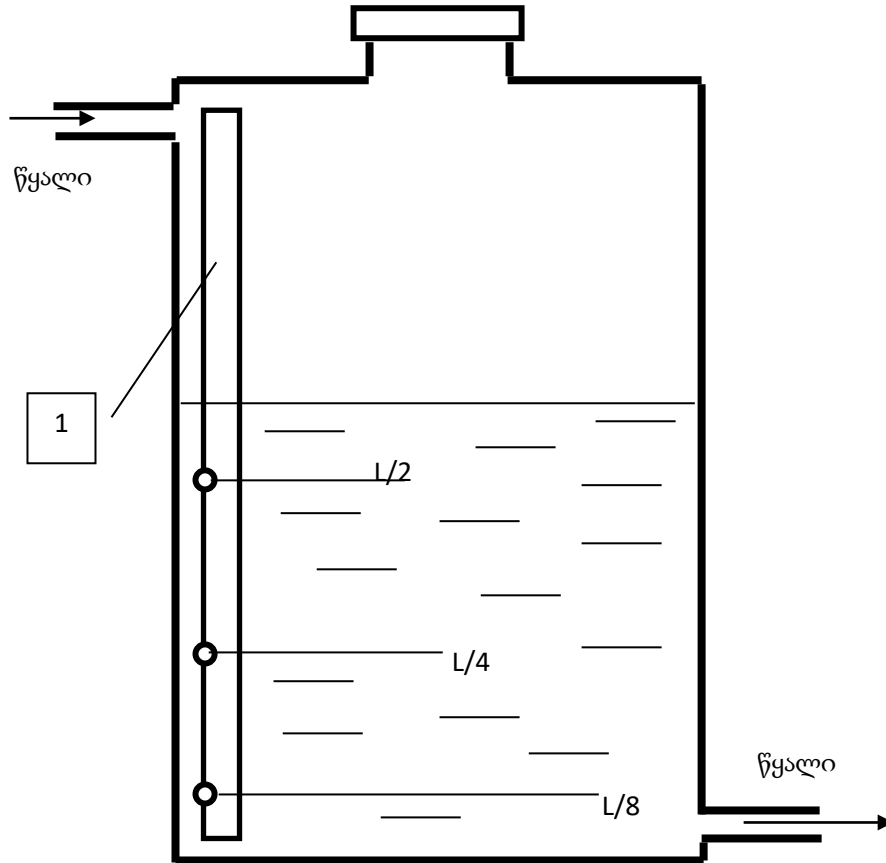
ტევადური გადამწოდი, ულტრაბგერითი გადამწოდი, წყლის დონის დაფიქსირების გადამწოდი, მიკროკონტროლერი.

თანამედროვე მსოფლიოში, სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოების ინტესიფიკაციის პირობებში, სულ უფრო მეტ დატვირთვას იძენს სარწყავი სისტემების განვითარება და მათი რაციონალური გამოყენება. მორწყვის ერთ-ერთი თანამედროვე ტექნოლოგია არის წვეთოვანი მორწყვა. ეს არის რწყვის ისეთი ორგანიზაცია, როდესაც წყლის და საკვები ელემენტების შეტანა ნიადაგში ხდება უშუალოდ, მცენარის ფესვთა სისტემასთან სიახლოვეს [1]. ლიტერატურაში განხილულია სხვადასხვა ტიპის ასეთი სისტემები, განსხვავებული აგებულების და სტრუქტურის. ამასთან, როგორც წესი, ყველა სისტემაში იგულისხმება, რომ მორწყვის პროცესისთვის გამოსაყენებელი წყლის რესურსი:

- ან შეუზღუდავია (მაგ. სისტემა მიერთებულია წყალსადენზე ან საირიგაციო არხზე, რომელიც უზრუნველყოფს წყლის პრაქტიკულად უწყვეტ მიწოდებას),
- ან დამოკიდებულია წყლის რეზერვუარზე, რომლის მოცულობაც საკმაოდ დიდია და მისი შევსება ხდება განსაზღვრული პერიოდულობით, მნიშვნელოვანი შეფერხებების გარეშე.

განვითარებადი ქვეყნების მცირეწლიან რეგიონებში, მაგალითად საქართველოში, (განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოში) ზემოთ ჩამოთვლილი პირობები ხშირად ვერ სრულდება. ამ დროს მორწყვის პროცესი როგორც წესი წარიმართება წყლის იმ მიმდინარე რესურსის გამოყენებით, რომელიც გააჩნია სისტემას, ე.ი წყლის ბუფერულ რეზერვუარში დაგროვებული წყლით. რაც შეეხება გარედან წყლის მიწოდების დინამიკას, მას

თუკი პრიზმა მოთავსებულია წყალში, სხივი არ აირეკლება, გადის გარეთ და არ ხვდება ფოტოტრანზისტორს. ე.ი გადამწოდს, იმისდა მიხედვით რა გარემოსთანაა შეხებაში (ჰაერი თუ წყალი), აქვს ორი მდგომარეობა: ჩართული და გამორთული. გადამწოდების გამოსასვლელები მიერთებულია მიკროკონტროლერის დიგიტალურ შესასვლელებზე.



ნახ.2

გამოყენებულ მიკროკონტროლერს აქვს შემდეგი ფუნქციები:

- შესაბამისი გადამწოდის ჩართვა/გამორთვის ინდიკაცია;
- გისტერეზისის ფუნქციის განხორციელება. აუცილებელია იმისათვის, რომ ალიკვეთოს გადამწოდის გამოსავალზე გადახტომის ფუნქცია უშუალოდ წყლის ზედაპირთან;
- გადამწოდების და ინტერფეისის ვარგისიანობის შემოწმება. გადამწოდის გამოსასვლელი სამი თანრიგის მნიშვნელობები არ შეიძლება მოიცავდეს მის ყველა შესაძლო მნიშვნელობებს, ცხრილ 1-ში მოცემულია გადამწოდების რეალური კომბინაცია წყლის დონის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. ყველა დანარჩენი კომბინაცია მიაწინებს შეცდომაზე, რომელიც განპირობებულია გადამწოდის ან ინტერფეისის დაზიანებით.

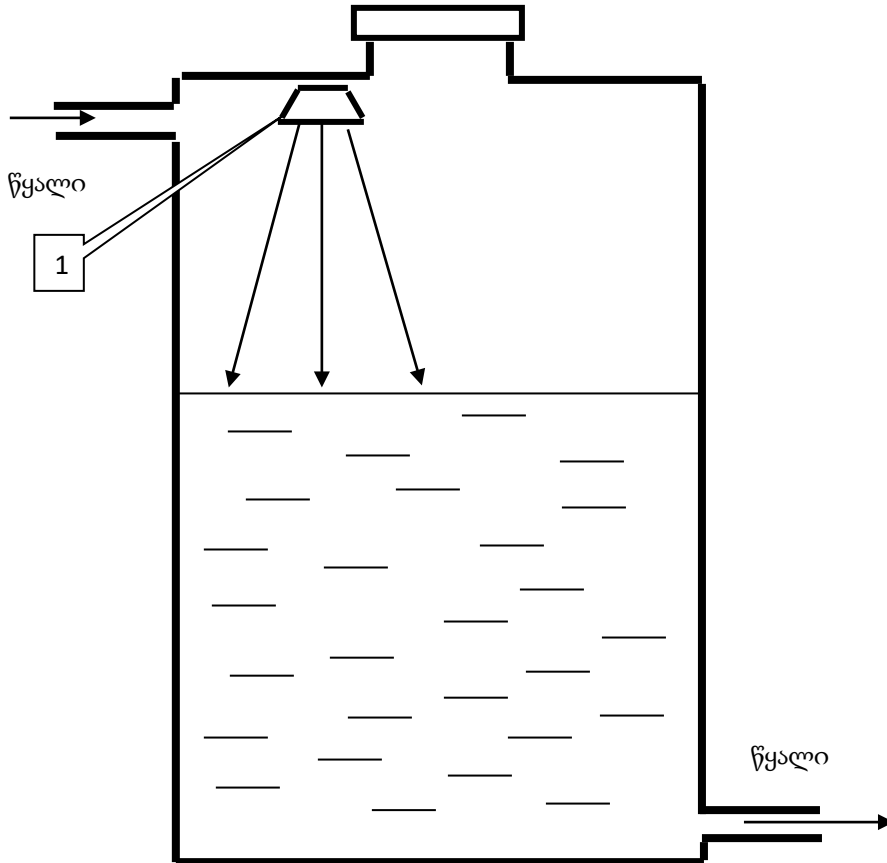
ცხრილი 1

●	●	●	წყლის მოცულობა ნახევარზე მეტია
○	●	●	წყლის მოცულობა ნახევარზე ნაკლებია და მეოთხედზე მეტია
○	○	●	წყლის მოცულობა მეოთხედზე ნაკლებია და მერვედზე მეტია
○	○	○	წყლის მოცულობა მერვედზე ნაკლებია

უნდა აღინიშნოს რომ ასეთი მიდგომის გახორციელებისას შესაძლებელია სხვა რაოდენობის გადამწოდებით რეზერვუარის სივრცის დაყოფა.

ვარიანტი 2

რეზერვუარში ხორციელდება წყლის მოცულობის გამოთვლა მისი დონის უწყვეტი გაზომვით. გაზომვა ხორციელდება ულტრაბგერითი გადამწოდის გამოყენების საშუალებით (ნახ 3). გამოიყენება ქარხნული წარმოების გადამწოდი JSN-SR04T [3]. ის დამაგრებულია რეზერვუარის ზედა ზედაპირზე 1.



ნახ.3

გადამწოდი აფიქსირებს მანძილს რეზერვუარში წყლის ზედაპირამდე. გადამწოდი კომპლექტდება ARDUINO-ს ტიპის მიკროკონტროლერზე მიერთების ბლოკით და შესაბამისი პროგრამული ბიბლიოთეკით. ქვემოთ მოყვანილია მონაცემები, რომლებიც გვიჩვენებს გაზომვის შესაძლო პარამეტრებს განხილული გადამწოდის გამოყენების შემთხვევაში:

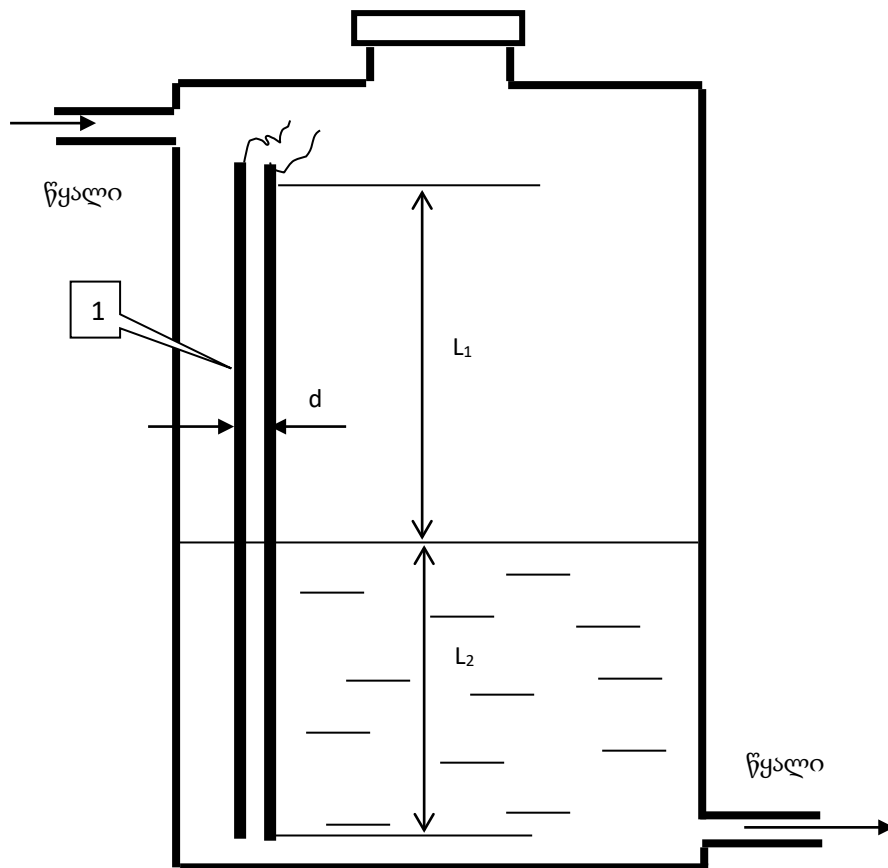
- გაზომვის დიაპაზონი 25 – 450სმ;
- სიზუსტე 2მმ;
- კვების ძაბვა 5ვ;
- მოხმარებული დენი 30 მა;
- გაზომვის სიხშირე 40კჰც;
- გაზომვის სიზომი 23 X 20 მმ, 2,5 მ სიგრძის კაბელი.

ვარიანტი 3

ნახ.4-ზე მოცემულია წყლის მოცულობის განსაზღვრის ვარიანტი ტევადური გადამწოდის გამოყენების საშუალებით. ტევადური გადამწოდი წარმოადგენს ორ ერთმანეთთან ახლო მანძილზე d განლაგებულ ფირფიტას 1. ფირფიტები მოთავსებულია ავზის გვერდის გაყოლებაზე ისეთნაირად, რომ მათი ნაწილი დაფარულია წყლით. ამ ფირფიტებით შექმნილი კონდენსატორის ტევადობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ორი ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობა დიელექტრიკის სხვადასხვა დიელექტრიკული შეღწევადობით, რომლებიც შეერთებულია პარალელურად. ჯამური ტევადობა ტოლია ცალკეული კონდენსატორების ტევადობის ჯამის:

$$C = C_1 + C_2 \tag{1}$$

აქ C არის ფირფიტებით შექმნილი კონდენსატორის ჯამური ტევადობა; C_1 ფირფიტების იმ ნაწილით შექმნილი ტევადობა, რომლებიც განლაგებულია წყლის დონის ზევით, ხოლო C_2 ფირფიტების იმ ნაწილით შექმნილი ტევადობა, რომლებიც განლაგებულია წყლის დონის ქვემოთ.



ნახ.4

ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობის განსაზღვრის ფორმულის გამოყენებით [4]:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (2)$$

სადაც, S - ფირფიტის ფართობი, d - მანძილი ფირფიტებს შორის, ϵ - ფირფიტებს შორის მოთავსებული დიელექტრიკის (წყლის) დიელექტრიკული შეღწევადობა. ϵ_0 - მუდმივა, გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ რომ ჯამური ტევადობა:

$$C = K(L_1 + \epsilon L_2) \quad (3)$$

დამოკიდებულია რეზერვუარში წყლის დონის მნიშვნელობაზე L_2 . აქ K არის მუდმივა, რომელიც დამოკიდებულია ფირფიტებით შექმნილი კონდენსატორის პარამეტრებზე, ფირფიტის სიგანეზე და ფირფიტებს შორის მანძილზე d .

მიღებული კონდენსატორი გამოიყენება გენერატორის კონტურში. შედეგად ვიღებთ რომ გენერატორის ω სიხშირე დამოკიდებულია წყლის დონეზე. ამასთან, უნდა აღინიშნოს რომ, რადგანაც წყლის დიელექტრიკული შეღწევადობა ϵ არ არის მუდმივი სიდიდე და დამოკიდებულია დიელექტრიკში არსებულ ელექტრულ ველზე, ასეთი გადამწოდის გამოყენებისას აუცილებელია მისთვის ექსპერიმენტალურად განისაზღვროს $L_2=f(\omega)$ დამოკიდებულება და მიღებული შედეგი შემდგომში შეტანილი იყოს მიკროკონტროლერის მეხსიერებაში, წყლის დონის რეალური მნიშვნელობის შეფასებისთვის.

ზემოთ განხილული იყო ბუფერულ რეზერვუარში წყლის დონის გაზომვის სამი სხვადასხვა ვარიანტი. ისინი განსხვავდება ერთმანეთისაგან შესაბამის გადამწოდებში გამოყენებული ფიზიკური პრინციპებით და მიკროკონტროლერში რეალიზებული პროგრამული უზრუნველყოფით. მათი თავისებურების გათვალისწინება საშუალებას გვაძლევს ოპტიმალურად მოვარგოთ საჭირო ვარიანტი კონკრეტული წვეთოვანი რწყვის ავტომატური მართვის სისტემის რეალიზაციას.

Means for controlling the dynamic change of water in the buffer reservoirs of drip irrigation systems

Nugzar Kavlashvili, Levan Gvaramadze, Otar Labadze, Panaiot Stavrianidi, Tamaz Saanishvili, Veriko Bakhtadze, Giorgi Kiknadze

Summary

The basic principles of controlling the dynamic change of irrigated water resources in drip irrigation systems are discussed when using their correct geometric shape buffer reservoirs, in cases where the volume of accumulated water can be considered as a linear function of water level.

A method for qualitative assessment of water volume is proposed and a system for calculating the volume of water built with a water level monitoring transmission is shown.

A system for continuous recording of the volume of water built using an ultrasonic transmitter is given.

The method of determining the water level using a capacitive transducer is discussed, which is based on the principle of changing the capacitance of the capacitor based on the change in dielectric permeability between the diaphragms.

Принципы контроля изменения объема воды в буферных резервуарах в системах капельного орошения

*Нугзар Кавлашвили, Леван Гварамаძე, ოთარ ლაბაძე, პანაიოტ სტავრიანიძი,
თამაზ საანიშვილი, ვერიკო ბახტაძე, გეორგი კიკნაძე*

Резюме

Обсуждаются основные принципы контроля изменения объема воды в системах капельного орошения при использовании буферных резервуаров правильной геометрической формы, в случаях, когда объем накопленной воды можно рассматривать как линейную функцию от уровня воды.

Предложен метод качественной оценки объема воды и показана система учета, построенная на трех датчиках фиксации уровня воды.

Приведена система непрерывного учета объема воды, реализованная посредством ультразвукового датчика.

Обсуждается метод определения уровня воды с помощью ёмкостного преобразователя, который основан на принципе изменения ёмкости плоского конденсатора основанный на изменении диалектической проницаемости диэлектрике между обкладками.

ლიტერატურა – References – Литература

1. K.Prathyusha, M.Chaitanya Shuman DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS FOR THE AUTOMATION OF DRIP IRRIGATION Department of ECM K.L.University Pradesh India. 2012.
2. Васильев С.Н., Медведева Л.И. Анализ датчиков влажности с целью разработки автономной автоматизированной системы полива дачного участка. Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградский государственный технический университет, г. Волжский 2016.
3. <https://www.makerguides.com/jsn-sr04t-arduino-tutorial/>
4. <https://zaochnik.com/spravochnik/fizika/elektricheskoe-pole/emkost-kondensatorov/>

Улучшенный робототехнический манипулятор

Нугзар Кавлашвили, Отар Лабадзе, Панаёт Ставрианиди, Давид Пурихванидзе,
Верико Бахтадзе, Майя Церцвадзе

mr.panaet@inbox.ru

Резюме

Представлена принципиально новая схема построения робототехнического манипулятора типа хобот. По сравнению с ранее разработанной схемой построения манипуляторов данного типа, рассмотренной в работе [1], новая схема отличается тем, что оси поворотных механизмов, задающие ориентацию звеньев манипулятора, лежат не в одной плоскости, а лежат на скрещенных прямых. При этом новый манипулятор обладает рядом преимуществ по сравнению с прототипом.

Приведены чертежи одного из идентичных звеньев манипулятора, разработанного по новой схеме, и формулы преобразования угловых координат звена в декартовые.

Ключевые слова:

Манипулятор типа хобот, поворотные механизмы, локальная система координат звена, элементы сочленения звеньев, угловые координаты ориентации.

В ранее опубликованных работах [1, 2] нами были рассмотрены схемы построения манипуляторов типа хобот, в которых многошарнирные сочленения смежных звеньев были заменены поворотными механизмами с взаимно ортогональной системой поворотных осей. Это позволило упростить алгоритм управления звеньями манипуляторов, привело к возможности отказаться от применения тросов [3] и перейти к автономному управлению звеньями манипулятора с помощью индивидуальных сельсинов. На рис. 1 схематически представлена система расположения осей взаимно ортогональных поворотных механизмов, которая устанавливает значения двух углов α и β задавая ориентацию осевой линии соответствующего звена манипулятора.

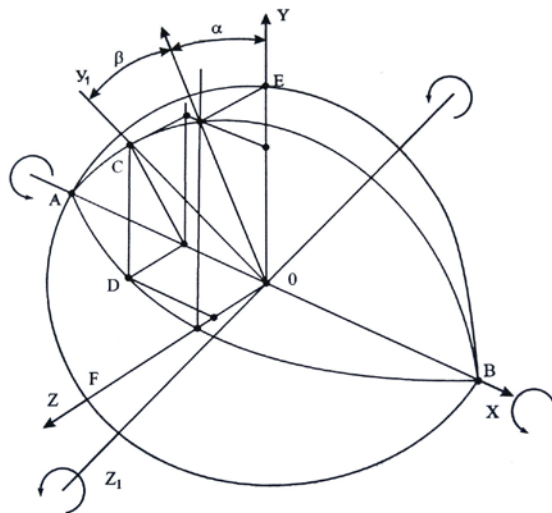


Рис. 1.

В начальном положении осевая линия из точки O направлена вдоль оси OY локальной системы координат. При повороте звена на угол α ось вращения $X-X$ остается направленной вдоль оси OX , а при повороте звена на угол β , соответствующая ось вращения $Y-Y$, оставаясь перпендикулярной к оси OX , поворачивается на угол α . После двух поворотов осевая линия звена займет положение, показанное на рисунке отрезком OC . Координаты осевой линии звена могут быть вычислены по формулам:

$$x=R\sin\beta, y=R\cos\beta\cos\alpha, z=R\cos\beta\sin\alpha, \quad (1)$$

где, R равно модулю отрезка осевой линии OC , $R=OC$.

Кроме сложности конструкции манипуляторов построенных на основе поворотных механизмов, основным их недостатком является малый диапазон установки углов ориентации.

В данной работе мы рассматриваем манипулятор с поворотными механизмами, оси которых лежат не в одной плоскости, а на скрещенных прямых. Такая конструкция манипулятора обладает рядом преимуществ по сравнению с предыдущей, главным из которых является увеличение диапазона установки углов ориентации более 180 градусов.

На рис. 2 показаны три проекции нового манипулятора с поворотными механизмами оси которых лежат на скрещенных прямых параллельных осям координат OX и OZ . При изменении ориентации манипулятора ось вращения $X-X$ остается неподвижной относительно локальной системы координат, а ось $Z-Z$ меняет свое положение в зависимости от значения углов ориентации. Поворотные механизмы идентичны для обеих осей вращения, и на чертеже они показаны в виде прямоугольников.

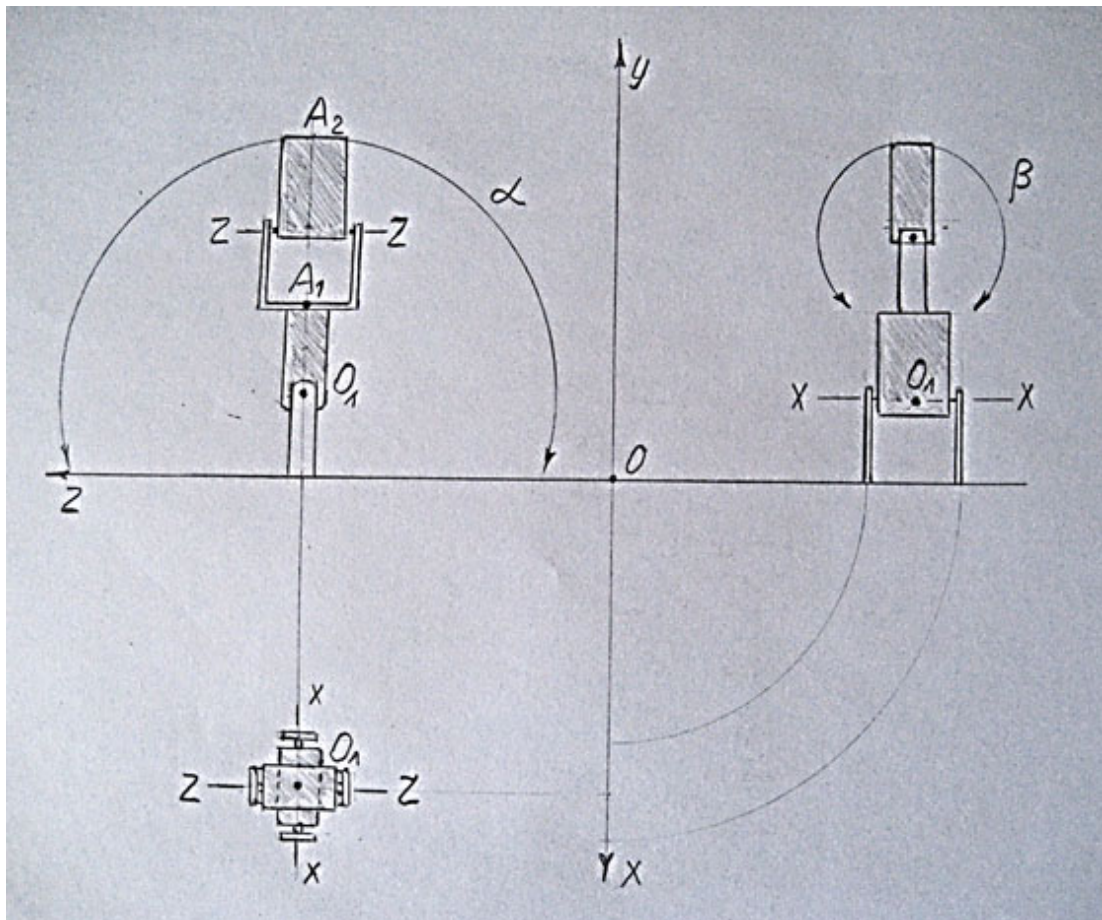
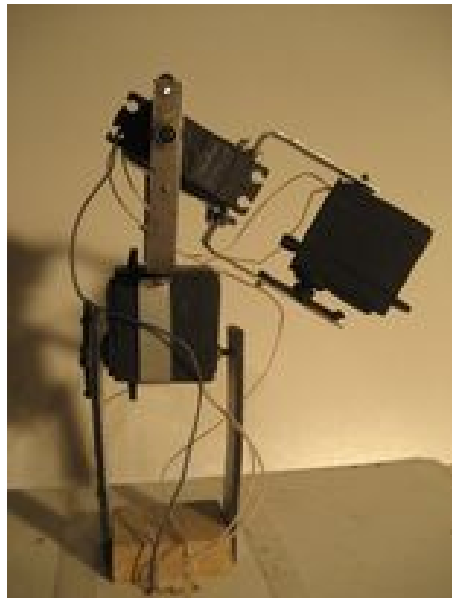


Рис. 2.

Выведем формулы для вычисления координат манипулятора относительно локальной системы координат центр, которой установим в точке O_n оси вращения $X-X$, а оси X, Y, Z , установим параллельно осям проекции. Обозначим через L расстояние между осями $X-X$ и $Z-Z$. Тогда при $L=0$ координаты точки A_1 и A_2 совпадут, а оси поворотных механизмов окажутся в одной плоскости. При этом координаты осевой линии звена могут быть рассчитаны по формулам (1). При L не равно нулю поворотные оси лежат на скрещенных прямых и формулы для вычисления координат точки O примут следующий вид:

$$x=R\sin\beta, y=R\cos\beta\cos\alpha+R\cos\alpha, z=R\cos\beta\sin\alpha+R\sin\alpha, \quad (2)$$

где, R равно модулю отрезка осевой линии OC , $R=OC$ Разница между формулами (1) и (2) связана с тем, что в новом манипуляторе при изменении угла α изменяется и положение оси вращения $Z-Z$. Кроме увеличения диапазона установки углов ориентации новый манипулятор имеет более простую и надежную конструкцию. Это позволило создать макет нового манипулятора, в котором были применены сельсины марки FUTABA s3003. Управление этими сельсинами осуществляется по стандартным программам микроконтроллеров марки ARDUINO. Макет манипулятора приведен на фото.



გაუმჯობესებული რობოტოტექნიკური მანიპულატორი

*ნუგზარ ყავლაშვილი, ოთარ ლაბაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, დავით ფურცხვანიძე,
ვერიკო ბახტაძე, მაია ცერცვაძე*

რეზიუმე

წარმოდგენილია ხორთუმის ტიპის რობოტოტექნიკური მანიპულატორის აგების პრინციპულად ახალი სქემა. ამ ტიპის მანიპულატორების აგების ადრე შემუშავებული სქემისგან განსხვავებით, რომელიც განხილულია სამუშაოში [1], ახალ სქემაში მბრუნავი მექანიზმების ღერბები, რომლებიც განსაზღვრავენ მანიპულატორის რგოლების ორიენ-

ტაციას, მდებარეობენ არა ერთ სიბრტყეში, არამედ გადაჯვარედინებულ წრფეებზე. ამასთან, ახალ მანიპულატორს არაერთი უპირატესობა აქვს პროტოტიპთან შედარებით.

მოცემულია ახალი სქემის მიხედვით შემუშავებული მანიპულატორის ერთ-ერთი იდენტური რგოლის ნახაზები და რგოლის კუთხური კოორდინატების დეკარტულში გარდაქმნის ფორმულები.

Improvement robotic manipulator

*Nugzar Kavlashvili, Otar Labadze, Panaiot Stavriani, David Purtsxvanidze,
Veriko Bakhtadze, Maia Tsertsvadze*

Summary

The fundamentally new scheme for constructing a robotic manipulator of the trunk type is presented. Compared with the previously developed scheme for constructing manipulators of this type, considered in [1], the new scheme differs in that the axes of the rotary mechanisms specifying the orientation of the manipulator links do not lie in the same plane, but on the crossed straight lines. At the same time, the new manipulator has a number of advantages over the prototype.

The drawings of one of the identical links of the manipulator, developed according to the new scheme, and the formulas for converting the angular coordinates of the link into Cartesian are given.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Н.Кавлашвили, О.Лабадзе, П. Ставрианиди, Д.Пурцхванидзе, М.Церцвадзе, Г.Кикнадзе. Модернизированный робототехнический манипулятор. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, 2018, თბილისი. გვ.51-53. ISSN 0135-0765
2. О.Лабадзе, П.Ставрианиди, Д.Пурцхваидзе, М.Церцвадзе. М.Ставрианиди. Робототехнический манипулятор. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №21, 2017, თბილისი, გვ. 67-70.
3. Д. Пурцхванидзе, Г. Челидзе Манипулятор. Авторское свидетельство 1077780 опубликовано 07.06.84.

ზედაპირის ხორკლიანობის ტიპის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს

*თენგიზ მაგრაქველიძე, გიორგი გიგინეიშვილი, ავესენტი მიქაშავიძე,
ტარიელ კობერიძე, ხათუნა ლომიძე*

qvelit@rambler.ru

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია ვერტიკალურ მილზე ჩამოდინარე წყლის აფსკში თბოგაცემის ინტენსიურობაზე ორგანოზომილებიანი, პირამიდული და მათი კომბინირებით შექმნილი ხორკლიანობის გავლენის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები.

ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ თბოგაცემზე ზედაპირზე თანაბრად განაწილებული წაკვეთილი პირამიდის ფორმის მქონე შევრილებით შექმნილი ხორკლიანობის ($h=0.25$ მმ) ეფექტი თბოგაცემაზე რეინოლდსის რიცხვის შედარებით დაბალი მნიშვნელობების დროს, პრაქტიკულად ნულის ტოლია, ხოლო რეინოლდსის რიცხვის ზრდის შედეგად ეფექტი იზრდება და როდესაც $Re > 10^4$, აღნიშნული ეფექტი ისეთივეა, როგორც ორგანოზომილებიანი (მილზე სპირალურად დახვეული მავთული, $h=0.5$ მმ, $s/h=10$) ხორკლიანობის შემთხვევაში.

დადგენილია, აგრეთვე, რომ ზედაპირზე შექმნილი კომბინირებული ხორკლიანობის (პირამიდული + სპირალი) გავლენა თბოგაცემის ინტენსიურობაზე, ჩვენ მიერ გამოკვლეული რეინოლდსის მთელ დიაპაზონში, აღემატება როგორც პირამიდული, ისე ორგანოზომილებიანი ხორკლიანობით გამოწვეულ ეფექტს.

საკვანძო სიტყვები:

ჩამოდინარე აფსკი, თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია, პირამიდული ხორკლიანობა, ორგანოზომილებიანი ხორკლიანობა, კომბინირებული ხორკლიანობა.

ზედაპირზე სითხის აფსკის ჩამოდინების პირობებში თბოგაცემის პროცესის ენერგეტიკულ, ქიმიურ, კვების მრეწველობის და სხვა დანადგარებში ფართოდ გამოყენება, ერთი მხრივ, და ამ დანადგარების ეფექტურობის ამაღლების პრობლემა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის გზით, მეორე მხრივ, წარმოაჩენს საკითხის აქტუალურობას.

ხელოვნური ხორკლიანობის ეფექტურობა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის თვალსაზრისით არხებში ტურბულენტური დინების დროს საფუძვლიანადაა დასაბუთებული [1].

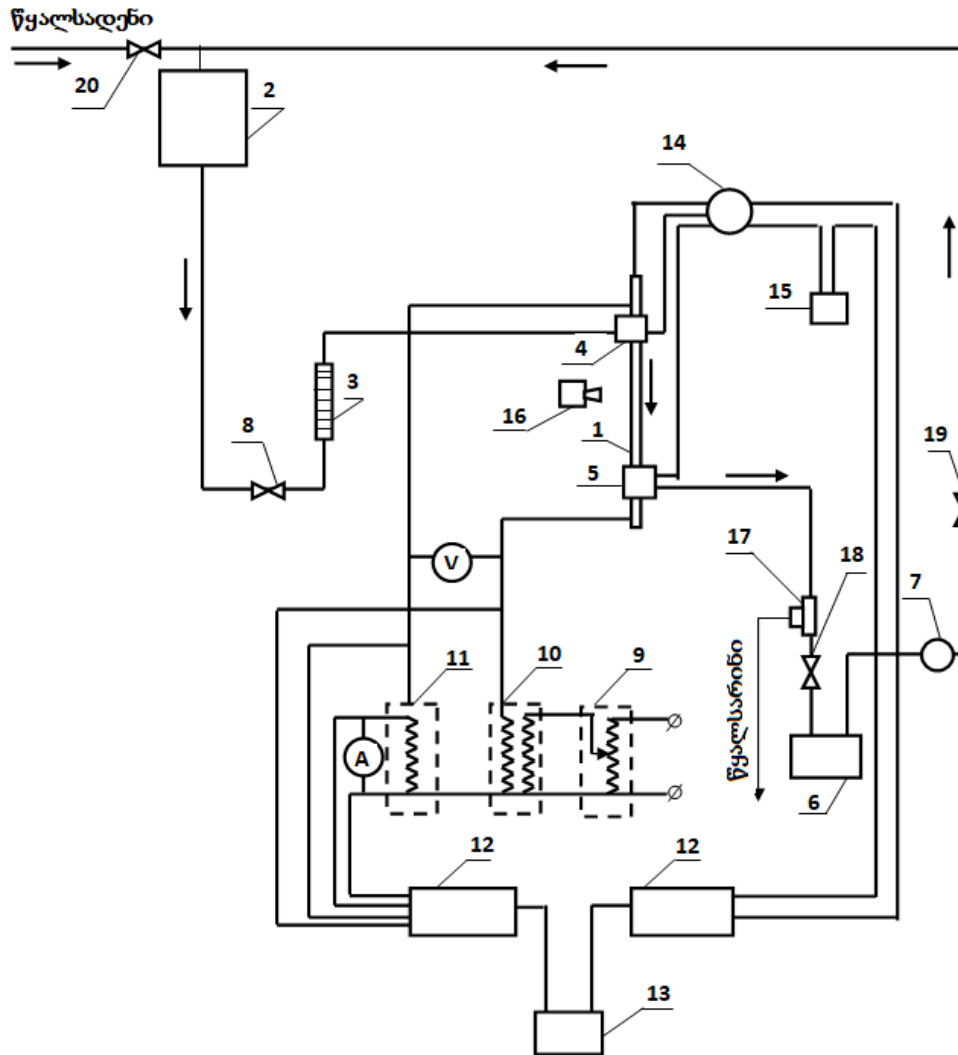
ხელოვნური ხორკლიანობის მეთოდით ზედაპირზე აფსკის ჩამოდინების პირობებში თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის საკითხებისადმი ავტორთა მიერ უკანასკნელ წლებში მიძღვნილია არაერთი გამოკვლევა, რომლებშიც შესწავლილი იყო ისეთი აქტუალური პრობლემები, როგორებიცაა ორგანოზომილებიანი ხორკლიანობისა და ღრმულებიანი ხორკლიანობის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიურობაზე [2-4]. ამ გამოკვლევებში რეინოლდსის რიცხვი (Re) არ აღემატებოდა 10^4 , ხოლო პრანდტლის რიცხვი - $Pr=10 \div 11$. ამ მიმართულებით ძალზე მნიშვნელოვანი შედეგები იყო მიღებული გამოკვლევაში [5].

მიუხედავად ამისა, ბევრი პრობლემა ჯერ კიდევ შეუსწავლელი რჩება. კერძოდ, დიდ ინტერესს იმსახურებს ზედაპირზე მჭიდროდ განლაგებული წაკვეთილი პირამიდის ფორმის მქონე შევრილების (პირამიდული ხორკლიანობის) გავლენა თბოგაცემის ინტენსიურობაზე.

ასევე, ვფიქრობთ, აქტუალურია ორგანოზომილებიანი და პირამიდული ხორკლიანობის კომბინირებით შექმნილი ზედაპირის ეფექტურობის გამოკვლევა თბოგაცემაზე. ყურადღებას იმსახურებს, აგრეთვე, პრანდტლის რიცხვის გავლენა თბოგაცემის ინტენსივიკაციაზე.

ამ ამოცანების გადაჭრელად ჩვენ მიერ საფუძვლიანად იქნა გადაკეთებული ექსპერიმენტული დანადგარი, რომელიც გამოყენებული იყო გამოკვლევებში [2-4].

მოდერნიზებული დანადგარის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია 1-ლ ნახაზზე.



ნახ.1 ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკში თბოგაცემის საცდელი სტენდის პრინციპული სქემა

- 1 - საცდელი მილი; 2 - თერმოსტატი; 3 - ხარჯზომი; 4 - ზედა კამერა; 5 - ქვედა კამერა;
 6 - დამხმარე თბოგადამცემი; 7 - ტუმბო; 8 - ხარჯის მარეგულირებელი ვენტილი; 9 - ძაბვის მარეგულირებელი ტრანსფორმატორი; 10 - ძაბვის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორი;
 11 - დენის ტრანსფორმატორი; 12 - ციფრული ვოლტმეტრი; 13 - კომპიუტერი;
 14 - გადამრთველი; 15 - „0“ ხელსაწყო; 16 - თერმოგრაფიული კამერა; 17 - გადამრთველი ონკანი; 18, 19, 20 - ვენტილები.

დანადგარში გათვალისწინებულია წყლის ხარჯის მნიშვნელოვანი გაზრდის შესაძლებლობა, რაც უზრუნველყოფს ექსპერიმენტების ჩატარებას რეინოლდსის რიცხვის ფართო დიაპაზონში. ასევე გათვალისწინებულია წყლის წინასწარი გაცხელება, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს ექსპერიმენტები ჩატარდეს პრანდტლის რიცხვის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს.

დანადგარის ექსპერიმენტული უბანი (1) წარმოადგენს უქანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ მილს, რომლის გარე ზედაპირზე თერმოსტატიდან (2) ვენტილის (8) და ხარჯმზომის (3) გავლით ჩამოედინება წყლის აფსკი. ჩამოედინებული აფსკი მიემართება დამხმარე თბოგადამცემში (6) და ტუმბოს (7) საშუალებით ბრუნდება თერმოსტატიში (2).

უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპერიმენტული დანადგარის ჩაკეტილი კონტური (18), (19) ვენტილების გადაკეცილობით, (20) ვენტილის გაღებით და (17) გადამრთველი ონკანის საშუალებით მარტივად გარდაიქმნება ღია კონტურად. წინამდებარე ექსპერიმენტები, რომლებშიც თბომატარებლად გამოყენებული იყო წყალი, ჩატარდა ღია კონტურის პირობებში.

საცდელი უბანი ხურდება მასში დაბალი ძაბვის ელექტროდენის უშუალო გატარებით. ამისათვის გამოყენებულია ძაბვის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორი (10). ექსპერიმენტულ მილზე მიწოდებული სიმძლავრის რეგულირება წარმოებს მარეგულირებელი ტრანსფორმატორით (9). ექსპერიმენტულ მილში გამავალი დენის ძალა -I და ძაბვის ვარდნა - ΔU იზომება ციფრული ვოლტმეტრით (12). დენის ძალის გასაზომად გამოიყენება დენის ტრანსფორმატორი (11).

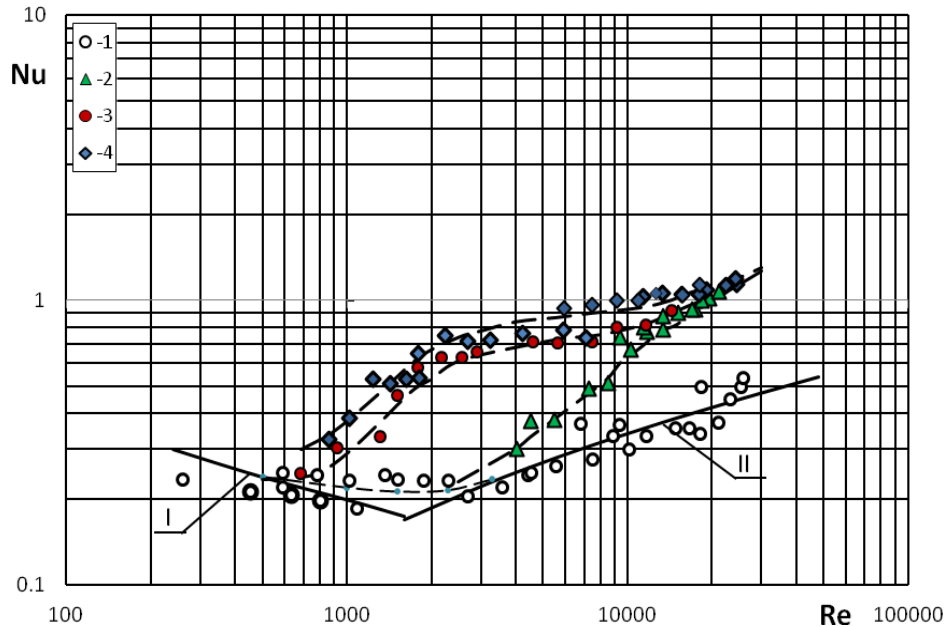
წყლის ტემპერატურები ექსპერიმენტულ უბანში შესვლაზე $t_{\text{სვ}}$ და გამოსვლაზე $t_{\text{გვ}}$ იზომება ქრომელ-ალუმელის თერმოწყვილებით, რომლებიც განთავსებულია კამერებში (4,5). აფსკში ტემპერატურული ველის განაწილების წარმოსადგენად სქემაში გათვალისწინებულია თერმოგრაფული კამერა (15). ექსპერიმენტული მილის კედლის შიდა ტემპერატურა იზომება ასევე ქრომელ-ალუმელის თერმოწყვილით, რომელიც ჩამონტაჟებულია ტეფლონის კამერაში და მჭიდროდაა განთავსებული საცდელ მილში ისე, რომ მისი გადაადგილებით შესაძლებელი ხდება ტემპერატურის გაზომვა მილის რამდენიმე განივკვეთში - $t'_{\text{კ1}}, t'_{\text{კ2}}, t'_{\text{კ3}}$. ექსპერიმენტული მილის გარე ზედაპირის ტემპერატურები $t_{\text{კ1}}, t_{\text{კ2}}, t_{\text{კ3}}$ იანგარიშება ცნობილი ფორმულით. თერმოწყვილების ელექტრომომძრავებელი ძალა იზომება ციფრული ვოლტმეტრით (12). გაზომილი სიდიდეები ავტომატურად გადაეცემა კომპიუტერს (13), რომლის საშუალებითაც მუშავდება ექსპერიმენტული მონაცემები ჩვენ მიერ შედგენილი პროგრამით.

ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავდა შემდეგი უგანზომილო სიდიდეების გამოყენებით:

$$Nu = \frac{\alpha}{\lambda} \left(\frac{v^2}{g} \right)^{1/3}, \quad Pr = \frac{\nu}{a}, \quad Re = \frac{4G}{\nu},$$

სადაც, α არის თბოგაცემის კოეფიციენტი, ვტ/მ²°C; λ -სითხის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, ვტ/მ °C; ν -სითხის სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, მ²/წმ; g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²; a -სითხის ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი, მ²/წმ; G -თბოგამცემი ზედაპირის ე.წ. მორწყვის კოეფიციენტი, მ²/წმ, Nu - ნუსელტის რიცხვი; Pr - პრანდტლის რიცხვი; Re - რეინოლდსის რიცხვი.

მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილია ექსპერიმენტების შედეგები გლუვი, ორგანზომილებიანი, პირამიდული და კომბინირებული ხორკლიანობის მქონე ზედაპირებისათვის. აღნიშნულ ექსპერიმენტებში $Pr=6$, რეინოლდსის რიცხვის დიაპაზონი - $Re=250 \div 25\ 000$.



ნახ.2. თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე

- 1 - გლუვი ზედაპირი;
ხორკლიანი ზედაპირები:
 - 2 - პირამიდული ხორკლიანობის მქონე ზედაპირი, $h=0.25$ მმ ;
 - 3 - ორგანზომილებიანი ხორკლიანობის მქონე ზედაპირი, (სპირალი, $h=0.5$ მმ, $s/h=10$);
 - 4 - კომბინირებული (პირამიდული + სპირალი $h=0.5$ მმ, $s/h=10$) ხორკლიანობის მქონე ზედაპირი.
- I - ჩჟუნის და სეზანის ფორმულის მიხედვით [6];
II - ლაზუნცოვის ფორმულის მიხედვით [7].

გრაფიკზე ექსპერიმენტული მონაცემები გასაშუალებულია წყვეტილი ხაზებით. მთლიანი ხაზი I შეესაბამება ლიტერატურიდან ცნობილ ფორმულას ლამინარულ-ტალღური რეჟიმისათვის [6]:

$$Nu = 2.03 Re^{1/3} \quad (1)$$

ხოლო, ხაზი II შეესაბამება დ. ლაზუნცოვის ფორმულას აფსკის ტალღურიდან ტურბულენტურ რეჟიმში გარდამავალი ზონისათვის [7]:

$$Nu = \frac{0,17 Pr^{0.5} (Re/Re_{კრ})}{Pr^{0.5} + 1.6 [(Re/Re_{კრ})^{3/4} - 1]} \quad (2)$$

სადაც, $Re_{cr}=1600$.

ორივე ფორმულა სამართლიანია გლუვი ზედაპირებისათვის.

როგორც აღნიშნული გრაფიკიდან ჩანს, ექსპერიმენტული მონაცემები გლუვი ზედაპირებისათვის კარგ თანხვედრაშია (1) და (2) ფორმულებთან.

აღნიშნული გრაფიკიდან ჩანს, აგრეთვე, რომ პირამიდული ხორკლიანობის მქონე ზედაპირის შემთხვევაში რეინოლდსის შედარებით მცირე მნიშვნელობების დროს ($Re < 5 \times 10^3$) თბოგაცემის ინტენსიურობა პრაქტიკულად ისეთივეა, როგორც გლუვი ზედაპირის დროს. ამასთან, რეინოლდსის უფრო მაღალი მნიშვნელობების შემთხვევაში თავს იჩენს ხორკლიანობის ეფექტი და როდესაც $Re = (15 \div 20) \times 10^3$, თბოგაცემის ინტენსიურობა 2,5-ჯერ აღემატება გლუვი ზედაპირის თბოგაცემის ინტენსიურობას. ჩვენ მიერ გამოკვლეული პარამეტრების მქონე ორგანოზომილებიანი ხორკლიანობის შემთხვევაში ხორკლიანობის ეფექტი ვლინდება რეინოლდსის რიცხვის გაცილებით უფრო მცირე მნიშვნელობების დროს ($Re > 10^3$). კომბინირებული ხორკლიანობის შემთხვევაში მიღწეული ეფექტი, ჩვენ მიერ გამოკვლეულ რეინოლდსის რიცხვის მთელ დიაპაზონში, აღემატება როგორც პირამიდული, ისე ორგანოზომილებიანი ხორკლიანობის დროს მიღებულ ეფექტს.

უნდა აღინიშნოს, რომ პირამიდული ხორკლიანობის შემთხვევაში თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია დიდწილად მიიღწევა თბოგამცემი ზედაპირის ფართობის მნიშვნელოვანი ზრდის შედეგად. ამის გათვალისწინებით ის, რომ რეინოლდსის რიცხვის შედარებით მცირე მნიშვნელობების პირობებში გლუვი და პირამიდული ხორკლიანობის მქონე ზედაპირების თბოგაცემის ინტენსიურობა პრაქტიკულად ერთნაირია, შეიძლება აიხსნას შემდეგნაირად: რეინოლდსის რიცხვის მცირე მნიშვნელობების დროს პირამიდებს შორის ჩაღრმავებებში წარმოიქმნება სითხის ე.წ. „მკვდარი“ ზონები, რაც, ცხადია, აუარესებს თბოგაცემის ინტენსიურობას. მაგრამ, მეორე მხრივ, პირამიდები, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იწვევენ ზედაპირის ფართის მნიშვნელოვან გაზრდას, რაც თავის მხრივ ზრდის მილის ზედაპირიდან სითხის ართმევას. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ეს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო ფაქტორი აწონასწორებს ერთმანეთს და საერთო ჯამში თბოგაცემის კოეფიციენტი გლუვი და ხორკლიანი ზედაპირებისათვის ერთნაირია (თბოგაცემის კოეფიციენტი იანგარიშება თბური ნაკადის ფარდობით გლუვი ზედაპირის ფართთან). რეინოლდსის რიცხვის ზრდით „მკვდარ“ ზონებში ინტენსიური ხდება სითხის მოძრაობა და იზრდება თბოგაცემის ინტენსიურობა.

მიღებული შედეგები ცხადყოფენ, რომ ზედაპირის ხორკლიანობის მეთოდის გამოყენება სათანადო თბოგადამცემ დანადგარებში მნიშვნელოვნად გაზრდის მათ ეფექტურობას.

Influence of the type of roughness on the intensification of heat transfer during the water film flow

Tengiz Magrakvelidze, Giorgi Gigineishvili, Avksenti Mikashvidze, Taniel Koberidze,

Khatuna Lomidze

Summary

The article presents the results of an experimental study to determine the effect of two-dimensional, pyramidal and combined roughness on heat transfer when a water film flows down the outer surface of a vertical pipe.

It was experimentally established that the roughness of the type of densely and uniformly distributed truncated pyramids ($h=0.25\text{mm}$) at relatively low values of the Re number does not effect on heat transfer. However, with an increase in the Re number, the effect also appears at $Re > 10^4$, the effect is the same as in the case of two-dimensional roughness (wire spirally wound along the pipe, $h=0.5\text{ mm}$, $s/h=10$).

It was also found that the effect of the combined roughness (pyramidal + spiral) on heat transfer in the entire range of the Reynolds number investigated by us is higher than the effect of both two-dimensional and pyramidal roughness.

Влияние типа шероховатости на интенсификацию теплоотдачи при стекании водяной пленки

Тенгиз Маграквелидзе, Гиორგი Гигინეишвили, Авксентий Микашавидзе,

Тариел Кобერიძე, Хатуна Лომიძე

Резюме

В статье представлены результаты экспериментального исследования по определению влияния двухмерной, пирамидальной и комбинированной шероховатостей на теплоотдачу при стекании пленки воды по наружной поверхности вертикальной трубы.

Экспериментально установлено, что шероховатость типа плотно и равномерно распределенных усеченных пирамид ($h=0.25\text{ мм}$) при относительно низких значениях числа Re не оказывает влияния на теплоотдачу. Однако, с ростом числа Re эффект проявляется и при $Re > 10^4$, указание эффект такой же, как и в случае двухмерной шероховатости (спирально намотанная по трубе проволока $h=0.5\text{ мм}$, $s/h=10$).

Установлено также, что влияние комбинированной шероховатости (пирамидальная + спиральная) на теплоотдачу во всем исследованном нами диапазоне числа Рейнольдса выше эффекта как двухмерной, так и пирамидальной шероховатостей.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Gomelaury V. – Influence of two – dimensional artificial roughness on convective heat transfer. Int. J. of Heat and Mass Transfer, v.7, 1964, N6, pp.653-663.
2. მაგრაქველიძე თ., მიქაშავიძე ა., ლომიძე ხ., ბანცაძე ნ. თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია ვერტიკალურ ზედაპირზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს. სტუ-ის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2017. N22, გვ. 47-51.
3. მაგრაქველიძე თ., გიგინეიშვილი გ., მიქაშავიძე ა., კობერიძე ტ., ლომიძე ხ. თბოგაცემა გლუვ და ხორკლიან ზედაპირებზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს. ენერგია. თბილისი 2019. გვ.35-39.
4. მაგრაქველიძე თ., მიქაშავიძე ა., ბანცაძე ნ., ლომიძე ხ., ლეკვეიშვილი ნ. ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა ვერტიკალურ ზედაპირზე ჩამოდინარე აფსკის თბოგაცემაზე. სტუ-ის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2016. N21, გვ.39-44.

5. ANDERS ÅKESJÖ Thesis for the degree of doctor of philosophy. Hydrodynamics and Heat Transfer in Vertical Falling Films with Smooth and Modified Heat-Transfer Surfaces – An Experimental and Numerical Investigation. Gothenburg, Sweden 2018.
6. Володин О. Теплообмен и кризисные явления при пленочном течении бинарной смеси хладонов на гладких и структурированных поверхностях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Новосибирск 2014. 144 с.
7. Лабунцов Д. А. Теплоотдача при пленочной конденсации чистых паров по вертикальных поверхностях и горизонтальных трубах, Теплоэнергетика. 1957. №2, с.49-51.
8. მაგრაქველიძე თ., გიგინეიშვილი გ., მიქაშავიძე ა., კობერიძე ტ., ლომიძე ხ. თბოგაცემის ზედაპირის ხორკლიანობის შვერილების სიმაღლის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე ვერტიკალურ მილზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. 2019, N23, გვ. 60-64.
9. Чиркин В. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. Атомиздат. Москва, 1968. 483 ст.
10. Соколов В. Н., Доманский И. В. Газожидкостные реакторы. Л. Машиностроение, 1976, 216 с.

“აღნიშნული პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი FR-19-3034)“.

„ჭკვიანი“ ქსელები და მაგენერირებელი ელექტროსადგურების სტრუქტურა

თენგიზ მაგრაქველიძე, ხათუნა ლომიძე, მანანა ჯანიკაშვილი, ირმა არჩვაძე

qvelit@rambler.ru

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია ე.წ. „ჭკვიანი“ ქსელების დიდი უპირატესობა დღეს არსებულ ქსელებთან შედარებით, რომლებიც გულისხმობს გამომუშავებისა და მოხმარების გრაფიკის დაყოფას ბაზისურ და პიკურ ნაწილებად და ამის შედეგად ძვირადღირებული პიკური ელექტროსადგურების მშენებლობას.

სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში რადიკალურად იცვლება ქვეყანაში მაგენერირებელი ელექტროსადგურების სტრუქტურა. „ჭკვიანი“ ქსელები პრაქტიკულად გამორიცხავს ახალი პიკური ელექტროსადგურების აშენების აუცილებლობას. ამასთან, საჭირო იქნება წყალსაცავიანი ჰესების აშენება, რომლებიც იმუშავებენ ბაზისურ რეჟიმში.

„ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში შესაძლებელი იქნება საქართველოში არსებული, როგორც ე.წ. ტრადიციული, ისე არატრადიციული ენერგორესურსების ათვისების გზით, პრაქტიკულად მთლიანად იქნეს დაკმაყოფილებული ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილება.

საკვანძო სიტყვები:

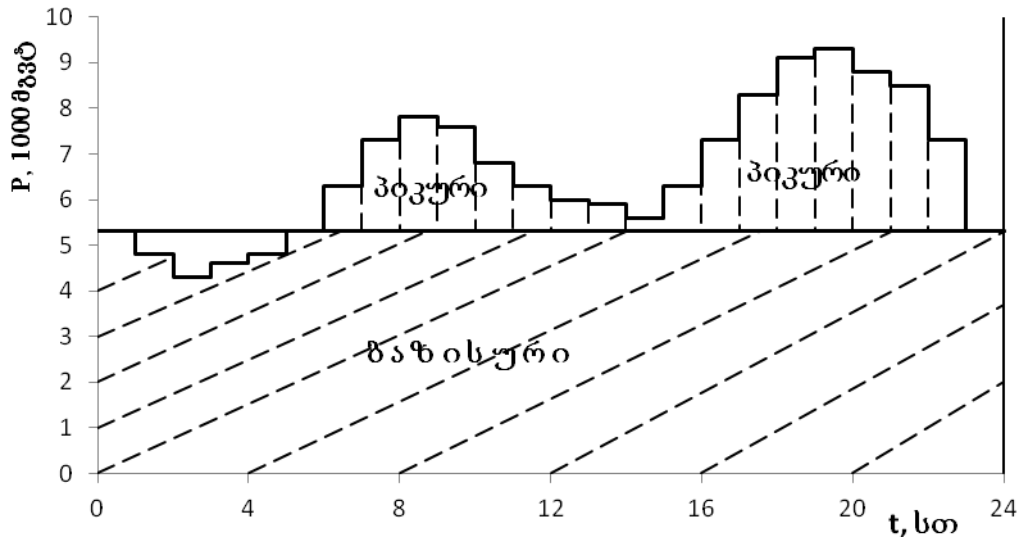
„ჭკვიანი“ ქსელები, ელექტროსადგური, სიმძლავრე, ენერგია.

ელექტროენერჯის გენერაციისა და მოხმარების რაციონალიზაციისა და განახლებად ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების ფართოდ გამოყენების პირობებში ელექტროენერგეტიკაში აქტუალური ხდება ე.წ. „ჭკვიანი“ ქსელების კონცეფცია.

ელექტროენერჯის მოხმარების ამჟამად არსებული დღედამური გრაფიკი ასე გამოიყურება (ნახ.1).

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ელექტროენერჯის მოხმარება შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ნაწილად – ბაზისური და პიკური. ბაზისური არის დატვირთვის ის ნაწილი, რომელიც პრაქტიკულად უცვლელია დღედამის განმავლობაში, ხოლო პიკური ნაწილი განიცდის მკვეთრ ცვლილებას. კერძოდ, დილისა და საღამოს საათებში აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. მოხმარების გრაფიკიდან ჩანს, აგრეთვე, ჩავარდნა ღამის საათებში. ყოველივე ეს განაპირობებს სისტემაში ისეთი სადგურების არსებობას, რომლებიც უზრუნველყოფენ დილისა და საღამოს პიკების დაფარვას. ასეთი სადგურები, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი მანევრულობით, შეიძლება იყოს წყალსაცავიანი ჰესები ან აირტურბინული ელექტროსადგურები. ვინაიდან ასეთი სადგურები თავიანთი მაქსიმალური სიმძლავრით დღედამეში მუშაობენ მხოლოდ პიკური დატვირთვების დროს (4-6 საათის განმავლობაში), მათი დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი ძალზე დაბალია, რაც ეკონომიკური თვალსაზრისით უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს.

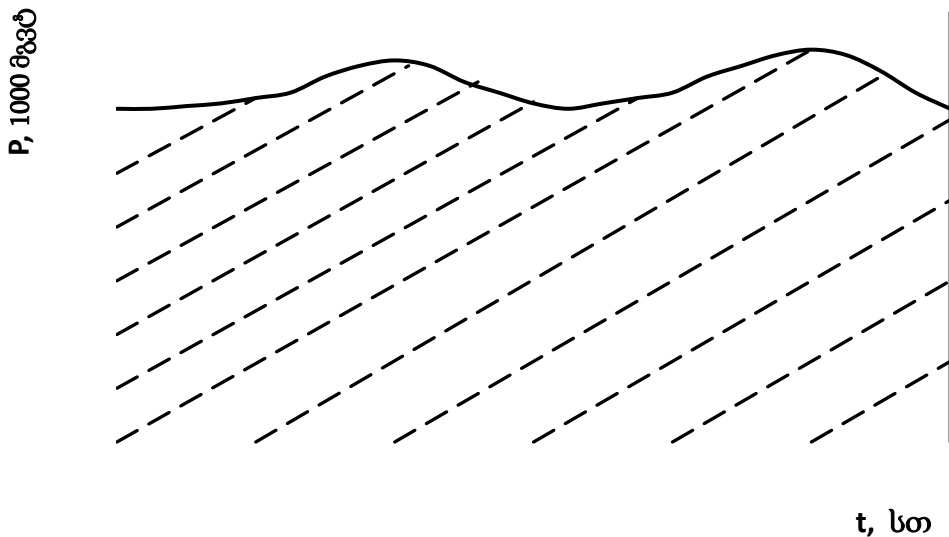
აქედან გამომდინარე, დიდი მნიშვნელობა აქვს დღედამური გრაფიკის დატვირთვის მაქსიმალურად გათანაბრებას. ასევე მნიშვნელოვანია ელექტროენერჯის სეზონური მოხმარების გათანაბრება (როგორც ცნობილია, ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილება შემოდგომა-ზამთარის პერიოდში დიდად აღემატება მოთხოვნილებას გაზაფხულში-



ნახ.1. ბაზისური და პიკური ელექტროენერჯების თანაფარდობა ელექტროენერჯის მოხმარების დღელამური გრაფიკის ჭრილში

ზაფხულის პერიოდში). ყოველივე ეს შესაძლებელია ე.წ. „ჭკვიანი“ ქსელების საშუალებით. ცხადია, როგორც დღელამური, ისე სეზონური დატვირთვის იდეალური გათანაბრების მიღწევა პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნება. რეალურ პირობებში მაინც იარსებებს გარკვეული პიკები, მაგრამ ეს პიკები გაცილებით მცირე იქნება ნახ.1-ზე ნაჩვენებ პიკებთან შედარებით.

ასე, რომ „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში მოხმარების დღელამური გრაფიკი შეიძლება ასე გამოიყურებოდეს (ნახ.2.)



ნახ.2. დღელამური მოხმარების სავარაუდო გრაფიკი „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის შემთხვევაში

ტექნიკური და ეკონომიკური სარგებლიანობის გარდა, „ჭკვიანი“ ქსელები საშუალებას მოგვცემენ თავიდან ავიცილოთ ძვირად ღირებული პიკური სადგურების აშენება და ექსპლუატაცია.

უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპერტების შეფასებით „ჭკვიანი“ ქსელების სისტემა პრაქტიკულად იქნება განხორციელებული უახლოესი ორი ათწლეულის განმავლობაში [1].

თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის მაგალითი, რომელიც ენერგეტიკული რესურსებითა და ელექტროენერჯის მოხმარებით ახლოსაა საქართველოში მოსალოდნელ სიტუაციასთან უახლოესი ორი ათწლეულის შემდეგ.

წინამდებარე ოპტიმიზაციის ამოცანა დასმულია ჩვენ მიერ ადრე დამუშავებული ელექტროენერგეტიკული სისტემის მათემატიკური მოდელის საფუძველზე [2]. ძირითადი მონაცემები არსებული მდგომარეობისა და ენერგეტიკული რესურსების შესახებ აღებულია შრომებიდან [3-5].

ამოცანა ამოხსნილია სისტემაში „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებისათვის. მოდელში მიზნის ფუნქციის სახე ასეთია:

$$L = \sum_{i=1}^n (E a_i + C_i) P_i \rightarrow \min,$$

სადაც, P_i არის i -ური ტიპის სადგურების ჯამური სიმძლავრე, კვტ; a_i არის i -ური ტიპის სადგურის ერთეული სიმძლავრის ასაშენებლად საჭირო კაპიტალური დაზანდებები, დოლ/კვტ; C_i არის i -ური ტიპის სადგურის ერთეულ სიმძლავრეზე გაწეული წლიური საექსპლუატაციო დანახარჯები, დოლ/კვტ.წ; E - ნორმატიული კოეფიციენტი, $E \sim 0.12 \div 0.15$.

C_i იანგარიშება შემდეგი ფორმულებით:

ჰესების, მზისა და ქარის სადგურებისათვის: $C_i = 0.03 a_i$; თესებისათვის: $C_i = 0.065 a_i + b_i \bar{c}_i t_i$ სადაც b_i არის i -ური ტიპის სადგურში 1 კვტ.სთ მისაღებად საჭირო სათბობის რაოდენობა, კვ/კვტ.სთ; \bar{c}_i არის i -ური ტიპის სადგურში 1 კვ სათბობის ღირებულება, დოლ/კვ; t_i არის i -ური ტიპის სადგურის მუშაობის საათები წელიწადში.

განსახილველი ელექტროსადგურების ტიპები და ძირითადი საორიენტაციო შეზღუდვები ასეთია:

1. $\sum_{k=1}^n t_k P_k \geq W_0 - \bar{W}_0$
2. $t_1 P_1 \leq 2 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
3. $t_2 P_2 \leq 2 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
4. $t_3 P_3 \leq 1,5 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
5. $t_4 P_4 \leq 4 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
6. $t_5 P_5 \leq 14,7 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
7. $t_5 P_5 \geq 10 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
8. $t_6 P_6 \leq 1 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
9. $t_7 P_7 \leq 0,5 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
10. $t_8 P_8 \leq 10 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
11. $t_9 P_9 \leq 4 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ
12. $t_{10} P_{10} \leq 4 \cdot 10^9$, კვტ. სთ/წ.

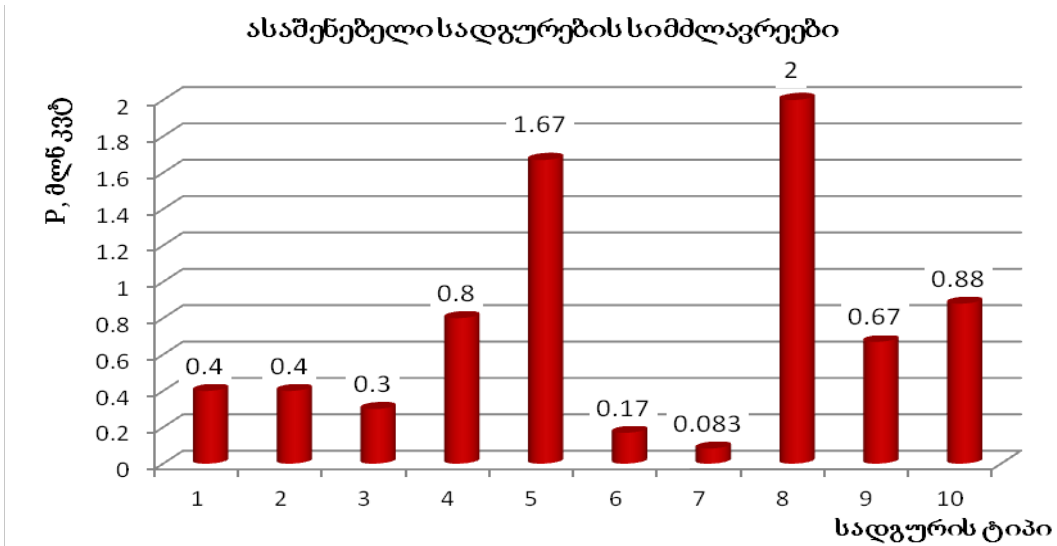
სადაც W_0 არის მოთხოვნილი ენერჯია, ჩვენს ამოცანაში $W_0 = 45 \cdot 10^9$ კვტ. სთ/წ, \bar{W}_0 არის არსებული სადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ენერჯია, $\bar{W}_0 = 12 \cdot 10^9$ კვტ. სთ/წ.

P_1, P_2, P_3 – დერეგულირებული ჰესები, P_4 – ნაწილობრივ დერეგულირებული ჰესი, P_5 – მარეგულირებელი ჰესი, P_6 – ქვანახშირზე მომუშავე თესი, P_7 – მურანახშირზე მომუშავე

თესი, P8 - მზის ელექტროსადგური (ფოტოვოლტაიკი), P9 – ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესი, P10 – ქარის ელექტროსადგური.

ამოცანის ამოხსნისათვის საჭირო სიდიდეები დაწვრილებითაა მოცემული [6]-ში.

ზემოთ მოყვანილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ჩვენ მიერ ამოხსნილ იქნა ოპტიმიზაციის ამოცანები. ცხადია, წარმოდგენილი მონაცემები მიახლოებითია, რაც, ვფიქრობთ, შეფასებითი ანალიზისათვის სავსებით დასაშვებია. ამოხსნილი ამოცანის შედეგები წარმოდგენილია ნახაზებზე 3 და 4.



ნახ.3. ასაშენებელი ელექტროსადგურების სიმძლავრეები



ნახ.4. ასაშენებელი ელექტროსადგურების გამომუშავებული ენერჯია

მიღებული შედეგები ცხადყოფენ, რომ „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში რადიკალურად იცვლება ქვეყანაში მაგენერირებული ელექტროსადგურების სტრუქტურა. „ჭკვიანი“ ქსელები პრაქტიკულად გამორიცხავს ახალი პიკური ელექტროსადგურების აშენების აუცილებლობას. ამასთან, საჭირო იქნება წყალსაცავიანი ჰესების აშენება რომლებიც

იმუშავებენ ბაზისურ რეჟიმში. ასეთი სტრუქტურის შემთხვევაში, საინტერესოდ გამოიყურება ხუდონ ჰესის დადგმული სიმძლავრის საკითხი. კერძოდ, ამჟამად არსებული პროექტით გათვალისწინებული 700 მგვტ სიმძლავრის ნაცვლად ხუდონ ჰესის სიმძლავრე შეიძლება განისაზღვროს 350-400 მგვტ-ით, გამომუშავების იგივე პირობებში (2×10^9 კვტ.სთ/წ). ეს, ცხადია, მომგებიანია ეკონომიკური თვალსაზრისით.

„ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში შესაძლებელი იქნება საქართველოში არსებული, როგორც ე.წ. ტრადიციული, ისე არატრადიციული ენერგორესურსების ათვისების გზით, პრაქტიკულად მთლიანად იქნეს დაკმაყოფილებული ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილება.

ცხადია, ინტერესს იმსახურებს საკითხი იმის თაობაზე, თუ როგორ შეიძლება მოხერხდეს ქვეყანაში ე.წ. „ჭკვიანი“ ქსელების განხორციელება. ამის ძირითად საშუალებას წარმოადგენს წარმოების ისეთი დარგების განვითარება, რომელთა ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილება მორგებული იქნება ელექტროენერჯის გამომუშავებასთან.

გარდა ამისა, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დიფერენცირებული ტარიფების დაწესებას, როგორც დღეღამურ, ისე წლიურ ჭრილში.

ელექტროენერჯის დღეღამური მოხმარების გათანაბრებას მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ქვეყანაში ელექტრომობილების ფართო მასშტაბით გამოყენება (ექსპერტების შეფასებით უახლოესი 2-3 ათეული წლის განმავლობაში შიგაწვის ძრავიანი ავტომობილები მთლიანად იქნება ჩანაცვლებული ელექტრომობილებით). დიფერენცირებული ტარიფების არსებობის შემთხვევაში, რის შედეგადაც ღამის საათებში ელექტროენერჯის ღირებულება მნიშვნელოვნად დაიწვეს, ცხადია, გამართლებული იქნება ელექტრომობილების აკუმულატორების ღამის საათებში დამუხტვა.

მარტივი გაანგარიშებები გვიჩვენებს, რომ უახლოესი 20-30 წლის შემდეგ მართო საავტომობილო ტრანსპორტისათვის საჭირო იქნება 5-6 მლრდ კვტსთ/წ. ამასთან დაკავშირებით, საინტერესოა დანიის ტექნიკური უნივერსიტეტის ტრანსპორტის ინსტიტუტის მიერ ჩატარებული გამოკვლევები [7], რომელთა შედეგადაც აღმოჩნდა, რომ ავტომობილები Citroen C-Zero, Mitsubishi i-MiEV და Peugeot iOn რეალურ პირობებში, დღეღამეში 50 კმ მანძილის გარბენის შემთხვევაში, საშუალოდ მოიხმარენ დაახლოებით 10 კვტსთ ელექტროენერჯიას. ეს ერთი ავტომობილისათვის წელიწადში შეადგენს 3650 კვტსთ. თუ ვივარაუდებთ, რომ ორი ათეული წლის შემდეგ საქართველოში იქნება სულ ცოტა ერთი მილიონი მსუბუქი ელექტრომობილი, მათ მიერ მოხმარებული ელექტროენერგია (ღამის საათებში) სულ ცოტა $3,6 \times 10^9$ კვტ.სთ იქნება (ეს დღევანდელი გამომუშავების მესამედს შეადგენს). ეს მონაცემი, ცხადია, მნიშვნელოვნად გაიზრდება თუ გავითვალისწინებთ სატვირთო ავტომობილების (მათ შორის სატრანზიტო) მიერ მოხმარებულ ელექტროენერჯიას. ყოველივე ეს, ერთი მხრივ, მოხსნის ჩავარდნას დღეღამური მოხმარების ღამის საათებში, მეორე მხრივ, მიაჩვენებს იმაზე, თუ რაოდენ აქტუალურია ელექტროენერჯის გამომუშავების მკვეთრი ზრდა უახლოესი ათწლეულების განმავლობაში.

“Smart” networks and the structure of generating power plants

Tengiz Magrakvelidze, Khatuna Lomidze, Manana Janikashvili, Irma Archvadze

Summary

The article shows the superiority of the so-called. “Smart” networks over the existing grids, which imply the separation of the generation and load schedules on the base and peak parts and, accordingly to build of expensive peak power plants.

Based on the solution of the corresponding optimization problem, it is shown that in the conditions of the existence of “smart” networks, the structure of generating power plants changes radically. “Smart” networks virtually eliminate the need to build new peak power plants. At the same time, it becomes necessary to build power plants with reservoirs operating in the basic mode.

Under the conditions of the existence of “smart” networks, it becomes possible to practically completely satisfy the demand for electric power in Georgia by the development of both traditional and non-traditional energy resources.

“Умные” сети и структура генерирующих электростанций

Тенгиз Маграквелидзе, Хатуна Лომიძე, Манана Джаникашвили, Ирма Арчвадзе

Резюме

В статье показано превосходство т.н. “умных” сетей над существующими сегодня сетями, которые подразумевают разделение графика выработки и нагрузки на базовой и пиковой частях и, соответственно, строительство дорогостоящих пиковых электростанций.

На основе решения соответствующей оптимизационной задачи показано, что в условиях существования “умных” сетей радикально изменяется структура генерирующих электростанций. “Умные” сети практически исключают необходимость строительства новых пиковых электростанций. При этом, появляется необходимость строительства электростанций с водохранилищами, работающих в базовом режиме.

В условиях существования “умных” сетей становится возможным практически полного удовлетворить спрос на электроэнергию в Грузии освоением как традиционных, так и нетрадиционных энергоресурсов.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Мировая Энергетика – 2050. М. Энергия, 2011г, 360с.
2. მაგრაქველიძე თ., ლომიძე ხ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის შესახებ ორგანულ სათბობებზე ფასების ზრდის ტენდენციის გათვალისწინებით. სტუ-ის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2005. გვ. 106-110.
3. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. საქსტატი. 2017 წ. 54 გვ.
4. სვანიძე გ.. საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენება. ენერგია, თბ., 1998, გვ. 36-45.
5. Энергетические ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Мецниереба. 1992.200с.
6. მაგრაქველიძე თ., ლომიძე ხ., ჯანიკაშვილი მ., არჩვაძე ი. მომავალ ათწლეულებში საქართველოს ელექტროენერგით დაკმაყოფილების ზოგიერთი საკითხის შესახებ. სტუ-ის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2019. N23, გვ. 53-59.
7. <https://habr.com/ru/post/390361/>

ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები ტრანსპორტში

*ნოდარ მირიანაშვილი, ნოდარ გძელიშვილი, ნუგ ზარ დადიანი,
ქეთევან კვირიკაშვილი, ვენერა ხათაშვილი*

nmirianash@gmail.com

რეზიუმე

ჩატარებულმა კვლევამ, რომლის შედეგებიც სტატიაშია წარმოდგენილი, აჩვენა, რომ ენერგეტიკული უსაფრთხოების ხარისხის ასამაღლებლად საქართველო, ისევე როგორც გარდამავალი ეკონომიკის სხვა ქვეყნები, საჭიროებს იაფ ენერგეტიკულ რესურსებზე მზარდი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას, რაც შეიძლება უზრუნველყოფილი იყოს იმპორტულ სათბობზე დამოკიდებულების შემცირებით ახალი ენერგოდამზოგი და განახლებადი რესურსების ათვისებაზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

საექსპერტო გათვლების შედეგად დადგინდა, რომ 2030 წლისათვის ქვეყანაში ელექტრომომხილების ბაზრის წილი გაიზრდება 10-11% -მდე, ნაცვლად 2020 წელს არსებული 1%-ისა. ამასთან 2030 წელს ტრანსპორტის მიერ მოხმარებული ენერჯის დაახლოებით 10% იქნება განახლებადი ენერჯის წყაროს წილი, ტრანსპორტის მიერ ენერჯის ჯამური მოხმარებიდან.

საკვანძო სიტყვები:

ენერგოდამზოგვა, ენერჯის განახლებადი წყარო, ბიოსაწვავი, ტრანსპორტი.

ტრანსპორტში ენერჯის განახლებადი წყაროების სტიმულირებისათვის აუცილებელია შესწავლილ იქნეს:

- ტრანსპორტში ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების არსებული დონე;
- საპროგნოზო მოთხოვნები (მათ შორის ენერგოეფექტურობის გათვალისწინებით);
- ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან მიღებული ელექტროენერჯის მოხმარების საკითხები ტრანსპორტისათვის;
- ბიოსაწვავის, როგორც ენერჯის განახლებადი წყაროს გამოყენების საკითხები ტრანსპორტისათვის;

ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების შესახებ ევროკავშირის წინაშე აღებული ვალდებულებებით (ევროკავშირის დირექტივა 2009/28/EC), ტრანსპორტში მოხმარებული საწვავის 10% უნდა მოდიოდეს ენერჯის განახლებად წყაროებზე [1, 2, 4].

ტრანსპორტში ენერჯის განახლებადი წყაროების მოხმარების წილის გაზრდა შესაძლებელია:

- ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების ზრდით (შედეგი - ენერჯის (საწვავის) შემცირებული მოხმარება);
- ელექტროტრანსპორტის დანერგვით;
- ბიოსაწვავის გამოყენებით.

ენერჯის საპროგნოზო მოხმარება ტრანსპორტში ენერგოეფექტურობის ღონისძიებათა გათვალისწინებით მოყვანილია ცხრილში 1.

ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები ტრანსპორტში

ენერგოეფექტურობის ღონისძიებები მოიცავს: ავტოტრანსპორტის გაუმჯობესებას; საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაუმჯობესებასა და საზოგადოების განათლებას მოცემულ სეგმენტში.

ცხრილი 1

საპროგნოზო ენერგომოხმარება ტრანსპორტზე (ათასი გვტ.სთ)

დასახელება	წლები								
	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
საბოლოო ენერგომოხმარება	15,0	17,5	18,5	21,0	23,0	26,0	27,5	29,0	32,0
საბოლოო ენერგომოხმარება ენერგოეფექტურობის ღონისძიებათა გათვალისწინებით	15,0	17,5	17,0	18,0	20,0	22,0	23,0	25,0	27,0

2014 წელს ტრანსპორტმა (მეტრო, რკინიგზა) მოიხმარა 266,8 გვტ.სთ ელექტროენერჯია. მოხმარებული ელექტროენერჯის 80% მიღებული იყო ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან.

ამჟამად, ქვეყანაში არსებული ავტოტრანსპორტი დაახლოებით მოიცავს - 650 ათას კერძო ავტომობილს, 72 ათას ტაქსს, 21 ათას ავტობუსს, 8 ათას მიკროავტობუსს, 14 ათას მსუბუქ სატვირთო მანქანას, 40 ათას მძიმე სატვირთო მანქანას, რომლებიც მოიხმარენ საწვავის შემდეგ სახეობებს: დიზელი, ბენზინი, შეკუმშული ბუნებრივი აირი (CNG), გათხევადებული ნავთობის აირი (LPG) [3, 5].

ტრანსპორტში ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების სტიმულირების მიზნით ამჟამად ელექტროტრანსპორტისათვის აქციზის გადასახადი გაუქმებულია (0,00%). ელექტროტრანსპორტისათვის იგეგმება დასამუხტი ინფრასტრუქტურის შექმნა, რომელსაც მნიშვნელოვანი ინვესტიციები ესაჭიროება.

ერთი დასამუხტი სადგურის ინფრასტრუქტურის მოწყობის ხარჯი 4 ათას ევროს შეადგენს. 2020 წლის ბოლოსათვის 850-900 ასეთი ტიპის დასამუხტი სადგურის მოწყობა იქნებოდა საჭირო. ცხრილში 2 მოყვანილია ელექტრომობილების მიერ მოხმარებული ენერჯისა და ელექტროდასამუხტი სადგურების ინფრასტრუქტურის მოსაწყობად საჭირო ჯამური საინვესტიციო ღირებულებების მაჩვენებლები [2, 4].

ცხრილი 2

ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენება ელექტრომობილებში

ღონისძიება	ენერჯის მოსალოდნელი მოხმარება, 2018-2020 წწ. (კვტ.წე)	საინვესტიციო ღირებულება 2018-2020 წწ. მლნ ევრო
ელექტრომობილების წახალისება	14,7	3,44

ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების შესახებ ევროკავშირის მიერ 2015 წლის 5 ოქტომბერს მიღებულ დირექტივაში შეტანილ იქნა გარკვეული ცხლილებები და დამტკიცდა ახალი დირექტივა (EU) 2015/5.2013, რომლის მიხედვითაც დაწესდა:

- 7%-იანი ზედა ზღვარი სასურსათო პროდუქტებისგან მიღებულ (ჩვეულებრივი) ბიოსაწვავზე;

- 0,5%-იანი არასავალდებულო ეროვნული სამიზნე მაჩვენებელი არასასურსათო პროდუქტებისგან მიღებულ (მაღალტექნოლოგიურ) ბიოსაწვავზე.

2016 წლის 30 ნოემბერს ევროკომისიამ გამოაქვეყნა (RED II) - ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების შესახებ დირექტივა II, რომელიც წარმოადგენს საკანონმდებლო წინადადებას. ამ დირექტივის მიხედვით RED II 2020-2030 წლების პერიოდისათვის აწესებს:

- ჩვეულებრივი ბიოსაწვავისათვის 7%-იან წილს (ზედა ზღვარი) 2021 წელს, მისი შემდგომი თანდათანობითი შემცირებით 3,8%-მდე 2030 წელს;

- 1,5%-იან წილს მაღალტექნოლოგიური ბიოსაწვავისათვის 2021 წელს და ამ წილის ზრდას 6,8%-მდე 2030 წლისათვის.

საქართველოს ამ ეტაპზე ამ დირექტივის შესრულება არ ევალება. ამჟამად, ევროპაში ყველაზე გავრცელებული ბიოსაწვავია რაფსის ზეთის პირველი თაობის ბიოდიზელი, რომლის გაზავებაც შესაძლებელია ნავთობისაგან წარმოებული დიზელით. საქართველოში იმპორტირებული ბიოდიზელის ოდენობა წელიწადში აჭარბებს 100 მლნ ლიტრს, რაც (0,76 ევრო - 1 ლიტრი) აღწევს 76 მლნ ევროზე მეტს. საქართველოში მისი წარმოება გაცილებით მეტი (100 მლნ ევრო) დაჯდება.

რაფსის ზეთისაგან წარმოებული ბიოდიზელისაგან განსხვავებით ბიოეთანოლი თანამედროვე ბიოსაწვავის ერთ-ერთი სახეობაა, რომლის გაზავება შეიძლება ბენზინით. ბიოეთანოლის პირველი თაობის წარმოებისათვის ძირითადად გამოიყენება ხორბალი. ბიოეთანოლის 1 ლიტრის საბითუმო ფასია 0,85 ევრო. საქართველოში მისი წარმოება 2020-2030 წლებში დაჯდება 50-60 მლნ ევრო წელიწადში. ასეთი წარმოებისათვის საჭირო იქნება დაახლოებით 100 ათას ჰექტარზე მოყვანილი ხორბალი [2, 4, 6].

თანამედროვე ბიოსაწვავის წარმოება შესაძლებელია სხვადასხვა ტექნოლოგიის გამოყენებით ბიომასის სხვადასხვა სახეობიდან: სასოფლო-სამეურნეო და ტყის ნარჩენებიდან, ენერგეტიკული კულტურებიდან და სხვა.

ამჟამად, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სპეციალურად მის საწარმოებლად გამოყოფა არ არის საჭირო. ამ ტიპის ბიოსაწვავის თანდათანობითი დანერგვა ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისათვის სავალდებულოა. თანამედროვე ბიოსაწვავის კომერციული წარმოება ჯერჯერობით სამრეწველო დონეზე არ არის აყვანილი [5, 6].

ინვესტიციების განხორციელება ელექტროტრანსპორტში გამოიწვევს ელექტრომობილების რაოდენობის ზრდას ქვეყანაში. მათი ოდენობა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში 2020 წლისათვის მიაღწევდა 1%-ს. შესაბამისად, ტრანსპორტის მიერ მოხმარებული ენერჯის 2,6% (462 გვტ.სთ) იქნებოდა განახლებადი ენერჯის წყაროს წილი, ტრანსპორტის მიერ ენერჯის ჯამური მოხმარებიდან (18,1 ათასი გვტ.სთ). 2030 წლისათვის ქვეყანაში ელექტრომობილების ბაზრის წილი გაიზრდება 11%-მდე. შესაბამისად, ტრანსპორტის მიერ მოხმარებული ენერჯის 10,4% (2712 გვტ.სთ) იქნება განახლებადი ენერჯის წყაროს წილი, ტრანსპორტის მიერ ენერჯის ჯამური მოხმარებიდან (26,1 ათასი გვტ.სთ) [2, 4, 6].

პერსპექტივაში ტექნოლოგიურმა ცვლილებებმა შეიძლება გამოიწვიოს კიდევ უფრო მეტი რევოლუციური ძვრები ტრანსპორტის მიერ მოხმარებული ენერჯის სახეობებში (წყალბადი, თბური ელემენტი და სხვ.).

Perspectives of using of renewable energy resources in transport

Nodar Mirianashvili, Nodar Gdzlishvili, Nugzar Dadiani, Ketevan Kvirikashvili,

Venera Xatashvili

Summary

According to the results of conducted researches, presented in the article, there is shown that for raising quality of energy safety in Georgia, as in countries with transitional economic, are needed cheap energy resources in connection of rising demand in them. These energy resources can be compensated at the expense of imported fuel.

To reduce using of imported fuel and economy of energy supply and renewable energy resources, there are needed new resources, based on new technologies.

According to calculations of experts data, there was established that in 2030 rate of electro vehicles in the country would consist of 10-11%, when in 2020 it was 1%. Wherein, in 2030 about 10% energy used by transport would be on renewable resources of energy from general used energy by transport.

Перспективы использования в энергвозобновляющего источника в транспорте

Нодар Мирианашвили, Нодар Гдзелишвили, Нугзар Дадияни, Кетеван Квирикашвили,

Венера Хаташвили

Резюме

По результатам проведенного исследования, результаты которого предоставлены в статье, показало, что для повышения качества энергетической безопасности в Грузии также, как и в странах с переходной экономикой, нужны дешевые энергетические ресурсы в связи с возрастающей потребностью на таковые. Эти энергоресурсы могут быть восполнены за счет импортированного топлива.

Для уменьшения потребности импортированного топлива и экономии энерго-сберегающих и возобновляющих энергоресурсов, нужны новые ресурсы, основанные на новых технологиях.

По подсчетам экспертных данных установлено, что к 2030 году в стране доля энерго-автомобилей составит 10-11%, тогда, как в 2020 году был 1%. В это же время в 2030 г. потребление транспортом энергии составит 10% от доли возобновляемых энергоресурсов.

ლიტერატურა – References – Литература

1. არაბიძე გ.; არაბიძე ნ.; და სხვ. ნარჩენი ბიომასის ენერჯეტიკული პოტენციალი საქართველოში (კადასტრი). მონოგრაფია. თბილისი. 2013. 225 გვ.

2. ვეზირიშვილი ქ.; აკობია თ.; ფანცხავა ე. „საქართველოს ბიონერგეტიკული პოტენციალის შეფასება და მცენარეული ზეთისაგან ბიოდიზელის წარმოების შესაძლებლობები“. ქ. თბილისი. მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 2019 წ. №1(7).
3. ციციშვილი მ. და სხვ. ზოგადი ეკოლოგიის საფუძვლები (თანაავტორობით). სახელმძღვანელო. თბილისი. „ბარტონი“. 2018; 264 გვ.
4. აბულაშვილი გ., გაიშაკი მ., ლანდაუ ს., სუმბაძე ნ. განახლებადი ენერჯის ეროვნული სამოქმედო გეგმის შემუშავების საშუალებით განახლებადი ენერჯის შესახებ ცოდნისა და შესაძლებლობების განვითარება საქართველოში. ენერგოეფექტურობის ცენტრი. თბილისი, 2014 წ.
5. [http://www.gse.com.ge/sw/static/file/TYNDP G - 20/9-2029 GEO. Pdf.](http://www.gse.com.ge/sw/static/file/TYNDP_G_-_20/9-2029_GEO.Pdf)
6. საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტრო. http://moe.gov.ge/index.php?long_id=GEO&sec_id=44

გველის ნაკბენიდან შხამის გამომწოვი მოწყობილობა

ვერიკო ბახტაძე, ქეთევან კვირიკაშვილი, გიორგი კიკნაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი,
დავით ფურცხვანიძე, მაია ცერცვაძე, თამრიკო ხუციშვილი

dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

შხამიანი გველისგან დაგესლილი ავადმყოფისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია შხამის გამოწოვა უშუალოდ ნაკბენი ადგილიდან დაგესვლიდან რაც შეიძლება მცირე დროში. სხვა ადამიანის მიერ ნაკბენიდან პირით შხამის გამოწოვა სახიფათოა გამომწოვისათვის, თუ მას არა აქვს აბსოლუტურად ჯანმრთელი პირის ღრუ ან თუ გამოწოვისას ნერწყვი შემთხვევით გადასცდა კუჭში. ამდენად, სასურველია ისეთი მექანიკური მოწყობილობის შექმნა, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი იქნება შხამის ამოწოვა ნაკბენიდან დაგესვლიდან უმოკლეს დროში.

შემთავაზებულია ერთჯერადი მოხმარების მოწყობილობა, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია საველე პირობებში შხამის გამოწოვა უსაფრთხოდ.

საკვანძო სიტყვები

შხამის გამოწოვა, მექანიკური გამომწოვი, კლაპანი.

ბუნებაში სხვადასხვა საქმიანობის შესრულებისას, ან უბრალოდ სეირნობისას შეიძლება აღმოვჩნდეთ შხამიანი გველის ან სხვა ქვეწარმავლის მიერ დაკბენილი. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია შხამის გამოწოვა ნაკბენი ადგილიდან დაკბენიდან უმცირეს დროში. ამდენად, ბუნებაში სეირნობისას სასურველია ისეთი მექანიკური მოწყობილობის ქონა, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა საველე პირობებში მოგვეხერხებინა შხამის გამოწოვა სხეულის ნაკბენი ადგილიდან უშუალოდ დაკბენის მომენტიდან უმოკლეს დროში. ერთჯერადი ხმარების ასეთი მოწყობილობის დამუშავებასა და აღწერას ეძღვნება წინამდებარე ნაშრომი.

ცნობილია გველის ნაკბენიდან შხამის გამომწოვი მოწყობილობები [1]. ჩვენს მიერ დამუშავებული შხამის გამომწოვი მოწყობილობა წარმოდგენილია ნახ.1-ზე. იგი წარმოადგენს ლითონის (ან პლასტმასის) ბალონს - 5, რომლიდანაც გამოტუმბულია ჰაერი. მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: ნაკბენზე მისადგმელი ყელი - 1 მიეზღინება ნაკბენ ადგილს ისე, რომ მასსა და ნაკბენს შორის არ იყოს ღრიჭო. გამოწოვის გამშვები სახელურის - 3 მოწყობილობის ყელთან მიწევით ხდება კლაპანის - 2 გაგლეჯა, რის შედეგადაც ვაკუუმურ ბალონში - 5 შეიწოვება შხამი და სისხლი ნაკბენიდან. რეზინის გამამხოლოებელი - 4 იცავს ბალონს ჰაერის შესვლისაგან მუშაობის პროცესში.

მოწყობილობის მუშაობის უნარიანობაში დასარწმუნებლად ჩავატარეთ შემდეგი გამოთვლები:

თუ V_1 - ვაკუუმიანი ბალონის მოცულობაა, P_1 - ვაკუუმის წნევა, V_2 - მოცულობა ვაკუუმის ბალონისა და სივრცისა დაკბენილის კანიდან ვაკუუმის ბალონამდე, P_2 - წნევა ვაკუუმის ბალონის გახსნის შემდეგ, მაშინ ბოილ-მარიოტის კანონის თანახმად:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (1)$$

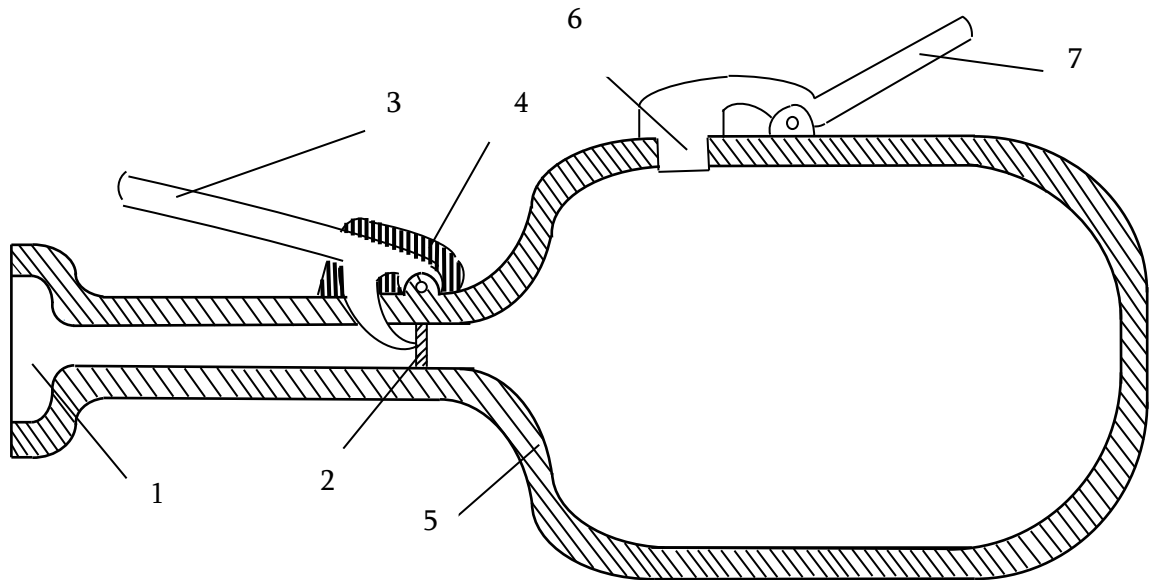
აქედან:
$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} \quad (2)$$

თუ $V_1 = 68 \text{ სმ}^3$; $P_1 = 0,001 \frac{\text{დნ}}{\text{სმ}^2}$ (ვაკუუმი ცხადია აბსოლუტური ვერ იქნება);
 $V_2 = (68 + 27) \text{ სმ}^3 = 95 \text{ სმ}^3$, მაშინ:

$$P_2 = \frac{0,001 \cdot 68}{95} = 0,007 \frac{\text{დნ}}{\text{სმ}^2} = 0,0007 \text{ პა.} \quad (3)$$

როგორც ცნობილია, ადამიანის სისხლძარღვებში სისხლის მინიმალური წნევაა $\approx 8000 \text{ პა}$. სისხლის წნევასთან შედარებით P_2 საკმაოდ მცირე წნევაა, რომ მოხდეს შხამისა და სისხლის შეწოვა ვაკუუმურ ბალონში.

შხამის გამოწოვისას ზედმეტი სისხლისა და ხორცის შეწოვის თავიდან აცილების მიზნით მოწყობილობაზე გათვალისწინებულია ვაკუუმურ ბალონში ჰაერის შესაშვები კლაპანი - 6. ბალონში ჰაერის შესაშვებად საკმარისია სახელურს - 7 დააწვეთ ბალონისაკენ, კლაპანი - 6 გაიხსნება და ბალონში შევა ჰაერი, შესაბამისად მოწყობილობა შეწყვეტს შხამისა და სისხლის შეწოვას.



ნახ. 1. შხამის გამომწოვი მოწყობილობა ჭრილში.

- 1 - ნაკბენზე მისადგმელი ყელი; 2 - თხელი გასაგლეჯი კლაპანი; 3 - გამოწოვის გამშვები სახელური; 4 - რეზინის გამამხოლოებელი; 5 - ვაკუუმიანი ბალონი; 6 - ბალონში ჰაერის შესაშვები კლაპანი; 7 - ბალონში ჰაერის შესაშვები სახელური.

აღწერილი მოწყობილობა შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც გველის, ასევე სხვა შხამიანი მწერების ან ქვეწარმავლების ნაკბენიდან შხამის გამოწოვისათვის, ვიდრე დაკბენილს უფრო სერიოზულ სხვა სამედიცინო დახმარებას აღმოუჩენდეთ.

Snake bite suction device

Veriko Bakhtadze, Ketevan Kvirikashvili, Giorgi Kiknadze, Panayot Stavrianidi,

David Purtskhvanidze, Maia Tsertsvadze, Tamriko Khutsishvili

Summary

It is vital for a patient bitten by a venomous snake, it is vital to suck the venom directly from the bite site as soon as possible after the bite. To do this, it is dangerous to suck poison from a place directly bitten by another person if he does not have a completely healthy oral cavity or if saliva accidentally gets into the stomach during suction. Thus, it is desirable to create a mechanical device sucking out the poison from the bite site as soon as possible from the moment of the bite.

A disposable device is proposed that can safely suck out poison in the field.

Устройство для высасывания яда из укуса змеи

Верико Бахтадзе, Кетеван Квирикашвили, Георгий Кикнадзе, Панайот Ставрианиди,

Давид Пурцхванидзе, Майя Церцвадзе, Тамрико Хуцишвили

Резюме

Для пациента, укушенного ядовитой змеей, жизненно важно высосать яд непосредственно из места укуса как можно скорее после укуса. Однако, опасно высосать яд из места, непосредственно укушенного другим человеком, если у него нет совершенно здоровой ротовой полости или если при всасывании, слюна случайно попадёт в желудок. Таким образом, желательнее создать механическое устройство, с помощью которого можно будет высасывать яд из места укуса за максимально короткое время с момента укуса.

Предлагается одноразовое устройство, с помощью которого можно безопасно высасывать яд в полевых условиях.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <https://paramedic.ua/sredstva-dlya-okazaniya-pervoy-pomoshchi>
2. <https://hiking.ru/bite-extractor>
3. https://krasnoznamen.ru/mchs_informiruet/pervaya_pomosch_pri_ukuse_zmei.html

მობილური რობოტი

ვერიკო ბახტაძე, ქეთევან კვირიკაშვილი, გიორგი კიკნაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, დავით ფურცხვანიძე, ნუგზარ ყავლაშვილი, მაია ცერცვაძე, თამრიკო ხუციშვილი
dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა ე. წ. „ხელის“ ტიპის რობოტი და მისი გადამტანი სატრანსპორტო საშუალება. რობოტი შედგება ორი სახსრისაგან. პირველი სახსარი მოიცავს რობოტის გადამტან ტრანსპორტთან ხისტად დაკავშირებულ სერვომრავას და ბურთულ-საკისარს, რომელიც ასევე ეყრდნობა სატრანსპორტო საშუალებას და რომელშიც ჩასმულია ძირითადი პლატფორმა, რომლის შემობრუნებაც ხორციელდება აღნიშნული სერვომრავით. ძირითად პლატფორმასთან ხისტადაა დაკავშირებული მეორე სერვომრავი და ბურთულ-საკისარი, რომელშიდაცაა ჩასმული „მკლავის“ „მხარი“ და რომლის გადახრასაც ემსახურება მეორე სერვომრავი. მხრის ბოლოზე ხისტადაა დამაგრებული მეორე პლატფორმა, მასზე განთავსებული მესამე სერვომრავით და ბურთულსაკისარით. მასში ჩასმულია „წინამხარი“ რომელიც ბოლოვდება ჩამჭერთ. რობოტი განთავსებულია ასევე ჩვენს მიერ დამუშავებულ გადამტან სადგარზე ორიგინალური ბორბლებით.

საკვანძო სიტყვები

მობილური რობოტი, ხელის ტიპის რობოტი, სერვომრავი, რობოტის გადამტანი.

ჩვენს მიერ დამუშავებული იყო სხვადასხვა ტიპის რობოტ-მანიპულატორები [1,2,3,4]. წინამდებარე ნაშრომში განიხილება „მობილური რობოტი“, რომელიც თანამედროვე რობოტების ფართო კლასს წარმოადგენს. როგორც წესი, ისინი შედგებიან სატრანსპორტო საშუალებისა და თავად რობოტისგან.

გარდა იმისა, რომ რობოტებს სხვადასხვა ადგილას შესვლის შესაძლებლობა აქვთ, მნიშვნელოვანია შეგვეძლოს მობილური რობოტების მართვა შორიდან, რადგან რობოტის ფუნქციონირებისას მუშაობის ყველა პროცესი ვერ იქნება ავტომატიზირებული. დღეისათვის, რობოტების შესაძლებლობებისა და ფუნქციების მუდმივმა ზრდამ მმართველი მოწყობილობები გარდაქმნა ბერკეტებისა და ლილაკების რთულ და დიდ ნაკრებებად, რომელთა მუშაობას დამატებითი ტრენინგი და უნარები სჭირდება.

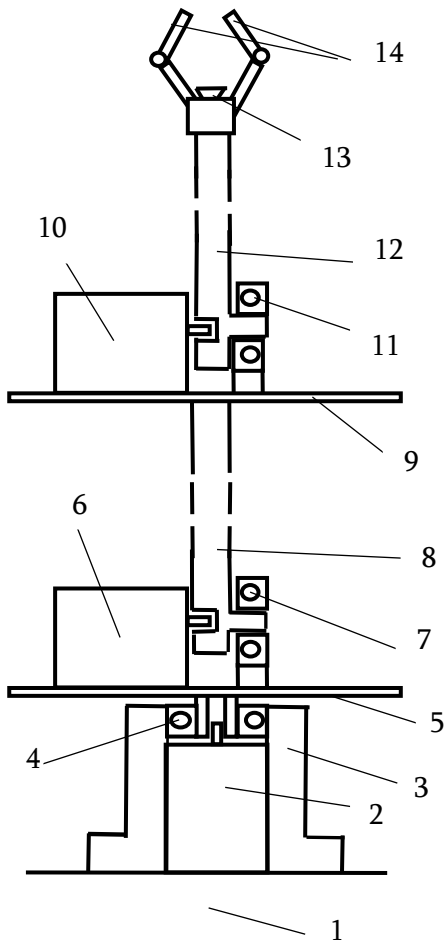
მართვის პანელები შეიძლება შეიცვალოს უფრო მრავალმხრივი მოწყობილობებით - სმარტფონებით. მიკროელექტრონიკის განვითარების გამო, სმარტფონები ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული მოწყობილობები გახდნენ თანამედროვე მსოფლიოში. ასეთი პოპულარობის გამო ისინი მილიარდობით პარტიად იყიდება ყოველწლიურად, რაც საშუალებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ უკვე დიდი ხანია, რაც სმარტფონები მობილური ტელეფონების შემცვლელი გახდნენ და ხელმისაწვდომია თითქმის ყველა ადამიანისთვის. მობილური ტექნოლოგიების მზარდი ბაზარი სმარტფონს აქცევს მომხმარებლის უნივერსალურ ასისტენტად, ინტერნეტში სხვადასხვა ფიზიკურ მოწყობილობებთან და სერვისებთან ურთიერთობისას. ამის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თანამედროვე სმარტფონები და მხოლოდ სმარტფონებია შესაფერისი უნივერსალური და მრავალფუნქციური დისტანციური მართვის მოწყობილობის როლისთვის.

მობილური რობოტის დისტანციური მართვისთვის შესაძლებელია Bluetooth მოდულის HC-05 გამოყენება. იგი არის მოსახერხებელი საშუალება მიკროკონტროლერის მოწყობილობების მართვის ორგანიზებისთვის ტელეფონის ან პლანშეტის გამოყენებით.

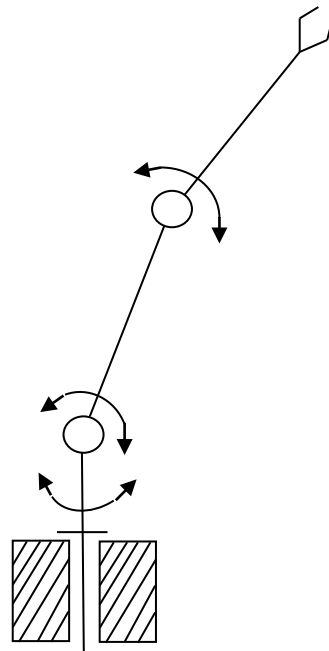
Bluetooth ალბათ მოკლევადიანი კომუნიკაციის ყველაზე გავრცელებული სახეობაა, რომელსაც დღეს ელექტრონული მოწყობილობები იყენებენ. HC-05 მოდული ფართო სპექტრის მოდულია Bluetooth კავშირით მოწყობილობების დასაკავშირებლად. Bluetooth მოდულს მართავს UART. ეს არის სინამდვილეში Bluetooth- ის გადამყვანი UART- დან .

ჩვენს მიერ დამუშავებული მობილური რობოტი წარმოადგენს გადამტანზე დამაგრებულ „ხელს“, რომელიც შედგება ორი გრძივი ნაწილისაგან. ადამიანის ზედა კიდურის ანატომიის მსგავსად რობოტს შეიძლება ეწოდოს „მკლავი“, მის პირველ ნაწილს - „მხარი“, ხოლო მეორეს - „წინამხარი“, შესაბამისად.

როგორც ნახ.1-დან ჩანს „მხარი“ უკავშირდება „მკლავის“ 1 - გადამტანს 4 - ბურთულსაკისარით, რომელიც უძრავადაა დაკავშირებული გადამტანთან 3 - საყრდენით. 4 - ბურთულსაკისარის ღერძის ირგვლივ მოძრავ რგოლში ჩადგმულია მხრის 5 - პლატფორმა, რომელზეც დამაგრებული 6 - სერვომოტორით შესაძლებელია მხრის გადახრა სასურველი კუთხით, 7 - ბურთულსაკისრის მეშვეობით მხარი უკავშირდება თავის პლატფორმას და უზრუნველყოფს მხრის გადახრის შესაძლებლობას პლატფორმის მიმართ. მკლავის მაბრუნებელი 2 - სერვომოტორის მეშვეობით შესაძლებელია მკლავის მობრუნება 180° კუთხით გადამტანის მიმართ. 8 - მხრის ბოლოში მასთან უძრავადაა მიმაგრებული „წინამხრის“ 9 - პლატფორმა, რომელზეც განთავსებული 10 - სერვომოტორითაც შესაძლებელია 12 - წინამხრის გადახრა სასურველი კუთხით. წინამხარი დაკავშირებულია 9 - პლატფორმასთან 11 - ბურთულსაკისრით, წინამხრის ბოლოში კი განთავსებულია 14 - ჩამჭერი, მასში ჩამონტაჟებული 13 - ვიდეოთვალით.



ნახ. 1. ხელის ტიპის რობოტი.



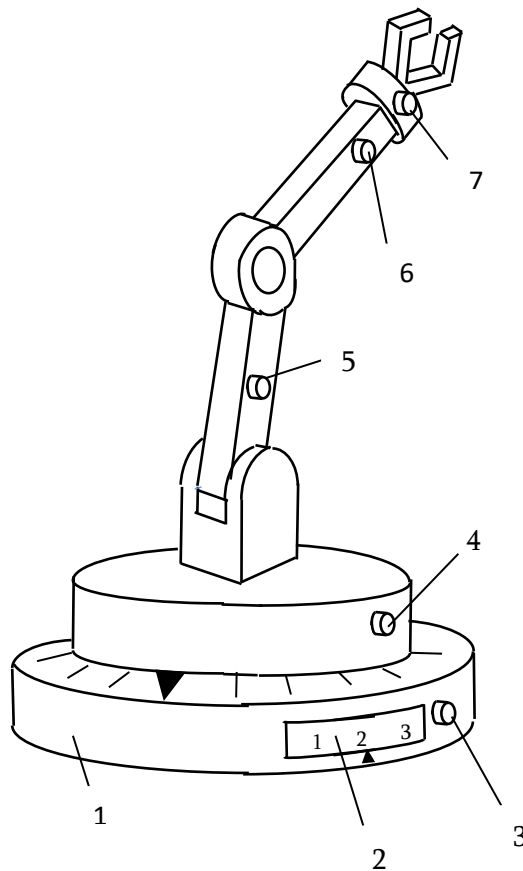
ნახ. 2. რობოტის კინემატიკური სქემა.

მობილური რობოტის მართვა ხორციელდება გზაზე ან ობიექტზე უშუალო დაკვირვებით. დაკვირვებას ვახორციელებთ ვიდეოთვალის მეშვეობით, რომელიც ჩამონტაჟებულია რობოტის ჩამჭერში (ნახ. 1).

რობოტის კინემატიკური სქემა წარმოდგენილია ნახ. 2- ზე.

მობილურ რობოტს მუშაობისას ხშირად უწევს რიგი მოძრაობების განმეორება, ასე ვთქვათ „განმეორებადი მოძრაობების“ შესრულება. ასეთი განმეორებადი მოძრაობების შესასრულებლად რობოტს გააჩნია მეხსიერების ბლოკი, რომელშიც ხდება განმეორებადი მოძრაობის შემადგენელი ცალკეული ელემენტარული მოძრაობების ჩაწერა, შესაბამისი თანმიმდევრობით.

მობილური რობოტის მართვა და განმეორებადი მოძრაობების მმართველი პროგრამის ჩაწერა ხორციელდება ჯოისტიკის მეშვეობით. ჯოისტიკში ჩამონტაჟებულია 3 პოტენციომეტრი: ერთი მოძრუნების კუთხის გადამწოდში, მეორე მხრის გადახრის კუთხის გადამწოდში და მესამე იდაყვის გადახრის კუთხის გადამწოდში.

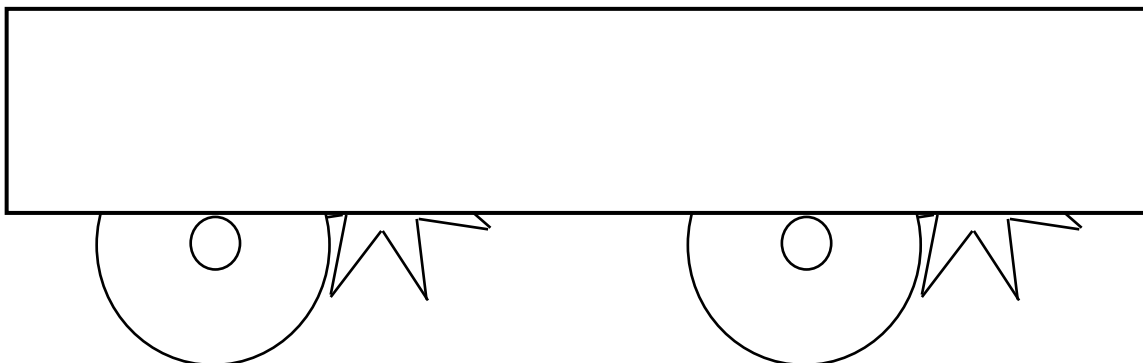


ნახ. 3. ჯოისტიკი.

1 - სადგარი; 2 - განმეორებად მოძრაობათა ნუმერაცია; 3 - განმეორებად მოძრაობათა გადამრთველი ღილაკი; 4 - რობოტის შემობრუნების სამართავი ღილაკი; 5 - მხრის გადახრის სამართავი ღილაკი; 6 - იდაყვის გადახრის სამართავი ღილაკი; 7 - ჩამჭერის სამართავი ღილაკი.

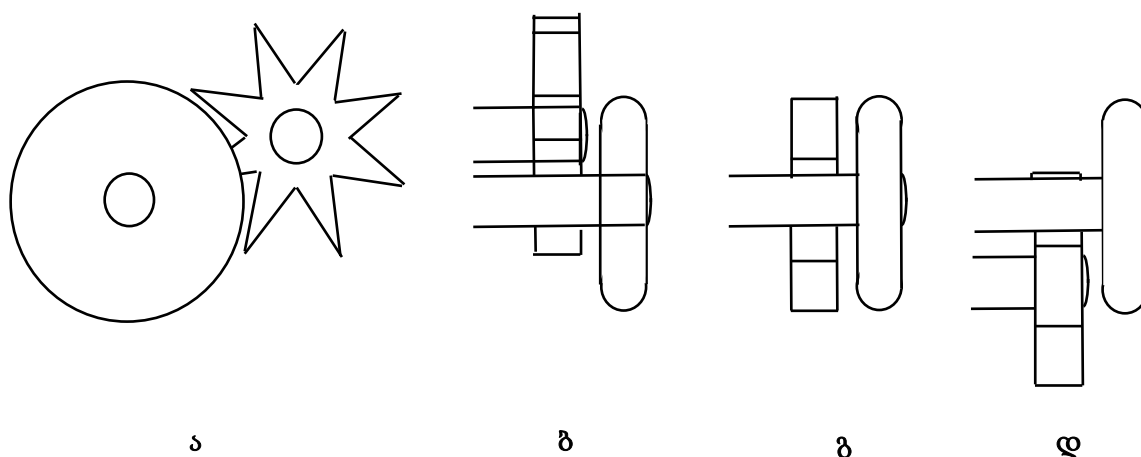
განმეორებადი მოძრაობების შესრულების ჩასაწერად ჯოისტიკს აქვს განმეორებად მოძრაობათა გადართვის ღილაკი და ნომრის გადამრთველი, რომელზეც დაყენებული ციფრი გვიჩვენებს ასეთ მოძრაობათა შესაბამის ნომერს. რობოტის შემობრუნების სამართავი ღილაკის მეშვეობით ხდება შემობრუნების ფუნქციის გაშვება და ხელით ვახდენთ ჯოისტიკის შემობრუნებას საჭირო კუთხით. პოტენციომეტრის გამოსასვლელზე არსებული

ძაბვის შესაბამისი ციფრული კოდი, ანალოგურ ციფრული გარდამქმნელიდან მიეწოდება სერვომრავს შესაბამისი კუთხით შემოსაბრუნებლად და მეხსიერების ბლოკს, შემობრუნების დასაფიქსირებლად. მობილური რობოტის არჩეულ სერვომრავში გადახრის კუთხის დასაფიქსირებლად ჯოისტიკის გადახრის კუთხის გადამწოდის შემობრუნებისას, მასთან დაკავშირებული პოტენციომეტრიდან გამომავალი სიგნალი მიეწოდება შესაბამის მეხსიერების ბლოკს. მოცემულ სერვომრავში საჭირო მობრუნებისა და გადახრის დაფიქსირების შემდეგ, სერვომრავების გადამრთველის მეშვეობით ხდება მომდევნო სერვომრავზე გადართვა და შესაბამისი სახსრის მობრუნებისა და გადახრის კუთხეების ვიზუალურად შერჩევა. ამგვარადვე ხდება ყველა გადაადგილების ჩაწერა შესაბამის მეხსიერების უჯრედებში.



ნახ. 4. რობოტის გადამტანის გამარტივებული ნახაზი.

მაღალი განვლადობის მისაღწევად რობოტის გადამტანს აქვს ორმაგი ბორბლები, ჩვეულებრივი და მრავალქიმიანი (ნახ. 5). კარგი განვლადობის გზაზე ის მოძრაობს ჩვეულებრივი ბორბლებით, ხოლო ცუდი განვლადობის შემთხვევაში იყენებს მრავალქიმიან ბორბლებს. კარგი განვლადობის შემთხვევაში მრავალქიმიანი ბორბლები აკეცილია. იმის მიხედვით თუ როგორ გრუნტზე უწევს რობოტის გადამტანს გადაადგილება, მრავალქიმიან ბორბლებს აქვთ სამი სხვადასხვა პოზიცია: 1 - ისინი აკეცილ მდგომარეობაშია (ნახ. 5 ა და ბ); 2 - განლაგებულნი არიან ჩვეულებრივი ბორბლების დონეზე (ნახ. 5 გ); 3 - განლაგებულნი არიან ჩვეულებრივ ბორბლებზე დაბლა (ნახ. 5 დ) და ამ შემთხვევაში რობოტის გადამტანს მხოლოდ მრავალქიმიანი ბორბლებით ხდება.



ნახ. 5. რობოტის გადამტანის ბორბლები.

ა და ბ - წინხედი და გვერდხედი, მრავალქიმიანი ბორბალი აკეცილ მდგომარეობაში; გ - მრავალქიმიანი ბორბალი დაშვებულია ჩვეულებრივი ბორბლის დონეზე; დ - მრავალქიმიანი ბორბალი დაშვებულია ჩვეულებრივ ბორბალზე ქვევით.

Mobile robot

*Veriko Bakhtadze, Ketevan Kvirikashvili, Giorgi Kiknadze, Panayot Stavrianiidi,
David Purtskhvanidze, Nugzar Kavlashvili, Maia Tsertsvadze, Tamriko Khutsishvili*

Summary

The so-called "hand" type robot and its vehicle have been developed. The robot has two joints. The first one includes a servomotor rigidly connected to the transport robot and the ball bearing, also supported by the vehicle and including the main platform rotated by the said servomotor. On the main platform, the second servomotor is rigidly coupled and the ball bearing is inserted into an "arm" deflected by the second servo motor. The second platform is rigidly attached to the end of the "forearm" with the third servo motor and the ball bearing placed on it, into which the "forearm" ending with the catch is inserted. The robot is placed on the mobile platform with original wheels developed by us.

Мобильный робот

*Верико Бахтадзе, Кетеван Квирикашвили, Георгий Кикнадзе, Панайот Ставрианиди,
Давид Пурцхванидзе, Нугзар Кавлашвили, Майа Церцвадзе, Тамрико Хуцишвили*

Резюме

Мы разработали т.н. робот типа «рука» и его транспортное средство. Робот состоит из двух шарниров. Первый шарнир включает серводвигатель, жёстко связанный с транспортным роботом, и шарикоподшипник, который также опирается на транспортное средство и который включает в себя основную платформу, которая вращается указанным серводвигателем. На основной платформе второй сервомотор соединен жёстко, а шарикоподшипник вставлен в «плечо», которое отклоняется вторым сервомотором. Вторая площадка жёстко прикреплена к концу «предплечья» с размещенным на ней третьим серводвигателем и шарикоподшипником, в который вставлен «предплечье», заканчивающееся захватом. Робот размещается на разработанной нами передвижной платформе с оригинальными колёсами.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Д. А. Пурцхванидзе Г. Д. Челидзе МАНИПУЛЯТОР Авторское свидетельство 1077780 опубликовано 07.03.84 Бюлет. № 9.
2. დ. ფურცხვანიძე, ა. ფურცხვანიძე. ახალი ტიპის საწარმოო რობოტი მრავალი სახსრით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბილისი, 2018 წ. გვ.88-91.
3. Н. Кавлашвили, О. Лабадзе, П. Ставрианиди, Д. Пурцхванидзе, М. Церцвадзе, Г. Кикнадзе. Модернизированный робототехнический манипулятор. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N22, თბილისი, 2018 წ. გვ.51-53.
4. დავით ფურცხვანიძე, მაია ცერცვაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, ვერიკო ბახტაძე, გიორგი კიკნაძე, თამარ ხუციშვილი, ქეთევან კვირიკაშვილი, მერი გეგეჭკორი. მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტი კუთხური მმართველი კოორდინატით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. #24, თბილისი, 2020, გვ.65-68. ISSN 0135-0765.

ინფორმატიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

On Dictionary Unit Information Zone Merging

Giorgi Chikoidze, Anna Chutkerashvili

chikoidze@yahoo.com, annachutkerashvili@yahoo.com

Summary

Explanatory-combinatorial computer dictionaries differ from traditional dictionaries in the amount and variety of information in the dictionary unit. In this type contemporary dictionaries, a large amount of information is divided into zones, each of which corresponds to this or that aspect of a certain dictionary unit. The main zones of information each unit includes are the following: morphological, syntactic, semantic, etymological. Also the dictionaries include relevant patterns of word usage, phraseologies, and consistent word combinations, translations, and references.

The paper describes the information zones of the dictionary unit. On their basis the relations and interactions of words are also considered.

Key words:

dictionary unit, information zones, synthesis, analysis

Dictionary unit information zone merging as well as their matching is rather important for a computer dictionary. Obviously, when a user addresses to a particular unit, he/she should be able to get complete and systematized information about the unit, which will help him/her in both directions of the language (both in text generation - synthesis, as well as in its reading and comprehension - analysis).

Three zones (morphological, syntactic, and semantic), which correspond to three levels of the language model were distinguished according to traditional grammar. In the language model functioning, the text reveals that in the information of the same lexical unit, these information zones are not only side by side, but they are merged as well.

Merging is revealed and confirms its necessity within the operation or dynamics of the language system, the most general and essential characteristics of which are bidirectionality and parallelism. [1], [2].

This parallel (horizontal, syntagmatic) direction coincides with the way speech text is generated/perceived; it is in this way that along with the perception/generation of an expression develops each level of its description and its structure, from the phonetic-graphic and to the semantic-pragmatic, which, in fact, exhausts the scope of the "meaning-text" language model.

Bidirectionality, in certain sense, is revealed in the "perpendicular" ("vertical", paradigmatic) direction: its realization is the relation between the levels operating parallelly. It is in this direction that the "meaning-text" model solves the global task, i.e. the bidirectional transition from the meaning of the expression to its form (synthesis) and vice versa (analysis) [3]. It is essential that these transitions (analysis/synthesis) are executed not "by leap", but in stages:

In the process, each level of representation addresses the other levels, sometimes providing it with the information it has already obtained, and sometimes "asking questions" or "asking for help", additional information to solve a task that it cannot solve independently. In the latter case, the level at which such a "misunderstanding" has arisen sends level several options to the upper for solving the task, from which the latter must choose the correct solution to the problem, or at least the one whose fairness is least doubtful.

All these relations between levels is based, on the one hand, on the results already established and accumulated in the process of processing (analysis/synthesis) and, on the other hand, on the various types of information embedded in the dictionary.

Therefore, of information zone "merging" implies the support that the data should provide to the appropriate levels in their between level connections and relations.

There are a few examples given below to illustrate the role that information in each zone plays in order to maintain these relations.

First we refer to examples related to the model functioning in the direction of "analysis", i.e.

"meaning↔ text".

In the case of textual (rather than verbal) input, the separation and identification of individual word forms is not difficult: inter-word gaps and punctuation marks separate these units quite sharply from each other. Thus, the first task of this direction is to analyze individual word forms: to divide them into morphemes, to determine the corresponding meanings of these morphemes, and to formulate a sum, mainly grammatical information, which is completed in the final form and sent to the nearest upper, syntactic level.

The most important step in morphological analysis is to identify the word form that must be analyzed with the corresponding lexical form, which is the dictionary unit symbol, the "title", the function of the initial form. After this act is successfully completed, all the information that governs the rest of the process will be available to the process.

In some particular cases of the morphological approach, the morphological generator embedded in the dictionary generates the whole paradigm corresponding to the dictionary unit, which excludes the need to divide the word form into morphemes: the input word form "finds" its identical member in this generated paradigm [4], [5].

One way or another, the agglutinative morphology of Georgian, in contrast to Russian and, moreover, English, in almost all cases provides the possibility of obtaining accurate and unambiguous grammatical information. The most common variant of deviation from this univocality is the coincidence of two rather priority noun cases (Genitive and Dative) in the context of the vowel-stem untrimmed nouns:

o: *gogo, rk'o, gombio, k'alo, . . .* ;

u: *k'us, bus, rus, . . .* ;

i: *čais, t'ramvais, . . .*

Syntactic level based on dictionary information as well is "in charge" to remove the ambiguities.

Solving this task at the syntactic level, which entirely relies on morphologic information, is sometimes complicated due to the ambiguity of the syntactic structure itself.

The most common example of this is the constructions headed by the I series verb form:

-*axla ševuerteb am mils onk'ans/onk'ans am mils*. (Now I will connect this pipe to the tap/
tap to this pipe); (1)

-*vačukeb am gogos okros yec'k'vs*. (I'll give this girl a gold necklace as a gift) (2)

In the first case, it is unclear which part is "joining": "pipe to tap" or "tap to pipe";

Pattern (2), at first sight, seems to indicate (at least pragmatically) that the "girl" will receive a "gift" - the necklace, but the same expression applies to the elliptical interpretation that the "girl's necklace" will be used as a "gift" - the recipient of the "gift" is not mentioned, it is omitted. The latter can be explicitly defined in pragmatic context: for instance, by a question which must precede the expression (2).

-ras čukni iubilars? – ("What do you give to the birthday girl?")

It is not entirely out of the question (for example, in an ironic context) to have a metaphorical interpretation that a "gift" ("yec'k'vi" necklace) is given from the girl's already have "gold" jewelry.

In the case of these pragmatically ambiguous sentences (2), the expression gets more complicated by the identical forms of Genitive and Dative cases ("gogos", "okros"). However, even without this additional complication, pragmatically completely clear expressions create certain problems if the analysis is based only on morphological data. For example (3):

-mama ušenebs švils saxls/saxls švils. (Father builds house for son / house for son) (3)

In order to solve this case, the analysis should refer to the semantic zone of the dictionary unit "*šeneba*" (to build), namely, the meaning of the lexical function S₄, which determines that the 4th actant or addressee (AD) of the verb "*šeneba*" is typically expressed by noun as "person" or "organized set of persons" (family, school,...). Of course, the latter indicators should also be included in the information semantic zone of "child" or "family", "school", which is conditioned by the means of the **Gener** function, i.e. the generalization of the value of the initial C₀ (argument):

Gener (švili (child)) = Person.

It is also possible that in some cases it may be appropriate to grade this relation as well, i.e. to present it as a hierarchical structure according to the level of abstraction:

Child → *Family member* → *Relative* → *Relation* → *Person*

At the same time, there are cases that cannot be distinguished by these semantic means:

-is uzrdis/uk'urnavs švils mezobels/ mezoblis švils. (He brings up / cures the child of the neighbor / child to the neighbor) (4)

In this case it is only possible to assume that the actant first mentioned is the addressee (S₄), as usual (however, not necessarily). A more general and crucial "advice" should refer to the process direction of the synthesis: "meaning↔text" if we assume that the initial point of the direction of this process is the expression of "meaning" by some simplest, most "neutral" means (perhaps - a formal scheme). And then generating all its quasi-synonymous expressions based on this initial expression, then a "filter" can be added to this scheme of the algorithm, which excludes all (ambiguous expressions like (4)). Thus, in the case of expression (4), the "filter" may exclude its (4) form and leave it with ambiguous synonyms, including, for example:

-is zrdis/k'urnavs mezoblis švils / švilis mezobels. (He brings up/cures the neighbor's child/ child's neighbor)

where it is clear who is "brought up/ cured" who is the caretaker/healer.

The main "driving force" for generating a set of these quasi-synonymous expressions are lexical functions, first of all lexical substitutions: Syn, Der, Conv. The first of these implies the absolute (semantic, grammatical) identity between the value of the initial unit (C₀) and its Syn (C₀); The second (Der) transforms the basic grammatical characteristic of C₀ without changing the semantics: the meaning of the category of part of speech; The third Conv also partially changes the semantics: the word expressed through it reflects the C₀ situation differently, in a different way from the initial C₀. These and other lexical functions formed in the semantic zone of the dictionary unit form the basis of many quasi-synonymous transformations, including those that are aimed to eliminate the above-mentioned morpho-semantic defects.

Information about super-paradigms serves the same purpose. The set of paradigms includes verb paradigms derived from the same lexeme [6], [7]. Despite having common

semantic core, the paradigms differ from each other in verb-actant relations that in their turn reflect semantic-role-predicate relations that allow choosing between these different constructions. So, for example, pattern (1) can also be changed within the same super-paradigm (mierterba"joining") by an active but "undirected" verb, resulting in a construction:

-mivaerteb mils onk'antan/onk'ans miltan. (I will connect the pipe to the tap/tap to pipe).

where the V object of "mierterba" (joining) and its "address" (AD) are expressed differently: correspondingly with prepositional and non-prepositional Dative.

An example of the direct relation of semantics and morphology (without reference to syntax) is provided in the algorithm formulated in [8].

All of the above mentioned proves that the information zones of the dictionary unit are not only "neighboring", but also closely merged with each other.

Uniting information zones of a dictionary unit, together with applied meanings, has also rather important, purely theoretical value. Namely, it is the dictionary unit with the most complete information that can demonstrate the function that the "word" has in the current system of natural language in both directions of the language system functioning. For example, in a synthesis, the situation or idea reflected in the expression is initially divided into separate components, which are related to this or that lexeme of the language. Then the choice is made on the basis of the lexeme information, and finally with the help of the same information dictionary units chosen in the end are combined into a joint expression, which, on the one hand, expresses the original intention and, on the other hand, is built according to grammatical rules.

სალექსიკონო ერთეულის ინფორმაციის ზონების შერწყმა

გიორგი ჩიკოიძე, ანა ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

განმარტებით-კომბინატორული კომპიუტერული ლექსიკონები ტრადიციული ლექსიკონებისაგან განსხვავდება სალექსიკონო ერთეულის ინფორმაციის მოცულობითა და მრავალასპექტიანობით. ამ ტიპის თანამედროვე ლექსიკონებში დიდი მოცულობის ინფორმაცია დაყოფილია ზონებად, რომელთაგან თითოეული შეესაბამება მოცემული სალექსიკონო ერთეულის ამა თუ იმ ასპექტს. ყოველი ერთეულის ინფორმაცია მოიცავს შემდეგ ძირითად ზონებს: მორფოლოგიურს, სინტაქსურს, სემანტიკურს, ეტიმოლოგიურს. ასევე მოიცავს სიტყვის ხმარების შესაბამის ნიმუშებს, ფრაზეოლოგიზმებს და მდგრად სიტყვათშენაერთებს, თარგმანებს და ბიბლიოგრაფიას.

სტატიაში დახასიათებულია სალექსიკონო ერთეულის ინფორმაციული ზონები. მათი გათვალისწინებით დასაბუთებულია სიტყვათა ერთმანეთთან კავშირი და ურთიერთქმედება.

Слияние информационных зон словарной единицы

გიორგი ჩიკოიძე, ანა ჩუტკერაშვილი

Резюме

Толково-комбинаторные компьютерные словари отличаются от традиционных словарей количеством информации в словарной единице многоаспектностью. В современных словарях этого типа информация большого объема делится на зоны, каждая

из которых соответствует тому или иному аспекту данного словарного элемента. Информация каждой единицы включает следующие основные зоны: морфологическую, синтаксическую, семантическую, этимологическую. Также включает соответствующие примеры использования слов, устойчивые словосочетания и фразеологизмы, переводы и библиографию.

В статье охарактеризованы информационные зоны словарной единицы. Учитывая это обоснована связь и взаимодействие слов между собой.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Чикоидзе Г. Б. Параллельность и инвариантность в языковых моделях. Тезисы докладов и сообщений школы-семинара «Семиотические аспекты формализации интеллектуальной деятельности» («Кутаиси-85»), Кутаиси, 22-28 апреля 1985г., стр. 411-414.
2. Чикоидзе Г. Б. Двухнаправленность языковых процессов. Труды Института систем управления им. А. И. Элиашвили, N 5, 2001, стр. 125-133.
3. Мельчук И. А. Опыт теории лингвистических моделей, “Смысл↔Текст”, изд. “Наука”, Москва, 1999
4. Чикоидзе Г. Б. Сетевое представление морфологических процессоров. («Интеллекти»), Тбилиси, 2004 (монография).
5. Javashvili N., Chikoidze G., Dokvadze E., Lortkipanidze L. Three Aspects of Language Modelling. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული #12, თბილისი, 2008, გვ.149-160.
6. Чикоидзе Г. Глагольное “ядро” простого грузинского предложения. Труды Института Систем Управления им. А. Элиашвили, N11, 2007, Тбилиси, стр.151-155
7. Чикоидзе Г. Б. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Тбилиси, 2010 (монография).
8. Amirezashvili N., Chikoidze G. Syntactic interface for Georgian simple sentences. Works. Application appendix to the journal “Newsletters” of academy of education sciences of Georgia. Tbilisi, 2009, p.141-151.

ძველი და ახალი ინფორმაციის გადმოცემის საშუალებები

ანა ჩუტკერაშვილი

annachutkerashvili@yahoo.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ძველი და ახალი ინფორმაციის გადმოცემის სხვადასხვა საშუალებები. ბუნებრივ ენაში სხვადასხვა უნივერსალური საშუალება არსებობს ახალ (რემა) ან ძველ (თემა) ინფორმაციაზე მისათითებლად. კომუნიკაციას აზრი არ ექნება, თუ არ მოხდება გარკვეული ახალი ინფორმაციის გადაცემა. ამავე დროს, ინფორმაციის დიდი ნაწილს უნდა შეადგენდეს ძველი ინფორმაცია, რადგან ამის გარეშე მოლაპარაკესა და მსმენელს არ ექნებათ საკმარისი საფუძველი ერთმანეთის გასაგებად. გარდა უნივერსალური საშუალებებისა, არსებობს კონკრეტული ენებისათვის დამახასიათებელი საშუალებები, რომლებიც ფორმალურად მიუთითებენ ახალ და ძველ ინფორმაციაზე. გამონათქვამის თემა-რემატული სტრუქტურის ცვლა სიღრმისეული სემანტიკურ პროცესია, რომელიც უზრუნველყოფს მნიშვნელობის მთლიანობას.

საკვანძო სიტყვები:

თემა-რემატული სტრუქტურა, ძველი და ახალი ინფორმაცია

ტექსტში *თემისა* და *რემის* ანუ ძველი და ახალი ინფორმაციის გადმოცემა თავისთავად ცხადია. კომუნიკაციას აზრი არ ექნება, თუ არ მოხდება გარკვეული ახალი ინფორმაციის გადაცემა. ამავე დროს, ინფორმაციის დიდი ნაწილი ძველი ინფორმაცია ანუ *რემა* - ამის გარეშე მოლაპარაკესა და მსმენელს არ ექნებათ საკმარისი საფუძველი ერთმანეთის გასაგებად [1].

თემა წარმოადგენს იმ ინფორმაციის ენობრივ (სინტაქსურ) რეალიზაციას, რომელიც შეადგენს პრესუპოზიციას, *რემა* კი - იმ ინფორმაციას, რომელიც შემოდის როგორც ახალი.

ზოგიერთ ენაში ფორმალური გზები არსებობს ამ ორი ცნების ერთმანეთისგან გასამიჯნად. სახელდობრ, განსხვავება შესაძლებელია სიტყვათა რიგის მიხედვით დადგინდეს. მაგალითად, ჩეხურში *თემა*, ანუ ის, რის შესახებაც ვსაუბრობთ, მოთავსებულია წინადადების საწყის პოზიციასში. წინადადებაში ძველი და ახალი ინფორმაციის განსასხვავებლად მრავალ ენაში აგრეთვე გამოიყენება ზოგიერთი გრამატიკული კატეგორია. მაგალითად, ცნობილია, რომ განსაზღვრულობისა და ზოგადობის კატეგორიები, რომლებიც არტიკლებისა და ნაცვალსახელების საშუალებით გადმოიცემა სხვადასხვა ენაში, ძველი ინფორმაციის თანმხლები კატეგორიებია, ხოლო განუსაზღვრელობა ახალი ინფორმაციის ნიშანია. განსაზღვრულ სახელთა რაოდენობა ტექსტში, როგორც წესი, მეტია, ისინი უზრუნველყოფენ ტექსტის მთლიანობას.

ძველი და ახალი ინფორმაციის შესახებ მსჯელობა, ტექსტში მათი გამოყოფა და ერთმანეთთან მიმართების საკითხის გარკვევა, ერთი მხრივ, სემანტიკისა და, მეორე მხრივ, პრაგმატიკის პრობლემებს განეკუთვნება. სემანტიკისას, რამდენადაც საქმე ეხება შინაარსის პლანს, ხოლო პრაგმატიკისას - რამდენადაც გასათვალისწინებელია მოცემული შეტყობინების ღირებულება მსმენელისათვის, ინფორმაციის სიახლე, მოცემული შინაარსის შედეგიანი გადაცემისთვის საუკეთესო ფორმის მოძებნა და სხვა.

ლექსიკური, გრამატიკული, ლექსიკურ-გრამატიკული და სინტაქსური მნიშვნელობები ექსპლიციტური მნიშვნელობებია. ამ დონეზე ბუნებრივი ენა სხვადასხვა საშუალებებს იძლევა იმისთვის, რომ მოლაპარაკის მიერ გადაცემულ შეტყობინებაში

მსმენელს ახალ და ძველ ინფორმაციაზე მიანიშნოს. საამისოდ უნივერსალური საშუალებაა გამონათქვამის ინტონაციური სტრუქტურა, ემფატიკა და ხაზგასმა, რომელთა საშუალებით გამოიყოფა ახალი ინფორმაცია ანუ რემა. ტონის აწევა ან მახვილის გაძლიერება ხდება იმ შემადგენელებზე, რომლებიც შეიცავენ ახალ ინფორმაციას. ამ საშუალებით იქმნება ე.წ. კონტრასტული წინადადებები:

მაგ., *საბამ ჭიქა გატება.* (ნეიტრალური)

საბამ ჭიქა გატება.

საბამ ჭიქა გატება.

გარკვეული უნივერსალურობით ხასიათდება, აგრეთვე ამა თუ იმ გრამატიკულ კატეგორიათა მიმართება წინადადებაში ძველისა და ახლის გადმოცემასთან. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, განსაზღვრულობა ახდენს იდენტიფიკაციას (არტიკლები, ნაცვალსახელები), განუსაზღვრელობა კი არის ახალი ინფორმაციის ნიშანი, იგი მიუთითებს თემის შესახებ ნათქვამის შემდგომ განვითარებაზე:

მაგ., *იყო ერთი მეფე. ამ მეფეს* (განსაზღვრული და ძველი) *ერთი მიმიწო ჰყავდა.*

ყველა მეფე (ზოგადი და ძველი) *ზრუნავს სამეფოს გაძლიერებაზე.*

There lived a man. The man was a shepard.

“ცხოვრობდა ერთი კაცი. ეს კაცი იყო მეცხვარე.”

(man "კაცი" განსაზღვრულია the არტიკლით და არის ძველი).

ძველი და ახალი ინფორმაცია ტექსტში გარკვეულ ასახვას ჰპოვებს გადაბმის სხვადასხვა საშუალებებით: ნაცვალსახელური ან პრევერბალური რეფერენცია და სუბსტიტუცია. აგრეთვე, ელიფსისი, რომელიც სუბსტიტუციის კერძო შემთხვევაა, დასაშვებია მხოლოდ ძველი, ცნობილი ელემენტების მიმართ:

მაგ., *იყო ერთი მეფე. ის დიდ სასახლეში ცხოვრობდა.*

(რეფერენტი *მეფე* ძველ, ნაცნობ ინფორმაციას წარმოადგენს მეორე წინადადებისთვის, მისი მითითება ხდება რეფერენციული ელემენტით *ის*).

მაგ., *მწვანე კაბა არ მინდა, ეს მირჩევნია.*

(*ეს* არის სუბსტიტუციის მაგალითი: ნაცვალსახელური სუბსტიტუცია შემადგენლისა მწვანე კაბა მეორე წინადადებაში ძველი ინფორმაციას გამოხატავს).

მაგ., *შენი ჩანთა დაძველდა, ახალი /-/ უნდა იყიდო.*

(მსგავს შემთხვევებში შესაძლებელია მხოლოდ ძველი ინფორმაციის მატარებელი ელემენტის გამოტოვება).

გარდა უნივერსალური საშუალებებისა, არსებობს კონკრეტული ენებისათვის დამახასიათებელი საშუალებები, რომლებიც ფორმალურად გამოხატავენ თემასა და რემას. მაგალითად, ჩეხურში წინადადების ძველი ინფორმაციის მატარებელი წევრი – თემა – ყოველთვის წინადადების თავშია მოთავსებული, ხოლო უნგრულ ენაში ახალი ინფორმაციის მატარებელი წევრი – რემა – თავსდება უშუალოდ ზმნის წინ.

გამონათქვამის თემა-რემატული სტრუქტურის ცვლა წარმოადგენს სიღრმისეულ სემანტიკურ პროცესებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ მნიშვნელობის მთლიანობას. გადაბმის დროს ტექსტის მონაკვეთებში იცვლება ერთ და იმავე ლექსიკურ შემადგენელთა თემა-რემატული ღირებულება. წინამავალი მონაკვეთის რემა (ახალი ინფორმაცია) მომდევნოდ თემად წარმოგვიდგება, ძველ ინფორმაციად, რომლის ირგვლივ ხდება ახალი ინფორმაციის აგება. რემის თემად ქცევა არის გამონათქვამის გამაერთიანებელი უმნიშვნელოვანესი პროცესი, რომელსაც თემატიზაციას უწოდებენ.

განსაკუთრებით მკვეთრად ჩანს თემატიზაციის პროცესი კორეფერენციული მიმართებების შემოტანის დროს (სხვადასხვა ნაცვალსახელები, ზმნიზედა, ზედსართავი

სახელი), ყოველთვის თემატურია ანუ ადრე უკვე ნახსენები, ცნობილია და შესაბამისად ძველი ერთეულებია.

ნაცვალსახელური კორეფერენცია ყოველთვის სპეციფიკურია ანუ განსაზღვრული, ხოლო მისი ამოცნობა დამოკიდებულია წინამავალ ელემენტზე, რომელიც შეიძლება იყოს განუსაზღვრელი და განსაზღვრულიც [3].

ფ. დანეშის მიხედვით, არსებობს თემატური პროგრესიის სამი ტიპი. პირველი – როდესაც თემა არის მუდმივი, ე.ი. წინადადების თემა შენარჩუნებულია მომდევნო წინადადებაშიც[6].

მაგ., საბა აღტაცებული იყო. მან პირველად ნახა ამდენი თოვლი.

მეორე წინადადებაში ნაცვალსახელი მან, რომელიც წარმოადგენს წინადადების თემას, აღნიშნავს წინამდებარე წინადადების თემას – საბა-ს.

ბუნებრივ ენაში არსებობს სხვადასხვა უნივერსალური საშუალება ახალ ან ძველ ინფორმაციაზე მისათითებლად. ინგლისურ ენაში განსხვავება ძველ და ახალ ინფორმაციას შორის ზედაპირულ სტრუქტურაში აისახება სუბიექტის ინტონაციის საშუალებით. ის ერთეულები, რომლებიც ახალი ინფორმაციას გამოხატავს, ზედაპირულ სტრუქტურაში წარმოიქმნება ტონის მეტი აწევით, აქცენტირებით ან ხაზგასმით, ძველი ინფორმაციის გამომხატველ ერთეულებთან შედარებით. ეს არც არის გასაკვირი, რადგან მოლაპარაკე სწორედ ახალი ინფორმაციის გადაცემას ცდილობს, რაც განაპირობებს კომუნიკაციის ეფექტურობას. [5]

ზოგადი და განსაზღვრული სახელი ყოველთვის ძველი ინფორმაციის მატარებელია. ძველი ინფორმაცია გულისხმობს, რომ მოცემული ცნება უკვე ცნობილია მსმენელისთვის (ან, ყოველ შემთხვევაში, მოლაპარაკე ასე ვარაუდობს).

მაგ., – გუშინ მარიამი ჩამოსულა!

– მართლა? ამ დღეებში ვინახულოთ.

ამ დიალოგიდან ჩანს, რომ კომუნიკაციის ორივე მონაწილე იცნობს *მარიამს*, და ისიც ცნობილია მათთვის, რომ ის რაღაც დროით წასული იყო სადღაც, რაც, სავარაუდოდ, ასევე ცნობილი უნდა იყოს მათთვის. *მარიამი* გამოხატავს თემას, ანუ ძველ ინფორმაციას, რომელიც კომუნიკაციის მონაწილეთათვის ნაცნობია; წინააღმდეგ შემთხვევაში ეს დიალოგი ვერ შედგებოდა, ან მოლაპარაკეს მსმენელისათვის გაცილებით მეტი ახალი ინფორმაციის მიწოდება დასჭირდებოდა.

მაგ., – გუშინ მარიამი ჩამოსულა!

– რომელი მარიამი?

– ჩვენი კლასელი, აბაშიძე.

– მართლა? სად იყო?

– პარიზში, ენის შემსწავლელ სამთვიან კურსებზე.

– არც ვიცოდი, წასული თუ იყო!

დიალოგში მოლაპარაკე ვარაუდობს, რომ ინფორმაციის რაღაც ნაწილი ნაცნობია მსმენელისთვის, მაგრამ როდესაც შეიტყობს, რომ ეს ასე არ არის, მაშინ მას დამატებითი, ახალი ინფორმაციის მიწოდება სჭირდება მსმენელისთვის, რათა უზრუნველყოს კომუნიკაციის ნაყოფიერება.

კომუნიკაცია მოითხოვს განსაზღვრულ სახელს (განსაზღვრულობა სხვადასხვა ენაში არტიკლებისა და ნაცვალსახელების საშუალებით გადმოიცემა), რომელიც აღნიშნავს, მოლაპარაკის ვარაუდით, მსმენელისთვის ცნობილ საგანს, ან ისეთი ცნების აღმნიშვნელ ზოგად სახელს, რომელიც ნაცნობია ამ ენაზე მოლაპარაკე ნებისმიერი

ადამიანისათვის. და პირიქით, განუსაზღვრელი, არაზოგადი სახელის შემთხვევაში მოლაპარაკისთვის ამოსავალია ის, რომ მსმენელმა არ იცის, რის შესახებ მიმდინარეობს საუბარი, ამიტომ ეს სახელი ახალი ინფორმაციის მატარებელია.

წინადადების სიღრმისეულ დონეზე არსებობს არგუმენტებს შორის ძველი და ახალი ინფორმაციის გადმოცემის უნივერსალური კანონზომიერება. პრედიკატი და ლოკაციის გამომსახველი სახელი ყოველთვის ახალი ინფორმაციის მატარებელია.

მაგ., *თეკლა ეზოში თამაშობს.*

ძვ. ახ. ახ.

აგენსი, თუ არის წინადადებაში წარმოდგენილი, ყოველთვის ძველ ინფორმაციას გადმოსცემს.

მაგ., *საბამ დაჩის სურათი დაუხატა.*

ძვ.

ძველ ინფორმაციას გადმოსცემს ბენეფიციანტი იმ შემთხვევაში, თუ წინადადებაში ამავდროულად არ არის აგენსი.

მაგ., *ბექა მიიღო საჩუქარი.*

ახ.

თუ წინადადებაში არ არის მოცემული არც აგენსი და არც ბენეფიციანტი, მაშინ ძველ ინფორმაციას გადმოსცემს პაციენსი.

მაგ., *ქალაქი ცარიელია.*

ძვ.

თუ წინადადება შეიცავს ორ წევრს – ლოკაციის გამომხატველ სახელსა და პაციენსს, მაშინ პაციენსი გადმოსცემს ძველ ინფორმაციას, ლოკაციის გამომხატველი სახელი – ახალს.

მაგ., *სურათი კედელზე კიდია.*

ძვ. ახ.

ამბიენტური ზმნები ყოველთვის ახალ ინფორმაციას გადმოგვცემენ.

მაგ., *თოვს*

ახ.

ამგვარად იქმნება ერთგვარი იერარქიული სტრუქტურა. ზემოთქმული ეხება მოქმედებითი გვარის ზმნით გამოხატულ წევრთან დაკავშირებულ სიტყვებს. მოქმედებითი გვარის ზმნებთან აგენსი გადმოსცემს ძველ ინფორმაციას, პაციენსი ახალს. პასიური კონსტრუქციის შემთხვევაში ეს როლები იცვლება – პაციენსი გადმოსცემს ძველ ინფორმაციას, აგენსი კი ახალს.

სტატიაში შევეცადეთ მოკლედ გადმოგვეცა ძველი და ახალი ინფორმაციის გამოხატვის სხვადასხვა საშუალებები, რომლებსაც ესა თუ ის ენა მიმართავს. გამოხატვის ეს მრავალფეროვნება განპირობებულია კონკრეტული ენის თავისებურებებით. ზოგიერთი ენა მიმართავს სიტყვათა რიგს, ზოგიც არტიკლებსა და ნაცვალსახელებს, ინტონაციას, მახვილს და კიდევ სხვა მრავალ საშუალებას, რაც, საბოლოო ჯამში, სრულყოფილი და ეფექტური კომუნიკაციის საფუძველი ხდება.

Means of Expressing Old and New Information

Anna Chutkerashvili

Summary

The various ways of expressing old and new information is considered in the paper. In natural language there are various universal means for pointing out new (rheme) or old (theme) information. Communication will not make sense unless some new information is expressed. At the same time, much of the information must be old, as without it the speaker and the listener will not have a sufficient basis for understanding each other. In addition to the universal means, there are some specific means characterizing certain languages that formally point at new and old information. The change in the theme-rheme structure of an expression is deep semantic process that ensures the wholeness of meaning.

Средства выражения старой и новой информации

Анна Чуткерашвили

Резюме

В статье рассматриваются разные способы передачи старой и новой информации. В естественном языке существуют различные универсальные средства для указания на новую (Рема) или старую (Тема) информацию. Общение не будет иметь смысла, если не будет передана новая информация. В то же время большая часть информации должна быть устаревшей, потому что без нее у говорящего и слушателя не будет достаточных оснований для понимания друг друга. Кроме универсальных средств существуют средства, специфичные для конкретных языков, которые формально указывают на новую и старую информацию. Изменение тема-рематической структуры выражения - это глубокий семантический процесс, обеспечивающий целостность смысла.

ლიტერატურა – References – Литература

1. გამყრელიძე, თ., კიკნაძე, ზ., შადური, ი., შენგელაია, ნ. თეორიული ენათმეცნიერების კურსი. თბილისი, 2003;
2. შენგელაია, ნ. ტექსტის ლინგვისტიკის პრობლემები. თბილისი, 1987;
3. შენგელაია, ნ. არასრული სიტყვები და ტექსტის სემანტიკური მთლიანობა. თბილისი, 2000;
4. Ван Дейк, Т. Вопросы прагматики текста. «Новое в зарубежной лингвистике VII», Москва, 1978;
5. Чейф, У. Значение и структура языка. Москва, 1975;
6. Daneš, F. Functional Sentence Prespective and the Organization of the Text. Papers on Functional Sentence Prespective, Prague: Academia, 1974.
7. Palmer, F.R., Semantics, Cambridge University Press, 1981;

ლინგვისტური ცოდნის ბაზა ქართული ენისთვის

ლიანა ლორთქიფანიძე

l_lordkipanidze@yahoo.com

რეზიუმე

ინფორმაციის მიღება ტექსტიდან და მისი ავტომატური დამუშავება კომპიუტერული ლინგვისტიკის და ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა. ამ ამოცანის შესასრულებლად კი აუცილებელია არსებობდეს შესაბამისი ბუნებრივი ენის ლინგვისტური ცოდნის ბაზა.

ლინგვისტური ცოდნის ბაზა არის მონაცემთა სპეციალური სტრუქტურა, რომელიც ემსახურება ბუნებრივი ენის ობიექტებისა და მათი ურთიერთობების შესახებ საწყისი, შუალედური და საბოლოო ინფორმაციების შენახვასა და ეფექტურად გამოყენებას.

სტატიაში აღწერილია ქართული ენის ლინგვისტური ცოდნის ბაზის შემუშავება ექსპერტული სისტემის საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები:

ლინგვისტური ცოდნის ბაზა, ბუნებრივი ენის ავტომატური დამუშავება, მორფოლოგიური ცოდნის ბაზა, სინტაქსური ცოდნის ბაზა, სემანტიკური ცოდნის ბაზა, ექსპერტული სისტემა

შესავალი

საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარების პერსპექტივების შეფასება ნათლად აჩვენებს, რომ დღის წესრიგში დგება არა მხოლოდ ინფორმაციის სწრაფი გადაცემისა და დამუშავების პრიორიტეტები, არამედ ხარისხობრივად ახალი ტიპის ამოცანების გადაწყვეტა კომპიუტერის საშუალებით. ამ ნაწილში კი ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება არა მხოლოდ თეორიული შესაძლებლობების შესწავლის საგანია, არამედ უკვე დღეს არსებული საჭიროებაა იმისა, რომ კომპიუტერმა იტვირთოს თავის თავზე ადამიანის მიერ “რუტინული” გონებრივი ამოცანების შესრულება. ინტერნეტის ფართოდ განვითარებამ კიდევ უფრო აქტუალური გახადა ინტერნეტის ფაქტიურად უკიდევანო სივრცეში ადამიანის მიერ ინფორმაციის ძებნის, ამორჩევის და დამუშავების პრობლემის ოპტიმალურად გადაჭრის საჭიროება.

დღეს მსოფლიოში გაჩნდა პროგრამული უზრუნველყოფის კლასი, სადაც ადამიანსა და კომპიუტერს შორის კომუნიკაცია ყველაზე ეფექტურია ბუნებრივი ენის ინტერფეისის გამოყენებით. ვირტუალური ასისტენტები, როგორცაა Siri, Google Assistant (Google Now), Amazon Alexa, Microsoft Cortana, Bixby, Voice Mate, Alice (Алиса) იყენებენ ინტერნეტ-რესურსებს და ბევრ სხვადასხვა სახის შეკითხვაზე შეუძლიათ პასუხის გაცემა. ასევე, ბოლო პერიოდში ფართოდ გავრცელდა ჩათ-ბოტები, რაც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს პროგრამულ სისტემასთან ბუნებრივი ენის გამოყენებით დაამყაროს კავშირი. ბუნებრივი ენის საშუალებით ინტერფეისი აქტიურად გამოიყენება დიალოგურ სისტემებში, სადაც მომხმარებლის კითხვაზე პასუხის მისაღებად ინფორმაცია იძებნება შესაბამის მონაცემთა ბაზაში. ამ დროს მომხმარებელს არ უნდა ესაჭიროებოდეს მონაცემთა ბაზის შიდა სტრუქტურის ცოდნა და SQL მოთხოვნების ხელით შექმნა. მოცემული პრობლემის გადასაწყვეტად, უპირველეს ყოვლისა, უნდა შემუშავდეს ბუნებრივი (ჩვენს შემთხვევაში, ქართული)

ენის ლინგვისტური ცოდნის ბაზა. მასში უნდა შევიდეს შემდეგი ურთიერთდაკავშირებული კომპონენტები:

- მორფოლოგიური ცოდნის ბაზა
- სინტაქსური ცოდნის ბაზა
- სემანტიკური ცოდნის ბაზა
- პრაგმატული ცოდნის ბაზა

ლინგვისტური ცოდნის ბაზისთვის უნდა შემუშავდეს ქართული ენის ეფექტური მოდელი, რომელიც გაადვილებს სხვადასხვა დონის (მორფოლოგიური, სინტაქსური, სემანტიკური, პრაგმატული) შესაბამისი ლექსიკონ-თესაურუსების შექმნას, მათ გამდიდრებას და განვითარებას.

ჩვენს განყოფილებაში წლების განმავლობაში მიმდინარეობს ქართული ენის მოდელის მორფოლოგიური, სინტაქსური და სემანტიკური დონის ფუნქციონირების ავტომატური რეალიზაციის სამუშაოები, რისთვისაც ყველაზე ეფექტურადაა გამოყენებული ექსპერტული სისტემების მეთოდოლოგია.

ექსპერტული სისტემა არის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც გამოიყენება კონკრეტულ სფეროში რეკომენდაციების მისაცემად ან პრობლემების გადასაჭრელად და მუშაობს წინასწარ შეძენილ ცოდნაზე დაყრდნობით. დღესდღეობით ცნობილი ექსპერტული სისტემების კომპილირების პროგრამული ენები იძლევა სხვადასხვა დანიშნულების ექსპერტული სისტემების აგების შესაძლებლობას. თუმცა როგორც სხვა დანარჩენი პროგრამული ენები, მომხმარებლისგან მოითხოვს ჯერ ექსპერტული სისტემის ფუნქციონირების მექანიზმების და ამ კონკრეტულ ენაში მისი რეალიზაციის თავისებურების ცოდნას, შემდეგ კი ექსპერტული სისტემის აგებისთვის საჭირო სტანდარტული პროცედურების შესრულებას (როგორცაა ცოდნის დაგროვება ექსპერტისგან და მისი წარმოდგენა ექსპერტულ სისტემაში). სისტემებში ცოდნის წარმოდგენა ნიშნავს კონკრეტული სფეროს სპეციალისტის მიერ სისტემატიზებული მეთოდების აღწერას ექსპერტული სისტემის საშუალებით.

ექსპერტული სისტემის ინსტრუმენტებში პრობლემატური მხარეა ცოდნის შეძენის ამოცანა, ცოდნის ბაზის დახვეწა, და ცოდნის წარმოდგენის სხვადასხვა სქემების კომბინირება. ექსპერტისგან ცოდნის მიღება არ ექვემდებარება წრფივ, „ერთი გავლით“ შესრულების ტექნიკას. არჩევანი იმის შესახებ, თუ როგორი საწყისი შესაძლებლობები უნდა ჰქონდეს სისტემას, განსაზღვრავს იმას, თუ ჯერ როგორი ცოდნის შეძენა უნდა მოხდეს, და მერე, როგორ უნდა იქნეს იგი ორგანიზებული გამოყენებისთვის [1]. შეიძლება გამოყენებული იქნეს ცოდნის წარმოდგენის და ორგანიზების სხვადასხვა მეთოდები, როგორებიცაა: 1) წესებზე დაფუძნებული მეთოდები; 2) ობიექტზე ორიენტირებული მეთოდები; 3) პროდუცირების მეთოდები; 4) დაშვებაზე ორიენტირებული მეთოდები; 5) ფრეიმებზე დაფუძნებული მეთოდები და სხვა.

ქართული ენის ლინგვისტური ცოდნის ბაზის ექსპერტულ სისტემაში ჩვენ გამოვიყენებთ ობიექტებზე ორიენტირებული ფრეიმების და პროდუცირების კომბინირებულ მეთოდებს.

ფრეიმი

მარვინ მინსკის მიხედვით, ცოდნის ფრეიმული წარმოდგენა [2] - ეს არის მონაცემთა სტრუქტურის საშუალებით წარმოდგენილი ცოდნა, რომელსაც ასევე გააჩნია დასკვნის გამოტანის უნარი. იგი შესაფერისია ცნებებისა და კლასიფიკაციის წარმოსაჩენად და ასევე ტაქსონომიის იერარქიის წარმოდგენისთვის [3] [4]. ფრეიმი მოიცავს ფრეიმის სახელს, სლოტებს ანუ ფრეიმის ატრიბუტებს და ფასეტებს, რომლებიც გამოიყენება სლოტის მნიშვნელობებისა და შესაბამისი ოპერაციების გასაკონტროლებლად [5]. ფასეტი განსაზღვრავს სლოტის საწყის მნიშვნელობას, მონაცემების ტიპს, შესაძლო მნიშვნელობების დიაპაზონს, შემდგომ მოქმედებას, შემოწმების წესებს, სამუშაო სქემის ოპერაციებს და წარმოქმნის წესებს [6]. ფრეიმები შეიძლება დაიყოს კლასის ფრეიმებად და იგივე კლასის ეგზემპლარის ფრეიმებად.

კლასის ფრეიმები გამოიყენება ობიექტების ჯგუფის ან ობიექტების კლასის აღსაწერად. ეს უკანასკნელიც ასევე შეიძლება დაიყოს კლასებად. ამრიგად, კლასის ფრეიმს აქვს შთამომავლობითი იერარქია და წინაპრებისა და მემკვიდრეების საერთო სლოტი. წინაპრის ფრეიმიდან სლოტი შეიძლება გადაეცეს მის მემკვიდრეებს. შემთხვევის ფრეიმი, მეორეს მხრივ, აღწერს კონკრეტულ ობიექტურ შემთხვევებს. ის ტაქსონომიური ხის ფოთოლია და არ ჰყავს მემკვიდრეები [4] [5] [6] [7] [8].

მეორე მხრივ, ჩვენ შეგვიძლია გამოვიყენოთ ობიექტ-ორიენტირებული მონაცემთა ბაზები, სადაც ყოველი ობიექტი მისი შექმნის დროს ღებულობს სისტემის მიერ გენერირებულ უნიკალურ იდენტიფიკატორს, რომელიც კავშირშია ამ ობიექტთან მისი მთელი არსებობის პერიოდში და არ იცვლება ობიექტის მდგომარეობის შეცვლისას. ყოველ ობიექტს აქვს მდგომარეობა (ატრიბუტების მნიშვნელობათა ერთობლიობა) და ახასიათებს ქცევა - მეთოდების ერთობლიობა, რომლითაც იგი ოპერირებს ობიექტის მდგომარეობაზე.

კავშირი ექსპერტულ სისტემასა და რელატიურ მონაცემთა ბაზებს შორის (ობიექტურ-რელატიური მონაცემთა ბაზები)

ექსპერტულ სისტემასა და რელატიურ მონაცემთა ბაზების სისტემას შორის კავშირი აფართოებს უფრო დიდ მონაცემთა ბაზებზე წვდომის შესაძლებლობას [9]. არსებობს (ობიექტურ-რელატიური მონაცემთა ბაზების რამდენიმე სისტემა, ესენია Perk მონაცემთა ბაზა [10], EcoCyc [9], PARKA-DB [11] და სოფია [12]. ყველა მათგანი იყენებს რელატიურ მონაცემთა ბაზებს ფაქტების ჩასაწერად. Perk მონაცემთა ბაზა უკავშირდება მონაცემთა ბაზას OKBC ოპერაციების გამოყენებით [10] და მონაცემთა ბაზის პროცედურა-ფრეიმების საშუალებით ჩატვირთავს გადაწყვეტილებების ფრეიმებს მთავარ მეხსიერებაში დასკვნების დასაგენერირებლად. მისი გვიანდელი ვერსიები იყენებენ ობიექტების წარმოდგენებს და ინდექსებს საჭირო ფრეიმების მიმთითებულობისათვის. EcoCyc სისტემა და PARKA-DB ინახავს ფრეიმებს მონაცემთა ბაზაში და საჭიროების შემთხვევაში იტვირთება მათ ძირითად მეხსიერებაში. სოფია ასევე ინახავს ფრეიმებს მონაცემთა ბაზაში და იყენებს SQL მოთხოვნას ფრეიმების ჩასატვირთად. არცერთ მათგანს არ აქვს გადაწყვეტილების მიღების/დასკვნის უნარი მონაცემთა ბაზების რეორგანიზაციისთვის. მხოლოდ რამდენიმე კავშირი თუ გადაეცემა ექსპერტულ სისტემას.

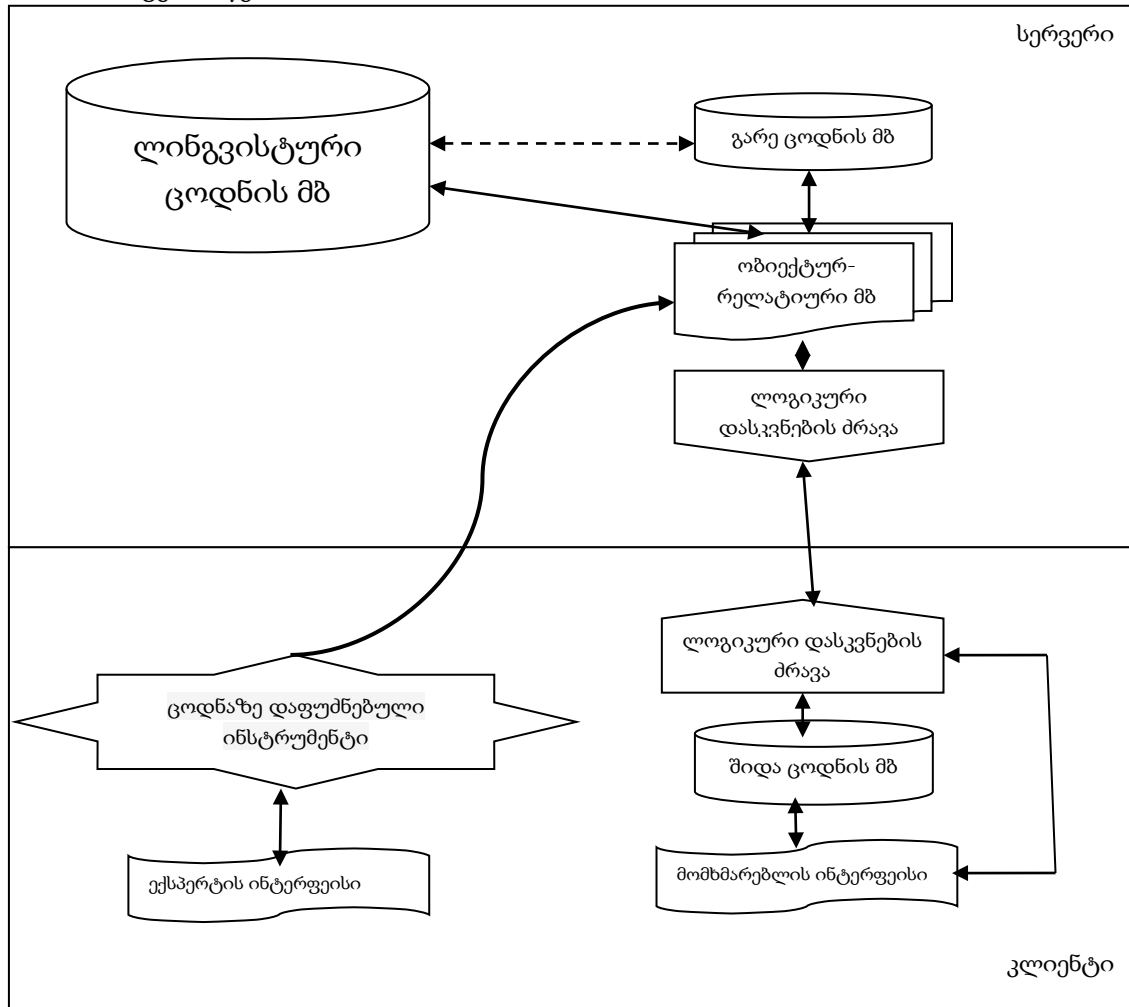
შემდეგ ნაწილში ჩვენ განვიხილავთ არქიტექტურას, რომელიც იყენებს დასკვნის ძრავას მონაცემთა ბაზების მხრიდან. ფრეიმები ინახება ობიექტურ-რელატიურ მონაცემთა ბაზაში. ექსპერტულ სისტემას შეუძლია მოითხოვოს ახლად შედგენილი ფაქტები, რომელთა მოპოვებაც შესაძლებელია მონაცემთა ბაზის მხრიდან მიღებული დასკვნის შედეგად. ვინაიდან მონაცემთა ბაზის მხარეს აქვს ფრეიმული წარმოდგენა და გააჩნია დასკვნის უნარი, ამიტომ ჩვენ მას გარე ცოდნის ბაზას ვუწოდებთ.

სისტემის არქიტექტურა

სურათი 1 გვიჩვენებს ობიექტურ-რელატიური მონაცემთა ბაზების არქიტექტურას. ამ არქიტექტურის სიახლეა ის, რომ მას აქვს დასკვნის ძრავა გარე ცოდნის ბაზის მხარეს (სერვერის მხარე). ფრეიმები არიან როგორც სერვერის, ასევე ექსპერტული სისტემის (კლიენტის) მხარეს.

ფრეიმებში კლიენტის მხრიდან შედის როგორც მომხმარებლთან ურთიერთქმედება, ასევე ფაქტების მოპოვება. ამ (შიდა) მხარის დასკვნამ შეიძლება გამოიწვიოს გარე ცოდნის სერვერზე არსებულ ფაქტებზე მითითება, რომელიც შეიძლება დაეასკვნათ სერვერის სხვა ფრეიმებიდან. კლიენტის საექსპერტო სისტემის მხარე მოიცავს მომხმარებლის ინტერფეისებს როგორც ექსპერტისთვის, ასევე მომხმარებლისთვის, ფრეიმზე დაფუძნებული შიდა ცოდნის ბაზას, ცოდნის ბაზის შენარჩუნების ინსტრუმენტს და კლიენტის დასკვნის ძრავას. გარე ცოდნის სერვერი მოიცავს დასკვნის ძრავას, ობიექტთან ურთიერთობის ობიექტურ-რელატიურ

მონაცემთა ბაზას, გარე ფრეიმზე დაფუძნებულ ცოდნის ბაზას და სხვა მონაცემთა ბაზებს, რომლებიც ეკუთვნის სხვა საინფორმაციო სისტემებს. ეს სისტემები გარე ცოდნის ბაზის მონაცემთა წყაროა.



სურათი 1.

განასხვავებენ ცოდნის ბაზაში შენახულ ფრეიმებს, ანუ პროტოტიპებს და ნიმუშების ფრეიმებს. ფრეიმის მოდელი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ობიექტებისა და ცნებების ფრეიმ-სტრუქტურების (მორფოლოგია, სინტაქსი, სემანტიკა,...), როლების ფრეიმების (ტექსტი, სიტყვაფორმა,...), სცენარის ფრეიმების (სინთეზი, ანალიზი, სიტყვაწარმოება,...), სიტუაციის ფრეიმების (ტექსტური კორპუსის ანალიზის რეჟიმი, ამოსავალი სიტყვიდან პარადიგმის გენერაციის რეჟიმი,...) და ა.შ. სახით.

ტრადიციულად, ფრეიმის სტრუქტურა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც თვისებების ჩამონათვალი:

(ფრეიმის სახელი:

(პირველი სლოტის სახელი: პირველი სლოტის მნიშვნელობა),

(მეორე სლოტის სახელი: მე-2 სლოტის მნიშვნელობა),

(მე-N სლოტის სახელი: მე-N სლოტის მნიშვნელობა)).

იგივე შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ცხრილის სახით:

ცხრილში დამატებითი სვეტები გამიზნულია იმის აღსაწერად, თუ როგორ იღებს სლოტი თავის მნიშვნელობას და სპეციალური პროცედურების ამა თუ იმ სლოტზე შესაძლო მიმავრება, რაც დასაშვებია ფრეიმების თეორიაში. სლოტის მნიშვნელობა შეიძლება იყოს სხვა ფრეიმის სახელი. ასე იქმნება ფრეიმების ქსელები.

ფრეიმის სახელი			
სლოტის სახელი	სლოტის მნიშვნელობა	მნიშვნელობის მოპოვების მეთოდი	მიერთებული პროცედურა

ცხრილი 1. ფრეიმის სტრუქტურა

არსებობს რამდენიმე გზა, როდესაც სლოტს შეუძლია მიიღოს მნიშვნელობები ნიმუშის ფრეიმში:

- სტანდარტულად ნიმუშის ფრეიმიდან (ნაგულისხმევი მნიშვნელობა);
- ACO სლოტში მითითებული ფრეიმიდან თვისებების მემკვიდრეობით გადაცემის გზით;

- სლოტში მითითებული ფორმულის შესაბამისად;
- თანდართული პროცედურის საშუალებით;
- პირდაპირ მომხმარებელთან დიალოგით;
- ცოდნის მონაცემთა ბაზიდან.

ფაქტები, რომელთა მიღება შესაძლებელია გარე წყაროდან, წინასწარ განსაზღვრულია ექსპერტის მიერ. მაგალითად, მორფოლოგიაში, პარადიგმის ჩანაწერები ლინგვისტური ბაზის სისტემებში საჭიროა ლინგვისტი ექსპერტის კონსულტაციისთვის. თუ საჭირო ჩანაწერები არ არის ხელმისაწვდომი, მაშინ ექსპერტული სისტემა ექსპერტისგან ინტერაქტიულად იძენს ცოდნას. ფრეიმები, რომლებიც ურთიერთქმედებენ გარე მონაცემთა ბაზებთან, არიან ნიმუშების ფრეიმები. მათი შესაბამისი კლასის ფრეიმებს თან ერთვის პროცედურები ფასეტებში. ნიმუშების ფრეიმები ფაქტობრივად მემკვიდრეობით იღებენ მათ ამ პროცედურებიდან.

დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილია ფრეიმებზე დაფუძნებული ექსპერტული სისტემის არქიტექტურა, რომელსაც აქვს დასკვნის ძრავა როგორც კლიენტის, ასევე ლინგვისტური ცოდნის ბაზის მხრიდან. კლიენტის მხრიდან გაკეთებული დასკვნები ძირითადად არის მომხმარებლის ინტერვიუები და ფაქტების ინტერაქტიული შეგროვება. დასკვნები ცოდნის ბაზაზე ხდება მონაცემთა ბაზებში ჩაწერილი უკვე ცნობილი ფაქტების საფუძველზე. ფრეიმები რეალიზებული იქნება ობიექტ-რელატიური მონაცემთა ბაზის ტექნოლოგიის გამოყენებით.

Linguistic Knowledge Base for Georgian Language

Liana Lortkipanidze

Summary

The world increasingly communicates with computers by writing or speaking in natural language, which is one of the essential components in automatic information technology systems. Automatic processing of natural language is necessary for these systems. Therefore, the state should promote the development of language technologies as much as possible.

A linguistic knowledge database is a special database structure that serves to store and effectively use the initial, intermediate and final information about natural language objects and their relationships.

The article describes the development of the Georgian language linguistic knowledge base through an expert system.

База лингвистических знаний по грузинскому языку

Лиана Лорткипанидзе

Резюме

Мир все чаще общается с компьютерами с помощью письма или разговора на естественном языке, который является одним из важнейших компонентов автоматических систем информационных технологий. Для этих систем необходима автоматическая обработка естественного языка. Поэтому государство должно максимально способствовать развитию языковых технологий.

База данных лингвистических знаний - это специальная структура базы данных, которая служит для хранения и эффективного использования начальной, промежуточной и конечной информации об объектах естественного языка и их взаимосвязях.

В статье описано развитие лингвистической базы знаний грузинского языка с помощью экспертной системы.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Buchanan, B. G., Barstow, D., Bechtel, R., Bennett, J., Clancey, W., Kulikowski, C., Mitchell, T., and Waterman, D. A. "Constructing an Expert System." In Building Expert Systems, Frederick Hayes-Roth, D. A. Waterman and D. B. Lenat (eds.), Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1983, pp. 127--167;
2. Marvin Minsky, A Framework for Representing Knowledge, Reprinted in The Psychology of Computer Vision, P. Winston (Ed.), McGrawHill, 1975.
3. Negnevitsky, M., Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems, Addison Wesley, Harlow, England, 2002.
4. Richard Fikes and Tom Kehler, The Role of frame-based representation in reasoning, Communications of the ACM, 28(9), 1985
5. Natalya F. Noy, Mark A. Musen, Jose L.V. Mejino, Cornelius Rosses, Pushing the Envelope : Challenges in a Frame-Based Representation of Human Anatomy, Data&Knowledge Engineering, Volume 48 Issue 3 (ACM), March 2004
6. Durkin J., Expert Systems : Design and Development, Macmillan Inc., 1994. Benjamin Kuipers, Algernon for expert system,
7. Draft document in Computer Science Department University of Texas at Austin, 18 January 1994.
8. Kamran Parsaye, Expert systems for experts, John Wiley & Sons, Inc., 1988.
9. P.D. Karp et al., The EcoCyc Database, Nucleic Acids Research, 2002, Vol. 30, No. 1 56-58, Oxford University Press.
10. Gang Luo and Vinay K. Chaudhri, Implementing OKBC Knowledge Model Using Object Relational Capabilities of Oracle 8, Technical Report.
11. M.P. Evett, J.A. Hendler, and L. Spector, Parallel Knowledge Representation on the Connection Machine, Journal of Parallel and Distributed Computing, 22:168-184, 1994
12. Neil F. Abernethy, Russ B. Altman., Sophia : Providing Basic Knowledge Service with A Common DBMS, Proceedings of the 5th KRDB Workshop, 1998.

დერივაციული ლექსიკური ფუნქციების შესახებ

ნინო ჯავაშვილი

ninojavashvili@yahoo.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დერივაციულ ლექსიკურ ფუნქციათა ჯგუფი. ზოგადად, ლექსიკური ფუნქციები განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონისთვის დამახასიათებელი ერთ-ერთი ძირითადი ზონაა. ფუნქციათა ეს ჯგუფი ბუნებრივი ენის დერივაციულ მნიშვნელობებს შეესაბამება, ისინი არიან L ამოსავალი სალექსიკონო ერთეულისგან ნაწარმოები სახელები, L-ის დერივატები.

დერივაციულ ჯგუფში გაერთიანებული ფუნქციები სტატიაში დახასიათებულია ცალ-ცალკე. მოცემულია თითოეული ფუნქციის განმარტება მაგალითებთან ერთად. განხილულია სიტყვაწარმოების რამდენიმე შემთხვევა, რომლის შესაბამისი ფუნქცია არ არის გათვალისწინებული ქართულ განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში და სასურველია მისი დამატება.

საკვანძო სიტყვები:

ლექსიკური ფუნქციები, სიტყვაწარმოება/დერივაცია, განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი

ლექსიკური ფუნქციები განმარტებით-კომბინატორული ტიპის ლექსიკონების ერთ-ერთი ძირითადი და აუცილებელი კომპონენტია. ლექსიკური ფუნქციების კონცეფცია შემუშავდა ო. ჟოლკოვსკის და ი. მელჩუკის მიერ 1964-65 წლებში, 1984 წელს კი წიგნად გამოიცა [1].

ლექსიკური ფუნქციის სწორად განსაზღვრა ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგანაც განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი ემსახურება კონკრეტული ენის სრულ აღწერას. სხვა ლექსიკონებისაგან განსხვავებით, კომბინატორული ლექსიკონი უნდა მოიცავდეს ამომწურავ ინფორმაციას არა მხოლოდ სალექსიკონო ერთეულის, არამედ სხვა სიტყვებთან მისი სემანტიკური და კომბინატორული მიმართებების შესახებაც.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტში დიდი ხანია მუშავდება ლექსიკური ფუნქციები, მიმდინარეობს სამუშაოები ქართული ენის განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის შესაქმნელად. განხორციელებულია მსგავსი პროექტები: „ქართული ენის ონლაინ კომბინატორული ლექსიკონის შემუშავება“ (2018-2020) და შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული – „ავტომატური განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი როგორც ქართული ენის მოდელირების საფუძველი“ (2009-2011) № A-36-09. დაიხვეწა და „ქართულისთვის მორგებული“ გახდა ლექსიკური ფუნქციების ნაწილი, დაემატა სხვა ახალი ფუნქციები [2], აღიწერა რამდენიმე ათეული სალექსიკონო ერთეული (გამოქვეყნებულია ინსტიტუტის შრომათა კრებულებში [3]). შესაბამისად, დაგროვდა დიდი გამოცდილება და ამჟამად გამოსაცემად მზადდება ქართული ენის განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის წიგნური ვერსია.

სტატიაში განხილულია სიტყვაწარმოებასთან დაკავშირებული ლექსიკურ ფუნქციათა ჯგუფი, ანუ ე.წ. დერივაციული ფუნქციები. ფუნქციათა ეს ჯგუფი ბუნებრივი ენების დერივაციულ მნიშვნელობებს შეესაბამება, ისინი არიან L ამოსავალი ლექსემისგან ნაწარმოები სახელები, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, L-ის დერივატები (აუცილებელი არ არის ფუნქციის მნიშვნელობებს ყოველთვის ჰქონდეთ რეგულარული

მორფოლოგიური კავშირები L-თან, რადგანაც ხშირად ადგილი აქვს დერივაციულ ფუძემონაცვლეობას, როგორცაა *სიტყვაწარმოება – დერივაციული, ენათმეცნიერება – ლინგვისტური, ქალაქი – ურბანული*, [4]).

რუსული ენის განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში (როგორც ი. მელჩუკი აღნიშნავს) შეტანილია შემდეგი დერივაციული ფუნქციები: S_0 , A_0 , V_0 , Adv_0 , S_i , S_{instr} , S_{med} , S_{mod} , S_{loc} , S_{res} , $Able_i$. ეს ფუნქციები შესულია ქართულ განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონშიც.

პირველი ოთხი ფუნქციის მნიშვნელობები ამოსავალი L ლექსემის სტრუქტურული დერივატებია. მათ იგივე მნიშვნელობა აქვთ, რაც L-ს, მაგრამ გამოიყენება განსხვავებული ტიპის სიღრმისეულ სინტაქსურ კონფიგურაციებში. $(S_0(L))=(L)$, მაგრამ L და $S_0(L)$ სინტაქსურად დამატებით დისტრიბუციაში არიან. მათი განმარტება [1]-ში ასეთია:

S_0 , A_0 , V_0 , Adv_0 – არსებითი სახელი, ზედსართავი სახელი, ზმნა და ზმნიზედა, რომელთაც, შესაბამისად, იგივე მნიშვნელობა აქვთ, რაც L-ს:

- S_0 (გაანალიზება) = ანალიზი
- V_0 (ანალიზი) = გაანალიზება
- A_0 (ქალაქი) = ქალაქური
- Adv_0 ([ვინმეს] მიდევნება) = [ვინმეს] შემდეგ

S_0 , A_0 , V_0 და Adv_0 ფუნქციები გამოიყენება ნებისმიერი შესაბამისი მეტყველების ნაწილით გადმოცემული ლექსიკური ერთეულისთვის, იმ შემთხვევაში, თუ მისი მნიშვნელობა წარმოადგენს ფუნქტორს, ანუ მოვლენის, პროცესის, მიმართების, თვისების და ა.შ. სახელს. ეს ნიშნავს, რომ S_0 გამოიყენება ნებისმიერ ლექსიკურ ერთეულთან, გარდა S-ისა, A_0 – ნებისმიერთან, გარდა A-სი და ა.შ.

თეორიულად შესაძლო სტრუქტურული დერივატების ცხრილი მელჩუკის მიხედვით [4] ასე გამოიყურება:

Der (L) L	S_0	A_0	V_0	Adv_0
S	—	A_0 (პატიოსნება) = პატიოსანი	V_0 (ზიზღი) = ეზიზღება	Adv_0 (სისწრაფე) = სწრაფად
A	S_0 (პატიოსანი) = პატიოსნება	—	V_0 (დაკეცილი) = დაკეცავს	Adv_0 (ფართო) = ფართოდ
V	S_0 (ეზიზღება) = ზიზღი	A_0 (წაიკითხავს) = წაკითხული	—	Adv_0 (ჩქარობს) = ჩქარა
Adv	S_0 (სწრაფად) = სისწრაფე	A_0 (ფართოდ) = ფართო	V_0 (ჩქარა) = ჩქარობს	—

ასეთივე განმარტება აქვთ ამ ფუნქციებს ქართულ ლექსიკონში:

S_0 , A_0 , Adv_0 , V_0 – სინტაქსური დერივატი: სიტყვა, რომელიც შინაარსით თანხვედბა ამოსავალ ერთეულს, მაგრამ ეკუთვნის სხვა მეტყველების ნაწილს. ოთხი ძირითადი მეტყველების ნაწილის შესაბამისად: S_0 – არსებითი სახელი, A_0 – ზედსართავი სახელი, Adv_0 – ზმნიზედა, V_0 – ზმნა:

- S_0 (ქარგავს) = ქარგვა
- A_0 (მოქარგავს) = მოქარგული
- Adv_0 (მოქარგავს) = მოქარგულად
- V_0 (ქარგვა) = ქარგავს

როგორც აღნიშნული იყო, ამ ფუნქციების მნიშვნელობები მხოლოდ სინტაქსური დერივატებია. სიტყვაწარმოებას ბევრი საერთო აქვს სინტაქსთან, მაგრამ, მეორე მხრივ, სიტყვაწარმოებითი პროცესების შედეგად მიღებული სიტყვა ამა თუ იმ მეტყველების

ნაწილს მიეკუთვნება და ამდენად, სიტყვაწარმოება მორფოლოგიის შემადგენელ ნაწილადაც შეგვიძლია განვიხილოთ [5].

ამოსავალი L ლექსემის მორფოლოგიურ დერივატებს, რომლებიც ქართულ ენაში არსებობს, ვერც ერთი ლექსიკური ფუნქცია ვერ იძლევა მცირეოდენი გამონაკლისის გარდა. ეს კი ნიშნავს, რომ ყველა შესაძლო დერივატი ვერ მოხვდება სალექსიკონო ერთეულის სრულ დახასიათებაში. დერივაციულმა ფუნქციებმა უნდა აღწერონ ყველა სიტყვა, რომელიც საკვანძო L სიტყვისგან წარმოიქმნება. არსებული ლექსიკური ფუნქციები კი ამის საშუალებას არ იძლევა. განსაკუთრებით ეს ეხება მორფოლოგიურ დერივატებს.

მაგალითად, არსებითი სახელებისგან *ხატი*, *კაცი* ვერც ერთი ფუნქციის საშუალებით ვერ მივიღებთ შემდეგ დერივატებს:

S_0 (*ხატი*) = *ხატება/ ხატობა/ სახატე/ ნახატარი*

S_0 (*კაცი*) = *კაცობა/ საკაცე/ კაცთაგანი/ საკაცეთი/ კაცუნა/ ზეკაცი*

ან ზედსართავი სახელისგან *დიდი* ვერ მივიღებთ:

A_0 (*დიდი*) = *დიდური/ სადიდო*

(თუმცა, *კაცუნა* და *ზეკაცი* არ დარჩება აღუწერელი მხოლოდ იმის გამო, რომ არსებობს სხვა ლექსიკური ფუნქციები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ასეთ სიტყვაწარმოებას. *კაცუნა* იწარმოება კნინობითი ფორმის აღნიშვნელი ლექსიკური ფუნქციით Dimin და *ზეკაცი* – ფუნქციით Augm. ამ ფუნქციებს ქვემოთ კიდევ შევხებით).

იმისათვის, რომ ასეთი დერივატები ლექსიკური ფუნქციებით აღწერის მიღმა არ დარჩეს, სასურველია ან ახალი ფუნქციის დამატება (აღნიშნული დერივატების მნიშვნელობით), ან ძველი ფუნქციის ახლებური უნივერსალური განმარტების ჩამოყალიბება, რომელსაც ყველა შესაძლო დერივატის აღწერის საშუალება ექნება.

S_i , S_{instr} , S_{med} , S_{mod} , S_{loc} , S_{res} მრავალმნიშვნელოვანი დერივატებია.

ეს ლექსიკური ერთეულები L ლექსემის მნიშვნელობას სხვა ინფორმაციითაც ავსებენ. L-ის სემანტიკური დერივატის მნიშვნელობა თვით L-ის მნიშვნელობასაც შეიცავს: ($DER_{\text{მრავალმნიშვნელოვანი}}(L)$) \supset (L). ჩამოთვლილი ფუნქციები გამოიყენება ნებისმიერი L-ისთვის, რომელიც გამოხატავს ფუნქტორს, ანუ აღნიშნავს სიტუაციას.

ფუნქცია S_i :

ქართული ლექსიკონის მიხედვით, S_i ფუნქციას ასეთი განმარტება აქვს:

S_i ($i=1, 2, 3, 4$) i -ური აქტანტის ტიპური დასახელება. აქტანტები ტექსტში მოცემულია ქვემდებარისა და დამატებების სახით. შესაბამისად/მაგალითად, S_1 – ქვემდებარე, S_2 – პირდაპირი დამატება, S_3 – ირიბი დამატება, S_4 – უბრალო დამატება:

S_1 (*ასწავლის*) = *მასწავლებელი*

S_2 (*ასწავლის*) = *საგანი* [მათემატიკა]

S_3 (*ასწავლის*) = *მოსწავლე*

S_4 (*ასწავლის*) = *სახელმძღვანელო* [(თოფურის) წიგნი]

არსებობს ორი ტიპის S_i [4]. პირველი ტიპის $S_i(L)$ ტექსტში L-ის ნაცვლად გამოიყენება, განსაკუთრებით თუ L ზმნაა. მეორე ტიპის $S_i(L)$ ტექსტში L-თან ერთად გამოიყენება როგორც მისი II სიღმისეული სინტაქსური აქტანტი: $S_i - II \rightarrow L$ და ა.შ.

ფუნქციები: **S_{instr} , S_{med} , S_{mod} , S_{loc} , S_{res}** :

მათი მნიშვნელობები L-ით აღნიშნული სიტუაციის სტანდარტული სახელებია: ინსტრუმენტის, საშუალების, მეთოდის, ლოკაციისა და შედეგის (L, როგორც წესი, ზმნაა ან სახელი). ეს არსებითი სახელები, ჩვეულებრივ, L-ის ნაცვლად გამოიყენება, ან როგორც მისი II სიღმისეული სინტაქსური აქტანტი: $S_i - II \rightarrow L$ და ა.შ.

ქართულად ამ ფუნქციების განმარტება ასეთია:

S_{instr} , S_{med} , S_{mod} , S_{loc} , S_{res} , S_{Attr} – სიტუაციის მეორეხარისხოვანი წევრების, ანუ სირკონსტანტების საზოგადო აღნიშვნა. შესაბამისად, **S_{instr}** – იარაღი/ინსტრუმენტი, **S_{med}** –

მასალა/საშუალება, **S_{mod}** – მეთოდი, **S_{loc}** – ადგილმდებარეობა, **S_{res}** – შედეგი, **S_{Attr}** L-თან ასოცირებული ატრიბუტი.

S_{instr} (ცხოზა)	= ტაფა, ქვაზი, თონე
S_{med} (ცხოზა)	= ფეკილი, საფუარი
S_{mod} (სწავლა)	= ონლაინ სწავლა
S_{loc} (სწავლა)	= სკოლა, უნივერსიტეტი, კოლეჯი
S_{loc} (ცხოზა)	= სათონე, საცხოზი, საკონდიტრო
S_{res} (ცხოზა)	= პური, ლავაში, ნამცხვარი
S_{res} (სწავლა)	= ცოდნა, განათლება
S_{Attr} (ოფიცერი)	= პაგონები
S_{Attr} (ქორწინება)	= გვირგვინი, საქორწინო ბეჭედი
S_{Attr} (მოსწავლე)	= მერხი

ფუნქცია Able:

Able_i განსაზღვრავს L-ის სიღრმისეული სინტაქსური აქტანტის თვისებებს, ზედსართავია და შეუძლია ტექსტში L-ის შეცვლა. ფუნქცია აღნიშნავს L-ის შესაძლო სიღრმისეული i-ური აქტანტის განმსაზღვრელ თვისებას.

Able_i [ლათ. habilis ‘შემძლე, უნარიანი’] – L ამოსავალი ერთეულის შესაბამისი სიღრმისეული სინტაქსური კონსტრუქციის სავარაუდო i-ური აქტანტის ტიპური თვისებები დასახელება მისი პოტენციური როლის მიხედვით:

Able₁ (გაბრაზდება)	= ბრაზიანი
Able₂ (ამხვრევს)	= მხვრევადი
Able₃ (მკურნალობს)	= განკურნებადი

რაც შეეხება ზემოთ ნახსენებ ფუნქციებს – Dimin, Augm. ეს ფუნქციები არსებობს რუსული ენის განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში, მაგრამ ი. მელჩუკის დერივაციული ფუნქციების ჩამონათვალში, რატომღაც არ არის.

Dimin [ლათ. Diminutives ‘დიმინუტივი’] - კნინობითი ფორმა, რომელიც აღნიშნავს საგნის დაპატარავებული სახით წამოდგენას. ხშირ შემთხვევაში იღებს მოფერებით, საალერსო და ხან დამამცირებელ მნიშვნელობებს. იხმარება არსებით სახელებთან.

Dimin (კაცი)	= კაკუნა
Dimin (წიგნი)	= წიგნაკი

Augm [ლათ. Augmentative ‘გამამლიერებელი/აუგმენტური აფიქსი’] ფუნქცია აღნიშნავს ამოსავალი L სიტყვის გადამეტებულ ზომას ან თვისებას. აუგმენტატივი, ძირითადად, აქვთ არსებით სახელებს:

Augm (კაცი)	= ზეკაცი
Augm (ვარსკვლავი)	= მეგავარსკვლავი

უნდა ითქვას, რომ ამ ორი ფუნქციის მნიშვნელობით აღნიშნული სიტყვაწარმოება არც ისე ხშირია ქართულში. Dimin (მისი პირდაპირი მნიშვნელობით) სალიტერატურო ქართულში მაინც და მაინც გავრცელებული არ არის, მიუხედავად მაწარმოებლების არსებობისა [6]. რაც შეეხება ფუნქციას Augm, ის უმეტესად პრეფიქსებით იწარმოება, ქართულში კი ნაკლებად მოიპოვება პრეფიქსული წარმოება. სულ რამდენიმეა საკუთრივ ქართული მაწარმოებელი (ზე-/ზედ-, არა- და სხვ.). ენაში მყარად დამკვიდრებულია უფრო უცხოური წარმომავლობის აფიქსები (ანტი-, დის-, სუპერ-, ექსტრა-, ულტრა-, რე-, და სხვ.). თუმცა, ფუნქციის მნიშვნელობები ნაკლებად რომ იხმარება ქართულში, რასაკვირველია, არაფერს ცვლის. ფუნქციათა მნიშვნელობები ნამდვილად დერივატებია.

ქართული ენის განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის მოდელად ჩვენ გამოვიყენეთ ანალოგიური ტიპის რუსული ლექსიკონი [1] ქართული გრამატიკისა და ენის ბუნების გათვალისწინებით. ეს ეხება დერივაციულ ფუნქციებსაც. როგორც აღინიშნა, არსებული დერივაციული ფუნქციები ვერ უზრუნველყოფს ყველა მორფოლოგიური

დერივატის მიღებას, რის საფუძველზეც ჩნდება ახალი ფუნქციების დამატების მოთხოვნა.

ზემოთ განხილული სინტაქსური დერივატების ფუნქციის სახელებს (S_0 , A_0 , Adv_0 , V_0) განმასხვავებლად წინ შეიძლება დაემატოს რაიმე აღნიშვნა, მაგალითად, MD (Morphological Derivatives). ფუნქციის განმარტებაში კი მიეთითოს: L-ის მორფოლოგიური დერივატი.

MD (S_0 , A_0 , Adv_0 , V_0) – L-ის მორფოლოგიური დერივატი. სიტყვა, რომელიც ამოსავალი ლექსემისგან აფიქსების საშუალებით იწარმოება ოთხი ძირითადი მეტყველების ნაწილის შესაბამისად: MD S_0 – არსებითი სახელი, MD A_0 – ზედსართავი სახელი, MD Adv_0 – ზმნიზედა, MD V_0 – ზმნა:

MD S_0 (დიდი)	= სიდიდე, დიდობა, დიდება
MD A_0 (დიდი)	= დიდური, სადიდო, მედიდური
MD V_0 (დიდი)	= დიდობს

თუ ეს ფუნქციები დაემატება დერივაციულ ფუნქციებს, მაშინ ყველა მორფოლოგიური დერივატის დაფიქსირება იქნება შესაძლებელი.

დერივაციულ ფუნქციათა ჯგუფს უნდა მიეკუთვნოს ზედსართავი სახელების ხარისხის მაწარმოებელი ფუნქციებიც. ცნობილია, რომ ზედსართავი სახელები უფროობით და ოდნაობით სახელებს აწარმოებენ თავ-თავიანთი მაწარმოებლებით: უ- -ეს და მო- -ო. ეს ინფორმაცია კი არც ერთ ფუნქციაში არ არის გათვალისწინებული, რაც ლექსიკონის ხარვეზია. ფუნქციას, მაგალითად, შეიძლება ჰქონდეს ასეთი სახე:

A_{degree} [Adjective degree ‘ზედსართავის ხარისხი’] – L ლექსემის ნიშან-თვისების აღნიშვნა მეტი ან ნაკლები ოდენობით. L ყოველთვის ზედსართავი სახელია.

A_{degree} (დიდი)	= მოდიდო
A_{degree} (მჟავე)	= მომჟავო
A_{degree} (დიდი)	= უდიდესი
A_{degree} (მჟავე)	= უმჟავესი

შეიძლება უფროობითი და ოდნაობითი ხარისხის მინიშნებაც.

სიტყვაწარმოება ენობრივი ცოდნის მნიშვნელოვანი ნაწილია. ენას აქვს ახალი სიტყვების წარმოქმნის უნარი, რაც გულისხმობს ენაში ახალი ლექსიკური ერთეულების წარმოქმნას და ენის ლექსიკის გამდიდრებას. ქართულ ენას ძალიან მდიდარი სიტყვაწარმოება ახასიათებს, რაც სრულად უნდა აისახოს დერივაციულ ლექსიკურ ფუნქციებში.

About the derivational lexical functions

Nino Javashvili

Summary

A group of derivative lexical functions is discussed in the paper. In general, lexical functions are one of the key parts of the explanatory-combinatorial dictionary. The main group of functions corresponds to the derivative meanings of natural language, these are the words derived from the initial lexical unit L, the derivatives of L.

The functions that are combined in the derivation group are described separately. Explanation of each function is given along with examples. Certain cases of derivation are considered in the paper. The corresponding function of the derivation is not provided in the Georgian explanatory-combinatorial dictionary and it is desirable to be added.

О словообразовательных лексических функциях

Нино Джавашвили

Резюме

В статье представлен обзор группы деривационных лексических функций. Лексические функции - одна из основных областей в толково-комбинаторном словаре. Эта группа функций соответствует производным значениям естественного языка, это существительные, производные от начальной лексической единицы L, производной лексемы L, другими словами, дериваты от L. Функции, объединенные в деривационной группе, обсуждаются отдельно с комментариями И. Мельчука. Приведены пояснения и примеры каждой функции. Обсуждается несколько случаев словообразования, соответствующая лексическая функция которых, может быть добавлена в толково-комбинаторный словарь грузинского языка.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Мельчук И. Ф., Жолковский А.К. Толково-Комбинаторный Словарь русского языка, Вена, 1984;
2. ჩიკოიძე გ., ამირეზაშვილი ნ., ლორთქიფანიძე ლ., სამსონაძე ლ., ჩუტკერაშვილი ა., ჯავაშვილი ნ. ლექსიკური ფუნქციები – კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი კომპონენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N19, თბილისი, 2015, გვ. 98-104;
3. https://gtu.ge/msi/Menu/Publications/Collections_works.php;
4. Mel'cuk Igor, Lexical functions in lexicography and natural language processing, Université de Montréal. January 1996.
https://www.researchgate.net/publication/290987024_Lexical_functions_in_lexicography_and_natural_language_processing;
5. ამირეზაშვილი ნ., სამსონაძე ლ., ჯავაშვილი ნ. სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N18, თბილისი, 2014, გვ. 194-203;
6. შანიძე, ა. ქართული ენის გრამატიკის საფუძვლები
<https://archive.org/details/shanidze/page/141/mode/2up>.

ზედსართავი სახელების აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით

ნინო ამირეზაშვილი

ninomaskh@yahoo.com

რეზიუმე

ლექსიკური ფუნქციები, როგორც სიტყვათა შორის ლექსიკური მიმართებების აღწერის ძირითადი საშუალება, განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. ეს ფუნქციები წინადადებაში სიტყვებს შორის ლექსიკური მიმართებების აღწერის საშუალებას იძლევა. ლექსიკური ფუნქციების ზოგადი მნიშვნელობა სალექსიკონო ერთეულში სხვადასხვა სახით და სხვადასხვა მეტყველების ნაწილით გამოიხატება. ლექსიკური ფუნქციები მისი შინაარსის გამომხატველი ლათინური სიტყვების შემოკლებებით აღნიშნება.

სტატიაში ლექსიკური ფუნქციების საშუალებით აღწერილია ზედსართავი სახელები: *თეთრი*, *მაღალი*. ტექსტის ბოლოს მოცემულია გამოყენებული ლექსიკური ფუნქციების განმარტებები.

საკვანძო სიტყვები:

ლექსიკური ფუნქციები, განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონი, სიტყვათა აღწერა

ნებისმიერი ბუნებრივი ენის განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში განსაზღვრულია სალექსიკონო ერთეულის გრამატიკული მონაცემები, მისი სემანტიკა, მისი შეხამება სხვა სიტყვებთან, ნაჩვენებია თუ რა მიმართებაშია იგი სხვა სიტყვებთან ანუ, სიტყვისთვის შესაფერისი ბუნებრივი გარემო. სიტყვის ბუნებრივი გარემოს შექმნა კი ხორციელდება ლექსიკური ფუნქციების მეშვეობით, რომელთაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია განმარტებით-კომბინატორულ ლექსიკონში. ლექსიკური ფუნქციების დადგენამ შესაძლებელი გახადა სალექსიკონო ერთეულთა ზუსტი, მრავალმხრივი განსაზღვრა [1].

თითოეული ლექსიკური ფუნქცია არის ფუნქცია მათემატიკური გაგებით, რომელსაც აქვს თავისი არგუმენტი და მნიშვნელობა.

ფორმალურად, f ლექსიკური ფუნქცია არის ფუნქცია, რომელიც მოცემულ L ლექსიკურ ერთეულს (ფუნქციის არგუმენტი) აკავშირებს $\{Li\}$ ლექსიკური გამონათქვამების ჯგუფთან (ფუნქციის მნიშვნელობა), რომელსაც L -თან საერთო მახასიათებლები აქვს, f ფუნქციასთან დაკავშირებული კონკრეტული მნიშვნელობა:

$$f(L) = \{Li\}.$$

არსებითად, ლექსიკური ფუნქცია არის, უხეშად რომ ვთქვათ, განსაკუთრებული მნიშვნელობა, რომელიც არ არის დამოუკიდებელი (ყველა "ნორმალური" მნიშვნელობისგან განსხვავებით), მაგრამ დამოკიდებულია იმ ლექსიკურ ერთეულზე (LU), რომელსაც ეს მნიშვნელობა ეხება [2].

ლექსიკური ფუნქცია აღნიშნავს ზოგად აზრს, რომელიც სხვადასხვა სახით გამოიხატება სალექსიკონო ერთეულებში. ფუნქციის მნიშვნელობამ შეიძლება აგრეთვე შეასრულოს სიტყვის გარკვეული სემანტიკურ-სინტაქსური როლი (იყოს ქვემდებარე ან დამატება იმის მიხედვით, თუ რომელი აქტანტია მოცემულ სიტუაციაში და ა.შ.). მაგალითად, ლექსიკური ფუნქცია *Magn* (ლათ. *Magnus* 'დიდი') სიტუაციის ან მისი აქტანტის მაღალ ინტენსივობას აღნიშნავს. *Magn* (მალიან) სიტყვასთან *მაზვა* ან *ტემპერატურა* გამოიხატება სიტყვით *მაღალი* (მაღალი ძაბვა), სიტყვასთან *სიმაღლე* – *მნიშვნელოვანი* (მნიშვნელოვანი სიმაღლე), ხოლო *ვიბრაციასთან* იქნება *ინტენსიური* (ინტენსიური ვიბრაცია). არ შეიძლება *მაღალი ვიბრაცია* ან *მალიან ძაბვა*.

სტატიაში წარმოდგენილია ორი ზედსართავი სახელის – *მაღალი, თეთრი* – აღწერა. აღწერისას გამოყენებულია გადამუშავებული და ქართული ენისთვის მორგებული ლექსიკური ფუნქციები [3].

ერთ სალექსიკონო ერთეულში, ვოკაბულაში გაერთიანებულია ერთი და იმავე ფუძის შემცველი სიტყვები:

ომონიმური ვოკაბულები განსხვავდება ინდექსებით. მაგ., **ბალი**¹ (1. საშუალო სიმაღლის ხეხილი ვარდისებრთა ოჯახისა; აქვს მსხვილი დახრილი ფოთოლი, თეთრი ყვავილი და კურკიანი წვრილი ნაყოფი. 2. ამავე ხეხილის ნაყოფი, გრძელყუნწიანი, მომრგვალო, წვნიანი და ტკბილი). **ბალი**² (1. ამა თუ იმ მოვლენის (მაგ.: ქარის ქროლის, ზღვაზე დელვის და მისთ.) ინტენსიურობის ციფრობრივი გამოხატულება. 2. მოწაფეთა ცოდნის შეფასების ნიშანი. 3. ციფრებით აღნიშვნა მოპოვებული წარმატებისა სპორტის ზოგ სახეობაში) და **ბალი**³ (საზეიმო წვეულება (მუსიკით, ცეკვით), მეჯლისი) [4];

რომაული ციფრებით აღინიშნება ლექსემები, რომლებსაც საერთო აქვთ ძირითადი განმარტება, მაგრამ მათ შორის არის აზრობრივი განსხვავება. მაგ., სიმაღლე I ნიშნავს ვერტიკალურ სიმაღლეს, ხოლო სიმაღლე II - ხმის სიმაღლეს [4];

არაბული ციფრებით მითითებულია საკმარისად რეგულარული სემანტიკური კავშირები (რეგულარული მრავალმნიშვნელოვნება): მაგ., ძილი^{I.1} - პირდაპირი გაგებით ძილი, ხოლო ძილი^{I.2} - უმოქმედობა, თითქოს სძინავს. [4].

ლექსიკური ფუნქციების ზოგადი მნიშვნელობა სალექსიკონო ერთეულში სხვადასხვა მეტყველების ნაწილით გამოიხატება. ასევე, ლექსიკური ფუნქციით შეიძლება ნებისმიერი მეტყველების ნაწილის განსაზღვრა. უნდა აღინიშნოს, რომ აღწერას ყველაზე ნაკლებად ზედსართავი სახელი ექვემდებარება. ამიტომ ლექსიკური ფუნქციებიც არც ისე უხვადაა გამოყენებული, როგორც ეს არსებითი სახელების განსაზღვრისას ხდება.

სალექსიკონო ერთეული **თეთრი**

თეთრი I1

- განმარტება : თოვლის, რძის, ბამბის ფერი
- შესიტყვებები : თეთრი ბილეთი (ძვ. რუსეთში სამხედრო სამსახურისაგან განთავისუფლების მოწმობა.)
: (სისხლის) თეთრი ბურთულები ფიზიოლ. ადამიანისა და ცხოველის სისხლის მუდმივი მორფოლოგიური შემადგენელი ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს უფერულ უჯრედებს, – ლეიკოციტები.
: თეთრი გვარდია საერთო სახელწოდება კონტრ-რევოლუციური ძალებისა სამოქალაქო ომში.
: თეთრი ლექსი ლიტ. ურითმო ლექსი
: თეთრი ნახშირი წყლის ენერგია (რომელიც ჰიდრო-ელექტროსადგურებში გარდაიქმნება ელექტროენერგიად
: თეთრი ხორცი ფრინველის (ქათმის, ინდაურის...) ხორცი
: თეთრი ცხელება ლოთების ავადმყოფობა, რომელსაც თან სდევს ბოდვა (სიცხის გარეშე)
: თეთრი ღამეები ჩრდილოეთის ნათელი ღამეები (ზაფხულის დასაწყისში).
: თეთრი კბილი – შავი გული საუბ. იტყვიან იმის შესახებ, ვინც მლიქვნელურად, ფარისევლურად ექცევა ვისმე, თავს მეგობრად, კეთილისმსურველად აჩვენებს და სინამდვილეში კი შავი ზრახვები აქვს.
: თეთრი კენჭი გადატ. (ფარული) კენჭის ყრისას ხმას

	მისცემს ვისიმე სასარგებლოდ.
Anti	: შავი
Gener	: ფერი
Figur	: თოვლივით ქათქათა
A₀	: მოთეთრო, თეთრიანი, თეთრონი
Adv₀	: თეთრად
S₀	: სითეთრე, თეთრეული, მათეთრებელი
V₀	: ათეთრებს, უთეთრებს, ითეთრებს, თეთრედება, უთეთრდება, ათეთრებინებს
Magn	: სპეტაკი, ქათქათა
თეთრი II1	
განმარტება	: ჩვეულებრივ მრავლობითში: თეთრები – თეთრი ტანისამოსი. თეთრები აცვია. – თეთრებში გამოწყობილი კაცი (ქალი).
Anti	: შავები
Gener	: ტანსაცმელი
Figur	: გაქათქათებული
თეთრი II2	
განმარტება	: ჩვეულებრივ მრავლობითში: თეთრები – ღია ფერის ფიგურები, რომლებითაც იწყებენ თამაშს.
Anti	: შავები
S_{instr}	: სათამაშო ფიგურები
S_{loc}	: სათამაშო დაფა, სათამაშო მოედანი
S_{med}	: ხე, პლასტმასი, ლითონი
თეთრი II3	
განმარტება	: ჩვეულებრივ მრავლობითში: თეთრები – თეთრგვარდიელები, კონტრევოლუციონერები [იხმარება საფრანგეთის ბურჟუაზიული რევოლუციის დროიდან, როდესაც ასე უწოდებდნენ ბურბონთა მომხრეებს].
Syn	: თეთრგვარდიელები
Anti	: წითლები, წითელგვარდიელები
Gener	: პოლიტიკური დაჯგუფება
თეთრი III1	
განმარტება	: თეთრი თმა, ჭადარა თმა.
Syn	: ჭადარა
Anti	: შავი, მუქი ფერის
Gener	: თმის ფერი
Figur	: თოვლივით თეთრი
A₀	: გათეთრებული
Adv₀	: თეთრად

S₀	: სითეტრე
V₀	: თეტრდება, უთეტრდება
Incep	: თმაში თეტრის შერევა, შეჭადარავება

თეტრი III2

განმარტება	: თეტრკანიანი ადამიანი
Syn	: თეტრკანიანი
Anti	: შავკანიანი
Gener	: რასა

თეტრი III3

განმარტება	: სუფთად გადაწერილი ტექსტი
Syn	: გადათეტრება
Anti	: შავი
Gener	: გადაწერა (სუფთად და უშეცდომოდ)
A₀	: გადათეტრებული
Adv₀	: თეტრად
V₀	: გადათეტრებს
Instr	: კალამი, ფანქარი, კომპიუტერი

თეტრი III4

განმარტება	: ვერცხლის ფული ან ფული საერთოდ.
Syn	: ხურდა
Gener	: ფულის ერთეული
S₀	: თეტრიანი
S_{loc}	: ჯიბე, საფულე, ქისა, ბანკი

სალექსიკონო ერთეული **მაღალი**

მაღალიI1

განმარტება	: დიდი სიმაღლისა, ქვევიდან ზევიტკენ დიდი ზომისა; მიწის ზედაპირთან შორს მყოფი; ზღვის დონიდან დიდი სიმაღლისა (ადგილი)
შესიტყვებები	: მაღალი დონე : მაღალი საფეხური : მაღალი ხარისხი : მაღალი ხმა (სიტყვა)
Anti	: დაბალი, ტანდაბალი, ტანმორჩილი, ჯუჯა
Gener	: ზომა
A₀	: ამაღლებული, უმაღლესი
Adv₀	: მაღლა, მაღლად, მაღლამაღლა
S₀	: სიმაღლე, მაღლივი, მაღლობი
V₀	: ამაღლებს, იმაღლებს, უმაღლებს, მაღლდება
Magn	: უმაღლესი

AntiMagn : დაგვაჯული

მაღალი I2

განმარტება : წვრილი, წკრიალა (ხმა, ზგერა); ძლიერი, მყვირალა (ხმა).

Syn : დიდი, ძლიერი

Anti : დაბალი, სუსტი, ბოხი

Gener : სიძლიერე (ხმის)

A₀ : უმაღლესი

Adv₀ : ხმამაღლა

S₀ : სიმაღლე

V₀ : იმაღლებს

Magn : მჭექარე, როხროხა, გამყივანი

მაღალი I3

განმარტება : დიდი, დიდ ციფრებით გამოხატული; ნორმალურზე მეტი

შესიტყვება : მაღალი ძაბვა/ წნევა/ ტემპერატურა

Syn : დიდი, ძლიერი

Anti : დაბალი, სუსტი

მაღალი III1

განმარტება : საპატიო, სასახელო, პატივსაცემი. მაღალი ჯილდო. ღირსეული, დიადი, აღმატებული;

Syn : თეთრგვარდიელები

Anti : წითლები, წითელგვარდიელები

Gener : პოლიტიკური დაჯგუფება

მაღალი II2

განმარტება : ძალიან კარგი. განვითარების, წარმატების კარგი მდგომარეობა

შესიტყვება : მაღალი დონე/ საფეხური/ მდგომარეობა/ კლასი

Syn : მაღალხარისხოვანი

Anti : უვარგისი

Gener : შეფასება

A₀ : ამაღლებული, ასამაღლებელი, უმაღლესი

Adv₀ : მაღლა

S₀ : სიმაღლე

V₀ : ამაღლებს, იმაღლებს. მაღლდება

სალექსიკონო ერთეულის განმარტებები და შესიტყვებები მოცემულია ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონის [5] მიხედვით.

გამოყენებული ლექსიკური ფუნქციების განმარტებები:

Syn [ლათ. Synonymum 'სინონიმი'] სიტყვა ან ფრაზა, რომელიც შინაარსით ემთხვევა ამოსავალ სიტყვას და მიეკუთვნება იმავე მეტყველების ნაწილს. ფუნქციით შეიძლება აღიწეროს თითქმის ყველა მეტყველების ნაწილი. *ძლიერი-ღონიერი*.

Anti [ლათ. Antonymum 'ანტონიმი'] სიტყვა ან ფრაზა, რომელიც აღნიშნავს L ამოსავალი სიტყვის საპირისპირო მნიშვნელობას. *ლამაზი-უშნო, გონჯი*.

Gener [ლათ. Genus 'გვარსახეობა'] უახლოესი ზოგადი კლასი/გვარი/სახეობა, რომელსაც ამოსავალი L ერთეული მიეკუთვნება. ფუნქცია შეიძლება ჰქონდეს თითქმის ყველა მეტყველების ნაწილს: *წვიმა-ატმოსფერული ნალექი*

Figur [ლათ. Figuraliter 'ფიგურალური'] სტანდარტული მეტაფორა L ამოსავალი ფორმისთვის: *გული-ოქროს გული*.

So, Ao, Advo, Vo – სინტაქსური დერივატი: სიტყვა, რომელიც შინაარსით თანხედება L ამოსავალ ერთეულს, მაგრამ ეკუთვნის სხვა მეტყველების ნაწილს. ოთხი ძირითადი მეტყველების ნაწილის შესაბამისად: So – არსებითი სახელი, Ao – ზედსართავი სახელი, Advo – ზმნიზედა, Vo – ზმნა:

- So** (ქარგავს) = ქარგვა
- Ao** (მოქარგავს) = მოქარგული
- Advo** (მოქარგავს) = მოქარგულად
- Vo** (ქარგავს) = ქარგავს

Magn და **Magn1** [ლათ. Magnus 'დიდი, მსხვილი, მნიშვნელოვანი' – ნიშნავს 'მაღიან', 'მაღალი ხარისხით', 'ინტენსიურად'] – L ამოსავალი ერთეულის შესაბამისი სიღრმისეული სინტაქსური კონსტრუქციის სავარაუდო i-ური აქტანტის მაღალი ინტენსივობა:

- Magn** (ჩხრეკა) = გულდასმით
- Magn** (ყვირილი) = ხმამაღალი
- Magn1** (ყვირის) = ხმამაღლა

Sinstr, Smed, Smod, Sloc, Sres, SAttr – სიტუაციის მეორეხარისხოვანი წევრების, ანუ სირკონსტანტების საზოგადო აღნიშვნა. შესაბამისად, **Sinstr**–იარაღი/ინსტრუმენტი, **Smed**–მასალა/საშუალება, **Smod**–მეთოდი, **Sloc**–ადგილმდებარეობა, **Sres**– შედეგი, **SAttr** L-თან ასოცირებული ატრიბუტი.

- Sinstr** (ცხოზა) = ტაფა, ქვაბი, თონე
- Smed** (ცხოზა) = ფქვილი, საფუარი
- Sloc** (ცხოზა) = სათონე, საცხოზი
- Sres** (ცხოზა) = პური, ლავაში, ნამცხვარი, საკონდიტრო ნაწარმი
- Smod** (სწავლა) = ონლაინ სწავლა
- SAttr** (ოფიცერი) = პაგონები
- SAttr** (მოსწავლე) = მერხი

Incep [ლათ. incipere 'დაწყება'] - L ლექსემასთან დაკავშირებული მოქმედების დასაწყისი.

- Incep**(ბრძოლა) = დაწყება [ბრძოლის]
- IncepPred**(უხეში) = გაუხეშება
- IncepOperi**(იმედი) = ჩასახვა [იმედის]

Instr [ლათ. instrumentum 'ინსტრუმენტი'] თანდებულისიან ფორმა, რომლის მნიშვნელობაა „L-ის საშუალებით“. ფუნქცია L-ის ინსტრუმენტად გამოიყენება და აქვთ სახელებს:

- Instr** (ცეცხლი) = ცეცხლზე [ცეცხლის საშუალებით შეწვა, შეტრუსვა და სხვ.]
- Instr** (ექსპერიმენტი) = ექსპერიმენტით
- Instr** (ფანქარი) = ფანქრით

Description of adjectives with lexical functions

Nino Amirezashvili

Summary

Lexical functions, as the main means of describing lexical relations between words, are one of the main components of the explanatory-combinatorial dictionary. These functions allow the description of lexical relations between words in a sentence. The general meaning of lexical functions is expressed in the lexical unit in different ways and with different parts of speech. Lexical functions are denoted by abbreviations of Latin words expressing its content.

The article describes adjectives: *white* and *high* with lexical functions. Definitions of the lexical functions used in the article are given at the end of the text.

Описание прилагательных с помощью лексических функций

Нино Амirezашвили

Резюме

Лексические функции, как основное средство описания лексических отношений между словами, являются одним из основных компонентов толково-комбинаторного словаря. Эти функции позволяют описывать лексические отношения между словами в предложении. Общее значение лексических функций выражается в лексической единице по-разному и разными частями речи. Лексические функции обозначаются сокращениями латинских слов, выражающих их содержание.

В статье описаны прилагательные: *белый* и *высокий* с помощью лексических функций. Определения лексических функций, используемых в статье, приведены в конце текста.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Мельчук И. Ф., Жолковский А.К. Толково-Комбинаторный Словарь русского языка, Вена, 1984.
2. Igor Mel'cuk, I. Lexical functions in lexicography and natural language processing https://www.researchgate.net/publication/290987024_Lexical_functions_in_lexicography_and_natural_language_processing
3. ამირეზაშვილი ნ., ლორთქიფანიძე ლ., სამსონაძე ლ., ჩუტკერაშვილი ა., ჯავაშვილი ნ. ლექსიკური ფუნქციები - კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი კომპონენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N 19, თბილისი, 2015. გვ. 98-103.
4. ამირეზაშვილი ნ., სიტყვების ლექსიკური ფუნქციებით აღწერის ნიმუშები ქართულში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N 24, თბილისი, 2020. გვ. 105-110.
5. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი <http://ena.ge/explanatory-online>.

სიტყვა „გულის“ ლექსიკური გარემოს აღწერა

ლიანა სამსონაძე

liasams@yahoo.com

რეზიუმე

ლექსიკური ფუნქციებით შესაძლებელი ხდება არა მხოლოდ სიტყვების, არამედ მრავალი სიტყვათშეთანხმების, კოლოკაციებისა და იდიომების ასახვა. ყოველივე ეს საფუძველია იმისა, რომ განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის ლექსიკური ფუნქციებით გამდიდრებით, ვიღებთ ქართული ლექსიკის გლობალურ აღწერას. ნაშრომში ლექსიკური ფუნქციების მეშვეობით ნაჩვენებია სიტყვა „გულის“, როგორც ანატომიური ორგანოს და „გულის“, როგორც გრძნობის ორგანოს ლექსიკური გარემოს აღწერა.

მოყვანილია რამდენიმე დერივატი და იდიომატური გამონათქვამი შესაბამისი განმარტებებით.

საკვანძო სიტყვები:

ლექსიკური ფუნქციები, დერივატი, იდიომა

ლექსიკური ფუნქციებით გამოსახული სიტყვა ნიშნავს, რომ იგი აზრობრივი ურთიერთობების კლასის წევრი ხდება. ლექსიკური ფუნქციებით იქმნება პოტენციური აუცილებლობა ერთი სიტყვის კავშირისა სხვა სიტყვებთან მიმართებაში. ყოველივე ეს საფუძველია იმისა, რომ სიტყვა ადამიანის გააზრებული ქმედებების საფუძველს იძლევა. ლექსიკური ფუნქციების აპარატი [1] გვთავაზობს იმ სემანტიკურ სპექტრს, რომელიც უკავშირდება ცალკეულ ლექსიკურ ერთეულებს, კერძოდ, მათ ინდივიდუალურ სინონიმებს, კონვერსივებს, ანტონიმებს, დერივატებს. ეს სისტემა მოიცავს აგრეთვე წევრებს, რომლებიც გამოხატავენ მოცემული ლექსიკური ერთეულის ზედსართავებზე ორიენტირების ნიმუშებს; მოიცავს ფუნქციებს, რომლებიც ასახავენ პროცესებისა და მათი ამსახველი ზმნების თავისებურებებს და ა.შ. [2]

ლექსიკური ფუნქციებით შესაძლებელი ხდება არა მხოლოდ სიტყვების, არამედ მრავალი სიტყვათშეთანხმების, კოლოკაციებისა და იდიომების ასახვა. ყოველივე ეს საფუძველია იმისა, რომ განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის ლექსიკური ფუნქციებით გამდიდრებით, ვიღებთ ქართული ლექსიკის გლობალურ აღწერას.

რუსული განმარტებით-კომბინატორული ლექსიკონის [3] მიხედვით, შევეცადეთ ლექსიკური ფუნქციებით აგვეწერა სიტყვა „გულის“ სხვადასხვა მნიშვნელობით ხმარების მაგალითები, თუმცა, რუსული და ქართული ლექსიკის განსხვავებულობის გამო, დაგვჭირდა ზოგიერთი ფუნქციის ქართულ ენასთან შესაბამისობაში მოყვანა.

ერთი და იგივე ლექსიკური ფუნქცია სხვადასხვა მნიშვნელობას იღებს გულის, როგორც ანატომიური ორგანოსა და გულის, როგორც გრძნობის ორგანოს აღწერის დროს. მაგალითად:

გული, როგორც ანატომიური ორგანო:

Bon (გული) : ძალიან კარგი, შესანიშნავი, ჯანმრთელი, ძლიერი

AntiBon (გული) : ცუდი, სუსტი, ავადმყოფი

გული, როგორც გრძნობის ორგანო:

Bon (გული) : კეთილი, გაბედული, მგრძობიარე, ოქროს, მგზნებარე, ...

AntiBon (გული) : მრისხანე, ბოროტი, ქვის, ცივი, უგრძობი...

გულის, როგორც შინაგანი ორგანოს ლექსიკური ფუნქციებით აღწერისას შემოვიფარგლეთ გულის ძველასთან დაკავშირებული რამდენიმე სიმპტომის პოპულარულ ენაზე ასახვით, ხოლო სამედიცინო ტერმინოლოგიის გამოყენებაზე თავი შევიკავეთ.

გულის, როგორც გრძობის ორგანოს აღწერისას, ზოგი ფუნქციის შესაბამისად, გავიხსენეთ ხალხში გავრცელებული იდიომები[4].

გული, როგორც ანატომიური ორგანო

გული - ღრუ კუნთოვანი ორგანო, რომელიც რიტმული შეკუმშვების შედეგად ამოდრავებს სისხლს. ადამიანს გული აქვს გულმკერდის მარცხენა მხარეს [5].

L-ით აღნიშნულია ლექსემა „გული“, ხოლო სუბიექტი – S-ით.

Gener (L) :ცენტრალური შინაგანი ორგანო

Gener (L)^{დაავადება} : გულ-სისხლძარღვთა დაავადებები
Gener [ლათ. Genus‘გვარსახეობა’] ლექსიკური ერთეულის ზოგადი კლასის/ გვარის/ სახეობის დასახელება,

Der (L) : საგულე (წამალი)
Der A₀ დერივატი - ატრიბუტი

Ver (L) : ნორმალური, ჯანმრთელი

AntiVer (L) : ცუდი, სუსტი, ავადმყოფი
Ver [ლათ. Verus ‘ჭეშმარიტი’] – ატრიბუტი, რომელიც შეესაბამება ლექსემის სტანდარტულ მოთხოვნებს/ დანიშნულებას.

Bon(L)^{მუშაობა} :მუშაობს კარგად; მუშაობს როგორც ძრავა

AntiBon(L)^{მუშაობა}: მუშაობს შეფერხებით
Bon (ლათ. Bonus ‘კარგი’) – ატრიბუტი, რომელიც ლექსემას დადებითად ახასიათებს.

Loc_m(L) : გულში
Loc [ლათ. Locus ‘ადგილი, ლოკაცია’]

Oper₁(L) : [S] ჯანსაღი გულის პატრონია
Oper- ზმნა, რომელიც S-ს აკავშირებს სიტუაციის დასახელებასთან.

Func₁(L) : [S-ს] აქვს ჯანმრთელი გული; ან [S-ს] აქვს ავადმყოფი გული
Func (ლათ. Function ‘შესრულება’) (ფუნქცია დამოკიდებულია წინასწარ მინიშნებაზე)

Facto (L) : გულის ნორმალური ძვერა
Fact გულისხმობს L-ით აღნიშნული მოთხოვნის რეალიზაციას. ეს მოთხოვნები გულის ძვერასთან დაკავშირებით სხვადასხვაა : ძალიან ძლიერი ძვერა, ხმურიანი ძვერა, ხმაურიანი დარტყმები; სუსტი ძვერა, სუსტი დარტყმები;

AntiFacto (L) : აჩქარებული ძვერა

AntiFacto (L)^(აქტუალ.) :გულის შეტევა

Fact₁(L) :[S-ის] გული კარგად მუშაობს

AntiFact₁ (L) :[S-ს] გული აწუხებს

FinFact₁ (L) :[S-ს] გული უჩერდება

Degrad (L) :[S-ის] გულის ფუნქციის მოშლა, გაუარესება
Degrad [ლათ.degradatio – ‘გაუარესება, დეგრადირება’]

CausFacto (L) : [S-ის მიერ] გულის გადატვირთვა, გაუფრთხილებლობა

CausPredPlus (L) : [S-ის მიერ] გულის ვარჯიში, მოფრთხილება

Caus [ლათ. *causare* 'მიზეზი'] – კაუზაცია - გამოიწვით რაღაც სიტუაციის განვითარება

FinFact (L) : გულისძგერის გაჩერება

Fin [ლათ. *finire* 'დამთავრება'] - L ლექსემასთან დაკავშირებული დაწყებული მოქმედების დამთავრება.

გული, როგორც გრძნობის ორგანო

გული, როგორც გრძნობის ორგანო, გამოხატულებაა რაიმე ემოციის, განცდის – სიხარულის, მწუხარების, შიშის, სიყვარულის, სიძულვილის, კმაყოფილების, უკმაყოფილების... [5]

გულის, როგორც გრძნობის ორგანოს აღწერისას, ლექსიკურ ფუნქციას თან უნდა უსწრებდეს შესაბამისი განმარტება, თუ რომელ გრძნობაზეა ლაპარაკი, ანუ ეს გრძნობა/განცდა გამოწვეულია სიხარულით, დადებითი ემოციით თუ მწუხარებით; შემფოთებით, უარყოფითი ემოციით თუ სხვა გრძნობებით.

გულის, როგორც გრძნობის ორგანოს აღსაწერად უფრო ხშირად ორი ლექსიკური ფუნქცია **FACT** და **REAL** გამოიყენება. **FACT** შეესაბამება სიტუაციას რომელიმე გრძნობის არსებობის შესახებ, ხოლო **REAL** შეესაბამება სიტუაციას, როცა რომელიმე გრძნობა უბიძგებს ადამიანს გარკვეულ ქმედებაზე.

ლექსიკური ფუნქციები **Bon**, [**Bon+A1**], **AntiBon**, [**AntiBon+A1**] გულთან მიმართებაში, ადამიანის დადებით თუ უარყოფით ხასიათზეც მიგვანიშნებს, იმის მიხედვით ამა თუ იმ გრძნობის მიმართ მას როგორი დამოკიდებულება აქვს.

ქვემოთ მოგვყავს რამდენიმე გრძნობის ორგანოს ლექსიკური ფუნქციებით აღწერის მაგალითები და შესაბამისი იდიომები.[4]

Syn∏ : სული

Ao – : გულმხურვალე, გულადი, გულიანი; უგულო, გულღრმო, გულღვარძლიანი,...

Bon : კეთილი, სუფთა, ნაზი, ამაყი, ფიცხი

[**Bon + A1**] : გულკეთილი, გულადი, გულიანი, გულმოდგინე

AntiBon : გულცივი, ავი, უხეში, მშიშარა

Facto : სხვადასხვა გრძნობა (გული იმედიანია, აფორიაქებულია, დეღავს, წუხს, უყვარს, სძულს...)

ემოცია

Facto : აღზნებულობა

გულზე გასკდომს - ძალიან გაჯავრება, გაბრაზება, გამწარება

გულზე ცეცხლის მოკიდება - გაბრაზება, გამწარება, დატანჯვა

გულზე გველმა უკბინა - გამწარდა, უცებ რისამე გამო შემფოთდა

Sympt : ფეხებს აბრაზუნებს, მუშტებს იქნევს, ყვირის

NonFacto : აღზნებამ გაუარა

გულის მოღობა - დამშვიდება, დაწყნარება, დაშოშმინება; გულის მობრუნება;

FinFacto : დაწყნარება

გულის აგრუება - ვისამე ან რისიმე მიმართ ინტერესის დაკარგვა, გულის გატეხა

სიამოვნება

Facto : გულს უხარია

გულზე მაღამოს მოცხება - სიამოვნების განცდა

InsepFacto : სიამოვნების შეგრძნება

გულის აფანცხლოება - აღელვება (მოუთმენლობის ან სიხარულისაგან)

გულის გადაყოლება - გართობა, თავის შექცევა

Manif : თვალები უბრწყინავს სიხარულისგან

გულზე ვარდის გადაფენა - გახარება, აღფრთოვანება, სიამოვნების განცდა.

სიყვარული

- Facto** : გული ეკუთვნის (S-ს)
გული უცემს (ვინმესთვის) - ეტრფის, უყვარს, მოსწონს (ვინმე)
მისი გულის ვარდი - სატრფო, საყვარელი არსება
- IncepReal** : უყვარდება, გულს უძღვნის
გულის ატოკება - რაიმე (უმთავრესად სასიამოვნო) გრძნობის გამოწვევა (მოწონება, შეყვარება),
გულში ჩავარდნა (ვისიმე, რისამე) - მოწონება, შეყვარება (ვისიმე, რისამე)
- Real** : (S-ის) გულში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს.

შფოთვა

- Facto** : ღელვა
გულის აბგერება - ალეღვება
გულის ბუდიდან ამოვარდნა - ალეღვება
- Manif Facto** : (S) ადგილს ვერ პოულობს
გულზე შემოყრა - გრძნობის დაკარგვა, გულის შეწუხება, გულის წასვლა
- IncepFacto** : ანერვიულება
გულის აღუღება - გაჯავრება, გაბრაზება, გულის მოსვლა
- Real** : (S-ს) გულზე თითქოს ქვა ადევს
გულზე ლოდის დაწოლა/გულზე მძიმე ლოდად დაწოლა - დადარდიანება, დაღონება, შეწუხება
- Sympt** : გულზე ხელის დადება, ოხვრა
გულის ამოჯდომა - აქვითინება, ატირება, გულის ამოსკვნა
- FinReal** : დაწყნარება
გულიდან ლოდის აგლა/ახსნა - სადარდელის მოშორება, გულზე მოშვება

დარდი, ტკივილი, მწუხარება

- CausFacto** : ტკივილის მიყენება
გულში ხანჯლის ჩარტყმა
გულის გაპობა - მწარედ დანაღვლიანება, გულის მოკვლა
- SoResult** : დაჭრილი გული, გულის იარა
გული უკვდება - ძლიერ სწყინს, განიცდის, აწუხებს (რამე)
გული უტირის - შეწუხებულია, განიცდის, გული უკვდება

გულის ხმა, წინათგრძნობა

- გული როგორც წინასწარ რაღაცის განმჭვრეტი
- Facto** : გული გრძნობს(რაღაცას)
- Real₁** : უსმენს გულის ხმას, სჯერა გულის ხმის
გულის ხმა - აზრი, ფიქრი, გულის ნადები
გულმა უთხრა - იფიქრა
გული ეუბნება/ გული უთხრობს - გრძნობს, წინათგრძნობა კარნახობს
- AntiReal₁** : არაფრად აგდებს გულის ხმას, უგულვებელყოფს
- CausFacto₀** : გულით ეთანხმება, რეაგირებს
გულის ხმას ენდობა - სჯერა

სიტყვა „გულს“ ხშირად ხმარობენ, როგორც რაიმეს ცენტრი, ან ცენტრალური მნიშვნელობა, ცენტრალური აზრი

- Syn** : ცენტრი
Loc_{in} : გულში(ქალაქის)

როგორც აღვნიშნეთ, შემოვიფარგლეთ მხოლოდ რამდენიმე მაგალითის ჩვენებით, რითაც შევეცადეთ აგვესახა სიტყვა „გულის“ სხვადასხვა მნიშვნელობის ლექსიკური ფუნქციებით აღწერის შესაძლებლობა.

On the Lexical environment of the Word "Heart"

Liana Samsonadze

Summary

Lexical functions allow the description of not only separate words but also many combination of words, collocations and idioms. All of this is the basis to get a global description of Georgian vocabulary by enriching the explanatory -combinatorial dictionary with lexical functions.

The article describes the lexical surroundings of the word “heart” as an anatomical organ and “heart” as a sense organ by lexical functions in several examples. Several derivatives and idiomatic expressions with definitions are given.

Описание лексической среды слова «Сердце»

Лиана Самсонадзе

Резюме

Лексические функции позволяют описывать не только отдельные слова, но и множество сочетаний слов, коллокаций и идиом, что является основой для глобального описания грузинской лексики путем обогащения толково-комбинаторного словаря лексическими функциями.

В статье на нескольких примерах описано лексическое окружение слова «сердце», как анатомического органа и «сердце», как органа чувств при помощи лексических функций. Приведены деривационные образования и несколько идиоматических выражений с соответствующими объяснениями.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Мельчук И. Ф. Опыт теории лингвистических моделей “смысл↔текст”, Москва, 1999
2. გ. ჩიკოიძე. “შინაარსი↔ტექსტი” მოდელის განვითარების ზოგი ასპექტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N 24, გვ.75-82. თბილისი, 2020
3. Мельчук И. Ф., Жолковский А.К. Толково-комбинаторный словарь русского языка. Издательский Дом ЯСК, 2016.
4. <http://www.nplg.gov.ge/civil/statiebi/idioma/idioma.htm>
5. განმარტებითი ლექსიკონი, <http://ena.ge/explanatory-online>
6. დოკვაძე ე. ზოგიერთი არსებითი სახელის აღწერა ლექსიკური ფუნქციებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N 15, გვ. 209-214, თბილისი, 2011
7. გ. ჩიკოიძე, ნ. ამირეზაშვილი, ლ. ლორთქიფანიძე, ლ. სამსონაძე, ა. ჩუტკერაშვილი, ნ. ჯავაშვილი. ლექსიკური ფუნქციები - კომბინატორული ლექსიკონის მნიშვნელოვანი კომპონენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N 19, გვ.98-103. თბილისი, 2015

Blockchain Transaction Processing Technologies

Irakli Rodonaia, Tengiz Bakhtadze, Anri Morchiladze, Meri Gegechkori

morchiladze.anri@gtu.ge, t.bakhtadze@gtu.ge, irakli.rodonaia@ibsu.edu.ge

Abstract

The article describes two of the most popular mechanisms reaching consensus in the blockchain. The first one is Proof-of-Work (PoW), used in the network of mined coins (such as Bitcoin, Litecoin, Ethereum, etc.), These are such coins, that require impressive computing power to conduct transactions on the network. The second one is Proof-of -Stake - used in a network of pre-created coins (such as Ripple). These are coins, which transactions in the network do not need computing power. The principles of operation of these two mechanisms are described, their advantages and disadvantages, including weaknesses and security vulnerabilities. Hybrid mechanisms are also considered. Understanding such an important link in the system as the mechanisms for reaching consensus helps to better understand the internal structure of the blockchain system itself, the transaction validation system and characteristics that affect the speed of the network (and transactions, respectively), which will help in the design and development of applications and projects related to the blockchain. Such projects can be new cryptocurrencies, cryptocurrency wallets, bots for trading on exchanges or systems that predict changes in the rate of cryptocurrencies based on statistical data and machine learning. Understanding the principles of these mechanisms allows you to look in more detail at the internal processes of a particular cryptocurrency. Machine learning and open source (API pools for mining and trading exchanges) it is possible to train a machine learning model to find patterns that will somehow affect the course.

Keywords:

Blockchain, PoW, PoS, cryptocurrency, IoT, decentralized network

With the advancement of communication technologies and the ubiquitous introduction of 5G networks, the Internet of Things technology began to develop at an exponential rate. Smart House, smart cities, e-Health, the Internet of Things for industrial enterprises, distributed intelligence and other systems are an effective and familiar means for society to improve many processes, for example, crop irrigation processes based on sensors and other processes that can be automated. Such an approach to processes reduces the influence of the human factor and contributes to an increase in the efficiency of an enterprise, where there are all prerequisites for the use of IoT technology.

For all its effectiveness and prevalence, the Internet of things technology has many challenges and problems associated with the security and secure configuration of IoT devices.

The existence of a huge number of such devices is dangerous, since an attacker can take control and organize them using Internet devices things DDOS attacks and other traffic manipulations that send device data to the server.

One example of a concerted attack on multiple IoT devices is a botnet. A botnet is a collection of compromised devices under the control of an attacker. Mirai is a worm and botnet formed by hacked (compromised) devices such as the Internet of Things (video players, smart webcams, etc.). This botnet hacks devices by guessing a password for port 23 (telnet). In centralized IoT systems, sometimes it is enough to hack a server or microcontroller responsible for communication between a large group of devices in order to be able to control all devices communicating via a centralized protocol with a compromised server [1, 2, 3].

Centralization of the IoT control system can be a vulnerability, since such an architecture significantly reduces the time it takes for all devices on such a network to be taken under the control of an attacker.

The way out is to use a decentralized approach to organizing such a network, where each device acts as an independent node. In the event of such communication, an attacker would have to hack every device, not just the central server. The use of centralized communication protocols in a decentralized network is not secure and efficient enough. The use of Blockchain technology to organize communication

between devices in such a network is the most justified solution, since information will be transmitted in the form of secure, signed transactions that must be recorded in the distributed ledger of each node.

This approach provides the following advantages and properties of device interaction in a distributed network.

- Decentralization
- Security
- Identification
- Network flexibility
- Network autonomy
- Reliability of information

Decentralization involves eliminating the security concerns of a centralized approach to the organization of the Internet of Things, increasing the margin of error, but also increasing the efficiency and security of such a network. Transactions between nodes are secure, signed with the secret key of the sender's node and verified by the recipient's node, thus ensuring security and identification. At any time, any number of devices can be connected to the network, which will receive an up-to-date copy of the distributed ledger, thus ensuring the flexibility of the network. Autonomy of work consists in the impossibility of suspending the operation of the entire network, disabling any of its components, as can occur in a centralized network when the server is out of order. The reliability of information on the network lies in the fact that only transactions verified by miners or otherwise, containing the output information of devices will be in the blocks of the distributed ledger.

Decentralization and peer-to-peer networking show a high level of security, reliability, flexibility of the network and the possibility of autonomous operation of its parts.

The article analyzes the advantages and disadvantages of transaction processing technologies in the blockchain PoW and PoS in order to create machine learning programs for predicting changes in cryptocurrency rates.

For any cryptocurrency to work, it is necessary to exchange this cryptocurrency between its holders, because the currency itself (including fiat) is a fiducial mechanism that has some value only when the holders believe in this value and endow it with the currency. Without the possibility of exchange and trade, any object loses its financial value, therefore it is extremely important to provide a reliable and fast mechanism of turnover. Any (almost) cryptocurrency is built on the Blockchain mechanism - an initially replicated distributed database created to run Bitcoin. Blockchain is a continuous, sequential chain of blocks (containers with data) built according to a special algorithm, stored independently of each other on distributed network nodes, that is, it is a distributed ledger that contains all the transactions with cryptocurrency that have ever been performed.

Since Blockchain is a decentralized system, its extremely important mechanism is the secure decentralized creation and processing of transactions. But the implementation of this mechanism may differ for different cryptocurrencies.

Conventionally, all cryptocurrencies can be divided into mined ones (the mining process is called mining - from the English mining) and previously created ones. Mined include Bitcoin, Litecoin, Ethereum, Monero, ZCash and others, pre-created ones include Ripple, Stellar, EOS, NEO. In every cryptocurrency network, transactions must be verified to ensure that the cryptocurrency has not been spent twice. A group of transactions is combined into a block, which, after verification, is joined to other previously verified blocks. Thus, the "transparency" of the network is carried out. There is a reward for the "verification" itself, and the most popular verification and reward mechanisms are Proof-of-Work (PoW) and Proof-of-Stake (PoS).

Proof-of-Work

Proof-of-Work (PoW) is a consensus mechanism (it is achieved when all network participants confirm the validity of transactions and the identity of information at all nodes), used to confirm (process and add to the sequence of blocks) transactions and create new blocks. This mechanism allows miners (heavy-duty computers with multiple GPUs or ASICs) to compete for network completion and reward. The miners' reward is credited for a correctly generated and confirmed block, and consists of a commission charged from all transactions in the block. Thus, the miner receives a reward only if the hash of the previous block is selected correctly, transactions are processed and grouped into a new block, a hash is assigned to the block containing the hash of the previous block, and more blocks have not appeared in the other block chain than in the block chain. processed by the miner (in this case, the longest

chain of blocks is considered valid, and the shorter one is nullified and considered invalid, transactions from blocks of a shorter network are queued to form a new block).

This mechanism is considered safe because it makes it almost impossible to "Attack 51%", and the formation of blocks depends on the total power of each miner, and not on the number of coins in any holder (PoS model). Thus, holders of a large number of coins do not have power over the network and cannot manipulate transactions (which is some kind of implementation of the 51% Attack), but do the same using the power of the miner (that is, collect the power of 51% of the miners in one network node) of this network) is extremely resource-intensive and practically unrealizable, therefore Proof-of-Work is considered a safe model for verifying transactions and calculating rewards. However, this model has a lot of disadvantages.

The most obvious and serious disadvantage is the very high cost of this model, since the mathematical calculations (which are becoming more complex) are extremely resource-intensive. The equipment consumes a huge amount of electricity and, in fact, the work itself is useless, since it is performed exclusively for processing transactions on the network (and not scientific calculations, modeling particle behavior, etc.). The equipment also works 24 hours a day and emits a huge amount of heat, which must be efficiently removed and cooled, which makes industrial or home mining of cryptocurrency (mining) a rather problematic process. Another problem of this model is the illegal distribution of earners to user devices without their knowledge, that is, the deliberate infection of a large number of computers (computers, smartphones, network equipment) by cybercriminals in order to mine cryptocurrency, which greatly reduces the performance of the equipment, and users face inconveniences.

To make the process of creating transactions less resource-intensive, a new Proof-of-Stake (proof of ownership) model was created, which eliminates the resource-intensive process of mining a coin by miners and implies a one-time output of all tokens (coins) to the network and to the trading platform.

Proof-of-Stake

Proof-of-Stake is a mechanism in which the probability of a new block forming by a network participant is proportional to the share of the tokens (coins) of this cryptocurrency belonging to this participant in the total number of tokens in this currency. Since such a cryptocurrency is created once and all the tokens of the currency are available immediately, the units containing a large proportion of the tokens will be more likely to form a block. For example, a holder holding 2% of all currency tokens will generate 2% of new blocks. This mechanism allows participants who simply bought a certain amount of currency tokens to create blocks, and does not require any computing power, and, therefore, energy costs. This mechanism also allows the use of game theory algorithms to effectively counter centralization (capture of one participant, with the largest number of tokens on the account, control over all transactions).

However, obvious disadvantages follow from this. Still, theoretically, the scenario of accumulating a critical amount of tokens of such a cryptocurrency to seize control over the formation of blocks is easier to implement than capturing a critical amount of computing power in the PoW mechanism. For example, some cryptocurrencies (for example, Ripple) cause serious concern in the cryptocurrency community, due to the fact that about half of all issued tokens are under the control of cryptocurrency developers (a fairly narrow circle of people), and, in fact, this cryptocurrency is centralized.

There are hybrid technologies, for example Proof-of-Importance (PoI - proof of importance, used by the NEM cryptocurrency), the probability of block formation in which is influenced by the number of cryptocurrency units on the balance, the activity of the account and the time the account is on the network; Proof-of-Activity (PoA - proof of activity); many other less popular and more specific technologies, for example Proof-of-Capacity (PoC - proof of allocated volume, used for mining by providing free disk space to the network), etc., however, the main two technologies are PoW and PoS. And after any mined cryptocurrency runs out of tokens given out as a mining reward, most likely PoW for this cryptocurrency will be replaced by PoS (the probable future of Ethereum and Litecoin), which means that transactions in the network of this cryptocurrency will continue to be processed and the cryptocurrency will continue to live.

As in the case of PoW, it is possible, based on the number of units in the network, to predict the speed of transactions, and, consequently, the popularity of the currency, which directly affects its rate, and in the case of PoS, the number of coin holders forms the speed of transactions, which, similarly, in some circumstances, it will help to predict trends in exchange rates. Understanding the principles of these mechanisms allows you to look in more detail at the internal processes of a particular cryptocurrency.

Using machine learning and open sources (API of mining pools and trading exchanges), it is possible to train a machine learning model to find patterns that will somehow affect the course.

ბლოკჩეინ ტრანზაქციების დამუშავების ტექნოლოგიები

ირაკლი როდონაია, თენგიზ ბახტაძე, ანრი მორჩილაძე, მერი გეგეჩკორი

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ორი ყველაზე პოპულარული მექანიზმი ბლოკჩეინში კონსენსუსის მიღწევის. პირველი არის - PoW. ის გამოიყენება ისეთ კრიპტოვალუტის სისტემებში, როგორებიცაა Bitcoin, Litecoin, Ethereum და ა.შ., ანუ კრიპტოვალუტები, რომლებიც საჭიროებენ დიდ გამომთვლელ ენერჯიას ქსელში გარიგებების განსახორციელებლად. მეორე არის Proof-of-Stake. ის გამოიყენება წინასწარ შექმნილი ბლოკჩეინ ქსელში, როგორიცაა Ripple, ანუ სქემებში, სადაც ტრანზაქციების დასადასტურებლად დიდი გამოთვლითი ენერჯია არ არის საჭირო. მოცემულ სტატიაში აღწერილია ამ ორი მექანიზმის მუშაობის პრინციპები, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, მათ შორის სისუსტეები და უსაფრთხოების რისკები. ასევე გათვალისწინებულია ჰიბრიდული მექანიზმები (PoI, PoA და ა.შ.). სისტემის ისეთი მნიშვნელოვანი რგოლის გააზრება, როგორიცაა კონსენსუსის მიღწევის მექანიზმები, დეველოპერებს დაეხმარება უკეთ გააცნობიეროს თავად ბლოკჩეინ სისტემის შიდა სტრუქტურა, გარიგების დადასტურების სისტემა და მახასიათებლები, რომლებიც გავლენას ახდენენ სიჩქარეზე. ქსელები (და შესაბამისად ტრანზაქციები), რაც ხელს შეუწყობს დიზაინსა და განვითარებას ბლოკჩეინთან დაკავშირებული პროგრამებისთვისა და პროექტებისთვის. ასეთი პროექტები შეიძლება იყოს ახალი კრიპტოვალუტა, კრიპტოვალუტის საფულებები, ბოტები ბირჟებზე ვაჭრობისთვის ან სისტემები, რომლებიც პროგნოზირებენ კრიპტოვალუტის კურსის ცვლილებებს სტატისტიკური მონაცემებისა და მანქანური სწავლების ალგორითმების გამოყენებით. ამ მექანიზმების პრინციპების გააზრება საშუალებას გაძლევთ უფრო დეტალურად შეხედოთ კონკრეტული პროცესის შიდა პროცესებს ბლოკჩეინ პლატფორმაში.

Технологии обработки транзакций блокчейн

Ираклий Родоная, Тенгиз Бахтадзе, Анри Морчиладзе, Мери Гегечкори

Резюме

В статье описаны два самых популярных консенсуса – построение механизмы в блокчейне-Proof-of-Work (PoW), который используется в сети добытых монет (таких как Bitcoin, Litecoin, Ethereum и т. д.), то есть монет, требующих внушительной вычислительной мощности для транзакций в сети, и Proof-of - Stake, который используется в сети заранее созданных монет (таких как Ripple), то есть транзакции в сети не требуют вычислительной мощности. Описаны принципы работы этих двух механизмов, их преимущества и недостатки, включая слабые и уязвимые места, Также рассматриваются гибридные механизмы (PoI, PoA и др.). Понимание такой важной части системы, как механизмы достижения консенсуса, помогает лучше понять внутреннюю структуру самой системы блокчейн, систему проверки транзакций и характеристики, влияющие на скорость сети (и соответственно, транзакции). Последнее может облегчить проектирование и разработку приложений и проектов, связанных с блокчейном. Такими проектами могут быть новые криптовалюты, кошельки для криптовалют, боты для торговли на биржах или системы, прогнозирующие изменения курса криптовалют на основе статистики и машинного обучения. Понимание принципов работы этих механизмов позволяет более подробно рассмотреть внутренние процессы криптовалюты. С помощью машинного обучения и открытых источников

(пулы API для майнинга и торговые биржи), можно обучить модель машинного обучения находить закономерности, которые так или иначе повлияют на курс.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Afonkin A.Yu., Nozdrina N.A. Prospects for the development of blockchain technology in the near future // Scientific trends: Questions of exact and technical sciences / Collection of scientific papers based on the materials of the XVI International Scientific Conference. 2018. p. 20-21.
2. Goncharenko Yu.Yu., Pavo F.N. Development of a decentralized application for implementing digital identity using blockchain technology // Bulletin of the Ural Federal District No. 3 (29), 2018, pp. 23-28.
3. Gorshkova S. New technologies in the service of intellectual property law: blockchain, artificial intelligence, virtual reality. // Collection of scientific papers of the IX International Legal Forum (IP Forum). // Legal protection of intellectual property: Problems of Theory and Practice Moscow, February 12-13, 2021.
4. Lisa Ismail, Huned Materwala “A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions” 2019.
5. NEO White Paper. <https://docs.neo.org/en-us/whitepaper.html>. (Accessed on 06/05/2021).
6. Mastering Blockchain: A deep dive into distributed ledgers, consensus protocols, smart contracts, DApps, cryptocurrencies, Ethereum, and more, 3rd Edition, 2020
7. Mastering Blockchain: Unlocking the Power of Cryptocurrencies, Smart Contracts, and Decentralized Applications 1st edition 2020
8. Gervais, A.; Karame, G.O.; Wüst, K.; Glykantzis, V.; Ritzdorf, H.; Capkun, S. On the security and performance of proof of work blockchains. Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. ACM, 2016, pp. 3–16.
9. Schrijvers, O.; Bonneau, J.; Boneh, D.; Roughgarden, T. Incentive compatibility of bitcoin mining pool reward functions. International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Springer, 2016, pp. 477–498
10. Kroll, J.A.; Davey, I.C.; Felten, E.W. The economics of Bitcoin mining, or Bitcoin in the presence of adversaries. Proceedings of WEIS, 2013, Vol. 2013, p. 11.
11. Chen, L.; Xu, L.; Shah, N.; Gao, Z.; Lu, Y.; Shi, W. On Security Analysis of Proof-of-Elapsed-Time (PoET). SSS, 2017.
12. Chen, L.; Xu, L.; Shah, N.; Gao, Z.; Lu, Y.; Shi, W. On security analysis of proof-of-elapsed-time (poet). International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems. Springer, 2017, pp. 282–297
13. Schrijvers, O.; Bonneau, J.; Boneh, D.; Roughgarden, T. Incentive compatibility of bitcoin mining pool reward functions. International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Springer, 2016, pp. 477–498
14. Kroll, J.A.; Davey, I.C.; Felten, E.W. The economics of Bitcoin mining, or Bitcoin in the presence of adversaries. Proceedings of WEIS, 2013, Vol. 2013, p. 11.
15. Litecoin - Open source P2P digital currency. <https://litecoin.org/>. (Accessed on 04/06/2021).
16. King, S. Primecoin: Cryptocurrency with prime number proof-of-work. July 7th 2013
17. King, S.; Nadal, S. PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake 2018.
18. Bresson, E.; Canteaut, A.; Chevallier-Mames, B.; Clavier, C.; Fuhr, T.; Gouget, A.; Icart, T.; Misarsky, J.F.; Naya-Plasencia, M.; Paillier, P.; others. Shabal, a submission to NIST’s cryptographic hash algorithm competition. Submission to NIST 2018.

დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების თანამედროვე პრობლემები

თეოდორე ზარკუა, ვიქტორ ხუციშვილი

Email: teodore.zarkua@eu.edu.ge, otariko@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია გამოწვევები, რომელთა წინაშე დადგა საზოგადოება საინფორმაციო ტექნოლოგიების მკვეთრი განვითარებისა და ამ ტექნოლოგიებით ადამიანის საქმიანობის პრაქტიკულად ყველა სფეროს დაფარვის პირობებში. ყურადღება გამახვილებულია დაპროგრამების საფუძვლების შესწავლის პრობლემებზე, რაც გამოწვეულია დღეს არსებული კონკრეტული კონიუნქტურით. მიმოხილულია რისკები, რომლებიც ხელს უშლის დაპროგრამების სწავლების სათანადო ხარისხით წარმართვას. შემოთავაზებულია ამ საკითხის წარმატებით გადაჭრის მიდგომა, რომელიც ემყარება ავტორების მრავალწლიან გამოცდილებას და შეიძლება გამოდგეს წინაპირობად დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების ქმედითი მეთოდოლოგიის შემუშავებისთვის.

საბოლოო დასკვნა ერთმნიშვნელოვანია – საზოგადოებამ სასწრაფოდ ძირფესვიანად უნდა შეცვალოს დამოკიდებულება დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების პროცესის მიმართ. ამ საქმეში დაყოვნებით ვრისკავთ ძალიან მტკივნეული დარტყმა მივაყენოთ საზოგადოების ინტერესებს.

საკვანძო სიტყვები: საინფორმაციო ტექნოლოგიები, დაპროგრამების საფუძვლები, დაპროგრამების სწავლება, სწავლების მეთოდოლოგია

1. თანამედროვე მდგომარეობა დაპროგრამების საფუძვლების ცოდნის მიმართ

როგორც ცნობილია, პირველი კომპიუტერები (გასული საუკუნის 40-50-იანი წლები) ძირითადად გამოიყენებოდა ფიზიკის წიაღიდან წარმოქმნილი გამოყენებითი პრობლემატიკის ამოცანების გადასაწყვეტად. ასეთი ამოცანები ხასიათდებოდა დიდი მოცულობის მონაცემთა მასივებით და დიდი მოცულობის გამოთვლებით. მაგრამ 50-იანი წლების ბოლოდან მოინიშნა კომპიუტერის გამოყენების არეალის გაფართოების ტენდენცია, რომელმაც მკვეთრად იძალა 60-იან წლებში. შედეგად, უკვე 70-იანი წლების დამდეგისთვის კომპიუტერის გამოყენების სფერომ პრაქტიკულად სრულად დაფარა ადამიანის მოღვაწეობის ყველა დარგი. ამ პერიოდში დამკვიდრდა პროგრამების შემუშავების შემდეგი სქემა. სათანადო საგნობრივი დარგის სპეციალისტი (ე.წ. ანალიტიკოსი) აყალიბებდა ტექნიკურ დავალებას, რის მიხედვითაც პროგრამისტის მიერ იქმნებოდა პროგრამა. პროგრამის ხარისხის შეფასება და, საჭიროების შემთხვევაში, დასახვეწად ისევ პროგრამისტისთვის დაბრუნება ტექნიკური დავალების ავტორის მიერ ხდებოდა. ცხადია, პროგრამისტს პროგრამა გადასაკეთებლად შეიძლება დაბრუნებოდა რამდენიმეჯერ. პროგრამისტს არ მოეთხოვებოდა იმ საგნობრივი დარგის ცოდნა, რომელსაც ეძღვნებოდა პროგრამა. ამავდროულად არც ანალიტიკოსს მოეთხოვებოდა დაპროგრამების საფუძვლების ცოდნა, თუმცა, იმთავითვე გასაგები იყო, რომ პროგრამის ღირებულებას ძალიან მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავდა ტექნიკური დავალების ხარისხი. და, აქედან გამომდინარე, გასაგები იყო, რომ რაც უკეთ ესმოდა ანალიტიკოსს კომპიუტერის შესაძლებლობები, რაც უკეთ იყო გარკვეული დაპროგრამების საფუძვლებს, მით უფრო ეფექტიანი იყო მისი თანამშრომლობა პროგრამისტთან. ცხადია, ამავე მიზნების მიღწევისთვის არსებითად შეეძლო შეეწყო ხელი თავად პროგრამისტის მიერ ამოცანის საგნობრივი დარგის სიღრმეებში გარკვევას. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში ზემოაღწერილი სქემით შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფა

საზოგადოებას სავსებით აკმაყოფილებდა. ამ სქემის ძალიან არსებითი შემადგენელი ნაწილი გახდა პროგრამული უზრუნველყოფის თანხლება. თანხლების ქვეშ იგულისხმებოდა რეაგირება პროგრამული უზრუნველყოფის ექსპლუატაციის პროცესში მისი მომხმარებლების მიერ ჩამოყალიბებულ შენიშვნებსა და სურვილებზე. ამასთან დაკავშირებით, დაპროგრამების თეორია და პრაქტიკა გამდიდრდა მრავალი სხვადასხვა მიდგომით, რომელთა საფუძველზე შეიქმნა დაპროგრამების სხვადასხვა ტექნოლოგია და შემუშავდა დაპროგრამების პარადიგმები.

გასული საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისში გაჩნდა პირველი პერსონალური კომპიუტერები, რომლებიც ძალიან სწრაფად გავრცელდა და 90-იანი წლების დამდეგისთვის უკვე გადაიქცა საოჯახო ნივთად. ცხადია, ამით მკვეთრად გაიზარდა კომპიუტერის მომხმარებელთა და კომპიუტერის დახმარებით გადასაწყვეტი ამოცანების რაოდენობა. ინტერნეტის გავრცელებამ კიდევ უფრო მაღალ დონეზე აიყვანა კომპიუტერის სარგებლიანობის ხარისხი და, შედეგად, მკვეთრად გაზარდა მოთხოვნები კომპიუტერისთვის შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის მიმართ. ცალკეულ შემთხვევებში ამ მიმართულებით კაცობრიობა გამოცდილებას იძენდა მასშტაბური ფინანსური ზარალის და ზოგჯერ კი, დიდი ტრაგედიების ფასად (საკმარისია გავისხენოთ საფრენი აპარატი „ჩილენჯერი“ და წყალქვეშა ნავი „კურსკი“) ...

შედეგად, დაპროგრამების საფუძვლების ცოდნის მოთხოვნა გასცდა მხოლოდ ინფორმატიკის სპეციალისტების წრეს. დღეს საზოგადოება ძალიან ახლოს არის დაპროგრამების საფუძვლების ცოდნის მოთხოვნასთან ზუსტად ისევე, როგორც ის, რომ ახლა წერა-კითხვის ცოდნის გარდა, ყველას მოეთხოვება კომპიუტერის საოფისე პროგრამებისა და ინტერნეტის მოხმარების ცოდნა.

აქედან გამომდინარე, დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების ეფექტიანი მეთოდის შემუშავების მნიშვნელობა არსებითად გაიზარდა.

2. დაპროგრამების სასტარტო სწავლების თანამედროვე თავისებურებები

1969 წელს შვეიცარიელმა მათემატიკოსმა ნიკლაუს ვირტმა შეიმუშავა დაპროგრამების ენა – პასკალი. ენის აღწერის გამოქვეყნების მომენტიდან მან მიიპყრო კომპიუტერულ მეცნიერებათა დარგის სპეციალისტების ყურადღება და დიდი ხნით გადაიქცა დაპროგრამების ენად, რომელიც დაპროგრამების სასტარტო სწავლებისთვის გამოიყენებოდა. დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების მეთოდიკა, რომელიც პასკალს ემყარებოდა, ხანგრძლივი პერიოდით გადაიქცა დე-ფაქტო სტანდარტად დაპროგრამების სასტარტო სწავლებისთვის.

პასკალის ასეთი მოთხოვნადობა განაპირობა, ერთი მხრივ, საკუთრივ პასკალის, როგორც დაპროგრამების ენის შემდეგმა თვისებებმა:

1. პასკალი გახლდათ მდიდარი და მრავალფეროვანი ენა, რომელშიც გათვალისწინებული იყო ყველა მოთხოვნა და შესაძლებლობა, რაც მისი შექმნის მომენტისთვის აქტუალური იყო დაპროგრამების ენისთვის; ამიტომ, პასკალს დაუფლებული სპეციალისტი შემდგომ საკმაოდ მარტივად ითვისებდა დაპროგრამების სხვა ენებს, რადგან ადვილად ახერხებდა ამ ენის კონსტრუქციებსა და მის მიერ უკვე ათვისებული პასკალის სათანადო კონსტრუქციებს შორის პარალელის გავლებას.
2. პასკალი გახლდათ ერთობ საიმედო ენა, რომელიც აპრიორი იცავდა მის შემსწავლელს გარკვეული ტიპის შეცდომებისგან ამ ენის ფარგლებში არსებული საშუალებებით, რაც ძალიან დიდი ღირსებაა სასტარტო დაპროგრამების ენისთვის; შეიძლება ითქვას, რომ ეს იყო ენა, რომელიც პროგრამისტის სამსახურში გარკვეულ მოაჯირებს აყენებდა და ამით აჩვენებდა მთელი რიგი კატეგორიის შეცდომების არდაშვებას.

მეორე მხრივ, პასკალის მოთხოვნადობას არსებითად შეუწყო ხელი მისმა, როგორც პროგრამისტული ინსტრუმენტის, გავრცელებადობამ. საკუთრივ პასკალი, როგორც დაპროგრამების ენა, ადგილზე არ იდგა და ვითარდებოდა. ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამების პარადიგმის შესატყვის ვერსიას დაერქვა ობჟექტ-პასკალი, ხოლო შემდეგ კი მის ბაზაზე შეიქმნა დაპროგრამების ინტეგრებული ვიზუალური გარემო დასახელებით დელფი. და, უნდა ითქვას, საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში დელფი გახლდათ ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული პროგრამისტული საინსტრუმენტო საშუალება.

ამავდროულად, პასკალის საიმედოობა, რაც მიიღწეოდა მომხმარებლის შესაძლებლობათა გარკვეული შეზღუდვით, რომელიც არ აძლევდა მას დამწყებთათვის დამახასიათებელი მთელი რიგი სახის შეცდომების დაშვების შესაძლებლობას და წარმოადგენდა ღირსებას დაპროგრამების სასტარტო ენისთვის, პროფესიული ზრდის კვალობაზე პროგრამისტისთვის ბორკილების ანალოგი ხდებოდა, რაც გარკვეულად ზღუდავდა მის შესაძლებლობებს.

შედეგად ჩამოყალიბდა დაპროგრამების დაუფლების შემდეგი სქემა, ჯერ შეგირდი ეუფლება დაპროგრამების საფუძველს „მოაჯირებიანი“ პასკალის ბაზაზე და ამით ეჩვევა დაპროგრამებას გარკვეული შეზღუდვების პირობებში, რომლებიც მიუთითებს მთელი რიგი სახის შეცდომების დაშვების რისკებს და აჩვენებს ამ რისკების გვერდის ავლას. ხოლო იმის შემდეგ, რაც შეგირდი გაუგებს გემოს დაპროგრამებას, შეიძენს გამოცდილებას და გამოიმუშავებს გარკვეული სახის შეცდომების პრევენციის უნარს, იგი ეუფლება დაპროგრამების ენას C-ს. პასკალის შემდეგ C-ის დაუფლება ემსგავსებოდა მორბენლის მომზადებას ტყვისძირებიანი ფეხსაცმიდან მსუბუქ სპორტულ ფეხსაცმელზე გადასვლას, ანუ გამოცდილებაზემდინილი პროგრამისტი „მოაჯირებიანი“ პასკალიდან თავისუფალ და შეუზღუდავ C-ზე გადასვლით იწყებდა სუნთქვას მთელი მკერდით, ირგებდა C-ის შეუზღუდაობიდან გამომდინარე ყველა სიკეთეს და, ამავდროულად, პასკალზე მუშაობის გავლილი ეტაპის წყალობით, დაზღვეული იყო C-ის შეუზღუდაობის საკუთარი თავისა და საქმის საზიანოდ გამოყენებისგან, როდესაც ხდება ისეთი შეცდომების დაშვება, რასაც გამოცდილი პროგრამისტი ვერც კი წარმოიდგენს და, აქედან გამომდინარე, რომელთა აღმოჩენა ხშირად ერთობ რთული რამ არის.

ზემოთქმულის საკმაოდ მკაფიო ილუსტრაცია ამ სტრიქონების ერთ-ერთმა ავტორმა მიიღო თსუ-ს გამოყენებითი მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა ფაკულტეტზე, როდესაც ფაკულტეტს შესთავაზეს C-ის მცოდნე სპეციალისტების მომზადება სასპონსორო მხარდაჭერის სანაცვლოდ. სამწუხაროდ, სპონსორებმა მოითხოვეს დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების თავიდანვე C-ით დაწყება. მაპროფილებელი კათედრის ხელმძღვანელობას კარგად ესმოდა, რომ დალაგებული მეთოდიკის ბაზაზე სპონსორის მიზანი გარანტირებულად იქნებოდა მიღწეული, ხოლო სპონსორისეული ჩარევა მეთოდიკაში მოითხოვდა სწავლების სტილის ძირფესვიანად შეცვლას, რისი მიღწევაც მოკლე ხანში შეუძლებელი იქნებოდა. და, რადგან სპონსორმა არ მოხსნა C-ით დაწყების მოთხოვნა (მისი ფინანსური მხარდაჭერა კი ერთობ მნიშვნელოვანი იყო), სტუდენტთა კონტინგენტი დაიყო ორ დაახლოებით თანაბარი სასტარტო მაჩვენებლების მქონე ნაკადად. ერთი ნაკადი გადიოდა დაპროგრამების საფუძვლებს უკვე აპრობირებული სქემით (პირველი ორი სემესტრი პასკალი და მხოლოდ შემდეგ C), მეორე კი გადიოდა დაპროგრამების საფუძვლებს სპონსორის მოთხოვნის შესაბამისად... ამ ნაკადების სწავლების მესამე სემესტრის შუაწელში სტუდენტები, რომლებიც გადიოდნენ C-ის პირველი სემესტრიდან (ანუ, უკვე მესამე სემესტრი), დავალებების შესრულებითვის დასახმარებლად მასობრივად მიმართავდნენ თავიანთ მეგობრებს, რომელთა გაცნობა ამ ენასთან არასრულ ერთ სემესტრს ითვლიდა...

მოვლენებმა, რომელთაც ადგილი ჰქონდა 2000 წლების პირველი ათეულის მეორე ნახევარში და რის შედეგადაც ფაქტობრივად შეწყდა დაპროგრამების ენა პასკალის და ამ ენაზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების განვითარება, იძულებული გაგვხადა გადაგვეხედა ზემოაღწერილი საკმაოდ ეფექტიანი სქემისთვის. პასკალის სწავლებამ დაკარგა ის ხიბლი, რაც განპირობებული იყო მისი განვითარებით და გავრცელებადობით და აუცილებელი

გახდა სქემაში კორექტივების შეტანა. პასკალის დიდი მხარდამჭერებისთვისაც კი დაუშვებელი შეიქმნა მისი სასტარტო შესწავლის ენად გამოყენება, რადგან სწავლების პროცესის მიმართ ოპერატიულობის მოთხოვნა კიდევ უფრო აქტუალური გახდა.

3. რას ვთავაზობთ დაპროგრამების დაუფლების მსურველებს შექმნილ სიტუაციაში

თავიდან ჩვენ მოვსინჯეთ პასკალის ჩანაცვლება რომელიმე სხვა ენით, რომელსაც C-სთან შედარებით მეტი დაცულობა ექნებოდა შეცდომების მიმართ. მოისინჯა ჯერ C# (წარმოითქმება როგორც სი-შარპი, თუმცა ბრიტანეთში უფრო გავრცელებულია სი-დიეზი), ხოლო შემდეგ კი Python (წარმოითქვამენ როგორც პაითონს, ასევე როგორც პითონს). უნდა ითქვას, რომ ვერც ერთმა ამ ენამ სწავლების სქემაში პასკალის სრულფასოვნად ჩანაცვლება ვერ შეძლო. მეტიც, დაპროგრამების საფუძვლების პითონის ათვისებით დამწყებ სტუდენტებს ამის შემდეგ C-ს სწავლა ძალიან გაუჭირდათ. ამ მოვლენის მრავალმხრივი ანალიზი ცალკე კვლევას იმსახურებს, ჩვენ კი აქ შეგვიძლია მხოლოდ აღვნიშნოთ, რომ ისედაც არასახარბიელო სიტუაცია სერიოზულად არის გართულებული პედაგოგიური კადრების არასაკმარისი კვალიფიკაციით.

და აქ არის ორი უკიდურესობა. ერთი კატეგორია მიიჩნევს დაპროგრამებას საკმაოდ მარტივი სახის საქმიანობად და თავს უფლებას აძლევს შეუდგეს ყმაწვილების სწავლებას ისეთ პირობებში, როდესაც თავად არ გააჩნია საშუალო სირთულისა და მოცულობის თუნდაც ერთი პროგრამის დამოუკიდებლად შედგენის გამოცდილება. როგორც წესი, ამ კატეგორიის წარმომადგენლებს აქვთ კარგი მათემატიკური მომზადება, მათემატიკის პროფილის საგნების სწავლების ანგარიშგასაწევი გამოცდილება, მაგრამ თითქმის ნულოვანი გამოცდილება პროგრამების შემუშავების დარგში. მეორე კატეგორიას კი მიეკუთვნება ყმაწვილები, რომელთაც, საუბედუროდ, არ შეხვდა მასწავლებელი, რომელიც გამოუმუშავებდა კარგ პროგრამისტულ სტილს, გემოვნებას და ორიენტაციის უნარს და თვითსწავლების რეჟიმში მიაღწიეს დაახლოებით საშუალო დონეს, რომელიც დღეს მაინც მოთხოვნილია და მათი შემოსავლის წყაროდ არის გადაქცეული. ამ ყმაწვილებს აქვთ ნულოვანი პედაგოგიური გამოცდილება, მაგრამ გადაჭარბებული წარმოდგენა საკუთარი თავის შესახებ და რწმენა, რომ რაც იციან, სავსებით საკმარისია და მეტის ცოდნა საერთოდ არ არის საჭირო. ცხადია, ორივე კატეგორიის ჩაბმა სასწავლო პროცესში სავალალოა მომავალი სპეციალისტებისთვის და, შესაბამისად, საზოგადოებისთვის.

ცხადია, ყველას ვერ მოვთხოვთ უმაღლესი კვალიფიკაციის სპეციალისტებად ჩამოყალიბებას, მაგრამ თითოეული პიროვნების მიერ საკუთარი ადგილის მოძებნა (თუ გნებავთ, მოპოვება) სპეციალისტების პირობით რეიტინგ-ლისტში უნდა ხდებოდეს ამ პიროვნებაზე ძალდატანების გზით კი არა (ვთქვათ, ამის იქით, ნურც ეცდები გაზრდასო), არამედ თავად ამ პიროვნების მიერ საკუთარი რეალური შესაძლებლობების გათავისებით, დაპროგრამების ერთობ მრავალფეროვან სამყაროში მისთვის შესაქმნელად უფრო მიმზიდველი სახის პროგრამების თავად მიგნებით. ეს კი ძალიან დიდ მოთხოვნებს უყენებს დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების პროცესს და ამ პროცესში ჩაბმულ პედაგოგიურ პერსონალს.

ანუ, თუ გვინდა სიკეთე ჩვენი საზოგადოებისთვის, სამუდამოდ უნდა დავივიწყოთ ის დროც, როდესაც მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიის და სხვა პროფილის მასწავლებელი აკადემიური საათების უკმარისობის შემთხვევაში იტვირთებოდა ინფორმატიკის საათებით და ის დროც, როდესაც პედაგოგიური გამოცდილების არმქონე თვითნასწავლი ძალიან საშუალო დონის პროგრამისტს ვანდობდით ყმაწვილების სწავლებას.

უნდა გავისივრძეგანოთ, რომ დაპროგრამების სწავლება უსერიოზულესი და ურთულესი რამ არის და მასწავლებლისგან მოითხოვს საგნის სიღრმისეულ ცოდნას.

კონკრეტულად, არსებულ სიტუაციაში ჩვენ მიგვაჩნია, რომ დაპროგრამების სწავლების მეთოდოლოგას საფუძვლად უნდა დაედოს სერიოზული ალგორითმული მომზადება, რათა

მოსწავლეს გამოუმუშავდეს ამოცანის ალგორითმული ასპექტის ალღოს აღების უნარები. ეს ეტაპი უნდა გამაგრდეს ინფორმატიკის მთელი რიგი ფუძემდებელი ცნებების ათვისებით. ამის შემდეგ მაინც ჯობია დაპროგრამების საფუძვლების სწავლება დაეყრდნოს დაპროგრამების ენა C-ის, ან მისი ჯგუფის ენების რომელიმე წარმომადგენელს (ვთქვათ, ჯავას). ცხადია, კონკრეტული ენის (ვთქვათ, C-ის) შემთხვევაში მასწავლებელი ვალდებულია მოსწავლის ყურადღება გაამახვილოს ყველა „წყალქვეშა რიფზე“, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს ძნელად აღმოსაჩენი შეცდომა. ვთქვათ, კარგად გააგებინოს ყმაწვილებს, რომ ფრაგმენტები „if(x=5)++y;“ და „x=5,++y;“ ტოლმალოვანია. ერთი სიტყვით, აქ მასწავლებელმა თავად უნდა მოახდინოს პასკალის როლის შემსრულებელი სასწავლო ინსტრუმენტის არქონის კომპენსირება. არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება მოსწავლეს ჩაუნერგოთ, რომ თანრიგობრივი (ბიტური) ოპერაციები ზედმეტია და, ვთქვათ, რაკი არსებობს ვექტორი, სულ არ არის საჭირო ვიციოდეთ რა არის მასივი. დაუშვებელია აუდიტორიაში მასწავლებლად შევიდეს პიროვნება, ვისაც შეუძლია ყმაწვილებს ამოცანის ამოხსნად შესთავაზოს პროგრამა, რომლის შესრულებას კომპიუტერზე პირობით დაშვებული დიაპაზონის ზოგიერთი მონაცემისთვის დაჭირდება საუკუნეები. მოსწავლეებს თავიდანვე უნდა გამოუმუშავდეთ ზღვრულ მონაცემებზე პროგრამის მუშაობის ხანგრძლივობის შეფასების მოთხოვნილება, და ამ შეფასების მიღების უნარიც.

ცხადია, დაპროგრამების სასტარტო ენად შეიძლება მოგვევლინოს ნებისმიერი სხვა ენა, მათ შორის პითონი. მაგრამ თუ პითონის სწავლის შემდეგ სხვა ენაზე გადასვლის დროს მოსწავლე, ვთქვათ, მასივის ელემენტების ჯამის დათვლის საჭიროების შემთხვევაში ეცდება მონახოს ფუნქცია, რომელიც შეცვლის მისთვის პითონიდან ცნობილ sum ფუნქციას, და წარმოდგენა არ ექნება ენის მმართველ კონსტრუქციებზე (განშტოება, გადართვა, ციკლი,...) - მისი ცოდნა ნამდვილად ვერ ჩაითვლება დამაკმაყოფილებლად – აქედან გამომდინარე ყველა შედეგით...

4. დასკვნა

ზემომოყვანილიდან დასკვნის სახით დაპროგრამების საფუძვლების სწავლების მიმართ ვაყალიბებთ შემდეგ მოთხოვნებს:

1. დაპროგრამების კონკრეტული ენის კონსტრუქციების შესწავლას წინ უნდა უძღოდეს სპეციალური ალგორითმული მომზადება, რომელიც შექმნის ენის კონსტრუქციების გამოყენების საილუსტრაციო ბაზას.
2. ალგორითმული მომზადება აუცილებლად უნდა მოიცავდეს ალგორითმის ხარისხის შეფასების საკითხის შესწავლას. მოსწავლეს უნდა გამოუმუშავდეს კონკრეტულ კომპიუტერზე კონკრეტული ალგორითმის მიხედვით აგებული პროგრამის შესრულების ხანგრძლივობის შეფასების უნარი.
3. კონკრეტული დაპროგრამების ენის სწავლების დაწყების წინ მოსწავლეს სწორი წარმოდგენა უნდა შეექმნას კომპიუტერის მეხსიერების სტრუქტურის თაობაზე.
4. დაპროგრამების ენის კონსტრუქციების შესწავლის დროს აუცილებელია შეისწავლებოდეს თითოეული კონსტრუქციის არა მარტო სინტაქსი და სემანტიკა, აგრეთვე მისი გამოყენების მიზანშეწონილობა.
5. დაპროგრამების ენის შესწავლის მეთოდიკა უნდა იყოს ორიენტირებული ყოველი მომდევნო ენის უფრო ადვილად შესწავლაზე და არა მისი ათვისების პროცესის შეფერხებაზე.
6. დაპროგრამების საფუძვლების შესწავლის მთავარ მიზანს უნდა წარმოადგენდეს ხელი შეუწყოს, რათა მოსწავლეს გამოუმუშავდეს დაპროგრამების საკუთარი სტილი და ალგორითმული ხედვა. აქედან გამომდინარე, ამოცანის განხილვისას, მოსწავლეს უნდა შევთავაზოთ დაახლოებით მსგავსი ხარისხის რამდენიმე ამოხსნა, რომლებისგანაც მან თავად უნდა შეარჩიოს ის, რომელიც უკეთ შეესაბამება მისი აზროვნების სტილს, რომლის ძირითადი იდეა და რეალიზაცია მისთვის უფრო მახლობელია. ცხადია,

ამავდროულად, მოსწავლეს უნდა ვაუწყოთ, რომ შეთავაზებული ამოხსნები არ ამოწურავს ყველა შესაძლებელს.

7. აუცილებელია თავიდანვე ვიზრუნოთ, რათა მოსწავლეს გამოუმუშავდეს ინფორმატიკის მრავალფეროვან დარგში ორიენტაციის უნარი.

Modern problems of teaching the basics of programming

Teodore Zarkua, Victor Khutsishvili

Summary

The challenges faced by society in the context of the rapid development of information technologies and their overlap of almost all types of human activities are considered. Attention is focused on the problems of teaching the basics of programming, which are due to the modern very specific situation. Listed are the risks that can hinder the provision of an adequate level of programming learning. An approach is proposed for successfully solving this problem, based on many years of experience of the authors, and which can serve as a prerequisite for the creation of an effective methodology for teaching the basics of programming.

The final conclusion is quite unambiguous - the society needs to urgently and radically change its attitude to the process of teaching the basics of programming. Any delay in this matter entails the risk of inflicting a painful blow on the fundamental interests of society.

Современные проблемы обучения основам программирования

Теодоре Заркуа, Виктор Хуцшвили

Резюме

Рассматриваются вызовы, перед лицом которых оказалось общество в условиях резкого развития информационных технологий и перекрытия ими практически всех видов деятельности человека. Внимание заостряется на проблемах обучения основам программирования, которые обусловлены современной вполне конкретной конъюнктурой. Перечислены риски, которые могут помешать обеспечению должного уровня обучения программированию. Предлагается подход для успешного решения этой проблемы, опирающийся на многолетний опыт авторов, и который может послужить предпосылкой созданию действенной методики обучения основам программирования.

Окончательный вывод вполне однозначен – обществу необходимо срочно и коренным образом изменить отношение к процессу обучения основам программирования. Любое промедление в этом деле влечет риск нанести болезненный удар по коренным интересам общества.

Оценка ценности информации на модельной системе искусственного интеллекта

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радзиевский, Илья Оконян
v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com,
i.okonian@gmail.com

Резюме

Рассматривается модельная система искусственного интеллекта, используемая для оценки ценности информации. Согласно этой модели считается, что имеется задача если текущее состояние некоторой системы отличается от целевого, которое нужно достичь используя некоторый набор операторов. Показано, что при отсутствии информации направленной на достижение цели решение может быть осуществлено методом слепого поиска, что связано с большим перебором. Наличие информации, направленной на решение задачи, может сократить число проб по сравнению со средним числом проб при слепом поиске, что определит ценность полученной информации. Решение задачи осуществляется как для детерминированного так и для вероятностного случая.

Ключевые слова:

Информация, ценность информации, энтропия, целевое состояние, число проб.

Решение различных задач как теоретического так и практического характера всегда связано с обработкой и анализом получаемой информации. При этом, наряду с количеством, часто приходится оценивать поступающую информацию с точки зрения её ценности, полезности для получателя, решающего конкретную задачу. Ясно, что одна и та же информация имеет различную ценность для получателей, решающих разные задачи и имеющих различные цели. Вопросы ценности и полезности информации, были рассмотрены многими авторами. Так, например, в работе [1] для оценки ценности информации А.А.Харкевич предлагает формулу: $V = \log_2 \frac{P}{p}$, где P – вероятность достижения цели до получения информации, а p – вероятность достижения цели после получения информации. Ценность информации при этом измеряется в битах. В работе [2] М.М. Бонгард вводит понятие «полезной информации» и получает более общий вероятностно-алгебраический подход, при котором формула Харкевича становится частным случаем. Карагодин [3] предложил использовать в качестве меры ценности величину: $V = \frac{P-p}{1-p}$, которая, обладает похожими на формулу Харкевича свойствами, но изменяется от 0 до 1. Другие подходы разрабатывались на основе языка формальной логики Р. Карнапом, И. Бар-Хиллелом, Д. Харрахом, Д. Кемени, Я. Хинтикка.

В данной работе предпринята попытка высказать некоторые соображения, касающиеся оценки ценности информации для конкретного класса задач искусственного интеллекта. Для этого будем использовать модельную систему, дающую некоторое общее представление о задачах и об их решении. В искусственном интеллекте существует направление, которое называется «решение задач». Этот термин в области искусственного интеллекта употребляется в весьма ограниченном смысле. Мы говорим, что имеется задача, если текущее состояние некоторой системы отличается от желаемого – целевого состояния [4]. Задачу, представленную в таком виде, будем использовать в качестве модели для решения вопроса оценки ценности информации. Следует отметить, что в работах по искусственному интеллекту, в основном, рассматриваются задачи в которых традиционные математические методы не применимы, и многие из них решаются посредством поиска решений в пространстве возможных состояний. Для обсуждения методов поиска решений вводится понятие состояния и операторов для данной задачи.

Так, например, в игре 15, которая часто используется в искусственном интеллекте для иллюстрации интеллектуальных задач, связанных с проблемой поиска, текущее и целевое состояние – это некоторое конкретное расположение фишек. Операторы задаются с помощью

правил переписывания. При решении задач на путешествия, текущее и целевое состояния определяются физическим местоположением. Операторы есть средства передвижения. При решении задачи строительства с помощью робота текущее состояние может быть задано стопкой кирпичей, а целевое – некоторым строением. Операторы – это всякие средства для осуществления строительных работ. При решении геометрических задач, текущее состояние определяется всем, что известно вообще и, в частности, для данной задачи. Целевым состоянием может быть такая же совокупность, но включающая также и то, что требовалось вычислить или доказать. Операторы – это формулы, методы логического вывода из аксиом или известных теорем. При решении медицинских задач диагностики и лечения, текущее состояние определяется описанием болезни (симптомы, лабораторные и другие результаты обследования). Целевым состоянием является описание состояния здоровья, операторы – это медикаменты, диета и другие оздоровительные мероприятия.

Геометрически эти возможности отображаются в виде сети (Рис. 1), дуги которой нагружены операторами, осуществляющими переход из одного состояния в другое. На рисунке начальное состояние обозначено прямоугольником, целевое состояние треугольником, а

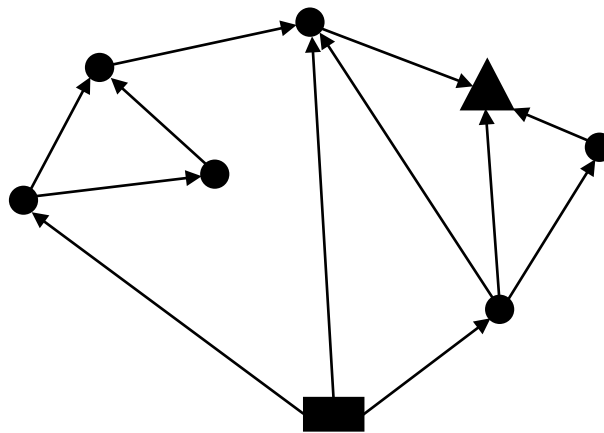


Рис. 1

промежуточные состояния кружками.

Можно рассмотреть несколько вариантов организации такой сети. Простейший из них состоит в том, что сеть задана полностью. Другими словами все ситуации полностью перечислены и отображены в сети, а переходы из состояния в состояние детерминированы. Рассмотрим задачу оценки ценности информации для этого детерминированного случая. Пусть имеем некоторую систему S , которая может принимать конечное множество состояний: $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$. Переход из состояния в состояние осуществляется с помощью операторов из некоторого заданного множества $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)$. Причём эти переходы детерминированы. Если решающая система получит информацию, способствующую достижению цели, то перебор может быть сокращён.

Пусть число проб, необходимых для перехода из исходного состояния в целевое до получения информации требует полного перебора и равно N , а после получения информации равно n . Тогда ценность информации C будет пропорциональна разности $M = N - n$. Т.е., $C = G \cdot M$. Будем брать G равным единице, тогда $C = N - n$. Следует отметить, что для одной и той же задачи исходное состояние может быть различным. Для перехода в целевое состояние может потребоваться разное число проб. Поэтому для фиксации исходного состояния будем использовать не просто число проб, а среднее число проб, необходимых для перехода в целевое состояние. Это исключит разноречивость в значениях ценности информации для одной и той же задачи при разных начальных позициях. В этом случае N будет фиксировано и M будет зависеть только от значения n .

Рассмотрим вероятностный вариант организации такой сети, т.е. случай, когда система S принимает конечное множество состояний: s_1, s_2, \dots, s_n с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_n , где p_i – есть вероятность того, что система S примет состояние x_i .

В теории информации, развитой Клодом Шенноном, в качестве основного понятия определяется мера априорной неопределённости системы, называемая энтропией $H(S)$ [5].

Энтропией системы называется сумма произведений вероятностей различных состояний системы на логарифм этих вероятностей, взятых с обратным знаком. Будем пользоваться логарифмом по основанию 2 и измерять энтропию в двоичных единицах.

$$H(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

Следует, однако, отметить, что шенноновская теория информации ничего не говорит о ценности информации для получателя. Будем рассматривать вопрос оценки ценности информации в аспекте упомянутого выше направления искусственного интеллекта, называемом «решение задач» [4]. Априорная неопределённость задачи будет определяться энтропией $H(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$

При отсутствии всякого рода информации о тех действиях, которые могут перевести исходное состояние в целевое, задача может решаться полным перебором всех возможных вариантов. Перебор может быть сокращён, если решающая система получит информацию, указывающую на те действия, которые могут сократить число проб для перехода к целевому состоянию. После получения сообщения неопределённость задачи изменится, т.к. сократится число рассматриваемых состояний и изменятся вероятности перехода из состояния в состояние. В этом случае неопределённость задачи будет определяться формулой:

$$H(S_1) = - \sum_{i=1}^k q_i \log q_i$$

Тогда ценность C информации будет пропорциональна разности $P = H(S) - H(S_1)$, т.е. $C = g \cdot P$. Этой разности соответствует число проб, необходимых для перехода в состояние, соответствующее достижению цели. Так как в исходном состоянии нет предпочтительных вероятностей перехода, удобно считать переходы во все состояния равновероятными. В этом случае энтропия системы, имеющей n равновероятных состояний будет $H(S) = -n \frac{1}{n} \log \frac{1}{n} = -\log 1 + \log n$, или $H(S) = \log n$. Тогда до получения информации неопределённость задачи будет $\log n$, а после получения информации будет $H(S_1) = - \sum_{i=1}^k q_i \log q_i$.

Тогда величина C пропорциональна разности $P = \log n - H(S_1)$ будет определять ценность полученной информации. Эта величина измеряется в битах. Т.е., ценность полученной информации будет $C = g \cdot P$, (в дальнейшем будем брать $g = 1$). Ясно, что для разных задач ценность информации соответствующая одному биту будет разная, и, следовательно, и полная ценность полученной информации будет разная. Ценность информации для одной и той же задачи тоже может быть разной. Всё это будет зависит от стоимости шага в детерминированном случае или стоимости бита информации в вероятностном случае.

Очевидно, эффективность поиска заключительной вершины (целевого состояния) можно повысить, если имеется способ ранжирования множества ситуаций. Для этого формируется оценочная функция, обеспечивающая переход на более перспективную вершину, которая с наибольшей вероятностью находится на лучшем пути к цели [6, 7]. В данной работе в качестве оценочной функции будем использовать некоторую функцию f , предложенную в работе [8]. Эта функция имеет вид:

$$f = \frac{n(A \cap B)}{n(B)}, f \in [0, 1] \quad (1),$$

где A – множество признаков текущего состояния, B – множество признаков целевого состояния, $n(A \cap B)$ – множество признаков, совпадающих у текущего и целевого состояния. Такая мера близости оказалась довольно удачной при решении ряда задач. Проиллюстрируем использование этой функции для решения задачи, известной как игра 15; однако для сокращения поисковой процедуры берём упрощённый вариант этой задачи – игру 8, где A – расположение фишек текущего состояния, B – расположение фишек целевого состояния, $n(A \cap B)$ – число фишек, имеющих расположение, совпадающее у текущего и целевого состояния, $n(B)$ это число фишек в целевом состоянии. На рисунке 2 представлено дерево, представляющее процесс поиска целевого состояния после получения информации. Осуществляя поиск оптимального пути к цели мы каждый раз переходим на ту вершину, для которой функция f принимает максимальное значение. Полное дерево, представляющее процесс слепого перебора состоит из 46 вершин; и, соответственно, делалось 46 проб до перехода в целевое состояние. После получения информации их количество стало 13. Ценность информации C будет пропорциональна разности $M = N - n$; при $G = 1$ $C = 46 - 13 = 33$

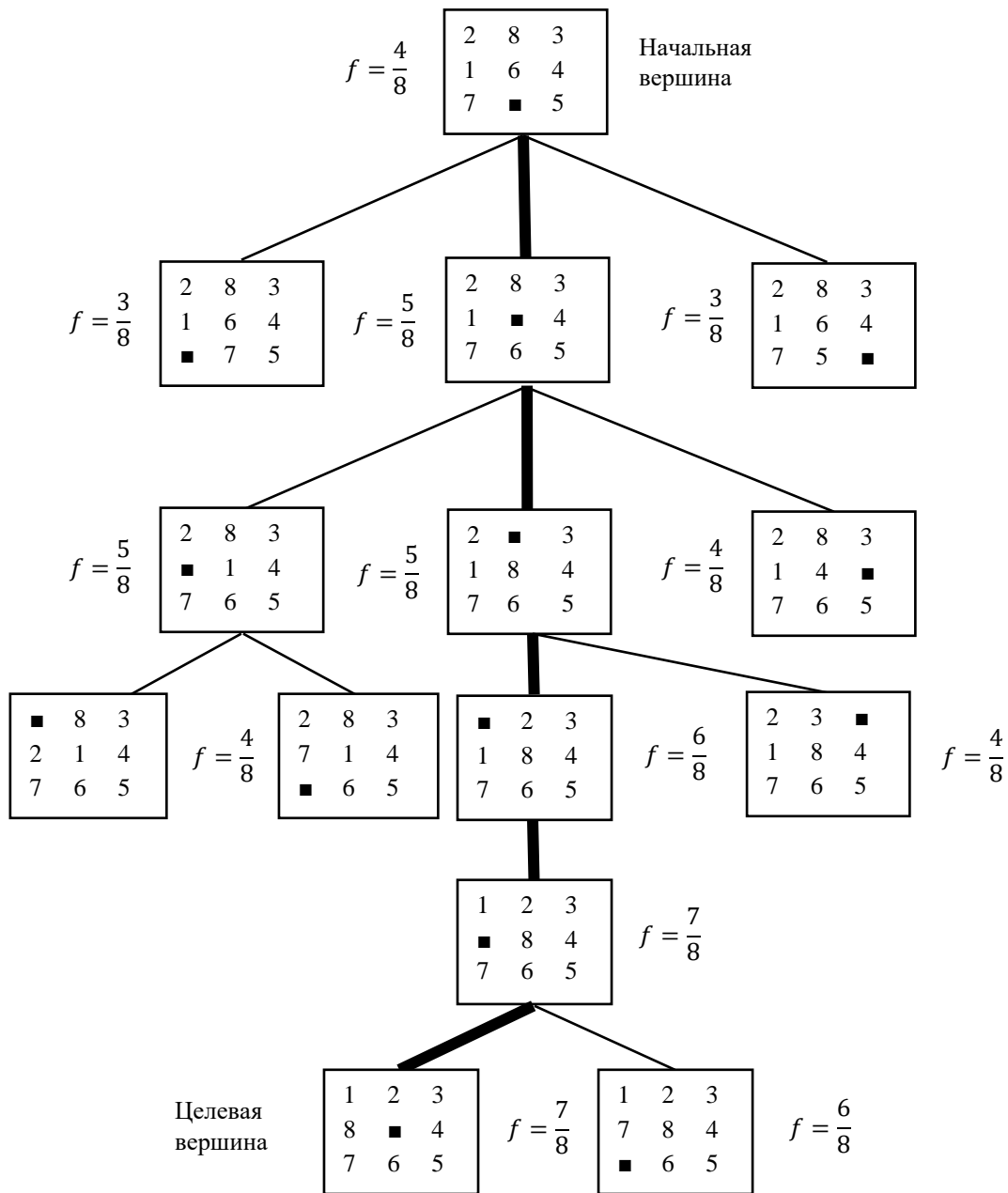


Рис. 2

ინფორმაციის ღირებულების შეფასება ხელოვნური ინტელექტის მოდელის სისტემაზე

ვადიმ რაძიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რაძიევსკი, ილია ოკონიანი.

რეზიუმე

განიხილება ხელოვნური ინტელექტის მოდელური სისტემა, რომელიც გამოიყენება ინფორმაციის ღირებულების შესაფასებლად. ამ მოდელის თანახმად ითვლება, რომ არსებობს ამოცანა, თუ რომელიმე სისტემის მიმდინარე მდგომარეობა განსხვავდება

მიზნობრივი მდგომარეობისგან, რომელსაც უნდა მივაღწიოთ რაღაც ოპერატორების ჯგუფის გამოყენებით. ნაჩვენებია, რომ ინფორმაციის არარსებობისას, რომელიც მიმართულია მიზნის მისაღწევად, ამოცანის ამოხსნა ხორციელდება ბრმა ძიების მეთოდით, რაც დაკავშირებულია დიდ გადარჩევასთან. ცხადია, რომ ინფორმაცია, რომელიც მიმართულია ამოცანის ამოხსნაზე, ამცირებს საშუალო სინჯების რაოდენობას სასურველი მდგომარეობის მისაღწევად. ამიტომ ინფორმაციის ფასეულობა ამოცანის ამოხსნისას განისაზღვრება სინჯების რაოდენობის შემცირებით გადარჩევასთან შედარებით. ამოცანის ამოხსნა ხორციელდება როგორც დეტერმინირებული, ასევე ალბათური შემთხვევისათვის.

Assessment of the Value of Information on a Model System of Artificial Intelligence

Vadim Radzievski, Maia Mikeladze, Dimitri Radzievski, Ilia Okonian

Summary

A model system used to assess the value of information is considered. According to this model, it is considered, that there is a task if the current state of a certain system differs from the target, which must be achieved using a certain set of operators. It is shown that in the absence of information aimed at achieving the goal, the solution can be carried out by the method of blind search, which is associated with a large enumeration. The availability of information aimed at solving a problem can reduce the number of trials to find the desired state. Therefore, the value of information in solving the problem is determined by the reduction in the number of samples during the transition from the initial state to the target state after receiving the information. The solution of the problem is carried out both for the deterministic and for the probabilistic case.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Харкевич А. А. О ценности информации// Проблемы кибернетики. – 1960. – Вып. 4. – С. 54.
2. Бонгард М.М. Проблема узнавания. – М.: Физматгиз, 1967.
3. Корогодина В. И., Корогодина В. Л. Информация как основа жизни. – Дубна: Издательский центр «Феникс», 2000. – 208 с.
4. Хант Э. Искусственный интеллект. Издательство Мир. Москва. 1978, глава 9, страница 245.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. государственное издательство физико-математической литературы. Москва. 1962.
6. Уинстон П. Искусственный интеллект. Издательство мир. Москва. 1980.
7. Н.Нильсон. Искусственный интеллект. Мир. Москва. 1973.
8. В Радзевский. Использование оценочных функций и знаний в задаче автоматизации поиска решений при управлении сложными системами. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2000 წ. გვ. 184 - 188.

სამედიცინო დიაგნოსტიკების ინტელექტუალურ სისტემასთან ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობის ამოცანა

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი
v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com,
i.okonian@gmail.com

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო დიაგნოსტიკების ინტელექტუალურ სისტემასთან ურთიერთობა ბუნებრივ ენაზე. ამოცანის ამოსახსნელად გამოიყენება ფილმორის მიერ შეთავაზებული სიღრმისეულ დონეზე წარმოდგენილი მოვლენების აღწერის მეთოდი. სიღრმისეულ სტრუქტურას საფუძვლად უდევს მოქმედება, რომელიც არის მოვლენის ღერძი, წარმოდგენილი ზმნის სახით. წინადადებაში გამოიყოფა მოქმედების აგენტი, მოქმედების ობიექტი, მოქმედების ადრესატი და ა.შ. სემანტიკურ დონეზე წარმოდგენილი ამგვარი წინადადებები სტანდარტული სახით შეტანილია ცოდნის ბაზაში. შესასვლელი წინადადების გასაგებად აუცილებელია ზედაპირული დონიდან სიღრმისეული სტრუქტურების დონეზე გადასვლა.

საკვანძო სიტყვები:

მედიცინა, დიაგნოსტიკა, ბუნებრივი ენა, სიღრმისეული დონე, ლინგვისტური ურთიერთობა

ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისება, რომელიც უნდა ჰქონდეს ინტელექტუალურ სისტემას, არის მომხმარებელთან ურთიერთობის უნარი. სასურველია აგრეთვე, რომ ასეთი ურთიერთობა განხორციელდეს ბუნებრივ ენაზე. ამისათვის ინტელექტუალურ სისტემას უნდა შეემდოს შემდეგი ამოცანების ამოხსნა [1]:

1. ბუნებრივი ენის წინადადებათა გაგება.
2. პასუხის გამოყვანა არსებული ცოდნის საფუძველზე
3. პასუხის ასახვა შეზღუდულ ბუნებრივ ენაზე

ლინგვისტიკის თანახმად, არსებობს ენის რამდენიმე დონე. ერთ-ერთი დონე წარმოადგენს ზედაპირული სტრუქტურის დონეს. ამ დონეზე წარმოიდგინება ენის მექანიზმის ფუნქციონირების დაკვირვების შედეგები – რეალური წინადადება. მეორე კი წარმოადგენს ენის სიღრმისეული სტრუქტურის დონეს. ამ დონეზე წარმოიდგინება აზრობრივი შინაარსი. ერთი და იგივე წინადადება შეიძლება გაიმართოს განსხვავებულად ზედაპირულ დონეზე, მაგრამ სემანტიკურ დონეზე ერთნაირად იქნება წარმოდგენილი. ცხადია, რომ ცოდნის ბაზაში საჭიროა წინადადების აზრობრივი წარმოდგენა, ე.ი. სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე.

ცოდნის ბაზის გამოყენებისას გვიხდება ზედაპირული სტრუქტურის დონეზე წარმოდგენილი წინადადების გარდაქმნა სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე. თუ ეს გარდაქმნა შედეგადად, მაშინ შემავალი წინადადების სტრუქტურა და ცოდნის ბაზაში წარმოდგენილი ერთ-ერთი წინადადება დაემთხვევა ერთმანეთს.

ამ ამოცანის ამოსახსნელად საჭიროა წინადადების სიტყვათა კლასიფიცირება მეტყველების ნაწილების მიხედვით (არსებითი სახელი, ზმნა, ზედსართავი სახელი, რიცხვითი სახელი და ა.შ. ასევე წინადადების წევრების მიხედვით (ქვემდებარე, შემასმენელი, განსაზღვრება, დამატება და ა.შ.)

ხელოვნური ინტელექტის სისტემებში გამოიყენება წესების გარკვეული ერთობლიობა, რომელთა საშუალებით შესაძლებელი ხდება ზედაპირული სტრუქტურის დონეზე

წარმოდგენილი წინადადების გარდაქმნა სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე. ეს კი, ინტელექტუალურ სისტემას ხელს შეუწყობს შემავალი წინადადების აზრში ჩაწვდომას.

დავუშვათ, მოცემული გვაქვს შემდეგი წინადადება: **ახალგაზრდა კაცი ჩეხავს შეშას.** წინადადების ინტერპრეტაციისთვის სემანტიკური ანალიზატორის ცოდნის ბაზაში უნდა იყოს წესების შემდეგი ნაკრები [2].

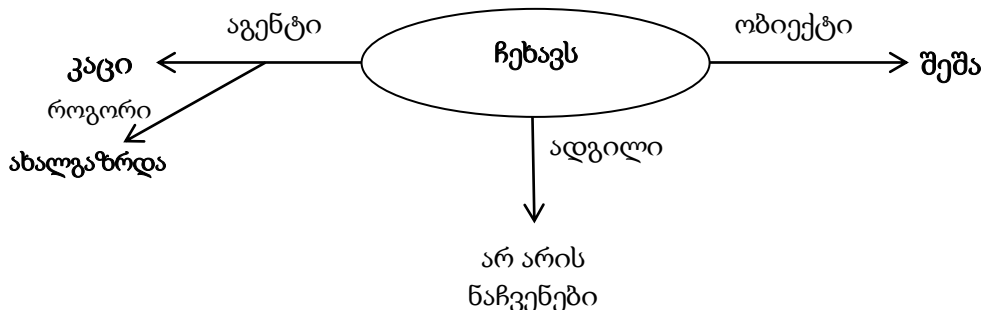
1. **თუ** ზედსართავი სახელი დგას პირველ ადგილზე და შემდეგ მოდის არსებითი სახელი
მაშინ არსებითი სახელი არის ქვემდებარე
2. **თუ** ქვემდებარის შემდეგ მოდის ზმნა
მაშინ ეს ზმნა არის შემასმენელი
3. **თუ** ქვემდებარის შემდეგ მოდის შემასმენელი და ამის შემდეგ მოდის არსებითი სახელი
მაშინ ეს არსებითი სახელი არის დამატება.
4. **თუ** წინადადებას აქვს სიტყვების შემდეგი წესრიგი: ქვემდებარე, ზმნა, დამატება,
მაშინ წინადადება მეტყველებს იმაზე, რომ ქვემდებარე ასრულებს მოქმედებას, რომელიც დამატების მიმართ შემასმენლითაა გამოსახული.

არსებითი წვლილი სიღრმისეული სტრუქტურების თეორიის დამუშავებაში შეიტანა შერთებული შტატების ცნობილმა ლინგვისტმა ჩ. ფილმორმა [3]. ფილმორის თეორიის თანახმად, ბუნებრივ ენაში საჭიროა შევძლოთ მოვლენების აღწერა. მოვლენა შედგება მოქმედებისგან, მოქმედი პირისაგან და სხვადასხვა ობიექტებისგან, რომლებზეც შეიძლება განხორციელდეს მოქმედება. ფილმორის მიხედვით, მოქმედების აღწერისთვის უნდა იყოს ნაჩვენები ვინ აწარმოებს მოქმედებას (აგენტი), რაზე ან ვისზე ვრცელდება მოქმედება (ობიექტი), ადგილი, სადაც ხორციელდება მოქმედება (ადგილი), იარაღი, რომლის მეშვეობით ხორციელდება მოქმედება (იარაღი), მოქმედების დრო და ა.შ.

მოქმედება არის მოვლენების ღერძი.

მოვლენის ელემენტები

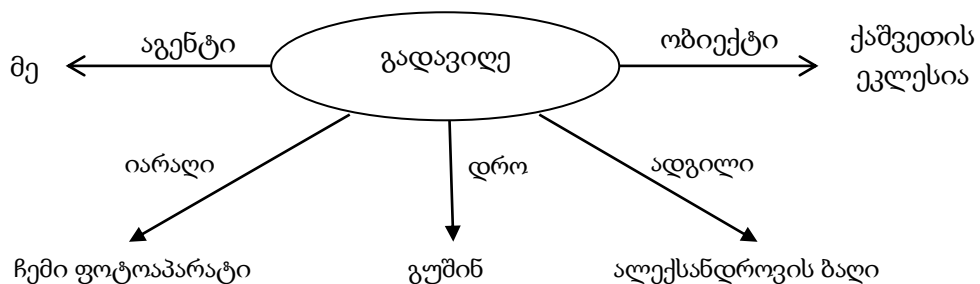
- მოქმედება – ზმნა.
- აგენტი – მოქმედი პირი.
- იარაღი – მოქმედების იარაღი.
- ადგილი – სად ხორციელდება მოქმედება.
- ობიექტი – საგანი, რომელზეც ვრცელდება მოქმედება.
- დრო – როდის ხორციელდება მოქმედება.
- მიზანი – მოქმედების მიზანი.



ნახ. 1

ჩვენი წინადადება ფილმორის მიხედვით ასე წარმოიდგინება: დავუშვათ, ინტელექტუალურმა სისტემამ უნდა გაიგოს რას აკეთებს კაცი და რას წარმოადგენს მისი მოქმედების ობიექტი. ამისათვის სისტემა მიმართავს წესს 1, რომლის მეშვეობით განსაზღვრავს, რომ კაცი არის ქვემდებარე. წესი 2-ის მეშვეობით განსაზღვრავს, რომ სიტყვა *ჩეხავს* არის შემასმენელი(მოქმედება). 3 და 4 წესის მეშვეობით ადგენს, რომ სიტყვა *შეშა* არის მოქმედების ობიექტი. ეს სტრუქტურა აგრეთვე შეიძლება ერთ სტრიქონში წარმოვადგინოთ (ჩეხავს), **მოქმედება** (ახალგაზრდა კაცი) **აგენტი**, (შეშა) **ობიექტი** ასეთი სტრუქტურა საშუალებას იძლევა წარმოვადგინოთ წინადადების აზრი. იგივენაირად იქნება წარმოდგენილი ვნებითი გვარის წინადადება „**შეშა იჩეხება ახალგაზრდა კაცის მიერ**“. *კაცი* არის მოქმედების აგენტი, *ჩეხავს* - მოქმედება, *შეშა* - ობიექტი.

ავილოთ უფრო რთული წინადადება: „**გუშინ, ალექსანდროვის ბაღიდან, მე ჩემი ფოტოაპარატით გადავიღე ქაშვეთის ეკლესია**“. **მოქმედება** (გადავიღე) **აგენტი** (მე) **ობიექტი** (ქაშვეთის ეკლესია) **იარაღი** (ჩემი ფოტოაპარატი) **ადგილი** (ალექსანდროვის ბაღი) **დრო** (გუშინ). ასეთი სტრუქტურა იძლევა საშუალებას მივიღოთ პასუხი ზოგიერთ კითხვაზე:



ნახ. 2

1. ვინ გადაიღო ქაშვეთის ეკლესია? ქაშვეთის ეკლესია გადავიღე მე.
2. რითი იყო გადაღებული ქაშვეთის ეკლესია? ქაშვეთის ეკლესია იყო გადაღებული ჩემი ფოტოაპარატით.
3. როდის იყო გადაღებული ქაშვეთის ეკლესია? ქაშვეთის ეკლესია იყო გადაღებული გუშინ.
4. საიდან იყო გადაღებული ქაშვეთის ეკლესია? ქაშვეთის ეკლესია იყო გადაღებული ალექსანდროვის ბაღიდან

მოცემული სამუშაო ეხება სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის შექმნის საკითხებს. ამ შემთხვევაში სისტემის მომხმარებლის როლში შეიძლება იყოს თავად ავადმყოფი, მისი ახლობლები, და ა.შ. ე.ი ექიმის როლის შემსრულებელი სისტემა ინფორმაციას ავადმყოფის ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესახებ ღებულობს ადამიანისგან ბუნებრივ ენაზე. აღსანიშნავია, რომ იმისდა მიხედვით, თუ რა სინონიმებია გამოყენებული შემავალ წინადადებაში, ერთი და იგივე შინაარსის წინადადება სხვადასხვანაირად იქნება წარმოდგენილი. იმისათვის, რომ შემავალი სიტყვები იყოს გასაგები სისტემისთვის, უნდა ჩატარდეს შემავალი წინადადების კანონიზება, რაც გულისხმობს კომპიუტერისთვის გასაგები სინონიმებით შემავალი წინადადების სიტყვების შეცვლას. ეს ოპერაცია ხორციელდება სპეციალური ლექსიკონის მეშვეობით.

განვიხილოთ შემავალი წინადადებების სახეები დაავადების ისტორიებიდან და წარმოვადგინოთ ფილმორის მეთოდის მიხედვით. დავუშვათ, კომპიუტერი სვამს



ნახ. 3

სტანდარტულ შეკითხვას: „რა გაწუხებთ“, „რას უჩივით“, „რა ჩვილები აქვს ავადმყოფს“ ან „რა აწუხებს ავადმყოფს“. ამ კითხვებზე ავადმყოფმა ან მისმა ახლობლებმა უნდა გასცენ პასუხი. ვთქვათ, ამას აკეთებს ახლობელი. მაშინ ახლობელი უნდა მოყვეს ავადმყოფის ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესახებ.

ტექსტი, რომელიც აღწერს ავადმყოფის ჯანმრთელობის მდგომარეობას, არის სპეციფიკური. ამ ტექსტებში იშვიათად გამოიყენება მოვლენის ღერძის აღმნიშვნელი მოქმედება. ტექსტებში არ არის ცხადად წარმოდგენილი მოქმედების ელემენტები. იმისათვის, რომ ტექსტი იყოს წარმოდგენილი ფორმალურად და სტანდარტულად, საჭიროა მეთოდის მოდიფიცირება ისე, რომ შესაძლებელი იყოს მისი გარდაქმნა სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე. ამ ტექსტებში, როგორც წესი, გამოიყენება სიტყვები *აწუხებს, ჩივის, აქვს*. ეს სიტყვები მიუთითებენ სუბიექტზე, რომელსაც გააჩნია რაღაც პათოლოგიური თვისება. სიტყვა „ავადმყოფს“ არის ქვემდებარე, რომელიც მიუთითებს სუბიექტზე, რომელიც თავად არის პათოლოგიური თვისების მატარებელი. გარდა ამისა, ტექსტებში გვხვდება ზმნები, რომლებიც წინადადებაში შემასმენლის როლს ასრულებენ. მაგალითად: *ავადმყოფს სტკივა მუხლები*. აქ „სტკივა“ არის მოქმედება, ხოლო „მუხლები“ არის ობიექტი. აქ გამოიყენება ფილმორის სტრუქტურა აგენტის გარეშე.

აგენტის მაგივრად არის სუბიექტი – დაავადების მატარებელი. გამოვყოთ დაავადების ისტორიებიდან წინადადებები, სადაც ცხადადაა წარმოდგენილი მოქმედება:

1. ავადმყოფს გაუარესდა მეხსიერება,
2. ავადმყოფს უბუჟდება კიდურები,
3. ავადმყოფს ეწვის ფეხების ქვედა ნაწილი,
4. ავადმყოფს ერღვევა სუნთქვა,
5. ავადმყოფს სტკივა თვალები.

ავიღოთ პირველი წინადადება: „ავადმყოფს გაუარესდა მეხსიერება“ და წარმოვადგინოთ ფილმორის სტრუქტურის მსგავსად. **მოქმედება** (გაუარესდა) **სუბიექტი** (ავადმყოფი) **ობიექტი** (მეხსიერება). სუბიექტი „ავადმყოფი“ არის მეხსიერების გაუარესების მატარებელი. ავიღოთ მეორე წინადადება: „ავადმყოფს უბუჟდება კიდურები“ წარმოვადგინოთ ფილმორის სტრუქტურის მსგავსად.

მოქმედება – უბუჟდება, *სუბიექტი* – ავადმყოფი, *ობიექტი* – კიდურები, *სუბიექტი* (ავადმყოფი) არის კიდურების დაბუჟების „მატარებელი“.

„ავადმყოფს ეწვის ფეხების ქვედა ნაწილი“. *მოქმედება* ეწვის, *სუბიექტი* – ავადმყოფი, *ობიექტი* – ფეხების ქვედა ნაწილი, *სუბიექტი* – ავადმყოფი არის ფეხების ქვედა ნაწილის წვის „მატარებელი“.

„ავადმყოფს ერღვევა სუნთქვა“. *მოქმედება* – ერღვევა, *სუბიექტი* – ავადმყოფი, *ობიექტი* – სუნთქვა, *სუბიექტი* (ავადმყოფი) არის სუნთქვის დარღვევის მატარებელი.

„ავადმყოფს სტკივა თვალები“. *მოქმედება* – სტკივა, *სუბიექტი* – ავადმყოფი, *ობიექტი* – თვალები, *სუბიექტი* (ავადმყოფი) არის თვალის ტკივილის „მატარებელი“.

ინტელექტუალურ სისტემასთან ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით სამუშაოში შეთავაზებული იყო ფილმორის მეთოდი. ეს მეთოდი თხოულობს ზედაპირული სტრუქტურის გარდაქმნას სიღრმისეულ სტრუქტურაში, რაც

მოითხოვს ლინგვისტური ანალიზის ჩატარებას და ზოგჯერ დაკავშირებულია სიმწელებთან. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში ხერხდება ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობის ამოცანის გადაწყვეტა ზედაპირული სტრუქტურის ფარგლებში ე.წ. გასაღები სიტყვების გამოყენებით. სამუშაოში [4, 5, 6]. დიაგნოსტიკის ამოცანის ამოსახსნელად გამოყენებული იყო გასაღები სიტყვები, მიღებული სიმპტომების სიტყვიერი აღწერის გარკვეული მოწესრიგების მეშვეობით.

The Task of Communicating With an Intelligent Medical Diagnostic System in Natural Language

Vadim Radziewski, Maia Mikeladze, Dimitri Radziewski, Ilia Okoniani

Summary

The problem of communication with an intelligent system of medical diagnostics in natural language is considered. To solve the problem, the method of describing events in the form of sentences presented at a deep semantic level proposed by Ch. Fillmore is used. At the heart of the deep structure is the action, which is the axis of the event, represented as a verb. In the sentence, the agent of the action, the object of the action, the addressee of the action, etc. are highlighted. Such sentences presented at the semantic level in a standard form are entered into the knowledge base. To understand the input sentence, it is necessary to move from the surface level to the level of deep structures.

Задача общения с интеллектуальной системой медицинской диагностики на естественном языке

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радзиевский, Илья Оконян

Резюме

Рассматривается задача общения с интеллектуальной системой медицинской диагностики на естественном языке. Для решения задачи используется метод описания событий в виде предложения, представленных на глубинном семантическом уровне, предложенный Ч. Фильмором. В основе глубинной структуры лежит действие, являющееся осью события, представленное в виде глагола. В предложении выделяется агент действия, объект действия, адресат действия и т. д. Такие предложения, представленные на семантическом уровне в стандартной форме, заносятся в базу знаний. Для понимания входного предложения необходимо перейти от поверхностного уровня к уровню глубинных структур.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Попов Э.В., Фирдман Г.Р. Алгоритмические основы интеллектуальных роботов и искусственного интеллекта. «Наука». Главная редакция физико-математической литературы Москва 1976.
2. Левин Р., Дранг Д., Эдельсон Б. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на бейсике. Москва. «Финансы и статистика» 1990.
3. Fillmore Ch. J. “Universals in linguistic Theory”, Bach E, Harms R (eds) N.Y., pp.1 – 88. 1968.
4. Радзиевский В., Радзиевский Д. Логико-лингвистические модели знаний в неформализованных задачах принятия решений и управления. სსიპ არჩილ ელიაშვილის

მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, № 14 თბილისი, 2010 წ. გვ. 236 – 240.

5. რაძიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯალიაბოვა ნ., რაძიევსკი დ. გადაწყვეტილების ბინარული ხის გამოყენება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბ., 2018წ. გვ. 151–156.
6. რაძიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ცოდნის პროდუქციული მოდელები თავის ტკივილის პირველადი დაავადებათა დიაგნოსტიკაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №19, თბილისი, 2015 წ. გვ. 139 – 140.

სასწავლო ნეირონული ქსელების გამოყენება დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემების შექმნისას

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, ნორა ჯალიაბოვა, დიმიტრი რადიევსკი,

ილია ოკონიანი

*v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, noraj@mail.ru,
dradzievski@gmail.com, i.okonian@gmail.com*

რეზიუმე

სტატიაში განიხილება დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემების შექმნის ზოგადი ამოცანა სასწავლო ნეირონული ქსელების გამოყენებით. ნეირონული ქსელის რკალებს ენიჭება წონითი კოეფიციენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ დასკვნისადმი ნდობის ხარისხს. ეს კოეფიციენტები ყალიბდება სასწავლო პროცესში და განმარტავს დარღვევებსა და მათ გამომწვევ მიზეზებს შორის დამოკიდებულებას. ნეირონული ქსელის დასწავლა ხორციელდება სასწავლო ამონაკრეფის გამოყენებით. დასწავლის პროცესში ყალიბდება ე. წ. დისკრიმინანტული ფუნქცია, რომელიც მომავალში გამოიყენება ახალი ობიექტების დიაგნოსტიკისათვის. დიაგნოსტიკური სისტემის სწავლების პრინციპი ნაჩვენებია მაგალითზე, რომელიც არ არის მიზნული რაიმე ობიექტზე.

საკვანძო სიტყვები:

დიაგნოსტიკა, ნეირონული ქსელი, წონითი კოეფიციენტი, სასწავლო ამონაკრეფი

დიაგნოსტიკის ამოცანა მჭიდროდაა დაკავშირებული სწავლებადი სისტემის ქცევის ცვლილებების ანალიზთან, ამ ცვლილებების გამომწვევი მიზეზების დადგენასთან და ამის საფუძველზე დასკვნის გამოტანასთან ამ სისტემის მდგომარეობის შესახებ. კომპიუტერული დიაგნოსტიკის პრობლემის გადაწყვეტა დაიყვანება ასეთი წესის შემუშავებაზე, რომლის შესაბამისად მდგომარეობის თითოეული ცვლილებებისთვის მითითებულია, თუ რომელ კლასს მიეკუთვნება ეს ცვლილება. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა მეთოდი. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდი, დაფუძნებულია შესაბამისი საგნის სპეციალისტის ცოდნაზე. ცოდნა სისტემის შესახებ უნდა შეიცავდეს ინფორმაციას იმის შესახებ თუ სისტემის მდგომარეობის სხვადასხვა ცვლილებები რა გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე. ამ ცვლილებებს დარღვევები ეწოდება. დარღვევების მაგალითებია: სისხლში პროტრომბინის რაოდენობის ზრდა, სისხლში შაქრის მომატება, ქსელში ძაბვის ცვლილება, ძრავის გადახურება, რეგიონში არსებული სახეობების მკვეთრი ცვლილება, დოლარის კურსის ვარდნა, ინფლაციის ზრდა და ა.შ. ყოველი ეს მაგალითი წარმოადგენს დარღვევებს, რომლებიც ეხება ცოდნის სხვადასხვა სფეროს და წარმოადგენენ ობიექტისა და მისი მახასიათებლების ნორმიდან გადახრას. არსებობს ცოდნის წარმოდგენის სხვადასხვა მოდელი. ეს არის სემანტიკური ქსელები, პროდუქციების წესები, ფრეიმები, ლოგიკური მეთოდები და ა. შ. ამოცანისა და დიაგნოსტიკის ამოცანებში ყველაზე ხშირად გამოიყენება სემანტიკური ქსელები და პროდუქციების წესები.

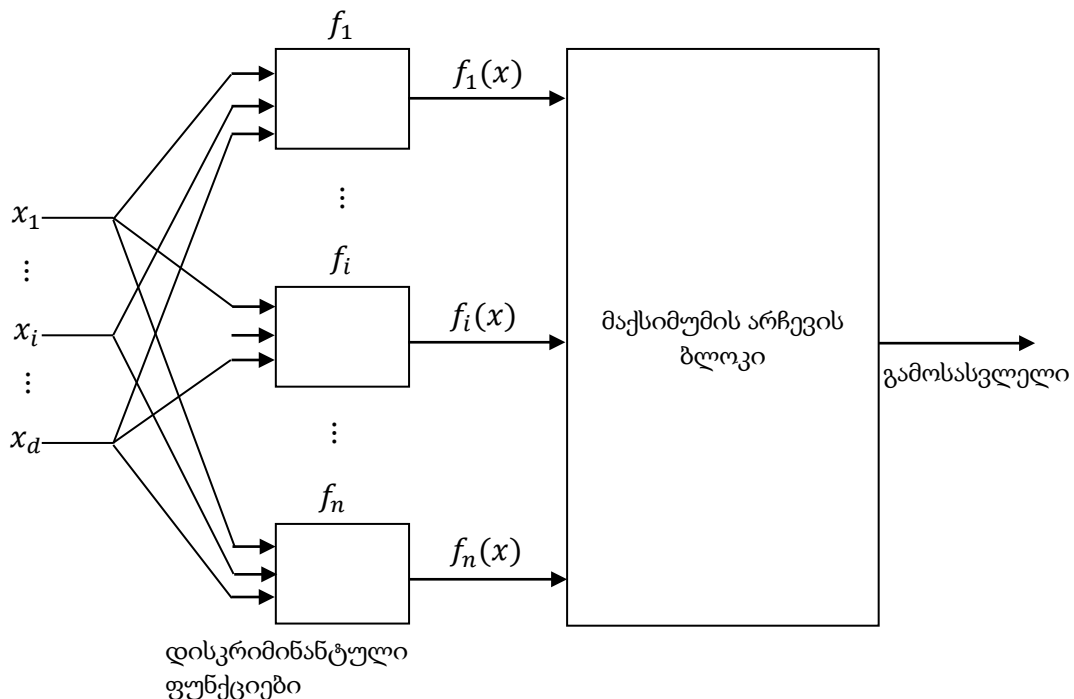
ყველა შემთხვევაში, კონკრეტული პრობლემის გადაჭრისას აუცილებელია რიცხვითი შეფასებების გაკეთება, რომლებიც განმარტავენ დაფიქსირებულ დარღვევებსა და მათ გამომწვევ მიზეზებს შორის დამოკიდებულებას. ამასთან, მყარდება კოეფიციენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ დასკვნისადმი ნდობის ხარისხს. ამ კოეფიციენტებს სისტემას გადასცემს სპეციალისტი-ექსპერტი თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ მათი სიზუსტე საეჭვოა.

ამგვარი პრობლემების გადაჭრის პრინციპულად განსხვავებული მიდგომა დაკავშირებულია დასწავლის ნეირონული ქსელების გამოყენებასთან. ამ სისტემების ინტელექტუალური თვისებები უზრუნველყოფილია მარტივი კომპონენტების ურთიერთობით (ხელოვნური ნეირონებით) და მათ შორის კავშირების აწყობით სწავლების პროცესში.

მოცემულ სამუშაოში დიაგნოსტიკის ამოცანაში გამოიყენება სწავლებადი ნეირონული ქსელები. ასეთი ქსელის ელემენტები არის ნეირონების მსგავსი ელემენტები რამდენიმე შესასვლელით და ერთი გამოსასვლელით. ისინი წარმოადგენენ ზღურბლიან ლოგიკურ ბლოკს (ზ ლ ბ). შემავალი ობიექტი ერთდროულად ადაგზნებს n შესავალს, ხოლო გამოსასვლელში ჩნდება სიგნალი i , რომელსაც შეიძლება ჰქონდეს R -იდან ერთი განსხვავებული მნიშვნელობა. თითოეული ეს მნიშვნელობა წარმოადგენს კლასს, რომლისთვისაც შეიძლება ობიექტის მინიჭება. სწავლის პროცესი ხდება შემდეგნაირად. სისტემას სასწავლო ამონაკრეფიდან აჩვენებენ რამდენიმე ობიექტს და იტყობინებიან, თუ რომელ კლასს მიეკუთვნება თითოეული მათგანი. მხოლოდ ამ ინფორმაციის გათვალისწინებით, სისტემა აგებს ეგრეთ წოდებულ დისკრიმინანტულ ფუნქციას, რომელიც მომავალში გამოიყენება ახალი ობიექტების ამოცნობის ან დიაგნოსტიკისათვის. ეს ფუნქციები შეიძლება იყოს წრფივი, კვადრატული, ნაწილობრივ წრფივი და სხვა. ეს ფუნქციური ფორმები შეიცავენ უცნობ კოეფიციენტებს, რომლებიც შერჩეულია ისე, რომ დისკრიმინანტულმა ფუნქციებმა განახორციელონ საჭირო დაყოფა სასწავლო ნაკრებზე. სისტემის სწავლება დაიყვანება დისკრიმინანტული ფუნქციის კოეფიციენტების შერჩევაზე. ამ ნაშრომში, ჩვენ ვიყენებთ წრფივ დისკრიმინანტულ ფუნქციებს, რომლებსაც აქვთ სახე:

$$g(\mathbf{X}) = w_1x_1 + \dots + w_dx_d + w_{d+1}$$

R კლასების არსებობისას აიგება კლასიფიკატორი, რომელიც შეიცავს R დისკრიმინანტორებს, რომელთაგან თითოეული ითვლის დისკრიმინანტული ფუნქციების მნიშვნელობას. ფუნქცია, რომელიც ღებულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას მიუთითებს



შემავალი ობიექტის კლასზე. ობიექტების კლასიფიცირების შესაბამისი მოდელი წარმოდგენილია (ნახ. 1).

დავუშვათ, $X(x_1 \dots x_d)$ არის ვექტორ-ობიექტი. დისკრიმინანტული ფუნქცია ჩავწეროთ უფრო მარტივ ფორმაში. მივუმატოთ ამ ვექტორ-ობიექტს $(d+1)$ – კომპონენტი, რომელიც ტოლია 1-ის. ეს ვექტორ-ობიექტი აღვნიშნოთ Y და მისი კომპონენტები $y_1 \dots y_2 \dots y_d$, სადაც $D = d + 1, Y_d = +1$. მაშინ წრფივი დისკრიმინანტული ფუნქცია შეიძლება ჩავწეროთ წონითი ვექტორის და ვექტორ-ობიექტის სკალარული ნამრავლის სახით

$$g(X) = Y \cdot W$$

სისტემის დასწავლა დაკავშირებულია დისკრიმინანტული ფუნქციების უცნობი კოეფიციენტების კორექტირებასთან. არსებობს სხვადასხვა ალგორითმები კოეფიციენტების აწყობის სასწავლო ამონაკრეფის გამოყენებით. ვთქვათ, გვაქვს R ობიექტები და სისტემამ უნდა განსაზღვროს რომელ კლასს მიაკუთვნება ობიექტი. ვთქვათ, სასწავლო ამონაკრეფი შეიცავს U ობიექტებს, რომლებიც შედგება R $u_1, u_2 \dots u_r$ კლასებისგან. ობიექტი მიეკუთვნება i კლასს, როცა ყველა მისი გაზომვის შედეგების ჯამი ღებულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. მოცემულ სამუშაოში სისტემის სწავლებისთვის გამოიყენება დასწავლის ალგორითმი შეცდომების გასწორებით, რომლისაც აქვს სახე: $W^* = W + cY$, სადაც W არის წონითი ვექტორი, Y – ობიექტი W^* – ახალი წონითი ვექტორი და c კოეფიციენტი. ჩვენ შემთხვევაში c აღებულია ერთის ტოლი $c = 1$ [3, 4, 5]. ამ ალგორითმში ყველა ობიექტი U სიმრავლიდან მოიქცევა დროში მიმდევრობით ნებისმიერი წესრიგით. საწყისი წონების როლში აირჩევა ნებისმიერი ვექტორები, რომელთა შეცვლა ხდება ობიექტების არასწორი კლასიფიკაციის შემთხვევაში. ვთქვათ, სისტემის შესასვლელზე შემოვიდა i -ური კლასის ობიექტი და რომელიღაც j -ურმა ფუნქციამ მიიღო მაქსიმალური მნიშვნელობა და სისტემამ შეცდომით მიაკუთვნა i -ური ობიექტი j -ურ კლასს. მაშინ წონითი ვექტორები იცვლებიან შემდეგი წესის მიხედვით:

$$W_i^* = W_i + Y - \text{ახალი წონა } i\text{-ური ფუნქციის წარმოადგენს ძველ წონას პლიუს ობიექტი};$$

$$W_j^* = W_j - Y - \text{ახალი წონა } j\text{-ური ფუნქციის წარმოადგენს ძველ წონას მინუს ობიექტი}.$$

სადაც Y არის ობიექტი ე.ი. ჩვენ შემთხვევაში ნიშნების ნაკრები. W_i, W_j საწყისი მნიშვნელობები i -ური და j -ური წონითი ვექტორების შესწორება მდგომარეობს i -ური ვექტორის გადიდებაში Y ვექტორის მომატების გზით და j -ური ვექტორის შემცირებაში Y ვექტორის გამოკლების გზით. ორი კლასის შემთხვევაში წონითი ვექტორი იცვლება შემდეგნაირად:

$$W^* = W + Y, \text{ თუ } Y \text{ არის პირველი კლასიდან};$$

$$W^* = W - Y, \text{ თუ } Y \text{ არის მეორე კლასიდან}.$$

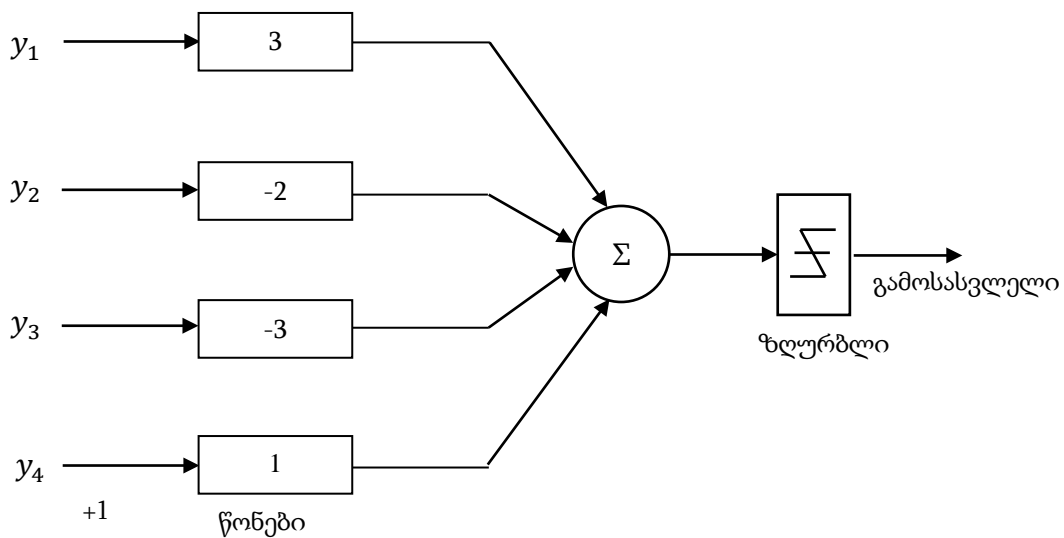
უნდა აღინიშნოს, რომ სისტემის დასწავლა წარმოადგენს რთულ პროცესს, რომელიც მოითხოვს სპეციალურ კომპიუტერულ პროგრამას. მაგრამ დიაგნოსტიკის დასწავლის პრინციპი შეიძლება იყოს ნაჩვენები მარტივ მაგალითზე, რომელიც არ არის მიბმული რომელიმე ობიექტზე. ქვემოთ იქნება დემონსტრირებული ასეთი შესაძლებლობა. ამოცანის ამოხსნა ობიექტისთვის 3 ბინარული ნიშნით თხოულობს ერთზღურბლიან ლოგიკურ ბლოკს (ნახ. 2). სწავლებისთვის გამოიყენება დასწავლის ალგორითმი შეცდომების გასწორებით, როდესაც $c = 1$.

ობიექტი				წონითი ვექტორი				$W \cdot Y$	ზ ლ ბ გამოსას ვლელი	საჭირო გამოსას ვლელი	ახალი წონითი ვექტორი			
y_1	y_2	y_3	y_4	w_1	w_2	w_3	w_4				w_1	w_2	w_3	w_4
0	1	1	1	0	0	0	0	0	*	-1	0	-1	-1	-1

0	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	0
1	0	0	1	0	-1	-1	0	0	*	1	1	-1	-1	1
1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1
0	0	1	1	1	-1	-1	1	0	*	-1	1	-1	-2	0
1	1	0	1	1	-1	-2	0	0	*	1	2	0	-2	1
1	1	1	1	2	0	-2	1	1	1	-1	1	-1	-3	0
0	1	0	1	1	-1	-3	0	-1	-1	-1	1	-1	-3	0
0	1	1	1	1	-1	-3	0	-4	-1	-1	1	-1	-3	0
0	0	0	1	1	-1	-3	0	0	*	1	1	-1	-3	1
1	0	0	1	1	-1	-3	1	2	1	1	1	-1	-3	1
1	0	1	1	1	-1	-3	1	-1	-1	1	2	-1	-2	2
0	0	1	1	2	-1	-2	2	0	*	-1	2	-1	-3	1
1	1	0	1	2	-1	-3	1	2	1	1	2	-1	-3	1
1	1	1	1	2	-1	-3	1	-1	-1	-1	2	-1	-3	1
0	1	0	1	2	-1	-3	1	0	*	-1	2	-2	-3	0
0	1	1	1	2	-2	-3	0	-5	-1	-1	2	-2	-3	0
0	0	0	1	2	-2	-3	0	0	*	1	2	-2	-3	1
1	0	0	1	2	-2	-3	1	3	1	1	2	-2	-3	1
1	0	1	1	2	-2	-3	1	0	*	1	3	-2	-2	2
0	0	1	1	3	-2	-2	2	0	*	-1	3	-2	-3	1
1	1	0	1	3	-2	-3	1	2	1	1	3	-2	-3	1
1	1	1	1	3	-2	-3	1	-1	-1	-1	3	-2	-3	1
0	1	0	1	3	-2	-3	1	-1	-1	-1	3	-2	-3	1
0	1	1	1	3	-2	-3	1	-4	-1	-1	3	-2	-3	1
0	0	0	1	3	-2	-3	1	1	1	1	3	-2	-3	1
1	0	0	1	3	-2	-3	1	4	1	1	3	-2	-3	1

1	0	1	1	3	-2	-3	1	1	1	1	3	-2	-3	1
0	0	1	1	3	-2	-3	1	-2	-1	-1	3	-2	-3	1

სისტემის შესწავლამ შესაძლებელი გახადა წონების საბოლოო კოეფიციენტების მოპოვება (ნახ. 2) და ზღურბლიანი ლოგიკური ბლოკის აგება. მას შეუძლია მიუთითოს კლასი, რომელსაც მიეკუთვნება ბლოკის შესასვლელზე წარმოდგენილი ობიექტი (ნახ 2). ზღურბლიანი ლოგიკური ბლოკები გამოიყენება როგორც ელემენტები მრავალფენოვანი ნეირონული ქსელების შესაქმნელად. ამ ქსელების გამოსასვლელში ზღურბლიანი ლოგიკური ბლოკების ორობითი სიგნალები შესასვლელზე მიეწოდება სხვა ზღურბლიან ლოგიკურ ბლოკებს.



ნახ. 2

Use of Training Neural Networks in the Development of Intelligent Diagnostic Systems

Vadim Radziewski, Maia Mikeladze, Nora Jaliabova, Dimitri Radziewski, Ilia Okonian

Summary

The general problem of creating intelligent diagnostic systems using learning neural networks is considered. The arcs of the neural network are assigned weights that determine the degree of confidence in the conclusion. These coefficients are formed in the learning process and determine the relationship between the observed disorders and their causes. The neural network is trained using a training sample. In the learning process, a so-called discriminant function is formed, which will be used later to diagnose new objects. The principle of operation of the diagnostic system is shown using a simple example that is not tied to any object.

Использование обучающих нейронных сетей при разработке интеллектуальных систем диагностики

Вадим Радиевский, Майя Микеладзе, Нора Джалябова, Димитрий Радиевский, Илья Оконян

Резюме

Рассматривается общая задача создания интеллектуальных систем диагностики с использованием обучающихся нейронных сетей. Дугам нейронной сети присваиваются весовые коэффициенты, определяющие степень уверенности заключения. Эти коэффициенты формируются в процессе обучения и определяют взаимосвязь между наблюдаемыми нарушениями и их причинами. Обучение нейронной сети осуществляется с использованием обучающей выборки. В процессе обучения формируется, так называемая, дискриминантная функция, которая в дальнейшем будет использоваться для диагностики новых объектов. Принцип работы системы диагностики показан на простом примере, не привязанном к какому-либо объекту.

ლიტერატურა – References – Литература

1. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯალაბოვა ნ., რადიევსკი დ. გადაწყვეტილების ბინარული ხის გამოყენება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბ., 2018. გვ. 151–156.
2. Вадим Радиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радиевский. Причинно-следственные сети представления знаний в задаче создания интеллектуальной системы медицинской диагностики. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბ., 2018. გვ 157 – 162.
3. Rosenblatt F. The Perceptron: Aprobabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. Psychological Review, 65:386 – 408, 1958.
4. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептрон и теория механизмов мозга. «Мир», М.,1966.
5. Хант Э. Искусственный интеллект. Издательство Мир. Москва. 1978.

მცირე და საშუალო ზომის უმცირესი დაფარვის ამოცანების ამოხსნის ერთი მარტივი ალგორითმის შესახებ

ნათელა ანანიშვილი

Email: ia.ananiashvili@gmail.com

რეზიუმე

მინიმალური დაფარვის ამოცანას მრავალი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ეს ამოცანა მიეკუთვნება NP-რთული ამოცანების კლასს. ზუსტი ამოხსნის ალგორითმები ხშირ შემთხვევაში უშედეგოდ მთავრდება ამოცანის სირთულის და ზომის გამო [1-3]. [4-6]-ში შემოთავაზებულია მიახლოებითი ალგორითმები, რომლებიც დროის მისაღებ ინტერვალში პოულობენ მიახლოებულ ამონახსნებს, თუმცა კვლევები კვლავ გრძელდება მიღებული ოპტიმალური მნიშვნელობების გასაუმჯობესებლად.

მიმდინარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მარტივი ალგორითმი, რომელიც ახდენს დამფარავი სიმრავლეების ნაწილობრივ გადარჩევას. შემოთავაზებული ალგორითმი ეფექტურად მუშაობს მცირე და საშუალო ზომის დაფარვის ამოცანებისათვის.

საკვანძო სიტყვები:

უმცირესი დაფარვა, მიახლოებითი ალგორითმი, ოპტიმალური მნიშვნელობა.

I. შესავალი

დაფარვის ამოცანები დისკრეტული ოპტიმიზაციის კარგად ცნობილი ამოცანებია. ისინი მიეკუთვნებიან NP-რთული ამოცანების კლასს. ამ ამოცანების ამოხსნა მისაღებ დროში მეტად მნიშვნელოვანია, რადგან დაფარვის ამოცანაზე მიიყვანება დისკრეტული ოპტიმიზაციის ბევრი ამოცანა. პრაქტიკაში დაფარვის ამოცანები წარმოიშვება მომსახურების პუნქტების განთავსებისას [1, 2] ინფორმაციული ძიების სისტემებში, ტრანსპორტის დანიშვნისას, ქსელების დიაგნოსტიკისას [1], ასევე რესურსების განაწილების დაგეგმვისას გლობალურ გამოთვლით ქსელებში. ამ ამოცანების ამოხსნისას მთავარი მოთხოვნა ალგორითმების ოპერატიული მუშაობა და მიღებული ამონახსნის სიზუსტეა, მიახლოებითი ამონახსნის მიღების შემთხვევაში კი, მინიმალური ცდომილება ზუსტ ამონახსნთან შედარებით. უმცირესი დაფარვის ამოცანის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს უმცირესი დაყოფის ამოცანა. ამოხსნის მეთოდების ნაწილი ხშირად შემუშავებულია დაყოფის ამოცანის ამოსახსნელად და შემდეგ ხდება მათი განვრცობა დაფარვის ამოცანისათვის. [1, 5-11] ნაშრომებში აღწერილია ამ ამოცანების ამოხსნის მეთოდები. [4]-ში შემოთავაზებულია დაფარვის ამოცანის ამოხსნის გენეტიკური ალგორითმი. მარტივი ზუსტი მეთოდები [9,11] იყენებენ ძებნის ხეს. [1]-ში შემოთავაზებულია ალგორითმი, რომელიც იყენებს ძებნის ხეს და წრფივ დაპროგრამებას. 0-1 პროგრამირებაში მიღებული პრინციპების მსგავსი მიდგომები განხილულია [11]-ში.

ამ ამოცანების ამოხსნის ყველა არსებული ალგორითმის ბირთვს წარმოადგენს ამონახსნების სრული ან ნაწილობრივი გადარჩევა. გადარჩევის სტრატეგია სხვადასხვა ალგორითმში ხორციელდება სხვადასხვაგვარად. საუკეთესო ამონახსნის საძიებლად, სრულდება ამოცანის პარამეტრების ყველა შესაძლო მნიშვნელობის მიმართული, შემთხვევითი ან კომბინირებული გადარჩევა. წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მარტივი ალგორითმი, რომელიც გულისხმობს გარკვეული შესაძლო ვარიანტის გადარჩევას.

II. ამოცანის დასმა.

უმცირესი დაფარვის ამოცანამ სახელი მიიღო თავისი თეორიულ-სიმრავლური ინტერპრეტაციიდან. უმცირესი დაფარვის ამოცანაში მოცემულია სასრული სიმრავლე: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$ და $S_j \subset R$ ქვესიმრავლეების ნაკრები (ოჯახი): $\mathcal{L} = \{S_1, S_2, \dots, S_M\}$, სადაც ყოველ S_j -ს მიწერილი აქვს არაუარყოფითი წონა $c_j \geq 0$. ნებისმიერ ქვენაკრებს (ოჯახს) $\mathcal{L}' = \{S_{j_1}, S_{j_2}, \dots, S_{j_k}\}$ -ს \mathcal{L} -დან ეწოდება R სიმრავლის დაფარვა თუ სრულდება შემდეგი პირობა:

$$\bigcup_{i=1}^k S_{j_i} = R \tag{1}$$

$S_{j_i}, i = 1, 2, \dots, k$ სიმრავლეებს კი ეწოდება დამფარავი სიმრავლეები.

ასეთ ქვენაკრებებს შორის უნდა შეირჩეს ის, რომლის წონების ჯამი $\sum_{j_i}^k c_{j_i}$ არის მინიმალური.

ხშირად უმცირესი დაფარვის ამოცანას წერენ მატრიცული ფორმით: ვთქვათ $A = (a_{ij})$, არის $N \times M$ ზომის მატრიცი, რომლისთვისაც $a_{ij} = 1$, თუ $i \in S_j$, და $a_{ij} = 0$ წინააღმდეგ შემთხვევაში. ყოველ S_j -ს შეესაბამება $c_j \geq 0$ წონა. უმცირესი დაფარვა კი გულისხმობს იმ A მატრიცის იმ სვეტების ამორჩევას რომლებიც დაფარავენ ყველა სტრიქონს და მათი ჯამური წონა იქნება უმცირესი. ამოცანის ფორმულირება კი ასეთია: უნდა მოვახდინოთ მიზნის ფუნქციის მინიმიზაცია:

$$f(x) = \sum_{j=1}^M c_j \cdot x_j, \tag{2}$$

შემდეგი შეზღუდვების გათვალისწინებით:

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} \cdot x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, M, \tag{3}$$

აქ x_j ცვლადი უდრის 1-ს, თუ S_j სიმრავლე შედის დაფარვაში და უდრის 0-ს წინააღმდეგ შემთხვევაში. თუ (3)-ში უტოლობის ნაცვლად ტოლობას დავწერთ, მაშინ გვექნება უმცირესი დაყოფის ამოცანა.

III. გამოყენების მაგალითები

თარჯიმნების არჩევა

ვთქვათ, დაწესებულებას ესაჭიროება დაიქირაოს თარჯიმნები, რომლებიც ფრანგული, გერმანული, ბერძნული, იტალიური, ესპანური, რუსული და ჩინური ენებიდან თარგმნიან ინგლისურ ენაზე და ჰყავთ 5 კანდიდატურა: A, B, C, D და E. თითოეული კანდიდატი ფლობს ზემოთ ჩამოთვლილი ენების სიმრავლიდან ენების საკუთარ ქვესიმრავლეს და ითხოვს გარკვეული რაოდენობის ხელფასს. დაწესებულებამ უნდა აირჩიოს ისეთი კანდიდატურები ამათგან, რომ ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ენიდან ჰყავდეს თარჯიმანი და თარჯიმნებზე ხელფასის სახით გაცემული თანხა იყოს უმცირესი. ცხადია, რომ ეს არის უმცირესი დაფარვის ამოცანა [1].

თვითმფრინავის ფრენის მარშრუტები

ვთქვათ, არაორიენტირებული G გრაფის წვეროები აეროპორტებს წარმოადგენენ, ხოლო G გრაფის რკალები - თვითმფრინავის გადაფრენის ეტაპებია, რომლებიც ხორციელდება მოცემულ დროში. ნებისმიერი მარშრუტი ამ გრაფში შეესაბამება ფრენის რომელიღაც შესრულებად მარშრუტს. ვთქვათ, არსებობს ასეთი N მარშრუტი და ამ მარშრუტების ღირებულება გამოთვლილია რაიმე წესით. ამოცანა, რომელიც მოითხოვს ისეთი მარშრუტების სიმრავლის განსაზღვრას, რომელთა ჯამური ღირებულება იქნება მინიმალური

ლური და თითოეული ეტაპი შევა ამორჩეული მარშრუტების სიმრავლიდან ერთში მაინც, არის უმცირესი დაფარვის ამოცანა [1].

განვიხილოთ მარშრუტების ამოცანა, როდესაც გვაქვს 7 ეტაპი და 6 შესაძლო მარშრუტი.

თავდაპირველად სიმარტივისათვის ჩავთვლოთ რომ ყველა მარშრუტს ერთნაირი ღირებულება აქვს და რომელი მარშრუტი რომელ ეტაპებს მოიცავს, მოცემულია ქვემოთ ცხრილში, ეტაპის შესვლა მარშრუტში აღნიშნულია 1-ით, არშესვლა 0-ით.

მარშრუტები

ეტაპები	A	B	C	D	E	F
ეტაპი 1	0	0	0	1	1	1
ეტაპი 2	1	1	0	0	0	1
ეტაპი 3	0	1	0	0	0	1
ეტაპი 4	1	0	1	0	1	0
ეტაპი 5	0	0	1	1	0	0
ეტაპი 6	0	1	1	1	0	0
ეტაპი 7	1	0	0	0	1	0

ცხადია, რომ შეგვიძლია ავირჩიოთ: (A,B,D), (A,C,F), (A,D,F), (B,C,E), (B,D,E), (C,E,F), (D,E,F) სამეულებიდან ნებისმიერი. მაგრამ, თუ მათ სხვადასხვა სიდიდის ხარჯი ესაჭიროებათ, მაშინ საზოგადოდ ამოხსნა იქნება განსხვავებული, მაგალითად:

მარშრუტი	A	B	C	D	E	F
მარშრუტის ღირებულება	1500	1700	1400	1800	1600	1900

მაშინ, ცხადია B, C და E მარშრუტები მოიცავს ყველა ეტაპს და, ამავე დროს, ჯამური დანახარჯი იქნება მინიმალური (4700) ზემოთ ჩამოთვლილ ყველა დანარჩენ სამეულს შორის.

IV. ამოცანის ამოხსნა

ალგორითმის აღწერა განვიხილოთ ზემოთ განხილულ თვითმფრინავის მარშრუტების ამორჩევის მაგალითზე. ჯერ შევამოწმოთ ამოხსნის არსებობა მარშრუტების ყველა შესაძლო წყვილზე: (A,B), (A,C), (A,D), (A,E),(A,F), (B,C), (B,D), (B,E), (B,F), (C,D), (C,E), (C,F), (D,E), (D,F), (E,F). ყოველი წყვილისთვის შევამოწმოთ არის ის დამფარავი თუ არა. ადვილად დავრწმუნდებით, რომ ამ წყვილებიდან არც ერთი არაა დამფარავი სიმრავლე, ანუ ნებისმიერი ორი მარშრუტის არჩევისას ჩამოთვლილი ეტაპებიდან დარჩება ერთი მაინც ეტაპი, რომელიც ამ მარშრუტებით არ განხორციელდება.

განვიხილოთ მარშრუტების სამეულები: (A,B,C), (A,B,D), (A,B,E), (A,B,F), (A,C,D), (A,C,E), (A,C,F), (A,D,E), (A,D,F), (B,C,D), (B,C,E), (B,C,F), (B,D,E), (B,D,F), (C,D,E), (C,D,F), (D,E,F). ახლა ვნახოთ ამ სამეულებიდან რომელია დამფარავი. როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, შემდეგი სამეულები არის დამფარავი: (A,B,D), (A,C,F), (A,D,F), (B,C,E), (B,D,E), (C,E,F), (D,E,F) და ამათგან მინიმალური ჯამური ღირებულება აქვს (B,C,E) სამეულს. ამით ამ კონკრეტული მაგალითისათვის ამოხსნის პროცესი დასრულდება. თუ ამოცანას სამეულებში არ აქვს ამოხსნა, არცერთი სამეული თუ არ აღმოჩნდება დამფარავი, მაშინ გადავდივართ ოთხეულების შემოწმებაზე. თუ არც ერთი ოთხეული არ აღმოჩნდა დამფარავი, ვიხილავთ ხუთეულებს, და ა.შ., შესაძლოა ამოცანას არ ჰქონდეს ამოხსნა, მაშინ განხილვა დასრულდება მთლიანი მატრიცით (მაგ.: ამ ამოცანისთვის ექვსეულით). შევნიშნოთ რომ, შესაძლებელია თავიდანვე შევამოწმოთ: ხომ არ შედგება რომელიმე სტრიქონი მთლიანად ნულებისაგან, თუ

ასეა, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამოცანას არ აქვს ამოხსნა და დავასრულოთ ალგორითმის მუშაობა ყოველგვარი გადარჩევების გარეშე.

V. ალგორითმის დროითი სირთულის შეფასება

ახლა შევეცადოთ ამ ალგორითმის დროითი სირთულის შეფასებას, შევაფასოთ ამ ალგორითმის სირთულე უკეთეს და უარეს შემთხვევებში.

მოვიყვანოთ ფსევდოკოდი, როდესაც ვეძებთ ამოხსნას ორეულებში. ვთქვათ გვაქვს $A(m,n)$ დაფარვის $(0,1)$ მატრიცა და $P(n)$ მასივში გვაქვს დამფარავი მატრიცის სვეტების ღირებულებები, მაშინ ორეულების მოძებნა შესაძლოა ჩავწეროთ შემდეგი ფსევდოკოდით:

```

n=6;
count=0;
for i=1:n
    for j=i+1:n
        c=A(:,i)+A(:,j);
        if ( all(c))           //აქ ვამოწმებთ i და j სვეტების შესაბამისი
                               //სიმრავლეების წყვილი არის დამფარავი?
            count=count+1;
            s(count)=P(i)+P(j);
            fprintf('%s%d%s%d%s%d\n','i=',i,'j=',j,' sum=',s(count))
        end
    end
end
Min=min(s(count));
    
```

ახლა დავითვალოთ ამ კოდის რელიზაციისათვის საჭირო არითმეტიკული და ლოგიკური ოპერაციების ჯამური რაოდენობები, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს განვსაზღვროთ ალგორითმის შესრულების სირთულე.

ცხრილი 1. ალგორითმის დროითი სირთულისათვის საჭირო ოპერაციების რაოდენობის დათვლა ორეულების შემთხვევაში:

მინიჭების ოპერაციების რაოდენობა	შედარების ოპერაციების რაოდენობა	არითმეტიკული ოპერაციების რაოდენობა	ოპერაციების გამოორების შესაძლო რაოდენობა
2	m	m	n-1

რადგან ეს მოქმედებები მეორდება ციკლში n -ჯერ, შეგვიძლია დავწეროთ შეფასება:

$$T_2 = (2m + 2)(n - 1)n$$

ანუ $T_2 = O(n^2m)$

ანალოგიურად შეგვიძლია შევაფასოთ დროითი სირთულე სამეულების დროისას,

$$T_3 = (2m + 2)(n - 1)(n - 2)n$$

ანუ $T_3 = O(n^3m)$, მაშასადამე, უკეთეს შემთხვევაში მცირე ზომის მატრიცისათვის სირთულე იქნება პოლინომიალური.

მაგრამ განვიხილოთ დიდი ზომის მატრიცების შემთხვევა, როდესაც $m \ll n$. ვინაიდან ამ შემთხვევაშიც დამფარავი სვეტების რაოდენობა არ აღემატება m -ს და უნდა განვიხილოთ

დაჯგუფებები ორ-ორ სვეტად, სამ-სამ სვეტად და ა.შ ყველაზე უარეს შემთხვევაში m - m სვეტად:

$$T_m = k_2 \cdot C_n^2 + k_3 \cdot C_n^3 + \dots + k_m \cdot C_n^m$$

აქ $k_2 = 2m + m$, რადგან ორეულების ამორჩევისას $2m$ -შეკრების ოპერაცია გვექნება და m -შედარების ოპერაცია. C_n^2 -სვეტების ორ-ორად დაჯგუფების რაოდენობაა, ანალოგიურად ვიანგარიშებთ k_3, k_4, \dots, k_m -ს და შესაბამისად დაჯგუფებების რაოდენობებსაც:

$$k_2 = 2m + m = 3m, k_3 = 3m + m = 4m, \dots, k_m = m^2 + m$$

$$\text{ვინაიდან: } C_n^2 + C_n^3 + \dots + C_n^m \leq C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + C_n^3 + \dots + C_n^m + \dots + C_n^n = 2^n$$

შეგვიძლია დავწეროთ:

$$T_m = k_2 \cdot C_n^2 + k_3 \cdot C_n^3 + \dots + k_m \cdot C_n^m \leq m \cdot (m^2 + m) \cdot 2^n = O(m^3 \cdot 2^n)$$

თუმცა ეს შეფასება არის აღმატებული და ამოხსნა ბევრ შემთხვევაში უფრო სწრაფადაც შეიძლება მოიძებნოს, რაც დამოკიდებულია მატრიცის სტრუქტურაზეც.

ყველაზე რთულ შემთხვევაში კი, როდესაც $m \geq n$ და შესაძლოა დაგვჭირდეს ყველა შესაძლო კომბინაციის გადახედვა: 2-ეულების, 3-ეულების და ა.შ., მთლიანი მატრიცის. მაშინ ციკლში ჩადგმული ციკლების რაოდენობა იქნება:

$$n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2) \dots 1 = n!$$

და შეკრების და შედარების ოპერაციების ჯამური რაოდენობა: $n \cdot m + n \cdot m = 2 \cdot n \cdot m$

ამიტომ ალგორითმის სირთულე იქნება:

$$T_m = n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2) \dots 1 \cdot 2 \cdot n \cdot m = O(n \cdot m \cdot n!)$$

VI. დასკვნა

მაშასადამე, მცირე ზომის მატრიცებისათვის ეს ალგორითმი ეფექტურია - მისი სირთულე პოლინომიალურია და ამონახსნი პრაქტიკულ მაგალითებზე მიიღება წამებში. მაგრამ მატრიცის ზომების ზრდასთან ერთად (როდესაც $m \cdot n \geq 200$) ალგორითმის ეფექტურობა კლებულობს.

A simple algorithm for the Set Cover Problem for approximate solving small and medium-sized problems

Natela Ananiashvili

Summary

The minimal set covering problem has a lot of practical applications. This problem belongs to the class of NP- hard problems. Algorithms of exact solutions are often in vain due to the complexity and scale of the problem [1-3]. The approximate algorithms proposed in [4-6] define the approximate solutions in the available interval of time, but research is continued for improving of optimal values. This paper proposes a simple algorithm, which performs a partial selections of the covering. The proposed algorithm works efficiently for problems of small and medium size cover.

**Простой алгоритм задачи о минимальном покрытии для приближенного решения
небольших и средних задач**

ნათელა ანანიაშვილი

Резюме

Задача о покрытии минимальным множеством имеет множество практических приложений. Эта задача относится к классу NP-сложных задач. Алгоритмы точного решения часто оказываются безрезультатными из-за сложности и масштабности задачи [1-3]. Приближенные алгоритмы, предложенные в [4-6], определяют приближенные решения в доступном интервале времени, но исследования продолжаются для улучшения оптимальных значений. В данной статье предлагается простой алгоритм, который выполняет частичный перебор множеств для покрытия. Предлагаемый алгоритм эффективно работает для задач малого и среднего размера.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Christofides Nicos Graph Theory. An Algorithmic Approach, Computer science and applied mathematics [Book]. - London : Academic Press, 1986.
2. Нечепуренко М.И., Попков В.К. и Майнагашев С.М. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях [Книга]. - Новосибирск : Наука, 1990.
3. Ananiashvili N. Solution of problems of minimal set partition and set covering [Journal]. - Tbilisi : Bull. Georg. Natl. Sci., 9, 2015. - pp. 38-43. - 1.
4. Ananiashvili N., "Solution of problem of set covering by means of genetic algorithm", gesj:computer sciences and telecommunications, Reviewed Electronic Scientific Journal, 2015[No.2(46):16-23.
5. Balas E. Ho A. Set covering algorithms using cutting planes, heuristics, and subgradient optimization: a computational study. [Journal] // Mathematical Programming 12. - 1980. - pp. 37-60.
6. Broderick Crawford [et al.] A Hybrid Soft Computing Approach for Subset Problems [Journal]. - [s.l.]: Hindawi Publishing Corporation. Mathematical Problems in Engineering, - Vol. 2013.
7. Balinski M. Integer programming: methods, uses, computation [Book]. - [s.l.] : Man. Sci., 1965. - p. 253. - 12.
8. Garfinkel G.L. and Nemhauser R.S. The set partitioning problem: set covering with equality constraints [Book]. - [s.l.] : Ops.Res., 1969. - p. 848. - 17.
9. Pierce J.F. Application of combinatorial programming to a class of all-zero-one integer programming problems [Book]. - [s.l.] : Man. Sci., 1968. - p. 191. - 15.
10. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning [Book]. - [s.l.] : MA.: Addison-Wesley, 1989.
11. Gomory R. An algorithm for integer solutions to linear programs, Recent Advances in mathematical Programming [Book]. - New York : Graves and Wolfe,Eds., McGraw-Hill, 1963.

Shadow DOM ინტერფეისის გამოყენება თანამედროვე სისტემებში

მანველ კლოიანი

manvel.kloyan@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია თანამედროვე ვებკომპონენტები: *DOM*, *Shadow DOM*, *Virtual DOM*, რომელთა მნიშვნელოვანი ასპექტია ინკაფსულაცია - მარკირების სტრუქტურის, სტილის და ქცევის შენახვის შესაძლებლობა, ვებგვერდზე სხვა პროგრამული კოდისგან განცალკევება ისე, რომ არ მოხდეს პროგრამის სხვადასხვა ნაწილების კონფლიქტი.

ნაშრომში აღწერილია Shadow DOM ინტერფეისის გამოყენება თანამედროვე სისტემებში. ახსნილია თუ რას წარმოადგენს, რა პრობლემების გადასაწყვეტად შეიქმნა და რა პრობლემებს შეიძლება წავაწყდეთ მისი გამოყენებისას. ასევე ახსნილია გამოყენების პრინციპები და განსხვავება Shadow DOM-ისა და Virtual DOM-ის კონცეფციებს შორის.

საკვანძო სიტყვები:

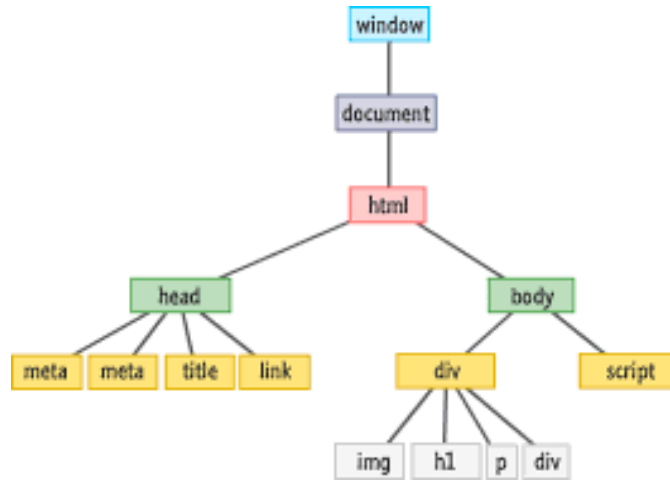
DOM, *Shadow DOM*, *Virtual DOM*, ვებ კომპონენტების ინკაფსულაცია

DOM

დოკუმენტის ობიექტური მოდელი - DOM (Document Object Model) არის პროგრამული ინტერფეისი, რომელიც არ არის დამოკიდებული პლატფორმაზე და პროგრამირების ენაზე. ის HTML, XHTML და XML დოკუმენტებზე წვდომის მოპოვების და მათი სტრუქტურის, გაფორმების და შიგთავსის ცვლილების საშუალებას იძლევა. DOM-ის საშუალებით ნებისმიერი ცნობილი სტრუქტურის დოკუმენტი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ხის სახით, რომლის ყოველი კვანძი წარმოადგენს ელემენტს, ატრიბუტს, ტექსტურ, გრაფიკულ ან ნებისმიერ სხვა ობიექტს.

ბრაუზერის მიერ HTML-ის ინტერპრეტაციის შემდეგ ის გარდაიქმნება DOM ინტერფეისად. DOM შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც API¹ HTML ან XML დოკუმენტებისათვის, რომელიც ქმნის ლოგიკურ სტრუქტურას, რომლითაც შესაძლებელია დოკუმენტებზე წვდომა და მანიპულაცია. ანუ JavaScript პროგრამირების ენას შეუძლია მისწვდეს მას და ცვლილებები შეიტანოს დოკუმენტის ობიექტურ მოდელში. DOM-ის მოდიფიკაციით შესაძლებელია ვებსაიტის ელემენტების დამატება, წაშლა, მოდიფიცირება, მათი ქცევის ცვლილება და ა.შ. ყველა ბრაუზერს აქვს გლობალური ობიექტი, რომელსაც Window ჰქვია. თითოეულ Window ობიექტს აქვს დამახასიათებელი თვისებები და მათზე წვდომის მეთოდები. Window ობიექტის ერთ-ერთი თვისებაა დოკუმენტი, რომელშიც თავმოყრილია ის თვისებები და მეთოდები, რომელთა გამოყენებაც შეიძლება DOM ელემენტებზე წვდომისათვის და მათთან ურთიერთქმედებისთვის. დოკუმენტის ობიექტური მოდელი გრაფიკულად შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:

¹ API - აპლიკაციის პროგრამირების ინტერფეისი



Shadow DOM

Shadow DOM არის რთულ კომპონენტებზე დაფუძნებული სისტემა ვებსაიტებისთვის აპლიკაციების შესაქმნელად. ის საშუალებას აძლევს ვებ ბრაუზერს დაჯავშნოს DOM ელემენტები მათი ძირითადი დოკუმენტის DOM ხეში მოთავსების გარეშე. Shadow DOM არ წარმოადგენს მთლიანი დოკუმენტის ობიექტურ მოდელს. ის არის ქვეხე ან ცალკე DOM ელემენტი. ჩვენ შეგვიძლია ის წარმოვიდგინოთ როგორც აგურები, რომლის საშუალებითაც არის აგებული DOM. DOM-სა და Shadow DOM-ს შორის მთავარი განსხვავება მდგომარეობს იმაში, თუ როგორ არის შექმნილი და როგორ ზემოქმედებს დოკუმენტებზე. DOM კვანძები, რომელსაც ჩვენ ვქმნით, თავსდება სხვა ელემენტებში. Shadow DOM-ის შემთხვევაში, ჩვენ ვქმნით ინკაფსულირებულ ხეს, რომელიც დაკავშირებულია ელემენტთან, მაგრამ გაცალკევებულია შვილობილი ელემენტებისაგან. ქვეხე განსაზღვრული ქმედების არეთი წარმოადგენს shadow ხეს. Shadow ხის ელემენტი მიბმულია ე.წ. shadow ჰოსტზე, ანუ ინკაფსულირებულ ხეს ეწოდება shadow ხე, ხოლო ელემენტს, რომელთანაც ის არის დაკავშირებული - shadow host. Shadow DOM-ს დიდი უპირატესობა არის ის, რომ აქ ყველაფერი არის ლოკალური, სტილებიც კი. დეველოპერს არ შეუძლია მისწვდეს Shadow DOM-ს ისე, როგორც მას შეუძლია მისწვდეს ჩადგმულ ელემენტებს, მაშინ როცა ბრაუზერს შეუძლია დახატოს და შეცვალოს კოდი ისე, როგორც ჩადგმული ელემენტების შემთხვევაში. იმის მიუხედავად, რომ ეს ელემენტები ინკაფსულირებულია HTML-ის და CSS²-ის მიმართულებით, მათ მაინც შეუძლიათ სხვადასხვა შემთხვევების (ხდომილებების) გამოწვევა, რომელთა გამოწერა შეუძლიათ დოკუმენტის სხვა ელემენტებს.

Shadow DOM ყოველთვის უნდა იყოს დაკავშირებული არსებულ ელემენტთან, ან ჩადგმული ელემენტის სახით ან სკრიპტით. Javascript-ში Shadow DOM-ის მიბმა ელემენტზე ხდება Element.attachShadow() მეთოდის საშუალებით.

Shadow DOM განაცალკევებს (იზოლირებას გაუკეთებს) DOM-ის კომპონენტებს, ისე რომ DOM გახდება ცალკე ელემენტი, რომელიც არ გამოჩნდება გლობალურ DOM-ში. ასევე ის CSS-ისთვის ინკაფსულაციის საშუალებას იძლევა, რაც იმას ნიშნავს, რომ ცალკეული Shadow DOM-ის ელემენტის ფარგლებში შექმნილი სტილები იზოლირებულია და რჩება Shadow DOM-ის საზღვრებში. ეს გვიმარტივებს სტილიზაციას.

HTML-ის და CSS-ისთვის ინკაფსულაციის უნარი აუცილებელია კლიენტების ე. წ. სამომხმარებლო ელემენტების შესაქმნელად. Shadow DOM-ის არარსებობის შემთხვევაში,

² CSS (Cascading Style Sheets) - კასკადური სტილის ფურცლები

სხვადასხვა სამომხმარებლო ელემენტების ურთიერთქმედება მოხდებოდა არასასურველი გზებით, რადგან აპლიკაცია შედგება სხვადასხვა პატარა ნაწილებისაგან და არ არის ერთი დიდი მასიური ობიექტი. Shadow DOM გავლენას ახდენს აპლიკაციის წარმადობაზე. DOM-ში ცვლილებების შეტანა იწვევს წარმადობის პრობლემებს, რადგან საჭირო ხდება მთელი ობიექტის გადახატვა. Shadow DOM-ის შემთხვევაში კი, ბრაუზერმა “იცის” რომელი ნაწილის განახლებაა საჭირო.

Virtual DOM

Virtual DOM არის React.js და Vue.js ფრეიმვორკების კონცეფცია. Virtual DOM-ის შემთხვევაში მეხსიერებაში ინახება DOM-ის ასლი და სანამ რამე ცვლილება ხდება DOM-ში, ერთმანეთს დარდება ობიექტები განსხვავებების გამოსავლენად. ამრიგად, ბრაუზერს ეცოდინება, თუ რა ნაწილი შეიცვალა და მხოლოდ მათ განახლებს. შესაბამისად, აღარ იქნება საჭირო მთლიანი DOM-ის გადახატვა. ცვლილებების შეტანა არ ხდება DOM-ის დაკოპირებულ ობიექტში, შემდეგ ხდება Virtual DOM-ის და ორიგინალი DOM-ის შედარება, ამ პროცესს ჰქვია “diffing” (განსხვავებულობა). როდესაც განსხვავებები გამოვლინდება, ბრაუზერს ეცოდინება თუ რომელი ორიგინალი DOM-ის რომელი ნაწილი უნდა განახლდეს. ხდება შესაბამისი ცვლილება. Virtual DOM კონცეფციაში, შესაძლებელია რამდენიმე ცვლილების ერთდროულად შეტანა, რათა თავიდან აიცილოს გადახატვა თითოეული ელემენტის ცვლილებისას. ეს მიდგომა წყვეტს წარმადობის გაუმჯობესების პრობლემას.

Shadow DOM და Virtual DOM შორის განსხვავებები

ერთადერთი საერთო Shadow DOM და Virtual DOM-ს შორის არის ის, რომ ორივე გვეხმარება წარმადობის პრობლემების გადაჭრაში. ორივე ქმნის ცალკე Document Object Model ეგზემპლარს. ამის გარდა, ეს ორი კონცეფცია რადიკალურად განსხვავდება ერთმანეთისგან. Virtual DOM ქმნის მთლიანი DOM ობიექტის ასლს, ხოლო Shadow DOM ქმნის DOM ობიექტის პატარა ნაწილებს, რომელთაც გააჩნიათ საკუთარი, იზოლირებული ხილვადობის ფარგლები იმ ელემენტისთვის, რომელსაც წარმოადგენენ.

DOM კონცეფცია ძალიან მნიშვნელოვანია front-end პროგრამირებისათვის. ტექნოლოგიის და ახალი ბიბლიოთეკების განვითარებასთან ერთად, განვითარდა ასევე Document Object Model-იც. პროგრესულ ვებ ფრეიმვორკებთან ერთად, შესაძლებელია Shadow DOM და Virtual DOM ინსტრუმენტების გამოყენება, რაც საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავირიდოთ წარმადობის პრობლემები და ვცვალოთ DOM უფრო სწრაფად და ეფექტურად.

გასაკვირი არ არის, რომ თანამედროვე სისტემებში, სადაც კრიტიკულად მნიშვნელოვანია წარმადობა, გამოიყენება Shadow DOM ან Virtual DOM ინსტრუმენტები. მაგალითად, ისეთ სისტემებში, როგორცაა Google AdSense, საჭიროა DOM-ის ინკაფსულაცია, რადგან ხშირად ხდება სარეკლამო ბანერების გადახატვა. ჩემს დამსაქმებელ კომპანიას შემუშავებული აქვს აპლიკაცია Shopify ecommerce პლატფორმისთვის. ბიზნეს მოდელი ასეთია: მომხმარებელი შედის ინტერნეტმაღაზიის ვებ გვერდზე, ირჩევს ნივთს, მანდვე იხატება ჩვენი ბანერი სხვადასხვა ფონზე. ბანერი გაკეთებულია Shadow DOM-ის მეშვეობით. ბანერზე გამოსახულია ნივთის ფასდაკლებით შეძენის შეთავაზება იმ შემთხვევაში, თუ მომხმარებელი გააკეთებს შემოწირულობას სხვადასხვა ფონდებში. ათასობით ინტერნეტმაღაზია იყენებს ჩვენს მიერ შემუშავებულ სისტემას. მუშაობისას გადავაწყდით რამდენიმე პრობლემას. რადგან Shadow DOM იმ დროისთვის შედარებით ახალი ტექნოლოგია იყო. როცა მისი გამოყენება დავიწყეთ, ძველ ბრაუზერებს ამ ტექნოლოგიის მხარდაჭერა არ ჰქონდათ (ახლა ეს პრობლემა ნაკლებად დგას) და ინტერნეტშიც მწირი იყო ინფორმაცია მის შესახებ. შესაბამისად, ამ ტექნოლოგიის გამოყენება იყო რისკი, რომელიც საბოლოო ჯამში გამართლდა.



RED T-SHIRT

\$10⁰⁰

 ADD TO CART

BUY IT NOW



Shadow DOM usage in modern systems

Manvel Kloyan

Summary

An important aspect of web components is encapsulation — being able to keep the markup structure, style, and behavior hidden and separate from other code on the page so that different parts do not clash.

In this article is described the Shadow DOM. The problems that solves Shadow DOM are described. Also it is explained the difference between DOM, Shadow DOM and Virtual DOM.

Использование Shadow DOM в современных системах

Манвел Клоян

Резюме

Важным аспектом веб-компонентов является инкапсуляция - возможность скрывать структуру, стиль и поведение разметки и отдельно от другого кода на странице, чтобы различные части не конфликтовали, а код можно было сохранить красивым и чистым.

В статье описана методика Shadow DOM. Показаны проблемы, которые разрешает использование Shadow DOM. Описана разница между DOM, Shadow DOM и Virtual DOM.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Explaining the Shadow DOM <https://www.youtube.com/watch?v=K5i9zMzVlzM>
2. Using shadow DOM https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Web_Components/Using_shadow_DOM
3. Anil Kumar, DOM vs Shadow vs Virtual DOM <https://anil-pace.medium.com/shadow-ec3d3806c621>
4. Dimitri Glazkov, What the Heck is Shadow DOM? <https://glazkov.com/2011/01/14/what-the-heck-is-shadow-dom/>
5. Web Components https://en.wikipedia.org/wiki/Web_Components
6. Document Object Model https://en.wikipedia.org/wiki/Document_Object_Model.

დამატებითი კრიპტოგრაფიის გამოყენება ბლოკჩეინში და მისი რეალიზება საარჩევნო სისტემაში

ნიკა ფილია, მერაბ ფხოველიშვილი, ნათელა არჩვაძე
nikafilia@gmail.com, merab5@list.ru, natela.archvadze@tsu.ge

რეზიუმე

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია წარმოვაჩინოთ დამატებითი კრიპტოგრაფიის ბლოკჩეინში გამოყენების შესაძლებლობა საარჩევნო სისტემებში დასანერგად. მიგვაჩნია, რომ დღეისათვის არსებულ ბლოკჩეინ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებულ საარჩევნო სისტემებში დამატებით გამოყენებული სხვადასხვა მონაცემების ნაცვლად საჭიროა გამოვიყენოთ კრიპტოგრაფიული დაშიფვრის გზით მიღებული ვერიფიკაცია, რომელიც კიდევ უფრო გაზრდის საარჩევნო სისტემის საიმედოობას. არჩევნებში მონაწილე ადამიანს შესაძლებლობა ექნება, პირადობის დამადასტურებელი მოწმობის წარდგენის შემდეგ მიიღოს თავისი ინდივიდუალური კოდი, რომელიც მატრიცების მეშვეობით დაგენერირდება და დაიშიფრება. დაშიფრული მატრიცის ერთი ბლოკი შეინახება ბლოკჩეინის მონაცემთა ბაზაში, ხოლო მეორეს მიიღებს ამომრჩეველი. ეს იქნება მისი უნიკალური კოდი და მხოლოდ მას შეეძლება ამ შიფრის გამოყენება. ნაშრომში ბლოკ-სქემების სახით ასევე წარმოდგენილია ალგორითმები ამომრჩევლის რეგისტრაციისა და ხმის მიცემის პროცესის რეალიზებისთვის.

საკვანძო სიტყვები:

კრიპტოგრაფიული სისტემები, ბლოკჩეინ ტექნოლოგიები, საარჩევნო სისტემები.

ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ბლოკჩეინ ტექნოლოგია, რომელიც ძირითადად, ხალხის ცნობიერებაში უკავშირდება კრიპტოვალუტის, ბიტკოინის უსაფრთხო ტრანზაქციებს და, საკმაოდ, პოპულარული სისტემაა დღესდღეობით. ეს ტექნოლოგია, რამდენიმე სხვადასხვა დოკუმენტის ერთ ბლოკში გაერთიანების სისტემად წარმოადგინეს, რომელიც კრიპტოგრაფიულადაა დაცული და ბლოკების ჯაჭვს აერთიანებს.

ჩვენი მიზანია საიმედოობის უფრო მეტად გაზრდისათვის ბლოკჩეინის ტექნოლოგიაში გამოყენებული იქნას კრიპტოგრაფიული მეთოდები.

კრიპტოგრაფიული სისტემები და მეთოდები

განვიხილოთ კრიპტოგრაფიული სისტემები, რომელთა უმთავრესი მიზანია ინფორმაციის გარდაქმნა-გასაიდუმლოება და გამგზავნისგან მიმღებ სანდო პირზე გადაცემა, ისე რომ გარეშე პირს არ ჰქონდეს წვდომა აღნიშნულ ინფორმაციასა თუ გასაღებთან. არსებობს კრიპტოგრაფიული სისტემების რამდენიმე ვარიანტი, სიმეტრიული დამატებითი და ასიმეტრიული ალგორითმები. ქვემოთ განვიხილავთ კრიპტოგრაფიულ სისტემებს:

- DES (Data Encryption Standard) - კრიპტოგრაფიული სისტემა არის მონაცემთა დაშიფვრის სტანდარტი და მასში აღწერილია მონაცემების დაშიფვრის ალგორითმი DEA (Data Encryption Algorithm). ეს არის ამერიკული სისტემა, რომელიც სიმეტრიული ალგორითმის პრინციპით მუშაობს. ამ ალგორითმში გამოიყენება 56 ბიტისანი გასაღები და ის ამუშავებს 64 ბიტისანი განზომილებების ღია ტექსტურ ბლოკებს. ამასთან, ეს

სისტემა სწრაფქმედებით გამოირჩევა და ასიმეტრიულ სისტემებთან შედარებით მისი სწრაფქმედება (100-1000)-ჯერ მაღალია [1].

- დიფი-ჰელმანის ასიმეტრიული მეთოდი - გულისხმობს კრიპტოგრაფიულ სისტემაში გასაღების გადაცემას კურიერის გარეშე. ეს ალგორითმი გამოიყენება როგორც გასაღების გაცვლის, ასევე დაშიფვრის, აუტენტიფიკაციის მიზნით და სხვა. დასაწყისში ფორმირდება გასაღები და შემდეგ იწყება დაშიფვრის ოპერაცია [2].

- რივესტ-შამირ-ეიდლმენის კრიპტოსისტემა (RSA) –დაპატენტებულია ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ასევე, ლიცენზია აქვს მსოფლიოს სხვა მრავალ ქვეყანაში და არის ერთგვარი სტანდარტი.

- ელგამალის კრიპტოსისტემა - ეს კრიპტოსისტემა რივესტ-შამირ-ეიდლმანის კრიპტოსისტემის ალტერნატივაა, თუმცა დიფი-ჰელმანის ალგორითმსაც ჰგავს, ვინაიდან, RSA-სგან განსხვავებით, დისკრეტული ლოგარითმის პროგრამაზე დაყრდნობითაა შედგენილი.

ასევე განიხილება კრიპტოსისტემების ჰიბრიდული მოდელები. მაგალითად, ასიმეტრიული შიფრაციის ალგორითმი RSA-ისა და სიმეტრიული შიფრაციის ალგორითმი Blowfish-ის ჰიბრიდულად შერწყმის ვარიანტი [3]. ჰიბრიდული კრიპტოსისტემების შექმნის მიზანია ისეთი ჰიბრიდული კრიპტოსისტემის მიღება, რომელიც ორ მოდელს გააერთიანებს და სრულყოფს. სიმეტრიული ალგორითმის სისტემების ძლიერი მხარეა პროგრამული სისწრაფე, სუსტი მხარე კი დახურული გასაღების პრინციპი, ასიმეტრიულ სისტემებში ღია გასაღების სისტემაა და საიდუმლო გასაღების მეტი უსაფრთხოების შანსია, თუმცა ასეთი სისტემები შედარებით ნელია, ამიტომაცაა საინტერესო ამ ორი განსხვავებული მოდელის შერწყმა, რამაც იმ შედეგამდე უნდა მიგვიყვანოს რომ ჰიბრიდიზაციის ხარჯზე შეიქმნას ერთიანი, სრულყოფილი მოდელი, რომელიც სწრაფიც იქნება და მაღალ დონეზე დაცულიც. ჰიბრიდული კრიპტოგრაფიული სისტემა დაფუძნებულია სიმეტრიული შიფრაციისთვის შემთხვევითი გასაღების გენერირებისა და ამ გასაღების ასიმეტრიული სისტემისთვის შიფრაციის პრინციპზე, რომლის შემდეგაც მიღებული საიდუმლო გასაღებით შესაძლებელი ხდება თავდაპირველი შეტყობინების შიფრაცია, ხოლო დეშიფრაციისას შეტყობინება იშიფრება საკუთარი საიდუმლო გასაღებით, საბოლოოდ კი გამოიყენება საჯარო გასაღები (იხილეთ ცხრილი 1).

ჩვენი მიზანია განხილული მეთოდებიდან შეირჩეს საუკეთესო, რომელიც უფრო მეტად გააძლიერებს ბლოკჩეინ ტექნოლოგიაში გამოყენებულ კრიპტოგრაფიას.

ბლოკჩეინ ტექნოლოგიები

ბლოკჩეინის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ამ ტექნოლოგიის მეშვეობით, ინფორმაცია ინახება ისეთ ბლოკებში, რომლებსაც აქვს უნიკალური „გასაღები“ (თითის ანაბეჭდი - ჰეში) და ეს ყოველი ინფორმაციისთვის უნიკალური კოდია. ეს ფაქტორი კი ამ სისტემის დაცულობაზე მეტყველებს და, პრაქტიკულად, გამორიცხავს თაღლითობის რაიმე სახით მცდელობას [4].

ბლოკჩეინი არის მუდმივად მზარდი ჩანაწერთა სია, სადაც ყოველი ბლოკი წინა ბლოკთანაა კავშირში კრიპტოგრაფიული დაცვის მექანიზმით. ეს გამომდინარეობს იქედან, რომ ყოველ ბლოკს აქვს განსაზღვრული მეხსიერების დონე და შევსების შემთხვევაში იქმნება ახალი ბლოკი თავისი უნიკალური ჰეშით და ეს ბლოკი წინა ბლოკთანაა კავშირში, მასზე მიბმულია წინა ბლოკის ჰეში და დროის ბეჭედი. ბლოკების ჯაჭვში არსებულ ნებისმიერ ბლოკში ინფორმაციის გაყალბების/ინფორმაციის შეცვლის შემთხვევაში ირღვევა ბლოკთა ჯაჭვის მთლიანობა, გაყალბებული ინფორმაციით დატვირთული ბლოკი ვეღარ უკავშირდება ამ ბლოკთა ჯაჭვს, რადგან მას სრულიად ეცვლება ჰეში. ეს ფაქტი განაპირობებს ბლოკჩეინ სისტემის დაცულობასა და საიმედოობას და გამორიცხავს ნებისმიერი სახის სპეკულაციას [5].

BLOWFISH + RSA შიფრაცია				
ფაილის ზომა (KB)	საწყისი ფაილის ზომა (Byte)	შიფრაციის დრო (წანოწამი)	დაშიფრული ტექსტის ზომა	დეშიფრაციის დრო (წანოწამი)
32	32710	9047797	59355	1881211
64	65420	12203366	118428	2189046
128	130840	13555651	237417	5057937
256	261680	14240434	477370	9345405
512	523360	29886045	951418	18116046
1024	1048460	40855251	1898922	25666278
2048	2096920	43979084	3813804	54415486
4096	4193840	63542269	7624638	54848853

ცხრილი 1. BLOWFISH და RSA კრიპტოგრაფიული სისტემების ჰიბრიდული მოდელის შიფრაცია

მონაცემების, მონაცემთა ჰეშებისა და დროის ბეჭდის ურთიერთკავშირით იქმნება ინფორმაციული ბლოკი, ბლოკთა ჯაჭვში ყოველი ახალი ბლოკი, წინა ბლოკის „თითის ანაბეჭდს“ შეიცავს და, სწორედ ეს უზრუნველყოფს ბლოკჩეინის შექმნას („ბლოკების ჯაჭვს“) [6]. ბლოკების ჯაჭვში ერთი ნებისმიერი ბლოკის მონაცემებში უმნიშვნელო ცვლილებების შეტანა გამოიწვევს მისი ჰეშის ცვლილებას, შესაბამისად, ის თანხვედრაში ვეღარ მოდის მომდევნო ბლოკში მანამდე კოპირებულ თავის პირვანდელ ჰეშთან და ბლოკჩეინის მთლიანობაც ირღვევა, რაც ინფორმაციის გაყალბების გამოაშკარავებისთვისაა მნიშვნელოვანი. აქედან გამომდინარე, ბლოკჩეინში პრაქტიკულად წარმოუდგენელია გაყალბების მცდელობის გამორჩენა. ეს კი მის მაღალ სანდოობაზე მეტყველებს. თუმცა უსაფრთხოების გარანტიისთვის მხოლოდ ეს არ კმარა, ვინაიდან კომპიუტერს წამში შეუძლია დაითვალოს ათასობით ჰეში და გაყალბების შემთხვევაში, შეიძლება თავიდან მოხდეს მთლიანი ბლოკჩეინის ყველა ბლოკის დაგენერირება, რის შემდეგაც გაყალბებულ ბლოკს ისევ შეეძლება „კანონიერი“ გახდეს. ამის თავიდან ასარიდებლად არსებობს სამუშაოს შემოწმების მეთოდი, რომლის მიზანიცაა ბლოკჩეინში ახალი ბლოკების შექმნის პროცედურების შენელება, რაც მესამე პირს გაყალბების მცდელობის აზრს უკარგავს, ვინაიდან, ბლოკჩეინი უამრავი ბლოკისგან შედგება და მისი ნებისმიერი ბლოკის გაყალბების მცდელობა დიდ დროსთანაა კავშირში.

ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის უსაფრთხოებასა და ინფორმაციული მთლიანობის, პრაქტიკულად, ასპროცენტური უზრუნველყოფა შეუძლია განაწილებულ „გროსბუხებში“ ბლოკების დეცენტრალიზებულ შენახვასა და კონსენსუსს. ნებისმიერ ბლოკჩეინის სისტემაში, როდესაც რეგისტრირდება ახალი მომხმარებელი, ის თანხმობას აცხადებს, რომ ამ ბლოკჩეინის ასლი ინახებოდეს თავის კომპიუტერზე. როდესაც ახალი ბლოკი იქმნება, დაითვლება მისი ჰეში, ეს ბლოკი კი იგზავნება ბლოკჩეინ-სისტემის ყველა კომპიუტერზე (რომლებსაც ნოდებს (კვანძებს) უწოდებენ), ამ დროს ხდება ამ ბლოკის წინა ბლოკის ჰეშებთან შედარება, იმ შემთხვევაში თუ ყოველ ნოდზე იქნება სრული შესაბამისობა (კონსენსუსი), ეს ბლოკი უკვე მოცემული ბლოკების ჯაჭვის ნაწილი ხდება. აქედან გამომდინარე, ყოველ ნოდზე არის ბლოკჩეინის იდენტური ასლები.

ამ იდეის განხორციელების შესაძლებლობას განვიხილავთ ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული საარჩევნო სისტემების მაგალითზე.

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული საარჩევნო სისტემები

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული საარჩევნო სისტემის პრიორიტეტია არჩევნებში ხმების უსაფრთხო მიღება და დათვლის ახალი სისტემა, რაც საშუალებას იძლევა ამომრჩევლების მიერ მიცემული ხმები ელექტრონულად იქნეს შენახული. სისტემაში ხმის მიცემის მანქანათა განაწილებული ქსელი ბლოკურ კავშირშია. ამ მანქანებს აქვს შტრიხ-კოდების სკანერი, ქსელური კომუნიკაციისთვის განკუთვნილი მოწყობილობა და ისეთი კომპიუტერული სისტემა, რომელიც მუშაობს ხმის მიცემის კლიენტთან. შტრიხ-კოდების დასკანერების ან ინტერფეისის საშუალების შემდგომ შესაძლებელი ხდება ხმის მიცემა და ეს ხმები ინახება ბლოკჩეინში. ამის პარალელურად, კანდიდატების ცხრილები ახლდება და მინიჭებული ხმები ინახება, რის საფუძველზეც ხდება ამ ხმების დათვალი. ხმის მიცემის შემდგომ ამომრჩეველს საშუალება აქვს გადაამოწმოს თავისი მიცემული ხმა, რაც თაღლითობასა და რაიმე ხარვეზებს გამორიცხავს.

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული ელექტრონული საარჩევნო ხმის მიცემის სისტემაში შედის შემდეგი სერვერები: ადმინისტრაციული სერვერი (განკუთვნილია ადმინისტრირებისთვის), კენჭისყრის სერვერი (განკუთვნილია მონაცემების ელექტრონული გადაცემისთვის), საიდენტიფიკაციო სერვერი (განკუთვნილია ამომრჩეველთა იდენტიფიკაციისთვის), მარეგისტრირებელი სერვერი (ამოწმებს ამომრჩევლის საიდენტიფიკაციო მონაცემებს ღია გასაღების მეშვეობით და ახდენს პროცესის ავტომატიზაციას), მონაცემთა ბაზის სერვერს (სადაც ინახება საარჩევნო მონაცემები, ამომრჩევლების ხმები) [11].

ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიაა გამოყენებული ამომრჩეველთა მიერ დამოწმებულ ბლოკჩეინზე დაფუძნებულ საარჩევნო სისტემაში. ამ სისტემის ფუნქციებში შედის - ამომრჩევლების ბიულეტენების შეგროვება, შედეგების შეჯამება, ამომრჩევლებისთვის შეუსაბამობის დადგენა. ეს სისტემები საჭიროებენ დიდ მეხსიერებას, ქსელსა და გამოთვლის რესურსებს. ამ სისტემებში ძირითადად ხდება:

- გასაღებების გენერირება (გამოიყოფა ღია და დაფარული გასაღებები საარჩევნო კომისიის წევრებისთვის, ამომრჩევლებისა და კანდიდატებისთვის);
- ამომრჩევლების რეგისტრაცია (ამ ეტაპზე ინახება ამომრჩევლების მაიდენტიფიცირებელი მონაცემები);
- ხმის მიცემის პროცესი (ხმის მიცემა შეუძლიათ იმ ამომრჩევლებს, რომლებსაც რეგისტრაციის გავლის შემდგომ მიენიჭათ ღია და დაფარული გასაღებები, რის საფუძველზეც მიიღეს საიდენტიფიკაციო კოდი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია სისტემაში შევლა, ბიულეტენის გენერირება და ხმის მიცემა);
- ხმის მიცემის შემდეგი პროცესი (ხმის მიცემის შემდეგ დაშიფრული ხმები, ხელმოწერა და ელექტრონული ბიულეტენების საიდენტიფიკაციო კოდები ინახება ბლოკჩეინში, შემდეგ კი ითვლება ხმების რაოდენობა და ხდება მათი შეჯამება).

ამ საარჩევნო სისტემის მეშვეობით ბლოკჩეინში მონაცემები ინახება უსაფრთხოოდ და გამოირიცხება ერთი ამომრჩევლის მიერ ერთზე მეტჯერ ხმის მიცემა.

კრიპტოგრაფიის გამოყენება ბლოკჩეინში და მისი რეალიზება საარჩევნო სისტემებში

ბლოკჩეინ ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ძლიერად დაცულ, დეცენტრალიზებულ, ანონიმურ, მაგრამ, ჯაჭვურ რგოლში შემოწმების შესაძლებლობის მქონე პლატფორმას, რომელიც ამჟამად გამოიყენება კრიპტოვალუტის სისტემებში. ბლოკჩეინ ტექნოლოგია ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ ჩანაწერებისა და ხმის მიცემის ანგარიშებისთვის არჩევნებში ამომრჩეველთა მრავალი სახის თაღლითობის თავიდან აცილების მიზნით. განსაკუთრებით, აშშ-ში 2020 წელს პრეზიდენტის არჩევნებთან დაკავშირებულ გავრცელებული დეზინფორმაციის შემდეგ, აქტიურად დაიწყო ბლოკჩეინ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული არჩევნების აგიტაცია და მისი

გულშემატკივრები მიიჩნევენ, რომ მსოფლიო, შეიძლება ითქვას, უკვე მზადაა ბლოკჩეინზე დაფუძნებული უფრო მასშტაბური ბლოკჩეინ კენჭისყრისთვის [12].

ბლოკჩეინი, ძირითადად, არის ციფრული რეესტრი. ტექნოლოგია იყენებს თანაბარუფლებიანი კვანძების შეერთების შედეგად მიღებულ ან თავისი ქსელის კვანძების გადამოწმების, დამუშავებისა და სისტემაში ყველა ტრანზაქციის ჩაწერის საშუალებას. ეს რეესტრი არასდროს ინახება კონკრეტულ სერვერზე, უფრო ზუსტად კი - არსებობს „ჯაჭვში“, რომელსაც ერთდროულად მილიონობით კვანძი უკავშირდება. მონაცემების ბაზის შიფრაციისა და დეცენტრაციის წყალობით ბლოკჩეინის ტრანზაქციების გაყალბება შეუძლებელია და ყოველი ჩანაწერი მარტივად მოწმდება. ქსელის გათიშვა/გატეხვა ან მასზე რაიმე სახის ზეგავლენის მოხდენა, პრაქტიკულად, შეუძლებელია, რადგან ის არ არსებობს მხოლოდ ერთ კონკრეტულ ადგილას.

ბლოკჩეინში მუშავდება არამხოლოდ ფინანსური ტრანზაქციები, არამედ მონაცემთა გადაცემის ნებისმიერი ტიპი. ასეთი სისტემური ინფრასტრუქტურა უადრესად მნიშვნელოვანია ხმის მიცემის პროცესისთვის, ვინაიდან, ხმის მიცემის პროცესში ამომრჩეველების პირადი საიდენტიფიკაციო მონაცემები გამოიყენება, რისი დაცულობაც მეტად მნიშვნელოვანი საკითხია. ხმის მიცემის თანამედროვე სისტემები, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ძირითადად, ტრადიციული მეთოდით იმართება და ხმის მისაცემად ამომრჩეველს უწევს საარჩევნო უბნებზე გასვლა და ქალაქის ბიულეტენებით ხმის მიცემა. ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენებით შესაძლებელი ხდება ამ პროცესის გამარტივება და ონლაინ რეჟიმში გადატანაც კი. ბლოკჩეინს შეუძლია გადაჭრას ბევრი პრობლემა, რომლებიც შეინიშნებოდა მანამდე ნაცად ონლაინ-ხმის მიცემის მცდელობებში. ბლოკჩეინზე დამყარებული ხმის მიცემის მოწყობილობა არ საჭიროებს ზრუნვას თავისი ინტერნეტკავშირის უსაფრთხოებაზე, ვინაიდან, ნებისმიერი ჰაკერი, რომელსაც შეუძლია წვდომა ჰქონდეს ამ ტერმინალთან, ვერ შეძლებს გავლენა მოახდინოს სხვა კვანძებზე. ამომრჩეველებს შეუძლიათ ეფექტურად მისცენ თავიანთი ხმა, თავიანთი პირადი მონაცემებისა და პოლიტიკური შეხედულებების გასაჯაროების გარეშე. ჩინოვნიკებს შეუძლიათ სრული დარწმუნებულობით დაითვალონ ხმები, ვინაიდან ეცოდინებათ, რომ ერთ ამომრჩეველს მხოლოდ ერთხელ აქვს ხმის მიცემის უფლება და შეუძლებელია ყალბი ფორმების შექმნა და ხმების გაყალბება [12].

თანამედროვე სამყაროში, ბლოკჩეინზე დაფუძნებული არჩევნები უკვე იტესტება. 2018 წლის ნოემბერში ტაილანდურმა დემოკრატიულმა პარტიამ, რომელიც ტაილანდური პოლიტიკის ყველაზე ხანდაზმული საპარტიო წევრია, ZCoin-ის გამოყენებით ჩაატარა პირველადი არჩევნები თავისი პარტიის ახალი ლიდერის ასარჩევად. ეს იყო პირველი ფართომასშტაბური პოლიტიკური არჩევნები, რომელიც ჩატარდა ბლოკჩეინის ტექნოლოგიის გამოყენებით. შედეგებში დაფიქსირდა 127 479 ხმა მთელი ტაილანდის მასშტაბით [12].

ელექტრონული ხმის მიცემისთვის ბლოკჩეინზე დამყარებული საარჩევნო სისტემის შემუშავების ერთ-ერთი გზაა ახალი ინდივიდუალური სისტემის შექმნა, არჩევნებისა და ელექტორატის სპეციფიკურ მახასიათებლების ასახვისთვის. მეორე მიმართულება, რომელიც შეიძლება უფრო იაფი და მარტივი გამოდგეს ესაა „უკუკავშირი“, არჩევნების ჩატარება უფრო მყარ ბლოკების ჯაჭვზე, მაგალითად, ისეთზე, როგორც გამოიყენება ვირტუალური ვალუტის, ბიტკოინისთვის. იმის გათვალისწინებით, რომ ბლოკჩეინის რეესტრის უსაფრთხოება დამოკიდებულია მისი მომხმარებლების მასშტაბების ბაზაზე, ეს კომბინირებული მიდგომა ასევე შეიძლება იყოს უფრო უსაფრთხო არჩევნებისთვის მცირე მასშტაბებშიც [13].

დამატებითი კრიპტოგრაფიის გამოყენება ბლოკჩეინზე დაფუძნებულ საარჩევნო სისტემებში

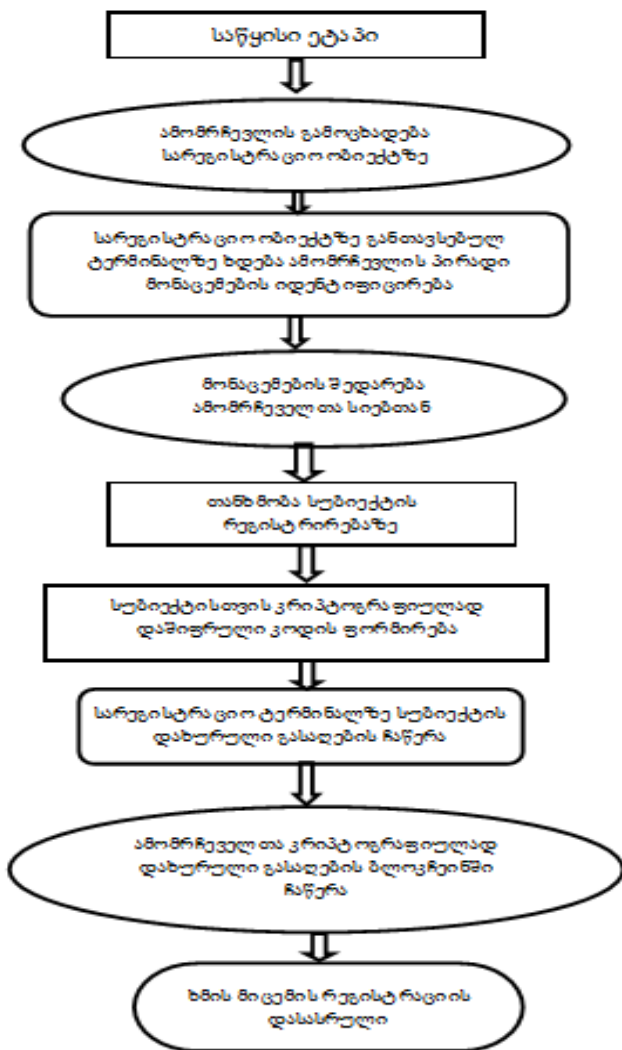
ჩვენ ვთავაზობთ შემდეგ ალგორითმს: მოხდეს კრიფტოგრაფიის დაშიფვრის მეთოდის გამოყენება ბლოკჩეინზე დაფუძნებული საარჩევნო სისტემების ვერიფიკაციის ეტაპზე. რეგისტრაციის დროს (იხილეთ სურათი 2) იდენტიფიცირებულ ამომრჩეველს, რეგისტრაციის დღეს მიენიჭება შესაბამისი ნომერი, რომელიც შემდეგ შეგზვდება მატრიცების ნამრავლის სახით, რაც მოიაზრებს იმას, რომ ეს მინიჭებული ნომერი უდრის ორი მატრიცის ნამრავლს - $AxB=C$, სადაც C იქნება ამომრჩეველზე მინიჭებული ნომერი. ამ ორი მატრიციდან, ორივე იშიფრება კრიპტოგრაფიულად, ერთი ნაწილი ინახება ბლოკჩეინ სისტემის მონაცემთა ბაზაში, ხოლო მეორე მიეწოდება ამომრჩეველს და ეს იქნება მისი დაშიფრული კოდი, ანუ გასაღები, რისი მეშვეობითაც ის მოახერხებს არჩევნებზე ხმის მისაცემად ვერიფიკაციის გავლას. ვერიფიკაციის პროცესი წარიმართება შემდეგნაირად: ვერიფიკაციის ეტაპზე ამომრჩეველი, პირადი მონაცემების იდენტიფიცირების შემდეგ, წარადგენს ამ კრიპტოგრაფიულად დაშიფრულ კოდს (რომელიც წარმოადგენს ციფრებისა და ასოების ერთობლიობას), შემდეგ პროგრამულად, ბლოკჩეინ სისტემაში პროგრამა მოიძიებს ამ კოდის მეორე ნაწილს, ამომრჩევლის ნომრიდან გამომდინარე, რის შემდეგაც, პროგრამულად მოხდება ორივე გასაღების დეშიფრაციასა და მათ ერთმანეთზე გადამრავლებას, თუ პასუხად მიიღება ამომრჩევლის ნომერი, მაშინ ვერიფიკაციის პროცესი ჩაითვლება წარმატებულად გავლილი და ამომრჩეველს მიენიჭება ბიულეტენზე წვდომა და ხმის მიცემის უფლება. ვერიფიკაციის წარუმატებლად გავლის შემთხვევაში, ამომრჩეველი ვერ მიიღებს წვდომას ბიულეტენზე და, შესაბამისად, ვერ შეძლებს არჩევნებში ხმის მიცემას, რაც გამოირიცხავს გაყალბების მცდელობას.

იმ შემთხვევაში, თუ რეგისტრაცია გავლილმა ამომრჩეველმა, გარკვეული მიზეზების გამო ვერ ან არ მიიღო მონაწილეობა ხმის მიცემის პროცესში, საარჩევნო საათის დასრულების შემდეგ, მის საფულეში არსებული კოინი, ავტომატურად ირიცხება ანულირების საფულეში და მისი ხმა ბათილდება, რაც ასევე, მოიაზრებს იმას, რომ ასეთი ამომრჩევლების ხმების თაღლითურად გამოყენება შეუძლებელი იქნება.

ამ დაშიფრული გასაღებების (კოდის) ერთხელ გამოყენების შემდეგ, ის ავტომატურად იშლება სისტემიდან და მისი, ვერიფიკაციისთვის, ხელმეორედ გამოყენება შეუძლებელი ხდება, რაც ასევე, მნიშვნელოვანია, იმ კუთხით, რომ ერთი ადამიანი, რამდენჯერმე ვერ მოახერხებს ხმის მიცემას და მხოლოდ ერთხელ ექნება ამის შესაძლებლობა, ანუ გამოირიცხება ამ კუთხით თაღლითობაც.

რეგისტრაციის პროცესის წარმატებულად გავლის შემდგომ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ამომრჩეველს ეძლევა ხმის მიცემის უფლება. ხმის მიცემის პროცესი გამოიყურება შემდეგნაირად: ბლოკჩეინ სისტემაში შეიქმნება იმდენი საფულე, რამდენი ამომრჩეველი და კანდიდატიც მონაწილეობს არჩევნებში, ამასთან ერთად, დამატებულია კიდევ ერთი - „ხმის ანულირების საფულე“. თითოეულ ამომრჩეველს საფულეში ექნება ეგრეთწოდებული 1 კოინი ანუ 1 ხმა, ხოლო კანდიდატებისა და ანულირების საფულე, დასაწყისისთვის ცარიელი იქნება.

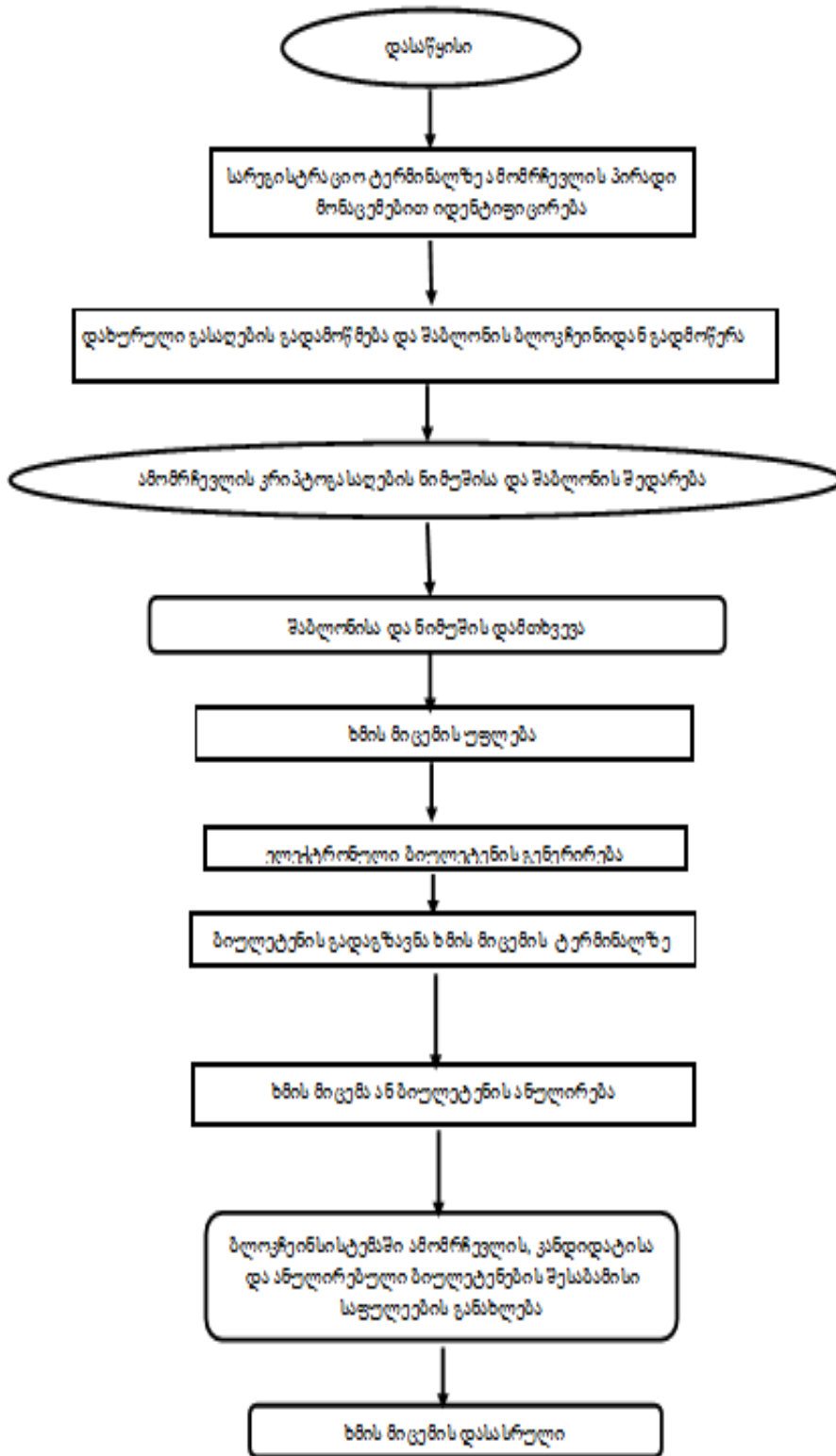
თითოეული ამომრჩეველი თავისი ერთადერთი კოინის გადარიცხვის მეშვეობით შეძლებს ხმის მიცემას (გადარიცხვას) სასურველი კანდიდატისთვის ან საკუთარი ხმის გაბათილებას, ანუ თავისი კოინის ანულირების საფულეში გადარიცხვას.



სურათი 2 . ამომრჩეველთა რეგისტრაციის პროცესის განხორციელების ბლოკ-სქემა

იმ შემთხვევაში, თუ რეგისტრაცია გავლილმა ამომრჩეველმა, გარკვეული მიზეზების გამო ვერ ან არ მიიღო მონაწილეობა ხმის მიცემის პროცესში, საარჩევნო საათის დასრულების შემდეგ, მის საფულეში არსებული კოინი, ავტომატურად ირიცხება ანულირების საფულეში და მისი ხმა ბათილდება, რაც ასევე, მოიაზრებს იმას, რომ ასეთი ამომრჩევლების ხმების თაღლითურად გამოყენება შეუძლებელი იქნება.

ბლოკჩეინ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებულ ელექტრონულ არჩევნებზე ამომრჩეველთა რეგისტრაციის პროცედურებს ასრულებს ადმინისტრატორი/რეგისტრატორი, რომელიც თვალყურს ადევნებს არჩევნების მსვლელობის პროცესს და პასუხისმგებელია სისტემის ხარვეზების აღწერასა და აღმოფხვრაზე. ადმინისტრატორი/რეგისტრატორი რეგისტრაციის დაწყებამდე შეიმუშავებს საარჩევნო სისტემას და აგენერირებს ბიულეტენებს, რის შემდეგაც აქტიურდება საარჩევნო სისტემა, ამის შემდგომ პროცესების სწორად წარმართვას აკონტროლებს, ხმის მიცემის პროცედურის (სურათი 3) დასრულებისთანავე იწყებს შედეგების შეჯამებაზე ზრუნვას და, საბოლოოდ, აცხადებს მიღებულ შედეგებს.



სურათი 3. ხმის მიცემის პროცესის რეალიზების ბლოკ-სქემა

დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილი საკითხის რეალიზება საშუალებას იძლევა საარჩევნო პროცესი დღევანდელი შესაბამის პირობებში ჩატარდეს. კრიპტოგრაფიის გამოყენება ბლოკჩეინში და მისი რეალიზება საარჩევნო სისტემებში დიდი წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება ამ კუთხით, ვინაიდან, როგორც ნაშრომში აღვნიშნეთ, კრიპტოგრაფიული დაშიფვრის მეთოდი, ისევე როგორც ბლოკჩეინ სისტემა, დღევანდელ რეალობაში ყველაზე დაცული პლატფორმაა, რაც არჩევნების ონლაინ ჩატარების საშუალებას იძლევა, თაღლითობასა და გარკვეული სახის გავლენების მოხდენას მაქსიმალურად გამორიცხავს და, ამავდროულად, ამომრჩეველთა პირადი მონაცემების უსაფრთხოების გარანტიას იძლევა.

Use additional cryptography in blockchain and its implementation in the electoral system

Nika Philia, Merab Pkhovelishvili, Natela Archvadze

Summary

The purpose of the given articles is to demonstrate the possibility of using additional cryptographies in blocks, which will be realized in selective systems. We understand that instead of different data, additionally used in the current electoral systems, based on blockchain technologies, it is necessary to use a cryptographic check for encryption, which is why there is a system. Person, participating in the selection, will have the opportunity to enter their individual code after submitting their identification card, which will be generated and encrypted with the help of a matrix. One block of encrypted matrices is fed into a database of blockchains, and another will be selected by a selector. It will be a unique code, and only he can use that code. In such a case, the representative algorithms of the realization of the process of registration and voting are selected in a block diagram.

Использование дополнительной криптографии в блокчейне и ее внедрение в избирательную систему

Ника Филия, Мераб Рхвелишвили, Натела Арчвадзе

Резюме

Цель данной статьи - продемонстрировать возможность использования дополнительной криптографии в блокчейне, которая будет реализована в избирательных системах. Мы считаем, что вместо различных данных, дополнительно используемых в текущих избирательных системах, основанных на технологии блокчейн, необходимо использовать криптографическую проверку шифрования, что еще больше повысит надежность избирательной системы. Лицо, участвующее в выборах, будет иметь возможность получить свой индивидуальный код после подачи своей идентификационной карты, которая будет сгенерирована и зашифрована с помощью матриц. Один блок зашифрованной матрицы хранится в базе данных блокчейна, а другой будет получен избирателем. Это будет его уникальный код, и только он сможет использовать этот код. В статье также представлены в виде блок-схем алгоритмы реализации процесса регистрации и голосования избирателей.

ლიტერატურა – References – Литература

1. შენგელია, ს. (2015). გასაღების ღია არხით გაცვლის მატრიცული ალგორითმისა და ფრაქტალური სტრუქტურების გამოკვლევა და სინთეზი. თბილისი: სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი;
2. ჭელიძე, მ. (2008). კრიპტოსისტემისა და ციფრული ხელმოწერის ალგორითმების სინთეზისათვის. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;
3. ჯინჭარაძე, ე. BLOWFISH და RSA კრიპტოსისტემების ჰიბრიდული მოდელი. *Scientific and Practical Cyber Security Journal (SPCSJ) 2(4): 40-50 ISSN 2587-4667 Scientific Cyber Security Association (SCSA), 40-50.*
4. მამალაძე, ლ. *ბლოკჩეინ ტექნოლოგია: საერთაშორისო გამოცდილება და საქართველო*. Retrieved from ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კონფერენციები "ეკონომიკა – XXI საუკუნე": <http://conferenceconomics.tsu.ge>
5. კიკაძე, გ. *ბლოკჩეინის მნიშვნელობა და ISO-ს ახალი კომიტეტი*. Retrieved from <https://www.isoconsulting.ge/>
6. ალექსანდრე ციხილოვი. ბლოკჩეინი — პრინციპები და საფუძვლები.საგა — საქართველოს აკადემიური გამომცემლობა. თბილისი 2020წ.
7. გადაბაძე, თ. (2018). მიწის რეგისტრაციაში ბლოკჩეინ ტექნოლოგიების გამოყენება საქართველოში. თბილისი: ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი;
8. მაცაბერიძე, მ. (2003). *არჩევნები და საზოგადოება*. https://tsu.ge/data/file_db/library/Archevnebi%20da%20Sazogadoeba%2001.pdf
9. საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა, საარჩევნო სისტემა - <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=6&t=6194>
10. ცესკო. *დამხმარე სახელმძღვანელო უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების სტუდენტებისთვის*. Retrieved from <http://www.electionreforms.ge/res/docs/827>.
11. ცომაია, ქ. (2020). ბლოკჩეინზე დაფუძნებული ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის დამუშავება და კვლევა. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;
12. Liebkind, J. (n.d.). *How Blockchain Technology Can Prevent Voter Fraud*.
13. Service, E. P. (2016, September). *What if blockchain technology revolutionised voting?* [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2016/581918/EPRS_ATA\(2016\)581918_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2016/581918/EPRS_ATA(2016)581918_EN.pdf)

ხსოვნა

MEMORY

ПАМЯТЬ

ვლადიმერ გაბისონია



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის კიდევ ერთი ღვაწლმოსილი თანამშრომელი გამოაკლდა. გარდაიცვალა ინსტიტუტის მინდია სალუქვაძის სახელობის სისტემების იდენტიფიკაციისა და ოპტიმალური მართვის განყოფილების უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი, ინსტიტუტის შრომათა კრებულის სარედაქციო კოლეგიის წევრი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი ვლადიმერ გაბისონია.

ბატონი ვლადიმერ გაბისონია დაიბადა 1933 წელს. თბილისის 41-ე ვაჟთა საშუალო სკოლის დამთავრების შემდეგ მან სწავლა განაგრძო ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკის ფაკულტეტზე.

უნივერსიტეტის დამთავრებისთანავე, 1956 წელს ბატონმა ვლადიმერმა მუშაობა დაიწყო ახლად დაარსებულ მართვის სისტემების ინსტიტუტის (მაშინდელი ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტი) ოპტიმალური სისტემების განყოფილებაში. მან საინტერესო გზა გაიარა ინჟინრიდან მთავარი მეცნიერი თანამშრომლის თანამდებობამდე.

ბატონი ვლადიმერი სწავლობდა ქ. მოსკოვის მართვის პრობლემების ინსტიტუტის ასპირანტურაში. 1970 წელს ამავე ინსტიტუტში მან წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია “ბეისის გადაწყვეტილების საფუძველზე მართვის სისტემების აგების ზოგიერთი საკითხის გამოკვლევა”. მრავალი წლის განმავლობაში იგი წარმატებით ხელმძღვანელობდა ოპტიმალური მართვის პრობლემების განყოფილებას, სადაც მისი ხელმძღვანელობით დამუშავდა არაერთი მნიშვნელოვანი სამეცნიერო პროექტი. მისი შრომების შედეგები აისახა ასზე მეტ სამეცნიერო ნაშრომში და ორ მონოგრაფიაში.

სამუშაოთა დიდი ნაწილი, ძირითადად, დაფუძნებულია ოპტიმალური მართვის პრობლემების კვლევით საკითხებზე: მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის თეორია, ექსტრემალურ ამოცანათა ზოგადი თეორია, თამაშთა თეორია, გადაწყვეტილებათა მიღების თეორია, ადაპტური მართვის პრინციპები.

ვლადიმერ გაბისონიას სამეცნიერო კვლევის შედეგები გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა დარგებში, კერძოდ: წყლის რესურსების ოპტიმალური განაწილების მოდელი, წყლის გაჭუჭყიანების შეფასება ჟანგბადის კონცენტრაციის გამონაგარიშებით, ექსპერტული ცოდნის შეჯერების მეთოდი (ენერგოსისტემის მაგალითზე), მჭიდროდ დასახლებული რეგიონის წყლით მომარაგების მრავალმიზნობრივი მათემატიკური მოდელი, მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის მეთოდის გამოყენება ეფექტური მკურნალობის შემთხვევაში, გრძელვადიანი პროგრამის დაგეგმვა შეზღუდული რესურსების პირობებში, STEM სპეციალობებზე სწავლების თანამედროვე ტექნოლოგიური Math-Bringe-პროგრამა, კონფლიქტური სიტუაციების ანალიზი და მათი გადაჭრის გზების კვლევა მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის და ადაპტური მართვის პრინციპების გამოყენებით.

ბატონი ვლადიმერი იყო უაღრესად განათლებული, ერუდირებული მეცნიერი. კეთილშობილი, პრინციპული, გულისხმიერი და ღირსეული ადამიანი. იგი ძალიან დააკლდება ინსტიტუტს, ოჯახს, მეგობრებს.

მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომლები მუდამ დიდი სითბოთი და სიყვარულით გაიხსენებენ ბატონ ვლადიმერ (ლულუ) გაბისონიას.