

ISSN 0135-0765

DOI: <https://doi.org/10.36073/0135-0765>

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

№28, 2024



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

№28, 2024

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებულში ძირითადად დაბეჭდილია ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ 2024 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების შედეგები და, ასევე, სტატიები სტუდენტთა მონაწილეობით.

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 2024 as well as articles with the participation of students are printed 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 2024 году и также статьи с участием студентов. 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

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, პროფესორი, ტ.მ.დ. (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

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

მ. მიქელაძე, აკად. დოქტორი, (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

ნ. ჯავაშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე)

მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი)

გ. ჩიკოძე, ფილოლ. მ.დ., ფიზ. მათ. მ.კ.

ა. ჩუტკერაშვილი, აკად. დოქტორი

ნ. მირიანაშვილი, ტ.მ.დ.

დ. ფურცხვანიძე, ტ.მ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი:

ა. ფრანგიშვილი, აკადემიკოსი

თ. ლომინაძე, პროფესორი

ზ. გასიტაშვილი, პროფესორი

ზ. წვერაიძე, პროფესორი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ა. ბარდაველიძე, პროფესორი

ი. მელჩუკი, პროფესორი, მონრეალის უნივერსიტეტი, კანადა

თ. კუცია, იოჰანეს კეპლერის უნივერსიტეტი, ლინცი, ავსტრია

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/>

სარჩევი – Contents – Содержание

მართვის თეორია – Control Theory – Теория управления

Identification of nonlinear systems using one class of generalized and expanded block-oriented models	9
<i>B. Shanshiashvili, N. Dadiani, K. Omiadze, D. Tsintzadze</i>	
განრიგთა თეორიის დინამიკური ამოცანა დამატებითი რესურსების ცარიელი სიმრავლის შემთხვევაში.....	17
<i>ქ. კუთხაშვილი, ნ. კილასონია</i>	
Оценка оптимальных сроков участия в накопительной пенсионной схеме	23
<i>В. Хуцишвили, Д. Сихарулидзе</i>	
The Graphical Construction of Pareto Set for One Two-criteria Problem of Microeconomics	27
<i>D. Sikharulidze, N. Dadiani, V. Khutsishvili</i>	
საწარმოს ეფექტურობის მონიტორინგი მართვის ავტომატიზებული სისტემის საშუალებით მომხმარებლისთვის ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების მაგალითზე	31
<i>ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე</i>	
მიმყოლი სისტემის დინამიკის ანალიზი	41
<i>ქ. კოტრიკაძე</i>	

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

მცირე მეფრინველეობის ფერმის ტექნოლოგიური ციკლის გამოკვლევა ავტომატური მართვის მიკროპროცესორული სისტემის კომპონენტების დამუშავებისათვის	49
<i>ნ. ყავლაშვილი, თ. ქართველიშვილი, ლ. გვარამაძე, ვ. ბახტაძე</i>	
წვეთოვანი ავტომატური მორწყვის სისტემის ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდი	58
<i>ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, თ. ქართველიშვილი, ვ. ბახტაძე</i>	

Influence of Two-dimensional Roughness on Heat Transfer during a Water Film Flow Down on a Vertical Flat Plate	64
<i>T. Magrakvelidze, G. Gigineishvili, A. Mikashavidze, T. Koberidze, Kh. Lomidze</i>	
საქართველოს ელექტროენერგით უზრუნველყოფის ზოგიერთი საკითხი ეკონომიკის ზრდის მოსალოდნელი მაღალი დონის პირობებში	73
<i>თ. მაგრაქველიძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩვაძე</i>	
ენერგოდაზოგვა თბური ტუმბოსა და მზის ენერჯის გამოყენებით	81
<i>ნ. მირიანაშვილი, ნ. არაბიძე, თ. ბულია, ქ. კვირიკაშვილი, ფ. მშვილდაძე</i>	
Устройства автополива с дозатором	88
<i>П. Ставриანიდი, В. Бахтадзе, Г. Кикнадзе</i>	
განახლებად ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების ზოგიერთი საკითხის შესახებ	92
<i>გ. ურუშაძე, ნ. შენგელია, ნ. დოლონაძე</i>	

ინფორმატიკა – Informatics – Информатика

In Silico Computational Modeling, In Vitro Experimental and In Vivo Nonlethal Study of Novel Anticancer Multicomponent Drug Combinations against the Non-small Nell Lung Cancer (NSCLC) Compared to Pozitotinib and Olmutinib	97
<i>A. Chirakadze, T. Chichua, A. Gigineishvili, Z. Buachidze</i>	
ქართულ-ინგლისურ გრამატიკულ ლექსიკონში ზმნური სალექსიკონო ერთეულისთვის საწყისის შერჩევის შესახებ	102
<i>გ. ჩიკოიძე, ა. ჩუტკერაშვილი, ნ. ჯავაშვილი</i>	
ქართულ↔ინგლისურ ლექსიკონში ომონიმური ორაზროვნების მოხსნა WordNet თესაურუსის გამოყენებით	108
<i>ლ. ლორთქიფანიძე, მ. კლოიანი, ლ. მაკრახიძე</i>	
რამდენიმე ქართული ანდაზისა და იდიომის ინგლისური შესატყვისების შესახებ	117
<i>ლ. სამსონაძე</i>	
ვიტარებითი ბრუნვის ფუნქციები თანამედროვე ქართულში და მათი შესაბამისი თარგმანები ინგლისურ ენაში	122
<i>ნ. ამირეზაშვილი</i>	
Cryptographic Issues of the 1832 Conspiracy - Secret Alphabet	131
<i>M. Tsertsvadze</i>	

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების შესაძლებლობები სამკურნალო პრეპარატების შექმნაში	137
<i>მ. მიქელაძე, ვ. რაძიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, ე. ფაღავა, ი. გ. კორინთელი, ყ. ფაღავა</i>	
გადაწყვეტილების მხარდამჭერი ინტელექტუალური სისტემის მოდელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის და მკურნალობის ამოცანებში	143
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ი. ოკონიანი, დ. რაძიევსკი</i>	
ეფექტური სამკურნალო პრეპარატების ასარჩევად განკუთვნილი ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის შემუშავება	149
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი</i>	
ნეირონული ქსელების მოდელირება Matlab-ის nftool ინსტრუმენტის გამოყენებით	153
<i>ნ. ანანიაშვილი</i>	
კომპიუტერული პროგრამის პარალელური ოპერაციების წილის დადგენის მეთოდი მრავალპროცესორიანი და მრავალბირთვიანი სისტემის აჩქარების შესაფასებლად	159
<i>თ. ბახტაძე, ი. როდონაია, მ. გეგეჭკორი</i>	
მრავალსახსრული მოქნილი მობილური რობოტი	165
<i>დ. ფურცხვანიძე, ნ. გმელიშვილი, ვ. ბახტაძე, გ. კიკნაძე</i>	

სტატიები სტუდენტების მონაწილეობით - Articles with student participation - Статьи с участием студентов

ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა მათემატიკური მოდელის აგებისას სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდებით	175
<i>ბ. შანშიაშვილი, ბ. ავაზნელი, ნ. არაბული</i>	
სახელმწიფო შესყიდვების ელექტრონული სისტემის გაუმჯობესების შესაძლებლობები	181
<i>მ. მელიქიძე, ა. კობიაშვილი, მ. გეგეჭკორი</i>	
სომატური ლექსიკა ქართულ ენობრივ სივრცეში: ლექსემა <i>ღვიძლი</i>	187
<i>ლ. ნარიკაშვილი, ა. ჩუტკერაშვილი</i>	

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Identification of nonlinear systems using one class of generalized and expanded block-oriented models

Besarion Shanshiashvili, Nugzar Dadiani, Ketevan Omiadze, Dudukhana Tsintsadze

*besoshan@hotmail.com, nugzar_dadiani@yahoo.com, komiadse@mail.ru,
dudutzin@gmail.com*

Abstract

Problems of structure and parameter identification of nonlinear dynamical systems on a subset of continuous block-oriented models in the frequency domain, elements of which are generalized Hammerstein and Wiener, and extended Wiener models, are discussed. Structure identification is carried out based on the observations of input and output variables of the system at the steady state. Under the Fourier approximation conditions, when solving the parameter identification problem, the estimation of parameters is obtained via the least squares method. Identification methods are investigated for accuracy.

Keywords:

identification, nonlinear system, structure, parameter, equation.

1. Introduction

Most of the processes in manufacturing systems are dynamic and nonlinear. In nonlinear systems, specific events are observed which do not occur in linear systems.

The selection of the type of automatic control system for any manufacturing process depends on the formalization of existing information about the state of the process in the form of mathematical expressions i.e. mathematical models.

Characterization of nonlinear systems due to the peculiarities of the processes taking place in them, in the entire range of changes of variables, is possible only with the nonlinear models.

A system model can be built using mathematical modeling methods or methods of one of the main direction control theory, system identification. When building a model with systems identification methods, various problems arise depending on the available a priori information about the system and the observability of the signals acting on the system. The construction of an adequate model of the system is significantly determined by the solution of the problems of structure and parameter identification.

The structure identification problem is usually solved based on the use of physical laws or a priori information about the system's processes according to the classic identification scheme [1], while the parameter identification problem is solved based on the input-output data of the system.

In order to determine the regularity of processes in nonlinear systems, as a rule, general models are used, in the form of Volterra and Wiener functional series [2, 3] and continuous and discrete Kolmogorov-Gabor polynomials [4, 5] or block-oriented models consisting of various modifications of Hammerstein and Wiener models [6].

In practice, block-oriented models are more commonly used due to their relative simplicity, although their use requires some a priori information about the class of models.

When using block-oriented models, initially the structure of the model was determined according to the classical scheme of identification, but later there appeared works in which this problem is solved based on the use of input-output data of the system [8, 10], which were followed by further works with such an approach to solving the problem. In some works, the task of structural identification was discussed on certain discrete (e.g. [8, 10]) and continuous subsets (e.g. [11, 12]) of block-oriented models.

Parameter identification methods for nonlinear block-oriented models are mainly developed for simple Hammerstein and Wiener models (e.g. [13-17]). A small amount of work is devoted to the identification of Hammerstein-Wiener and Wiener-Hammerstein cascade models (e.g. [18,19]). For Other block-oriented models success in this area is insignificant, due to the large number of parameters to be estimated and the fact that most block-oriented models, except for Hammerstein models (simple and generalized), are nonlinear with respect to parameters.

This paper discusses the features of solving structure and parameter identification problems for nonlinear dynamical systems on the subset of block-oriented models, elements of which are generalized Hammerstein and Wiener, and extended Wiener models. These problems are directly related to each other using the same experimental data. Identification problems are considered in the frequency domain under conditions of input sinusoidal signals of the system.

2. Classes of models and input signals

The problems structure and parameter identification are considered on the following class of continuous block-oriented models (Fig. 1):

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

where s_1, s_2 are the generalized Hammerstein and Wiener, and s_3 - expanded Wiener models.

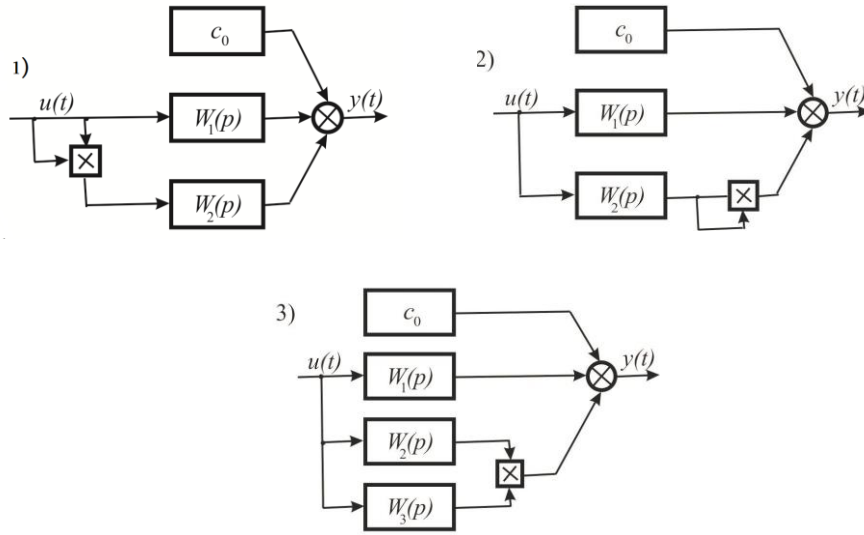


Fig.1. The block-oriented models: 1) generalized Hammerstein model; 2) generalized Wiener model; 3) expanded Wiener model.

The models of the set L are described by the following equations [17]:

- Generalized Hammerstein model

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

- Generalized Wiener model

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

- Expanded Wiener model

$$y(t) = c_0 + c_1W_1(p)u(t) + [W_2(p)u(t)][W_3(p)u(t)]; \quad (4)$$

In the formulas (2) - (4) $u(t)$ and $y(t)$ are input and output variables, correspondingly, c_0 - constant coefficient, $W_i(p)$ ($i=1,2,3$) - transfer functions of linear dynamic systems in the operational form, i.e. $p \equiv d/dt$.

Furthermore, it is implied that the linear dynamical elements in the block-oriented models are stable, i.e. the roots of their characteristic equation are placed in the left half plane of the roots plane.

In order to solve the problems of structure and parameter identification of the nonlinear systems in the frequency domain, it is assumed, that input signal of the system $u(t)$ is a sinusoidal function:

$$u(t) = A \cos \omega t. \quad (5)$$

3. Structure identification

3.1. Mathematical description of output forced oscillations

When solving the problem of structure identification, the values of the input-output variables of the research system are used in the steady state. It is implied that the classes of models and input signals are known, and it is necessary to develop the criterion determining the structure of the model from the class of models. Such setting of the problem is in accordance with the classical definition identification of L. Zade's [1].

When a sinusoidal signal of the type (5) is entered into the input of a nonlinear system, after the end of the transient mode at the output of the system, a steady-state forced oscillation is obtained, which has certain characteristics for each model of the set (1).

Let's consider the analytical expressions [12] of the forced oscillations obtained at the outputs of the set models (1), which are obtained by solving the equations (2-4) taking into account (5):

- **Generalized Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} A^2 |W(0)| + |W_1(j\omega)| A \cos[\omega t + \phi(\omega)] + \frac{1}{2} |W_2(2j\omega)| A^2 \cos[2\omega t + 2\phi(\omega)]; \quad (6)$$

- **Generalized Wiener model**

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

- **Expanded Wiener model**

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

In expressions (6) - (8) $|W_i(j\omega)|$ ($i=1, 2, 3$) are modules of frequency transfer functions of models and $\varphi_i(\omega)$ ($i=1, 2, 3$) are phase shifts of an output signals of a linear parts concerning an input signal.

3.2. Criterion of determination of structure of model

The criterion for determining the structure of the model on the set of models (1), which is obtained by analyzing the expressions of the output variables (6) - (8) of the models, it is as follows [12]:

- **Generalized Hammerstein model** - constant component of the output signal does not depend on the change of the input influence frequency. The output periodic signal contains only the first and second harmonics;
- **Generalized Wiener model** - the difference between the constant component and the amplitude of the second harmonic does not depend on the frequency, and the ratio of the amplitude square of the first harmonic to the amplitude of the second harmonic depends on the frequency;
- **Expanded Wiener model** - all above-listed values depend on the frequency, however, the constant component and the ratio of difference of the constant components under different amplitudes of the input action to the amplitude of the second harmonic represent trigonometric functions of frequency.

Based on the use of numerical harmonic analysis can be determined the values of the above-listed values - constant components, amplitudes of the first and second harmonics of the forced oscillation of the system output.

4. Parameter identification

Estimation the parameters of block-oriented models, due to their large number, is possible analytically only for low-order models.

The dynamic parts of many processes in manufacturing systems can be described by first- or second-order differential equations.

Let's assume that in the set (1), the transfer functions of the linear dynamic parts of models are defined by the expression:

$$W_i(p) = \frac{1}{T_{0i}p^2 + T_i p + 1} \quad (i = 1, 2, 3), \quad (9)$$

where $T_{0i} > 0$ ($i = 1, 2$) has a dimension of time square, and $T_i > 0$ ($i = 1, 2$) - a dimension of time.

Let's consider the peculiarities of model parameter estimation by the method of least squares using the Fourier approximation.

4.1. Generalized Hammerstein model

From (6), taking into account (9), after a series of transformations we obtain:

$$\begin{aligned} y(t) = & c_0 + \frac{1}{2}A^2 + \frac{A(1-\omega^2T_{01})}{(1-\omega^2T_{01})^2 + \omega^2T_1^2} \cos \omega t + \frac{A\omega T_1}{(1-\omega^2T_{01})^2 + \omega^2T_1^2} \sin \omega t + \\ & + \frac{A^2(1-4\omega^2T_{02})}{2[(1-4\omega^2T_{02})^2 + 4\omega^2T_2^2]} \cos 2\omega t + \frac{A^2\omega T_2}{(1-4\omega^2T_{02})^2 + 4\omega^2T_2^2} \sin 2\omega t. \end{aligned} \quad (10)$$

Using the Fourier approximation [20] for the periodic signal of the system output allows the calculation of the Fourier coefficients $\hat{a}_0/2$, \hat{a}_k , \hat{b}_k , ($k = 1, 2$). If we equate these estimates with their theoretical values from expression (10) and use the least squares method, we get the dynamic parameter estimates [17]:

$$\hat{T}_{01} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right)^2}, \quad (11)$$

$$\hat{T}_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right)^2}. \quad (12)$$

$$T_{02} = \frac{1}{4} \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i \right)^2}, \quad (13)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}^2}{b_{2i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{a_{2i}}{b_{2i}} \omega_i^3 \right)^2}. \quad (14)$$

4.2. The generalized Wiener model

Estimates of dynamic parameters for this model, obtained by the least squares method, are determined, as for the previous model, by expressions (11), (12).

In the same way as for Hammerstein's model, a linear system of equations for T_{02} , T_2 , T_{02}^2 , T_2^2 is obtained for the model:

$$2\omega_i^2 T_{02} + 2\omega_i \frac{\hat{a}_{2i}}{\hat{b}_{2i}} T_2 - \omega_i^4 T_{02}^2 - 2\omega_i^2 \frac{\hat{a}_{2i}}{\hat{b}_{2i}} T_{02} T_2 + \omega_i^2 T_2^2 = 1 \quad (i=1,2,\dots,n), \quad (15)$$

By means of this system, it is possible to obtain \hat{T}_{02} , \hat{T}_2 parameter estimates by the least squares method.

4.3. The expanded Wiener model

Let us assume for this model that the linear elements in its composition are described by first-order differential equations, that is, in (9) let us assume that $T_{0i} = 0$ ($i=1, 2, 3$). Such assumption simplifies the calculations.

In this case, we get the following estimates [21]:

$$\hat{T}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\hat{b}_{1i}}{\hat{a}_{1i}} \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2}, \quad (16)$$

$$\hat{T}_2 = \frac{2\hat{T}_0}{\hat{T} - \sqrt{\hat{T}^2 - 4\hat{T}_0}}, \quad (17)$$

$$\hat{T}_3 = \frac{2\hat{T}_0}{\hat{T} + \sqrt{\hat{T}^2 - 4\hat{T}_0}}, \quad (18)$$

where

$$\hat{T}_0 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^4 \right)}, \quad (19)$$

$$\hat{T} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^4 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \hat{b}_{2i} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^4 \right)}. \quad (20)$$

5. Accuracy of the Received Results

A very important stage of building a model with systems identification methods is the examination of the issue of model validation, i.e., its adequacy to the system. There are various approaches to investigate this issue (e.g. [1, 22-25]), the most important of which is the approach when the same signal is supplied to the research system and the built model, then the signals received at their outputs are compared and a certain equivalence function is drawn up with respect to the received error, through which the adequacy of the object and model is judged.

In cases where manufacturing conditions do not allow the same signal to be supplied to the inputs of the investigating system and the model, the developed identification method is investigated for accuracy through theoretical analysis and computer modeling.

The reliability of the results obtained in the considered identification methods in the presence of noise and errors in the identification of nonlinear systems in production conditions depends on the accuracy of the measurement of the input-output signals of the system and the mathematical processing of experimental data.

The considered identification methods of nonlinear systems were investigated using computer modeling using MATLAB. Both the package Simulink-toolbox tool for system modeling and the Symbolic Math Toolbox tool for solving equations are used.

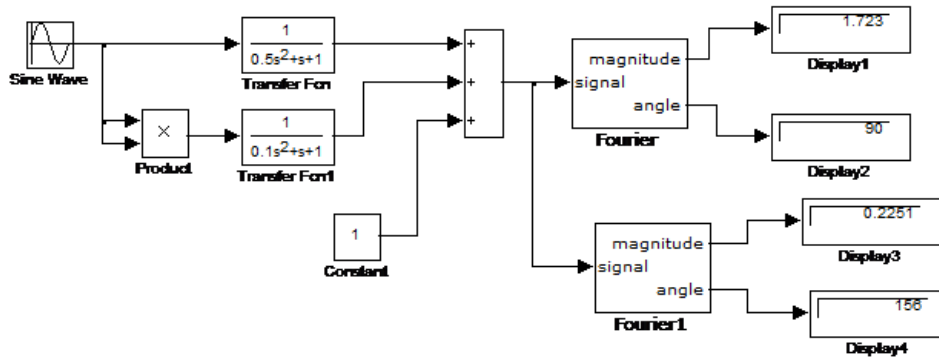


Fig. 2. Scheme for Generalized Hammerstein model

Figure 2 presents an electronic scheme composed for the generalized Hammerstein model, on which the presented identification methods were examined.

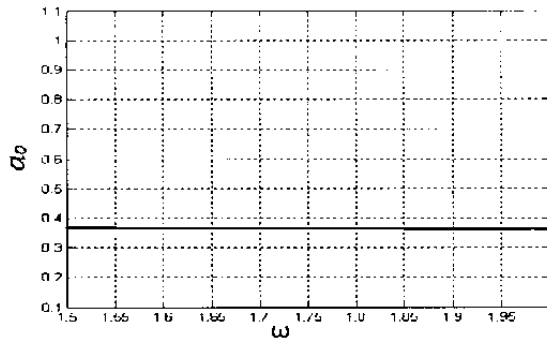


Fig. 3. The dependences $a_0 = f(\omega)$ for Hammerstein generalized model.

The dependences of the constant component of the output periodic signal on the frequency of the input sinusoidal signal $a_0 = f(\omega)$ for the generalized Hammerstein model is given as an example in Fig. 3.

When investigating the method of parameter identification, diagrams of output variables of models and estimates of unknown parameters were obtained. For example, for the generalized Hammerstein model, experiments were performed on parameter values $c_0 = 2$, $T_{01} = 1,5$, $T_1 = 2$,

$T_{02} = 0,5$, $T_2 = 1$. The following estimations of the unknown parameters are obtained: $c_0 = 2$, $T_{01} = 1.4709$, $T_1 = 1.9528$, $T_{02} = 0.4882$, $T_2 = 0.9729$.

6. Conclusion

The peculiarities of solving structure and parameter identification problems of nonlinear systems in the frequency domain under the influence of input sinusoidal signals of the system are discussed. Identification problems is considered on the subset of continuous block-oriented models, the elements of which are generalized Hammerstein and Wiener models, and extended Wiener models.

Structure identification is carried out based on observations of the input and output variables of the system at the steady state. Under the Fourier approximation conditions, when solving the parameter identification problem, the estimation of parameters is obtained by the least squares method.

The reliability of the obtained results in manufacturing conditions depends on the accuracy of the measurement of the output signals of the system and the mathematical processing of the experimental data.

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაცია ერთი კლასის განზოგადებული და გაფართოებული ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების გამოყენებით

ბესარიონ შანშიაშვილი, ნუგზარ დადიანი, ქეთევან ომიადე, დუდუხანა ცინცაძე
რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანები სიხშირულ არეში უწყვეტი ბლოკურად ორიენტირებული მოდელების ქვესიმრავლეზე, რომლის ელემენტებია განზოგადებული ჰამერშტეინისა და ვინერის, და გაფართოებული ვინერის მოდელები. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია მიმდინარეობს დამყარებულ მდგომარეობაში სისტემის შემავალ და გამომავალ ცვლადებზე დაკვირვების საფუძველზე. ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენების პირობებში, პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტისას, პარამეტრების შეფასება მიიღება უმცირესი კვადრატების მეთოდით. იდენტიფიკაციის მეთოდები გამოკვლეულია სიზუსტის თვალსაზრისით.

Идентификация нелинейных систем с использованием одного класса обобщенных и расширенных блочно-ориентированных моделей

Виссарион Шаншиашвили, Нугзар Дадиани, Кетеван Омиадзе, Дудухана Цинцадзе

Резюме

Обсуждаются проблемы структурной и параметрической идентификации нелинейных динамических систем в частотной области на подмножестве непрерывных блочно-ориентированных моделей, элементами которых являются обобщенные модели Хаммерштейна и Винера, а также расширенная модель Винера. Идентификация структуры осуществляется на основе наблюдений входных и выходных переменных системы в установившемся состоянии. В условиях использования Фурье-аппроксимации при решении задачи параметрической идентификации оценка параметров получена методом наименьших квадратов. Методы идентификации исследованы на точность.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Eykhoff, P. System Identification. Parameter and State Estimation. Joh Wiley and Sons Ltd, London. 1974.
2. Volterra, V. Theory of Functionals and of Integral and *Integro-Differential Equations*. Dover Publ., New York. 1959.

3. Wiener, N. *Nonlinear Problems in Random Theory*. Wiley, New York. 1958.
4. Kolmogorov, A. N. Interpolation and extrapolation of stationary random series. *Bulletin of the Academy Sciences of USSR, Mathematical series*, vol. 5, no.1, 1941, pp. 3-14.
5. Gabor, L., Wilby, P.L. and Woodcock, R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. *IEE Proceedings*, vol. 108, part B, 1961, pp. 422-433.
6. Haber, R. and Keviczky, L. Identification of nonlinear dynamic systems. In: *Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation*. Institute of Control Sciences, Moscow. 1976, pp. 62-112.
7. Shanshiashvili B. G. On the selection of the model structure under the nonlinear dynamic system identification with a closed cycle, *Preprints of the 8th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, vol. 2, Oxford: Pergamon Press, 1988, pp. 933-938.
8. Haber, R. and Unbehauen, H. Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. *Automatica*, vol. 26, no. 4, 1990, pp. 651-677.
9. B. G. Shanshiashvili, Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous-time systems, *Preprints of the 9th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation*, vol. 1, Budapest, 1991, pp. 640 – 643,
10. Giri, F., Bai, E-W. (eds). *Block-oriented Nonlinear System Identification*. Springer, Berlin, 2010.
11. Salukvadze. M. and 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.
12. Shanshiashvili B., Prangishvili A. and Tsveraidze Z. Structure Identification of Continuous-Time Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, Issue 13, 2019, pp. 463-468. ,
13. Li C., Li F., Cao Q. Parameter identification for Hammerstein nonlinear system with polynomial and state space model. *Measurement and Control*, vol. 56, issue 1-2, 2022, pp. 327-336.
14. Liu X., Wang C., Dai W. Probability-Based Identification of Hammerstein Systems with Asymmetric Noise Characteristics, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 73, 2024pp.1-11.
15. Jin Q., Wang Z., Cai W., Zhang Y. Parameter identification for Wiener-finite impulse response system with output data of missing completely at random mechanism and time delay. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, vol. 35, issue 5, 2021, pp. 811-827.
16. Jing Sh., Pan T., Zhu Q. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, vol. 35, issue 12, 2021, pp. 2537-2549.
17. Shanshiashvili B., Rigishvili T. Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. *IFAC PapersOnLine*, vol. 53, issue 2, 2020, pp. 10695–10700.
18. Brouri A. Wiener–Hammerstein nonlinear system identification using spectral analysis. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol. 32, issue 10, 2022, pp. 6184-6204.
19. Brouri A., El Mansouri F.Z., F.Z. Chaoui F.Z., Abdelaali C., Giri F. Identification of Hammerstein-Wiener model with discontinuous input nonlinearity. *Science China Information Sciences*, vol. 66, 2023, pp.1-15.
20. Hamming R. W. *Numerical methods for scientists and engineers*. Dover Publications Inc., New York. 1987.
21. 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.
22. Söderström T., Stoica P. System Identification and Model Adequacy: A Comparative Study. *International Journal of Control*, 2002, pp. 1179-1193.
23. Hang K. M., Zhang J. L. A Review of Model Validation Techniques for System Identification. *Control Engineering Practice*, 2007, pp. 1655-1668.
24. Hughes F. M., Davidson E. L. Assessing Model Adequacy in System Identification: Techniques and Applications. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 2012, pp. 3053-3070.
25. Qian J., Li Sh. Model Adequacy Checking for Applying Harmonic Regression to Assessment Quality Control. *ETS Researcher Report Series*, vol. 2021, issue 1, 2021, pp. 1-26.

განრიგთა თეორიის დინამიკური ამოცანა დამატებითი რესურსების ცარიელი სიმრავლის შემთხვევაში

ქეთევან კუთხაშვილი, ნელი კილასონია

kkutkhashvili@yahoo.com, kilasonianeli1@gmail.com

რეზიუმე

განრიგთა თეორიაში, როგორც ცნობილია, დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობაზე დამოკიდებულია მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა სხვადასხვა კრიტერიუმის ან კრიტერიუმების შემთხვევაში. იმისათვის, რომ დიდი რაოდენობით მონაცემების შემთხვევაში მიზნის ფუნქციის ექსტრემალური მნიშვნელობა იყოს მიღწეული, საჭიროა აიგოს დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობის ოპტიმალური განრიგი, რისთვისაც ყოველი კონკრეტული ამოცანისათვის ეფექტური ალგორითმის აგებაა საჭირო.

ნაშრომში შემოთავაზებულია განრიგთა თეორიის ერთპროცესორული კლასიკური ამოცანა, რომლისთვისაც დამატებითი რესურსების სიმრავლე ცარიელია, ხოლო ოპტიმალურობის საზომად განხილულია დავალებათა სისტემის შესრულების საერთო ღირებულება. ამასთან, ამოცანის ყველა პარამეტრი წინასწარ ცნობილი არ არის, რის გამოც ალგორითმის ასაგებად გამოყენებულია დინამიკური დაპროგრამების მეთოდი.

საკვანძო სიტყვები:

დისკრეტული; ოპტიმალური; განრიგი; დინამიური მოდელი; ალგორითმი.

შესავალი

მე-20-ე საუკუნის მეორე ნახევრიდან დისკრეტული ოპტიმიზაციის მეთოდების განვითარებამ განსაკუთრებული მნიშვნელობა შეიძინა, რადგან ამ მეთოდების და კომპიუტერული ტექნიკის საშუალებით ეკონომიკის, ტექნიკისა თუ სოციალური მეცნიერებების ისეთი ამოცანების გადაჭრა გახდა შესაძლებელი, რომლებიც ზუსტი და უწყვეტი მეთოდების გამოყენებით შეუძლებელი იყო. წარმოიშვა მათემატიკის უამრავი სხვადასხვა მიმართულება და მათ შორის განრიგთა თეორია, რაც სამუშაოების, პროცედურების, ფინანსების და უამრავი სხვა ობიექტების დამუშავების დროში ოპტიმალურ განაწილებას გულისხმობს.

როგორც ცნობილია, განრიგთა თეორიის ამოცანები არაპოლინომიალური (NP) სირთულისაა. ისეთი განრიგის შედგენა, რომელიც ამოცანის პარამეტრებზე დადებულია უამრავი შეზღუდვისა და მათი გათვალისწინებით ამა თუ იმ კრიტერიუმის დაკმაყოფილების საშუალებას მოგვცემს, დიდი რაოდენობით მონაცემების დამუშავებას და შესაბამისად, მრავალი მანქანური ოპერაციის შესრულებას საჭიროებს. ამიტომ, მონაცემების რაოდენობის გაზრდასთან ერთად გამოთვლების რაოდენობაც არაპოლინომიალურად იზრდება, ეს კი თავისთავად, ამოცანის ამოხსნისთვის საჭირო მანქანურ დროს ძალიან ზრდის [2, 3]. სწორედ ამიტომ, კონკრეტული შეზღუდვების პირობებში პოლინომიალური ალგორითმის აგება მეტად მნიშვნელოვანია. ამასთან, რაც უფრო დაბალი ხარისხის პოლინომით იქნება შეფასებული აგებული ალგორითმის ეფექტურობა, მით უკეთესია ალგორითმი.

განრიგთა თეორიის ამოცანები, ისე როგორც დისკრეტული ოპტიმიზაციის მრავალი სხვა ამოცანა, შეიძლება დაიყოს სტატიკურ და სტოქასტურ ამოცანებად. სტოქასტური ამოცანების ერთერთი განშტოებაა დინამიკური ამოცანები. სტატიკური ამოცანებისათვის სხვადასხვა შეზღუდვების პირობებში აგებულია ალგორითმები როგორც ერთი, ასევე

მრავალი კრიტიკიუმის შემთხვევებში. აგებული ალგორითმები შტოებისა და საზღვრების მეთოდს ეფუძნება [7, 8]. როდესაც ზოგიერთი პარამეტრი წინასწარ ცნობილი არ არის, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას დინამიკური დაპროგრამების მეთოდი შტოებისა და საზღვრების მეთოდთან ერთად.

დინამიკური დაპროგრამების მეთოდი, რომელიც გასული საუკუნის ორმოცდაათიან წლებში შემოთავაზებული იყო რ.ე.ბელმანის მიერ, დასმული ამოცანის მცირე განზომილების ამოცანებად დაყოფას ეფუძნება. დიდი განზომილების ამოცანა მცირე ზომის ამოცანებად სხვადასხვა გზით შეიძლება იყოს დაყოფილი [4, 5]. ამიტომ პირველ რიგში დაყოფის მეთოდი უნდა განისაზღვროს და დაყოფის ალგორითმი აიგოს. ყოველი მცირე ზომის ამოცანისათვის საჭიროა შევადგინოთ ამ ამოცანაში მოხვედრილი დავალებების ოპტიმალური განაწილების განრიგი. ბოლოს, შედგენილი ცხრილების საფუძველზე აიგება გრაფიკი საწყისი ამოცანისათვის, რომელიც მიზნის ფუნქციის გარკვეულ მნიშვნელობას მოგვცემს. ამ მნიშვნელობის გასაუმჯობესებლად საჭიროა უკუსვლის მეთოდის გამოყენება.

თითოეული დანაყოფისათვის უკუსვლის მეთოდი გამოიყენება და ამ დანაყოფში შემავალი დავალებების ისეთნაირად გადალაგებას მოითხოვს, რომ წინა ეტაპზე აგებული ცხრილის მიხედვით გამოთვლილი მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობის გაუმჯობესება გამოიწვიოს. ყოველი შემდეგი ქვესიმრავლისათვის აგებული საუკეთესო ცხრილის მიხედვით გამოთვლილი მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა ემატება წინა ქვესიმრავლისათვის გამოთვლილ მნიშვნელობას და საბოლოოდ, ყველა ქვესიმრავლის ამოწურვის შემთხვევაში, დასაწყისში დასმული ამოცანისათვის აგებულ ცხრილს და მიზნის ფუნქციის მიახლოებით მნიშვნელობას მივიღებთ. ამის შემდეგ კვლავ მოგვიწევს უკუსვლის მეთოდის გამოყენება მთლიანი ცხრილისათვის.

დინამიკური დაპროგრამების მეთოდი ძირითადად გულისხმობს დროით ინტერვალებად დაყოფას. ბელმანის ოპტიმალურობის პრინციპის თანახმად, როგორც არ უნდა იყოს სისტემის საწყისი მდგომარეობა და საწყისი ამონახსნი, შემდეგი ამონახსნი სისტემის ოპტიმალურ მდგომარეობას უნდა განსაზღვრავდეს წინა ამონახსნის გათვალისწინებით [1, 4, 5]. განხილულ ამოცანაში ქვესიმრავლებად, ანუ უფრო მცირე ამოცანებად, დაყოფა განხორციელდება არა მარტო დროითი ინტერვალებად დაყოფით, არამედ, შესასრულებელი დავალებების სპეციფიკის გათვალისწინებითაც. ბოლოს, აგებული ალგორითმის ეფექტურობის ხარისხი დადგინდება.

ამოცანის დასმა

შესასრულებელია დავალებათა გარკვეული რაოდენობა, რომლებიც დავალებათა სიმრავლეს შეადგენენ. დავალებები შესაძლოა იყოს სხვადასხვა ბუნების გადაზიდვის საშუალებები, როგორცაა საბარგო ვაგონები, სახმელეთო კონტეინერები, საბარგო გემები, რომელთა დატვირთვა ან ჩატვირთვაა საჭირო, დავალებები შეიძლება იყოს კულტურული ღონისძიებები ან რაიმე საწარმოში შესასრულებელი სამუშაოები თუ ფინანსური ოპერაციები და სხვა, ცხადია, რომ ამ დავალებათა შესასრულებლად საჭიროა რესურსები, რომლებიც შესაძლოა ორ ნაწილად გავყოთ: ძირითადი და დამხმარე საშუალებები. პირობითად, ძირითად საშუალებებს ვუწოდოთ პროცესორები, ხოლო დამხმარე საშუალებებს ვუწოდოთ დამატებითი რესურსები.

თითოეული დავალების შესრულება, ცხადია გარკვეულ ხარჯებთან არის დაკავშირებული. ხარჯებიც შესაძლოა სხვადასხვა სახის იყოს (ადამიანური რესურსი, ტექნიკური საშუალებები და სხვა), რაც შეიძლება, რომ ფინანსურ საერთო ღირებულებაში გადავიყვანოთ. ვიგულისხმობთ, რომ სხვადასხვა პროცესორს სხვადასხვა დავალების შესრულება შეუძლია, ანუ განსხვავებული არიან ერთმანეთისგან ფუნქციონალურად, ასევე, ერთი და იგივე დავალებას სხვადასხვა პროცესორზე შესასრულებლად სხვადასხვა დრო სჭირდება. ჩვენ განვიხილავთ უწყვეტ ამოცანას, ანუ ე.წ. ერთსაფეხურა ამოცანას, რაც იმას გულისხმობს, რომ თუკი დავალების შესრულება დაიწყება რომელიმე პროცესორზე, მისი შეწყვეტა და სხვა პროცესორით გაგრძელება ან გარკვეული დროის შემდეგ სამუშაოს განახლება, შეუძლებელია. პირიქითაც, ერთ პროცესორზე ერთდროულად რამდენიმე

დავალების შესრულება არ არის დაშვებული. ჩვენი მიზანია ავაგოთ დავალებათა მთლიანი სიმრავლის შესრულების ოპტიმალური განრიგი, ე.ი. ავაგოთ ცხრილი, რომელიც გვიჩვენებს თუ რომელი დავალება რომელ პროცესორზე შესრულდება და დროის რომელ მომენტში უნდა იყოს დაწყებული, ისე, რომ არ მოხდეს პროცესორების მოცდენა და დავალებათა მთლიანი სიმრავლის შესასრულებლად საჭირო ფინანსური ხარჯები იყოს მინიმალური.

დავალებათა სიმრავლის შესასრულებლად წინასწარ მოცემული $[0, T]$ პერიოდი განიხილება. დავალებები ამ პერიოდის განმავლობაში სხვადასხვა დროს ხვდებიან სისტემაში. ზოგიერთი მათგანის სისტემაში მოხვედრის დრო წინასწარ ცნობილია, თუმცა შესაძლოა ზოგიერთი დავალებისთვის ეს არ იყოს წინასწარ მოცემული სიდიდე, რაც ამოცანას ხდის არადეტერმინირებულს. ვინაიდან დავალებები სისტემაში $[0, T]$ პერიოდის განმავლობაში ნებისმიერ დროს შეიძლება მოხვდნენ, ეს გარემოება მოდელს ხდის დინამიკურს და ამიტომაც მხოლოდ სტატიკური მეთოდების გამოყენებით ალგორითმი ვერ აიგება, საჭირო ხდება დინამიკური დაპროგრამების მეთოდის გამოყენება.

მათემატიკური მოდელი

განრიგთა თეორიის ამოცანის ზოგადი მათემატიკური მოდელი გასული საუკუნის 80-იან წლებში ჩამოაყალიბეს ე.გ. კოფმანმა, აგრეთვე ვ.ს ტანაევმა და მათმა მოწაფეებმა. ზოგადი მოდელი შემდეგნაირად ჩამოაყალიბდება [2, 3, 7, 8]:

მოცემული გვაქვს პროცესორების სიმრავლე $P = \{P_1, \dots, P_m\}$, $j = 1, \dots, m$, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ფუნქციონალური შესაძლებლობებით და სწრაფმოქმედებითაც. მოცემულია დავალებათა $X = \{\xi_1, \dots, \xi_n\}$ სისტემა, რომელიც $[0, T]$ პერიოდში P პროცესორების საშუალებით უნდა შესრულდეს. ცხადია, $m < n$. პროცესორები არიან ნახევრად ურთიერთშეცვლადი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით და იდენტური არიან სწრაფმოქმედებით. დავალებათა სისტემა მოიცემა შემდეგი სახით:

$$\langle\langle X, \langle \tau_{ij} \rangle_{i=1, \dots, m, j=1, \dots, n}, \{M_j\}_{j=1, \dots, n}, \{\omega_{ij}\}_{i=1, \dots, m, j=1, \dots, n} \rangle\rangle.$$

2017 წელს გამოქვეყნდა ნაშრომი [7], სადაც განხილული იყო განრიგთა თეორიის ერთი კონკრეტული დეტერმინირებული ამოცანის გადაჭრის ალგორითმი. ალგორითმის პოლინომიალობა მიიღწეოდა ზოგიერთი პარამეტრის გამარტივების ხარჯზე. კერძოდ, დავალებათა სისტემაში იგულისხმება, რომ

“ \langle ” – X სიმრავლეზე განსაზღვრული არარეფლექსური, არასიმეტრიული მიმართებაა და შეზღუდვას ადებს დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობას. $\xi_i < \xi_j$ ნიშნავს, რომ ξ_j დავალება უნდა შესრულდეს მანამ, სანამ ξ_i დავალება შესრულება დაიწყება. განხილულ ამოცანაში ეს სიმრავლე ცარიელია;

τ_{ij} ($i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$) მატრიცაა, რომლის ij ელემენტი j -ური დავალების i -ურ პროცესორზე შესრულების ხანგრძლივობას გამოხატავს. განხილულ ამოცანაში მატრიცა არის გადაგვარებული წარმოადგენს ვექტორს და მისი j -ური კომპონენტი j -ური დავალების ნებისმიერ პროცესორზე შესრულების ხანგრძლივობას გამოხატავს;

M_j $j=1, \dots, k$ - წამოადგენს დამატებითი რესურსების სიმრავლეს, რომლებიც აუცილებელია დავალებათა შესასრულებლად;

$\{\omega_{ij}\}_{i=1, \dots, m, j=1, \dots, n}$ - წონითი ფუნქციების მატრიცაა, რომლის ij ელემენტი j -ური დავალების i -ურ პროცესორზე შესრულების ფასს გამოხატავს. განხილულ ამოცანაში ეს მატრიცაც არის გადაგვარებული და წარმოადგენს ვექტორს. მისი j -ური კომპონენტი j -ური დავალების ნებისმიერ პროცესორზე შესრულების ფასს გამოხატავს.

ჩვენი მიზანი იყო შეგვედგინა სისტემაში შემოსული დავალებების შესრულების უწყვეტი განრიგი ანუ შეგვედგინა A რომელიც ყოველი დავალების შესაბამის პროცესორზე დამუშავების დაწყების დროს გვიჩვენებს იმის გათვალისწინებით, რომ მთლიანი სისტემის შესრულების ღირებულება იქნება მინიმალური.

თუ თითოეული დავალების სისტემაში მოხვედრის დროს აღვნიშნავთ $t_i^0 \in [a_i; b_i]$ -ით, ხოლო მის დამუშავების დაწყების დროს კი $t_i^1 \in [a_i; b_i]$ -ით, მაშინ სხვაობა $t_i^1 - t_i^0$ გვიჩვენებს

დავალების მოცდენის დროს და თუ მოცდენის დროს ერთეულისათვის შემოვიღებთ ღირებულების ვექტორს $\omega 1_i$, მაშინ სინამდვილეში თითოეული დავალების შესრულება

$$\tau_i \cdot \omega_i - (t_i^1 - t_i^0)\omega 1_i \text{ ფასი ედირება, ხოლო მიზნის ფუნქციას ექნება სახე}$$

$$\rho(S^*) = \min_S \rho(S) = \min_S \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\tau_i \cdot \omega_i - (t_i^1 - t_i^0)\omega 1_i),$$

სადაც S^* არის მიღწეული ოპტიმალური განრიგი, ხოლო $\rho(S^*)$ არის სისტემის ღირებულება ოპტიმალური განრიგის შემთხვევაში.

მიზანი იყო აღნიშნული ამოცანისათვის აგებული ყოფილიყო პოლინომიალური სირთულის ალგორითმი, რომელიც სისტემაში დავალებათა დინამიკურობას გაითვალისწინებდა. შემდეგში აგებული ალგორითმი გარკვეული სახეცვლილებით აგებული იქნა არადეტერმინირებული სისტემისთვის [6, 8].

ალგორითმის აღწერა

ამოცანის დინამიკურობიდან გამომდინარე, დინამიკური პროგრამირების თეორიის საფუძველზე უნდა აიგოს ვარიანტების მიმდევრობითი ანალიზის სქემა. ზოგადად ასეთი სქემა პროცედურების შემდეგ თანმიმდევრობაზე დაიყვანება:

ამოცანის რამდენიმე სპეციფიკური თვისების მქონე ქვეამოცანად დაყოფა;

ვარიანტების თანმიმდევრობითი ანალიზის საფუძველზე თითოეული ქვეამოცანისათვის ვარიანტების ხის აგება;

მოცემული შეზღუდვების გამოყენებით ზოგიერთი ვარიანტის ამოგდება განხილვიდან, არაპერსპექტიული ვარიანტების შტოების მოკვეთა დასაწყისშივე, სანამ მოხდება სრული აგება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს გამოთვლების რაოდენობას.

ამ მიზნით, საჭიროა მოცემული ამოცანა დაიყოს უფრო მცირე ზომის ამოცანებად. ამისათვის მოცემული $[0, T]$ ინტერვალი დავეყოთ თანაბარი სიგრძის ქვეინტერვალებად, ისე, რომ მათი რაოდენობა T რაოდენობას არ აღემატებოდეს. ვთქვათ, მათი რაოდენობა არის TN . მაშინ თითოეული ქვეინტერვალის სიგრძე იქნება $\tau = T/N$. პირველ ეტაპზე განვიხილოთ ის დავალებები, რომელთათვისაც $t_i^0 < \tau$. ამ დავალებების სიმრავლე აღვნიშნოთ X_1 -ით და მოვახდინოთ განშტოება, ავავოთ ვარიანტების მინი ხე შემდეგნაირად:

პროცესორები, რომლების უნდა მოემსახურონ ამორჩეულ დავალებებს, შესაძლოა არ იყვნენ თავისუფალი ნულოვანი მომენტისათვის, არამედ დაკავებული იყვნენ ადრე დაწყებული სამუშაოებით. ვთქვათ, ცნობილია ყველა ამ პროცესორის გათავისუფლების დრო და ეს დროითი მომენტი j -ური პროცესორისათვის აღვნიშნოთ \bar{t}_{p_j} -ით ($j=1, 2, \dots, m$).

ცხადია, გათავისუფლებულ პროცესორზე დაინიშნება შემდეგი ის დავალება, რომელიც მოცემულ მომენტში მზად არის შესასრულებლად. თითოეული დავალებისათვის ასეთი პროცესორი შესაძლოა რამდენიმე აღმოჩნდეს. მათი სიმრავლე დავიმახსოვროთ ცვლადით J_i^1 . ე.ი. ის დავალებები უნდა ამოვარჩიოთ, რომელთა სისტემაში მოხვედრის დრო $t_i^0 < 0 + \tau$ და რომელთათვისაც $t_i^0 > \bar{t}_{p_j}$. ასეთი დავალებების დასრულების დრო მოვნიშნოთ თითოეულ შესაბამის პროცესორზე და შესასრულებლად დავნიშნოთ ის დავალება და იმ პროცესორზე, რომლისთვისაც შესრულების დამთავრების დრო მინიმალურია $\eta = \min_{\xi_i \in X_1^k} (t_{\xi_i}^{(k)} + \tau_i)$. შემოვიღოთ წინასწარ რაიმე სიდიდე ρ_1 , რომელსაც განრიგის მახასიათებელ

სიდიდეს ვეძახით. გამოვთვალოთ ამ ეტაპზე დანიშნული დავალებებისათვის $= \sum_{i \in X_1} (\tau_i \cdot \omega_i - (t_i^1 - t_i^0)\omega 1_i)$. შევადაროთ ორი სიდიდე. თუ $L < \rho_1$, მაშინ ρ_1 -ს მივანიჭოთ L -ის მნიშვნელობა და დავალებების პროცესორებზე დანიშნები დავიწყოთ თავიდან, სანამ J_i^1 სიმრავლეში ყველა კომბინაციას არ ამოვწურავთ. თითოეული ამ კომბინაციისათვის გამოვთვალოთ L სიდიდე და პროცესი შევწყვიტოთ, როდესაც მინიმალური მნიშვნელობა იქნება მიღწეული. ამ მნიშვნელობის შესაბამისი დანიშნები ჩავთვალოთ აგებულ ცხრილად ამ ეტაპზე, ხოლო L -ის მინიმალური მნიშვნელობა დავიმახსოვროთ ρ_1 მახასიათებელ სიდიდედ და გადავიდეთ მომდევნო ეტაპზე.

დავალეები, რომლებისთვისაც ვერ სრულდება აღნიშნული პირობები და შესაბამისად ვერ აღმოჩნდებიან დანიშნული რომელიმე პროცესორზე, X_1 სიმრავლიდან ამოვარდებიან და

შემდეგ ეტაპზე გადაინაცვლებენ. მომდევნო ეტაპი განისაზღვრება დროით $[\tau; 2\tau]$. ამ ეტაპზე მოხვდებიან დავალებები, რომლებიც წინა ეტაპზე არ აღმოჩნდნენ დანიშნული და აგრეთვე ის სამუშაოები, რომელთა სისტემაში მოხვედრის დრო $\tau < t_i^0 < 2\tau$ პირობას აკმაყოფილებს. მათი სიმრავლეა X_2 . ამ სიმრავლისთვის გავივლით ყველა იმ პროცედურას, რაც წინა ეტაპზე დაგვჭირდა. ავაგებთ ცხრილს და გამოვთვლით ρ_2 სიდიდეს.

X_k სიმრავლეთა ფორმირება გაგრძელდება მანამ, სანამ ბოლო ეტაპამდე არ მივალთ ($k=1, 2, \dots, TN$) და ყველა დავალება არ იქნება დანიშნული. ყოველ საფეხურზე შესაძლოა სისტემაში მოხვდეს ისეთი დავალება, რომელიც თავიდან მოცემულ X სიმრავლეში არ იყო. მაგრამ ვინაიდან ამოცანა დაყვავით დროით ინტერვალებად და თითოეული ინტერვალისათვის დავალებებს და პროცესორების მუშაობის რეჟიმს განვიხილავთ როგორც დამოუკიდებელ ამოცანას, სწორედ ეს გვეხმარება ამოცანის დინამიკურობის გადაჭრაში. თითოეულ ეტაპზე აგებული ცხრილის შეერთებით დასმული ამოცანის ცხრილს მივიღებთ, ხოლო მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა იქნება $R = \sum_{k=1}^{TN} \rho_k$.

ცხადია, რომ თითოეულ ქვეამოცანაში განხილული დავალებების რაოდენობა გაცილებით ნაკლებია n -ზე, ხოლო ეტაპების რაოდენობა დასმული ამოცანისათვის ფიქსირებული რიცხვია, ასევე ყოველ ეტაპზე თითოეული დავალებისათვის პროცესორების აგებული J_i^1 სიმრავლე ნაკლებია m -ზე, აგებული ალგორითმის ეფექტურობის ხარისხი არ გადაჭარბებს $O(mn^2)$ სიდიდეს.

A dynamic problem of scheduling theory in the case of an empty set of complementary resources

Ketevan Kutkhashvili, Nelli Kilasonia

Summary

As is known, the value of the objective function in the case of various criteria depends on the sequence of tasks execution. In order to achieve the extreme value of the objective function in the case of a large amount of data, it is necessary to find an optimal schedule for the execution of the tasks, for which it is necessary to build an efficient algorithm for each specific task.

In the paper, a single-processor classical task of scheduling theory is proposed, for which the set of additional resources is empty, and the total cost of the task system execution is considered as a measure of optimality. However, not all the parameters of the task are known in advance, which is why the dynamic programming method is used to build the algorithm.

Динамическая задача теории расписаний в случае пустого множества дополнительных ресурсов

Кетеван Кутхашвили, Нели Киласония

Резюме

В теории расписаний, как известно, от последовательности выполнения задач в случае разных критериев зависит значение целевой функции. Для достижения экстремального значения целевой функции, в случае большого объема данных, необходимо найти оптимальный график выполнения задач, для чего необходимо построить эффективный алгоритм для каждой конкретной задачи.

В статье предложена однопроцессорная классическая задача теории расписаний, для которой множество дополнительных ресурсов пустое, а общая стоимость выполнения системы

задач рассматривается как мера оптимальности. Наряду с этим не все параметры задачи известны заранее, поэтому для построения алгоритма используется метод динамического программирования.

ლიტერატურა – References – Литература

- 1 Уздемир А.П. Динамические целочисленные задачи оптимизации в экономике. М.: Физматлит, 1995.
- 2 Коффман Э.Г. и др. Теория расписаний и вычислительные машины. Введение в детерминированную теорию расписаний. Алгоритмы построения расписаний М.: Наука. 1984.
- 3 Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984.
- 4 RICHARD BELLMAN. Dynamic Programming, rinceton University. Press.
- 5 Dynamic Programming Algorithms. California State University. <https://home.csulb.edu › teaching › lectures>, PDF. 2024.
- 6 კუთხაშვილი ქ. დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი დინამიკური ამოცანის შესახებ. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა მოდესტა, 2023წ. გვ.22.
- 7 გაბისონია ვ., კუთხაშვილი ქ. განრიგთა თეორიის ერთი კერძო ამოცანის შესახებ. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა „პოლიგრაფია“ 2017წ.
- 8 კუთხაშვილი ქ., გაბისონია ვ. დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის ალბათური მოდელი. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2018წ.

Оценка оптимальных сроков участия в накопительной пенсионной схеме

Виктор Хуцишвили, Дали Сихарулидзе
otariko@yahoo.com, dali_sx@yahoo.com

Резюме

Рассмотрена накопительная пенсионная схема, действующая в Грузии. Процесс накопления индивидом денежных средств представлен в виде долгосрочного инвестиционного процесса. Выявлены факторы, влияющие на принятие решения об участии в схеме. Единственным управляющим параметром, находящимся при некоторых условиях в руках будущего пенсионера, является срок его участия в накопительной пенсионной схеме. Исследована зависимость эффективности пенсионных инвестиций от этого срока при различных значениях основных параметров – банковского процента, нормы прибыли от вложений пенсионного фонда, темпа роста номинальной зарплаты. Приводятся соответствующие графики. Главным результатом исследования является фиксация падения эффективности участия в схеме с ростом продолжительности этого участия.

Ключевые слова:

пенсионные накопления, инвестиционный процесс, эффективность

1. Введение

С 2019 года в Грузии действует накопительная пенсионная система [1]. Изложим её суть: ежемесячно из номинальной заработной платы наёмного работника удерживается 2%, к этой сумме добавляется по 2%, начисляемые работодателем и государством, и полученная сумма перечисляется на личный пенсионный счёт работника. К моменту выхода на пенсию на его счету накапливается определённая сумма, которая делится на среднее количество месяцев времени его дожития и таким образом определяется размер ежемесячных выплат, которые пенсионер будет получать в течение упомянутых месяцев в качестве добавки к базовой пенсии.

В качестве примера возьмём ежемесячную зарплату в 1000 лари. На пенсионный счёт работника каждый месяц перечисляются 60 лари, из которых вклад будущего пенсионера с учётом 20%-го подоходного налога составляет 16 лари. Если срок участия в пенсионной схеме составит 25 лет, то при неизменной зарплате работника с него всего будет удержано $16 \times 12 \times 25 = 4800$ лари, а на его пенсионном счету накопится $60 \times 12 \times 25 = 18000$ лари, т.е. в 3.75 раза большая сумма.

Казалось бы, выгода участия в пенсионной схеме очевидна, тем более что пенсионный фонд вкладывает накопленные деньги в доходные финансовые инструменты, но реально большая часть наёмных работников в схеме участвовать не желает. В соответствующем законе даже указано, что для лиц не старше 40 лет участие в схеме обязательно. Следуя теории нобелевского лауреата по экономике Даниэля Канемана [2], можно предположить, что нежелание участвовать в пенсионной схеме является нерациональным, но не всё так просто. Дело в том, что реальная стоимость накопившихся к будущему моменту времени денег может оказаться меньше стоимости реальных затрат на эти накопления.

В настоящей статье предпринята попытка разобраться в описанной проблеме и, по возможности, оценить оптимальные сроки участия в накопительной пенсионной схеме.

2. Основные параметры инвестиционной среды

Очевидно, что процесс накопления денежных средств на будущую добавку к базовой пенсии, не учитывающей трудовой вклад пенсионера и фактически являющейся социальным пособием по старости, можно и нужно рассматривать, как долгосрочный инвестиционный процесс и, соответственно, изучить факторы, действующие за и против пенсионных инвестиций. В пользу решения индивида о принятии участия в накопительной пенсионной схеме работают два фактора – мгновенное увеличение каждого из его личных ежемесячных взносов на 275% и доход, который приносит пенсионному фонду вложение накопившихся денежных ресурсов в различные ценные

бумаги (часть из них предварительно конвертируется в твёрдую валюту). Против участия будущего пенсионера в схеме работает фактор непрекращающегося во времени уменьшения стоимости денег, накопленных на личном пенсионном счету.

Для дальнейшего изложения нам необходимо ввести некоторые переменные, описывающие исследуемый инвестиционный процесс.

r – средняя банковская годовая процентная ставка, т.е. полусумма средних эффективных процентных ставок на долгосрочные вклады и ссуды,

p – средняя месячная процентная ставка, связанная с годовой соотношением

$$(1+p/100)^{12} = 1+r/100,$$

q – мультипликативный коэффициент обесценения денег (лари) в течение месяца, связанный с месячной процентной ставкой соотношением

$$q = 1/(1+p/100).$$

Коэффициент q используется для дисконтирования денежных сумм.

i – номер очередного взноса клиента пенсионной схемы, $1 \leq i \leq n$, где n – номер последнего взноса. Время между датами первого и последнего взноса составляет $(n-1)$ месяцев,

Z – затраты клиента схемы за всё время участия в ней, перерасчитанные (дисконтированные) на момент первого взноса. Считая банковскую процентную ставку постоянной, получим формулу

$$Z = \sum q^{i-1} X_i,$$

где X_i – размер i -го взноса в номинальном выражении, $1 \leq i \leq n$. По причине обесценивания лари зарплата наёмного работника в номинальном выражении увеличивается, но это увеличение происходит не ежемесячно, а скачкообразно – мы предполагаем, что один раз в два года. Таким образом, мы моделируем динамику X_i следующим образом:

$$X_i = X_1 \quad i = 2, \dots, 12,$$

$$X_{13} = X_1(1+r/100) = X_1(1/q)^{12},$$

$$X_i = X_{13} \quad i = 14, \dots, 36,$$

$$X_{37} = X_{13}(1/q)^{24} = X_1(1/q)^{36}, \quad \text{и т. д.}$$

На момент последнего взноса с номером n возраст клиента схемы должен быть не менее 60 лет для женщин и не менее 65 лет для мужчин. Это условие налагает на n ограничение снизу $n \geq n_0$, где n_0 – время (в месяцах) до достижения пенсионного возраста с момента первого взноса.

d – процент среднемесячной прибыли от вложений пенсионного фонда в ценные бумаги.

Сумму, накопившуюся на счету клиента к моменту последнего взноса, как правило, выдают не сразу, а по частям (ежемесячно), соответственно среднему времени T (месяцев) его дожития. Через S обозначим сумму, причитающуюся клиенту схемы, откорректированную (дисконтированную) на момент первого взноса. Получим для номинала s и реальной суммы S формулы

$$s = 2.75 \times \sum X_i (1+d/100)^{n-i} \quad \text{и} \quad S = (s/T) \times (q^n + q^{n+1} + \dots + q^{n-1+T}).$$

Последней переменной, характеризующей исследуемый накопительный процесс, является отношение реальных доходов к реальным затратам, выражающее эффективность участия в схеме:

$$E = S/Z.$$

Эта величина зависит от n – срока участия в пенсионной накопительной схеме (с точностью до одного месяца). Если $E(n) > 1$, то участвовать в схеме выгодно, если же $E(n) < 1$, то – невыгодно.

В следующем пункте мы приведём графики зависимости E от n , но предварительно необходимо отметить, что краткая пиар-формула для пенсионных начислений 2%+2%+2% справедлива не всегда, а лишь для годовых зарплат, не превышающих 24000 лари [1]. Для части зарплаты, превышающей указанную сумму, 2% от государства превращается в 1%, а для части, превышающей 60000 лари в год, доля государства в начислении вообще обнуляется. Такое правило представляется нам несправедливым, т.к. указанные суммы являются номинальными, а с течением времени номинальные зарплаты очень заметно увеличиваются, что означает плавный переход от формулы 2%+2%+2% к формуле 2%+2%+0%.

3. Результаты расчётов

Результаты представлены в виде графиков зависимости эффективности E участия будущего пенсионера в накопительной пенсионной схеме от срока этого участия n . На горизонтальной оси отмерено число месяцев, прошедших с начала участия в схеме, а на вертикальной оси – безразмерная величина эффективности E .

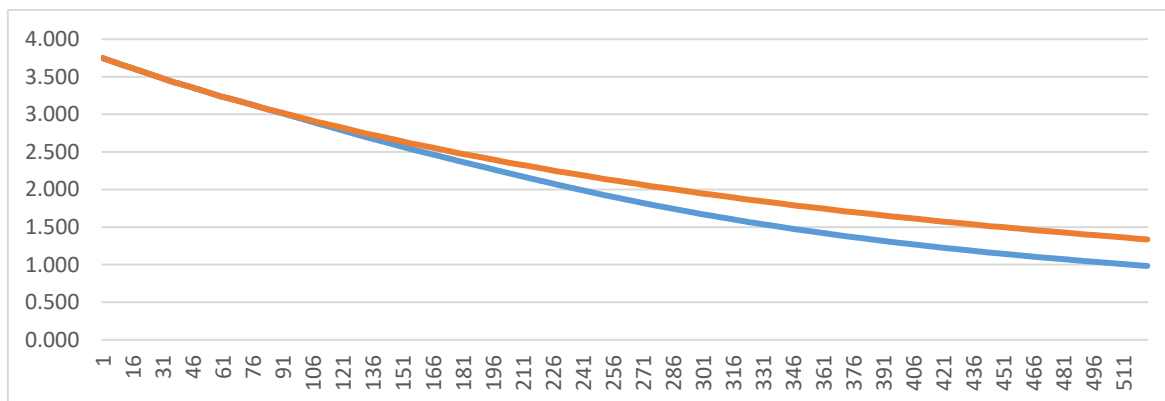


Рис. 1. Эффект обрезания доли государства в пенсионных взносах при “больших” зарплатах.

Графики, приведённые на рис. 1, получены при следующих значениях параметров: начальная зарплата = 1000 ₾/месяц, $r = 1\%$ /месяц, $d = 0.5\%$ /месяц. Предполагается, что накопленная сумма выдаётся без задержки ($T = 0$). В противном случае оба графика в своей правой части будут проходить ещё ниже. Верхний график отражает гипотетическую ситуацию без урезания доли государства в пенсионных отчислениях в случаях, когда зарплата превышает уровни в 2000 и 5000 лари в месяц. Слово “больших” взято в кавычки по той простой причине, что с течением времени номинальные 5000 лари и 2000 лари обречены стать, соответственно, маленькими и очень маленькими реальными суммами. Нижний график отражает действие действующего законодательства, постепенно переводящего формулу $2\%+2\%+2\%$ в формулы $2\%+2\%+1\%$ и $2\%+2\%+0\%$. К примеру, 40-летнее накопление пенсионных отчислений становится практически неэффективным даже при единовременной выдаче, т.к. значение $E(480)$ близко к 1.

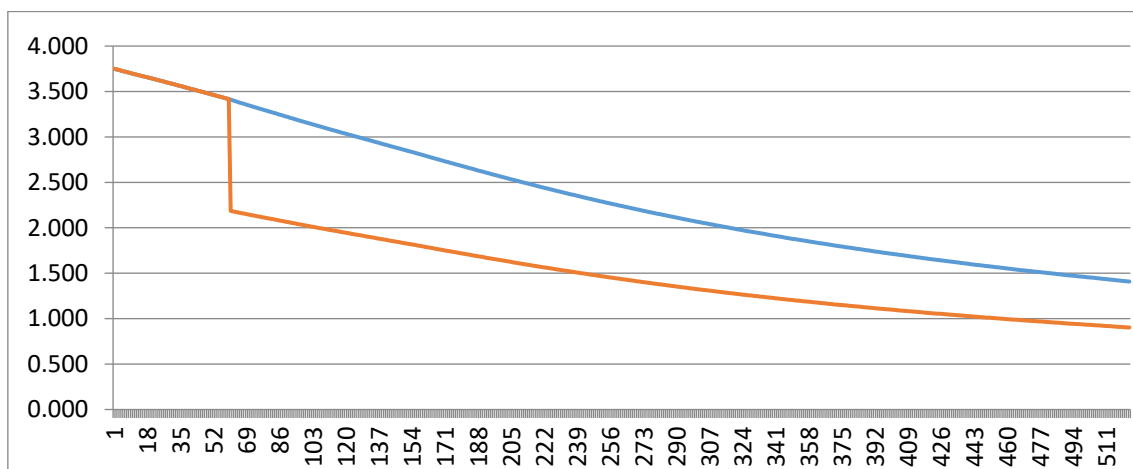


Рис. 2. Отрицательное влияние постепенного выливания накопленных денег.

На рис. 2 отражён процесс с реальным урезанием. Начальная зарплата = 1500 ₾/месяц, $r = 1\%$ /месяц, $d = 0.7\%$ /месяц. Дополнительно учитывается, что клиент схемы получает накопленную им сумму денег не сразу, а постепенно - ежемесячно равными долями. Срок выдачи, во время которого накопленные деньги, очевидно, обесцениваются, варьируется в зависимости от пола и возраста клиента (мы взяли $T = 96$, т.е. 8 лет). Исключение, т.е. выдача денег без задержки ($T = 0$), делается для участников, состоящих в схеме менее 5 лет [1]. Поэтому соответствующий (нижний) график до отметки в 60 месяцев повторяет график зависимости эффективности участия в схеме от времени при отсутствии задержки, а далее он терпит серьёзный разрыв, т.к. прибыль от доходных ценных бумаг пенсионеру больше не начисляется. График показывает, что при указанных значениях параметров дно эффективности ($E = 1$) пробивается приблизительно при $n = 450$.

Из приведённых графиков также видно, что если срок участия в схеме меньше 15 лет, то такое, сравнительно недолгое участие, для будущего пенсионера выгодно. Очевидно, что

увеличение значения параметра d увеличивает эффективность пенсионных накоплений, что же касается параметра p , то его увеличение наоборот – эту эффективность снижает.

4. Заключение

Проведённое исследование фактически позволяет ответить на актуальный вопрос – стоит ли наёмному работнику участвовать в накопительной пенсионной схеме, действующей в Грузии. Для этого потенциальному клиенту схемы необходимо указать свои индивидуальные параметры – размер зарплаты, срок участия, возраст, пол, а также свой прогноз относительно пределов изменения банковского процента и процента прибыли на вложения пенсионного фонда в ценные бумаги. Остальную работу выполнит созданная нами Excel-программа.

დაგროვებით საპენსიო სქემაში მონაწილეობის ოპტიმალური ვადების შეფასება

ვიქტორ ხუციშვილი, დალი სიხარულიძე

რეზიუმე

განხილულია საქართველოში მოქმედი დაგროვებითი საპენსიო სქემა. ინდივიდის მიერ ფულადი სახსრების დაგროვების პროცესი წარმოდგენილია გრძელვადიანი საინვესტიციო პროცესის სახით. გამოვლენილი იქნა სქემაში მონაწილეობის შესახებ გადაწყვეტილებაზე მოქმედი ფაქტორები. ერთადერთი სამართი პარამეტრი, რომელიც გარკვეულ პირობებში არის მომავალი პენსიონერის ხელში, არის მისი დაგროვებით საპენსიო სქემაში მონაწილეობის ვადა. გამოკვლეულია ამ ვადაზე საპენსიო ინვესტიციების ეფექტურობის დამოკიდებულება ძირითადი პარამეტრების - საბანკო პროცენტის, საპენსიო ფონდის დაბანდებებისგან მოგების ნორმის, ნომინალური ხელფასის ზრდის ტემპის - სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის. მოყვანილია შესაბამისი გრაფიკები. კვლევის მთავარ შედეგს წარმოადგენს სქემაში მონაწილეობის ხანგრძლივობის ზრდასთან ერთად ამ მონაწილეობის ეფექტურობის დაცემის ფიქსირება.

Assessing the optimal terms of participation in a cumulative pension scheme

Victor Khutsishvili, Dali Sikharulidze

Summary

The cumulative pension scheme operating in Georgia is considered. The process of accumulation of funds by an individual is presented as a long-term investment process. The factors influencing the decision to participate in the scheme are identified. The only control parameter, which under certain conditions is in the hands of the future pensioner, is the term of his participation in the cumulative pension scheme. The dependence of the effectiveness of pension investments on this term is studied for different values of the main parameters - bank interest, rate of return on pension fund investments, the growth rate of nominal wages. The corresponding graphs are provided. The main result of the study is the fixation of a decrease in the effectiveness of participation in the scheme with an increase in the duration of this participation.

ლიტერატურა – References – Литература

1. https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4280127?publication=9&fbclid=IwY2xjawE-YbtleHRuA2FlbQIxMAABHTtsYoz3FvtNAoKGZCLc6dEBZ2TtconG5C-WBiLB8n5ekRZUU4UNHbGUpA_aem_ioPp92Fj2wM0AbGFuq1PzA.
2. Канеман Д., Тверски А. Рациональный выбор, ценности и фреймы. Институт психологии РАН, Психологический журнал. 2003, т. 24, № 4, стр. 31–42.

The Graphical Construction of Pareto Set for One Two-criteria Problem of Microeconomics

Dali Sikharulidze, Nugzar Dadiani, Victor Khutsishvili

dali_sx@yahoo.com, n.dadiani@gtu.ge, otariko@yahoo.com

Abstract

In the article an algorithm for Pareto set graphical construction for one two-criteria optimization problem of so important branch of microeconomics, as agriculture, particularly, plough-land distribution for growing of n given cultivated plants, is considered. For each plant the promising price for its quantity on the area unit and fixed and variable costs for this quantity are given. The criteria are maximal profit and profitability. Pareto set points are choosing in different from the way of Prudovski and Terentiev. The method is illustrated in the article in example. The graph of Pareto set will help decision maker to choose the acceptable solution of the problem.

Key words:

the Graph of Pareto Set; North-East points.

Introduction. One of the promising field of multicriteria optimization application in microeconomics is agriculture. The important problem in agriculture is optimal distribution of plough-land for different cultivated plants. Usually, the main criteria in this problem are maximal profit and minimal cost or maximal profitability-the ratio of profit and cost. This problem can be defined and solved as the linear programming problem, but our purpose is graphical construction of Pareto set [1,2] for this problem. This illustration will help decision maker to find acceptable solution. In [1] there is contained the algorithm solving this problem. In this algorithm for finding Pareto points we suggest pictorial method.

Let's consider the total area of the plough-land as single entity. We have to raise there n different cultivated plants, let x_i be the area for i- th plant, the whole area must be planted in full,

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1.$$

Let p_i be supposed price of the i-th plant unit, c_i - necessary variable cost of its growing on the area unit and C- fixed cost . We have to maximise the following functionals:

$$k_1 = \sum_{i=1}^n (p_i - c_i)x_i - C \rightarrow \max \text{ (profit)}$$

$$k_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - c_i)x_i - C}{\sum_{i=1}^n c_i x_i + C} \rightarrow \max \text{ (profitability)}.$$

According to the algorithm [1], assign to each variable x_i maximal value 1, $x_i = 1, i = 1, 2, \dots, n; x_k = 0, k = 1, 2, \dots, n, k \neq i$, evaluate the values of functionals k_1 and k_2 for obtained n vectors

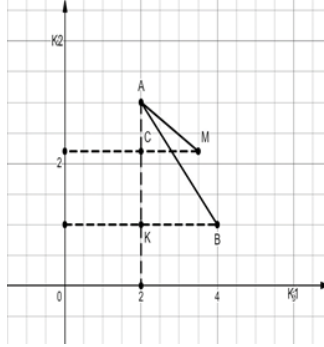
$$\alpha_1 = \underbrace{(1, 0, \dots, 0)}_n, \alpha_2 = \underbrace{(0, 1, \dots, 0)}_n, \dots, \alpha_n = \underbrace{(0, 0, \dots, 1)}_n.$$

Let's denote by $k_1^i, k_2^i, i = 1, 2, \dots, n$ obtained values, corresponding to the unit n-dimensional vectors with 1 on the i-th place. According to [1], we choose the pair with the largest first coordinate, if there are several such points, we choose from them the one with the largest second coordinate. Let's denote this pair by (a_1, b_1) and the pair with maximal second coordinate by (c_1, d_1) . Similarly, if there are several such points, then we choose from them the one with maximal first coordinate. If these two points coincide , then Pareto set consists from only this point. Otherwise the straight line, joining the points (a_1, b_1) and (c_1, d_1) will divide the set of the points $Q = \{(k_1^1, k_2^1), (k_1^2, k_2^2), \dots, (k_1^n, k_2^n)\}$ in two parts, we have to look for Pareto points among the points to the North-East from this line, it is clear, that

these will be the points closest to the ideal point (a_1, d_1) . This set may be characterized in the following way: these are the points with the coordinates in the following borders:

$$\begin{aligned} a_1 &\leq k_1^i \leq c_1 \\ b_1 &\leq k_2^i \leq d_1 \end{aligned}$$

And, as it is visible from the drawing



for the point M to the NE from the line AB we have

$$tg\angle MAC > tg\angle BAC, \text{ or } \frac{MC}{AC} > \frac{BK}{AK}.$$

Therefore, we consider only the points, which satisfy this inequality. Then in the same way we choose from these points the points (a_2, b_2) and (c_2, d_2) ((a_2, b_2) - the pair with the largest first coordinate, if there are several such points, we choose from them the one with the largest second coordinate and the pair (c_2, d_2) with maximal second coordinate, if there are several such points, we choose from them the one with the largest first coordinate and so on). If we have on the following step, that $(a_m, b_m) = (c_m, d_m)$, the procedure is finished and the Pareto set is polyline joining the points $(a_1, b_1), (a_2, b_2), \dots, (a_m, b_m), (c_1, d_1), (c_2, d_2), \dots, (c_m, d_m)$ in the indicated order [1], it is easy to write its equation, using the equation of the line, passing through two points.

Let's consider the example. The data are given in the table

i	1	2	3	4	5	6	7	8
p_i	9	6	7	8.2	13	13.2	20.8	45
c_i	6	2	2	2.2	6	5.2	10.8	34

Let fixed cost be $C = 2$. Then

$$k_1 = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 7x_5 + 8x_6 + 10x_7 + 11x_8 - 2$$

$$k_2 = \frac{3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 7x_5 + 8x_6 + 10x_7 + 11x_8 - 2}{6x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 2.2x_4 + 6x_5 + 5.2x_6 + 10.8x_7 + 34x_8 + 2}$$

We have:

$$\begin{aligned} k_1(\alpha_1) &= 1, k_2(\alpha_1) = \frac{1}{8}; k_1(\alpha_2) = 2, k_2(\alpha_2) = \frac{1}{2} \\ k_1(\alpha_3) &= 3, k_2(\alpha_3) = \frac{3}{4}; k_1(\alpha_4) = 4, k_2(\alpha_4) = \frac{20}{21}; \\ k_1(\alpha_5) &= 5, k_2(\alpha_5) = \frac{5}{8}; k_1(\alpha_6) = 6, k_2(\alpha_6) = \frac{5}{6}; \\ k_1(\alpha_7) &= 8, k_2(\alpha_7) = \frac{5}{8}; k_1(\alpha_8) = 9, k_2(\alpha_8) = \frac{1}{4}. \end{aligned}$$

Here α_i is 8- dimensional unit vector with 1 on i -th place, these 8 points are given on the graph:

$$A(9; \frac{1}{4}); B(4; \frac{20}{21}); C(9; \frac{20}{21}); E(6; \frac{5}{6}); F(8; \frac{5}{8}); G(5; \frac{5}{8}); M(4; \frac{5}{6}); K(4; \frac{1}{4})$$

$$tg\angle KBA \approx 7.12; tg\angle KBF \approx 12.22; tg\angle KBE \approx 10.8$$

The point G, with the coordinates between the coordinates of the points A and B will not be the Pareto point, as

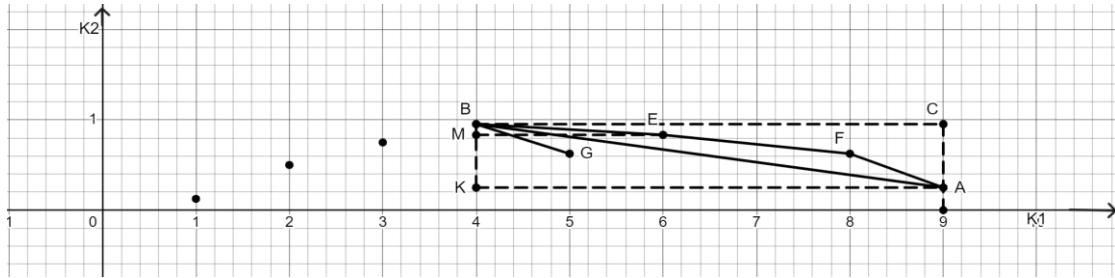
$$tg\angle KBG \approx 3.05$$

So the Pareto set for given problem will be the polyline $AFEB$. The equation of the line, passing the points B and E will be:

$$k_2 = -\frac{5}{84}k_1 + \frac{25}{21};$$

Through E and F :

$$k_2 = -\frac{5}{48}k_1 + \frac{25}{24};$$



Trough A and F :

$$k_2 = -\frac{3}{8}k_1 + \frac{29}{8};$$

The Pareto set for given example will be the polyline $AFEB$, with the following equation

$$P(k_1) = \begin{cases} -\frac{5}{84}k_1 + \frac{25}{21}, & 4 \leq k_1 \leq 6; \\ -\frac{5}{48}k_1 + \frac{25}{24}, & 6 \leq k_1 \leq 8; \\ -\frac{3}{8}k_1 + \frac{29}{8}, & 8 \leq k_1 \leq 9; \end{cases}$$

The graph will help the decision maker to choose the acceptable solution from the Pareto set.

Conclusion. The graphical construction of Pareto set for multicriteria optimization problems is complicated problem. In the article it is considered the algorithm of graphical construction of Pareto set for one two-criteria optimization problem with the linear and linear fractional functionals and linear constraint-equality by the method different from [1].

პარეტო სიმრავლის გრაფიკის აგება ერთი ორკრიტერიუმისანი ოპტიმიზაციის ამოცანისათვის

დალი სიხარულიძე, ნუგზარ დადიანი, ვიქტორ ხუციშვილი

რეზიუმე

სტატიაში მოყვანილია ალგორითმი ორკრიტერიუმისანი ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანისათვის, რომელიც ეხება მიკროეკონომიკის ისეთ მნიშვნელოვან დარგს, როგორცაა სოფლის მეურნეობა, კერძოდ, სავარგულის ოპტიმალურ განაწილებას მოცემული n კულტურის მოსაყვანად. თითოეული კულტურისთვის მოცემულია ფართობის ერთეულზე მოყვანილი რაოდენობის სავარაუდო ფასი, ფიქსირებული და ცვლადი დანახარჯები ფართობის ერთეულზე ამ რაოდენობის მოსაყვანად. კრიტერიუმებია მაქსიმალური მოგება და რენტაბელობა. პარეტო წერტილების შერჩევა ხდება პრუდოვსკის და ტერენტევის მეთოდისგან განსხვავებული მეთოდით. მოყვანილია მეთოდის საილუსტრაციო მაგალითი. პარეტო სიმრავლის გრაფიკი დაეხმარება გადაწყვეტილების მიმღებ პირს გადაწყვეტილების სწორად შერჩევაში.

Построение графика множества Парето для одной оптимизационной двухкритериальной задачи микроэкономики

Дали Сихарулидзе, Нугзар Дадиани, Виктор Хуцишвили

Резюме

В статье приводится алгоритм двухкритериальной задачи оптимизации, касающийся такой важной отрасли микроэкономики, как сельское хозяйство, в частности оптимального распределения пахотной земли для выращивания n культур. Для каждой культуры заданы предполагаемая цена ее количества, выращиваемого на единице площади, фиксированные и переменные затраты для выращивания этого количества. Критерии- максимальная прибыль и рентабельность. Выбор точек Парето осуществляется методом, отличным от метода Прудовского и Терентьева, для его иллюстрации приводится пример. График множества Парето поможет ЛПР в выборе приемлемого решения.

ლიტერატურა-References-Литература

1. Прудовский Б.Д., Терентьев А.В. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования. Национальный минерально-сырьевой университет “Горный”, Санкт-Петербург, 2015г.
2. Ногин В.Д. Множество и принцип Парето. Санкт-Петербург. Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022 г.

**საწარმოს ეფექტურობის მონიტორინგი მართვის ავტომატიზებული
სისტემის საშუალებით მომხმარებლისათვის ხილ-ბოსტნეულის
მიწოდების მაგალითზე**

ავთანდილ ბარდაველიძე, ხათუნა ბარდაველიძე

bardaveli54@mail.ru, kh.bardavelidze@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია საწარმოების ეფექტურობის მონიტორინგის განხორციელება სპეციალური ავტომატიზებული მართვის სისტემის (მას) ქვესისტემის გამოყენებით. ნაჩვენებია, რომ ანალიზი ეფექტურობის მონიტორინგის ქვესისტემის ფარგლებში მას-ში შეიძლება განხორციელდეს ყველა არსებული ტიპის მზომ-სატელეკომუნიკაციო ინფორმაციის ინტეგრირებით და პროგრამული უზრუნველყოფით. წარმოდგენილია მონიტორინგის ობიექტების ფუნქციონირებისა და ქვევის პროგნოზირების ამოცანების სია. ხაზგასმულია საწარმოს ერთიანი სტრუქტურა მისი ობიექტების ფუნქციონირების პარამეტრებით, რომელიც ასახულია ობიექტების არსის ვექტორული წარმოდგენის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით. შემუშავებულია ეფექტურობის მონიტორინგის ქვესისტემის მუშაობის ალგორითმის საფეხურები მას-ში და წარმოდგენილია ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების ჯაჭვში განვითარებული მონიტორინგის ქვესისტემის გამოყენების თავისებურებები.

საკვანძო სიტყვები:

მონიტორინგი, ეფექტურობა, ავტომატიზებული მართვის სისტემა (მას), ხილ-ბოსტნეული, მიწოდების ჯაჭვი.

შესავალი

საწარმოს მონიტორინგი ავტომატური მართვის სისტემით (მას), შეიძლება განხორციელდეს მეთოდოლოგიური მიდგომების დამუშავების და სისტემის მონაცემთა ბაზის დამუშავების მეთოდის ჩარჩოში, რომლებიც შედგება გამოშვალ სიდიდეთა ანალიზური ცხრილების მაკეტისაგან, სქემებისა და გრაფიკებისაგან. ამუშავებენ საწარმოს მდგომარეობის თითოეული მაჩვენებლის ანგარიშის ალგორითმს და ახორციელებენ დიაგნოსტიკურ ანალიზს [1]. დიაგნოსტიკური ანალიზის შედეგად ფორმირდება შემდეგი დოკუმენტები:

- საწარმოს აღწერა და მისი სტრუქტურული დიაგრამა;
- საწარმოს ფუნქციების ცხრილი; საწარმოს მიზნების მახასიათებლები;
- ქვეგანყოფილებების ფუნქციების აღწერა და მათი სტრუქტურული დიაგრამები;
- ქვეგანყოფილებების საინფორმაციო ნაკადების აღწერა.

მას-ში ეფექტურობის მონიტორინგის ქვესისტემის (ემქს) ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს ყველა არსებული სახის ინფორმაციის გაზომვის ინტეგრაციით და ამოხსნას შემდეგი ამოცანები [2]:

1. სამართავი ობიექტის ფუნქციონირების მონიტორინგი, როგორც ნორმალურ, ისე საგანგებო სიტუაციებში;
2. სამართავი ობიექტის მუშაობის მონიტორინგი გაუმართაობის დროს, მათი დიაგნოსტიკა, გაუმართაობის ადგილისა და ტიპის მითითება;
3. სამართავი ობიექტის ქვევის პროგნოზირება და შესაბამისი საწყისი მონაცემების არსებობის შემთხვევაში, როგორც ნორმალური, ისე არანორმალური (გადაუდებელი) სიტუაციების განვითარების პროგნოზირება მათი პრევენციისა და პრევენციის მიზნით.

2. მონიტორინგის ქვესისტემაში საწარმოების მუშაობის ანალიზი

დროის შუალედში მოვალისწინებულ საწარმოს სტრუქტურის გამოყოფა და უნიფიცირება მისი ობიექტების პარამეტრების ფუნქციონირებით, ობიექტების არსის ვექტორული წარმოდგენის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით [3]. მაშასადამე, ჩვენ აღვწერთ სტრუქტურული მდგომარეობის ვექტორს (სმვ), რომელიც წარმოადგენს წარმოების ობიექტების ერთობლიობას:

$$S = \{W_1, W_2, \dots, W_\delta, \dots, W_\Psi\}, \tag{1}$$

სადაც S – მას – ში გათვალისწინებული ობიექტთა ვექტორია, $\delta = 1, \Psi$ – საწარმოში ობიექტის განმსაზღვრელი ინდექსია, W_Ψ – საწარმოში შემავალი ობიექტის მდგომარეობის ვექტორია.

დაწვრილებით განვიხილოთ ობიექტთა დამახასიათებელი W_δ ვექტორი:

$$W_\delta = \{C_1, C_2, \dots, C_b, \dots, C_B\}, \tag{2}$$

სადაც $C_1, C_2, \dots, C_b, \dots, C_B$ – განსაზღვრავენ მას–ის ეფექტურობის მონიტორინგის ქვესისტემაში გათვალისწინებული ობიექტის მდგომარეობის პარამეტრებს, $b = 1, B$ – განსაზღვრავს W_δ – ობიექტის პარამეტრის ინდექსს.

საწარმოს ობიექტების მდგომარეობის მოდელის პარამეტრი C_b იძლევა δ ობიექტის გარკვეულ მახასიათებელს. მდგომარეობის ვექტორი W_δ შეიძლება შეიცავდეს შემდეგ მახასიათებლებს:

- C_1 – საწარმოო სისტემის ობიექტის ფუნქციონირება;
- C_2 – საწარმოს ობიექტების მაქსიმალური სიმძლავრის დატვირთვა პროცენტებში;
- C_3 – მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზი;
- C_4 – ობიექტის მომსახურებაში ჩართული პერსონალის რაოდენობა.

ამრიგად, ვექტორი W_δ შეიცავს დისკრეტული რიცხვის ტიპის ელემენტებს, რომელიც განსაზღვრავს პროფილის მდგომარეობას და ობიექტის პარამეტრების რიცხვით მნიშვნელობებს. ამიტომ ობიექტის პროფილის ცვლილებების მნიშვნელობა (ვექტორი W_δ) ეფექტურობაზე გავლენის შესაფასებლად დამოკიდებული იქნება C_b დისკრეტულ თვისებაზე, ხოლო C_b რიცხვითი თვისებისას, მნიშვნელობა ასევე განისაზღვრება C_b - ის ცვლილებით გარკვეულ საზღვრებში.

(1) და (2) გათვალისწინებით, შემოთავაზებულია ემქს–ის ოპერაციის ალგორითმის ბიჯები მას–ში:

1. მონიტორინგის ქვესისტემა იღებს საწარმოთა ეფექტურობის გამოსათვლელ პარამეტრებს კორპორაციულ ქსელში შემავალი ყველა ავტომატური მართვის სისტემიდან;
2. მონიტორინგის ქვესისტემა აგროვებს ინფორმაციას ყველა საწარმოს არსებული სტრუქტურული მდგომარეობის შესახებ;
3. მიმდინარე ეფექტურობის მნიშვნელობა განისაზღვრება ყველა წარმოების გაანალიზებული ნაკრებისათვის;
4. გარკვეული პერიოდის შემდეგ $T_{გაზ}$ მეორდება ეფექტურობის დადგენის პროცედურა;
5. თუ ამ ნაკრების გაანალიზებული საწარმოები ჩაითვლება ქმედითად, მაშინ გადავდივართ მე-4 საფეხურზე;
6. თუ მოცემული საწარმო არ არის ეფექტური და საჭიროებს რეკომენდაციებს, მონიტორინგის ქვესისტემა კითხულობს დამატებით პარამეტრებს მისი საწარმოს ობიექტების მდგომარეობის შესახებ (ვექტორი S);
7. მონიტორინგის ქვესისტემა აანალიზებს:
 - ეფექტურობის შეფასების მეთოდოლოგიის გამოყენებით ეფექტურობის განსაზღვრისას მიღებული წონების მნიშვნელობებს [2];
 - შეყვანის და გამომავალი მნიშვნელობებს სხვა საწარმოების DEA-MEXIN მეთოდის მიხედვით [2];
 - არსებული საწარმოს ობიექტების სტრუქტურული მდგომარეობის მახასიათებლებს;

8. რეკომენდაციების გაცემის მექანიზმის მიხედვით დგინდება ეფექტიანობის ცვლილების (კლების) წყარო და გაიცემა რეკომენდაციები ეფექტიანობის გაუმჯობესების მიზნით;
9. გადავიდეთ მე-4 საფეხურზე.

3. საწარმოების ეფექტურობის გაუმჯობესების მიზნით რეკომენდაციების გაცემა

მონაცემების შეგროვებისა და ანალიზის შემდეგ, მონიტორინგის ქვესისტემა საშუალებას აძლევს არა მხოლოდ მენეჯმენტს მიაწოდოს ინფორმაცია საწარმოს ფუნქციონირების შესახებ, არამედ შეიმუშაოს მთელი რიგი რეკომენდაციები ეფექტურობის გაუმჯობესების ცვლილებებთან დაკავშირებულ სიტუაციაში.

ეფექტურობის ინდიკატორის ცვლილების მიზეზები შეიძლება იყოს:

- საწარმოს სტრუქტურაში ცვლილებები განისაზღვრება მონიტორინგის ქვესისტემის სტრუქტურული მდგომარეობის S ვექტორით;
- ინტეგრირება ახალი ობიექტის გაანალიზებულ საწარმოებში საუკეთესო და ყველაზე ცუდი მახასიათებლების მქონე მას–ის დინამიკურ რეჟიმში გამოყენებისას, როდესაც სამუშაო პროცესის დროს ანალიზს შეიძლება დაემატოს მოცემული ინდუსტრიის საწარმოები;
- შემავალი (გამომავალი) მახასიათებლების ცვლილებები (ემქს მოდელის მიხედვით), მათ შორის 1 პუნქტის მიზეზების გამო სხვა ინდუსტრიებისთვის.

ეფექტურობის ზრდის ფაქტორების მთელი მრავალფეროვნება შეიძლება დაიყოს [4] ორი კრიტერიუმის მიხედვით:

- ეფექტურობის გაზრდის წყაროებით, რომელთაგან მთავარია: წარმოების შრომის, მატერიალური და კაპიტალის ინტენსივობის შემცირება, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება, დროის დაზოგვა და პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესება;
- წარმოების განვითარებისა და გაუმჯობესების ძირითად მიმართულებებად, რომლებიც მოიცავს: სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პროგრესის დაჩქარებას, წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკური დონის ამაღლებას; სტრუქტურის გაუმჯობესება, ორგანიზაციული მართვის სისტემების დანერგვა; წარმოების ორგანიზების ფორმებისა და მეთოდების გაუმჯობესება, დაგეგმვა, სამუშაო საქმიანობის მოტივაცია და სხვა.

ამრიგად, წარმოების სტრუქტურული მდგომარეობის ანალიზის სიგნალი არის ეფექტურობის ინდიკატორის განსაზღვრა DEA მეთოდით [2]. როდესაც ეფექტურობის შემცირება იწვევს არაეფექტური წარმოების ანალიზის გააქტიურებას.

აღწეროთ სიტუაციათა სიმრავლე, ცვლილებები სტრუქტურული მდგომარეობის ვექტორში და რეკომენდაციები მას–ში თითოეული სიტუაციისთვის:

$$\gamma_k (W_s, C_1^s, \dots, C_b^s, \theta_k) \in Y_k^m; \quad (3)$$

$$\gamma_k^i \in R_k^m; \quad (4)$$

$$\gamma_k (W_s, C_1^s, \dots, C_b^s, \theta_i) = r_k^i, \quad (5)$$

სადაც γ_k^i – არის სიტუაცია, რომელიც წარმოიქმნება სტრუქტურული მდგომარეობის ვექტორის ცვლილებით; k – სიტუაციის რაოდენობა, რომელიც დაკავშირებულია საწარმოს W_s ობიექტთან, C_b^s პარამეტრებით და მათი დონეების მნიშვნელობებით; k – საწარმოს ნომერია; r_k^i – რეკომენდაცია k -ური საწარმოს ობიექტისათვის.

სიტუაციის ფორმულა (3) გვიჩვენებს, რომ W_s ობიექტზე მოხდა C_b^s პარამეტრის ცვლილება, k -ური საწარმოსათვის θ_k -ს შეუცვლელი მნიშვნელობისას.

γ_k^i და R_k^m (ყოველთვის $\gamma_k^i > R_k^m$) სიმრავლეები შესაბამისად ახასიათებენ შესაძლო სიტუაციების და რეკომენდაციების სიმრავლეს.

ამრიგად, სიტუაციის ტიპი და თავისებურებანი დამოკიდებულია წარმოების სისტემის მახასიათებლებზე და ობიექტზე, რომელშიც მოხდა სტრუქტურული მდგომარეობის ცვლილება. რეკომენდაციების ანალიზისა და წინასწარი ფორმირებისას აუცილებელია

საწარმოების გარკვეულ სტრუქტურულ მდგომარეობაში ცვლილებების მნიშვნელოვნების დადგენა ეფექტურობის ხარისხზე მას-ის ემქს-ში, საწარმოს მდგომარეობის ვექტორი (სმგ)-ის ცვლილების ხარისხის შედარების გზით.

განვიხილოთ მონიტორინგის ქვესისტემაში რეკომენდაციების გაცემის საფუძველი:

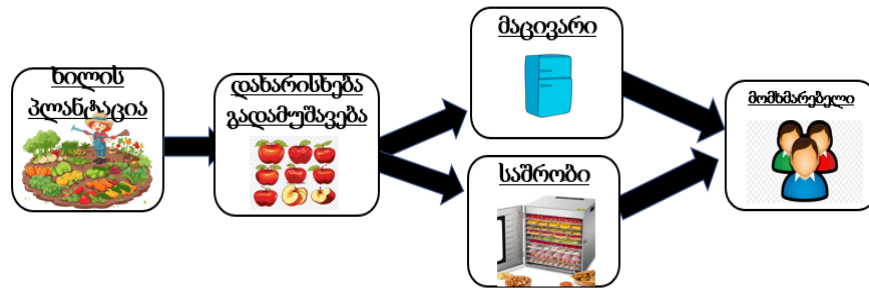
1. მონიტორინგის ქვესისტემა იმყოფება რეკომენდაციების გაცემის რეჟიმში, რაც ნიშნავს, რომ განხორციელდა მთელი რიგი აქტივობები პროცესის მას-ში მონაცემების შეგროვების, დამუშავებისა და ანალიზის მიზნით.
2. მოდიფიცირებული სმგ-ზე დაყრდნობით იქმნება სიტუაციების ნაკრები (3).
3. ყოველი სიტუაცია, მისი ფორმირების ფაქტორებიდან გამომდინარე, კორელაციაშია რეკომენდაციების ერთობლიობის საკუთარ რეკომენდაციასთან (4). რეკომენდაციების ნაკრები იქმნება სისტემის მომზადების ეტაპზე, ამიტომ, ამ რეჟიმში, მონიტორინგის ქვესისტემა გთავაზობთ ზოგად ინფორმაციას ტექნოლოგიური პროცესისა და წარმოების მდგომარეობის შესახებ. სწავლების შემდეგ ყალიბდება მრავალი სიტუაცია (5)-დან, რომელსაც აქვს რეკომენდაციები და მრავალი გადაუდებელი სიტუაცია γ_k , რეკომენდაციების შეზღუდული ნაკრებით.
4. რეკომენდაციების გამოყენებით, გადადგმულია მთელი რიგი ნაბიჯები კავშირების ხელახლა კონფიგურაციისთვის და საწარმოს ობიექტები ეფექტურობის მაჩვენებლების აღსადგენად. ასეთი ნაბიჯები რეკომენდაციების მიხედვით შეიძლება იყოს, მაგალითად:
 - შენარჩუნების ხარისხის გაუმჯობესებით (დამატებითი პერსონალის მოზიდვით);
 - განხორციელოს კაპიტალური რემონტი ხარვეზების აღმოსაფხვრელად და ობიექტის მოდერნიზაციის მიზნით;
 - უახლოეს მომავალში შესთავაზოს ობიექტის შეცვლა უფრო თანამედროვე და უკეთესი მახასიათებლების მოწყობილობებით.
5. რეკომენდაციების გამოყენების შემდეგ, მომდევნო პერიოდში კიდევ ერთხელ გავზომოთ ეფექტურობის მაჩვენებელი, რათა შეფასდეს, რამდენად გაიზარდა მიმდინარე საწარმოს ეფექტურობა, ან მოხდა თუ არა ეფექტურობის შემცირება დამატებითი რესურსების მოზიდვის გამო. პირველ შემთხვევაში, მონიტორინგი ჩვეულ რეჟიმში გრძელდება, მეორეში კი მონიტორინგის ქვესისტემა ითხოვს გამოყენებული რეკომენდაციების ხელახლა ანალიზს მათი გამოსწორებისა და დაზუსტების მიზნით.

4. შემუშავებული მონიტორინგის ქვესისტემის გამოყენების თავისებურებები მომხმარებლისათვის ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების ჯაჭვში

საწარმოს მას-ში ეფექტურობის მონიტორინგის ქვესისტემის გამოყენებას აქვს მთელი რიგი თავისებურებანი, რომელიც დაკავშირებულია ახალი ხილ-ბოსტნეულის მოსავლის აღების, გადამუშავების და მომხმარებელზე მიწოდების ჯაჭვის შეფასებასთან. მიწოდების ჯაჭვი ხასიათდება მნიშვნელოვანი თავისებურებებით, რომელიც მდგომარეობს მიწოდების ხაზის სირთულისა და პროცესის მრავალკომპონენტურობაში. ხილ-ბოსტნეულის მომხმარებელზე მიწოდების სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია სურ.1-ზე, რომელიც შედგება ხილ-ბოსტნეულის პლანტაციის, დახარისხება-გადამუშავების, სასაწყობე-სამაცივრე, საშრობი საწარმოს და მომხმარებელზე მიწოდების უბნებისაგან. თითოეული უბანი აღჭურვილია სენსორული და საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიური მოწყობილობებისაგან.

სურ.1-ზე წარმოდგენილი სქემის საფუძველზე შესამუშავებელი მდგრადი და მასშტაბური მიწოდების ჯაჭვის ეფექტურობის მონიტორინგის შეფასების ქვესისტემა აკავშირებს ფერმერებს პირდაპირ და ეფექტურად მომხმარებლებთან, ამარტივებს მიწოდების ჯაჭვის პროცესს, რათა შეძლებისდაგვარად შემცირდეს მოსავლის დანაკარგები.

მონიტორინგის ქვესისტემა გაზრდის მიწოდების ჯაჭვის ეფექტურობას და პრაქტიკულ გავლენას ახდენს აგრობიზნესის მენეჯმენტზე [5].



სურ. 1 ხილ-ბოსტნეულის მომხმარებელზე მიწოდების სტრუქტურული სქემა

ხილ-ბოსტნეული უკიდურესად დაუცველია სეზონური და ციკლური გავლენის მიმართ, აქედან გამომდინარე მიწოდების ჯაჭვი არის მაღალი რისკის მქონე და რთული სისტემა. ამიტომ ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების ჯაჭვის რისკის მენეჯმენტთან დაკავშირებული კვლევის ლოგისტიკური პერსპექტივის საფუძველზე ჯერ იდენტიფიცირება შესაბამისი რისკის ფაქტორები, შემდეგ კი შეიძლება ჩამოყალიბდეს შესაბამისი გადაწყვეტილებები კონკრეტული გარემოებებისთვის. არსებული ვითარებიდან გამომდინარე, ავტომატიზებული სისტემების დამუშავება აუცილებელია კვების მრეწველობაში, რათა განახორციელონ სურსათის წარმოება მაქსიმალური სიზუსტით და ეფექტურობით და შეინარჩუნონ პროდუქტის საჭირო ხარისხი [6, 7].

[8] ნაშრომში აღწერილია ხილ-ბოსტნეულის ტიპის შეფასების სისტემების ავტომატიზაციის ტექნოლოგიები. ასევე წარმოდგენილია ინფორმაცია მწარმოებლებსა და მომხმარებლებს შორის პროდუქტის მიწოდების პოტენციალის შესახებ.

[9] ნაშრომში წარმოდგენილია ნივთების ინტერნეტზე (IoT) ჩართულია სენსორები და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები ახალი ხილ-ბოსტნეულის ხარისხის და გაფუჭების მახასიათებლის ანალიზისათვის. ტემპერატურა, ფარდობითი ტენიანობა (RH), O₂, CO₂ და ვიბრაცია/შოკი არის ატმოსფერული პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ყველაზე მეტ ღირებულებას პროდუქტის ხარისხის ოპტიმიზაციასთან დაკავშირებით და მათი მონიტორინგი შესაძლებელია IoT ჩართული სენსორული ტექნოლოგიებით.

პროდუქტების მოსავლიანობა დაკავშირებულია ნიადაგის ატრიბუტებთან, როგორცაა ნიადაგის ტიპი, საკვები ნივთიერებები, pH დონე, ტემპერატურა და ნიადაგის ტენიანობა. სტაბილური pH-ის შენარჩუნება უმნიშვნელოვანესია. ნიადაგის აღნიშნული პარამეტრები შეიძლება გაიზომოს სენსორების გამოყენებით [10].

- [11] ნაშრომში განხილულია ნივთების ინტერნეტისა და ხელოვნური ინტელექტის პოტენციური აპლიკაციების იდენტიფიცირება ჭკვიანი სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის, სარწყავი სისტემების, სარეველებისა და მავნებლების კონტროლისათვის, განაყოფიერებისათვის, სასათბურე კულტივაციისათვის, მოსავლის ხარისხის მონიტორინგისთვის და ა.შ.
- [12] ნაშრომში შემოთავაზებულია სასოფლო-სამეურნეო პლანტაციებში ამინდის ავტომატური მონიტორინგის სისტემა, რომელიც ფერმერებს საშუალებას აძლევს ნებისმიერი ადგილიდან რეალურ დროში, ნახონ მონაცემები ნივთების ინტერნეტის გამოყენებით.
- [13] ნაშრომში აღწერილია ბოსტნეულის მორწყვის, ფერტიგაციის და ქიმიურიზაციის კომპიუტერული კონტროლის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ინტელექტუალურ და ინტერაქტიურ მართვის სისტემას.

- [14, 15] ნაშრომებში მიმოიხილავს ხილის კრეფის ავტომატურ ტექნოლოგიას, როგორც პერსპექტიულ ინსტრუმენტს, რომელიც აერთიანებს საინფორმაციო ტექნოლოგიებს, გადაცემას, ავტომატურ კონტროლს და ექსპლუატაციას. რობოტული კომბაინების გამოყენებით ხილ-ბოსტნეულის მოსავლის აღებისას იზრდება წარმოების ეფექტურობა და მოგება.
- [16] ნაშრომში გამოყენებულია ნეირონული ქსელის (CNN) მოდელი ხილ-ბოსტნეულის ტიპის დასადგენად. შემოთავაზებული სისტემა მონიტორინგს უწევს გაზის ემისიის და ტენიანობის დონეს.
- [17] ნაშრომი მიზნად ისახავს IoT- სისტემის შემუშავებას და შეფასებას, რათა საშრომში დისტანციურად გააკონტროლოს მიკროკლიმატის პარამეტრები, მათ შორის ფარდობითი ტენიანობა (RH), ტემპერატურა და ჰაერის სიჩქარე.
- [18] ნაშრომში გამოკვლეული იქნა მანქანური ხედვის სისტემის (MV) დანერგვა, რომელიც გამოიყენება საკვების გაშრობის პროცესის შესამოწმებლად; MV, მართლაც, ადვილად შეუძლია აკონტროლოს ფიზიკური ცვლილებები (მაგ. ფერი, ზომა, ტექსტურა და ფორმა) ხილ- ბოსტნეულის გაშრობის პროცესში.
- [19, 20] ნაშრომებში წარმოდგენილია ახალი პროდუქტის საბოლოო შემოწმების და შეფუთვის ავტომატიზაციისათვის რობოტიკის დანერგვის საკითხები, რომელიც უზრუნველყოფს მუშახელის შემცირებას, ახალი ხილის შენახვის ვადის გახანგრძლივებას და ხარისხის შენარჩუნებას.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიუხედავად იმისა, რომ მრავალი მეცნიერი იკვლევს მონიტორინგის სისტემების ზოგად შესაძლებლობას IoT-ზე მხარდაჭერილი ტექნოლოგიის გამოყენებით, ახალი ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების ჯაჭვებში ფართომასშტაბიანი ესქ-ის მას-ში გამოყენება კვლავ შეფერხებულია გადაუჭრელი გამოწვევებით, რომელიც ფერმერს ხელს უშლის უკეთ გაიაზროს მიწოდების მდგომარეობა და მიიღოს შესაბამისი ზომები [6–12].

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავადგინოთ, რომ დღეისათვის მომხმარებელზე ახალი ხილ-ბოსტნეულის მიწოდების ჯაჭვში არსებობს საკმარისი სენსორული და საკომუნიკაციო სისტემები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება დამუშავდეს ერთიანი მონაცემთა ბაზა მას-ის ფუნქციონირებისათვის [13–18].

ხილ-ბოსტნეულს აქვს მაღალი ტენიანობა, რის შედეგადაც ისინი მალეფუჭებადი პროდუქტია და არ შეიძლება დიდხანს ინახებოდეს ახალი. გადამუშავება საშუალებას გვაძლევს შევინახოთ ხილი და ბოსტნეული დიდი ხნის განმავლობაში, უზრუნველყოთ მოსახლეობისთვის ხილისა და ბოსტნეულის მიწოდება მთელი წლის განმავლობაში. დამუშავებით ხილი და ბოსტნეული იძენს სპეციფიკურ თვისებებს მარილის, შაქრის, ცხიმების, საწებლების დამატებისა და მჟავების დაგროვების შედეგად. ამავდროულად, შეიძლება გაიზარდოს პროდუქტის კალორიული შემცველობა, შეიცვალოს და გაუმჯობესდეს გემო და არომატი. სწორი ტექნოლოგიით გაიზარდოს ვიტამინებისა და სხვა ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობა. ხილისა და ბოსტნეულის გადამუშავება ეფუძნება ბიოქიმიური პროცესების შეჩერებას, ფიტოპათოგენური მიკროფლორის დათრგუნვას და პროდუქტის გარემოდან იზოლირებას [5–12]. ახალი ხილისა და ბოსტნეულის გადამუშავების შედეგად მიღებული შესაძლო პროდუქტები წარმოდგენილია ცხრილში 1.

სასოფლო-სამეურნეო პლანტაციების მოსავლიანობა დამოკიდებულია ნიადაგის ატრიბუტებთან, სარწყავი სისტემების, ქიმიზაციის, სარეველებისა და მავნებლების კონტროლის ხარისხზე. მნიშვნელოვანია პლანტაციაში კლიმატური პარამეტრების კონტროლი. თანამედროვე კომპიუტერული, საინფორმაციო ტექნოლოგიები და ნეირონული ქსელები საშუალებას იძლევიან ხილ-ბოსტნეულის ტიპის ამოცნობას, კრეფასა და შეფუთვაში რობოტოტექნიკის გამოყენებას [9–20]. ხილ-ბოსტნეულის პლანტაციის ობიექტები საკონტროლო პარამეტრების რაოდენობით მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 1. ვაშლის ნარჩენი ტენშემცველობის ოპტიმალური არს-ის ხარისხის მაჩვენებლები

შემაჯალი	გამომავალი
ახალი ხილ-ბოსტნეული	<ul style="list-style-type: none"> დახარისხებული და გასუფთავებული ხილ-ბოსტნეული შეფუთული ხილ-ბოსტნეული მაცივარში დასაწყობებული ხილ-ბოსტნეული ხილ-ბოსტნეულის პიურე ხილ-ბოსტნეულის კონსერვი ხილ-ბოსტნეულის ჩირი შეფუთული ხილ-ბოსტნეულის ჩირი

ხილისა და ბოსტნეულის გადამამუშავებელი საწარმოები ახორციელებს რამდენიმე კატეგორიის ოპერაციებს. არსებობს პროცედურები, რომლებიც შეიძლება კლასიფიცირდეს, როგორც პირველადი დამუშავება. ასეთი სამუშაო მოიცავს პროდუქტების გარეცხვა-დასუფთავებას, ასევე შეფუთვას. ამის შემდეგ იწყება სხვა სახის დამუშავება. შემდეგი ეტაპი მოიცავს ჭრის პროცედურებს, შემდგომი გადამამუშავებისათვის, რომლის შეფუთვა და გასაყიდად გაგზავნა შესაძლებელია.

დამუშავების მესამე ეტაპი მოიცავს უფრო რთულ პროცედურებს. ხილი და ბოსტნეული მოხარშული, გაყინული, დაკონსერვებული, გამხმარი და სუბლიმირებულია. ასეთი დავალებების შესასრულებელი აღჭურვილობა უფრო რთული და მრავალფეროვანია. ხილ-ბოსტნეულის გადამამუშავებელი ხაზის ობიექტები და პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 2 [6-8].

ცხრილი 2. ხილ-ბოსტნეულის პლანტაციის, გადამამუშავებელი ხაზის ობიექტები და პარამეტრები მას-ის ანალიზისათვის

ნომერი	აღრიცხვის ობიექტები მას-ში	გასაანალიზებელი პარამეტრების რაოდენობა
1	ხილ-ბოსტნეულის პლანტაცია	
	ნიადაგის PH, ტენიანობა, ტემპერატურა	4
	ნიადაგის მორწყვა	4
	კლიმატური პირობები (ტემპერატურა, ტენიანობა და განათება)	4
	ხილ-ბოსტნეულის ტიპის და ზომის განსაზღვრა	4
	ხილ-ბოსტნეულის მოსავლის აღების რობოტიკა	6
	ხილ-ბოსტნეულის სასწორზე მიწოდება	4
2	ხილ-ბოსტნეულის გადამამუშავებელი საწარმო:	
	გაფუჭებული ხილ-ბოსტნეულის ამოცნობა	4
	ხილ-ბოსტნეულის ნარჩენებისაგან განთავისუფლება	4
	ტიპის და ზომის განსაზღვრა	4
	ახალი ხილის შეფუთვის რობოტიკა	4
	მაცივარში დასაწყობება	4
	შრობის პროცესი	4
	ჩირის შეფუთვის რობოტიკა	4
	ხილ-ბოსტნეულის სასწორზე მიწოდება	6
	სარეცხი და საშრობი პროდუქტების სისტემები	14
	სამრეწველო ხილ-ბოსტნეულის საჭრელები	12
	ვაკუუმური და ინერტული აირების შეფუთვის სისტემები	10
სამადულრო აღჭურვილობა	13	
დანადგარები ღრმა კონსერვაციისთვის	14	
გაყინვის სისტემები და გაგრილების მოწყობილობა	12	
მოწყობილობები გაშრობისა და სუბლიმაციისთვის	22	
3	ხილ-ბოსტნეულის მომხმარებლისათვის მიწოდება	6

სულ: 159

დასკვნა

ამრიგად, ხილის ნარჩენი ტენშემცველობის არსებული ერთარხიანი არს-ების ანალიზის საფუძველზე ნაშრომში შემუშავებული შრომის პროცესის ორარხიანი მართვის სისტემა უზრუნველყოფს პროდუქტის სასურველი ნარჩენი ტენიანობის სტაბილურ ავტომატურ შენარჩუნებას, შესაბამისად პროდუქციის მაღალ ხარისხს და შრომაზე დახარჯული ენერჯის მინიმუმს.

Monitoring the Efficiency of The Enterprise Through an Automated Control System on the Example of the Delivery of Fruits and Vegetables to the Customer

Avtandil Bardavelidze, Khatuna Bardavelidze

Summary

The paper discusses the implementation of the monitoring of the efficiency of enterprises using the subsystem of the special automated control system (ACS). It has been shown that the analysis of the effectiveness of subsystem monitoring in the ACS can be carried out by integrating all existing types of measurement-telecommunication information and software. A list of tasks for predicting the functioning and behavior of monitoring objects is presented.

The unified structure of the enterprise with the parameters of its objects' functioning is highlighted, which is depicted using the mathematical apparatus of the vector representation of the objects' essence. The stages of the working algorithm of the efficiency monitoring subsystem in ACS have been developed and the features of using the developed monitoring subsystem in the supply chain of fruit production have been presented.

Мониторинг эффективности работы предприятия посредством автоматизированной системы управления на примере доставки фруктов и овощей покупателям

Автандил Бардавелидзе, Хатуна Бардавелидзе

Резюме

В статье рассматривается реализация мониторинга эффективности предприятия с помощью специальной подсистемы автоматизированной системы управления (МАС). Показано, что анализ эффективности в подсистеме мониторинга (АСУ) может быть выполнен путем интеграции всех существующих видов измерительно-телекоммуникационной информации и программного обеспечения. Представлен перечень задач по прогнозированию функционирования и поведения объектов мониторинга.

Выделена единая структура предприятия с параметрами функционирования его объектов, которая изображается с помощью математического аппарата векторного представления сущности объектов. Разработаны этапы алгоритма работы подсистемы мониторинга эффективности в АСУ и представлены особенности использования разработанной подсистемы мониторинга в цепочке поставок плодоовощной продукции.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Federico, G.S., Uncertain optimal inventory as a strategy for enterprise global positioning /G.S. Federico, F.R. Beatriz, A.M. Gil-Lafuente, F. Juan //Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 2015, № 675, pp. 29-42
2. Kovalev I. The Efficiency Analysis of Automated Lines of Companies Based on DEA Method, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 2015, №675, pp. 107-115.
3. Юдин Ю.В. Организация и математическое планирование эксперимента: учебное пособие /Ю.В. Юдин, М.В. Майсурадзе, Ф.В. Водолазский, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018, 124 с.
4. Zenyutkin N.V., Kovalev I.V., Karaseva M.V., Dvirny V.V., Melkomukov A.A., Lukonin N.V., DEA method application to evaluating the efficiency of heat and wind generating complexes, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, № 734.
5. Swamikannu Nedumarana, Aravazhi Selvarajb, Ravi Nandi, Bhattacharjee Suchiradiptad, Padmanabhan Jyosthnaae and Disha Bosef. Digital integration to enhance market efficiency and inclusion of smallholder farmers: a proposed model for fresh fruit and vegetable supply chain. International Food and Agribusiness Management Review, Vol. 23, Issue 3, 2020, pp. 319-337. DOI: 10.22434/IFAMR2019.0165
6. LI Yu-qing. Risk Management of Fruit and Vegetable Supply Chain based on WSR Method. International Journal of Trend in Research and Development, Vol.8(5), 2021, pp. 171-174
7. Chandrasiri G.S.M., Achintha Wijenayake K.I., Udara S.P.R. Development of automated systems for the implementation of food processing. J. Res. Technol. Eng. 3(1), 2022, pp. 8-18
8. Kondo N. Automation on fruit and vegetable grading system and food traceability. Trends in Food Science&Technology, Vol. 21, Issue 3, March 2010, pp. 145-152
9. Lamberty A. and Kreyenschmidt J. Ambient Parameter Monitoring in Fresh Fruit and Vegetable Supply Chains Using Internet of Things-Enabled Sensor and Communication Technology. MDPI-Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Foods 2022, 11, 1777.
10. KDV Prasad , Galiveeti Poornima, Dr. Yusuf Perwej, Dr. E. Nageswara Rao ,.... IoT Devices for Agricultural to Improve Food and Farming Technology. Journal of Survey in Fisheries Sciences. 2023, 10(1S) 4054-4069
11. Subeesh A., Mehta C.R., Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. Artificial Intelligence in Agriculture Volume 5, 2021, pp. 278-291
12. Maddikera Krishna Reddy, Araveti Shiva Meghana, Telangi Vaishnavi Arun, Srirama Vineetha, Kamsali Shanthi Priya. Rainfall and Weather Monitoring System using Internet of Things (IoT). MATERIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, Vol.22, No.03, pp. 11-16. MARCH 2023. DOI: 10.10543/f0299.2023.41543.
13. Iacomi ., RoùCA I., Madjar R., Iacomi V., Popescu V., Vãrzaru G., Sfetcu C. Automation and computer-based technology for small vegetable farm holders, Scientific Papers, Series A, Agronomy, Vol. LVII, 2014, pp. 415-420
14. Zhang J., Kang N., Qu Q., ... Automatic fruit picking technology: a comprehensive review of research advance. Artificial Intelligence Review (2024) 57:54, pp. 1-39
15. Yanbin Hua, Nairu Zhang, Xin Yuan, Lichun Quan,... Recent Advances in Intelligent Automated Fruit Harvesting Robots. qhe Open Agriculture Journal, 2019, 13, pp. 101-106.

16. Sonwani E., Bansal U., Alroobaea R., Abdullah M. Baqasah, Hedabou., An Artificial Intelligence Approach Toward Food Spoilage Detection and Analysis, Digital Public Health Volume 9, 2021, pp. 1-13
17. Mishra N., Jain S.K., Agrawal N., ... Development of drying system by using internet of things for food quality monitoring and controlling, Energy Nexus 11 (2023), pp. 1-12.
18. Raponi, F., Moschetti R., Monarca D.,... Monitoring and Optimization of the Process of Drying Fruits and Vegetables Using Computer Vision: A Review. Sustainability 2017, 9(11).
19. Mulholland B.J., Panesar P. P, Johnson P.H., The adoption of robotics in pack houses for fresh produce handling. The journal of horticultural science and biotechnology, 2024, vol. 99, No.1, pp. 9–19
20. Arif U. Alam, Pranali R., Beshai H., Sarabha G.K., Jamal Deen M, Fruit Quality Monitoring with Smart Packaging. Sensors 2021, 21, 1509. pp. 1-30

მიმყოლი სისტემის დინამიკის ანალიზი

ქეთევან კოტრიკაძე

k.kotrikadze@gtu.ge

რეზიუმე

თანამედროვე წარმოებაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება პროცესების ავტომატიზაციას. განსაკუთრებით შეგვიძლია აღვნიშნოთ მიმყოლი ავტომატური სისტემები. სტატიაში განხილულია ლოკალური მართვის მიმყოლი სისტემა პროპორციული მართვით. მოცემულია მიმყოლი სისტემის ელექტრული სქემა და მისი მოქმედების პრინციპი. შედგენილია მოცემული მიმყოლი სისტემის მათემატიკური მოდელი. სტატიაში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მიმყოლი სისტემის მდგრადობის ანალიზს, რისთვისაც განსაზღვრულია მდგრადობის პირობები სხვადასხვა დაშვებებისთვის. მიმყოლი ავტომატური მართვის სისტემის მდგრადობის ანალიზისთვის აგებულია ლოგარითმულ-ამპლიტუდური და ლოგარითმულ-ფაზური სიხშირული მახასიათებლები. ბოლო ეტაპზე სტატიაში ჩატარებულია დამყარებული შეცდომის ანალიზი საფეხუროვანი ან იმპულსური ტიპის მმართველი ზემოქმედების შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები:

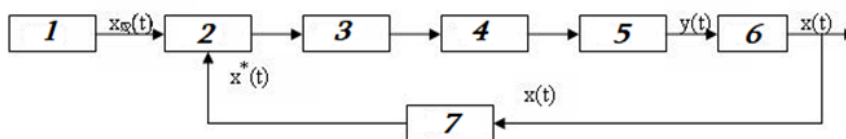
ლოკალური მართვა, მიმყოლი სისტემა, მდგრადობა.

შესავალი

სამრეწველო საწარმოო პროცესების ავტომატიზაცია თანამედროვე წარმოებებში, ყველაზე მნიშვნელოვანი გამოწვევაა. სწორად აწყობილი ტექნოლოგიური პროცესები, ავტომატიზაციის ცალკეული რგოლების ზუსტი მუშაობა, ნაწილობრივი ან სრული ავტომატიზაცია, წინაპირობაა მაღალი ხარისხის პროდუქციის წარმოებისთვის, საუკეთესო შრომის პირობების შექმნისათვის, პროდუქციის თვითღირებულების შემცირების, მაღალი შრომის ნაყოფიერების და სხვა სიკეთეების მისაღებად.

მნიშვნელოვანი ადგილი საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციაში ენიჭება ლოკალურ მართვის სისტემას. ასეთი სისტემები წარმოადგენენ ე. წ. ცხელ რეზერვს ავტომატიზაციაში, რომელიც თავის თავზე იღებს მართვის პროცესს - სარეგულირო პარამეტრის მართვას, თუ ავტომატური რეგულირების სისტემის რომელიმე მართვის კონტური წყობიდან გამოვიდა. ეს ზრდის ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზების საიმედოობის ხარისხს და სიცოცხლისუნარიანობას.

ლოკალური მართვის სისტემა მოიცავს მავალბელს, რეგულატორს, სიმძლავრის მამლიერებელს, საზომ გარდამსახს, შემსრულებელ მექანიზმს და მარეგულირებელ ორგანოს. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია აპარატურული ლოკალური მართვის სისტემის ფუნქციური სქემა.



ნახ. 1

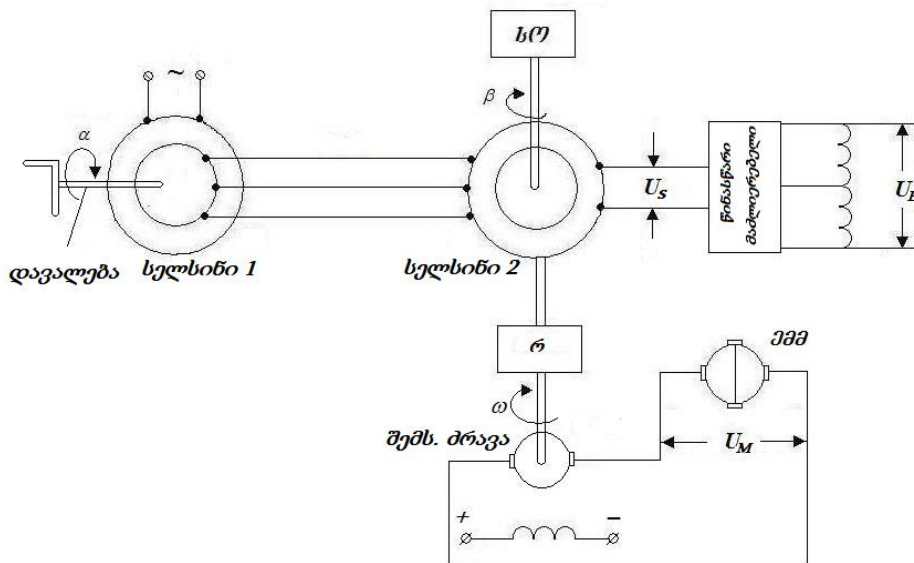
მოცემულ ნახაზზე წარმოდგენილია შემდეგი ფუნქციური ბლოკები: 1- მავალებელი, 2 - რეგულატორი, 3 - სიმძლავრის მამლიერებელი, 4 - შემსრულებელი მექანიზმი, 5 - მარეგულირებელი ორგანო, 6- სამართავი ობიექტი, 7 - საზომი გარდამსახი. ასევე შემდეგი აღნიშვნები: $x_d(t)$ - დავალევა, $y(t)$ - სამართავი ობიექტის მმართველი ზემოქმედება; $x(t)$ - სარეგულირო პარამეტრი; $x^*(t)$ - სარეგულირო პარამეტრის გაზომვის შედეგი.

ლოკალური მართვის სისტემები, თავის მხრივ, შესაძლებელია დაიყოს სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით. მაგალითად, თუ ვსაუბრობთ სამართავი ობიექტის მუშობის ტიპზე ეს შეიძლება იყოს დისკრეტული და ანალოგური ლოკალური მართვის სისტემები. დისკრეტული ლოკალური მართვის სისტემების შემთხვევაში განიხილება მაგ: სამართავი ობიექტის გაჩერება, დაძვრა და სხვ., ხოლო ანალოგურის შემთხვევაში - მაგ: სამართავი ობიექტის სიჩქარის, წნევის, ტემპერატურის და სხვ პარამეტრების ავტომატურ რეგულირება.

ლოკალური მართვის სისტემების კლასიფიცირება შესაძლებელია მოხდეს სამართავი პარამეტრის დროში ცვლილების მიხედვით. თუ საჭიროა სარეგულირო პარამეტრის მუდმივად ავტომატურად ერთ დონეზე შენარჩუნება, მაშინ საქმე ეხება სტაბილიზაციის ლოკალური მართვის სისტემას; თუ ვსაუბრობთ პროგრამულ ლოკალური მართვის სისტემაზე, მაშინ სამართავი პარამეტრი იცვლება ავტომატურად, წინასწარ ცნობილი კანონის მიხედვით; თუ სარეგულირო პარამეტრი მიყვება მმართველ ზემოქმედებას, შემავალი სიდიდის ცვლილებას, მაშინ ვსაუბრობთ მიმყოლ ლოკალურ მართვის სისტემაზე. ამ დროს შემავალი სიდიდის დროში ცვლილების კანონი წინასწარ უცნობია და შესაძლებელია შეიცვალოს ნებისმიერი სახით.

1. ამოცანის დასმა

განვიხილოთ მიმყოლი სისტემა, პროპორციული მართვის შემთხვევაში. ამისათვის, შევარჩიეთ ლოკალური მიმყოლი სისტემის მართვის მაგალითი (ნახ. 2). ელექტრულ სქემაში მოცემულია შესაბამისი ფუნქციური ბლოკების - მავალებელი, წინასწარი და სიმძლავრის მამლიერებელი, საზომი გარდამსახი, შემსრულებელი მექანიზმი, შესაბამისი ელექტრული მოწყობილობები. დასმული ამოცანაა, სამართავი ობიექტის მობრუნების კუთხის რეგულირება შეცდომის მიხედვით - შემსრულებელი მექანიზმის მმართველი ზემოქმედება პროპორციულია სისტემის შეცდომის. ასეთ შემთხვევაში საუბრობენ პროპორციული ლოკალური მიმყოლი სისტემის მართვაზე [1, 2].

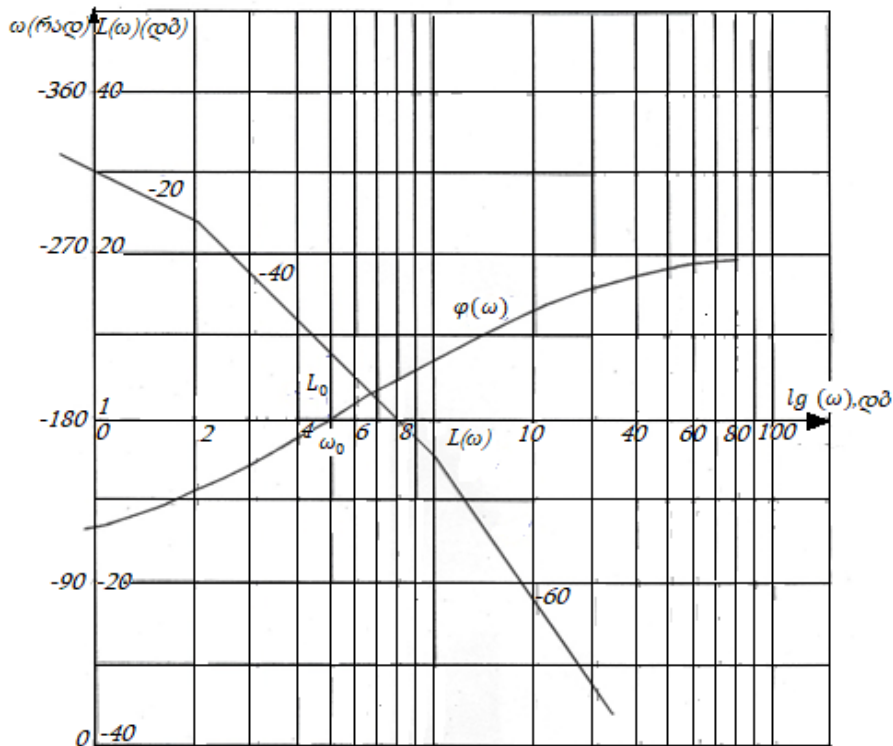


ნახ. 2.

სქემაში საზომ გარდამსახად გამოიყენება სელსინი - გადამცემი (სელსინი 1) და მიმღები (სელსინი 2). სელსინ 1-ს აბრუნებს მავალელები ღერძი. მისი მობრუნების კუთხე აღვნიშნოთ α -თი. ამ შემთხვევაში α მმართველი ზემოქმედებაა. სელსინი 2 (მიმღები) მიერთებულია სამართავი ობიექტის ღერძთან. სელსინი 2-ს მობრუნების კუთხე არის სარეგულირო სიდიდე β , სამართავი ობიექტის მობრუნების კუთხე. სელსინი 1-ის ერთფაზა გრაგნილს მიეწოდება U_{\sim} ძაბვა, ხოლო სელსინი 2-ის ერთფაზა გრაგნილი მიერთებულია წინასწარ მამლიერებელთან და მისი შესაბამისი ძაბვაა U_s .

მოცემული მიმყოლი სისტემის მოქმედების პრინციპი შემდეგია: თუ მავალელები ღერძის და სამართავი ობიექტის მობრუნების კუთხეები ემთხვევა ერთმანეთს $\alpha=\beta$, მაშინ სელსინი 2-ის გამოსავალზე ძაბვა სელსინის გამოსავალი ძაბვა $U_s=0$ ასევე, ელექტრომანქანური მამლიერებლის შემავალი ძაბვაც $U_M=0$ და შეცდომა $\epsilon=\alpha-\beta=0$.

თუ მავალელები ღერძის მობრუნების α კუთხე შეიცვლება, მაშინ შეიცვლება სამართავი ობიექტის მობრუნების კუთხეც β , ე. ი. შეცდომა $\epsilon=\alpha-\beta \neq 0$, რაც იმას ნიშნავს, რომ $U_s \neq 0$ და $U_M \neq 0$ და სამართავი ობიექტი დაიწყებს მობრუნებას, ვიდრე $\alpha=\beta$.



ნახ. 3.

2. მიმყოლი სისტემის მათემატიკური მოდელის შედგენა

შევადგინოთ სქემაში შემავალი ყველა კომპონენტის მათემატიკური მოდელები. სელსინებისთვის შეგვიძლია ჩავწეროთ: $U_s = U_m \sin \epsilon$. შეცდომა გამოითვლება შემდეგი სახით: $\epsilon = \alpha - \beta$. ϵ არ უნდა აღემატებოდეს 10° -ს. აქედან გამომდინარე, $U_s = \frac{\pi U_m}{180^\circ} \epsilon$, სადაც $\frac{\pi U_m}{180^\circ} \in [0.8; 1.2]$ ვ/გრად. $k_s = \frac{\pi U_m}{180^\circ}$ სელსინის გარდასახვის კოეფიციენტი და $U_s = k_s \epsilon$.

წინასწარი მამლიერებლის შემდეგ, შესაბამისი ძაბვა მიეწოდება სიმძლავრის მამლიერებელს, განივვალთან ელექტრომანქანურ მამლიერებელს (ემმ). ემმ-ს გამოსავალზე ძაბვა ტოლია: $U_M = k_m U_s$, სადაც k_m წინასწარი მამლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი.

ელექტრომანქანური მამლიერებლისთვის შეგვიძლია ჩავწეროთ მისი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება:

$$(T_1S + 1)(T_3S + 1)U_1 = k_{M1}U_M \quad (1)$$

განტოლებაში (1) მოცემულია ემმ-ის შემდეგი პარამეტრები: $T_1 = \frac{L_e}{R_e}$ - ემმ-ს ლუზის წრედის დროის მუდმივა; $T_3 = \frac{L_\theta}{R_\theta}$ - ემმ-ს მმართველი გრაგნილის დროის მუდმივა; k_{M1} - ემმ-ს გაძლიერების კოეფიციენტი (მაზვის) მიხედვით.

შემდეგი ელემენტი, რომელიც შედის მოცემულ მიმყოლ სისტემაში შემსრულებელი მექანიზმია - მუდმივი დენის ძრავა, რედუქტორთან ერთად. ძრავის ლუზას მიეწოდება ემმ-დან გაძლიერებული ძაბვა. ძრავის გამოსავალი სიდიდეა - ლუზის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. ძრავას დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგ სახეში:

$$(T_2S + 1)\omega = k_{M3}U_1 \quad (2)$$

მოცემულ ფორმულაში $T_2 = \frac{JR_e}{c_e c_m}$ - ძრავას ელექტრომექანიკური დროის მუდმივაა; k_{M3} - ძრავას გადაცემის კოეფიციენტი; R_e - ძრავას როტორის წინარობა; J - ძრავას ინერციის მომენტი; c_e და c_m - ძრავას კონსტრუქციული მუდმივებია.

ძრავას როტორის ბრუნვის რიცხვის შესამცირებლად, სქემაში გამოიყენება რედუქტორი, რომელიც უზრუნველყოფს სამართავი ობიექტის შესაბამის კუთხეზე მობრუნებას. მისი მოძრაობის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე: $\beta S = \omega/i$, მოცემულ ფორმულაში i - რედუქტორის გადაცემათა რიცხვია; ω - ძრავას როტორის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე.

3. მიმყოლი სისტემის მდგრადობის ანალიზი

სისტემის დინამიკის გასაანალიზებლად, ჩავწეროთ მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებები:

$$\begin{cases} \varepsilon = \alpha - \beta \\ U_s = k_s \varepsilon \\ U_M = k_m U_s \\ (T_1S + 1)(T_3S + 1)U_1 = k_{M1}U_M \\ (T_2S + 1)\omega = k_{M3}U_1 \\ \beta S = \frac{\omega}{i} \end{cases} \quad (3)$$

სისტემიდან გახსნილი მიმყოლი სისტემის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას, ლაპლასის ფორმაში, ექნება შემდეგი სახე:

$$S(T_1S + 1)(T_2S + 1)(T_3S + 1)\beta = k\varepsilon \quad (4)$$

(4) ფორმულაში $k = \frac{k_s k_{M1} k_m k_{M3}}{i}$ გახსნილის სისტემის გადაცემის კოეფიციენტი.

გადაცემის ფუნქცია იქნება:

$$W(S) = \frac{k}{S(T_1S+1)(T_2S+1)(T_3S+1)} \quad (5)$$

მოცემულ ფორმულაში ემმ-ის მართვის გრაგნილების დროის მუდმივა T_3 შეიძლება უგულებელვყოთ, რადგან $T_3 = \frac{L_\theta}{R_\theta + R_{\theta\lambda}}$ და $R_{\theta\lambda}$ -ის მნიშვნელობა რამდენიმე ასეული კომია და $T_3 = 0$. აქედან გამომდინარე, (5) მიიღებს სახეს:

$$W(S) = \frac{k}{S(T_1S+1)(T_2S+1)} \quad (6)$$

ვიპოვოთ შერეული სისტემის მახასიათებელი განტოლება:

$$S(T_1S + 1)(T_2S + 1) + k = 0 \quad (7)$$

განვიხილოთ მოცემული შერეული სისტემის მდგრადობა. ამისათვის ვიყენებთ ჰურვიცის მდგრადობის კრიტერიუმს. შერეული სისტემის მახასიათებელი განტოლება იქნება:

$$T_1T_2S^3 + (T_1 + T_2)S^2 + S + k = 0 \quad (8)$$

ჰურვიცის დეტერმინანტი იქნება [3, 4]:

$$A_3 = \begin{vmatrix} T_1 + T_2 & k & 0 \\ T_1T_2 & 1 & 0 \\ 0 & T_1 + T_2 & k \end{vmatrix} \quad (9)$$

შერეული სისტემის მდგრადობისთვის აუცილებელი და საკმარისია შემდეგი სამი

უტოლობის ჭეშმარიტება:

$$\begin{cases} \Delta_1 = T_1 + T_2 > 0 \\ \Delta_2 = T_1 + T_2 - kT_1T_2 > 0 \\ \Delta_3 = k\Delta_2 > 0 \end{cases} \quad (10)$$

მოცემულ სისტემაში პირველი უტოლობა ჭეშმარიტია. მეორე უტოლობა ჭეშმარიტი იქნება, თუ სრულდება პირობა: $k < \frac{T_1+T_2}{T_1T_2}$. ხოლო მესამე უტოლობისთვის $k > 0$. აქედან გამომდინარე, შეკრული სისტემა მდგრადი იქნება, თუ $k \in (0; \frac{T_1+T_2}{T_1T_2})$ და $k_{კრ.} = \frac{T_1+T_2}{T_1T_2}$, სადაც $k_{კრ.}$ - გადაცემის კოეფიციენტის კრიტიკული მნიშვნელობაა. თუ $k_{კრ.} = k$, მაშინ შეკრული მიმყოლი სისტემა მდგრადობის ზღვარზეა და ნეიტრალურია.

გადაცემის კოეფიციენტის კრიტიკული მნიშვნელობის საპოვნელად გამოვიყენოთ ლოგარითმულ სიხშირული მახასიათებლები (ნახ. 3). მოცემული მახასიათებლების მიხედვით, შესაძლებელია ვიპოვოთ $k_{კრ.}$ ამისათვის, დამოკიდებულების გრაფიკი $L(\omega)$ უნდა გადავაადგილოთ L_0 მანძილით. $k_{კრ.}$ -ის მნიშვნელობა კი შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგი დამოკიდებულებებიდან: $20 \lg k_{კრ.} = 20 \lg k - L_0$, თუ $k > k_{კრ.}$ $20 \lg k_{კრ.} = 20 \lg k + L_0$, თუ $k < k_{კრ.}$. მოცემული მახასიათებლებისთვის $T_1 = 0,5$, $T_2 = 0,1$ და $k = 31,6$, $20 \lg 31,6 = 30$ დბ $L_0=7.9$ დბ [3,4,5,6].

4. მიმყოლი სისტემის დამყარებული შეცდომა

მოცემული მიმყოლი სისტემისთვის განვსაზღვროთ დამყარებული შეცდომის მნიშვნელობა [7].

$$E(S) = \frac{1}{1+W(S)} = \frac{S(T_1S+1)(T_2S+1)}{S(T_1S+1)(T_2S+1)+k} \quad (11)$$

(11) ფორმულა ჩავწეროთ შემდეგ ფორმაში:

$$E(S) \approx \frac{S}{k} + \frac{1}{k} \left(T_1 + T_2 - \frac{1}{k} \right) S^2 \quad (12)$$

აქვე შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ $E(S) = \frac{\varepsilon(S)}{\alpha(S)}$ და მივიღებთ:

$$\varepsilon(S) = E(S)\alpha(S) = \frac{S}{k}\alpha(S) + \frac{1}{k} \left(T_1 + T_2 - \frac{1}{k} \right) S^2 - \alpha(S) \quad (13)$$

თუ ამ უკანასკნელს ჩავწერთ ორგინალების ფორმაში, გვექნება:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{k} \frac{d\alpha(t)}{dt} + \frac{1}{k} \left(T_1 + T_2 - \frac{1}{k} \right) \frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} \quad (14)$$

ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ მიმყოლი სისტემის ქცევა დამყარებულ რეჟიმში. გარდა ამისა, შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ მმართველი ზემოქმედება მდორედ იცვლება. ჩავატაროთ შემდეგი სახის ანალიზი: როგორ შეიცვლება მმართველი ზემოქმედება, თუ იგი იმპულსური ან საფეხუროვანი ზემოქმედებაა? ამ შემთხვევაში $\alpha(t) = A \times t \times 1(t)$. A მიმყოლი სისტემის მავალბელი ღერძის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეა. ვიპოვოთ დამყარებულ რეჟიმში შეცდომის მნიშვნელობა: $\varepsilon_{დაბყ.} = \varepsilon(t) = \alpha(t) - \beta(t) = \frac{A}{k}$, რაც იმას ნიშნავს, რომ მავალბელი და მიმყოლი ღერძის მობრუნების კუთხეა $\frac{A}{k}$. აქვე შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ მიმყოლი სისტემის ვარგისიანობა გამოითვლება შემდეგი სახით: $D = \frac{A}{\varepsilon_d}$. ჩვენს შემთხვევაში, გახსნილი სისტემის გადაცემის კოეფიციენტი და ვარგისიანობა ერთმანეთის ტოლია $D = k$. შესაძლებელია განგვეხილა სხვა ტიპის მმართველი ზემოქმედებებიც, თუმცა აქ მათზე აღარ შევჩერდებით.

დასკვნა

მიღებული შედეგების მიხედვით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მოცემული პროპორციულმართვეიანი ავტომატური მიმყოლი სისტემისთვის, თუ $\varepsilon_{დაბყ.} = 0$, იგი გამომიშუაებს იმპულსურ და საფეხუროვან ზემოქმედებას. შეკრული სისტემა მდგრადია, თუ სრულდება შემდეგი პირობა: $k, D < \frac{T_1+T_2}{T_1T_2}$.

Analysis of tracking system dynamics

Ketevan Kotrikadze

Summary

Process automation have an important role in modern manufacturing. In particular, we can use the tracking automatic systems. The article considers the system of local control with proportional control. In article are given electrical circuit of the following system and the principle of its operation. Constructed mathematical model of the following system. In the article special attention is paid to the stability analysis of the tracking system and are stability conditions defined. To determine the stability of the tracking automatic control system, in article are plotted the Logarithmic amplitude and phase-frequency characteristics. In the last step, in article analyzes the established error, under step or pulse control inputs.

Анализ динамики следящей системы

Кетеван Котрикадзе

Резюме

Автоматизация процессов играет важную роль в современном производстве. В частности, можно отметить следящие автоматические системы. В статье рассматривается система локального управления с пропорциональным управлением. Приведены электрическая схема следующей системы и принцип ее работы. Построена математическая модель следующей системы. В статье особое внимание уделено анализу устойчивости следящей системы и определены условия устойчивости. Для определения устойчивости следящей автоматической системы управления, построены Логарифмические амплитудные и фазочастотные характеристики. На последнем этапе в статье проводится анализ установленной ошибки, при ступенчатом или импульсном управляющем воздействии.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ნინო მჭედლიშვილი, ირმა დავითაშვილი წრფივი სისტემების ავტომატური მართვის თეორია, სტუ, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბილისი, 2016, 208 გვ.
2. თ. იმედაძე, ნ. მჭედლიშვილი მართვის სისტემების ინჟინერია თბილისი: სტუ, 2009. 466 გვ.;
3. ა. გუგუშვილი, რ. ხუროძე და სხვები მართვის თეორია. წიგნი პირველი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2000, 551 გვ;
4. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, Modern control systems 13th edition Boston: Pearson, 2017, p: 51-853;
5. J. Nagrath, M. Gopal, Control Systems Engineering, 2019, NEW AGE INTERNATIONAL (P) LTD. 725 p: pp. 2-64;
6. Следящие приводы. Том I, Под редакцией Чемоданова Б. К., изд. МГТУ им М. Э. Баумана, Москва, 1999; 903 с.;
7. Чемоданов Б.К. Следящие приводы: в 3 т., 2-е изд., доп. и перераб. / Б.К. Чемоданов [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 880 с.

მართვის სისტემები და მოწყობილობები

CONTROL SYSTEMS AND DEVICES

СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

**მცირე მეფრინველეობის ფერმის ტექნოლოგიური ციკლის გამოკვლევა
ავტომატური მართვის მიკროპროცესორული სისტემის კომპონენტების
დამუშავებისათვის**

ნუგ ზარ ყავლაშვილი, ოთარ ქართველიშვილი, ლევან გვარამაძე, ვერიკო ბახტაძე

okartvel@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მცირე მეფრინველეობის საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესის კვლევის შედეგი მიკროპროცესორის ბაზაზე ავტომატური მართვის სისტემის შექმნის მიზნით. ტექნოლოგიური ციკლის რამდენიმე ეტაპიდან განხილულია ფრინველის ზრდის პროცესი, რომლის დროს საფრინველეში უნდა შესრულდეს მთელი რიგი ნორმატიული პარამეტრების დადგენილი მნიშვნელობების უზრუნველყოფა. მართვის ავტომატურ სისტემაში ამ ფუნქციებს ასრულებენ მართვის სიგნალები, რომლებიც ავტომატურად ფორმირდებიან სისტემებში შემავალი პარამეტრების მნიშვნელობებთან დამოკიდებულებით.

კვლევის შედეგად ჩვენს მიერ განსაზღვრული იყო ტექნოლოგიურ ციკლში შემავალი პროცესების ფუნქციონირების წესი, მართვის სიგნალების დანიშნულება და დამოკიდებულება სხვადასხვა პარამეტრზე, მათი ნორმატიული მნიშვნელობები და შეზღუდვები.

მიღებული დასკვნების მიხედვით დამუშავებული იქნება პროცესის შესრულების ალგორითმი და პროგრამა მიკროკონტროლისათვის, რომლის ბაზაზე აიგება მართვის სისტემა.

საკვანძო სიტყვები:

მცირე მეფრინველეობის საწარმო, ფრინველთა ზრდის ციკლი, მიკროპროცესორული სისტემა.

მეფრინველეობის ავტომატიზაცია არის ტექნოლოგიური პროცესის კონტროლისა და მართვის კომპლექსური სისტემა. ტექნოლოგიური პროცესი შეიძლება დავეოთ რამდენიმე ეტაპად: საინკუბაციო პროცესი, ფრინველის გაზრდის პროცესი მისი გამოჩევიდან ზრდასრულ ასაკამდე და პროდუქციის გამოშვების ეტაპი. წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ფრინველის ზრდასთან დაკავშირებული პროცესების ავტომატიზაციის საკითხები. მეფრინველეობის საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესის აღნიშნული ეტაპზე ავტომატიზაციისათვის მნიშვნელოვანია შემდეგი ამოცანის გადაწყვეტა:

- საფრინველეში მიკროკლიმატის შექმნა და მონიტორინგი;
- ხელოვნური განათების ორგანიზაცია და რეგულირება;
- ფრინველის კვების და წყლის მიწოდების ავტომატური სისტემა;
- საფრინველეს გათბობა;
- საფრინველეს ვენტილაცია;
- ფრინველის ნაგვის ავტომატური გაწმენდა.

მსხვილ მეფრინველეობის საწარმოებში ზემოთ ჩამოთვლილი პროცესების მართვა სრულდება კომპლექსურად, საერთო მართვის ცენტრიდან, სადაც ხდება ობიექტებიდან ინფორმაციის მიღება, დამუშავება და სამართავი სიგნალების ფორმირება. უფრო ხშირად იგი წარმოადგენს სპეციალიზებულ კომპიუტერს. ასეთი კომპლექსების ღირებულება არა რენტაბელურია მეფრინველეობის მცირე მეწარმისათვის. პრობლემის გადაჭრის მიზნით

წინა მდებარე ნაშრომში ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია მართვის სისტემის მოდულებად წარმოდგენა. თითოეული ასეთი მოდული გათვალისწინებული უნდა იყოს ერთი პროცესის მართვისათვის და გააჩნდეს თავისი მართვის ცენტრი, აგებული მიკროპროცესორული სისტემის ბაზაზე, რაც განაპირობებს მოდულის დაბალ ღირებულებას. მცირე მეწარმეს შეეძლება ერთი ან რამდენიმე მოდულის არჩევა მისი მეურნეობისათვის, მისი ფინანსური შესაძლებლობიდან გამომდინარე. აგრეთვე შესაძლებლობა ექნება შემდგომში დამატებით შეიძინოს სხვა დანიშნულების მოდულები სისტემის გაფართოების მიზნით.

1. მიკროკლიმატი საფრინველეში

საფრინველეს მიკროკლიმატის ქვეშ იგულისხმება იმ პარამეტრების მნიშვნელობა, როგორც არის: სათავსოში ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა, ჰაერის გაიშვიათება და გადაადგილების სიჩქარე, ჰაერში მავნე გაზების არსებობა. აღნიშნული პარამეტრები ზემოქმედებენ ფრინველის განვითარებაზე დროის გარკვეულ პერიოდის განმავლობაში.

მიკროკლიმატის მართვის ამოცანა მდგომარეობს პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობების ხელშეწყობაში, რომელიც უზრუნველყოფს ფრინველის განვითარების ოპტიმალურ რეჟიმს. ეს პარამეტრები უნდა დარეგულირდეს ფრინველის სხვადასხვა ასაკისა და წონის მიხედვით.

1.1. საფრინველეში ტემპერატურისა და ტენიანობის რეჟიმები

ყველაზე უფრო ხელსაყრელი პირობა მეფრინველეობისათვის არის კლიმატი ზომიერი ცივი ზამთრითა და არც ისე ცხელი ზაფხულის თვეებით. ტემპერატურა წარმოადგენს მეფრინველეობაში მნიშვნელოვან პარამეტრს, რომელიც ახდენს ზემოქმედებას საწარმოო მაჩვენებლებზე ფრინველის ზრდის პროცესში. ფრინველის გარკვეულ ასაკს შეესაბამება ჰაერის გარკვეული ტემპერატურა. როგორც წესი, რაც უფრო ასაკოვანია ფრინველი, მით უფრო მაღალი უნდა იყოს ტემპერატურა საფრინველეში.

არსებობს ეგრეთ წოდებული “ტემპერატურული კომფორტის ზონა” ან „თერმონეიტრალური ზონა“. ეს არის გარემოს ტემპერატურული დიაპაზონი, რომლის ფარგლებში ფრინველი გრძნობს თავს კომფორტულად (არ განიცდის არც სიცხეს, არც სიცივეს და არ ხარჯავს ენერგიას ორგანიზმის თერმო რეგულირებაზე).

პრაქტიკაში ტერმინი “თერმონეიტრალური ზონა” შეიცავს სამ ძირითად ფაქტორს:

- გარემოს ტემპერატურა;
- ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა;
- ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე.

ყველა ეს ფაქტორები არიან ურთიერთკავშირში და მათი ერთმანეთთან სწორი შეთავსება არის საფრინველეში საჭირო მიკროკლიმატის შექმნის პირობა.

თერმონეიტრალური ზონა არის ინდივიდუალური ფრინველთა ჯიშისა და ასაკისათვის [1, 2].

1.2. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა საფრინველეში

ფრინველისათვის კომფორტული ტემპერატურა განისაზღვრება ტენიანობასთან კავშირში. სხვადასხვა ტენიანობის დროს ფრინველი სხვადასხვანაირად აღიქვამს ერთი და იგივე ტემპერატურას.

ქვევით, სიცხადისთვის მოყვანილია ბროილერის გაზრდის ცხრილი „Kross Kobb“ სახელმძღვანელოდან, რომელშიც ნაჩვენებია მონაცემები კომფორტული ტემპერატურის შესახებ საფრინველეში ტენიანობისა და ფრინველის წონასთან დამოკიდებულებით.

როგორც ცხრილშია ნაჩვენები, რაც უფრო მაღალია ტენიანობა, მით უფრო მცირე უნდა იყოს ტემპერატურა.

მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, რომ ფრინველის ზრდის პირველ დღეებში რეკომენდებულია ფარდობითი სინოტივის მნიშვნელობა საფრინველეში შენარჩუნებული იყოს 60%-70%-ის ფარგლებში. ეს განპირობებულია იმით, რომ ინკუბაციის პროცესის ბოლოს ტენიანობა ინკუბატორში საკმაოდ მაღალია (80%-მდე) და ფრინველის გადაყვანისას საფრინველეში, სტრესის შემცირებისათვის საჭიროა დაყენდეს ინკუბატორთან მიახლოებული ფარდობითი ტენიანობის დონე.

წონა (გ)	ტენიანობა (%)					
	30%	40%	50%	60%	70%	80%
42	33°C	32,2°	32°	29,5°	29°	27°
175	32°	31°	31°	29°	28°	26°
486	30°	30°	29,5°	28,5°	27°	25,5°
931	28°	28°	27,5°	26,5°	26°	25°
1467	26°	25°	25°	24°	23,5°	22,5°
2049	23°	23°	22,5°	22°	21°	20,5°
2634	20°	20°	19,5°	18,5°	17,5°	16°
3177	18°	17,5°	17°	16°	15°	14°
4064	14°	13,5°	13°	12°	11°	10°

სწორი ტემპერატურული რეჟიმი ნებას იძლევა არა მარტო შეიქმნას კომფორტული კლიმატი საფრინველეში, არამედ ბევრ შემთხვევაში მცირდება დანახარჯი სათავსოს გათბობაზე, რაც იწვევს პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებას.

1.3. საფრინველეში ჰაერის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრა

მიკროკლიმატის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე, რომელიც განსაზღვრავს საფრინველეში ვენტილაციის ხარისხს. ხუთი ძირითადი ამოცანა, რომლის გადაწყვეტას ემსახურება ვენტილაცია საფრინველეში, რომელთაგან პირველ ორს აქვს ყველაზე მეტი მნიშვნელობა [3]:

- ჭარბი სითბოს მოცილება;
- ჭარბი ტენიანობის მოცილება;
- მტვრის მოცილება;
- ჟანგბადის გარკვეულ დონემდე შენარჩუნება;
- მავნე გაზების მოცილება (ნახშირმჟავა გაზი CO₂ და ამიაკი NH₃).

არსებობს სავენტილაციო სისტემის ორი ტიპი: ბუნებრივი და იძულებითი. ბუნებრივი ვენტილაციის დროს ჰაერის მოძრაობა ხორციელდება ბუნების კანონების შესაბამისად. ასეთი ვენტილაცია უფრო იაფია, მაგრამ მეტად დამოკიდებულია კლიმატური პირობებისაგან, ხოლო მისი მუშაობის კონტროლი ძნელია. ვენტილაციის ამგვარი ტიპი ამჟამად შესაძლებელია შეგვხდეს მხოლოდ მცირე ფერმერულ საფრინველეებში.

სამრეწველო საფრინველებში აყენებენ იძულებით ვენტილაციის სისტემებს. ამ ტიპის ვენტილაციის შემთხვევაში ჰაერის მოძრაობას საფრინველში ახორციელებენ ვენტილატორები.

ფრინველთა სულადობის ცხოველქმედების შედეგად გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, ტენი და სითბო. ცუდი ვენტილაციის დროს ეს ყველაფერი რჩება საფრინველში. ხარისხიანმა ვენტილაციამ უნდა უზრუნველყოს მავნე ჰაერის გამოყვანა და სუფთა ჰაერის შეყვანა საფრინველში, ნორმალური ტემპერატურის რეჟიმის და ტენიანობის დონის ხელშეწყობა.

ვენტილაციის ხარისხი განისაზღვრება ჰაერის გადაადგილების სიჩქარით საფრინველში, რომელიც ფასდება მეტრი/წამში (მ/წ). ნორმატიული დოკუმენტების მიხედვით ჰაერის გადაადგილების სიჩქარე რეკომენდებულია 0,4 მ/წ-ზე მაღალში, 0,8 - ზაფხულში 60%-მდე ტენიანობის და 20-24°C ტემპერატურის დროს. ჰაერის მოძრაობის სიჩქარის შემცირება იწვევს ტემპერატურის გაზრდას, რაც ფრინველისათვის არაკომფორტულია, სიჩქარის გადიდება კი იწვევს ფრინველების გაციებას და ბევრ შემთხვევაში სიკვდილს. საფრინველში ჰაერის მინიმალური სიჩქარის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ვენტილატორის სიმძლავრეზე მ³/საათი და ჰაერგამტარის კონფიგურაციაზე, რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V=L/3600$$

სადაც, V - ჰაერის ჭავლის სიჩქარე საფრინველში მ/წ-ში; L - ჰაერის ხარჯი მ³/საათი (ვენტილატორის წარმადობა); S - ჰაერგამტარის ფართი მ².

არსებული ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ მიღებულია ბროილერის ვენტილაციის პოლიტიკა, რომლის თანახმად ვენტილაცია ჩაირთვება პერიოდულად 5 წუთის განმავლობაში. ყოველ საათში ეს ვენტილატორები გაიშვებიან და გაჩერდებიან 288-ჯერ.

ჰაერის გადაადგილების სიჩქარის კორექციისათვის მისი მონიტორინგი ხორციელდება მოწყობილობის საშუალებით - ანემომეტრით. ანემომეტრები არიან სხვადასხვა ტიპის: ფრთიანი, თერმული, ანემომეტრი პიტოს მილით. ჩვენი მიზნებისათვის საინტერესოა ის ანემომეტრები, რომელთაც აქვთ მართვის სისტემასთან ადვილად დაკავშირების ინტერფეისი. ერთ-ერთ ასეთს წარმოადგენს ფრთიანი ანემომეტრი USB, Ethernet, RS-232 პროტოკოლების საშუალებით მონაცემთა გაცვლის შესაძლებლობით.

როგორც ზევით იყო აღნიშნული, საწარმოო საფრინველებში იყენებენ იძულებით ვენტილაციას, რომლის მუშაობა ემყარება უარყოფით წნევის პრინციპს. ამ შემთხვევაში გადამუშავებული ჰაერის მოცილება სრულდება გაწოვის ვენტილატორით. შედეგად ნაგებობის შიგნით იქმნება დაბალი წნევის არე. ვაკუუმის წარმოშობა აიძულებს გარეთა ჰაერს იმოძრაოს ფანჯრების გავლით საფრინველეს შიგნით, რაც უზრუნველყოფს სუფთა ჰაერის შედინებას შენობაში. საფრინველში უარყოფითი წნევით ვენტილაციის რეალიზაციისათვის გამოიყენება მოწყობილობების განთავსების სხვადასხვა სქემა. საჭირო სქემის არჩევა სრულდება კლიმატური პირობების, შენობის კონსტრუქციის, ფრინველის მოვლის და სხვა მიხედვით.

ვინაიდან ვენტილაცია საფრინველში ხორციელდება ვენტილატორის საშუალებით, მისი არჩევა წარმოადგენს მართვის სისტემის მეტად საპასუხისმგებლო ეტაპს. როგორც იყო ნათქვამი, იგი განსაზღვრავს ჰაერის გადაადგილების სიჩქარეს, რომელიც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს სისტემის შესაბამისი პარამეტრების ნორმატიულ მნიშვნელობის შენარჩუნებას. ჰაერის გადაადგილების სიჩქარე გამოითვლება ვენტილატორის წარმადობასა და ჰაერგამტარის კვეთის ფართზე დამოკიდებულებით, რაც ზევით იყო ნაჩვენები.

პროექტის პირობიდან გამომდინარე, ვენტილატორი უნდა არჩეული იყოს მისი წარმადობისა და ღირებულების მიხედვით.

1.4. საფრინველეს მიკროკლიმატის მნიშვნელოვან პარამეტრს აგრეთვე წარმოადგენს ჰაერის სისუფთავე მავნე გაზებისაგან, რომლებიც წარმოადგენენ ამიაკისა და ნახშირორჟანგის ნარევის.

ამიაკი წარმოიქმნება ბაქტერიების მიერ ფრინველის ნეხვის აზოტოვანი საფუძვლის გახრწნის შედეგად. მიკროორგანიზმების სასიცოცხლო აქტივობისა და გამრავლებისათვის საჭიროა შემდეგი პირობები: ოპტიმალური სინოტივე და ტემპერატურა. შესაბამისად, ბაქტერიების საცხოვრებელი პირობების მართვით, შესაძლებელია ვმართოთ ამიაკის წარმოქმნის პროცესი. ამ მიზნით ტემპერატურის რეგულირება არ არის მიზანშეწონილი, ვინაიდან ტემპერატურული რეჟიმი საქათმეში არის რეგლამენტირებული.

ამიაკის გამოყოფის პროცესი შესაძლებელია ნაგვის ტენიანობის კონტროლით. დაბალი სინოტივის დროს მიკროორგანიზმების აქტივობა აგრეთვე დაბალია. ოპტიმალურად ითვლება ნაგვის ტენიანობა 25-35%. ტენიანობის გაზრდის შემთხვევაში 35% ზევით ამიაკის გამოყოფა მკვეთრად იზრდება. ამიაკის დონის გაზრდა აზიანებს ფრინველის სასუნთქავ სისტემას, რასაც მივყავართ ჯანმრთელობის და პროდუქტიულობის გაუარესებამდე, ავადმყოფობის რისკზე, აგრეთვე ხარჯებთან მკურნალობაზე. ჰაერის სიჩქარის გაზრდით შესაძლებელია მარტივად შემცირდეს ამიაკის კონცენტრაცია შენობაში. მომუშავე ვენტილაცია სწრაფად ამცირებს ამიაკის დონეს, გამორთვის შემთხვევაში წინა დონე სწრაფად აღდგება. კვლევის საფუძველზე დადგენილი იქნა უკუპროპორციული დამოკიდებულება ამიაკსა და ვენტილაციის დონესა და ამიაკის კონცენტრაციას შორის. ამიაკის კონცენტრაციის 50%-ით შემცირების მოთხოვნის შემთხვევაში ვენტილაციის სიჩქარე საჭიროა გადიდდეს 2-ჯერ. წლის ციკ პერიოდში ეს იწვევს გათბობაზე ხარჯის მკვეთრ გაზრდას.

ტენიანი გაზაფხულის ან შემოდგომის ამინდების შემთხვევაში აღწერილი სტრატეგიის გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი. გარეთა და შიგა ტემპერატურის მნიშვნელობა ერთმანეთს უახლოვდება, ხოლო ტენიანობა ხშირად აღწევს 80-90%-ს. ვენტილაციის სიჩქარის ზრდა აძლიერებს ტენიანი ჰაერის მიწოდებას და ტენიანობის გადიდებას საფრინველეში და ფრინველის ნაგვის უფრო მეტ დასველებას. დასველებული ნაგავი ხელს უწყობს ამიაკის გამომუშავებას, რაც მოითხოვს ვენტილაციის მოცულობის ზრდას. წარმოიქმნება შეკრული წრე, რომლის გაწყვეტა ძნელია გათბობაზე ხარჯის გარეშე.

ამიაკის კონცენტრაციის გასაზომად შესაძლებელია საფრინველეში დაყენებული იყოს სპეციალური NH_3 გადამწოდები. მისგან მიღებული მონაცემთა საფუძველზე მართვის მოწყობილობას შეუძლია ჰაერის ცვლის რეგულირება შენობაში.

საჭიროა ჰაერის ცვლის კორექტირება ტენიანობის გათვალისწინებით. ამის განხორციელებისათვის ავტომატურ რეჟიმში, გამოყენებული უნდა იყოს ტენიანობის გადამწოდი, რომელიც მიუერთდება მიკროკლიმატის მართვის სისტემას.

ნახშირორჟანგის შემცველობა საფრინველეში.

მიკროკლიმატის კიდევ ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ნახშირორჟანგის შემცველობა ჰაერში. ნახშირორჟანგი გამოიყოფა არა მხოლოდ ფრთოსანის სასიცოცხლო აქტივობის, არამედ ასევე საწვავის წვის შედეგად შენობის გათბობის დროს. ნახშირორჟანგის (CO_2) გაზრდილი კონცენტრაცია იწვევს ფრთოსანის აქტივობის დაქვეითებას, ნივთიერების ცვლის გაუარესებას და ამცირებს დაავადებების მიმართ მდგრადობას. ნახშირორჟანგი

გროვდება საფრინველეში არასაკმარისი ჰაერის გაცვლის შემთხვევაში, მის კონცენტრაციამ ამ დროს შეიძლება მიაღწიოს 0,7%-ს, რაც დიდად აღმატება დასაშვებს. ვინაიდან ნახშირორჟანგი ჰაერზე უფრო მძიმეა, ჰაერის შემწოვების არათანაბრად განაწილების შემთხვევაში, იგი გროვდება შენობის ქვედა ნაწილში. ნახშირორჟანგის დასაშვები ზღვრული მნიშვნელობა ფრინველის ადგილსამყოფელში შეადგენს 0,25%. ცნობილია, რომ მაღალი კონცენტრაციის (1%) ხანგრძლივ ზემოქმედებას მივყავართ ფრინველის ჭამის მადის და საკვების სრულ ათვისების შემცირებასთან, შედეგად მცირდება ფრინველის სხეულის მასა 15-20%- ით.

ნახშირორჟანგის ნორმალურ დონეზე შენარჩუნება სრულდება საფრინველეში ჰაერის ვენტილაციის საშუალებით. ამ პროცესში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ნახშირორჟანგის სენსორებს, რომელთა საშუალებით სრულდება ნახშირორჟანგის შემცველობის პერიოდული შემოწმება. ამჟამად სხვადასხვა ფირმის მიერ წარმოებულია სხვადასხვა მახასიათებლის მქონე ნახშირორჟანგის სენსორი. პროექტის მოთხოვნის შესაბამისად ჩვენს ინტერესს იწვევს დაბალი ღირებულების სენსორი, რომელსაც გააჩნია მართვის სისტემასთან მიერთების შესაძლებლობა. საორიენტაციოდ ასეთ სენსორს წარმოადგენს ფირმა API „TEKO“-ს სენსორი SC3 ICXP4, რომელიც მართვის სისტემასთან კავშირისა თვის იყენებს პორტ RS-485.

2. საფრინველეს გათბობა

ფრინველის პროდუქტიულობა (ბროილერის შემთხვევაში წონის მატება) და მათი ჯანმრთელობა ზამთრის დროის პერიოდში უშუალოდ არის დამოკიდებული მათი მოვლის პირობებზე, და პირველ რიგში ტემპერატურაზე საფრინველეში. თუ სამხრეთის რაიონებში კიდევ შესაძლებელია ფრინველის შენახვა დამატებითი გათბობის გარეშე, საშუალო და ჩრდილოეთ რაიონებისთვის საფრინველეს გათბობა არის აუცილებელი. ოპტიმალური ტემპერატურა შენობაში უნდა იყოს +14 ...+16°C, მინიმალური +7°C. ასეთი ტემპერატურის პირობებში ფრინველის დაავადების რისკი მინიმალურია. ჩვენს მიერ განხილული პუბლიკაციების მიხედვით, კვლევების შედეგი გვიჩვენებენ, რომ ტემპერატურის ოპტიმალურზე ნაკლებ მნიშვნელობის შემთხვევაში ფრინველი იღებს 30%-ით მეტ საკვებს, ამასთან ბროილერებისათვის შეიმჩნევა ზედმეტი ცხიმის მატება ხორცის მატების ხარჯზე ე.ი. მცირდება ფრინველის ხორცის ხარისხი.

მოზრდილი ფრინველისათვის ტემპერატურა არ უნდა იყოს +10°C-ზე ნაკლები, ახალგაზრდა ფრინველისათვის - +25°C-ზე ნაკლები, წიწილებისათვის მათი სიცოცხლის პირველ დღეებში მნიშვნელოვანია შენარჩუნებული იყოს მათთვის კომფორტული ტემპერატურა +30°C დონეზე.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე ცხადი ხდება, თუ რამდენად აქტუალურია ზოგიერთ პირობების შემთხვევაში გათბობის ორგანიზაცია საფრინველეში.

ამჟამად რიგი ფირმები უშვებენ სხვადასხვა ტიპის გამაცხელებლებს. მათ შორის მცირე მეფრინველეობისათვის მისაღებია ინფრაწითელი გამათბობლები [4].

3. განათება საფრინველეში

განათება უშუალოდ ზემოქმედებს ფრინველის განვითარებასა და ცხოვრების უნარიანობაზე. განათების დონე უნდა იყოს აწყობილი ფრინველის ასაკსა და წონაზე, ხანგრძლივობით შეესაბამებოდეს მის ასაკობრივ ბიოლოგიურ ციკლს და მოახდინოს ზეგავლენა წონის მატებაზე და დაავადებებზე. განათების მართვა შესაძლებლობას იძლევა ავირჩიოთ განათების დღის ხანგრძლივობა, სხვადასხვა განათებულობით და დროის

შუალედით. შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში არასაკმარისი განათებულობის შემთხვევაში საჭიროა მისი ჩანაცვლება ან დამატება ხელოვნური განათებულობით. განათებულობის მყისიერი შეცვლა იწვევს ფრინველის სტრესს, ამიტომ აუცილებელია განათებულობის დონის ცვლილება მოხდეს მდორედ.

განათების რეჟიმი მდგომარეობს განათებული და ჩამქრალი პერიოდების მიყოლებით ცვლაში. განათების რეჟიმი ფრინველისათვის ისეთივე მნიშვნელოვანია, როგორც კვება და მოვლა. განათებულობის საათზე დამოკიდებულია საკვების კონვერსია და ფრინველის წონის მატება

ჩვენს მიერ განხილულ იყო სხვადასხვა მეცნიერის მიერ შესრულებული კვლევის შედეგი, რომლის მიზანია განათების რეჟიმის ზემოქმედების შესწავლა ფრინველის პროდუქტიულობის მაჩვენებლებზე [5, 6, 7] (უნდა აღვნიშნოთ, რომ კვლევის ბევრი შედეგი განსხვავდება ერთმანეთისაგან).

4. საკვების მიწოდების სისტემა

ფრინველის კვების სისტემის ძირითადი დანიშნულებაა საკვების მიწოდების სწორი რეჟიმის უზრუნველყოფა ყველა ერთი ტიპის ფრინველისთვის ერთდროულად. საკვების მიწოდების რეჟიმი არის როგორც სპეციალიზებული, გარკვეულ ფრინველთა კატეგორიისათვის, ასევე უნივერსალური. ფრინველთა კვების მართვის რეჟიმი დამოკიდებულია მათ ჯიშზე, ასაკზე, საკვების თვისებაზე და მის სინოტივეზე. სამრეწველო მეფრინველეობაში ძირითადად გამოიყენება ფრინველთა ჯგუფური კვება ღარიანი ან სპირალური მიმწოდებლების მეშვეობით. ამასთან საკვების რაოდენობის განსაზღვრა ემყარება მისი მიწოდების ხანგრძლივობას - ფრინველთა ასაკისგან დამოკიდებულებით 3-4-ჯერ დღე-ღამის განმავლობაში.

პირველ შემთხვევაში ღარის გასწვრივ გადაადგილება საკვების შემცველი პორტალური ბუნკერი და სრულდება საკვების ჩატვირთვა ღარში. მეორე შემთხვევაში საკენკი იტვირთება სპეციალურ ჯამბებში, რომლებიც მილით შეერთებული არიან საკვების შემცველ უძრავ ბუნკერთან. საკვების ჩატვირთვა ჯამში სრულდება მილში მოთავსებული სპირალური ტრანსპორტერის საშუალებით [8].

ვინაიდან პირველი მოწყობილობა გამოიყენება ფრინველების გალიებში ყოფნის შემთხვევაში და ამავე დროს მისი ღირებულება მაღალია, ჩვენს მიერ პროექტის შესრულების დროს გამოვიყენებთ მეორე ტიპის მოწყობილობას მისი შედარებით დაბალი ღირებულების გამო.

5. ფრინველისთვის წყლის მიწოდება საფრინველეში

წყლის მიწოდების პროცესს ასევე გააჩნია თავისი განსაკუთრებული თავისებურებები. ისინი განპირობებულია ერთის მხრივ ფრინველის ორგანიზმის თავისებულებით, მეორეს მხრივ აღჭურვილობის თავისებურებით. ფრინველისთვის წყლის მიწოდების თანამედროვე აღჭურვილობა სამრეწველო პირობებში მეტად განსხვავებულია: ღარიანი გამდინარე და არაგამდინარე, ჭიქიანი წვეთოვანი და სხვა. მათი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი - წყლის გამოყენების კოეფიციენტი იცვლება 20-დან 90%-მდე. ამ მაჩვენებლის მიხედვით უკეთეს წარმოადგენს მულტივი დონის ღარიანი და წვეთოვანი სასმელი წყლის მულტივი მიწოდებით [1, 2, 3].

ჩვენს მიერ პროექტისათვის ამორჩეული იყო წვეთოვანი ანუ ნიპერული წყლის მიმწოდებელი, ვინაიდან მისი ძირითადი პარამეტრები აკმაყოფილებენ პროექტის

მოთხოვნებს (დაბალი ღირებულება, მართვის სისტემასთან დაკავშირების სიმარტივე და სხვა).

წყლის მიწოდების მართვა მდგომარეობს ვენტილის გახსნა-ჩაკეტვაში გარკვეული შუალედით და ხანგრძლივობით, რომლის განმავლობაში წყალი ბუნკერიდან ჩაისხმება ჯამებში ფრინველის გუნდის მიერ მოხმარებული წყლის რაოდენობის შესაბამისად [9].

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის საფუძველზე ჩვენს მიერ განსაზღვრული იყო მეფრინველეობის საწარმოს ტექნოლოგიურ ციკლში შემავალი პროცესების ფუნქციები და შესრულების წესი. მათში დაფორმირებული მმართველი სიგნალების დანიშნულება და დამოკიდებულება სხვადასხვა პარამეტრზე, პარამეტრების არსებული ნორმატიული მნიშვნელობები და მათზე შეზღუდვები. მიღებული რეკომენდაციების მიხედვით დამუშავდება მართვის სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმი და პროგრამა მიკროკონტროლისათვის, რომელიც წარმოადგენს მართვის მიკროპროცესორული სისტემის ბირთვს. სისტემის აპარატურული ნაწილი აგებულია მიკროკონტროლერზე ამასთან დაკავშირებულ სენსორებით. გათვალისწინებული იქნება სისტემაში დამატებითი ინფორმაციის შეტანა მობილური ტელეფონიდან.

Investigation of the technological cycle in small poultry farms for the development of components of an automatic control system based on a microprocessor

Nugzar Kavlashvili, Otar Kartvelishvili, Levan Gvaramadze, Veriko Bakhtadze

Summary

The article presents the result of the technological process research in small poultry enterprises for the development of an automatic control system based on a microprocessor. From several stages of the technological cycle, the stage of the bird breeding from small to adult age is selected, during which the baseline parameter values should be maintained in the poultry house. In the automatic system, the specified functions are executed by the control signals, which are formed depending on the values of the input parameters. As the result of the present research, we determined the rules of operation of the processes involved in the technological cycle, the definition of control signals, their dependence on various parameters, their baseline values and thresholds.

According to the resulting recommendations the algorithm of the operational process and the microcontroller program code were developed, based on which the control system will be built.

Исследование технологического цикла в малых птицеводческих фермах для разработки компонентов автоматической системы управления на базе микропроцессора

Нугзар Кавлашвили, Отар Картвелишвили, Леван Гварамадзе, Верико Бахтадзе

Резюме

В статье рассматривается результат исследования технологического процесса в малых птицеводческих предприятиях для разработки автоматической системы управления на базе

микропроцессора. Из последовательных этапов технологического цикла выбран выращивание птиц от малого до взрослого возраста, в течение которого в птичнике должно быть поддержано нормативно установленные значения параметров. В автоматической системе указанные функции выполняют управляющие сигналы, которые формируются в зависимости от значений входных параметров.

В результате исследования нами были определены правила функционирования процессов, входящих в технологический цикл, назначение управляющих сигналов, их зависимость от различных параметров, их нормативные значения и ограничения.

По полученным рекомендациям разрабатывается алгоритм работы системы управления, и программа микроконтроллера на базе, которого будет построена система управления.

ლიტერატურა - Reference - Литература

1. Микроклимат в птичнике на птицеферме. Google.com/ Sagrada.bis/press-centr/...
2. Храпицкий А.З. Правильный микроклимат в птичнике-основа здорового поголовья. Google.com /Sagrada.bis/ press- centr /...
3. Вентиляция птичника. Google.com/search&q= вентиляторы+для+птичников=8 ris...
4. Инфракрасный обогреватели. Google.com/search?sca_esv=6182fbdd58dbc34a8...
5. Николаева Н. Сельская жизнь в городе. 2023. Dzen.ru/ZCqugz...
6. Карен Щвин-Ларнер и д-р Ханк Классен. Освещение в условиях бройлерного производства. Google.com/Search? Прграмма+овещениядля + бройлеров... Infowaldwide @aviaden.
7. Буяров В.С. Балашов В.В. Влияние режимов освещения на рост и развитие цыплят – бройлеров. “Биология в сельском хозяйстве” (№1, 2015)
8. Кормление птиц на птицефабрике. Google.com/...
9. Ниппельные поилки для птицы. Google.com/...

წვეთოვანი ავტომატური მორწყვის სისტემის ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდი

ნუგ ზარ ყავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, ოთარ ქართველიშვილი, ვერიკო ბახტაძე

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

რეზიუმე

განხილულია ნახევრად ნატურული მოდელირების ტექნოლოგიის გამოყენების შესაძლებლობები წვეთოვანი წყლით მორწყვის მრავალარხიანი ერთგვაროვანი სისტემების პროექტირების და გაწყობის პროცესში.

ნაჩვენებია, რომ ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა სისტემის გაწყობის პროცესში, რეალობასთან მაქსიმალურად მიხლობულ პირობებში (საველე პირობებში), შევისწავლოთ სისტემაზე მოქმედი აღმშფოთი ზემოქმედების გავლენა და გავითვალისწინოთ შესაბამისი ღონისძიებები მართვის ალგორითმში.

გაირკვა რომ ასეთი მიდგომით შესაძლებელია მარტივად მოხერხდეს სისტემის მთლიანობაში და ცალკეული არხების ოპტიმალური სტრუქტურის და პარამეტრების თანმიმდევრობითი შერჩევა.

აღნიშნული ტექნოლოგია წარმოადგენს მარტივ და ქმედით იარაღს სისტემის მართვის ალგორითმში აღმშფოთი ზემოქმედების კოეფიციენტების ცვლილების და მათი ზღვრული მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის.

საკვანძო სიტყვები:

ნახევრად ნატურული მოდელირება, აღმშფოთი ზემოქმედება, ოპტიმალური სტრუქტურა.

ნ. ყავლაშვილისა და თანაავტორების სტატიაში [1] აღწერილი წვეთოვანი მორწყვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს რთულ მრავალარხიან სისტემას, რომელიც ფუნქციონირებს საველე პირობებში დროის რეალურ რეჟიმში, მრავალი აღმშფოთი ზემოქმედების ქვეშ [2]. ეს გარემოება ართულებს სისტემის როგორც დაპროექტების, ასევე გაწყობის და მისი ტესტირების პროცესებს. უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნულ სისტემისათვის დამახასიათებელი სახასიათო პროცესები დროში ნელა იცვლება და მათი რეალური განმეორებითობის მიღწევა პრაქტიკულად შეუძლებელია. ცალკე სირთულეს ქმნის სისტემისათვის რეალური გარემო პირობების (ნალექები, ქარის ზემოქმედება, გარემო ტემპერატურა და ტენიანობა) აღწარმოება. მათი ხელოვნური იმიტაცია ხშირად შეუძლებელია. შექმნილი მდგომარეობიდან გამოსავალს წარმოადგენს სისტემის გაწყობის პროცესში მოდელირების ტექნოლოგიის გამოყენება. ჩვენს მიერ სისტემის პროექტირებისას გამოყენებულ იქნა მოდელირების ტექნოლოგიის ერთ-ერთი სახეობა, ნახევრად ნატურული მოდელირება, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ზემოთ აღწერილი სირთულეების დაძლევა.

ნახევრად ნატურული მოდელირება ეს არის მოდელირების პროცესი სისტემის რეალური აპარატურის გამოყენებით, როდესაც დასაპროექტირებელი სისტემის ნაწილი მოდელირდება, ხოლო დანარჩენი რჩება რეალურ სისტემად [3, 4]. როგორც წესი, ნახევრად ნატურული მოდელირების პროცესი ხორციელდება პროდუქტის შექმნის საშუალებდო ეტაპზე, რომელიც მოსდევს სისტემის მთლიანობაში პროექტირების მათემატიკური მოდელირების ეტაპს. ნახევრად ნატურული მოდელირება წარმოადგენს მოქნილ პროდუქტს. ის საშუალებას გვაძლევს პროექტირების და სისტემის ცალკეული ელემენტების შექმნის

პროცესში თანდათან შევცვალოთ თანაფარდობა სისტემის რეალურ, უკვე დამუშავებულ ნაწილებსა და მოდელის სახით წარმოდგენილ ელემენტებს შორის რეალურად დამუშავებული ნაწილის გაზრდის მიმართულებით.

რეალური პროდუქტის ელემენტების ჩართვა რთული სისტემებისა და პროცესების მოდელირების წრედში აპრიორი ამცირებს გაურკვეველობას და აგრეთვე, ქმნის იმ პროცესების შესწავლის შესაძლებლობას, რომლებსაც არ აქვთ ზუსტი მათემატიკური აღწერა.

განვიხილოთ ნახევრად ნატურული მოდელირების ტექნოლოგიის გამოყენება ჩვენს მიერ დაპროექტებული სისტემის შექმნისათვის. ამ პროცესის რეალიზება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ როგორც სისტემის ცალკეული კვანძების რეალიზაცია პროექტირების პროცესის პერიოდში და სისტემის მთლიანობაში ფუნქციონირების შეფასება, ასევე მოვახდინოთ მთლიანი სისტემის ფუნქციონირების შეფასება რეალურ პირობებში სხვადასხვა ტიპის აღმშფოთი ზემოქმედებების არსებობისას.

ნახ. 1-ზე მოცემულია წვეთოვანი მორწყვის ავტომატიზებული სისტემის ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდის ბლოკ-სქემა.

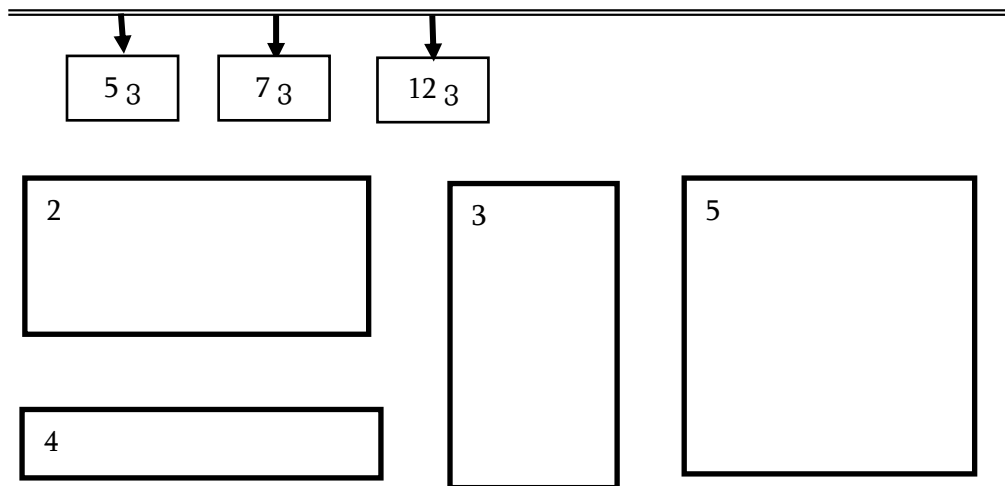
ის შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან:

1. რეალური სისტემის ბირთვი - მიკროპროცესორული სისტემა, რომელშიც რეალიზებულია სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი ალგორითმი. ჩვენს შემთხვევაში ის წარმოადგენს Arduino MEGA 2560 დაფას.
2. მთავარი კროს-დაფისაგან, რომელიც განკუთვნილია მოდელირების პროცესში საჭირო კომუტაციების რეალიზებისთვის. კერძოდ, ძირითად მიკროპროცესორის გამომყვანებზე საჭირო სიგნალების მისაწოდებლად ან გამომყვანების მდგომარეობის ინდიკაციისათვის.
3. მცირეგაბარიტებიანი კომპიუტერისაგან (ლექტოპი) WINDOWS ოპერაციული სისტემით, რომელშიც ჩატვირთულია დასაპროექტებელი სისტემის მოდელირებისათვის განკუთვნილი პროგრამული უზრუნველყოფა Arduino Integrated Development Environment ეს უკანასკნელი გამოიყენება Arduino-ს სისტემაში გამოყენებული დაფებში პროგრამების ატვირთვისა და მათთან კომუნიკაციისთვის.
4. ტექნიკური საშუალებებისაგან, რომლებიც განკუთვნილია ტიპური ინფორმაციული არხის რეალიზაციისათვის:
 - არხის პროგრამული რეალიზაციისათვის განკუთვნილი მიკროპროცესორული მოდულისაგან ARDUINO NANO;
 - დამხმარე კროს-დაფისაგან, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება მოდელირების პროცესში არხის მიკროპროცესორის გამომყვანებზე საჭირო სიგნალების მიწოდება ან მიკროპროცესორის გამომყვანების მდგომარეობს ინდიკაცია.
 - საინდიკაციო საშუალებებისაგან, რომლებიც გამოიყენება არხის მუშაობის შედეგად მიღებული ინფორმაციას ინდიკაციისათვის.
 - სისტემაზე მოქმედი აღმშფოთი ზემოქმედების გადამწოდისაგან ან მისი იმიტატორისაგან.
 - შემათანხმებელ მოწობილობებისაგან, რომლებიც ახდენენ გადამწოდებიდან მიღებული სიგნალების პარამეტრების ელექტრულ შეთანხმებას მიკროპროცესორის შესასვლელებთან.
 - კონსტრუქციულად არხებისათვის განკუთვნილი აპარატურის მონტაჟი ხორციელდება ისეთნაირად, რომ მარტივი იყოს მისი ჩანაცვლება სხვადასხვა ტიპის არხების აპარატურის მოდელირებისათვის. არხების ტიპური სტრუქტურა იძლევა საშუალებას, რომ ეს ცვლილებების მოვახდინოთ აპარატურის მინიმალური მოდიფიკაციით.
5. მცირეგაბარიტებიანი კომპიუტერისაგან (ლექტოპი) WINDOWS ოპერაციული სისტემით, რომელშიც ჩატვირთულია დასაპროექტებელი სისტემის მოდელირებისათვის განკუთვნილი პროგრამული უზრუნველყოფა Arduino Integrated Development Environment. ეს უკანასკნელი გამოიყენება როგორც უკვე დამუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ჩასატვირთად სისტემის გამართულ ნაწილში ასევე არჩეული არხის პროგრამული გამართვისთვის.

აგრეთვე დამხმარე საშუალებებისაგან:

1. 5ვ; 7ვ; 12ვ კვების წყაროებისაგან, რომლებიც განკუთვნილია სტენდის აპარატურის კვებისათვის;
2. მართკუთხა იმპულსების მაღალსიხშირული და დაბალსიხშირული გენერატორებისაგან, რომლებიც გამოიყენება მოდელირების პროცესში სხვადასხვა ტიპის სიგნალების იმიტაციისთვის.
3. სხვადასხვა ტიპის ინდიკატორებისაგან (ძირითადად შუქდიოდური) რომლებიც კროს-დაფებით განხორციელებული კომუტაციების შედეგად იძლევა საშუალებას ვაკონტროლოთ მიკროპროცესორების გამომყვანების მდგომარეობა.
4. შემსრულებელი მექანიზმების შუქდიოდური იმიტატორებისაგან, რომლებიც ახდენენ სისტემის შემსრულებელი მექანიზმების მიმდინარე მდგომარეობის კონტროლს და მიღებული შედეგების ასახვას.

1



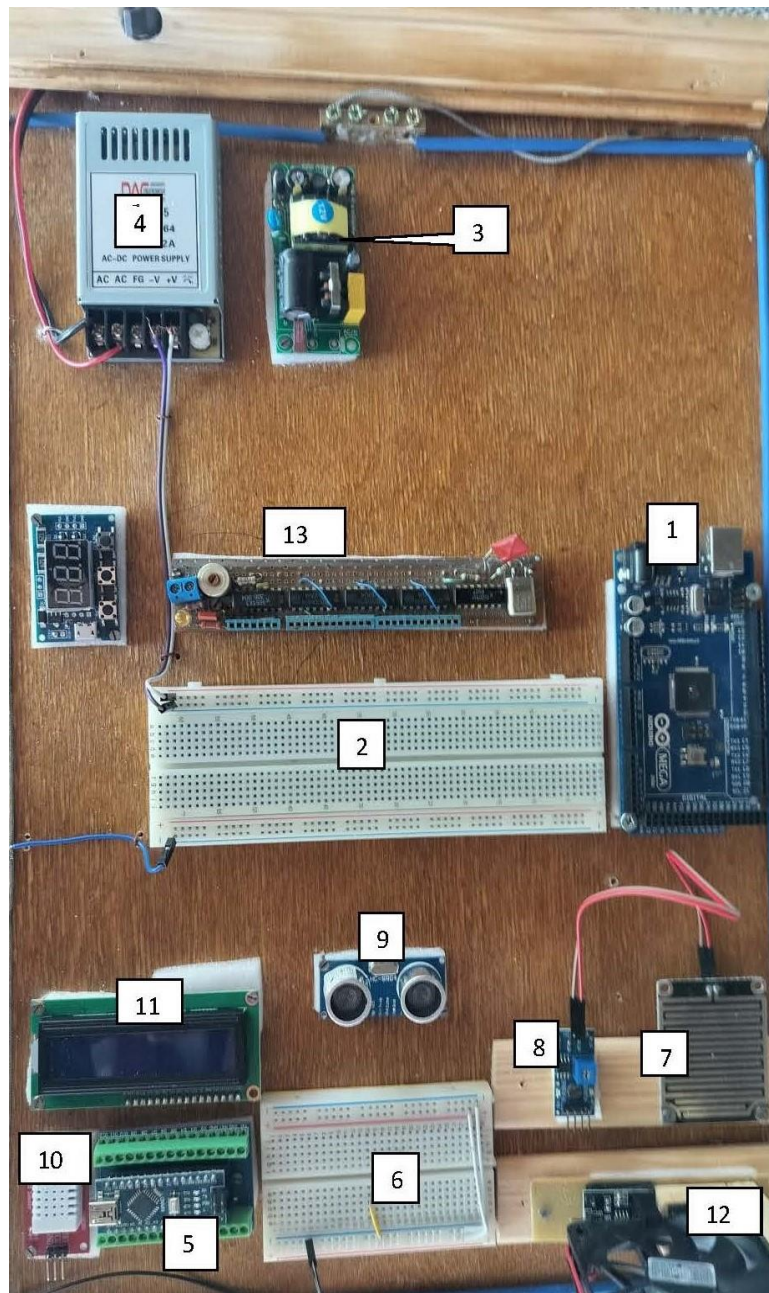
ნახ. 1.

კონსტრუქციულად ნახევრად ნატურული მოდელი პროგრამული კომპიუტერული საშუალების გარეშე განლაგებულია 35*40 სმ ზომის დაფაზე. მისი ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია სტანდარტული 220ვ ძაბვა. კონსტრუქციულად არხებისათვის განკუთვნილი აპარატურის მონტაჟი ხორციელდება ისეთნაირად, რომ მარტივი იყოს მისი ჩანაცვლება სხვადასხვა ტიპის არხების აპარატურის მოდელირებისათვის. არხების ტიპური სტრუქტურა იძლევა საშუალებას რომ ეს ცვლილებების მოვახდინოთ აპარატურის მინიმალური მოდიფიკაციით.

ნახ. 2-ზე მოცემულია ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდის დაფის ვიზუალური სურათი, რომელზეც მონიშნულია მის შემადგენლობაში შესული მოწყობილობები და ბლოკები:

1. Arduino MEGA 2560 დაფისაგან. გამოიყენება სისტემის პროგრამული მხარდაჭერისათვის.
2. მთავარი კროს-დაფისაგან. გამოიყენება სისტემაში შემავალი ელემენტების კომუტაციისათვის და ერთგვაროვანი არხების სტრუქტურის ორგანიზაციისათვის;
3. 12 ვ კვების წყაროსაგან. გამოიყენება სამართავი მოწყობილობების კვებისათვის.
4. 5 ვ კვების წყაროსაგან. გამოიყენება Arduino -ს დაფების კვებისათვის.
5. Arduino Nano დაფისაგან. გამოიყენება ერთგვაროვანი არხების პროგრამული მხარდაჭერისათვის.
6. არხის კროს-დაფისაგან. გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ერთგვაროვანი არხების სტრუქტურის აწყობისათვის;
7. შემათანხმებელი მოწყობილობისაგან გამოიყენება ერთგვაროვან არხებში გადაწოდების სიგნალების Arduino Nano შესასვლელებთან შეთანხმებისათვის ;

8. ატმოსფერული ნალექების ინდიკატორისაგან. გამოიყენება სისტემის ერთ-ერთ არხში ნალექების სიდიდის განსაზღვრისათვის;
9. მანძილის ულტრაბგერითი განმსაზღვრელისაგან. გამოიყენება წყლის დონის კონტროლის სისტემის რეალიზაციაში
10. ტემპერატურის და ტენიანობის გადამწოდისაგან. გამოიყენება გარემოს ტემპერატურის და ტენიანობის ინფორმაციის მიღების არხში მისი დამუშავებისათვის
11. ორ სტრიქონიანი ინდიკატორისაგან. გამოიყენება არხის ფუნქციონირების შედეგად მიღებული ინფორმაციის ინდიკაციისათვის;
12. ჰაერის ნაკადის სიდიდის აღრიცხვის გადამწოდისაგან (ქარის სიჩქარის განმსაზღვრელისაგან).
13. იმპულსების გენერატორი.



ნახ. 2.

სტატიაში აღწერილი სტენდი საშუალებას იძლევა ერთდროულად განვახორციელოთ სისტემის ბირთვის და ერთი სტანდარტული არხის მუშაობის მოდელირება, რაც ეკვივალენტურია სისტემაზე მოქმედი ერთი აღმშფოთი ზემოქმედებისა თუ გავითვალისწინებთ, რომ სისტემაში რეალიზებული ყველა არხის პროგრამული საშუალების სტრუქტურა იდენტურია, სხვა არხის მოდელირებისათვის საკმარისია მოვახდინოთ არხში გადამწოდებისა და შემათანხმებელი მოწყობილობის ჩანაცვლება. საჭირო ტიპის გადამწოდების და შემათანხმებელი მოწყობილობები წინასწარ განლაგებულია სტენდის დაფაზე. საჭირო კომუტაციების ოპერაციები მარტივად ხორციელდება არხის მოდელირებისათვის განკუთვნილი კროს-დაფის მეშვეობით.

უნდა აღინიშნოს, რომ აღწერილი ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდი მცირე გაბარიტიანი კომპიუტერთან (ლექტოპთან) ერთად წარმოადგენს კომპაქტურ მოწყობილობას, რომელიც თავის ფუნქციონირებისათვის მოითხოვს მხოლოდ მცირე სიმძლავრის სტანდარტულ 220 ვ კვების წყაროს, რაც აიოლებს მის სავსე პირობებში გამოყენების საშუალებას, ეს თავისთავად განაპირობებს სისტემის მოდელირების პროცესის მაქსიმალურად მიახლოებას რეალურ პირობებთან და შესაბამისად რელევანტური შედეგების მიღება.

Stand for semi-natural modeling of automatic drip irrigation system

Nugzar Kavlashvili, Levan Gvaramadze, Otar Kartvelishvili, Veriko Bakhtadze

Summary

The possibilities of using semi-natural modeling technology in the process of designing and assembling multi-channel homogeneous systems of drip irrigation are discussed.

It has been shown that such an approach allows us to study the impact of the powerful influence on the system in conditions as close as possible to reality (in field conditions) during the process of assembling the system and to take appropriate measures into the management algorithm.

It turned out that with such an approach it is possible to easily select the optimal structure and parameters of the system as a whole and individual channels.

The mentioned technology is a simple and effective tool for changing the coefficients of extreme influence in the system management algorithm and determining their threshold values.

Стенд для полунатурного моделирования автоматической системы капельного полива

ნუგზარ კავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, ოთარ კართველიშვილი, ვერიკო ბახტაძე

Резюме

Обсуждаются возможности использования технологии полунатурного моделирования в процессе проектирования и монтажа многоканальных однородных систем капельного орошения.

Показано, что такой подход позволяет в процессе сборки системы изучить влияние мощного воздействия на систему в условиях, максимально приближенных к реальным (в полевых условиях), и внести соответствующие меры в алгоритм управления.

Оказалось, что при таком подходе можно легко подобрать оптимальную структуру и параметры системы в целом и отдельных каналов.

Упомянутая технология является простым и эффективным инструментом изменения коэффициентов экстремального влияния в алгоритме управления системой и определения их пороговых значений.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ნუგზარ ყავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, გიორგი კიკნაძე. წვეთოვანი ავტომატური მორწყვის სისტემის მოდელის პროგრამული სქემა სარწყავი წყლის შეზღუდული რესურსის პირობებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, გამომცემლობა შპს „საჩინო“, № 26, 2022, გვ. 67-73. ISSN 0135-0765.
2. ნუგზარ ყავლაშვილი, ლევან გვარამაძე, პანაიოტ სტავრიანიდი, ვერიკო ბახტაძე. წვეთოვანი ავტომატური მორწყვის სისტემის არხების ტიპური სტრუქტურა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, გამომცემლობა სტამბა „დამანი“, N27, 2023, გვ. 52-58. ISSN 0135-0765; DOI: <https://doi.org/10.36073/0135-0765>
3. Ю.С.Яковлев А.А.Тимашов Принципы организации и применение полунатурного моделирования. Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины г.Киев, 2018.
4. П.В.Сороколетов Построение интеллектуальных систем поддержки принятия решений. 2009.

Influence of Two-dimensional Roughness on Heat Transfer during a Water Film Flow Down on a Vertical Flat Plate

Tengiz Magrakvelidze, Giorgi Gigineishvili, Avksenti Mikashavidze, Taniel Koberidze, Khatuna Lomidze

qveli17@yahoo.com

Abstract

The article presents the results of an experimental study describing the effect of two-dimensional roughness on the heat transfer process in the case of water film flowing down over a vertical flat plate. In the experiments, the Reynolds number (Re) varied in the range from 1000 to 15000, and the Prandtl number (Pr) – from 8 to 10.

As the experimental results showed, when a water film flows down a vertical flat plate, the two-dimensional roughness leads to a significant increase in the heat transfer coefficient. It has been experimentally proved that for the cases of a vertical pipe and a vertical flat plate, the influence of the relative step of two-dimensional roughness – s/h on the degree of heat transfer intensification is the same and reaches its maximum at $s/h=10$.

The nature of the change in the values of local heat transfer coefficients between the roughness elements is established. The local values of the heat transfer intensity were found to be relatively low directly on top of the roughness elements and in their adjacent zones, and at about $(4-5)h$ distance between them, value of the heat transfer intensity reaches its maximum.

Key Words:

Heat Transfer Intensification, Two-dimensional Roughness, Vertical Flat Plate, Water Film, Local Heat Transfer coefficient, Laminar Flow, Turbulent Flow.

1. Introduction

The issues discussed in the presented article are a continuation of the research works previously carried out by the authors, the results of which are reflected in articles published in scientific journals and proceedings of international conferences. These works were devoted to the experimental study of the influence of various types of artificial roughness (pyramidal, two-dimensional and combined), their geometric parameters (the height of the roughness elements (h), the relative step between the roughness elements (s/h)) and the Prandtl number on the heat transfer process during water film flow on the outer surface of the vertical pipe, as well as to an experimental study of the effect of artificial roughness on the heat transfer process and on the power required for mixing liquid in mixers [1-7].

The relevance of the discussed problem is due to the well-known fact that among the passive methods of heat transfer intensification, the application of artificial roughness elements on the heating surface is one of the most effective ways to increase the intensity of heat transfer. This, in turn, determines the energy efficiency of heat exchangers of various types and purposes used in various fields.

The issues of heat transfer processes and hydrodynamics during the flow of coolants in pipes and channels with rough heating surfaces have been fundamentally investigated in recent decades [8-13].

At the same time, despite the fact that many studies, including those conducted by the authors of [4-7, 14, 15], are devoted to the effect of artificial roughness on heat transfer when a liquid film flows down a vertical heating surface, some issues require further study.

2. Experimental Setup and Methodology of Conducting Experiments

The purpose of our experimental study was to study the effect of two-dimensional artificial roughness on the intensity of heat transfer under the conditions of a water film flowing down on the surface of a vertical flat plate. To implement this, an experimental setup was used, described in the previous publications [6, 7]. The only difference was in the experimental area, which was a flat plate instead of a pipe. In these experiments, the method of measuring the temperature of the heating surface (wall) was also radically different.

The scheme of the experimental area is presented in Fig. 1.

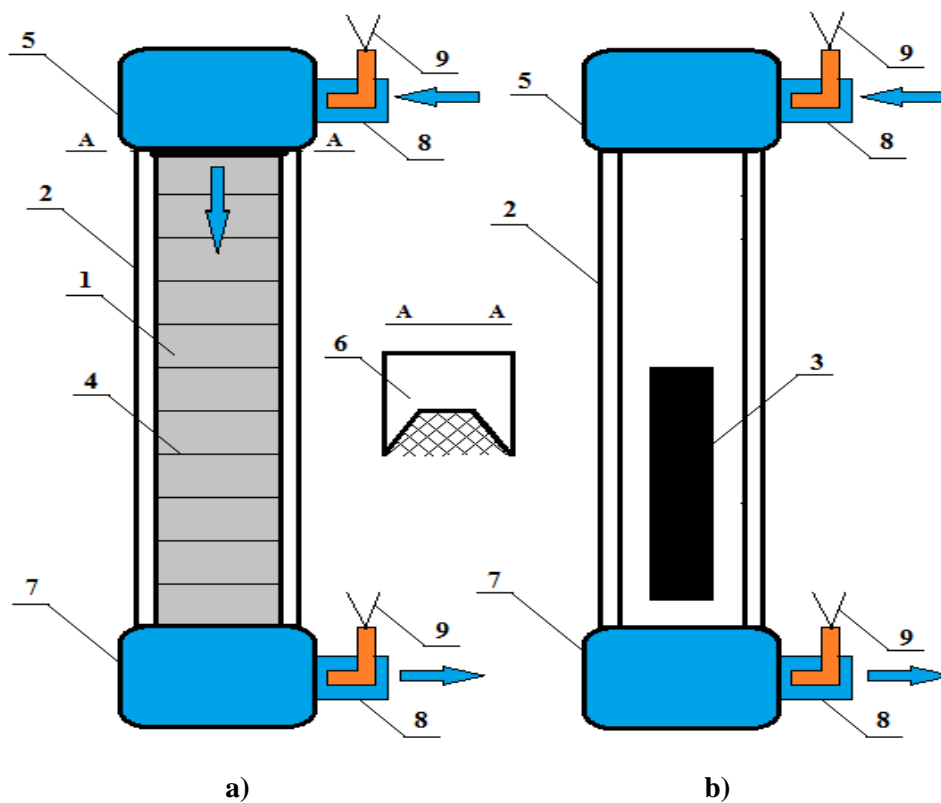


Fig. 1: Scheme of the experimental area:

a) front side, b) rear side;

1 - Stainless steel flat plate, 2 - Channel, 3 - Slit, 4 - Roughness element, 5 - Upper water collector, 6 - Water distributor, 7 - Lower water collector, 8 - Chamber, 9 - Thermocouples.

The main element of the experimental area was a flat stainless steel plate (1) 260 mm long, 27 mm wide and 0.2 mm thick, fixed in a rectangular profile channel (2) made of Teflon, placed vertically on the experimental setup. On the back wall of the channel (2), in the area of hydrodynamic stabilization, a 50 mm long and 10 mm wide slit (3) was made, from which the back, dry (non-heat exchanging) side of the flat plate (1) could be seen, where the local temperatures of the heating surface were measured at different points (every millimeter). In order to ensure the accuracy of these measurements, the mentioned part of the surface was covered with a micro layer of black

paint. A FLUKE Ti60+ brand infrared camera was used for remote, non-contact measurements of temperatures at local points of the heating surface.

The application of elements of artificial roughness (4) on the front, wet (heat exchange) surface of a flat plate (1) was carried out by introducing pieces of copper wire into specially made holes on opposite side surfaces of the channel (2). The change of the geometrical parameters of the artificial roughness: the height (h) of the roughness elements and the relative step (s/h) between the roughness elements was achieved by changing the diameter of the copper wires and the distance between the holes. In the conducted experiments: h=0.55mm and 1mm; s/h=5mm, 10 mm, 20 mm, 36 mm and 40 mm.

On the experimental flat plate (1), water flowed down from the upper water collector (5) through a special distributor (6). The purpose of the distributor (6) was to uniformly and steadily distribute the water film over the width of the plate.

The water in the upper water collector (5) was supplied from the network, through a level tank and a chamber. The water supply was regulated using a control valve, and its flow rate was measured using an LZS-15 type rotameter, which was preliminarily calibrated by the volumetric method. The water leaving the experimental area through the lower water collector (7) and the chamber was fed into the sewer. Water temperatures in the chambers (8) located at the inlet and outlet of the experimental area were measured with preliminarily calibrated chromel-alumel thermocouples (9).

The experimental flat plate (2) was heated by directly passing a low-voltage alternating current through it. A step-down transformer was used for this purpose. The power distinguished in the flat plate was regulated by an autotransformer. High-precision digital multimeters DM3058, UT804 and DM3068 were used to measure current, voltage and electromotive force induced in thermocouples (All this is described in detail in works [6,7]).

Experiments were carried out in the range of the Reynolds number (Re) from 1000 to 15000, and the Prandtl number (Pr) varied from 8 to 10.

The results of the measurements were automatically sent to a computer and processed using a special program we created in Excel.

3. Results of Experiments and Discussion

The experimental data, as in the previous work [7], were processed using the well-known modified Nusselt and Reynolds numbers and the Prandtl number:

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

here, $G = \frac{V}{b}$,

Where, α – heat transfer coefficient, w/(m²K); λ – coefficient of thermal conductivity of water, w/(mK); ν – coefficient of kinematic viscosity (m²/s); g – acceleration of gravity, (m/s²). a – coefficient of thermal diffusivity of water, (m²/s); G – irrigation coefficient (m²/s); V - volumetric flow rate of the water, m³/s; b – flat plate width, m.

Fig. 2 and Fig. 3 in coordinates (Re, Nu) present the results of our experiments for the cases of heat transfer when a water film flows down a vertical flat plate with smooth and two-dimensional rough surfaces. For comparison, the same figures also show the experimental results obtained by us when a water film flows down a vertical pipe with a smooth surface and a surface with two-dimensional roughness [5].

Experimental data are averaged with dashed lines on graphs. The solid line I corresponds to the formula of K.Chun and R.Seban for the laminar-wave regime of liquid flow, in which the Prandtl number does not affect the intensity of heat transfer [16]:

$$Nu = 2.03 Re^{1/3}, \tag{1}$$

And the solid line II corresponds to D. Labuntsov's formula for the transition zone from laminar-wave to turbulent regime [17]:

$$Nu = \frac{0.17 Pr^{0.5} (Re/Re_{cr})}{Pr^{0.5} + 1.6[(Re/Re_{cr})^{3/4} - 1]}, \tag{2}$$

where, $Re_{cr}=1600$. Both formulas are valid for smooth surface.

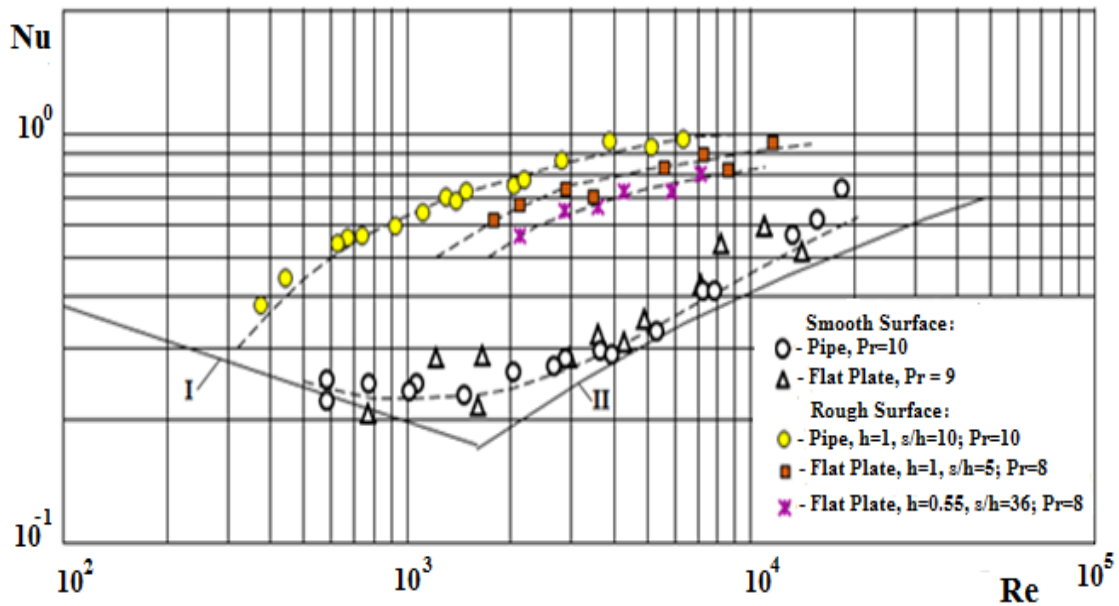


Fig. 2: Dependence of heat transfer intensity on Reynolds number for smooth and rough surfaces

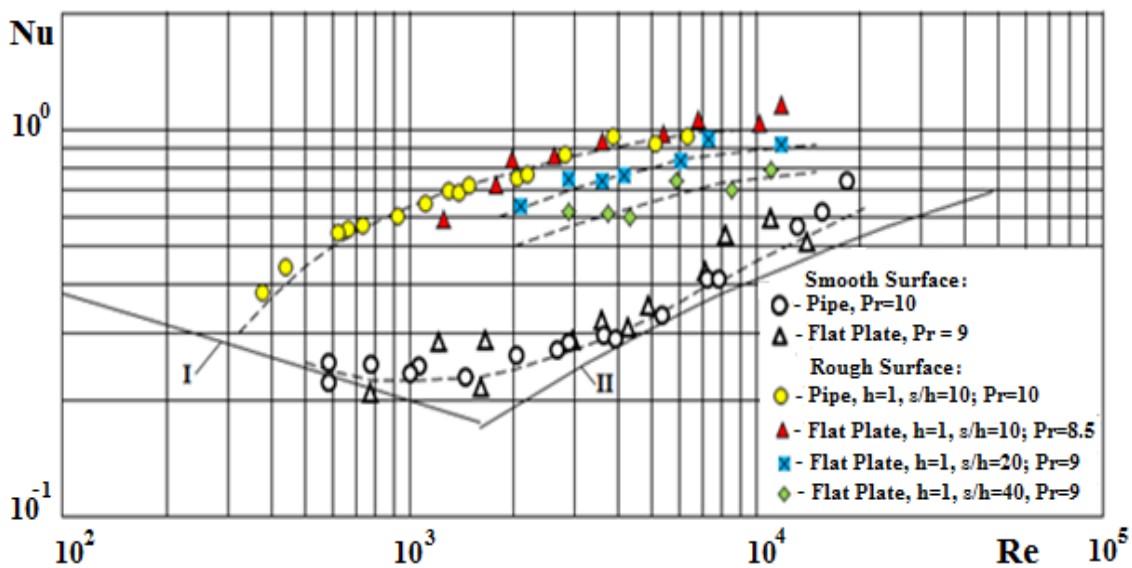


Fig. 3: Dependence of heat transfer intensity on Reynolds number for - smooth and rough surfaces

It can be seen from the above graphs that the results obtained by us in the case of liquid film flow and heat transfer both on a smooth vertical pipe and on a smooth vertical flat plate are in good agreement with formulas (1) and (2), which confirms the correctness of the methodology used in the experiments.

As for the experimental results for a flat plate with two-dimensional roughness, here too, as we had in the case of a vertical pipe [5–7], the influence of roughness on the heat transfer intensity is obvious and its value is maximum in the transition zone. In this zone, the intensity of heat transfer increases by 3 times and more due to the influence of roughness. With a further increase in the Reynolds number and as the fluid flow approaches the developed turbulent regime, the degree of heat transfer intensification caused by roughness decreases to some extent, but, nevertheless, remains quite high (about two times). Unfortunately, it was not possible to carry out experiments on a flat plate at the indicated experimental setup at Reynolds numbers below the critical one. However, it can be seen from the graphs that the experimental data for a vertical pipe and a flat plate, under the same conditions, are practically identical. The latter allows us to express the opinion that in the case of a flat plate, artificial roughness will have the same effect on the critical value of the Reynolds number as we had in the case of a vertical pipe [5–7]. The same can be said about the effect of the Prandtl number on the intensity of heat transfer for a vertical flat plate with a rough surface. It should be noted here that further experimental studies are needed to confirm these latter opinions.

Figures 1 and 2 also show the influence of the relative step s/h of two-dimensional artificial roughness on heat transfer enhancement. The dependence of the degree of heat transfer intensification on the relative step of two-dimensional artificial roughness for both a vertical pipe and a vertical flat plate is shown in Fig.4 in the coordinates $(s/h, Nu_r/Nu_s)$. Here, Nu_r and Nu_s are heat transfer intensity for rough and smooth surfaces, respectively. Their values are taken from the averaging curves of the experimental results shown in Figures 2 and 3. The data is taken for the case when $Re=2000$.

As can be seen from Fig. 4, the character of the influence of s/h on the intensity of heat transfer for the cases of vertical tube and vertical flat plate is identical and reaches the maximum when $s/h=10$. For higher or lower values of s/h , the degree of heat transfer intensification is noticeably reduced.

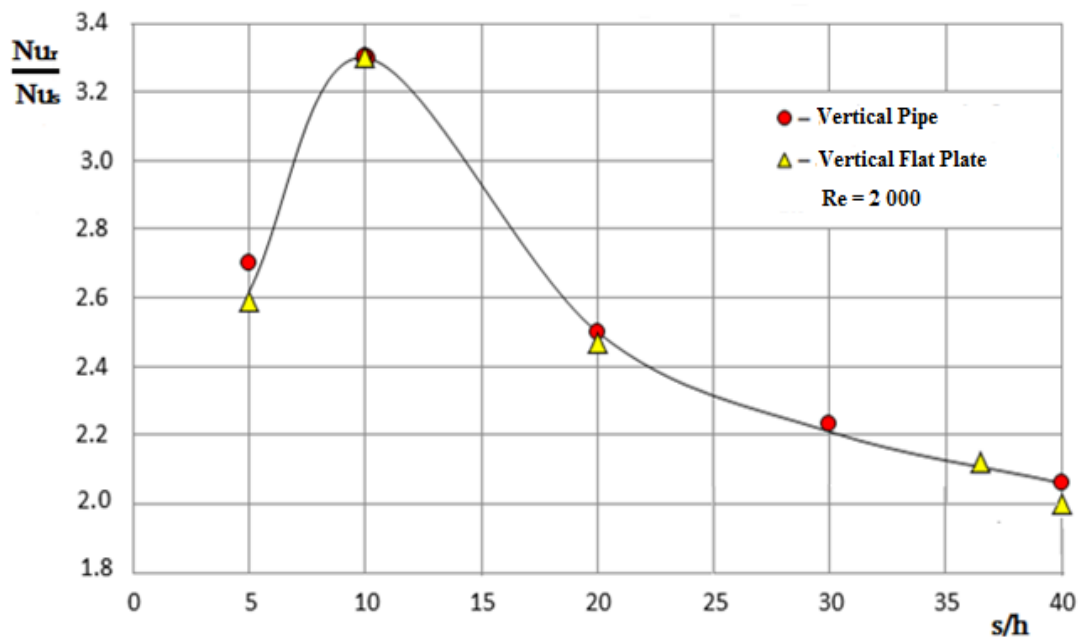


Fig. 4: Influence of the relative step of two-dimensional artificial roughness on the degree of heat transfer intensification

In Fig. 5a is shown the dependence of the local heat transfer coefficients on the distance between the roughness elements. These data were obtained for the case - $s/h=10$. These experimental results were obtained by remote, sufficiently accurate measurement of the temperature values at many points of the dry, back side of the flat plate (the non-heat exchange surface) using the infrared camera mentioned above. In addition, it was possible to visually determine where the measurement points were located (directly in the area where the roughness elements were located or between them). The heat transfer surface temperature of the wall was calculated using the well-known thermal conductivity equation [18].

As can be seen from the given results, the local values of the heat transfer coefficients are relatively low directly on the roughness elements and in their surrounding area. With an increase in L , the value of the heat transfer coefficient first increases, reaches a maximum after about $(4-5)h$, and then decreases again (Fig. 5a). This is in agreement with the opinions expressed in the study [10]. The obtained results allow us to assume that the boundary layer in zone $(4-6)h$ from the roughness element is practically destroyed as a result of the cut off of vortex from the roughness elements, and because of this, the intensity of heat transfer in zone (I) is maximum. To the left and right of this zone (zone II), the renewal of the boundary layer begins and, accordingly, the intensity of heat transfer decreases. In zones III (before and behind the roughness elements), we have the so-called “dead zones”, in which the heat transfer intensity is minimal, although its value is still high due to the vortex nature of the liquid movement in them (Fig. 5b).

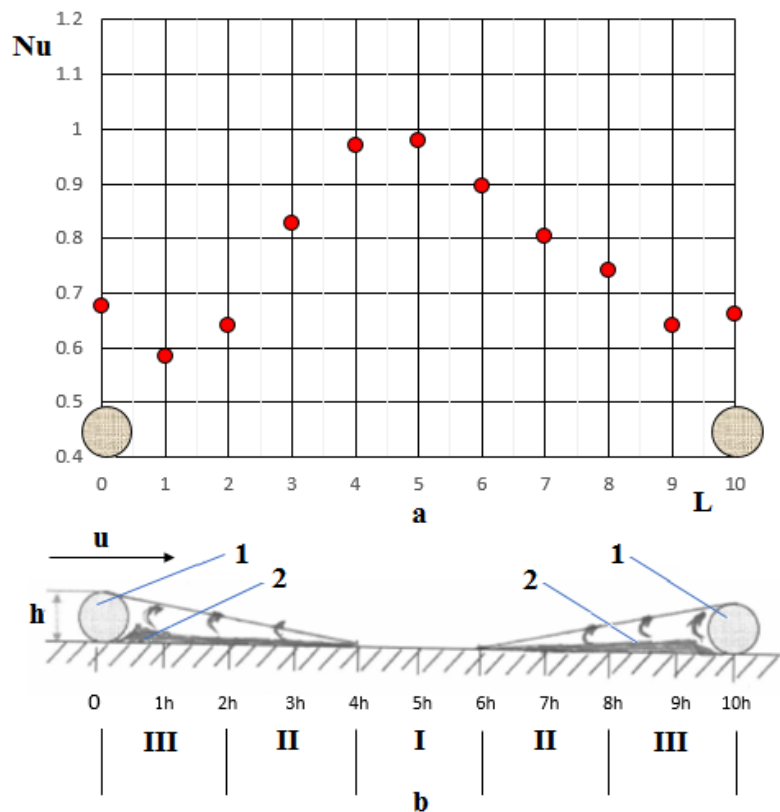


Fig. 5: a) Values of local heat transfer coefficients at the locations of roughness elements and between them, $Re=1972$; b) 1 - roughness elements; 2 - viscous sublayer

4. Conclusion

The obtained results allow us to draw the following conclusions:

1. When a water film flows down a vertical flat plate, two-dimensional roughness leads to an increase in the intensity of heat transfer in the transition regime by 3 times and more, and in a developed turbulent regime by about 2 times.

2. In the case of water film flowing down on the rough surface of a vertical flat plate as in case of a vertical pipe, the optimal value of the relative step s/h of the two-dimensional roughness, at which the degree of heat transfer intensification reaches a maximum, is equal to 10. At values of s/h that are higher or lower than the optimal one, the degree of heat transfer intensification is noticeably reduced.

3. The obtained experimental results confirm the opinions expressed in study [10] about the mechanism of heat transfer in the case of a heating surface with artificial roughness.

Acknowledgment

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [Grant Project FR-19-3034].

ორგანზომილებიანი ხორკლიანობის გავლენა თბოგაცემაზე ვერტიკალურ ბრტყელ ფირფიტაზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს

თენგიზ მაგრაქველიძე, გიორგი გიგინეიშვილი, ავქსენტო მიქაშავიძე, ტარიელ კობერიძე, ხათუნა ლომიძე

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომლებიც აღწერენ ორგანზომილებიანი ხორკლიანობის გავლენას თბოგაცემის პროცესზე წყლის აფსკის ვერტიკალურ ბრტყელ ფირფიტაზე ჩამოდინების შემთხვევაში. ექსპერიმენტებში რეინოლდსის რიცხვი (Re) იცვლებოდა 1000-დან 15000-მდე, ხოლო პრანდტლის რიცხვი (Pr) 8-დან 10-მდე დიაპაზონში.

როგორც ექსპერიმენტების შედეგებმა აჩვენა, წყლის აფსკის ვერტიკალურ ბრტყელ ფირფიტაზე ჩამოდინებისას, ორგანზომილებიანი ხორკლიანობა იწვევს თბოგაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელოვან ზრდას. ექსპერიმენტულად დადასტურდა, რომ ვერტიკალური მილისა და ვერტიკალური ბრტყელი ფირფიტის შემთხვევებში, ორგანზომილებიანი ხორკლიანობის ფარდობითი ბიჯის s/h -ის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ხარისხზე ერთნაირია და თავის მაქსიმუმს აღწევს როდესაც $s/h = 10$.

დადგენილია ხორკლიანობის ელემენტებს შორის თბოგაცემის ადგილობრივი კოეფიციენტების მნიშვნელობების ცვლილების ბუნება. აღმოჩნდა, რომ თბოგაცემის ინტენსივობის ადგილობრივი მნიშვნელობები შედარებით დაბალია უშუალოდ ხორკლიანობის ელემენტების თავზე და მათ მიმდებარე ზონებში. მათ შორის დაახლოებით $(4-5)h$ მანძილზე კი თბოგაცემის ინტენსივობა თავის მაქსიმუმს აღწევს.

**Влияние числа Прандтля на теплопередачу при стекании пленки жидкости по
гладкой и шероховатой поверхностях**

*Тенгиз Маграквелидзе, Гиорги Гигинеишвили, Авксентий Микашавидзе, Тариел
Коберидзе, Хатуна Ломидзе*

Резюме

В статье представлены результаты экспериментального исследования, описывающего влияние двумерной шероховатости на процесс теплоотдачи при стекании пленки воды по вертикальной плоской пластине. В экспериментах число Рейнольдса (Re) изменялось в диапазоне от 1000 до 15000, а число Прандтля (Pr) - от 8 до 10.

Как показали результаты экспериментов, при стекании пленки воды по вертикальной плоской пластине двумерная шероховатость приводит к значительному увеличению коэффициента теплоотдачи. Экспериментально доказано, что для случаев вертикальной трубы и вертикальной плоской пластины влияние относительного шага двумерной шероховатости - s/h на степень интенсификации теплообмена одинаково и достигает своего максимума при $s/h = 10$.

Установлен характер изменения значений локальных коэффициентов теплоотдачи между элементами шероховатостей. Установлено, что локальные значения интенсивности теплоотдачи непосредственно на вершине элементов шероховатости и в прилегающих к ним зонах относительно невелики, а на расстоянии между ними около $(4-5)h$ значение интенсивности теплоотдачи достигает своего максимума.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Magrakvelidze, T. Sh., Bantsadze, N. O., Lekveishvili, N. N., "Influence of Artificial Roughness on Heat Transfer to Turbulent Mixed Liquid in a Pool," *Bulletin of the Georgian Academy of Sciences*, N3, pp.397-400, (1996);
2. Magrakvelidze, T., Bantsadze, N., Lekveishvili, N., Lomidze, Kh., "Intensification of heat transfer and problems for enhancement of effectiveness of heat exchangers," *Proceedings of the LEPL Archil Eliashvili institute of control systems*, N10, pp.122-129, (2006);
3. Magrakvelidze, T., Bantsadze, N., Lekveishvili, N., Mikashavidze, A., Rusishvili, J., Lomidze, Kh., "Influence of Artificial Roughness on Convective and Boiling Heat Transfer in the Rotating Flow," *Proc. of 9th WSEAS Int. Heat and Mass Trans. Conf.*, (HMT'12), Harvard, USA, pp.53-58, (2012);
4. Magrakvelidze, T., Mikashavidze, A., Lomidze, Kh., Bantsadze, N., "Intensification of heat transfer at the film flow of water on a vertical surface," *Proceedings of the Archil Eliashvili institute of control systems of the Georgian Technical University*, N 21, pp. 47-52, (2017);
5. Magrakvelidze, T., Giginishvili, G., Mikashavidze, A., Koberidze, T., Lomidze, Kh., "Heat transfer of smooth and rough surfaces of a vertical pipe when a water film drains," *Scientific-Technical Journal "Energy"*, N2(90), pp. 35-40, (2019);
6. Magrakvelidze, T., Giginishvili, G., Mikashavidze, A., Koberidze, T., Lomidze, Kh., "Influence of the type of roughness on the intensification of heat transfer during the water film flow," *Proceedings of the Archil Eliashvili institute of control systems of the Georgian Technical University*, N 25, pp. 67-73, (2021);
7. Magrakvelidze, T., Giginishvili, G., Mikashavidze, A., Koberidze, T., Lomidze, Kh., "Intensification of heat transfer by the method of artificial roughness at a water film flows down

- on vertical pipe,” *Proc. of the 9th Int. Conf. on Fluid Flow, Heat and Mass Transfer*, (FFHMT’22), Niagara Falls, Canada, pp. 160-1 – 160-8, (2022);
8. Nunner W. *Heat transfer and pressure drop in rough tubes*, VDI Verlag, (1956). 455p;
 9. Gomelaury, V., “Influence of two – dimensional artificial roughness on convective heat transfer,” *Int. J. of Heat and Mass Transfer*, v.7, N6, pp.653-663, (1964);
 10. Gomelaury, V.I., Kandelaki, R.D., Kipshidze, M.E., *Intensification of convective heat transfer under the influence of artificial roughness*, Issues of convective heat transfer and purity of water vapor, Tbilisi: Metsniereba, pp.98-131, (1970);
 11. Abramidze, Sh.P., Gomelaury, V.I., Kandelaki, R.D., Kiknadze, G.I., *Investigation of heat transfer in the core of a nuclear reactor of the IRT type with artificial roughness on the shells of fuel elements*, Issues of convective heat transfer and purity of water vapor, Tbilisi: Metsniereba, pp.132-149. (1970);
 12. Jamardzhashvili, V.A., “Improved method of heat transfer enhancement and its experimental substantiation,” *Communications of the Academy of Sciences of the GSSR*, vol. 133, N2, pp. 369-372, (1989);
 13. Kalinin E. K., Dreitser G. A., Jarcho S. A. *Intensification of heat transfer in the channels*, M.: Mashinostroenie, (1972). 219p.;
 14. Dubrovsky, V.V., Podvysotsky, A.M., “Opportunities to improve the efficiency of film cooling towers when using sprinklers with a profiled surface,” *Problems of hot energy*, iss.1(24), pp. 40-45, (2011);
 15. Nikolaev, N.A., Voinov, N.A., “Heat transfer in a liquid film flowing down a channel wall with large-scale roughness at high Reynolds numbers,” *Proceedings of the Russian Academy of Sciences Energy*, pp.11-15, (2005);
 16. Chun, K., Seban, R. “Heat transfer to evaporating liquid films,” *Heat Transfer Ser. S. T. 93*, N4, pp.71-77, (1971);
 17. Labuntsov, D. A. “Heat transfer during film condensation of pure vapors along vertical surfaces and horizontal pipes,” *hermal Power Engineering*, N2, pp. 49-51, (1957);
 18. Kutateladze S. S. *Basics of the Heat transfer theory*, M.: Atomizdat, (1979). 415p.

**საქართველოს ელექტროენერჯით უზრუნველყოფის ზოგიერთი საკითხი
ეკონომიკის ზრდის მოსალოდნელი მაღალი დონის პირობებში**

თენგიზ მაგრაქველიძე, ხათუნა ლომიძე, მანანა ჯანიკაშვილი, ირმა არჩვაძე

qveli17@yahoo.com

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია ქვეყნის ელექტროენერჯით უზრუნველყოფის თანამედროვე მდგომარეობა. ნაჩვენებია, რომ, მიუხედავად უკანასკნელ წლებში გატარებული უაღრესად მნიშვნელოვანი ღონისძიებებისა, ელექტროენერჯით ქვეყნის მოთხოვნილების უზრუნველყოფის მხრივ დღეისათვის არსებული მდგომარეობა ვერ ჩაითვლება დამაკმაყოფილებლად.

გაანალიზებულია ელექტროენერჯიაზე საქართველოს მოთხოვნილების ზრდა და შეფასებულია ამ მიმართულებით არსებული პროგნოზები. განხილულია „ჭკიანი ქსელების“ არსი და ნაჩვენებია მათი უპირატესობა ამჟამად არსებული ტრადიციულ ქსელებთან შედარებით.

საკვანძო სიტყვები:

ელექტროენერჯია, „ჭკიანი ქსელები“, გენერაცია, მოხმარება, ექსპორტი, იმპორტი

შესავალი

როგორც არაერთხელ აღნიშნულა, ენერგეტიკა და, კერძოდ, ელექტროენერჯეტიკა წარმოადგენს ეკონომიკის განვითარების ერთ-ერთ მთავარ საფუძველს, რაც დარგისადმი განსაკუთრებულ ყურადღებას საჭიროებს.

საქართველოს ელექტროენერჯეტიკული სისტემა, გასული საუკუნის 90-იან წლებში და ამ საუკუნის დასაწყისში გადატანილი უაღრესად მწვავე კრიზისის შემდეგ, ამჟამადც დიდი პრობლემების წინაშე დგას. ამის დამადასტურებელია ის ფაქტი, რომ საქართველოში ერთ სულ მოსახლეზე მოსული ელექტროენერჯის გამომუშავება და მოხმარება მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მსოფლიოს, მათ შორის, ეკონომიკურად საკმაოდ დაბალ დონეზე მყოფი ქვეყნების ანალოგიურ მაჩვენებელს. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ამ მაჩვენებლით საქართველო ჩამორჩება ზოგიერთ ყოფილ საბჭოთა ქვეყანასაც.

აღნიშნული გარემოება, ცხადია, დიდად აფერხებს ქვეყნის ნორმალურად განვითარებას და, ამასთან, სერიოზულ პრობლემებს ქმნის უსაფრთხოების თვალსაზრისითაც.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით აშკარაა, რომ ელექტროენერჯეტიკულ სისტემაში ახალი სიმძლავრეების შეყვანის ტემპის მკვეთრი ზრდა უაღრესად მნიშვნელოვანია.

ამ ფონზე არადამაკმაყოფილებლად უნდა ჩაითვალოს ენერგოსისტემის დღევანდელი მდგომარეობის შეფასებისა და განვითარების ზოგიერთი პროგნოზი. მაგალითად, დღესაც ისმის სერიოზული ორგანიზაციების წარმომადგენლების გაუმართლებელი განცხადებები იმის თაობაზე, რომ საქართველოში ელექტროენერჯის გამომუშავების დღეისათვის არსებული დონე საკმარისია. სწორედ აქედან მომდინარეობს ის წინააღმდეგობები, რომლებიც არასამთავრობო ორგანიზაციებისა და მოსახლეობისაგან ხვდება ამა თუ იმ ჰესის მშენებლობას.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ავტორებს მიაჩნიათ, რომ ქვეყნის მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად უპირველეს ყოვლისა აუცილებელია, მსოფლიოში ელექტროენერჯეტიკის განვითარების ტენდენციების გათვალისწინებით და სათანადო გაანგარიშებების საფუძველზე, დასაბუთებულ იქნეს უახლოეს ათწლეულებში საქართველოში ელექტრო-

ენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების დონის სწრაფი ტემპით ზრდა. ამასთან ერთად, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ქვეყნის ენერგეტიკული და ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხები.

დღეისათვის არსებული მდგომარეობა

ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, ცხადია, უპირველესი მნიშვნელობა ენიჭება ქვეყანაში არსებული როგორც ტრადიციული, ისე არატრადიციული ენერგორესურსების შესწავლას და ანალიზს.

საქართველოს მდინარეების თეორიული ენერგოპოტენციალი შეადგენს თითქმის 220 მლრდ კვტს წელიწადში [1]. აქედან, თანამედროვე პირობებში, ტექნიკურად შესაძლებელია ათვისებულ იქნეს დაახლოებით 90 მლრდ კვტს წელიწადში (ტექნიკური პოტენციალი), ხოლო ყველა მდინარის ჯამური წლიური ეკონომიკური პოტენციალი შეადგენს დაახლოებით 50 მლრდ.კვტ.სთ, აქედან ათვისებულად შეიძლება ჩაითვალოს დაახლოებით 10-12 მლრდ.კვტ.სთ/წ. [2] გამოკვლევის თანახმად რეალურად შეიძლება გამოიმუშავდეს დაახლოებით 8 მლრდ.კვტ.სთ/წ. ვფიქრობთ ბოლო წლებში გატარებული ღონისძიებების შედეგად ამ დროისათვის ეს რიცხვი უფრო მეტია, ვიდრე 8 მლრდ.კვტ.სთ/წ. უკანასკნელ ხანს გაკეთებული შეფასებით, საერთო ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალიდან მცირე მდინარეების პოტენციალი შეადგენს დაახლოებით 20 მლრდ.კვტ.სთ/წ. [3].

საქართველოს გააჩნია ქვანახშირის საკმაოდ მნიშვნელოვანი მარაგი. ქვანახშირის სამრეწველო მარაგი თავმოყრილია ტყიბულ-შაორისა და ტყვარჩელის აუზებში, საერთო რაოდენობით 360 მლნ. ტონა. მურა ნახშირის სამრეწველო მარაგის საკმარისი რაოდენობაა ვალე-ახალციხის აუზში [4].

ნავთობისა და გაზის მარაგების ზუსტი მონაცემები არ არსებობს. პროგნოზის მიხედვით მომავალში შესაძლებელი იქნება ყოველწლიურად დაახლოებით 2 მლნ. ტონა ნავთობისა და 1 მლრდ.მ³ გაზის მოპოვება [4]. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შაჰდენიზ-თბილისი-ერზრუმის გაზსადენის სრული დატვირთვით ამუშავების შემდეგ, თავდაპირველი ხელშეკრულების მიხედვით, საქართველოს აღნიშნული მილსადენების ქვეყნის ტერიტორიაზე გატარების სანაცვლოდ ყოველწლიურად უნდა მიეღო 1.5 მლრდ. მ³ აირი. ამასთან, საქართველოს შესაძლებლობა ექნებოდა დამატებით, სპეციალურ ფასებში შეემინა 500 მლნ. მ³ გაზი [5]. თუმცა შემდგომ [5]-ში წარმოდგენილ ხელშეკრულებაში შეტანილ იქნა სრულიად გაუმართლებელი ცვლილებები, რაც უარყოფითად იმოქმედებს საქართველოს ენერგოსისტემის ფუნქციონირებასა და განვითარებაზე.

საქართველოს გააჩნია აგრეთვე, ე.წ. არატრადიციული ენერჯის წყაროების საკმაოდ მნიშვნელოვანი მარაგი. საქართველოს ტერიტორიაზე მოსული მზის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10 მლრდ. კვტ.სთ/წ. ქარის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10¹²კვტ.სთ/წ. აქედან რეალურად შეიძლება მივიღოთ 3-4 მლრდ.კვტ.სთ/წ ელექტროენერჯია. გეოთერმული წყლების პროგნოზული მარაგი არის 220-250 მლნ.მ³ წელიწადში. გეოთერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს 50 °C-100°C ფარგლებში. საკმაოდ დიდი რესურსები არის აგრეთვე ე.წ. მეორეული, ანუ ნარჩენი სითბოს სახით [4].

ცხადია, რომ ქვეყნის სრულყოფილად ენერგომომარაგებისათვის და, შესაბამისად, ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მაქსიმალურად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ზემოთ აღნიშნული ენერგეტიკული რესურსები და გადაჭრილ იქნეს მათი ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემა მდინარეთა ჩამონადენის დიდი უთანაბრობის გათვალისწინებით [6].

დღეისათვის საქართველოს ელექტროსადგურების დადგმული ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 4 533 მგვტ-ს, აქედან მარეგულირებელი ჰესების სიმძლავრე არის 2 381 მგვტ, მოდინებაზე მომუშავე ჰესების – 942 მგვტ, აირტურბინების – 110 მგვტ, კომბინირებული და თბოელექტროსადგურების - 1 079 მგვტ. ქარის ელექტროსადგურების – 21 მგვტ.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის ვერცერთი ელექტროსადგური ვერ უზრუნველყოფს დადგმულ სიმძლავრეზე მუშაობას. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ

ელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავება მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე ეს იქნებოდა სრული დადგმული სიმძლავრით მუშაობის შემთხვევაში.

საქართველოში 2023 წელს საერთო გამომუშავებამ შეადგინა 14.4 მლრდ.კვტ.სთ. ამათგან მარეგულირებელი ჰესების გამომუშავება დაახლოებით იყო 5.45 მლრდ.კვტ.სთ, ხოლო მცირე ჰესების 1.05 მლრდ.კვტ.სთ. თბოელექტროსადგურების ჯამურმა გამომუშავებამ 2023 წელს შეადგინა 3.45 მლრდ.კვტ.სთ. ქარის ელექტროსადგურის (ქართლის) გამომუშავება იყო 86 მლნ.კვტ.სთ [7].

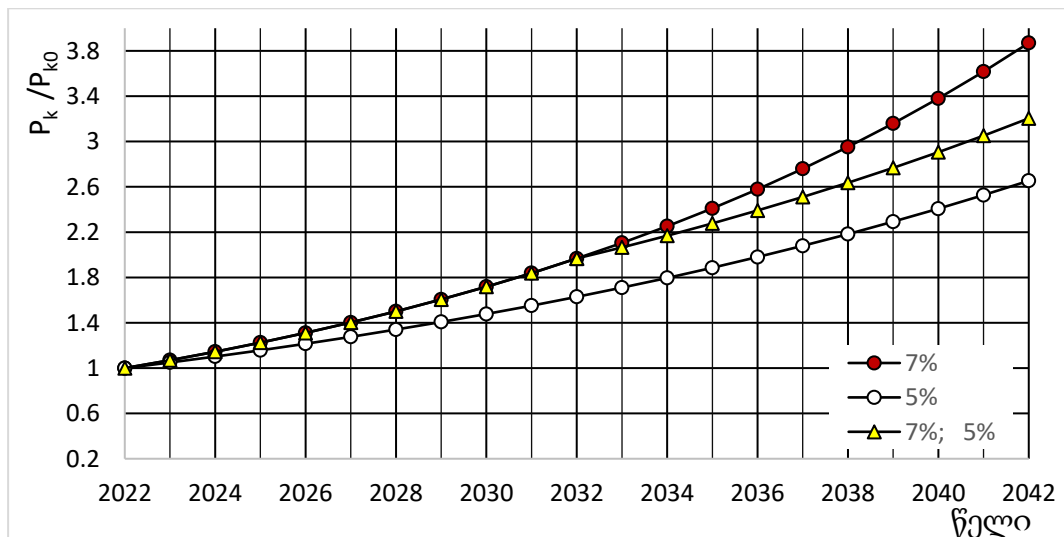
ელექტროენერჯიაზე მოსალოდნელი მოთხოვნილება და პროგნოზები

ცხადია, რომ ენერგეტიკა, კერძოდ ელექტროენერგეტიკა წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დარგს. ამასთან, ელექტროენერგეტიკა დიდწილად განაპირობებს ეკონომიკის ისეთი დარგების განვითარებას, როგორებიცაა მძიმე და მსუბუქი მრეწველობა, ტრანსპორტი, სოფლის მეურნეობა, კომუნალური მომსახურება და სხვა. ცნობილია, რომ ელექტროენერგეტიკის განვითარება ჰარმონიულად უნდა იყოს დაკავშირებული ზემოხსენებული დარგების განვითარებასთან. უფრო მეტიც, ელექტროენერგეტიკის განვითარება უნდა ხდებოდეს ერთგვარი მარაგითა და წინსწრებით ზემოთ ჩამოთვლილ ეკონომიკის სხვა დარგებთან შედარებით. ბოლო რამდენიმე წელია საქართველოს ეკონომიკა ხასიათდება ზრდის მაღალი ტემპებით (საშუალოდ 9-10% წელიწადში). უნდა ვივარაუდოთ, რომ ასეთი მაღალი ტემპების შენარჩუნება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ვერ შენარჩუნდება. ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე გადის აღმოსავლეთ-დასავლეთის დამაკავშირებელი კომუნიკაციები, ეკონომიკის ზრდის ტემპი მაინც მაღალი იქნება უახლოესი ორი ათეული წლის განმავლობაში. 1-ელ ნახაზზე წარმოდგენილია ეკონომიკის სავარაუდო ზრდის გრაფიკი 2022-2042 წლებში განვითარების სხვადასხვა სცენარისათვის.

აღნიშნულ ნახაზზე წარმოდგენილი მონაცემები მიღებულია ფორმულა (1)-ის საფუძველზე [8]:

$$P_k = P_{k_0} (1 + 0.01 C)^{k-k_0}, \quad (1)$$

სადაც P_k – არის ეკონომიკის დონე k -ურ საანგარიშო წელში; P_{k_0} – ეკონომიკის დონე ათვლის საწყის წელში; C – ეკონომიკის ზრდა პროცენტებში, k – საანგარიშო წელი, k_0 – ათვლის საწყისი წელი (2022).

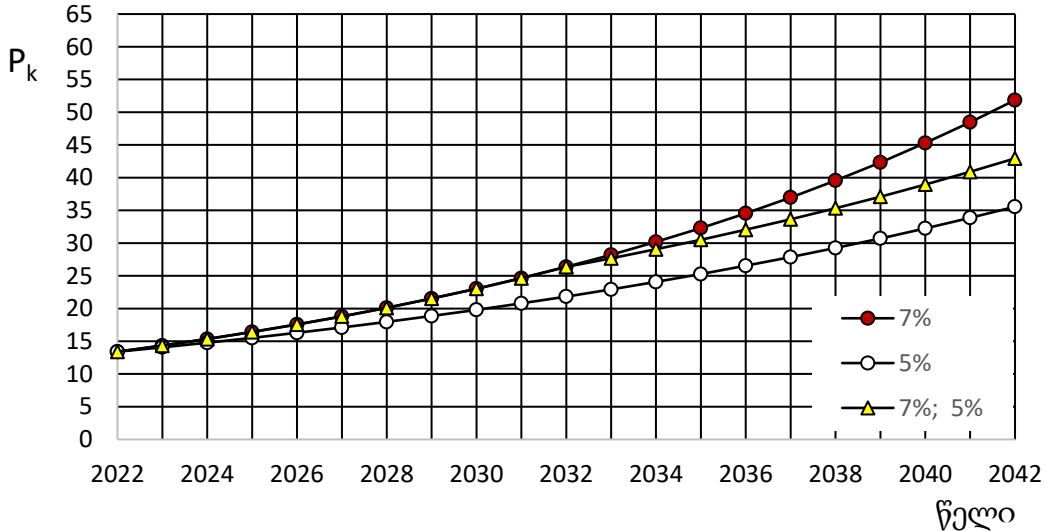


ნახ.1. საქართველოს ეკონომიკის სავარაუდო ზრდა წლების მიხედვით

აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, რომ 7%-იანი მატების (ოპტიმისტური) შემთხვევაში 2042 წლისთვის ეკონომიკა გაიზრდება დაახლოებით 4-ჯერ, 5%-იანი ზრდის (პესიმისტური)

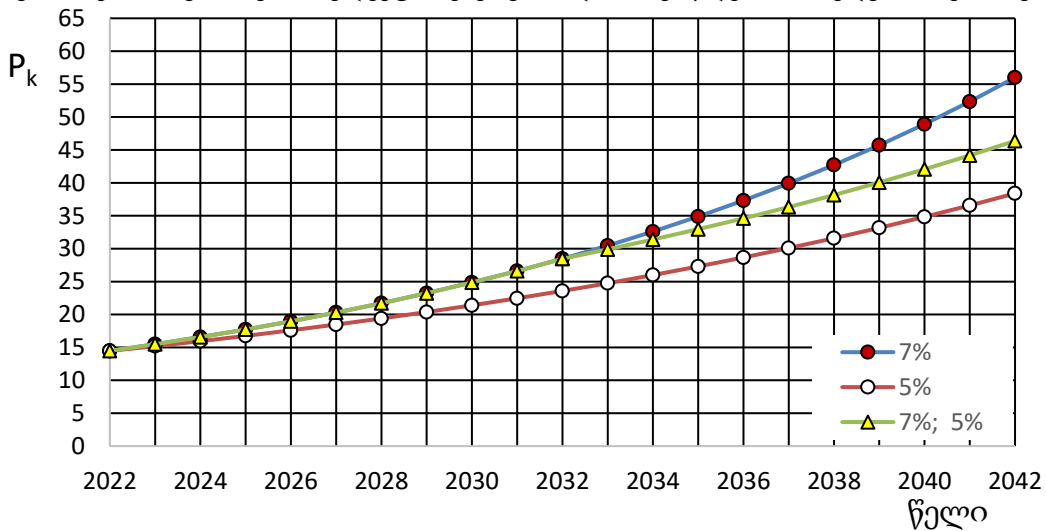
შემთხვევაში – დაახლოებით 2,6-ჯერ. გრაფიკზე მოყვანილია აგრეთვე მონაცემები საშუალო სცენარისათვის, რომელიც ითვალისწინებს ეკონომიკის 7%-იან ზრდას პირველ ათ წელიწადში და 5%-იან ზრდას შემდგომ ათ წელიწადში. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ამ შემთხვევაში 2042 წლისთვის ეკონომიკა გაიზრდება დაახლოებით 3,2-ჯერ.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ელექტროენერგეტიკის განვითარება უნდა ხდებოდეს მინიმუმ ისეთივე ტემპით, როგორითაც ვითარდება ეკონომიკა. ამის გათვალისწინებით სათანადო მონაცემები წარმოდგენილია მე-2 ნახაზზე.



ნახ.2 ეკონომიკის განვითარების უზრუნველსაყოფად საჭირო ელექტროენერგიის ზრდის ტემპი წლების მიხედვით

იმის დასადგენად, თუ რა რაოდენობის ელექტროენერგიის გამომუშავება იქნება საჭირო ზემოთ ნაჩვენები ეკონომიკის განვითარების ტემპების შემთხვევაში, ცხადია, გათვალისწინებული უნდა იყოს ელექტროქსელში არსებული აუცილებელი დანაკარგები, რაც საშუალოდ გადაცემული ენერჯის 8%-ს შეადგენს. ამის გათვალისწინებით, ეკონომიკის განვითარებისათვის საჭირო ელექტროენერგიის დინამიკა წლების მიხედვით ასეთი იქნება.

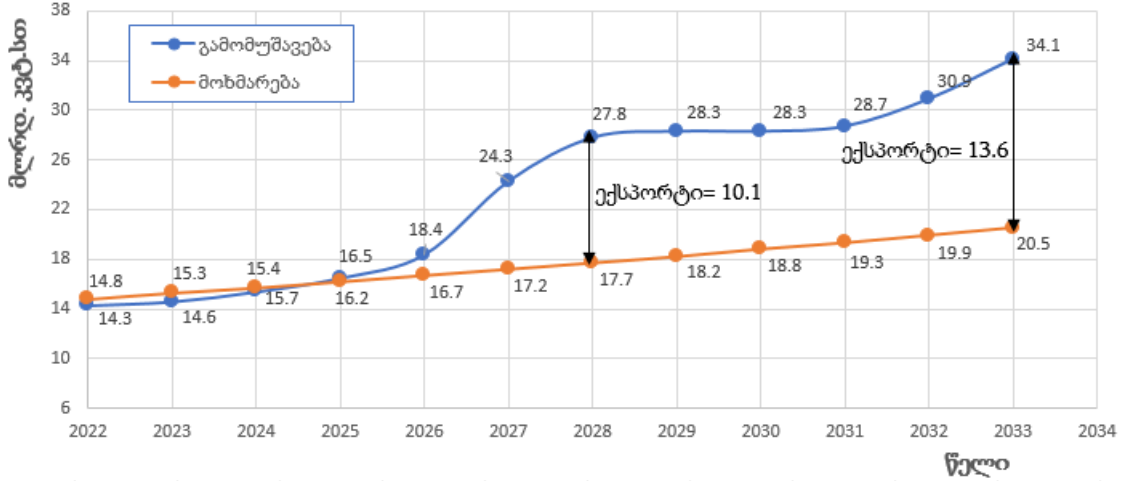


ნახ.3. ეკონომიკის განვითარების უზრუნველსაყოფად საჭირო ელექტროენერგიის გამომუშავების ზრდის ტემპი წლების მიხედვით, ქსელში დანაკარგების გათვალისწინებით

როგორც მე-3 ნახაზიდან ჩანს, ეკონომიკის განვითარების პესიმისტური სცენარის შემთხვევაში, ელექტროენერგიის გამომუშავებამ და მოხმარებამ 2042 წლისათვის უნდა

შეადგინოს დაახლოებით 38.4 მლრდ.კვტ.სთ/წ, ოპტიმისტური სცენარის შემთხვევაში - დაახლოებით 56 მლრდ.კვტ.სთ/წ. ხოლო შუალედური სცენარის შემთხვევაში კი დაახლოებით 46.4 მლრდ.კვტ.სთ/წ.

ამ ფონზე ინტერესს იმსახურებს საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის პროგნოზი, რომელთა ნაწილი წარმოდგენილია მე-4 ნახაზზე [9]¹.



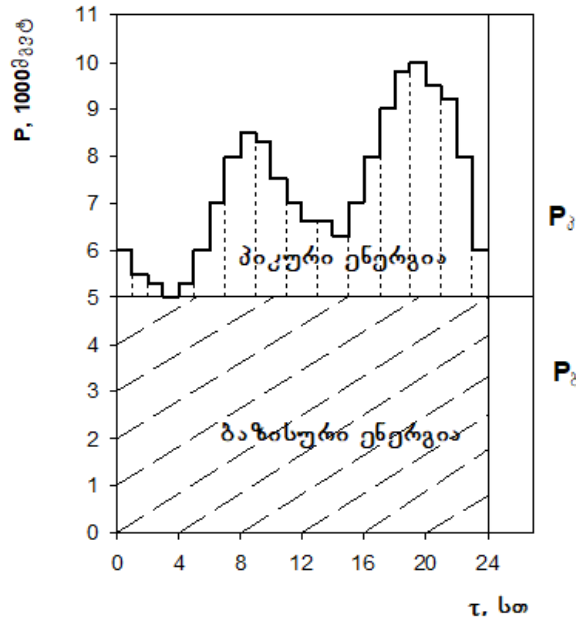
ნახ.4. ელექტროენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების სსე-ს პროგნოზი 2033 წლისათვის

უნდა ითქვას, რომ სსე-ს პროგნოზი გარკვეულ კითხვებს აღძრავს. ასე მაგალითად, 2022-დან 2033 წლამდე ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდა აღნიშნული პროგნოზის მიხედვით არ აღემატება 3%-ს, რაც აშკარად შეუსაბამობაშია ეკონომიკის განვითარების მოსალოდნელ დონესთან. გარდა ამისა, ამავე პროგნოზით ელექტროენერჯის მთლიანი გამომუშავება 2033 წელს შეადგენს 34.1 მლრდ.კვტ.სთ. აქედან საექსპორტოდ ნავარაუდევია 13.6 მლრდ.კვტ.სთ და, შესაბამისად, შიდა მოხმარებისთვის რჩება 20.5 მლრდ.კვტ.სთ. ყოველივე ეს შეუსაბამობაშია მოსალოდნელ რეალობასთან. თუ გავითვალისწინებთ, რომ, ჩვენი გათვლებით, ამ პერიოდისათვის ელექტრომობილების ფართოდ გავრცელებისა და აღმოსავლეთ-დასავლეთის დამაკავშირებელ მაგისტრალზე ტვირთების გადაზიდვის უპრეცედენტო ზრდას, ელექტროენერჯის მოხმარება მხოლოდ ტრანსპორტზე გადააჭარბებს 10 მლრდ.კვტ.სთ-ს [10].

ტრადიციული და „ჭკვიანი“ ქსელები

როგორც ცნობილია, ელექტროენერჯის მოხმარების ამჟამად არსებული დღედამური გრაფიკის მიხედვით ელექტროენერჯის მოხმარება შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ნაწილად – ბაზისურად და პიკურად. ბაზისური არის დატვირთვის ის ნაწილი, რომელიც პრაქტიკულად უცვლელია დღედამის განმავლობაში, ხოლო პიკური ნაწილი განიცდის მკვეთრ ცვლილებას. კერძოდ, დილისა და საღამოს საათებში აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. ამასთან, ღამის საათებში ადგილი აქვს ჩავარდნას (ნახაზი 5). ყოველივე ეს აუცილებელს ხდის 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 (6-8 საათის განმავლობაში), მათი დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი ძალზე დაბალია, რაც ეკონომიკური თვალსაზრისით უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს.

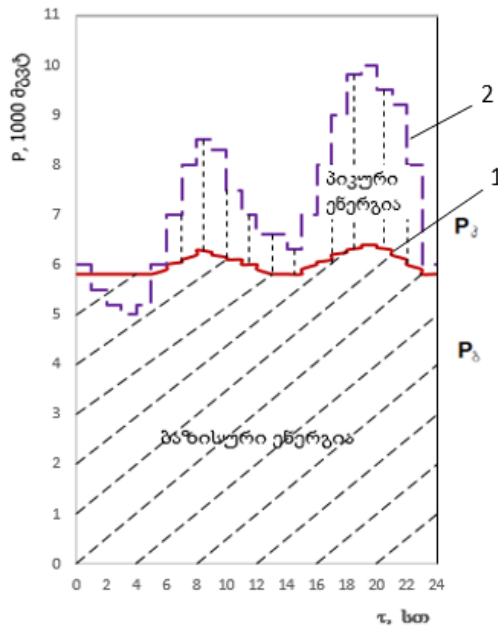
¹ [9]-ში ორდინატაზე გადაზომილი ენერჯის განზომილება წარმოდგენილია მლრდ.კვტ/სთ, რაც აშკარად შეცდომაა.



ნახ.5. ელექტროენერჯიის მოხმარების დღეღამური გრაფიკი (არსებული)

აქედან გამომდინარე, დიდი მნიშვნელობა აქვს დღეღამური გრაფიკის დატვირთვის მაქსიმალურად გათანაბრებას. ასევე მნიშვნელოვანია ელექტროენერჯიის სეზონური მოხმარების გათანაბრება (როგორც ცნობილია, ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილება შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში დიდად აღემატება მოთხოვნილებას გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში). ყოველივე ეს შესაძლებელია ე.წ. „ჭკვიანი“ ქსელების საშუალებით. ცხადია, როგორც დღეღამური, ისე სეზონური დატვირთვის იდეალური გათანაბრების მიღწევა პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნება. რეალურ პირობებში მაინც იარსებებს გარკვეული პიკები, მაგრამ ეს პიკები გაცილებით მცირე იქნება.

ტექნიკური და ეკონომიკური სარგებლიანობის გარდა, „ჭკვიანი“ ქსელები საშუალებას მოგვცემენ თავიდან ავიცილოთ ძვირად ღირებული პიკური სადგურების აშენება და ექსპლუატაცია (ნახაზი 6).



ნახ.6. ელექტროენერჯიის მოხმარების დღეღამური გრაფიკი
1. „ჭკვიანი ქსელების“ დროს; 2. არსებული ქსელების შემთხვევაში

უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპერტების შეფასებით „ჭკვიანი“ ქსელების სისტემა პრაქტიკულად იქნება განხორციელებული უახლოესი ორი ათწლეულის განმავლობაში [11]. ამასთან, ცხადია, რომ „ჭკვიანი“ ქსელებზე გადასვლა მოხდება არა მყისიერად, არამედ თანდათანობით. ეს, ცხადია, იმაზე მიუთითებს, რომ სასწრაფოდ უნდა იქნეს შეტანილი ცვლილებები ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარების დღეისათვის არსებულ სტრატეგიასა და ტაქტიკაში.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ცხადია, ინტერესს იმსახურებს საკითხი იმის შესახებ, თუ როგორი უნდა იყოს საქართველოს ელექტროსადგურების სტრუქტურა „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის პირობებში.

ამ მიმართულებით, ამჟამად ჩვენ მიერ მუშავდება ელექტროსადგურების სტრუქტურის მათემატიკური მოდელი ქვეყნის ენერგეტიკული და ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხებისა და, რაც უაღრესად მნიშვნელოვანია, „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის გათვალისწინებით. ამოხსნილი იქნება ელექტროსადგურების სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანები სხვადასხვა დონის „ჭკვიანი“ ქსელების არსებობის შემთხვევებისთვის.

Some issues of providing Georgia with electricity in the context of the expected high level of economic growth

Tengiz Magrakvelidze, Khatuna Lomidze, Manana Janikashvili, Irma Archvadze

Summary

The article analyzes the current state of supplying the country with electricity. It is shown that, despite the important measures taken in recent years, the current state of supplying the country with electricity cannot be considered satisfactory.

The issues of Georgia's growing demand for electricity were also analyzed and existing forecasts in this direction were assessed. The essence of “smart networks” is considered and their advantages compared to existing traditional networks are shown.

Некоторые вопросы обеспечения Грузии электроэнергией в условиях ожидаемого высокого уровня экономического роста

Тенгиз Маграквелидзе, Хатуна Ломидзе, Манана Джаникашвили, Ирма Арчвадзе

Резюме

В статье проанализировано современное состояние обеспечения страны электроэнергией. Показано, что, несмотря на проведенных важных мероприятиях в последние годы современное состояние обеспечения страны электроэнергией нельзя считать удовлетворительной.

Проанализированы также вопросы роста потребности Грузии в электроэнергии и оценены существующие прогнозы в этом направлении. Рассмотрена сущность «умных сетей» и показаны их преимущества по сравнению с существующими традиционными сетями.

ლიტერატურა – References – Литература

1. გ. სვანიძე. საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენება. ენერჯია, თბილისი, 1998, გვ. 36-45.
2. ა.ჭითანავა. ჰიდროენერგეტიკის პრიორიტეტული განვითარების ეკონომიკური და ეკოლოგიური საფუძვლები საქართველოში. ენერჯია. 1997,1, გვ.25-33.
3. თ.სოლომონია, მ.დადიანი, ნ.ცაბაძე, რ.პატარაია. ნაბრამიშვილი. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი. თბილისი. 2006.
4. Энергетические ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Мецниереба. 1992.200с.
5. ხელშეკრულება საქართველოსა და აზერბაიჯანის რესპუბლიკას შორის სამხრეთკავკასიური მილსადენის სისტემის საშუალებით საქართველოსა და აზერბაიჯანის რესპუბლიკის ტერიტორიებზე და ამ ტერიტორიის ფარგლებს გარეთ ბუნებრივი გაზის ტრანზიტის, ტრანსპორტირებისა და რეალიზაციის შესახებ. საქართველოს ნავთობის საერთაშორისო კორპორაცია. თბილისი 2001წ.
6. В.И.Колесников. Экология и водные отношения Грузии. Тбилиси, "Мецниереба", 1992, 182с.
7. საქართველოს-ენერგეტიკული-ბალანსი_2022.pdf
8. თ.მაგრაქველიძე, ხ. ლომიძე. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების სტრატეგია და ტაქტიკა მსოფლიოში არსებული პროგნოზული მონაცემების გათვალისწინებით. სტუ. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია - „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ 2020, ოქტომბერი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "ენერჯია". 4(96) / 2020. სერია: „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. გვ. 191-196
9. <https://www.gse.com.ge/momkhmareblebistvis/monatsemebi-elektroenergetikuli-sistemidan>
10. თ. მაგრაქველიძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩვაძე. საქართველოს ენერგორესურსების მაქსიმალურად ათვისების აუცილებლობისა და ელექტრო-სადგურების აშენებითა და ფუნქციონირებით გამოწვეული ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2022, № 26 თბილისი. გვ.55-61.
11. Мировая Энергетика – 2050. М. Энергия, 2011г, 360с.

ენერგოდაზოგვა თბური ტუმბოსა და მზის ენერჯის გამოყენებით

*ნოდარ მირიანაშვილი, ნათია არაბიძე, თეიმურაზ ბულია, ქეთევან კვირიკაშვილი,
ფრიდონ მშვილდაძე*

nmirianash@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში მოყვანილია მზის თბურკოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების ექსპერიმენტული დანადგარის პრინციპული სქემა და აღწერილია დანადგარის მუშაობის პრინციპი. გაანალიზებულია სისტემის სტრუქტურა და მისი ძირითადი პარამეტრები. კერძოდ, შედარებულია ვარიანტები, როდესაც მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯის რაოდენობა - Q_1 და მისი ტემპერატურა - t_1 საკმარისია მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა - Q_3 და მისი ტემპერატურისა - t_3 (ზაფხულის რეჟიმი) იმ შემთხვევასთან, როდესაც მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯის რაოდენობა საკმარისი არ არის მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა და მუშაობას იწყებს თბური ტუმბო (გარდამავალი რეჟიმი). წყლის გაცხელებისათვის საჭირო ენერჯის გაანგარიშებისათვის დამუშავებულ იყო გაანგარიშების მეთოდიკა და განტოლებები. გარდა ამისა, მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების სისტემა (Q_k) შედარებული იყო თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების ისეთ სისტემასთან, რომელიც არ არის აღჭურვილი მზის თბური კოლექტორით (Q_k^1). თბომომარაგების სისტემების ენერგეტიკული ეფექტურობის შეფასება ხდებოდა ამ სისტემების ენერჯის გარდაქმნის კოეფიციენტების შედარებით.

საკვანძო სიტყვები:

მზის ენერჯია, მზის თბური კოლექტორი, თბური ტუმბო, ენერგოდაზოგვა, თბომომარაგების სისტემა, სისტემის გარდაქმნის კოეფიციენტი

შესავალი

ენერჯის განახლებადი რესურსების გამოყენება თანამედროვე ეტაპზე აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს როგორც მრეწველობის, ისე საყოფაცხოვრებო სექტორისათვის. გლობალური დათბობისა და, გამომდინარე აქედან, კლიმატის ცვლილების გამო 21-ე საუკუნეში განახლებადი ენერგორესურსებისა და ენერგოდაზოგვი ტექნოლოგიების გამოყენება უდიდეს მნიშვნელობას იძენს. განახლებადი ენერჯის ყველაზე ტრადიციული და უძველესი წყაროა მზის ენერჯია.

საქართველოში გასულ წლებში მნიშვნელოვანი კვლევები ჩატარებული მზის ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის შესწავლის მიმართულებით. მიუხედავად ამისა, ჰელიოდანადგარების ტექნოლოგიებისა და მზის კოლექტორების ტექნიკის სწრაფი ტემპით განვითარების, ასევე მათი შესასყიდი ფასების მკვეთრი ცვალებადობის გამო აუცილებელი ხდება აღნიშნული მიმართულებით ახალი კვლევების ჩატარება.

სამუშაოს მიზანი

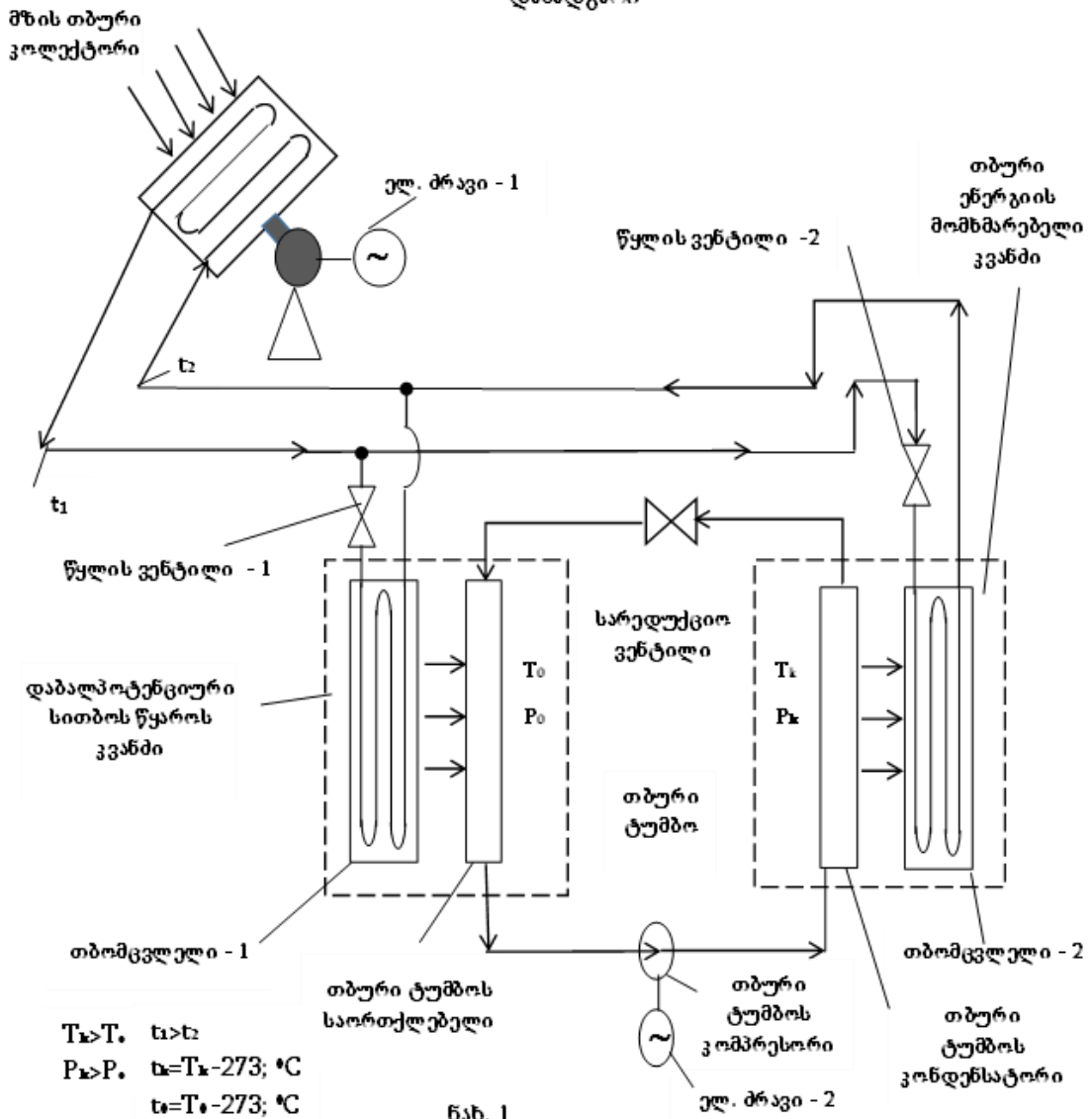
აგროსამრეწველო კომპლექსის სხვადასხვა დარგის საწარმოებსა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორში ენერგოდაზოგვი თბური ტუმბოს დანადგარების გათვალისწინებითა და მეორეული, დაბალპოტენციური ენერგორესურსების (მზის ენერჯია) ათვისების გზით თბოსიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემების გამოყენების პრინციპული და ტექნოლოგიური სქემების დამუშავება; მათი ენერგეტიკული ეფექტურობის განსაზღვრა.

ძირითადი ნაწილი

დაბალტემპერატურული ენერჯის წყაროების თბური ენერჯის გამოყენება, რომელსაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, შესაძლებელია სითბოს სატრანსფორმაციო დანადგარების (მაგ.: თბური ტუმბოს) მეშვეობით.

როგორც ცნობილია, თბური ტუმბო ართმევს თბურ ენერჯიას დაბალი ტემპერატურის მქონე სითბოს წყაროს, რომლის (თბური ენერჯის) მუშაობის შესრულების უნარი უდრის ნულს. ამის შემდეგ, თბური ტუმბო გარედან მიწოდებული ენერჯის ხარჯზე (ელექტროენერჯია, მაღალტემპერატურული თერმული წყალი) ამალღებს მის ტემპერატურულ პოტენციალს და გადასცემს მას მომხმარებელს (თბომომარაგების სისტემა). ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა თბური ტუმბოს მოქმედი ექსპერიმენტული დანადგარი (მაკეტი), რომელიც შედგება შემდეგი კვანძებისაგან: მზის თბური კოლექტორი, თბური ტუმბოს საორთქლებელი, თბური ტუმბოს კომპრესორი, თბური ტუმბოს კონდენსატორი, თერმოსარედუქციო ვენტილი (დროსელი), 2 თბომცვლელი, 2 ელექტროძრავი და 2 წყლის ვენტილი.

მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბომომარაგების ექსპერიმენტული დანადგარი



ნახაზ-1-ზე მოყვანილია მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების ექსპერიმენტული დანადგარის პრინციპული სქემა და აღწერილია დანადგარის მუშაობის პრინციპი [6].

ზაფხულის თვეებში, როდესაც მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული თბური ენერჯის რაოდენობა - Q_1 და ამ ენერჯის ტემპერატურა - t_1 საკმარისია მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა - Q_3 და ტემპერატურისა - t_3 , მაშინ თბური ტუმბოს დანადგარი გამორთულია და მომხმარებლის დაკმაყოფილება ხდება მხოლოდ მზის თბური კოლექტორის საშუალებით (ნახაზზე თბური ენერჯის მომხმარებლის კვანძი). ამ დროს წყლის ვენტილი - 1 დაკეტილია, ხოლო წყლის ვენტილი - 2 კი ღია. მზის კოლექტორში გაცხელებული წყალი მილსადენებისა და თბომცვლელი-2-ის გავლით სითბოს გადასცემს უშუალოდ მომხმარებელს.

ღამის საათებში ან სხვა პერიოდებში, მაგალითად ზაფხულისა და შემოდგომის თვეებში, როდესაც მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯის რაოდენობა - Q_1 და ამ ენერჯის ტემპერატურა - t_1 საკმარისია არ არის მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა - Q_3 და ტემპერატურისა - t_3 , მაშინ მოქმედებს იწყებს თბური ტუმბოს დანადგარი. ამ დროს წყლის ვენტილი - 2 დაკეტილია, ხოლო წყლის ვენტილი - 1 კი ღია. მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯია თბომცვლელი - 1-ის მეშვეობით მიეწოდება თბური ტუმბოს საორთქლებელს. მზის კოლექტორში გამთბარი და თბომცვლელი - 1-ის მეშვეობით მიწოდებული თბური ენერჯია თბური ტუმბოს დანადგარისათვის ასრულებს დაბალპოტენციური და დაბალტემპერატურული სითბოს წყაროს როლს [1, 2, 4].

მომხმარებლის თბური ენერჯით დაკმაყოფილების მიზნით ჩაირთვება თბური ტუმბო. კერძოდ, ელექტროძრავი-2-ის მეშვეობით მოქმედებს იწყებს თბური ტუმბოს კომპრესორი. კომპრესორი შეიწოვს თბური ტუმბოს საორთქლებელში, თბომცვლელი - 1-დან მიღებული სითბოს ხარჯზე აორთქლებულ ფრეონის ორთქლს (პარამეტრებით - წნევა- P_0 და ტემპერატურა - T_0) და დაჭირხნის მას, რომლის დროსაც მატულობს დაჭირხნილი ფრეონის პარამეტრები (წნევა უტოლდება P_k -ს, ხოლო ტემპერატურა - T_k -ს). კომპრესორიდან გამოსული გადახურებული ფრეონის ორთქლი მიეწოდება თბური ტუმბოს კონდენსატორს. აქ იგი თბური ენერჯის მომხმარებლიდან წამოსული შედარებით დაბალი ტემპერატურის მქონე მუშა სხეულის, ამ შემთხვევაში წყლის ხარჯზე კონდენსირდება და გადასცემს ამ უკანასკნელს სითბოს, რომლის ტემპერატურაც შეადგენს T_k -ს. შემდეგ სარედუქციო ვენტილის გავლით ფრეონი, სადაც ხდება მისი წნევისა და ტემპერატურის დაწევა, თხევად მდგომარეობაში მიეწოდება ისევ საორთქლებელს და ციკლი მეორდება [2, 3, 4].

მზის კოლექტორის მზის მიმართ მიდევნებისა და ოპტიმალური დახრის კუთხის შერჩევა ხორციელდება ელექტროძრავი - 1-ის მეშვეობით. მზის კოლექტორის მზის მიმართ მდებარეობის კორექტირება დღის განმავლობაში ხდებოდა 3-ჯერ, დღის 11 საათზე, დღის 2 საათზე და საღამოს 5 საათზე. მზის კოლექტორის დახრის კუთხე შეადგენდა დაახლოებით $40-45^\circ$.

წყლის გაცხელებისათვის საჭირო ენერჯის გაანგარიშებისათვის გამოყენებულ იყო შემდეგი განტოლებები:

1. იმ შემთხვევაში, როდესაც მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯის რაოდენობა - Q_1 და მისი ტემპერატურა - t_1 საკმარისია მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა - Q_3 და მისი ტემპერატურისა - t_3 (ზაფხულის რეჟიმი):

$$t_3 = t_1, ^\circ\text{C}$$

სადაც, t_1 - მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული თბური ენერჯის - Q_1 ტემპერატურაა;

t_3 - მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი თბური ენერჯის - Q_3 ტემპერატურა.

მატერიალური ბალანსი:

$$G_3 = G_1, \text{ ლ/სთ}$$

სადაც, G_3 - არის მომხმარებელზე მიწოდებული თბური ენერჯის ხარჯი;

G_1 - არის მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული თბური ენერჯის ხარჯი.

მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯის (წყლის გაცხელებისათვის საჭირო ენერჯის) საანგარიშო ფორმულა:

$$Q_3 = G_3 c(t_3 - t_2), \text{კჯ/სთ},$$

სადაც, $c=4,19$ - არის წყლის კუთრი სითბოტევადობა, $\text{კჯ}/(\text{ლ } ^\circ\text{C})$;

t_2 - მზის კოლექტორში დაბრუნებული წყლის ტემპერატურა, $^\circ\text{C}$.

2. იმ შემთხვევაში, როდესაც მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის თბური ენერჯის რაოდენობა საკმარისი არ არის მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი ენერჯისა, მუშაობას იწყებს თბური ტუმბო (გარდამავალი რეჟიმი):

$$t_3 = t_k - 5, ^\circ\text{C}$$

სადაც, t_k - არის თბური ტუმბოს კონდენსატორში ფრეონის კონდენსაციის ტემპერატურა;

$$G_3 = G_2, \text{ლ/სთ}$$

G_2 - არის თბური ტუმბოს მიერ მომხმარებელზე მიწოდებული თბური ენერჯის ხარჯი;

თბური ტუმბოს საორთქლებელში მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული დაბალპოტენციური თბური ენერჯია - Q_0 ტოლია [5]:

$$Q_0 = q_v V_h \lambda, \text{კჯ/სთ}$$

სადაც, q_v - არის ფრეონის ხვედრითი მოცულობითი სიცივის მწარმოებლურობა, $\text{კჯ}/\text{მ}^3$;

V_h -კომპრესორის დეჟუმის მიერ აღწერილი თეორიული მოცულობა, $\text{მ}^3/\text{წმ}$;

$\lambda=0,75-0,85$ -კომპრესორის მიწოდების კოეფიციენტი.

$$Q_0 \approx Q_1 = G_1 c(t_1 - t_2), \text{კჯ/სთ}$$

სადაც, Q_1 - მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული თბური ენერჯის რაოდენობა, კჯ/სთ .

მომხმარებელზე მიწოდებული თბური ენერჯია ტოლია:

$$Q_k \approx Q_3 = Q_0 + L, \text{კჯ/სთ}$$

სადაც, L - არის მზის თბური კოლექტორით აღჭურვილი თბური ტუმბოს კომპრესორის მიერ შესრულებული მუშაობა (დახარჯული ელექტროენერჯია), კჯ/სთ ;

Q_k - არის თბური ტუმბოს თბომწარმოებლურობა, კჯ/სთ .

დაბალპოტენციურ სითბოს წყაროდ მზის ენერჯის ნაცვლად სხვა, მაგალითად საქსელო წყლის გამოყენებისას, რომლის ტემპერატურა გაცილებით დაბალია, ვიდრე მზის კოლექტორში გამთბარი წყლის ტემპერატურა, თბური ტუმბოს მუშაობის ეფექტურობაც შესაბამისად დაბალი იქნებოდა. ამ ორი ვარიანტის შედარების შემთხვევაში თბური ტუმბოს საორთქლებელში მიწოდებული დაბალპოტენციური თბური ენერჯია - Q_4 ტოლი იქნება:

$$Q_4 = G_4 c(t_4 - t_5), \text{კჯ/სთ}$$

სადაც, t_4 - თბური ტუმბოს საორთქლებელში მიწოდებული საქსელო წყლის ტემპერატურა;

t_5 - თბური ტუმბოს საორთქლებელიდან გამოსული საქსელო წყლის ტემპერატურა;

ზაფხულში $t_4 = 15^\circ\text{C}$, ზამთარში $t_4 = 5^\circ\text{C}$; ზაფხულში $t_4 - t_3 = 5^\circ\text{C}$, ზამთარში $t_4 - t_3 = 3^\circ\text{C}$,

თბომომარაგების სისტემის მუშაობის რეჟიმებიდან გამომდინარე: $t_4 > t_5$; $t_1 > t_4$;

G_4 - არის თბური ტუმბოს საორთქლებელში მიწოდებული დაბალპოტენციური საქსელო წყლის ხარჯი; კჯ/სთ .

მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების სისტემის შედარებისას (Q_k) თბური ტუმბოს თბოსიცივით მომარაგების ისეთ სისტემასთან, რომელიც არ არის აღჭურვილი მზის თბური კოლექტორით (Q_k^1), ენერგეტიკული ეფექტურობის გაანგარიშება შესაძლებელია შემდეგი გამოსახულებებით [6]:

თბური ენერჯია:

$$Q_k \approx Q_3 = Q_0 + L = G_1 c(t_1 - t_2) + L > Q_k^1 = G_4 c(t_4 - t_5) + L_1, \text{კჯ/სთ}$$

სადაც, L - არის მზის თბური კოლექტორით აღჭურვილი თბური ტუმბოს კომპრესორის მიერ შესრულებული მუშაობა (დახარჯული ელექტროენერჯია), კჯ/სთ ;

L_1 -თბური ტუმბოს კომპრესორის მიერ შესრულებული მუშაობა (დახარჯული ელექტროენერჯია), რომელიც არ არის აღჭურვილი მზის თბური კოლექტორით, კჯ/სთ .

თბომომარაგების სისტემების შედარებისას მათი ენერგეტიკული ეფექტურობის ანუ ენერჯის გარდაქმნის (ტრანსფორმაციის) კოეფიციენტი- φ იანგარიშება ფორმულით:

$$\varphi = Q_k/L > \varphi_1 = Q_k^1/L_1,$$

სადაც, φ - არის მზის თბური კოლექტორით აღჭურვილი თბური ტუმბოს თბომომარაგების სისტემის ენერგეტიკული ეფექტურობის ანუ ენერჯის გარდაქმნის კოეფიციენტი;

φ_1 -არის თბური ტუმბოს თბომომარაგების ისეთი სისტემის ენერგეტიკული ეფექტურობის ანუ ენერჯის გარდაქმნის კოეფიციენტი, რომელიც არ არის აღჭურვილი მზის თბური კოლექტორით.

მოყვანილი გამოსახულებები, რომლებიც ასევე დიდი სიზუსტით აღწერენ თბომომარაგების სისტემის ენერგეტიკულ ეფექტურობას, შეიძლება ასეთი სახით იყოს გამოსახული [1, 5, 6]:

$$\varphi = T_k/(T_k - T_0)\mu > \varphi_1 = T_k^1/(T_k^1 - T_0^1)\mu,$$

სადაც, $T_k = T_k^1 = t_3 + 5 + 273, \text{ }^\circ\text{K}$; $T_0 = t_2 - (5 \div 10) + 273, \text{ }^\circ\text{K}$; $T_0^1 = t_5 - 3 + 273, \text{ }^\circ\text{K}$; $\mu = 0.55$ -არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ყველა დანაკარგს თბური ტუმბოს ციკლში.

გარე ჰაერის ტემპერატურისა $t_{გ.ჰ.}$ და მზის კოლექტორის მიერ მიწოდებული თბური ენერჯის (ცხელი წყლის) ტემპერატურის t_1 ცვლილება საათების მიხედვით (20 ივნისი 2024 წელი) ნაჩვენებია ცხრილში.

τ , საათი	$t_{გ.ჰ.}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$
10	27,3	37,3
11	28,4	40,8
12	29,2	41,5
13	29,7	42,8
14	30,3	43,8
15	31,8	44,5
16	32,1	43,3
17	31,6	41,7

თუ შევადარებთ (Q_k) და (Q_k^1) ვარიანტებს მაგალითად დღის 13 საათზე დავინახავთ, რომ:

$$Q_k \approx Q_3 = Q_0 + L = G_1c(t_1 - t_2) + L > Q_k^1 = G_4c(t_4 - t_5) + L_1;$$

$$t_1 = t_2 + 10^\circ\text{C}; t_4 = t_5 + 5^\circ\text{C} \text{ დავუშვათ, რომ } G_1 = G_4 \text{ და } L = L_1, \text{ მაშინ}$$

$$Q_k \approx Q_3 = Q_0 + L = G_1c(42.8 - 42.8 + 10) + L > Q_k^1 = G_4c(15 - 15 + 5) + L_1;$$

(Q_k) და (Q_k^1) ვარიანტების შედარებისას მათი ენერგეტიკული ეფექტურობის დადგენის მიზნით გვექნება (დღის 13 საათზე):

$$\varphi = T_k/(T_k - T_0)\mu > \varphi_1 = T_k^1/(T_k^1 - T_0^1)\mu;$$

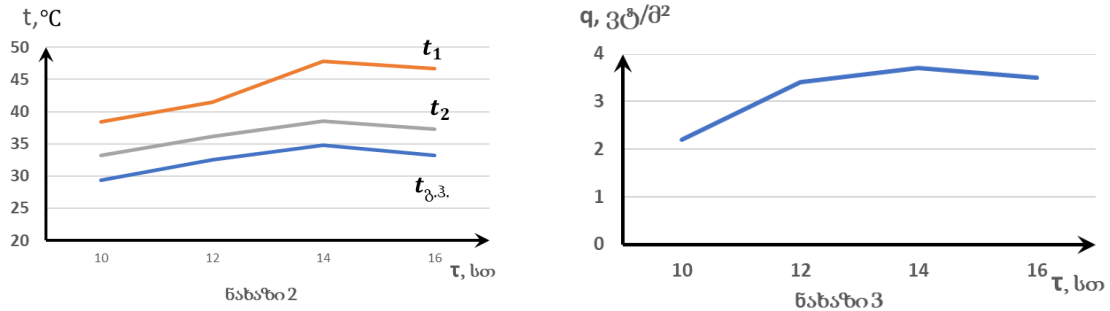
$$\text{დავუშვათ, რომ } t_3 = 60^\circ\text{C}; \text{ მაშინ}$$

$$T_k = 60 + 5 + 273 = 338^\circ\text{K}; T_0 = t_1 - 10 + 273 = 42.8 - 10 + 273 = 305.8^\circ\text{K};$$

$$\varphi = 338/(338 - 305.8)0.55 = 5.77 > \varphi_1 = 338/(338 - 283)0.55 = 3.38;$$

$$\varphi/\varphi_1 = 5.77/3.38 = 1.7.$$

ნახაზ 2-ზე და ნახაზ 3-ზე მოყვანილია მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს დანადგარის მუშაობის ერთ-ერთი ექსპერიმენტის შედეგები ზაფხულის პერიოდში (ივნისის თვე), სადაც q - არის ჰელიოკონტურის ხვედრითი თბომწარმოებლურობა, ვტ/მ².



ამრიგად, მოყვანილი გაანგარიშებებიდან კარგად ჩანს მზის თბური კოლექტორიანი თბური ტუმბოს თბომომარაგების სისტემის (Q_k) ენერგეტიკული ეფექტურობა თბური ტუმბოს თბომომარაგების ისეთ სისტემასთან შედარებით, რომელიც არ არის აღჭურვილი მზის თბური კოლექტორით (Q_k^1).

Energy saving using heat pump and solar energy

Nodar Mirianashvili, Natia Arabidze, Teimuraz Bulia, Ketevan Kvirikashvili, Fridon Mshvildadze

Summary

The article presents the principal scheme of the experimental device for supplying heat pump with solar thermal collector and describes the principle of operation of the device. The structure of the system and its main parameters are analyzed. In particular, options are compared when the amount of thermal energy of the heated water in the solar collector- Q_1 and its temperature- t_1 is sufficient for the energy required by the user- Q_3 and its temperature- t_3 (summer mode) with the case when the amount of thermal energy of the heated water in the solar collector is not enough The energy requested by the user and the heat pump starts working (transitional mode). Calculation methods and equations were developed for the calculation of the energy required for water heating. In addition, a heat pump heat supply system with a solar thermal collector (Q_k) was compared to a heat pump heat supply system without a solar heat collector (Q_k^1), Energy efficiency of heat supply systems was assessed by comparing the energy conversion coefficients of these systems.

Экономия энергии с использованием теплового насоса и солнечной энергии

Нодар Мирианашвили, Натиа Арабидзе, Теимураз Булия, Кетеван Квирикашвили, Фридон Мшвилдадзе

Резюме

В статье представлена принципиальная схема экспериментального устройства для питания теплового насоса с солнечным тепловым коллектором и описан принцип работы устройства. Проанализирована структура системы и ее основные параметры. В частности, сравниваются варианты, когда количество тепловой энергии нагретой воды в солнечном коллекторе- Q_1 и ее температура- t_1 достаточны для энергии, необходимой потребителю- Q_3 и

ее температура- t_3 (летний режим) в том случае, когда количества тепловой энергии нагретой воды в солнечном коллекторе недостаточно. Энергия запрашивается пользователем и тепловой насос начинает работать (переходный режим). Разработаны методы расчета и уравнения для расчета энергии, необходимой для нагрева воды. Кроме того, система теплонасоса с тепловым насосом с солнечным тепловым коллектором (Q_k) сравнивалась с системой теплонасоса с тепловым насосом без солнечного теплового коллектора (Q_k^1). Энергоэффективность систем теплоснабжения оценивалась путем сравнения коэффициентов преобразования энергии этих систем.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Гомелаури В.И., Везиришвили О.Ш., Мирианашвили Н.А Опыт применения теплонасосных установок на Самтредской чайной фабрике// Холодильная техника, 1986, №3, с 17-19.
2. მირიანაშვილი ნ., გბელიშვილი ნ. თბოსიცივით მომარაგების პრინციპული სქემები თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით ლუდის წარმოებაში. „ბიზნეს-ინჟინერინგი“. ყოველკვარტალური რეფერირებადი და რეცენზირებადი საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საქართველოს საინჟინრო აკადემია. 2018, #3-4. გვ.283-286.
3. Mirianashvili N., Vezirishvili K. Working out and investigation of energy- economical efficiency of energy-preserving heat-cold capplying systems on basis of heat pamp plant and geothermal water on agroindustrial complex enterprises// Problems of Mechanics. Tbilisi. #1(39). 2010. pp.76-81.
4. Мирианашвили Н.А., Везиришвили К.О. Обобщение результатов опыта эксплуатации тепловых насосов для тепло- и хладоснабжения технологических и комфортных систем. Институт систем управления АН Грузии// Сб. трудов, №6. Тбилиси, 2002, с.93-96.
5. Мирианашвили Н.А., Везиришвили К.О. Усовершенствование некоторых узлов теплонасосных систем теплохладоснабжения. Институт систем управления АН Грузии// Сб. трудов, №6. Тбилиси, 2002, с.89-93.
6. მირიანაშვილი ნ., არაბიძე ნ., ბულია თ., კვირიკაშვილი ქ., მშვილდაძე ფ.; ლაბორატორიული დანიშნულების თბური ტუმბოს ექსპერიმენტული დანადგარი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N27, ISSN 0135-0765; DOI: <https://doi.org/10.36073/0135-0765>; თბილისი, 2023, გამომცემლობა სტამბა „დამანი“, 5 გვ. (გვ. 76-80).

Устройства автополива с дозатором

Панаиот Ставрианиди, Верико Бахтадзе, Георгий Кикнадзе

verikobakhtadze64@yahoo.com

Резюме

В статье описываются разработанные нами устройства автополива, которые отличаются от известных наличием дозатора воды. Предложены варианты дозаторов с поплавковыми устройствами выдачи заданного количества воды. Это привело к упрощению устройств, поскольку они не требуют таймера, задающего длительность полива. Таймер задает только время начала полива. Поэтому устройства полива выдают заданный объем воды, независимый от изменения давления воды. Запуск устройств может производиться не только по сигналу таймера, но и по звонку мобильного телефона.

Ключевые слова:

Автополив, таймер, шаровой вентиль, дозатор.

Системы автополива находят всё большее применение и развитие. Например, одна только фирма Hanter имеет более 250 запатентованных технологий [1-3]. Уже появились интеллектуальные таймеры автополива, управляемые дистанционно через Wi-Fi с помощью приложения SmartLife. Разработанные нами системы автополива для загородного участка, также управляются дистанционно с помощью мобильного телефона. В простейшем варианте приемный мобильный телефон оснащается преобразователем сигнала звонка в постоянное напряжение, опирающее транзисторный ключ запуска автополива. Разработанные нами устройства отличаются от известных тем, что содержат дозатор, обеспечивающий необходимый, задаваемый для разового полива объем воды. Это привело к упрощению устройств полива, так как при наличии дозатора, исключается необходимость применения таймера, задающего длительность времени полива.

Первоначально разработанное устройство автополива было предназначено для полива защищенного грунта методом самотека из периодически заполняемой цистерны, устанавливаемой для хранения привозной водой. В таком случае применение известных таймеров полива приводит к необходимости увеличивать время полива по мере снижения уровня воды в цистерне, либо пренебречь ухудшением качества полива. Разработанное нами устройство не имеет этого недостатка, так как задает не время длительности полива, а объем воды, задаваемый установкой положения поплавкового индикатора уровня воды, заливаемой в дозатор. В качестве дозатора в разработанном устройстве используется достаточный по объему для разового орошения накопительный бак, автоматически заполняемый водой после каждого полива через впускной клапан от основного источника воды, например, от цистерны для хранения периодически пополняемого запаса воды. Впускной клапан накопительного бака подключен к системе капельного или иного полива. Задание объема поливочной воды осуществляется поплавковым датчиком индикации уровня воды. Установка положения поплавка определяет заданный объем воды полива. После каждого полива впускной клапан открывается и бак вновь заполняется водой. Время начала полива задается таймером в качестве, которого использован мобильный телефон, к которому подключено, вместо наушника, пусковое реле выпускного клапана.

Максимальная интенсивность полива определяется установкой положения поплавкового выключателя выпускного клапана, прекращающего полив. Положение поплавкового

выключателя выпускного клапана определяется опытным путем, когда в засушливые дни требуется наибольшая интенсивность полива. При этом влажность почвы наименьшая и недостаточная для срабатывания реле влажности. Устройство, реализующее предложенный способ полива показано на рис.1.

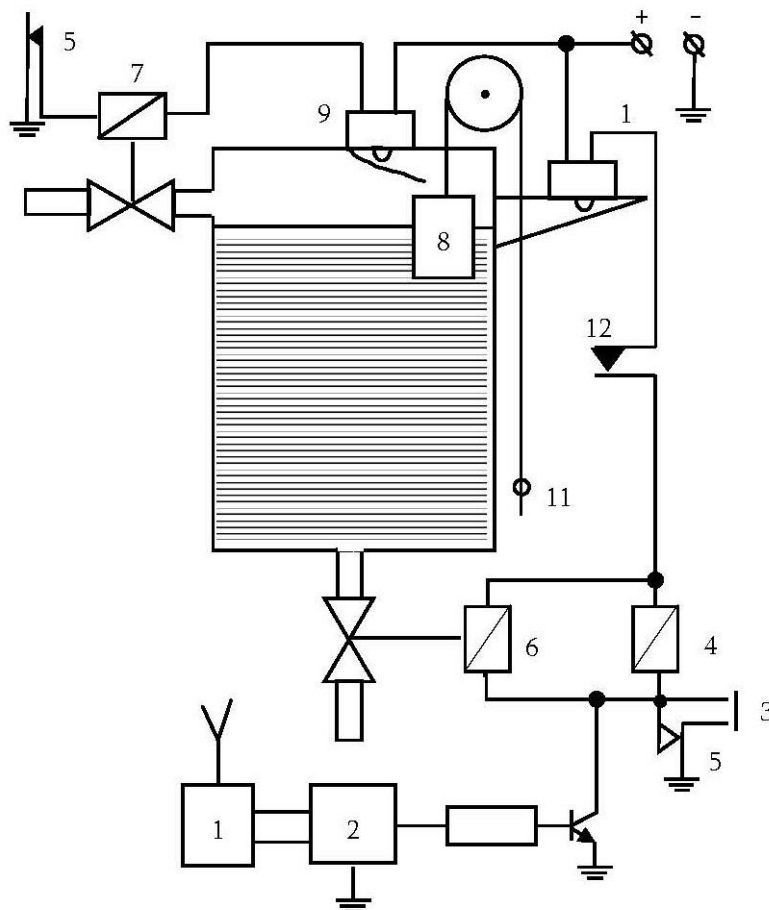


Рис. 1.

Приведем перечень основных элементов устройства. 1 - мобильный телефон, 2- преобразователь сигнала звонка в постоянное напряжение, 3 - кнопка ручного запуска, 4 - реле, 5 - контакты реле, 6 и 7 – шаровые нормально закрытые краны, 8 - поплавок, 9 и 10 – конечные выключатели, 11 - датчик объема поливочной воды, 12 - нормально замкнутый контакт реле запрета полива. Реле запрет полива срабатывает по сигналам датчиков дождя и влажности. Запуск устройства полива происходит после срабатывания реле 4. Оно через контакты 5 становится на самоблокировку вместе с соленоидом выпускного клапана 6. Начинается полив, который продлится до тех пор, пока датчик 11 не достигнет конечного выключателя 10, или раньше, если влажность почвы достигнет заданного значения, при котором разомкнутся контакты 5 и реле 4 не обесточится. После полива открывается шаровой клапан 7 и происходит заполнение бака до тех пор, пока не сработает конечный выключатель 9 - датчик заполненности бака.

Следующей разработкой автополива является устройство, содержащее дозатор малого объема и счётчик числа доз разового полива.

Запуск устройства полива происходит сбросом в нуль счетчика доз, либо вручную, либо по сигналу таймера, либо дистанционно по мобильному телефону. Принципиальная схема

поливочного устройства приведена на рисунке 2. Схема содержит двоичный счетчик -1, регистр установки числа доз полива - 2, схему И-НЕ - 3, реле - 4, клапаны заполнения и слива воды - 5 и 6, поплавок -7, источник питания - 8, индикатор числа доз полива - 9, резервуар дозатора - 10.

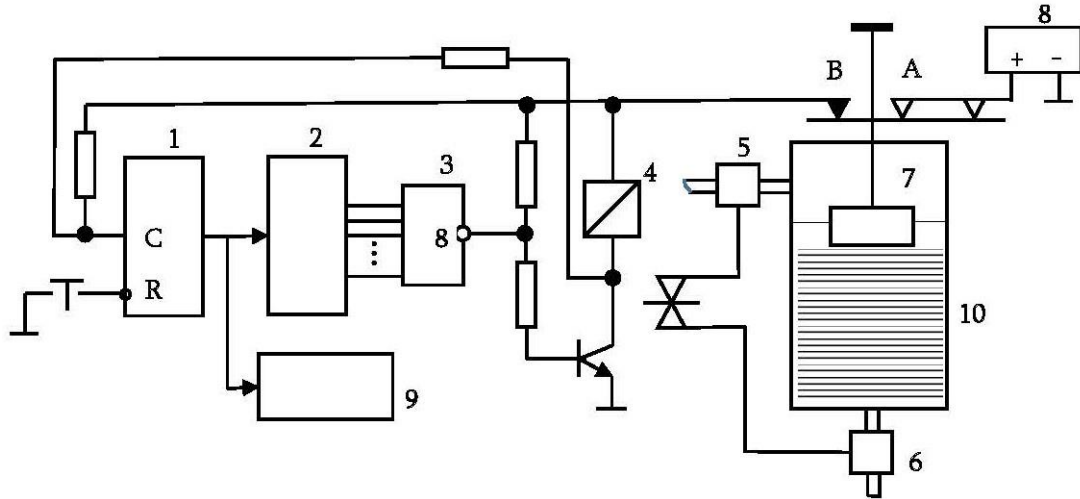


Рис. 2.

Схема содержит счетчик и схему И-НЕ входы которой, через регистр установки числа доз полива, подключаются либо к прямому, либо к инверсному выходам разрядов счетчика, а выход схемы И-НЕ подключен к базе ключа управления водяными клапанами. После полива счетчик показывает число доз последнего полива, а на выходе схемы И-НЕ сохраняется логический ноль. Поэтому транзистор закрыт, поплавок находится на дне дозатора, а контакты конечных выключателей, А и В замкнуты. После запуска поливочного устройства, блокировка открытия транзистора схемой И-НЕ прекращается, и он открывается, после чего водяные клапаны переключатся и начнется залив первой дозы воды. Когда поплавок всплывет, контакты конечного выключателя В разомкнутся, реле обесточится и первая доза воды начнет сливаться, так как сливной клапан откроется, а заливной клапан закроется. Когда первая доза воды полностью вытечет, то контакты, А замкнутся и реле откроется, начнется наполнение новой дозы воды. Далее будут выданы следующие дозы полива число, которых задается регистром тумблеров. Счетный вход счетчика доз подключен к коллектору транзистора, на котором происходит формирование требуемых счетных импульсов.

ავტომატური მორწყვის მოწყობილობა დოზატორით

პანაიოტ სტავრიანიდი, ვერიკო ბახტაძე, გეორგი კიკნაძე

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ჩვენ მიერ შემუშავებული ავტომატური მორწყვის მოწყობილობები, რომლებიც უკვე არსებული მოწყობილობებისგან წყლის დოზატორის არსებობით განსხვავდებიან. შემოთავაზებულია მოტივტივემოწყობილობებიანი დოზატორების ვარიანტები წყლის მოცემული რაოდენობის გაცემისთვის. ეს განაპირობებს მოწყობილობების გამარტივებას, ვინაიდან მათ აღარ ესაჭიროებათ ტაიმერი მორწყვის

ხანგრძლივობის დასაყენებლად. ტაიმერი განსაზღვრავს მხოლოდ მორწყვის დაწყების დროს. ამიტომ, სარწყავი მოწყობილობები იძლევა წინასწარგანსაზღვრული მოცულობის წყალს, რომელიც არ არის დამოკიდებული წყლის წნევის ცვლილებებზე. მოწყობილობების გაშვება შესაძლებელია არა მარტო ტაიმერის სიგნალით, არამედ მობილური ტელეფონის ზარითაც.

Automatic irrigation device with a dozator

Panaiot Stavrianidi, Veriko Bakhtadze, Georgi Kiknadze

Summary

The article describes automatic irrigation devices developed by us, which differ from existing devices by the presence of a water dispenser. Options for dispensers with float devices for dispensing a given amount of water have been proposed. This leads to a simplification of the devices, since they no longer need a timer to set the duration of irrigation. The timer determines only the start time of irrigation. Therefore, irrigation devices provide a predetermined volume of water that does not depend on changes in water pressure. Devices can be started not only by a timer signal, but also by a mobile phone call.

ლიტერატურა - References - Литература

1. Автоматика для полива. <https://rain-hanter/ru>
2. Таймер воды. [Aliexpress/ru](https://aliexpress.ru)
3. <https://www.ozon.ru...> Садовый инструмент.

განახლებად ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების ზოგიერთი საკითხის შესახებ

გურამ ურუშაძე, ნოდარ შენგელია, ნინო დოლონაძე

Guram.urushadze@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია მცირე სიმძლავრის ქარის, მზის და ასევე კომბინირებული ელექტროსადგურების საქართველოში ფართოდ დანერგვის დადებითი მხარეები. ნაჩვენებია, რომ ევროპის ქვეყნებს ასეთი ტიპის სადგურების აშენებაში მნიშვნელოვანი მიღწევები აქვთ. მსგავსი მიდგომა უდიდეს პერსპექტივებს შლის ჩვენი ქვეყნის ელექტროენერჯით მომარაგების და, ასევე, ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საქმეში.

საკვანძო სიტყვები:

მცირე ენერგეტიკა, ქარის ელექტროსადგურები, მზის ელექტროსადგურები

ცნობილია, რომ საქართველოში ერთ სულ მოსახლეზე ელექტროენერჯის მოხმარება, (3800 კვტ/სთ წ.) მნიშვნელოვნად დაბალია საშუალო ევროპულ მაჩვენებელზე (8-10 ათასი კვტ/სთ წ.) აქედან მოხმარებული ენერჯის (14,26 მლრდ.კვტ/სთ) მნიშვნელოვან ნაწილს (2 მლრდ/კვტ.სთ) შეადგენს იმპორტირებული ელექტროენერჯია. ეს მაშინ, როდესაც საქართველოს განახლებადი ენერგორესურსების პოტენციალის მხოლოდ დაახლოებით 20%-ია ათვისებული. არც ახალი სიმძლავრეების გაშვების მხრივ არის კარგი მდგომარეობა. ცნობილია, რომ ელექტროენერჯეტიკის ძირითად წყაროს საქართველოში წარმოადგენს ჰიდრორესურსები, რომელიც არ არის სათანადოდ ათვისებული. არსებობს არაერთი დამაბრკოლებელი ფაქტორი, რომელიც ხელს უშლის ამ პოტენციალის ქვეყნის სამსახურში ჩაყენებას. ასეთებია: მნიშვნელოვანი ინვესტიციის საჭიროება, ელექტროსადგურების მშენებლობის დიდი დრო და ეკოლოგიური პრობლემები. ეს უკანასკნელი იწვევს პროტესტს მოსახლეობის მხრიდან და შედეგად, დიდი ხნით შეფერხებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ხსენებული პროტესტი ხშირად ხელოვნურადაა შექმნილი, ობიექტური საფუძვლების გარეშე.

ეკოლოგიურ საკითხთან არის დაკავშირებული აგრეთვე ორგანული ენერგორესურსების გამოყენება.

მსი-ს თანამშრომელთა მიერ თეორიულად დასაბუთებულია, რომ ქვეყნის ელექტროენერჯით უზრუნველსაყოფად საჭიროა მისი წლიური ზრდა იყოს არანაკლებ 7%-ისა[1]. ასეთი ზრდის აუცილობლობა განპირობებულია ზოგადად ეკონომიკის, და მათ შორის, ელექტრომობილების რაოდენობის სწრაფი ზრდით, აღმოსავლეთ-დასავლეთის დამაკავშირებელი მაგისტრალის დატვირთვით და სხვა.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, იმისთვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ელექტროენერჯის იმპორტის ზრდა, ვფიქრობთ, საჭიროა მეტი ყურადღება მიექცეს ისეთი განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებას, როგორცაა ქარი და მზე. მსოფლიოს ბევრ ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყანაში არის მზისა და ქარის ენერჯის გამოყენების ბუმი. მაგალითად 2019 წელს შეერთებულ შტატებში ქარის ელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებულმა ელექტროენერჯიამ, პირველად ქვეყნის ისტორიაში (103 გვტ-80 გვტ) გადაასწრო ჰიდროენერჯეტიკის სიმძლავრეს (აშშ-ს ენერგეტიკული ინფორმაციის სამმართველო EIA). ბევრი ქვეყანა აშენებს ქარის და მზის გიგანტურ სადგურებს. შედეგად მოელიან, რომ 2025 წლისთვის განახლებადი

ენერგეტიკა დააკმაყოფილებს მსიოფლიოს მიერ ახლად მოთხოვნილი ელექტრო-ენერჯიის 90%-ზე მეტს.

უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ წლებში ფართოდ ინერგება მცირე სიმძლავრის ქარის, მზისა და ასევე ჰიბრიდული ელექტროსადგურები. მაგალითად, ფრანგულმა კომპანია Segula Technologies-მ [2] კომერციული სახლის სახურავზე დააყენა ჰიბრიდული გენერატორი (ნახ.1) ერთი ასეთი დანადგარი შეიცავს 1500 ვტ სიმძლავრის ქარის და 800 ვტ სიმძლავრის მზის მოდულს. ასევე ინდივიდუალურ აკუმულატორებს და მართვის სისტემას. გენერატორს უჭირავს 4 მ² ფართი.



ნახ.1. ქარის და მზის ჰიბრიდული ელექტროგენერატორები კომერციული შენობის სახურავზე

გერმანულმა კომპანია Neventi-მ [3] გერმანიის ქალაქ დისპეკიდან (ბავარია) სახლისთვის 2019 წელს გამოუშვა ქარის ტურბინა, რომელიც წარმოადგენს ჰორიზონტალური ღერძის მქონე როტორს. ის გამოიყენება სწორი გადახურვის მქონე შენობის ნაპირზე დასაყენებლად, სადაც ქარის სიჩქარე აღწევს მაქსიმუმს. ქარის გენერატორი დააწყვილა მზის პანელთან, რომელიც ამავდროულად წარმოადგენს სახურავს ქარის დანადგარისთვის, მწარმოებლის მტკიცებით ჰიბრიდული სისტემა არის თითქმის უხმაურო. მისი ნომინალური სიმძლავრეა 2კვტ.

ჩვენი აზრით, სერიოზულ ყურადღებას იმსახურებს მზის „მოტივტივე“ ელექტროსადგურიც. მათი განლაგება ხდება წყალსაცავების ზედაპირზე და გარდა ელექტროენერჯიის გენერირებისა, ხელს უშლის ტალღების წარმოქმნას და წყალმცენარეების ზრდას, რაც საბოლოოდ ანელებს ეროზიულ პროცესებს. თუმცა, გარკვეული კითხვები წარმოიშობა მოტივტივე სადგურების წყლის ფაუნაზე გავლენასთან დაკავშირებით. ერთი ასეთი „მოტივტივე“ ელექტროსადგური USAID-ის დახმარებით, მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდაჭერის პროგრამის ფარგლებში, აშენდა ქვემო ქართლში.

ვფიქრობთ, რაც მისაღებია ისეთ ქვეყნებში, როგორებიცაა გერმანია, საფრანგეთი და სხვა განვითარებული ქვეყნები, მით უმეტეს გამოყენება უნდა ჰქონდეს ჩვენში. ასეთი მიდგომა შეამცირებს წნეხს ენერგომომარაგებაზე.

უკანასკნელ ხანებში, სტიქიური მოვლენების და მოსახლეობის ქვეყნიდან გადინების გამო, ბევრ, ცენტრიდან მოშორებულ რეგიონებში მოიშალა ელექტროინფრასტრუქტურა. მცირე სიმძლავრის, ზემოთ აღწერილ ქარის და მზის

ჰიბრიდული ელექტროგენერატორების გამოყენება შესაძლებლობას მოგვცემს სწრაფად გავუმკლავდეთ ამ პრობლემას.

როგორც ცნობილია, საქართველოს მთავრობის დადგენილებით, 2025 წლიდან სახლების მშენებლობისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათი ენერგოეფექტურობა. ამ საკითხის მოგვარებაშიც შეიძლება ქარის და მზის ელექტროგენერატორს მოემბნოს გამოყენება. ასევე მნიშვნელოვანია მათი გამოყენება ელექტრომობილების აკუმულატორების დასამუხტად.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს საყურადღებო დასკვნა იმის თაობაზე, რომ ქარისა და მზის მძლავრი ელექტროსადგურების აშენებასთან ერთად, უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს საქართველოში ასეთი ელექტროსადგურების ფართოდ დანერგვას. ეს ხელს შეუწყობს ელექტროენერჯით ქვეყნის სტაბილურ მომარაგებას და გარკვეულწილად იმპორტის შემცირებას, რაც აუცილებელია ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

On some issues of power plants operating on renewable energy sources.

G. Urushadze, N. Shengelia, N. Dogonadze

Summary

The article analyzes the positive aspects of the widespread implementation of small wind, solar and combined power plants in Georgia. It is shown that European countries have significant achievements in the construction of stations of this type. This approach opens up great prospects for the electricity supply and energy security of our country.

О некоторых вопросах электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Г. Урушадзе, Н. Шенгелия, Н. Догонадзе

Резюме

В статье анализируются положительные стороны широкого внедрения малых ветровых, солнечных и комбинированных электростанций в Грузии. Показано, что европейские страны имеют значительные достижения в строительстве станций такого типа. Такой подход открывает широкие перспективы для электроснабжения, а также, энергетической безопасности нашей страны.

ლიტერატურა – References – Литература

1. მაგრაქველიძე თ. ლომიძე ხ. ჯანკაშვილი მ. არჩვაძე ი. – „უახლოეს ათწლეულებში საქართველოს ელექტროენერჯით უზრუნველყოფის ზოგიერთი საკითხის შესახებ.“ -საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი შრომათა კრებული №27, 2023წ. გვ.70-75
2. <https://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/gorizontal/4755-vetro-solnechnaya-elektrostantsiya-dlya-krysh-domov-iz-francii.html>
3. <https://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/gorizontal/4756-vetro-solnechnaya-elektrostantsiya-dlya-krysh-domov-iz-germanii.html>

ინფორმატიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

In Silico Computational Modeling, In Vitro Experimental and In Vivo Nonlethal Study of Novel Anticancer Multicomponent Drug Combinations against the Non-small Cell Lung Cancer (NSCLC) Compared to Pozitotinib and Olmutinib

Archil Chirakadze, Teimuraz Chichua, Akaki Gigineishvili, Zakaria Buachidze

achikochirakadze@gmail.com

Abstract

Lung cancer is one the most common and deadly type of malignant malformation diseases both in men and women, Currently, around 8-12 years and up to 3 billion USD are demanded for a new drug discovery via traditional drug development pathway, which is the main reason for the unacceptably large lag in medical practice versus the achievements of modern scientific research. That is why, to significantly reduce cancer morbidity and mortality, it is absolutely necessary to have accurate and reliable data from the earliest stages of testing, and of particular interest is the coincidence of results obtained using computational (in silico), in vitro and nonlethal in vivo testing in cell cultures and animal models. The results of in silico (computational) modeling, in vitro and in vivo non-lethal testing are in good coincidence, showing that computational methods can serve as reliable and precise tools of drug preclinical testing.

Keywords:

in silico, in vivo, in vitro, synergy, computational modeling

In silico testing, as a kind of computational virtual preclinical testing, is an individualized computer modeling used in development or regulatory evaluation of a drug, treatment device, or intervention. Although fully simulated clinical trials are impossible with current technologies and understanding of biology, their development is expected to have significant advantages over current in vivo clinical trials, especially in the multiple reduction of costs and duration of the development and implementation of new drugs. Currently, around 8-12 years and up to 3 billion USD are demanded for a new drug discovery via traditional drug development pathway, which is the main reason for the unacceptably large lag in medical practice versus the achievements of modern scientific research. Another urgent need for highly reliable and accurate computational testing is caused due to increasingly strict regulations in the field of humane treatment of experimental animals and a possible complete ban on lethal testing methods. Lung cancer is one the most common and deadly type of malignant malformation diseases both in men and women, while the non-small cell lung cancer (NSCLC) constitutes for about 85% of all lung cancer cases and is characterized by the presence of oncogenic driver mutations [1-3]. The traditional pathway for drug and modality development usually starts with preclinical research [4]. In laboratories, test plates and in various vitro experiments the reliability of the effectiveness of treatment is tested (Phase I and Phase II). After it, the effectiveness of treatment and acute toxicity and safety are tested using various kinds of in vivo testing including the lethal tests on mice and other rodents. If the results of all in vitro and in vivo tests are positive, showing considerable effectiveness and low acute toxicity, scientists can start clinical trials to test whether the products may be approved for humans. Clinical trials are usually divided into four phases. Phase III involves a randomized blinded testing of a considerable number of people who are ill [5]. Phase IV trials of the safety, side effects and effectiveness of the developed

medicines are carried out while it's being used in practice. They are held on medicines that have passed all previous stages and have been given marketing licenses (license means that the medicine is available on prescription), and are not mandatory for every medicine. If the drug fails at stages III and IV, the financial loss can be catastrophic [6, 7, 8, 9]. Equally important is the comparison of calculated and measured data from new combinations and from highly effective anticancer drugs that are already well studied and widely used in practice. That is why, to significantly reduce cancer morbidity and mortality, it is absolutely necessary to have accurate and reliable data from the earliest stages of testing, and of particular interest is the coincidence of results obtained using computational (in silico), in vitro and nonlethal in vivo testing in cell cultures and animal models.

Main aims of the research. Main aims of the research were to test the biological effectiveness and safety of newly developed anticancer mixtures containing various amounts of rubidium chloride, water, saline solution, DMSO, paclitaxel/carboplatin, copper oxide (CuO) nanoparticles and the newly tested putative anticancer drugs (poziotinib and olmutinib) against the non-small cell lung cancer (NSCLC) A549 cell line and healthy normal human dermal fibroblast (NHDF) cell line, applying the in silico computational SwissADME software version, MTT in vitro anti-proliferation testing, Annexin V-FITC PI apoptotic cell testing and chicken embryo viability testing [7-18].

Experimental. Materials and methods. Poziotinib was purchased from Selleck Chemicals LLC (USA) and Olmutinib was purchased from BOC Sciences (USA, Canada). All required chemicals, rubidium chloride, DMSO, saline solution for injection and gemcitabine, were purchased from Merck (India), copper oxide spherical nanoparticle water dispersion (20-50 nm, 22 weight %) was purchased from “Nanografi Nano Technology” (Turkey). Fertile eggs of Golden Wyandotte were purchased from “Kakheti Chicks” (Georgia). SwissADME software was used for computational evaluation of the biological effectiveness and bioavailability (safety) of the developed drug combinations [13, 14]. The visible and infrared light microscopy based method and the non-lethal method of long-term monitoring of behavioral and physiological parameters of exposed Wistar rats [9, 15] were used to evaluate the acute toxicity of the developed and control drug combinations. The widely used highly accurate tetrazolium dye (MTT) [16] and annexin V staining [17] assays were applied to evaluate the necrotic and apoptotic efficacy of the tested drug combinations.

Content and testing of the developed drug combinations

24 of various drug combinations were prepared using standard mechanical and ultrasonic agitation (see Table 1). Poziotinib and olmutinib have been recently comprehensively studied using five different software modeling programs [18], which allowed to evaluate the bioavailability, physicochemical properties and pharmacokinetic factors (including solubility, lipophilicity, absorption, distribution, metabolism, and excretion) of the drugs, as well as the passive human gastrointestinal absorption (HIA), blood–brain barrier (BBB) permeation, and substrate or non-substrate of the permeability glycoprotein. Both the computational and experimental testing utilizing A549 cell cultures showed that poziotinib and olmutinib and their synergistic combinations are highly prospective components for effective treatment of lung cancer. At the same time there is a lack of data on the selectivity (therapeutic window, therapeutic value) of the most of anticancer components and drugs. That is why in addition to the computational study [14] we tested the selectivity of mixtures given in Table 1 defined as the ratio of anti-proliferation (necrotic) or apoptotic efficacy against cancer cells to the proliferation (necrotic) or apoptotic efficacy against the healthy NHDF cells.

Table 1

Content and testing of the developed drug combinations

Component Sample No	RbCl, mg	Water, ml	Saline solution (0.9%), ml	DMSO (99.5%), ml	Gemci- tabine, mg/	Pozio- tinib, mg	Olmuti- nib, mg	CuO, mg
1	300	5	2	3	300	-	-	-
2		0.91	6.09			-	-	100
3		1.82	5.18			-	-	200
4		2.73	4.27			-	-	400
5		3.64	3.36			-	-	500
6		4.55	2.45			-	-	600
7		5	2		-	300	-	-
8		0.91	6.09		-		-	200
9		1.82	5.18		-		-	400
10		2.73	4.27		-		-	600
11		3.64	3.36		-		-	800
12		4.55	2.45		-		-	1000
13		5	2		-	-	300	-
14		0.91	6.09		-	-		200
15		1.82	5.18		-	-		400
16		2.73	4.27		-	-		600
17		3.64	3.36		-	-		800
18		4.55	2.45		-	-		1000
19	-	7	3	-	-	-	-	-
20	-			-	-	-	200	
21	-			-	-	-	400	
22	-			-	-	-	600	
23	-			-	-	-	800	
24	-			-	-	-	1000	

Experimental results

The main results of the reported research are as follows:

1. All active components of the developed and tested mixtures demonstrate considerable super-additive synergism of biological anticancer effectiveness, varying from 1.4 to 2.1;
2. Selectivity of the optimized mixtures to cancer cells increases 3 to 5-times, which means that that effectiveness and/or safety of treatment can be improved up to 5-times;
3. Copper oxide nanoparticles are extremely effective synergizing components, especially in combination with DMSO and rubidium chloride.
4. Selectivity of rubidium chloride and gemcitabine-based combinations is up to 2-times higher than of the poztotinib and olmutinib combinations.
5. The obtained results show that in silico computational methods can serve as reliable and precise tools of drug preclinical testing and that computational modeling, in vitro and in vivo non-lethal testing are in good coincide.

ფილტვის არაწვრილუჯრედოვანი კიბოს საწინააღმდეგო კომბინირებული პრეპარატების *in silico* გამოთვლითი, *in vitro* ექსპერიმენტული და არალეტალური *in vivo* მეთოდებით კვლევა პოზიოთინიბთან და ოლმუთინიბთან შედარებით

არჩილ ჩირაკაძე, თეიმურაზ ჩიჩუა, აკაკი გიგინეიშვილი, ზაქარია ბუაჩიძე

რეზიუმე

ფილტვის კიბო ავთვისებიანი სიმსივნეების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და მომაკვდინებელი სახეობაა, როგორც მამაკაცებში, ასევე ქალებში. ამჟამად, დაახლოებით 8-12 წელიწადი და 3 მილიარდ დოლარამდეა საჭირო ახალი ანტისიმსივნური წამლის ტრადიციული სქემით შესამუშავებლად და დასაწერად, რაც უშუალოდ განაპირობებს არსებული სამედიცინო პრაქტიკის დაუშვებლად დიდ ჩამორჩენას თანამედროვე სამეცნიერო კვლევების მიღწევებთან შედარებით. სწორედ ამიტომ, კიბოს ავადობისა და სიკვდილიანობის მნიშვნელოვანი შემცირებისთვის აუცილებელია ზუსტი და სანდო მონაცემების მიღება წინა კლინიკური გამოკვლევის საწყის ეტაპებზე. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს გამოთვლითი მოდელირების მეთოდებით (მაგალითად, *in silico*), აგრეთვე *in vitro* და არალეტალური *in vivo* მეთოდებით გამოყენებით მიღებული შედეგების სიზუსტე, საიმედოობა და ურთიერთკორელაცია. ნაშრომში წარმოდგენილი *in silico*, *in vitro* და *in vivo* ტესტირების შედეგები ნათლად მეტყველებს, რომ გამოთვლითი მოდელირების მეთოდები, *in vitro* და *in vivo* ტესტირების მეთოდებთან ერთად, შეიძლება იყოს წამლების პრეკლინიკური ტესტირების სანდო და ზუსტი საშუალება.

Численное моделирование *in silico*, экспериментальное *in vitro* и нелетальное *in vivo* исследование новых комбинаций противораковых многокомпонентных препаратов против немелкоклеточного рака легких в сравнении с позитинибом и олмутинибом

Арчил Чиракадзе, Теймураз Чичуа, Акакий Гигинейшвили, Захарий Буачидзе

Резюме

Рак легких является одним из самых распространенных и смертоносных типов злокачественных новообразований как у мужчин, так и у женщин. В настоящее время для разработки и внедрения нового лекарства посредством традиционной схемы требуется около 8-12 лет и до 3 миллиардов долларов США. Это является основной причиной недопустимо большого отставания медицинской практики лечения рака от достижений современных научных исследований. Именно поэтому, для существенного снижения заболеваемости и смертности от рака совершенно необходимо иметь точные и достоверные данные самых ранних этапов тестирования, причем особый интерес представляет степень совпадения результатов, полученных с помощью вычислительных (*in silico*) и экспериментальных (*in vitro* и сублетальных *in vivo*) методов исследования на клеточных культурах и моделях животных. Результаты *in silico* (вычислительного) моделирования, а также *in vitro* и сублетальных *in vivo* испытаний хорошо коррелируют друг с другом, показывая, что вычислительные методы могут служить надежными и точными инструментами доклинических испытаний лекарственных средств.

ლიტერატურა - References - Литература

1. American Cancer Society. Cancer Facts & Figures 2023, <https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics/all-cancer-facts-figures/2023-cancer-facts-figures.html> , accessed on July 4, 2024.

2. C. Wenqiang, A. Adnane, W. Shouguo, Y. Qiuliyang, L. Yanhua, Y. Shuguang. Discovering Anti-Cancer Drugs via Computational Methods.
3. M. Chevaller, M. Borgeaud, A. Addeo, A. Friedlaender, Oncogenic driver mutations in non-small cell lung cancer: Past, present and future. *World J. Clin. Oncol.* 2021, 12, 217–237.
4. H. Sajjad, S.Imtiaz, T. advancement in effective cancer research. *Animal Model Exp Med.* 2021, 4, 2, 87-103.
5. The National Health Service (NHS). Clinical Trials, <https://www.nhs.uk/conditions/clinical-trials/>, accessed on July 4, 2024.
6. H. Sajjad, S. Imtiaz, T. Noor, Y. Siddiqui, A. Sajjad, M. Zia. Cancer models in preclinical research: A chronicle review of advancement in effective cancer research. *Animal Model Exp Med.* 2021,4, 2, 87-103.
7. P. Milligan, M. Brown, B. Marchant, S. Martin, P. van der Graaf, N. Benson, et al. (June 2013). Model drug development: a rational approach to efficiently accelerate drug development. *Clinical based Pharmacology and Therapeutics.* 2013, 93, 6, 502–514.
8. A. Chirakadze, D. Jishiashvili, Z. Buacidze, K. Gorgadze, Z. Shiolashvili, A. Jishiashvili, N. Mitagvaria, I. Lazrshvili. New Approaches to development of New Nanomaterials for magnetic Hyperthermia of Cancer Cells and Prospectives of Combined Treatment of Cancer in Georgia. *Journal of Low Dimensional Systems,* 2, 1, 8-12.
9. N. Mitagvaria, A. Chirakadze, G. Chubinidze, N. Dvali, T. Chichua, N. Khuskivadze, M. Devdariani, L. Gumberidze, N. Kostiuichik. Development and Acute Toxicity Testing of Anticancer Drugs Based on Alkali Metal Solutions for Treatment of Non-Small Cell Lung Cancer. *Bulletin of the georgian national academy of sciences.* 2023, 17, 2, 142-147.
10. A. Chirakadze, G. Chubinidze, M. Bose, L. Hatui, N. Dvali, N. Khuskivadze, S.Bhattacharyya, R. Pradhan, M. Devdariani, L. Gumberidze, L. Davlianidze, N.Kostiuchik. Selective toxicity testing of Gemcitabine, DMSO, Rubidium and Cesium salts and Saline Solution Compositions in A549 and NHDF Cell Lines. *Bulletin of the georgian national academy of sciences.* 2023 17, 3, 93-99.
11. D. Jishiashvili, A. Chirakadze, Z. Shiolashvil, A. Jishiashvili, N. Mitagvaria, Studies of the comparatively low-temperature synthesis and preliminary toxic characteristics of silver doped lanthanum manganite nanoparticles using conventional and microwave heating. *Proceedings of MTP: Modern Trends in Physics, Baku State University Publishing House, ISSN 2522-4352, 2019, pp. 47-51.*
12. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, D. Jishiashvili, M. Devdariani, G. Petriashvili, L. Davlianidze, N. Dvali, K. Chubinidze, A. Jishiashvili, Z. Buachidze, I. Khomeriki. Development and Testing of Nanoparticles for Treatment of Cancer Cells by Curie Temperature Controlled Magnetic Hyperthermia. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences.* 2021, 15, 1, 91-99.
13. <https://www.nature.com/articles/srep42717>, accessed from June 12 to July 12, 2024.
14. H.Nguyen, W.Jo, N.Hoang, M.Kim, M.-S. Curcumin-attenuated TREM-1/DAP12/NLRP3 /Caspase-1/IL1B, TLR4/NF-κB pathways, and tau hyperphosphorylation induced by 1, 2-diacetyl benzene: An in vitro and in silico study. *Neurotox. Res.* 2022, 40, 1272–1291.
15. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, N. Lomidze, M. Ambokadze, A. Gigineishvili, Z. Buachidze, T. Chichua, A. Jishiashvili, K. Chigogidze, Z. Chekurashvili, Z.Lipartia, N. Meskhi, L. Zazadze. Development and laboratory and field testing of new combined insecticides against the resistant and non-resistant populations of the Brown Marmorated Stink Bug (*HalyomorphaHalys*). *Annals of Agrarian Science.* 2021, 19, 4, 224-245.
16. P. Twentyman, M.Luscombe. A study of some variables in a tetrazolium dye (MTT) based assay for cell growth and chemosensitivity. *British Journal of Cancer,* 56, 279–285, 1987.
17. E. Miller. Apoptosis measurement by annexin V staining. *Methods of Molecular Medicine.* 2004, 88, 191–202.
18. S. Alamery, A. Al Ajmi , A. T. Wani, S. Zargar. In Silico and In Vitro Exploration of Poziotinib and Olmutinib Synergy in Lung Cancer: Role of hsa-miR-7-5p in Regulating Apoptotic Pathway Marker Genes. *Medicina,* 2923, 59, 1, 2-16.

ქართულ-ინგლისურ გრამატიკულ ლექსიკონში ზმნური სალექსიკონო ერთეულისთვის საწყისის შერჩევის შესახებ

გიორგი ჩიკოიძე, ანა ჩუტკერაშვილი, ნინო ჯავაშვილი

(gogichikoidze, ninojavashvili)@yahoo.com, annachutkerashvili@gmail.com

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ქართულ-ინგლისურ გრამატიკულ ლექსიკონში სალექსიკონო ზმნური ერთეულებისთვის მართებული საწყისის შერჩევის საკითხი, რომელსაც, რიგ შემთხვევებში, ართულებს ქართულ ენაში უსაწყისო ზმნების არსებობა.

ლექსიკონის სტრუქტურა განაპირობებს თითოეული სალექსიკონო ერთეულისთვის საწყისის აუცილებლობას. ქართულ ენაში კი საწყისი ყველა ზმნას არ აქვს. ძირითადად, საწყისი არ მოეპოვებათ ნასახელარ ზმნებს, ნაზმნარ სახელებს, საშუალი გვარის ზმნების ნაწილსა და სხვა მცირე ჯგუფსაც. მაგალითების განხილვის საფუძველზე სტატიაში წარმოდგენილია ამ პრობლემის გადაჭრის გზები და საშუალებები. დასაბუთებულია თითოეული ტიპის ზმნებისთვის სათანადო საწყისის შერჩევის მიზანშეწონილობა.

მოცემულია საწყისების ინგლისური თარგმანებიც, რომელთაგან ზოგი ქართული საწყისის პირდაპირი შესატყვისია, ზოგი კი აღწერილია არის ნაწარმოები.

საკვანძო სიტყვები:

გრამატიკული ლექსიკონი, უსაწყისო ზმნები, სალექსიკონო ერთეული

ქართულ-ინგლისურ გრამატიკულ ლექსიკონში (შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი¹) სალექსიკონო ერთეულად აღებულია მყოფადის მწკრივის მხოლოდითი რიცხვის მესამე პირის ფორმით გამოხატული ქართული ზმნური ფორმა. მას უშუალოდ მოჰყვება ამ ზმნის საწყისი ქართულ ენაზე და შემდეგ მისი შესაბამისი ინგლისური თარგმანი თავისი სინონიმებით (თუ ასეთი აქვს). ქართული საწყისებისთვის ინგლისური ეკვივალენტი ყოველთვის არ იძებნება და, ასეთ დროს, მისი ჩანაცვლება ხდება ქართულთან სემანტიკურად ზედმიწევნით მსგავსი სიტყვით ან შესიტყვებით. სირთულე ზოგჯერ სწორედ სათანადო ქართული საწყისების მისადაგებაა.

ქართულ ენაში არის გარკვეული ტიპის ზმნები, რომელთაც საწყისის ფორმა არ ეწარმოებათ. აკაკი შანიძე მათ უსაწყისო ზმნებს უწოდებს [1]. მათ რიცხვშია ნასახელარი ზმნები, ნაზმნარი სახელები და რაღაც ნაწილი საშუალი გვარის ზმნებისა. ალბათ, ესეც არის ერთ-ერთი მიზეზი იმისა, რომ ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში (ქეგლ) [2], რომელსაც ვეყრდნობით ჩვენი ლექსიკონის შექმნისას, ზემოთ ჩამოთვლილი კატეგორიების ზმნებისთვის საწყისების მოძიება რთულია. ჩვენს გრამატიკულ ლექსიკონში კი საწყისის ქონა აუცილებელია. ამიტომ მოგვიხდა საწყისების ჩვენეული ვარიანტების შექმნა, რაშიც დაგვეხმარა „დიდი ქართულ-ინგლისური ლექსიკონი“ [3]. ამ ლექსიკონში, სხვა ორენოვანი ლექსიკონებისგან განსხვავებით, სალექსიკონო ერთეულებად წარმოდგენილია ზმნის პირიანი ფორმები, რაც ძალიან სასარგებლოდ და მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია. ლექსიკონი ინტეგრირებულია ვებგვერდზე [4]. ასევე ვისარგებლეთ სხვა ზმნების საწყისების ანალოგიებით, იშვიათად ინტუიციითაც.

¹ ქართულ-ინგლისური გრამატიკული ლექსიკონის კომპილერი. შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი, FR-21-3509.

რამდენიმე კონკრეტული მაგალითის განხილვის საფუძველზე გაგაცნობთ ახალი საწყისების შექმნის პრინციპებს და დავასაბუთებთ შეძლებისდაგვარად.

ნასახელარი ზმნები

ანუგეშებს. ბაზაში სახელი „ნუგეში“-სგან გვხვდება ზმნური ფორმები: ანუგეშებს, ანუგეშებიანებს, დაანუგეშებს, ინუგეშებს.

ქველ-ში „ნუგეში“ ფუძეზე იძებნება საწყისები: *დანუგეშება* როგორც „სახელი დანუგეშდება ზმნის მოქმედებისა“ და *ნუგეშობა* როგორც „სახელი ნუგეშობს ზმნის მოქმედებისა“. ამ ორი საწყისიდან *დანუგეშება* ასევე იქნება *დაანუგეშებს* ზმნის საწყისი. ნუგეშობა – *ინუგეშებს* საშუალო ზმნის საწყისი.

რაც შეეხება *ანუგეშებს*, *ანუგეშებიანებს* ზმნებს, რომელთაც ქველ-ში საწყისი არ ეძებნებათ, მათი საწყისი (სხვა ნასახელარ ზმნათა მსგავსად), აკაკი შანიძის თანახმად, შეიძლება იყოს თვითონ სახელი *ნუგეში*. „მოიპოვება რიგი ნასახელარი ზმნებისა, რომელთაც არა აქვთ საწყისი. საჭიროების შემთხვევაში საწყისის მაგივრობას მათ თვით ის სახელი უწევთ, რომლისაგანაც ნაწარმოებია ეს ზმნები“ [1, § 578].

საბოლოოდ, ამ ზმნებს ლექსიკონში ასეთი სახე ექნებათ:

სალექს. ერთ.	საწყისი	ინგლისური თარგმანი
ანუგეშებს	ნუგეში	to console sb
ანუგეშებიანებს	ნუგეში	to comfort
დაანუგეშებს	დანუგეშება	to console sb, to give fresh heart to sb
ინუგეშებს	ნუგეშობა	to find solace, to console

ახეირებს. ქველ-ში ზმნის ამ ფორმის განმარტება ასეთია: „ახეირებ-ს (ახეირა, უხეირებია) გრდმ. 1. ხეირს მისცემს, სარგებლობას მოუტანს“. თუმცა, არ არის მითითებული მისი საწყისი. ვთვლით, რომ საწყისად შეიძლება გამოყენებული იყოს *ხეირი* ან *ხეირობა* – რისიმე/ვისიმე ხარჯზე სარგებლის ნახვა“ [2]. მით უმეტეს, რომ *ხეირობს* ზმნა ასე განიმარტება: *ხეირობ-ს* (იყენ. იხეირა, უხეირია) გრდმ. სტატ. 1. ხეირს, სარგებლობას იძლევა“.

ახეირებს – ხეირობა – to benefit, to profit

დაფოთლავს. ეს ნასახელარი ზმნა ქველ-ში შეტანილი არ არის, მაგრამ არის მისგან ნაწარმოები მიძლეობა *დაფოთლილი*, და არის კიდევ ვნებითი გვარის ზმნური ფორმა *დაიფოთლება*. ასევე, არსებობს ამ ფუძისგან (ფოთოლ) ნაწარმოები ზმნა *გაფოთლავს* თავისი საწყისით *გაფოთვლა*. ყველაფერი ეს გვაფიქრებინებს, რომ *დაფოთლავს* ზმნის საწყისად თავისუფლად შეგვიძლია მივიჩნიოთ *დაფოთვლა*.

დაფოთლავს – დაფოთვლა – to cover with pockmarks

დააშვავებს. შვაკი იგივეა, რაც ზვაკი. რადგანაც ზვაკისგან ნაწარმოებია ზმნის ფორმა *დააშვავებს* საწყისით *დაშვავება* და ასეთნაირად არის შეტანილი ქველ-ში, აგრეთვე არის *დააშვავებს* ფორმაც და არ არის მისი საწყისი *დაშვავება*, ამ ანალოგიით მართებულად მივიჩნიეთ *დაშვავება* ჩაიწეროს *დააშვავებს* ზმნის საწყისად.

დააშვავებს – დაშვავება – to fall as an avalanche, to collapse

ამ ტიპის ზმნები ბევრია, რომელთა განხილვა შორს წავგიყვანს, ამიტომ კიდევ რამდენიმეს დავასახელებთ:

დარდობს. ქველ-ში მისი განმარტება ასეთია: „**დარდობა** (დარდობისა) სახელი დარდობს ზმნის მოქმედებისა, _დარდი, ფიქრი, წუხილი, ნაღვლიანობა“ [2]. ამ სახელური ფუძიდან ნაწარმოები რამდენიმე ზმნის განმარტება:

“*დარდობ-ს* (იყენ. *იდარდა, უდარდნია*) გრდუფ. *დარდი აქვს, _ნაღვლობს, წუხს*”.
იდარდებ-ს (*იდარდა, უდარდნია*) გრდმ. *დარდი ექნება, დარდს დაიწყებს, – ინაღვლებს, იწუხებს*.

ადარდებ-ს (*ადარდა, უდარდებია*) გრდმ. *დარდი აქვს, აწუხებს*.

ადარდიანებს-ს (‘და’ადარდიანა, ‘და’უადარდიანებია) გრდმ. დარდიანს ხდის, – ანდვლიანებს“ [2].

ამ ზმნებს მოქმედების სახელი, ანუ საწყისი არ უწერიათ განმარტებით ლექსიკონში. რადგანაც მათი განმარტებები უმთავრესად ემთხვევა დარდობა სახელის განმარტებას, ამიტომ ვთვლით, რომ იგივე სახელი (დარდობა) შეიძლება ჩაიწეროს ზემოთ ჩამოთვლილი ზმნების საწყისად იმის მიუხედავად, რომ ეს არ ეთანხმება ზემოთ ნათქვამს უსაწყისო ზმნების შესახებ.

- დარდობს – დარდობა – make sb sad, cause sb grief
- იდარდებს – დარდობა – make sb sad, cause sb grief
- ადარდებს – დარდობა – make sb sad, cause sb grief
- ადარდიანებს – დარდობა – make sb sad, cause sb grief

დააბოლებს. არც ამ ზმნას აქვს მოქმედების სახელი ქველ-ში, თუმცა ამ ფუძისგან სხვა ზმნისწინით ნაწარმოებ ზმნებს „ააბოლებს“, „აბოლდება“ აქვს საწყისი „აბოლება“ („აბოლება (აბოლებისა) სახელი ააბოლებს, აბოლდება ზმნათა მოქმედებისა“) და მიმდებარე (აბოლებული). როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, იქიდან გამომდინარე, რომ ჩვენს ლექსიკონში ზმნური ფორმისთვის აუცილებელია საწყისის ქონა, ზმნას დააბოლებს საწყისად ვუწერთ დაბოლება-ს.

დააბოლებს – დაბოლება – to smoke sth

სხვა ნასახელარი ზმნებისგან განსხვავებით, ობა-თი ნაწარმოები სახელები საწყისად ნაწარმოებ ფორმას იყენებენ. აღსანიშნავია, რომ ხშირად მათი ინგლისური შესატყვისები აღწერთი სახისაა:

- ბერიკაცობს ბერიკაცობა to act like an old man
- ადამიანობს ადამიანობა to show human qualities
- ამპარტავნობს ამპარტავნობა to act proudly
- ასამხრებს სამხრობა to have snack after dinner
- ასკინკილაობს ასკინკილაობა to play hop scotch

რთული აღმოჩნდა ისეთი ნასახელარი ზმნების საწყისების მოძიება, როგორცაა: **უანდერძებს** – ანდერძის დატოვება; **უსახსოვრებს** – სახსოვრად მისცემს, მიუძღვნის; **უდეპეშებს** დეპეშას გაუგზავნის; **უსაყვედურებს** – საყვედურს ეტყვის; **უპატაკებს** – პატაკს აძლევს და სხვა მსგავსი სიტყვები. ლექსიკონში გვხვდება მათი კაუზატიური ფორმებიც – ასახსოვრებინებს, აანდერძებინებს. ეს ზმნები ქველ-ში უსაწყისოდ, მხოლოდ ობიექტური ქცევის ფორმებით არის მოცემული. რადგან ჩვენს ლექსიკონში ორსიტყვიან საწყისებს ვერ ვიყენებთ (დეპეშის გაგზავნა, ანდერძის დატოვება, საყვედურის თქმა და ა.შ.), ისევ ა. შანიძის თანახმად, სახელით (ანდერძი, დეპეშა, სახსოვარი, საყვედური) სარგებლობა მოგვიწევს. მათი ინგლისური თარგმანი კი აღწერთი სახის იქნება.

- უანდერძებს ანდერძი to make sb inherit
- უსახსოვრებს სახსოვარი to give sb sth as a memento
- უდეპეშებს დეპეშა to telegraph sth to sb, to wire sb
- უპატაკებს პატაკი to present a report to sb

ამასთან დაკავშირებით, აღსანიშნავია, რომ *ადღევრძელებს* ზმნას ქველ-ში ამდაგვარი სახელებისგან განსხვავებული განმარტება აქვს: „დღევრძელება (დღევრძელებისა) სახელი ადღევრძელებს ზმნის მოქმედებისა. დღევრძელობის, ხანგრძლივი სიცოცხლის სურვება; ვინმეს სადღევრძელოს დალევა“ [2].

ნაზმნარი სახელები

ა. შანიძის მიხედვით [1], ნაწილი ნაზმნარი სახელებისა წარმოებულია ზმნური ფუძეებისგან სუფიქსების დართვით და შინაარსით ამ ზმნის საწყისებს წააგავს. მაგალითად, ზუზ-უნ-ი, ფაჩ-უნ-ი, ფხაკ-უნ-ი, ტყლაშ-უნ-ი და სხვა. ამ ფუძეებისგან ნაწარმოები ზმნები ზოგი იკეთებს საწყისს, ზოგი კი არა და საწყისად თვით ამ სახელს იყენებს. *ფაჩუნისგან* ნაწარმოებ ზმნებს – *აფაჩუნებს*, *აფაჩუნდება* ქეგლში არ აქვთ მითითებული საწყისი და, სხვა ასეთივე სახელების მსგავსად, მათ საწყისად უნდა მივიჩნიოთ *ფაჩუნი* ან *აფაჩუნება*. ასეთი ნაზმნარი სახელებია, აგრეთვე, ჭყაპუნი, კაპუნი, კნატუნი, კნაწუნი და ა.შ. *აზუზუნებას* კი აქვს საწყისი. უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ ზმნისწინიც განსაზღვრავს საწყისის არსებობას. *გა-* და *და-* ზმნისწინით ნაწარმოებ სახელურ ფორმებს უფრო ხშირად აქვთ საწყისი, ვიდრე *ა-* ზმნისწინიანს. მაგალითად, იგივე *ფაჩუნს* აქვს *დაფაჩუნება*, *გაფაჩუნება* საწყისები და არ აქვს *აფაჩუნება*. ასევე *კრაჭუნს* აქვს *გაკრაჭუნება*, *დაკრაჭუნება* და არ აქვს *აკრაჭუნება*.

ნიმუშის სახით მოვიყვანთ რამდენიმე მაგალითს გარკვეული ზმნებისა, რომლებიც კიდევ უფრო მეტ თავისებურებას ამჟღავნებენ და მათთვის სათანადო საწყისის მისადაგება უფრო რთული აღმოჩნდა.

დააკურთხებს. ლექსიკონში ზმნის ფორმა/ლემა არის *დააკურთხებს*, რაც ქეგლ-ში განმარტებულია ასე: *დააკურთხებს-ს* (დააკურთხა, დაუკურთხებია) გრდმ. იხ. *აკურთხებს*. მაგრამ მითითებული არ არის სახელი *დააკურთხებს* ზმნის მოქმედებისა, ანუ საწყისი. *აკურთხებს* კი, რომლის ხილვაზეც მიგვითითებს სალექსიკონო სტატია, განმარტებულია, როგორც „*აკურთხებს-ს* (აკურთხა, უკურთხებია) გრდმ. კურთხევის წესს “შეასრულებს, კურთხევით დალოცავს“ [2]. ამ ზმნების ანალოგიით, *დააკურთხებს* ზმნის საწყისად უნდა მივიჩნიოთ *დააკურთხება*.

დააკურთხებს – დააკურთხება – to give a blessing, to bless sth

დაამყოფებს. „დაამყოფებს-ს (დაამყოფა, დაუმყოფებია) გრდმ. სადმე მყოფს გახდის, – დატოვებს, დაარჩენს, ამყოფებს“ [2]. აქ უმჯობესია საწყისი ჩავწეროთ *დაამყოფება*, ვიდრე, მაგალითად, *მყოფობა*. „*მყოფობა* (მყოფობისა) წიგნ. ყოფნა, არსებობა“.

ამყოფინებს. სხვადასხვა ლექსიკონებში და საენათმეცნიერო კვლევებში სიტყვა *მყოფინება* გამოყენებულია კმარების მნიშვნელობით [5], [6], [7]. ქეგლ-ში *კმარება* განმარტებულია როგორც „*კმარება* (კმარებისა) სახელი აკმარებს ზმნის მოქმედებისა, – ყოფნინება“, თუმცა ეს უკანასკნელიც (ყოფნინება) არ არის განმარტებული, მაგრამ მისი სახეცვლილი ვარიანტი – *ყოფინება* არის საბას ლექსიკონში. „ყოფინება, რაღაც რიგით იკმასო“ [8]. ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ *ამყოფინებს* ზმნის მოქმედების სახელად მივიჩნიოთ *მყოფინება*.

დაამყოფებს – დამყოფება – to let sb stay, to leave sb

ამყოფინებს – მყოფინება – to make sth suffice for sb

ანაცვალებს. ამ ზმნის მოქმედების სახელი, სავარაუდოდ, *ნაცვლობა* უნდა იყოს *შენაცვლებას* ანალოგიით (*ენაცვლება* ზმნის მეორე მნიშვნელობა). „*ენაცვლება-ა* (ენაცვალა, ...) გრდუვ. ვნებ. ანაცვ'ა'ლებს ზმნისა. 2. შეენაცვლება ჭირში, თავს დასდებს მის ნაცვლად; შე'ეწირება, ემსხვერპლება.“

ანაცვალებს – ნაცვლობა – to sacrifice sth for sb.

სტატიკური ზმნები

საწყისების შერჩევა ყველაზე რთული აღმოჩნდა სტატიკური ზმნებისათვის. პირველ რიგში ასეთი ფორმები, ძირითადად, ძველი ფორმებია და ზოგი მათგანი თანამედროვე ქართულში უკვე იშვიათად იხმარება. მაგალითად: *ამწკრივია*, *აყუდია*, *მართებს*, *სჩრია*,

სჩხირია, სჭირია, სწადს და სხვ. ამ ზმნების უმეტესობას (ამწკრივია, სჩხირია, მართებს) საერთოდ ვერ მივუსადაგეთ საწყისი. თუმცა ბევრ თანამედროვე სტატიკურ ზმნასთანაც გაჭირდა შესაბამისი საწყისის პოვნა. ამიტომ მოგვიწია სხვა, შინაარსობრივად მსგავსი ფორმების გამოყენება: ურჩევნია – მჯობინება; აბადია, აობრია, ატიალია, აშავია – ქონა.

რაც შეეხება სცივა, სცხელა, ჰგრილა ზმნებს. ისინი მიღებულია ცივ არს, ცხელ არს, გრილ არს ფორმებისგან. დ. მელიქიშვილის წიგნში [9] სცივა პარადიგმის სახელად მითითებულია სიცივე (სცივა (სიცივე)). სიცივე, სიგრილე და სიციხელეც ქველ-ში განმარტებულია, როგორც მდგომარეობა (სიგრილის), თვისება (ციხელის) ან ყოფნა ცივად, ცხლად და გრილად. აქედან გამომდინარე, ამ სიტყვების საწყისებად ჩვენ მივიჩნით ფორმები: სიცივე, სიციხელე, სიგრილე.

ანალოგიურად, სტატიკურ ფორმას უმძიმს საწყისად მივუსადაგეთ სიმძიმელი, ვინაიდან მძიმედ ყოფნაც თვისება-მდგომარეობაა.

სცივა – სიცივე – he/she/it is cold

სცხელა – სიციხელე – he/she/it is hot

ჰგრილა – სიგრილე – he/she/it feels cool

უმძიმს – სიმძიმელი – it is hard for him/her/it

დაბოლოს, დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ, როგორც განხილული მაგალითებიდან ჩანს, ქართულ სტატიკურ ფორმებს ინგლისურში სათანადო სტატიკური ფორმები თითქმის არ ეთანადება. ხშირ შემთხვევაში ქართული სტატიკური ზმნები ინგლისური ენის პასიურ კონსტრუქციას ემთხვევა, გარდა ეგდო/ეყარა ზმნებისა, რომლებიც ინგლისურ to be ზმნას შეესაბამება და ამ დროს ორივე ენა სტატიკურ ფორმას იყენებს.

ეს ყველაფერი ბუნებრივია ქართული და ინგლისური ენების რადიკალურად განსხვავებული მორფოლოგიური კონსტრუქციიდან გამომდინარე. ინგლისური ენა თავისი ანალიზური სტრუქტურის გამო მოკლებულია აფიქსაციას. ქართულისგან განსხვავებით, განსაკუთრებით მარტივი მორფოლოგიური სტრუქტურა ახასიათებს ინგლისურ ზმნას. ქართული ზმნური ძირიდან ათასობით ფორმის წარმოება შესაძლებელი, შესაბამისად, ზუსტი შესატყვისების მოძებნა ამ ორი ენისთვის, ხშირ შემთხვევაში, ძალიან რთულია. ძირითადად, ქართული საწყისებისთვის შეუძლებელია ისეთი შესატყვისი ინგლისური ფორმების მოძებნა, რომლებიც მხოლოდ ერთი ენობრივი ერთეულით არის გადმოცემული. სწორედ ამის გამოა, რომ ლექსიკონში ქართული ერთეულისთვის შესაბამისი ინგლისური სალექსიკონო ერთეულები უფრო მეტად აღწერითი სახით არის წარმოდგენილი.

On the Selecting of the Gerund forms for the Verb Unit in the Georgian-English Grammatical Dictionary

George Chikoidze, Anna Chutkerashvili, Nino Javashvili,

Summary

The paper considers the issue of selecting the corresponding gerund for lexical verb units in the Georgian-English grammatical dictionary, which in some cases is complicated by the presence of the verbs with no infinitive forms in the Georgian language.

The structure of the dictionary dictates the need for an infinitive form for each lexical unit. It's well known that not all verbs have gerund in the Georgian language. Basically, non-gerund forms are found for nominal verbs, verbal nouns, part of medial verbs and other small groups. Based on the discussion of examples, the paper presents ways and means of solving the task. The appropriateness of selecting an appropriate gerund for each type of verb is justified.

English translations of the infinitive are also given, some of which are a direct match of the Georgian gerund forms, while others are descriptive.

О выборе инфинитива глагольной лексической единицы в грузино-английском грамматическом словаре

Георгий Чикоидзе, Анна Чуткерашвили Нино Джаваშвили

Резюме

В статье рассматривается вопрос выбора правильного инфинитива для лексических глагольных единиц в грузино-английском грамматическом словаре, который в ряде случаев осложняется наличием инфинитивной формы глаголов в грузинском языке.

Структура словаря диктует необходимость наличия инфинитива для каждой лексической единицы. В грузинском языке не все глаголы имеют инфинитив. В основном не встречаются инфинитивные формы у именных глаголов, наречий существительных, части глаголов среднего рода и других небольших групп. На основе обсуждения примеров в статье представлены пути и средства решения данной проблемы. Обоснована целесообразность подбора подходящего инфинитива для каждого вида глаголов.

Также представлены английские переводы инфинитивов, некоторые из которых напрямую соответствуют грузинским формам, а другие представляют собой описательную форму.

ლიტერატურა – References – Литература

1. შანიძე ა., ქართული ენის გრამატიკის საფუძვლები, თბილისი 1973.
<https://archive.org/details/shanidze/page/141/mode/2up>,
2. ქართული ენის განმარტებითი ელექტრონული ლექსიკონი
<http://ena.ge/explanatory-online>,
3. Comprehensive Georgian-English Dictionary (Editor-in-Chief – D. Rayfield). Garnett Press, London 2006,
4. Online translate.ge <https://translate.ge/>
5. ქართულ-ოსური ლექსიკონი
<http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=31&t=27322>,
6. ქართულ-აფხაზური ლექსიკონი
<https://cciir.ge/images/pdf/Georgian-Abkhazian-dictionary.pdf>,
7. ჩუხუა მ. ქართულ-ჩერქეზულ-აფხაზური ეტიმოლოგიური ძიებანი
<https://el.ge/uploads/2554/4588.pdf>,
8. სულხან-საბა ორბელიანი, ლექსიკონი ქართული
<http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=8&t=49412>,
9. მელიქიშვილი დ., ქართული ზმნის უღლების სისტემა. გამომცემლობა “ლოგოს პრესი”, თბილისი, 2001.

*ნაშრომი განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს
ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი FR-21-3509)*

ქართულ↔ინგლისურ ლექსიკონში ომონიმური ორაზროვნების მოხსნა WordNet თესაურუსის გამოყენებით

მანველ კლოიანი, ლიანა ლორთქიფანიძე, ლევან მაკრახიძე

manvel.kloyan@gmail.com, l_lordkipanidze@yahoo.com,

Levani.makrakhidze@gmail.com

რეზიუმე

სიტყვათა ორაზროვნება ერთ-ერთი მთავარი პრობლემაა მანქანური თარგმნის დროს. მართალია ქართულ-ინგლისური გრამატიკული (GeoEngGramDic) ლექსიკონის შემუშავების დროს ჩვენ ლექსიკურ ბაზას ვამდიდრებთ GeWordNet თესაურუსის გამოყენებით, მაგრამ საწყისი ენიდან სამიზნე ენის შესატყვისის მოსაძიებლად აუცილებელია ლექსიკონს ჰქონდეს დამატებითი ფუნქციონალი სხვადასხვა ომონიმური მნიშვნელობებიდან ერთადერთი სწორი პასუხის ამოსარჩევად.

ნაშრომში განვიხილავთ ონტოლოგიაზე დაფუძნებული ინგლისურ↔ქართული იერარქიზებული ლექსიკონის აგების მეთოდოლოგიას და სიტყვათა შორის ლექსიკურ კონცეპტუალურ მანძილზე დაფუძნებული სამიზნე შესატყვისის ძიების ალგორითმს, როგორც სათარგმნი სისტემის ერთ-ერთ მოდულს.

საკვანძო სიტყვები:

ავტომატური ლექსიკონი, მანქანური თარგმნა, ორაზროვნების მოხსნა, სიტყვათა ლექსიკური ბაზა

1. შესავალი

ბუნებრივ ენაში ერთსა და იმავე სიტყვას სხვადასხვა კონტექსტში შეიძლება განსხვავებული მნიშვნელობა ჰქონდეს. მართალია, კონკრეტულ დისკურსში ადამიანი მარტივად შეარჩევს საჭირო ვარიანტს, მაგრამ ავტომატური სისტემისთვის ეს უმეტესწილად პრობლემას წარმოადგენს. მაგალითად, განვიხილოთ ქართული სიტყვა *ბარი*. კომპიუტერმა შესაძლოა არასწორად თარგმნოს შემდეგი ლექსი ქართულიდან ინგლისურად:

„მაგონდება ბარი,	Reminds me of the bar,
არა მთა და ბარი,	not a mountain and a bar,
არც თოხი და ბარი,	neither hoe nor bar,
მხოლოდ ღამის ბარი.“	Night bar only.

(ე. ჯავახაძე, მაგონდება..).

ანუ, ფაქტობრივად, *ბარი* ყველგან ითარგმნება *ღვინის ბარის*¹ მნიშვნელობით მაშინ, როდესაც სტროფის მხოლოდ პირველ და ბოლო სტრიქონშია ნაგულისხმევი მსგავსი გაგება, ხოლო მეორე სტრიქონში სამიზნე სიტყვაა - *lowland* ან *dale* და მესამეში - *spade*.

სამიზნე ენაში ექვივალენტური სიტყვების შერჩევას ორენოვანი ლექსიკონიდან ორაზროვანი სიტყვების სათარგმნად, ხშირად უწოდებენ ორაზროვნების მოხსნას – WSD (Word Sense Disambiguation). კონტექსტის მიხედვით, სიტყვის ორაზროვნების მოსახსნელად აუცილებელია, პირველ რიგში, ყოველი განხილული სიტყვის ყველა განსხვავებულ მნიშვნელობათა სიის ჩამოყალიბება. ამის შემდეგ გაურკვევლობა მოიხსნება ორაზროვანი სიტყვის შესაბამისი კონტექსტის და აღნიშნულ სიაში შერჩეული მნიშვნელობის მიხედვით [4].

¹ ბარი - დაწესებულება, სადაც ალკოჰოლურ სასმელებს მიირთმევენ დახლთან.

სიტყვების ორაზროვნების მოსახსნელად ბევრი მკვლევარი მიმართავს WordNet-ს [5], მისი ფართო მოქმედების არის, მდიდარი ლექსიკური ინფორმაციისა და უფასო ხელმისაწვდომობის გამო. თუმცა, მასში ცნებათა წვრილმან განსხვავებებს ხშირად უფრო ზედმეტი ყურადღება აქვს მიქცეული, ვიდრე ეს აუცილებელია ბუნებრივი ენის დამუშავების სისტემებისთვის [6]. აგრეთვე, არასაკმარისია WordNet-თან მხოლოდ არა-ინგლისური სიტყვების დაკავშირება, ხშირად საჭიროა ცნებების შემდგომი დაზუსტება (გაერთიანება და/ან გაუქმება). ზოგიერთი მკვლევარი [7] ცდილობდა შეემსუბუქებინა ეს ინგლისური WordNet ცნებების „შემოყრით“, რომლებიც ითარგმნება ერთი და იმავე სიტყვებით. სხვა ავტორებმა [6] შექმნეს საკუთარი ლექსიკური ცოდნის ბაზები, რომლებიც შეეფერება მათ საჭიროებებს.

მანქანური თარგმანის ხარისხის გასაუმჯობესებლად, ჩვენ გთავაზობთ ონტოლოგიაზე დაფუძნებული ქართულ↔ინგლისური ლექსიკონის გამოყენებას, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ენობრივ ინფორმაციას, როგორც ენობრივი რესურსების ნაწილს, ომონიმის ავტომატურად მოხსნის მიზნით.

2. GeWordNet თესაურუსზე დაფუძნებული ლექსიკონის აგება

WordNet არის ლექსიკური მონაცემთა ბაზა, რომელიც შექმნილია ფსიქოლინგვისტურ პრინციპებზე [5]. ის შემუშავებულია პრინსტონის უნივერსიტეტში და უკვე მრავალი წელია, თავისუფლად არის ხელმისაწვდომი. იგი ძალიან ფართოდ გამოიყენება ენის ინჟინერიაში. WordNet ინგლისურენოვანი რესურსია. ევროკავშირის ბოლო პროექტში შეიქმნა მისი ახალი ვერსია დამატებული ინტერლინგვური ინდექსებით, რომლებიც აკავშირებენ სხვადასხვა ენების სინსეტებს², - EuroWordNet (<http://www.hum.uva.nl/~wn>) და ასევე იქმნება სხვა ენებისთვისაც. იმავე საბაზისო სისტემაზე დაყრდნობით ჩვენს განყოფილებაში შემუშავდა ქართული ვარიანტი - GeWordNet [1-3, 8].

ორიგინალის მსგავსად, GeWordNet-ი ძირითადად ორგანიზებულია არსებითი სახელის, ზმნის და ზმნიზედის: სინონიმის (ფილოლოგია→ლინგვისტიკა), ჰიპერონიმის (ვაშლი → ხილი), ჰიპონიმის (ხილი → ვაშლი), ჰყავს წევრი (ფაკულტეტი → პროფესორი), არის წევრი (პილოტი → ეკიპაჟი), მერონიმის (სკამი → ფეხი); ხოლო ზედსართავებისთვის – ანტონიმის მიხედვით (მაღალი → დაბალი, დაბალი → მაღალი). თითოეული სიტყვის ყოველი მნიშვნელობა განლაგებულია სინსეტის ერთ კვანძში. თითოეული სინსეტი შეიცავს სინონიმების ან სინონიმური ფრაზების ჩამონათვალს და ინდექსებს, რომლებიც აღწერს ურთიერთობას მასსა და სხვა სინსეტებს შორის. ომონიმური სიტყვები, რომლებსაც აქვთ მრავალი მნიშვნელობა, შედის რამდენიმე სინსეტში და შეიძლება მიეკუთვნებოდეს სხვადასხვა სინტაქსურ და ლექსიკურ კლასს.

ონტოლოგიაზე დაფუძნებული მორფოლოგიური ლექსიკონის აგება ოთხ ამოცანას მოიცავს: ონტოლოგიის ტაქსონომიური სტრუქტურის აგება, ლექსიკური ჩანაწერების და მათში შემავალი ინფორმაციის მომზადება, ლექსიკური ჩანაწერების კატეგორიზაცია ონტოლოგიაში შესაბამისი სემანტიკური კლასების მიხედვით და ლექსიკურ ჩანაწერებს შორის შესაფერისი მიმართებების დაზუსტება.

GeoEngGraDic ლექსიკის ტაქსონომიური სტრუქტურა დაფუძნებულია GeWordNet-ზე [4]. GeoEngGraDic შეიცავს დაახლოებით 100,000 ქართულ სიტყვას, რომლებიც კატეგორიზებულია ოთხ იერარქიაში: არსებითი სახელები, ზმნები, ზმნიზედები და ზედსართავები.

GeWordNet-ში ითარგმნა თითოეული სემანტიკური კლასის საკვანძო სიტყვა - ლემა ქართულად და შესაბამისად დაუკავშირდა მას GeoEngGraDic-ის იერარქიული სტრუქტურა.

GeWordNet-ის თითოეული ლექსიკური ჩანაწერი წარმოადგენს სიტყვის განსხვავებულ მნიშვნელობას და შეიცავს შემდეგ ინფორმაციას:

² სინსეტი - WordNet-ის მიხედვით ერთი ან მეტი სინონიმის ერთობლიობა, რომლებიც ურთიერთშემცვლელნი არიან გარკვეულ კონტექსტში, იმ წინადადების ჭეშმარიტების მნიშვნელობის შეცვლის გარეშე, რომელშიც ისინია ჩასმული.

- სინსეტის საიდენტიფიკაციო ნომერი,
- ლემა ინგლისურად,
- ექვივალენტური ლემა ქართულად,
- მეტყველების ნაწილი,
- ლემის განმარტება კონკრეტული მნიშვნელობისთვის ინგლისურად,
- ლემის განმარტება კონკრეტული მნიშვნელობისთვის ქართულად.

სურათი 1 გვიჩვენებს ლექსიკური ჩანაწერის ნიმუშს სიტყვა *hand*-ისთვის, რომელიც შეიცავს ქართულ და ინგლისურ ექვივალენტებს.

Synsetid	En_lemma	Ge_lemma	pos	En_definition	Ge_definition
109894819	hand	მოთამაშე	n	a card player in a game of bridge	ბანქოს მოთამაშე ბრიჯის თამაშში
110196310	hand	მოჯამაგირე	n	a hired laborer on a farm or ranch	დაქირავებული მუშა ფერმაში ან რანჩოში
110196310	hand	მუშახელი	n	a hired laborer on a farm or ranch	დაქირავებული მუშა ფერმაში ან რანჩოში
113675711	hand	ხელი	n	a unit of length equal to 4 inches	ზედა კიდურის (სატაცი) ნაწილი

სურ.1.

ლექსიკური ჩანაწერის ნიმუში სიტყვა *hand*-ისთვის. განმარტებების ჩანაწერები ამოღებულია WordNet-დან.

ლექსიკური ჩანაწერების ეგზემპლარები დაკავშირებულია შესაბამისი სემანტიკური კლასების კვანძებთან. სიტყვა ერთი ენიდან მეორეზე ითარგმნება ლექსიკური ჩანაწერიდან აღებული ექვივალენტური მნიშვნელობის მიხედვით. სხვადასხვა ცნებების ურთიერთკავშირების ამოღება ხდება GeWordNet-დან. პირველ რიგში, არსებითი სახელის ხეში წიბოები წარმოადგენს ჰიპონიმის და მერონიმის [9]. მამასადამე, ჩვენი ლექსიკონი უკვე შეიცავს არსებითი სახელის მიმართებებს: "არის" და "ნაწილია". გარდა ამისა, GeoEngGraDic-ი შეიცავს ვალენტობისა და შერჩევის სხვა შეზღუდვების შესახებ ინფორმაციას იმ ზმნების, ზედსართავებისა და ზმნიზედების საკვანძო სიტყვებისთვის, რომლებიც შეიძლება იყოს ჩართული ლექსიკონში. სიტყვა-ფორმების მორფოლოგიური მახასიათებლების ამოღება ხდება GeoTrans მორფოლოგიური ანალიზატორის დახმარებით [9-11]. ჩვენ შეგვიძლია გამოვიყენოთ GeWordNet-ის სხვა კავშირებიც გარდა ჰიპონიმისა და მერონიმისა: თუ ორ სინსეტს შორის არსებობს სხვა ბმულებიც GeoEngGraDic-ის ლექსიკონში შესაბამის ორ ლექსიკურ ჩანაწერს შორისაც გენერირდება შესაბამისი წიბო, რომელსაც შემდგომში იყენებს GeoEngGraDic-ის თარგმნის ალგორითმი.

3. ონტოლოგიაზე დაფუძნებული მრავალენოვანი ლექსიკის გამოყენება სამიზნე სიტყვების შერჩევისთვის მანქანურ თარგმანში

მეტყველების ნაწილის - POS (Part Of Speech) შესახებ ინფორმაცია ხშირად გვადლევს დამხმარე მინიშნებებს ორაზროვანი სიტყვის სწორი გაგებისთვის [12]. ეს სასარგებლოა, რადგან ჩვენს ლექსიკურ ონტოლოგიას აქვს ცალკეული იერარქია სხვადასხვა მეტყველების ნაწილის სიტყვებისთვის, ხოლო თანამედროვე POS-ტეგერები მაღალი სიზუსტით იძლევიან ანალიზის პასუხებს [13,14]. აქედან გამომდინარე, GeoEngGraDic-ის აგებისთვის მიმდინარე სამუშაოები ძირითადად მიმართულია ერთი და იგივე სინტაქსური კატეგორიის სიტყვებისთვის ორაზროვნების მოსახსნელად. გარდა ამისა, გაურკვევლობების გარკვეულ დონეზე გადასაჭრელად, წინადადების დამოკიდებულების სტრუქტურა ასევე იძლევა მინიშნებებს, და მიმდინარეობს მუშაობა სტრუქტურული შაბლონების მოპოვებაზე [15, 16] და იდიომატური გამოთქმების [17] იდენტიფიცირებაზე ორენოვანი ცოდნის ბაზებიდან.

როგორც GeWordNet პროექტის ნაწილი, ჩვენს განყოფილებაში 2019-2022 წლებში [15, 16] შემუშავდა ლექსიკონის განმარტებების ჩანაწერების სემანტიკური პრიმიტივებით ანოტაციის მეთოდი. ქართულად თარგმნილი ტექსტებიდან ამოღებულ იქნა აღწერილობითი სემანტიკური პრიმიტივების ნაკრები. უკონტროლო, ცოდნაზე დაფუძნებული ცნებათა ტეგერის გამოყენებით მიღებული იქნა მონაცემები სიტყვათა ცნებებს შორის ე. წ. კონცეპტუალური მანძილის - CD (Conceptual Distance) შესახებ.

ჩვენ ვგეგმავთ ტეგერის ალგორითმის გაფართოებას ჩვენი ონტოლოგიის იერარქიული სტრუქტურისა და სინსეტების კავშირების გამოყენებით. მაგალითად, GeWordNet სიტყვის ცნებების კლასებს შორის შეიძლება გამოითვალოს CD როგორც სხვადასხვა კლასებში სიტყვების ცნებებს შორის მსგავსების კოეფიციენტი. ასევე, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ევრისტიკა სხვადასხვა სინტაქსური კატეგორიის სიტყვების CD-ის გამოთვლისას, რადგან ისინი განსხვავებულ მორფოლოგიურ წესებს ექვემდებარება [4, 5].

ამოსავალ ტექსტში ორაზროვანი სიტყვის სწორი მნიშვნელობის მოსაძებნად ჩვენ გამოვითვლით CD-ს სიტყვის შესაძლო მნიშვნელობებსა და კონტექსტში მოცემული სიტყვების მნიშვნელობებს შორის, ასევე ჩართულ კლასებს შორის. ვინაიდან ლექსიკური ჩანაწერები შეიცავს სიტყვებს სხვადასხვა ენებიდან ექვივალენტური მნიშვნელობებით, მრავალენოვანი ლექსიკონი შეიძლება გამოყენებულ იქნას WSD-ის შესასრულებლად შეყვანილ წინადადებებზე ორივე ენისთვის, როგორც ქართული, ისე ინგლისური.

მაგალითად, განვიხილოთ ინგლისური არსებითი სახელი *hand* წინადადებაში:

The ranch hands are going on a strike. - რანჩოს (დაქირავებული) მუშები გაფიცვას აპირებენ.

hand	n	a card player in a game of bridge	ბანკოს მოთამაშე ბრიჯის თამაშში
hand	n	a hired laborer on a farm or ranch	დაქირავებული მუშა ფერმაში ან რანჩოში
hand	n	a member of the crew of a ship	გემის ეკიპაჟის წევრი
hand	n	ability	უნარი
hand	n	one of two sides of an issue	საკითხის ორი მხარედან ერთ-ერთი
hand	n	physical assistance	ფიზიკური დახმარება
hand	n	something written by hand	რღაც ხელით დაწერილი, ხელნაწერი
hand	v	guide or conduct or usher somewhere	მეგზურობა ან თანხლება ან გაძღოლა
hand	v	place into the hands or custody of	ხელში მოთავსება ან საიმედოდ შენახვა
hand

ცხრილი 1.

GeWordNet-ის ლექსიკური ქვეჯგუფი, რომელიც გვიჩვენებს თუ როგორია სიტყვა *hand*-ის სხვადასხვა მნიშვნელობები სემანტიკური კლასების მიხედვით.

GeWordNet ლექსიკონში *hand* სიტყვის ტაქსონომიური სტრუქტურა ასახულია მისი მნიშვნელობის მიხედვით სხვადასხვა სემანტიკურ კლასებში. ცხრ.1-ზე მოცემულია ფრაგმენტი მონაცემების ბაზიდან, საიდანაც ჩანს, რომ *hand* სიტყვაფორმა შეიძლება იყოს წარმოდგენილი როგორც სახელის, ისე ზმნის მნიშვნელობით. GeoTrans ანალიზატორი მოგვცემს შესაბამისად ლექსიკონში არსებულ ყველა ომონიმურ მნიშვნელობას.

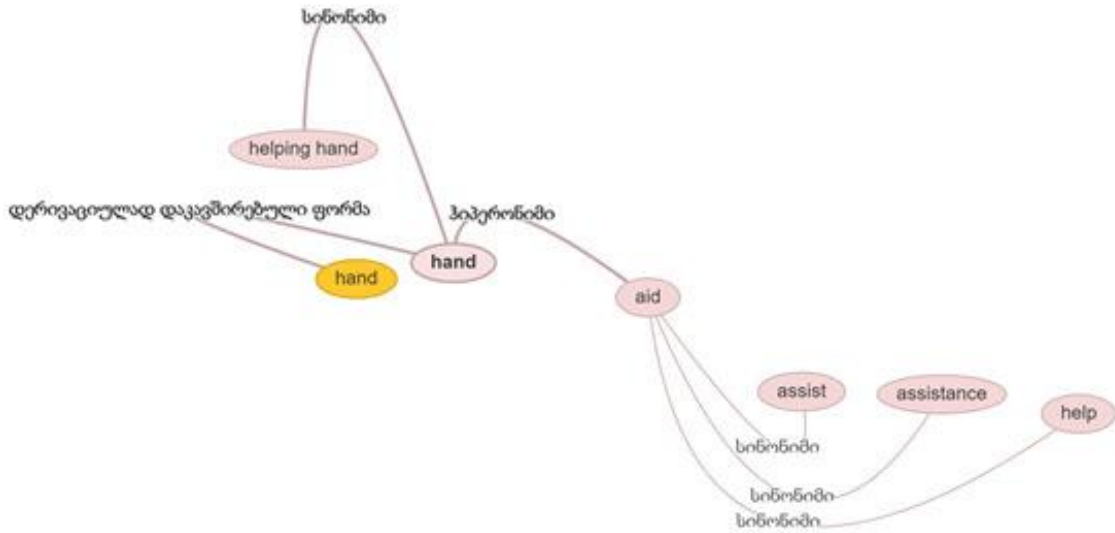
სემანტიკური კლასების მიხედვით სიტყვა *hand*-ის სხვადასხვა მნიშვნელობას შეესაბამება სხვადასხვა სინსეტი. განვიხილოთ შემდეგი ოთხი მნიშვნელობა:

- part of arm below wrist (ხელი, ხელის მტევანი),
- hired hand (დაქირავებული მუშა),
- handwriting (ხელწერა),
- help (დახმარება).

სურ. 2 წარმოგვიდგენს ლექსიკის ტაქსონომიურ სტრუქტურას, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ იყოფა სიტყვა *hand*-ის ოთხი მნიშვნელობა სხვადასხვა სემანტიკური კლასების მიხედვით. ფრაგმენტები ამოღებულია GeWordNet ლექსიკონიდან [8]. სიტყვა *hand*-ის ყველა სინსეტი შეგიძლიათ იხილოთ შემდეგ მისამართზე: <http://gewordnet.gtu.ge/hand>.

შეყვანილი ინგლისური წინადადების გათვალისწინებით, ჩვენ გვსურს გავარკვიოთ *hand*-ის მნიშვნელობა, რისთვისაც უნდა გამოითვალოს კონცეპტუალური მანძილები *hand*-ის ყველა ომონიმურ მნიშვნელობასა და წინადადების სხვა წევრებს შორის. როგორც სურ.2-დან ჩანს, *hand*-ის ოთხი მნიშვნელობიდან ყველაზე მოკლე კონცეპტუალური მანძილია hired hand-მდე, რომლის ერთ-ერთი ჰიპონიმიცაა *ranch hand*. თუ რამდენიმე ექვივალენტური სიტყვა

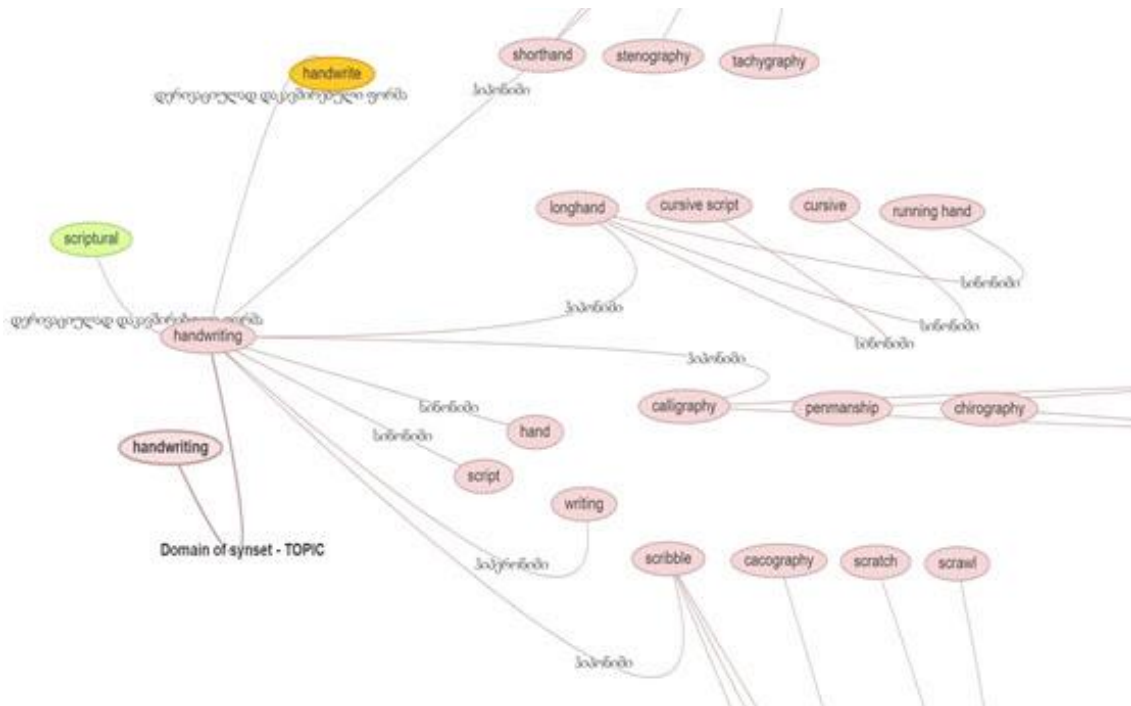
მოიძებნა შერჩეული მნიშვნელობისთვის, სტატისტიკური ინფორმაცია სიტყვის თანხვედრის შესახებ, რომელიც ამოღებულია პარალელური კორპუსებიდან, შეიძლება გამოყენებულ იქნას თარგმანის სიტყვის შესარჩევად, რომ მიღებულ იქნას უფრო „ბუნებრივი“, გრამატიკულად გამართული წინადადება, როგორც შემოთავაზებულია [18]-ში.



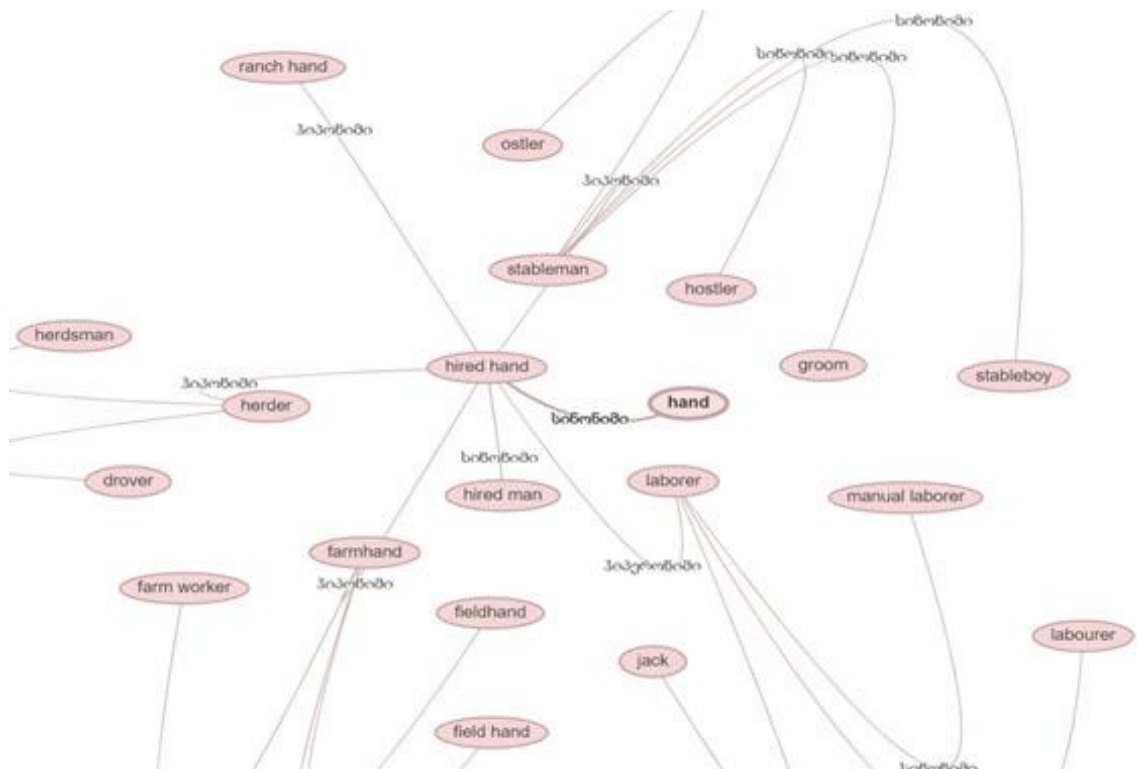
Help სიტყვის სემანტიკური კავშირების გრაფი.



Part of arm below wrist სიტყვის სემანტიკური კავშირების გრაფი. გადიდებული სურათი შეგიძლიათ იხილოთ შემდეგ მისამართზე: <http://gewordnet.gtu.ge/graph/5564590/n> (სურათი დიდდება კლავიში Ctrl-ის და მაუსის სქროლის კომბინაციით).



Handwriting სიტყვის სემანტიკური კავშირების გრაფი. გადიდებული სურათი შეგიძლიათ იხილოთ შემდეგ მისამართზე: <http://gewordnet.gtu.ge/graph/6403393/n>



Manual worker სიტყვის სემანტიკური კავშირების გრაფი. გადიდებული სურათი შეგიძლიათ იხილოთ შემდეგ მისამართზე: <http://gewordnet.gtu.ge/graph/10176679/n>

სურ. 2. *hand*-ის ოთხი მნიშვნელობის სემანტიკური კავშირების გრაფი GeWordNet ლექსიკონიდან

4. მომავალი სამუშაო

ინგლისურ-ქართული ლექსიკური ონტოლოგია ჯერ კიდევ შევსების ადრეულ ეტაპზეა და ბევრი სამუშაო ჩასატარებელი. უპირველესად აიგება არსებითი სახელების იერარქია და შემდგომ დამყარდება კავშირები სახელსა და ზმნურ ფორმებს შორის. თუ შევაჯამებთ სამომავლო საკითხებს, რომელთაგან ზოგიერთი ადრე იყო ნახსენები, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საჭიროა:

- ონტოლოგიაზე დაფუძნებულ ლექსიკონში ყველა ინგლისური ლემის განსხვავებულ კონცეპტუალური მნიშვნელობის შესაბამისი ქართული სიტყვის და მისი ყველა სინონიმის შეტანა,
- GeoTrans ალგორითმის გაფართოება CD-ს გამოსათვლელად ონტოლოგიისა და სხვა ევრისტიკული ინფორმაციის გამოყენებით,
- იმის დადგენა, შეიძლება თუ არა ონტოლოგიაზე დაფუძნებული ლექსიკონის იერარქიული სტრუქტურის რეორგანიზება სენტეციურ პრიმიტივებზე დაფუძნებული ინფორმაციის მიხედვით და როგორ შეიძლება მიღებული ინფორმაციის გამოყენება სხვადასხვა კონტექსტების დროს..

ჩვენი მუშაობის ერთ-ერთი ნაკლი არის ის, რომ ლექსიკონში ინგლისურის შესატყვისი ქართულის და დასამატებელი ქართულის შესატყვისი ინგლისურის ჩანაწერები მზადდება ხელით, რაც ბევრ დროს მოითხოვს და შრომატევადი ამოცანაა. კიდევ ერთი შესაძლო მომავალი სამუშაო იქნება სხვადასხვა წყაროდან ლექსიკური ინფორმაციის ავტომატურად მოპოვება და ლექსიკონში ახალი ლექსიკური ჩანაწერების ავტომატურად ჩასმა, არსებული ჩანაწერებისა და ახალი ჩანაწერის განმარტების ტექსტის საფუძველზე.

5. დასკვნა

ჩვენ გთავაზობთ ონტოლოგიაზე დაფუძნებული ქართულ-ინგლისური გრამატიკული ლექსიკონის აგებას არსებული ენობრივი რესურსებიდან, როგორც GeoEngGraDic-ის მიდგომის ნაწილს მანქანურ თარგმანში. ლექსიკონი ასევე მოიცავს მრავალფეროვან ინფორმაციას, მათ შორის განმარტების ტექსტებს, სიტყვის სხვადასხვა მნიშვნელობის ეკვივალენტურ თარგმანს და მორფოლოგიურ ინფორმაციას, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას NLP ამოცანებისთვის. გარდა მანქანური თარგმანისა, მისი გამოყენება შესაძლებელია ინფორმაციის ძიების, ბუნებრივი ენის დამუშავების, ტექსტის კატეგორიზაციის და ენის იდენტიფიკაციის ამოცანებში.

Eliminating Homonymous Ambiguity in the Georgian-English Dictionary Using the WordNet Thesaurus

Manvel Kloyan, Liana Lortkipanidze, Levan Makrakhidze

Summary

Word ambiguity is one of the main problems in machine translation. Although we enriched the lexical base using the GeWordNet thesaurus during the development of the Georgian-English grammar dictionary (GeoEngGraDic), additional functionality is necessary for the dictionary to select the correct answer from different homonym values to find a match from the source language to the target language.

In this paper, we discuss the methodology of building an ontology-based English-Georgian hierarchical dictionary and the target matching search algorithm based on the lexical conceptual distance between words, as one of the modules of the translation system.

Устранение омонимической неоднозначности в грузино↔английском словаре с использованием тезауруса WordNet

Манвел Клоян, Лиана Лорткипанидзе, Леван Макрахидзе

Резюме

Неоднозначность слов является одной из основных проблем машинного перевода. Хотя мы обогатили лексическую базу с помощью тезауруса GeWordNet во время разработки грузино-английского грамматического словаря, для словаря необходима дополнительная функциональность, чтобы выбрать правильный ответ из различных значений омонимов и найти соответствие из исходного языка в целевой (GeoEngGraDic).

В этой статье мы обсуждаем методологию построения иерархического англо-грузинского словаря на основе онтологии и алгоритм поиска целевого соответствия на основе лексического концептуального расстояния между словами как одного из модулей системы перевода.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ლორთქიფანიძე ლ., გეგეჭკორი მ.: ლექსიკური ონტოლოგია GeWordNet. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული 20, 2016.
2. ამირეზაშვილი ნ., ლორთქიფანიძე ლ., ჯავაშვილი ნ.: GeWordNet – ქართული ენის ლექსიკური სისტემის მოდელი. IV საერთაშორისო კონფერენცია “ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები-2016”, 25-27 ნოემბერი, 2016. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი.
3. ლორთქიფანიძე ლ., GeWordNet თესაურუსის გამოყენება ქართულენოვან დიალოგურ სისტემაში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №24, გვ. 90-97, 2020.
4. Ide, N., V'eronis, J.: Word Sense Disambiguation: The State of the Art. Computational Linguistics, 24(1) (1998) 1–41.
5. Miller, G. A., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D., Miller, K.: Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database. International Journal of Lexicography (special issue), 3(4) University of Chicago Press, Chicago, Illinois (1990) 235–312.
6. Ng, H. T., Wang, B., Chan, Y. S.: Exploiting Parallel Texts for Word Sense Disambiguation: An Empirical Study. In Proceedings of the 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan (1990) 455–462.
7. Kang, S. J., Lee, J. H.: Ontology-Based Word Sense Disambiguation by Using Semi-Automatically Constructed Ontology. In Proceedings of MT Summit VIII, Santialgo de Compostela, Galicia, Spain (2001).
8. GeWordNet ონლაინ ლექსიკონის მისამართი: <http://gewordnet.gtu.ge>
9. ლორთქიფანიძე ლ.: GeoTrans სისტემის გამოყენება ქართულ “სპელჩეკერში”. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი 2006წ. გვ. 187-192.
10. Lortkipanidze L., Beridze M., Nadaraia D.: Dialect Dictionaries in the Georgian Dialect Corpus. Theoretical Computer Science and General Issues. 10th International Tbilisi Symposium on Logic, Language, and Computation, TbiLLC 2013, Gudauri, Georgia, September 23-27, 2013, Revised Selected Papers. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.

11. ლორთქიფანიძე ლ.: ქართველური ენების მორფოლოგიური ანალიზატორი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული 21, 2017.
12. Wilks, Y., Stevenson, M.: Sense Tagging: Semantic Tagging with a Lexicon. In Proceedings of the SIGLEX Workshop on Tagging Text with Lexical Semantics, Washington, D.C. (1997) 74–78.
13. Brill, E.: Transformation-based Error-Driven Learning and Natural Language Processing: A Case Study in Part-of-Speech Tagging. Computational Linguistics, 21(4) (1995) 543–566.
14. Ye, H. H., Tang, E. K.: Learning Translation Templates from Bilingual KnowledgeBank. In Compilation of Extended Abstracts of Computer Science Postgraduate Colloquium, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia (2004) 83–84.
15. Lortkipanidze L., Amirezashvili N., Chikoidze G., Javashvili N.: The Translation Model Based on Sentential Primitives, Proceedings of the 2nd international conference on research in social sciences, ISBN: 978-609-485-040-0, ავსტრია, ვენა, 2019.
16. ლორთქიფანიძე ლ., წინადადებების შაბლონები ავტომატურ დიალოგურ სისტემაში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №26 გვ. 99-110, 2022, თბილისი შპს „საჩინო“.
17. სამსონაძე ლ., რამდენიმე ქართული ანდაზისა და იდიომის ინგლისური შესატყვისების შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №28, 2024.
18. Lee, H. A., Kim, G. C.: Translation Selection through Source Word Sense Disambiguation and Target Word Selection. In Proceedings of COLING 2002, Taipei, Taiwan (2002).

ნაშრომი განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს
ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი FR-21-3509)

რამდენიმე ქართული ანდაზისა და იდიომის ინგლისური შესატყვისების შესახებ

ლიანა სამსონაძე

liasams@yahoo.com

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ქართული ანდაზებისა და იდიომატური გამოთქმების ინგლისური შესატყვისები. გაანალიზებულია მათი ურთიერთმსგავსებისა და განსხვავების დეტალები. ნაშრომში თავმოყრილია ქართულ ენაზე არსებული სხვადასხვა ჟანრის მეტ-ნაკლებად გავრცელებული რამდენიმე ანდაზა და შესადარებლად წარმოდგენილია ანალოგიური შინაარსის მქონე და იგივე აზრის გამომხატველი ინგლისური ანდაზები. განმარტებულია ქართული იდიომების მნიშვნელობის გაგება (არსი) და მოცემულია მათში ნაგულისხმევი აზრის შესატყვისები ინგლისურ ენაზე. საილუსტრაციოდ ნაჩვენებია ქართული იდიომატური გამოთქმების თავისებურებანი.

საკვანძო სიტყვები:

ანდაზა, იდიომა, შესატყვისი

ქართულ-ინგლისური გრამატიკული ლექსიკონის კომპაილერზე მუშაობა ეყრდნობა WordNet ლექსიკურ ბაზასა და შესაბამის დეფინიციებს. მოვიძიეთ ქართული ანდაზებისა და იდიომების ანალოგიური შინაარსის მქონე ინგლისური ანდაზები და ინგლისურ ენაზე არსებული იდიომები. საილუსტრაციოდ წარმოვადგინეთ ქართულ გამონათქვამებში ნაგულისხმევი აზრის იდენტურობის ამსახველი ინგლისური შესატყვისები.

ნაშრომში მოყვანილი მაგალითები მოვიპოვეთ სხვადასხვა ლექსიკონებსა და გამოცემებში. [1]; [2]; [3]; [5]; [6]. (მაგალითების შეჯერება ხდებოდა სხვადასხვა წყაროებიდან აღებული ნიმუშებიდან (პარალელურად – ქართულიდან და ინგლისურიდან), ამიტომ თითოეულ მაგალითთან კონკრეტული წყაროს მითითება რთული აღმოჩნდა).

ცნობილია, რომ ანდაზები სხვადასხვა ქვეყნის ხალხის ცხოვრებისეული გამოცდილებისა და დაკვირვებულობის შედეგადაა შექმნილი და საყოველთაოდ მიღებულ თვალსაზრისს, რაიმე მოვლენაზე ან პროცესზე დაკვირვების შედეგად დამკვიდრებულ აზრს გამოხატავს. ამ მხრივაც საინტერესოდ ჩავთვალოთ, ზოგი ქართული ანდაზის ანალოგიური ინგლისური ანდაზის გაცნობა, რაც განვახორციელებთ ქვემოთ მოყვანილ მაგალითებში.

ინგლისური ანდაზების ნაწილი ლექსიკითაც ქართული ანდაზების იდენტური აღმოჩნდა:

„უძალლო ქვეყანაში კატას აყეფებენო“–„In a dogless country, the cat barks“;

„მარტოხელა კაცი პურის ჭამაშიც ბრალიაო“–„A single man is pitiable even when eating“;

„ტყუილს მოკლე ფეხები აქვსო“–„lies have short legs“;

„მგლის შიშით ცხვარი ვის გაუწყვეტიაო“–„Who'd slaughter sheep for fear of the wolf“;

„ფეხი იქამდე უნდა გაჭიმო, სადამდეცა საბანი გაგწვდებაო“–„Only stick your feet out as far as the sheet covers you“;

„ყურძნის სიყვარულით ღობეს კოცნიდნენო“–„For love of the grape they kissed the fence“;

„ორი კურდღლის მდევარი ვერც ერთს ვერ დაიჭერსო“–„Chase two hares and you'll catch neither“;

„კაი მოქმელს კაი გამგონე უნდაო“–„A good speaker needs a good listener“;

„მგორავ ქვას ხავსი არ მოეკიდებაო“–„A rolling stone gathers no moss“;

„ტკბილი სიტყვით მთას ირემი მოიწველაო“–„A mountain doe can be milked by sweet talk“;

„მოყვარეს პირში უძრახე–მტერს პირს უკანაო“–„Criticize a friend to his face, an enemy behind his back“;

„მადა ჭამაში მოდისო“–„Appetite comes with eating“;

„წყალნი წავლენ და წამოვლენ, ქვიშანი დარჩებიანო“–„Waters come and go, but sand remains“;

„ახალი ცოცხი კარგად გვის ძველი მოიტანს ქვიშასაო“–„A new broom sweeps clean, an old one brings sand“;

„კატა ვერ შესწვდა ძეხვსაო – პარასკევია დღესაო“–„Sour grapes! The cat couldn't get the sausage and said 'Today's Friday'“;

„სიმართლის ნერგი იხარებს, დარგო თუნდ სიპსა ქვაზედა“–„Truth's seedling grows even if planted on bare rock“;

იმ ინგლისურ შესატყვისებს, რომლებიც ქართულ ანდაზებში ნაგულისხმევი აზრის იდენტურია, მაგრამ სხვა ლექსიკითაა წარმოდგენილი, დავურთეთ მათი ქართული თარგმანიც:

„არ გათეთრდება ყორანი, რაც უნდა ხეხო ქვიშითაო.“–„Can the leopard change his spots?“ (შეუძლია ლეოპარდს შეცვალოს თავისი ლაქები?);

„ხერხი სჯობია ღონესა თუ კაცი მოიგონებსა.“–„Guile beats force, if a man has wit.“ (თუ კაცს ჭკუა აქვს, მზაკვრობით (ემმაკობით) ძალას დაამარცხებს);

„ქარის მოტანილს ქარივე წაიღებსო.“–„Ill gotten, ill spent.“ (ცუდად ნაშოვნნი ცუდად იხარჯება);

„დედაკაცის შარით – მოვარდნილი ღვარიო.“–„Will be unable to take vengeance on the enemy.“ (გაკაპასებული ქალი და უკიდევანო ზღვა ერთია);

„ბრმათა შორის ცალთვალაო არის პირველი სარდალიო.“–„In the kingdom of the blind the one-eyed man is king.“ (ბრმების სამეფოში ცალთვალა არის მეფე);

„კოკასა შიგან რაცა დგას, იგივე წარმოსდინდება.“–„Nothing comes out of the sack but what was in it.“ (ტომრიდან ის არ გადმოცვივა, რაც შიგ არაა);

„ორი კურდღლის მდევარი ვერც ერთს ვერ დაიჭერსო.“–„A man cannot whistle and drink at the same time.“ (კაცს სმა და სტვენა ერთდროულად არ შეუძლია);

„რაც ცხენისათვის ფონია, ქათმისათვის მორევია.“–„One man's food is another man's poison.“ (რაც ერთისთვის საჭმელია, მეორესთვის საწამლაია);

„კარგის მქნელს კარგი არ დამართაო“; „ვაი სიკეთის მქნელსაო.“–„The horse which is most loaded is most whipped.“ (რაც მეტს ეწევა ცხენი მით მეტი მათრახი ხვდება);

„აქლემის ქურდი და ნემსის ქურდი ორივე ქურდიაო.“–„He that will steal an egg will steal an ox.“ (კვერცხის მომპარავი ხარსაც მოიპარავს);

„კაი კაცი რომ მოკვდება, მკვდარიც ცოცხლად ჩაითვლება.“–„He has not lived who does not live after death.“ (იმას არ უცხოვრია, ვინც სიკვდილის მერე არ ცხოვრობს);

ანდაზების ნაწილი დამრიგებლური ხასიათისაა:

„სანამ თონე ცხელია, პურიც მანამდე ჩააკარო.“–„Strike while the iron is hot.“ (გაჭედე რკინა, სანამ ცხელია);

„რა ქვეყანასაც მიხვიდე, ქუდიც იქაური დაიხურე.“–„When in Rome, do as the Romans do.“ (როცა რომში ხარ, რომაელივით მოიქეცი);

„ათჯერ გაზომე ერთხელ გაჭერიო.“–„Better ask twice than go wrong once.“ (სჯობს „ორჯერ იკითხო, ვიდრე ერთხელ შეცდე);

„რაც მოგივა დავითაო, ყველა შენი თავითაო.“–„To have a millstone about one’s neck.“ (საკუთარ კისერზე ქვა ჩამოიკიდა);

„კაცი რომ ორ საქმეს ერთად მოეჭიდება, ერთი უსათუოდ წაუხდებაო.“–„Between two stools one falls to the ground.“ (ორ სკამზე მჯდომარე მიწაზე დაეცემა);

„იდიომები მზა ფორმით არსებობენ ენაში, ისინი მეტწილად ერთნაირად მეორდებიან მეტყველებაში, ე. ი. შემადგენელი სიტყვების (ანუ კომპონენტების) მონაცვლეობა იდიომებში, ჩვეულებრივ, არ ხდება. მამასადამე, თავისუფალი შესიტყვებისაგან განსხვავებით, იდიომების შედგენილობა ხასიათდება დაუშლელივით ანუ მყარობით. ... ამრიგად, იდიომი არის შესიტყვების ფორმის მქონე დაუშლელი ლექსიკური ერთეული, რომლის მნიშვნელობა არ გამომდინარეობს კომპონენტების მნიშვნელობათა ჯამიდან“ [4].

მიუხედავად ყველაფრისა, იდიომა შემავალი სიტყვების ჩვეულებრივ ფრაზას წარმოადგენს, მაგრამ შინაარსით სრულიად განსხვავებული – „თავისებური“ მნიშვნელობით. ყოველ ენაში ეს „თავისებურება“ თავისებურად, განსხვავებულად გამოიხატება. ქართული იდიომატური გამოთქმებიც ქართული მეტყველებისთვის დამახასიათებელი სტილით გამოირჩევა. ჩვენ მიერ მოპოვებული იდიომატური გამოთქმების ნიმუშები, უმეტესად, თხრობითი კილოთია გადმოცემული. მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, რომ არ მივიჩნიეთ საჭიროდ მათთვის საწყისი ფორმის მიცემა, რადგან ჩავთვალეთ, რომ ინგლისურისთვისაც იგივე სტილის შენარჩუნება შესატყვისობებს უფრო საინტერესოს გახდოდა:

„ოქროშია ჩამჯდარი“–„rolling in wealth“;

„ტვინი ეკეტება“–„sb is nuts (about sth)“;

„ცუდი ფეხი აქვს“–„sb brings bad luck with them“;

„ტვინს უდუღებს“–„infuriates sb“;

„ტყემალზე ზის“–„hasn’t a clue what’s going“;

„ქვასაც კი წყალს გამოადენს“–„can get water out of a stone“;

„ცაში დაფრინავს“–„jumps for joy“;

„ცამ ჩაყლაპა თუ დედამიწამ“–„sb vanished without trace“;

„ორ წყალს შუა“–„on the horns of a dilemma“;

„ხორცს შეასხამს“–„makes a reality of sth“;

„გუდას პირს მოხსნის“–„won’t stop talking“;

„დანა პირს არ უხსნის“–„is speechless (with grief, anger etc)“;

„გულის კარს გაუღებს“–„will say what one feels“;

„კბილებს ილესავს ვინმეზე“–„Threatens“;

„კისერს მოუგრებს“–„will overcome sb/sth“;wring sb/ sth’s neck“;

„ქუდზე კაცს გამოიყვანს“–„will rally all able-bodied men“;

„ჩიტის რძის მეტი არა აკლდა რა“–„The table was overflowing with food except bird’s milk“;

„ყურიც არ შეიბერტყა“–„didn't bat an eyelid“;
„კოჭს უგორებს“–„gives sb pleasure“;
„სად მარბია ძაღლის კუდი!“–„So that's the reason!“;
„კვირაში ორი პარასკევი აქვს“–„You change your mind every minute“; „You change your mind every minute“;
„ქვეყანა ჩალით ხომ არ არის დახურული“–„Truth will out“; The earth isn't covered in straw“;
„სიტყვის პატრონი“–„sb true to their word“;
„ქვის გული“–„heart of stone“;
„ფეხის ქირა“–„call-out charge“;
„ყვავი-ჩხიკვის მამიდა“–„very distant relative“.

ქართული მეტყველება მდიდარია ხატოვანი სიტყვა-თქმებით, მახვილგონივრული შედარებებითა და ენაკვიმატობითაც კი. ჩვეულებრივი საუბარიც კი იდიომებითაა მდიდარი და ამიტომ ჩავთვალეთ, რომ მათი ინგლისური შესატყვისები გაუადვილებს ინგლისურენოვან მოსაუბრეს, რომ მიხედეს რას გულისხმობს მასთან მოსაუბრე ქართველი, რომელსაც საუბარში იდიომები უხვად აქვს გამოყენებული.

გთავაზობთ, ხალხში დამკვიდრებულ სასაუბრო (ზოგ ვულგარულსაც) ფრაზების ნიმუშებს:

„შენი ხმალი და ჩემი კისერი“–„I'm at your command, your sword and my neck“;
„ჰა, ბურთი და ჰა, მოედანი!“–„The ball's in your court“; Take action!“;
„ენამ არ გიყივლოს!“–„God forbid (what you said comes true)!“
„ემშაკს შეაფურთხე!“–„Carry on regardless! Spit on the devil!“
„ტვინი წაილე, რა!“–„You're getting my goat!“
„ვაი შენს ტყავს!“–„Heaven help you!“;
„შენს ტყავში დაეტიე“–„Don't get too big for your boots!“;
„ფეხებზე მკიდია“–„I couldn't give a toss“;
„რა ჩემი ფეხები გინდა“–„What on earth do you want from me?“;
„კედელს ცერცვი შეაყარე!“–„You might as well talk to a blank wall; throw lentils at a wall!“
„კეთილი/ბედნიერი იყოს შენი ფეხი ჩვენს სახლში“–„Welcome to our home!“;
„თავში ქარი გიქრის“–„You are a reckless fool“;
„ქვა ქვაზეც ნულარ ყოფილა!“–„Let no stone be left standing!“;
„მაგის ჩიტი ვარ!“–„Who's going to fall for that!“;
„ყურებზე ხახვი არ დამაჭრა!“–„Don't think you can frighten me!“;
„რა ცეცხლში ჩავვარდე?“–„What can I do? in what fire should I fall?“;
„რა წყალში ჩავვარდე!“–„What am I to do?“;
„ერთი სიტყვით,“–„in a nutshell,“;
„მოკლედ,“–„in a nutshell,“;
„სიტყვაზე...“–„let's suppose...“.

წარმოდგენილი ნაშრომი ინტერესმოკლებული არ უნდა იყოს ინგლისურენოვანი მომხმარებლებისათვის.

About the English equivalents of some Georgian proverbs and idioms

Liana Samsonadze

Summary

English equivalents of Georgian proverbs and idiomatic expressions are discussed in the paper. The details of their similarities and differences are analyzed. The work collects several more or less common proverbs of different genres in the Georgian language, and English proverbs with similar content and expressing the same idea are presented for comparison. The meaning (essence) of Georgian idioms is explained and the corresponding meaning in English is given. The peculiarities of Georgian idiomatic expressions are shown for illustration.

Об английских эквивалентах некоторых грузинских пословиц и идиом

Лиана Самсонадзе

Резюме

В статье обсуждаются английские эквиваленты грузинских пословиц и идиоматических выражений. Подробно анализируются их сходства и различия. В работе собрано несколько более или менее распространенных пословиц разных жанров в грузинском языке, а для сравнения представлены английские пословицы, имеющие схожее содержание и выражающие ту же идею. Объясняется значение (сущность) грузинских идиом и дается соответствующее значение на английском языке. Для иллюстрации показаны особенности грузинских идиоматических выражений.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <http://ena.ge/explanatory>– online;
2. ქართული ხატოვანი სიტყვა–თქმანი. თედო სახოკია. 1979, გამომც. “მერანი“;
3. English–Georgian proverbs and saying. 1973, გამომც. “განათლება“;
4. <http://openlibrary.ge/bitstream/123456789/9100/1/Kartuli%20idiomebi-oniani.pdf>
5. <https://www.translate.ge/>;
6. file:///C:/Users/USER/Downloads/A–Comprehensive–Georgian–English–Dictionary%20(1).pdf.

ნაშრომი განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი FR-21-3509)

ვითარებითი ბრუნვის ფუნქციები თანამედროვე ქართულში და მათი
შესაბამისი თარგმანები ინგლისურ ენაში

ნინო ამირეზაშვილი

ninomaskh@yahoo.com

რეზიუმე

თანამედროვე ქართულში ვითარებითი ბრუნვის ფუნქცია მრავალმხრივია და მისი შესაბამისი ინგლისური თარგმანები ორივე ენის სინტაქსური სტრუქტურის ნიუანსურ გაგებას მოითხოვს. ამ ფუნქციების წარმატებით თარგმნა ხშირად გულისხმობს წინადადებების, ზმნიზედური ფრაზებისა და ზმნური კონსტრუქციების კომბინაციის გამოყენებას ინგლისურ ენაზე, ქართულის მნიშვნელობის გასაგებად.

სტატიის მიზანი იყო, მაგალითებზე დაყრდნობით, განხილვა და ჩვენება იმისა, თუ რა საშუალებებით გამოიხატება ქართული ენის ვითარებითი ბრუნვა ინგლისურ ენაში და რა შემთხვევაში გამოიყენება ეს საშუალებანი. განვიხილეთ ის შემთხვევები, როდესაც ინგლისურ ენაში არსებულ გარკვეულ კონსტრუქციებს ქართულ თარგმანებში ვითარებითი ბრუნვის ფორმაში დასმული სახელი შეესაბამება.

სტატიაში განხილული მაგალითები მოძიებული და ამოღებულია ინგლისურ-ქართული პარალელური კორპუსიდან corp.dict.ge.

საკვანძო სიტყვები:

ვითარებითი ბრუნვა, სინტაქსური სტრუქტურები, გრამატიკული კატეგორიები

თარგმანთან დაკავშირებული პრობლემების შესწავლა თანამედროვე ენათმეცნიერების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს. შესაბამისად, ქართულიდან ინგლისურ ენაზე თარგმანის დახვეწას და მის სრულყოფაზე ზრუნვას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ცნობილია, რომ თარგმნისას უფრო მეტი ყურადღება ექცევა ენის ლექსიკას, ხოლო გრამატიკის როლი თითქმის უყურადღებოდ არის დარჩენილი. მაღალი ხარისხის თარგმნის მიღწევა კი მხოლოდ ლექსიკისა და გრამატიკის ურთიერთქმედების გათვალისწინებითაა შესაძლებელი.

თარგმნისას აუცილებელია ანგარიში გაეწიოს ორივე ენის სპეციფიკას, მის განვითარების თავისებურებას, რომელიც გამომდინარეობს ენის არსიდან, მისი ბუნებიდან. განსხვავებული ენების გრამატიკული სისტემები ერთმანეთს არ ემთხვევა. ერთი და იგივე გრამატიკული კატეგორია სხვადასხვა ენაში განსხვავებული საშუალებებით გამოიხატება. ერთი ენიდან გარკვეული გრამატიკული ფორმის ზუსტი გადმოცემა მეორე ენაში ხშირად შეუძლებელიც კია. მთარგმნელი იძულებული ხდება, მიმართოს გრამატიკული სტრუქტურის სხვა დონეს, რათა მოახდინოს ორი ენის გრამატიკებს შორის განსხვავების კომპენსაცია.

ქართული აგლუტინაციურ ენად ითვლება. იგი მიეკუთვნება იბერიულ-კავკასიური ენების ოჯახს, კერძოდ, ქართველურ ჯგუფს, ხოლო ინგლისური კი ფლექსიური ენაა და ინდოევროპული ენების ოჯახის დასავლურ-გერმანული ჯგუფის წარმომადგენელია. აქედან გამომდინარე, ამ ენების გრამატიკული სტრუქტურა ერთმანეთისაგან ძალიან განსხვავებულია. ის გრამატიკული კატეგორიები, რომლებიც ერთ ენაში გხვდება, მეორეში არ არის წარმოდგენილი და პირიქით.

ინგლისურ ენას, ქართულისგან განსხვავებით, ბრუნვის კატეგორია თითქმის დაკარგული აქვს. ქართულის ბრუნვების გამოსახატავად ინგლისურ ენას სხვა საშუალებები

გააჩნია. ქართული ბრუნვის გამოხატვის საშუალებათა დადგენა ინგლისურ ენაში ხელს შეუწყობს თარგმნის პროცესის გაუმჯობესებას.

სტატიაში განვიხილავთ საკითხს, თუ რა საშუალებები გააჩნია ინგლისურ ენას ქართული ვითარებითი ბრუნვის ფორმების გამოსახატავად.

ვითარებითი ბრუნვის ფორმები უბრალო დამატების როლში და მათი თარგმანები

ვითარებითი ბრუნვის ერთ-ერთი ფუნქცია ქართულ ენაში უბრალო დამატების გამოხატვაა. ვითარებითი დასმული უბრალო დამატება ყოველთვის უთანდებულოა [1]. ვითარებითი ბრუნვის ფორმა, იმ შემთხვევაში თუ ის არსებითი სახელით არის გამოხატული, ასახავს ახალ ვითარებას, გარდაქცევას, ცვლილებას, გადაკეთებას, რომელიც მიუთითებს, რომ ის ამ სიტყვით აღნიშნული საგანი კი აღარ არის, - არამედ სხვაა და უპასუხებს კითხვაზე რად გადაიქცა? რად გადაკეთდა? რად დაინიშნა? და ა.შ. ამგვარ შემთხვევებში ეს ფუნქცია ზმნის მნიშვნელობიდან გამომდინარეობს. ჩვენ მიერ განხილულ მასალაში [4], ძირითადად შეგვხვდა შემდეგი ზმნები: იქცა, გადაიქცა, დაინიშნა, გადაკეთდა, ჩამოყალიბდა, განვითარდა, გამოდგა. შესაბამის ინგლისურ ენაზე თარგმანებში კი უმეტესად შეგვხვდა შემდეგი ზმნები: to change, to turn, to become, to make, to appoint, to seem, to be, to develop, to transform, to serve.

ფაქტი იყო, წიგნი ბესტსელერად იქცა!	The fact was that the book turned into a best-seller.
წითელი ტალახის გზა ახლა ქვებიან ქვიშად გადაიქცა და გაფართოვდა. ბოლო, მაგრამ ციცაბო აღმართი ედოთ წინ.	They were now nearly where the red dirt road turned to sand and rock and widened for the last sharp climb to the highway.
ამ ნამუშევრებში პრიმიტივიზმი და მოდერნიზმი ხელწერის სტილის ნიშნად იქცა.	Primitivism and modernism became the hallmarks of his style.
ერთხელ დასმულ პრობლემათა ამგვარი გადაწყვეტა თანდათანობით ტრადიციად იქცა.	Such solution of problems posed gradually developed into a tradition.
ქვედა ტურონულში ეს ხმელეთი ისევ დაიფარა ზღვით, ხოლო დანაოჭების ავსტრიული ფაზისის ბოლო იმპულსების გავლენით ხანმოკლე დროით ისევ დენუდაციის არედ იქცა ადრეტურონულის ბოლოს.	In the early Turonian this land was again submerged, but as a result of the last impulse of the Austrian folding at the end of the early Turonian this land changed into an area of denudation.
ეს ადამიანისეული იდეა მთავარ თემად იქცა სულიერი ცხოვრების აღმავლობისას და კულტის განვითარებასთან.	This human idea seems to have been the main theme in the advance of man's spiritual life and at establishing cults.
უსამართლობას წონასწორობიდან გამოყავდა კუსა, ხოლო ფარნაოზი ამ უსამართლობის განსახიერებად იქცა მისთვის.	Injustice unsettled Popeye, and to him Parnaoz now was injustice incarnate.
და იმ დღიდან კვაჭი კვლავ თავისუფალ მოქალაქედ გადაიქცა.	From then on Kvachi was a free citizen again.
აუხსენით, რომ საკლასო ოთახი საამკინძაოდ გადაკეთდა.	Explain that the classroom has been transformed into a book bindery.
ვახტანგ ბუცხრივიძე დაინიშნა თიბისი ბანკის გენერალურ დირექტორად.	Mr. Vakhtang Butskhrikidze was appointed the CEO of TBC Bank.

ამ ტიპის უბრალო დამატება შეიძლება ახლდეს უპირო ზმნასაც:

ქალობა ისეთივე არაფერია, როგორც კაცად ყოფნა .	Being a woman is just as nothing as being a man
--	--

ინგლისურში ეს ზმნები ხშირად „to“ ან „into“ თანდებულებსაც დაირთავენ, რომელთა ძირითადი მნიშვნელობა არის მოქმედების მიმართულების ჩვენება რომელიმე პირის ან საგნის მიმართ. „to become“, „to make“, „to serve“, „to seem“ ზმნების შემთხვევაში, მათი მომდევნო დამატება ან უთანდებულოა, ან დაირთავს „as“ ან „like“ ნაწილაკებს, რომელთა მნიშვნელობა არის „როგორც“.

მათი გზა დღევანდელობასთან არ განსაზღვრავს მათ მომავალს და არც მოდელად გამოდგება სხვებისთვის.	Their paths to the present do not determine their futures, or serve as models for other societies
ხეების ურთიერთგადაჭდობილი ტოტები თავზე ერთიან გაცისკროვნებულ გუმბათად გადაგვფარებოდა.	The interlocked branches of the trees overhead had become as the beams in a cathedral of fire.
რამდენიმე საქმეში სტრასბურგის ორგანოებმა საბოლოო თარიღად ჩათვალეს განმცხადებლის ფაქტობრივი გათავისუფლების და არა გადაწყვეტილების მიღების დღე.	In some cases, the Strasbourg authorities took the date on which the applicant was released as the final date rather than the date of the decision.
მე ხე კაცად მეჩვენა	The tree seemed like a man to me

„იან“ და „ურთ“ სუფიქსით ნაწარმოები ქონების სახელების ვითარებითი ბრუნვის ფორმა თანაობას გამოხატავს და ინგლისურში „with“ თანდებულთა ითარგმნება.

მერე წამოდგა, ზიარასთან მივიდა, ბავშვი ჩამოართვა და ბავშვიანად ისევ თავის სკამთან დაბრუნდა.	Then he got up, went to Ziara, took the baby from her and came back to the chair with the baby .
თითქმის მთელი ევროპის ღარიბ-ღატაკთა მასები დედაწულიანად დაიდრნენ ქრისტეს საფლავის გასათავისუფლებლად.	The poverty-stricken masses of almost the entire Europe moved with their families to liberate the Holy Sepulcher.
იძულებული გავეხდი, რომ დამენებებია თავი რუსეთისათვის და წამოვსულიყავი სამშობლოში ცოლშვილიანად .	I found myself forced to leave Russia and go back home with my wife .
ცნობილი გამოკვლევა „შუშანიკის წამების“ შესახებ ტექსტის თარგმანითურთ და სხვ.	The well-known study of the Passion of Shushanik, with a translation of the text, and others.

ვითარებითი ბრუნვა ვითარების გარემოებად და მისი თარგმანი

ზედსართავი სახელისა და მიმღობის ვითარებითი ბრუნვის ფორმას ხშირად ზმნიზედის ფუნქცია აქვს და წინადადებაში ვითარების გარემოებად გვევლინება. მიუგებს კითხვაზე: როგორ? რამდენად? რა საშუალებით?

რაც შეეხება თარგმანს, ვითარებით ბრუნვაში დასმული ზედსართავი სახელი ვითარების გარემოების ფუნქციით ინგლისურ ენაში ხშირად გამოიხატება ზმნიზედების, თანდებულისანი ფრაზების ან კონსტრუქციების გამოყენებით. ზმნიზედები ინგლისურში არის ძირეული სახელის ფუძის სახით და ზედსართავი სახელისგან ნაწარმოები, რომლებსაც აქვთ მაწარმოებელი სუფიქსი -ly.

არც ხომალდიდან გამოპასუხებია ვინმე, ეტყობა, მაგრად დასძინებოდათ წუხანდელ უძინრებს.	Nor did anyone on board the ship respond: they all seemed to be fast asleep after the previous sleepless night.
ოდესღაც მოვლილი და ლამაზად თავმოხმული ბუჩქები უმწოდ გაიფარჩხნენ.	Bushes that were once trimmed and beautifully cared for now sprawled untidily
ფლორენსი მდუმარედ იდგა და ელოდა, სანამ ედუარდმა ხმამაღლა არ ამოიოხრა და უკან დაიხია.	So Florence stood silently , until at last he freed himself from her with a groan and stepped back
მისი ნამუშევრები ფართოდ იყო დაცული მუზეუმებში, კოლეჯებში და პირად კოლექციებში.	His works are widely held by museums, colleges and private collectors.

ვითარების გარემოება გადმოცემულია ვითარებით ბრუნვაში დასმული რიცხვითი სახელით. დაესმის კითხვა რამდენად? მერამდენად?

V საუკუნეში მონოფიზიტურმა და დიოფიზიტურმა ქრისტოლოგიურმა პოლემიკამ ორად გაყო ქრისტიანული მსოფლიო.	In the 5th century the Chalcedonian and Monophysite Christological polemic split the Christian world in two .
იური ანდრიას ძე ქვეყნის დასაკავებლად მეორედ გამოჩნდა.	Yuri Andreevich attempted to occupy the country a second time .

აგრეთვე გვხვდება რამდენიმე ვითარების გარემოების გამომხატველი არსებითი სახელიც: ჯგუფად, მწკრივად, გეზად. ასეთი სახელები ვითარების გარემოების გადმოსაცემად ფუძის გაორკეცებითაც იხმარება: ჯგუფ-ჯგუფად, გუნდ-გუნდად.

პაციენტები დაყოფილ იქნა ორ ჯგუფად .	Patients were divided into two groups
მოზრდილები სკამებზე იჯდნენ სულგანაზული და ახალმოსწავლე პატარები კი ჯგუფ-ჯგუფად კედლებთან იყვნენ ატუზული.	The older ones were sitting somewhat dismayed on a bench, the younger, the new pupils, were lurking in small groups against the walls.

ვითარების გარემოებაა ზოგიერთი ნაცვალსახელის ვითარებითი ბრუნვის ფორმა: ამდენად, მაგდენად, ამნაირად, მაგნაირად

მართლა გეგონა, რომ მაგდენად შტერი და ეგოისტი ვიქნებოდი მას მერე, რაც უარი ვუთხარი სიყვარულზე – უმშვენიერესზე თუ არა, უპირველესზე მაინც?	"Did you really think I could be so silly and selfish, after I'd refused his love, when it was freshest, if not best?"
--	---

კლასის გამოსვლამდე სულ ამნაირად გვემუხაიფა და მოგვშორდა.	He went on talking to us like this right until the class ended and then he left us.
---	--

ქართულში გვაქვს სახელის ვითარებითი ბრუნვის ფორმები, რომლებიც ზმნიზედებად არის ქცეული. მაგ.: ერთბაშად, უცბად, ბლომად.

უცბად ოცი-ოცდაათი მეტი ფარეში შემოიჭრენ და გაჩერდნენ შუა ოთახში.	Suddenly twenty, thirty or more servants rushed in and halted in the central room.
თითქოს ბედისწერის აჩქარებული ფესის ხმა ესმის, თავისუფალ დროს არ იტოვებს, ერთბაშად ბევრის გაკეთებას ცდილობს.	As if sensing the speedy approach of the end, he left himself no time for leisure, trying to do many things at once .

ქართულში ვითარებით გარემოებას ვიღებთ აგრეთვე ვითარებით ბრუნვაში დასმულ მიმდევობისაგან, რომელიც უარყოფითი - „უ“ პრეფიქსით არის წარმოებული. დაუზოგავად, დაუხმარებლად, გაუხარებლად, დაუვიწყარად და ა.შ. მიმდევობის უარყოფითი მნიშვნელობით გამოხატული ვითარების გარემოება ინგლისურში გადმოიცემა უარყოფითობის თანდებულობით - „without“, რომელსაც მოყვება შესაბამისი სახელი ან გერუნდივი.

განსაზღვრა განხორციელებულია მინებში არსებული სხვა კომპონენტების წინასწარ დაუშორებლად .	The determination has been made without preliminary separation of the other components of the glass.
ახლა იგი საკუთარ აზრებს უკვე შეუზღუდევლად გაანდობდა დასავლეთს.	Now he could share his views with the West without obstacles .
ეს ხელსაწყოები და სისხლდენასთან ბრძოლის ახალი წესი ექიმს საშუალებას აძლევს აუჩქარებლად აწარმოოს საჭირო რადიკალური ჩარევა სისხლდენის გასაჩერებლად.	These devices and the new technique of combating bleeding enable the surgeon to proceed without haste with the necessary radical intervention to stop bleeding.
ორივე წარმატება - მწერლისა და მოქანდაკის დაუგეგმავად , თავისთავად მოხდა.	Both successes – of a writer and a sculptor – happened without planning , by themselves.

ვითარებით გარემოებას ვიღებთ აგრეთვე ვითარებით ბრუნვაში დასმულ მიმართებითი ზედსართავი სახელისაგან, რომელიც ნაწარმოებია არსებითი სახელისაგან უარყოფითი მნიშვნელობით. აკ. შანიძე მათ უქონლობის სახელებს უწოდებს [2]. ასეთი სახელებით გადმოცემული ვითარებითი გარემოება ინგლისურ ენაში ნაწარმოებია ვითარებითი ზედსართავით, რომელიც შედგება არსებითი სახელისაგან და უქონლობის გამოხატველი პრეფიქსის ან სუფიქსისგან: სუფიქსია „less“ და პრეფიქსია „un“-. ასეთ ვითარებით ზედსართავებს ინგლისურში აქვთ შესაბამისი ზმნიზედები, რომლებიც ნაწარმოებია -ly სუფიქსით.

უიმედოდ შეყვარებულია ომში დაკარგულ ყმაწვილზე, როგორც მისი ახალგაზრდა დეიდა.	Like his young aunt, he is hopelessly in love with a young man, who went missing in war.
ამ ორჭოფულ ვითარებაში ირანის შაჰმა, ალა-	Under the uncertain circumstances Iran's

მაჰმად-ხანმა, უმოწყალოდ ააოხრა თბილისი.	Shah Aga-Muhammad-Khan ruthlessly pillaged Tbilisi.
უმალ დანარჩენებსაც მოანგრედა, დაუფიქრებლად, დაუნანებლად, როგორც ჩხირების ხუხულას ბავშვი, რომელსაც გადია სადილად ეძახის.	Medea would rather destroy the other walls, as thoughtlessly and ruthlessly as a child destroys its toy house of sticks when nurse calls it in for dinner.
წაქცეულ კაცს შეეძლო დაენახა ის, რაზედაც ფეხზე მდგარი დაუდევრად მიაბიჯებდა.	A fallen man could see what a man still standing carelessly walked over.
პასუხი ცალსახად დადებითი აღმოჩნდა!	The answer proved unequivocally positive.
სივრცეთა იმავე კლასში აღწერილია უპირობოდ კრებადი მწკრივები.	In the same class of Banach spaces the description of unconditionally convergent series is obtained.

ვითარებითი ბრუნვა ადგილის გარემოებად და მისი თარგმანი

ვითარებითი ბრუნვით გამოხატული ადგილის გარემოება ძველ ქართულში ფართოდ იყო გამოყენებული, ხოლო თანამედროვე ქართულში კი იშვიათად გვხვდება. მის ფუნქციას „ში“ თანდებულებიანი მიცემითი ბრუნვის ფორმა ასრულებს. ქალაქად - ქალაქში, სოფლად - სოფელში. ჩვენ მიერ განხილულ მაგალითებში გვხვდება ვითარებითი ბრუნვის ფორმით გამოხატული ადგილის გარემოებები, რომლებიც ინგლისურში „to“, „in“, „into“, „towards“ თანდებულებითაა გადმოცემული.

უფრო მეტიც, მიწათმფლობელებმა დაიწყეს გლეხების ერთი ბატონიდან მეორესთან წასვლის ან სოფლიდან ქალაქად გადასვლის უფლების შეზღუდვა.	Further, the landowners began to block the free movement of peasants from one lord to another, or to prevent their migration from the village to the market town .
თქვენს მეტს ამ ქვეყნად ცხოვრება აღარავის უნდა?	Were they the only people entitled to live in this world ?
მინდვრად ან ხრემშოყრილ ბილიკზე თავის გამხნეება არ გვჭირდება.	We rarely get to prepare ourselves in meadows or on graveled walks.
წავალ ქალაქად და ერბოს ნახევარ მარჩილად გავყიდი.	I shall go into town and sell this oil for half a marchili

ვითარებითი ბრუნვა მიზნის გარემოებად და მისი თარგმანი

მიზნის გარემოება გამოხატავს მოქმედების მიზანს. უპასუხებს კითხვებზე: რისთვის? რა მიზნით? იგი შეიძლება გადმოცემული იყოს მიზნის ზმნიზედით სახელით და სახელზმნით. უმეტესად მიზნის გარემოება ვნებითი გვარის მომავალი დროის მიმდევობის ვითარებითი ბრუნვის ფორმით გადმოიცემა, რომელიც ზმნიზედად არის ქცეული. მაგ., გასაშლელად, დასაძინებლად, მოსაყვანად და ა.შ. ინგლისურში ეს ფორმები ზმნის ინფინიტივის ან „for“ თანდებულდართული გერუნდივის ფორმით გადმოიცემა. უფრო ხშირია მიზნის გარემოების ინფინიტივის ფორმით გადმოცემის შემთხვევები. ანუ გვაქვს „for“ + სახელი ან გერუნდივი (for a holiday-დასასვენებლად, for listening -მოსასმენად), მაგრამ „to“ + ზმნა (to eat-საჭმელად). სხვადასხვა აქტივობების გამოსახატავად ინგლისურში გვაქვს „go + ing“ ფორმები „for“ თანდებულის გარეშე: go swimming (საცურაოდ), go fishing (სათევზაოდ), go shopping (სავაჭროდ).

მერე უთხრა, შუქურაზე წასასვლელად განსაკუთრებული მიზეზი მაქვსო.	Then he said he had a particular reason to go to the Lighthouse.
იგი გაუშვებს DLL-ის შესაქმნელად საჭირო ყველა პროგრამას.	It will run all the necessary programs to create the DLL.
თანმიმდევრობების ლოკალური და გლობალური გათანაბრებების კოლექციას ბიბლიოთეკის შესაქმნელად აერთიანებენ.	The collection of local and global sequence alignments are pooled to form a library.
მაგრამ ახლა იმან შეაწუხა, ყველას დასაწახად რომ წამოჭიმულიყო თითქმის ცარიელი მაგიდის ბოლოში.	But now he was worried that he had barged in for all to see at the end of the table.
მოცემულია ამოცანის გადასაწყვეტად დამუშავებული ბლოკ-სქემა და ერთ-ერთი ამოცანის კვლევის შედეგი.	The pulley-scheme developed for solving the problem and the result of a study of one of the problems are given
მიღებულია გამოსახულებები არამდგრადობის არეების ასაგებად და მინიმალური კრიტიკული ძალის განსასაზღვრად.	Expressions are obtained for constructing zones of instability and for determining the minimum critical force

ვითარებითი ბრუნვა დროის გარემოებად და მისი თარგმანი

დროის გარემოება გამოხატავს მოქმედების დროს ან ხანგრძლივობას კონკრეტული მომენტის აღსანიშნავად, პასუხობს კითხვზე "როდის?" ან "რამდენი ხნით?"

ამ მნიშვნელობების გადმოსაცემად ინგლისური, როგორც წესი, იყენებს დროის ზმნიშედებს, დროის გამომხატველ ფრაზებს ან თანდებულებს, როგორცაა "at", "on" ან "during".

თითქმის ყოველ დიდ ოჯახს ჰყავდა ძველად საკუთარი მღვდელი.	In the old days almost every important family had its private priest.
თავდაპირველად მხოლოდ სირიულიდან და სომხურიდან თარგმნიდნენ, მოგვიანებით კი ინტენსიურად ითარგმნებოდა ბერძნულიდანაც.	Initially translations were made only from the Syriac and Armenian. Later translations were made intensively from the Greek as well.
მოცემულია საქართველოში პირველად აღნიშნული ნიადაგის მიკრომიცეტების 6 სახეობის მოკლე დიაგნოზი.	The paper deals with species of forest soil fungi found for the first time in Georgia.
ასე დილაადრიანად საუზმობაც უჩვეულო იყო, დამის ჩაჩდაკოსებული, სამზარეულოში მობზრიალე ჰანას ნაცნობი სახეც კი არაბუნებრივი ჩანდა.	Breakfast at that early hour seemed odd, and even Hannah's familiar face looked unnatural as she flew about her kitchen with her nightcap on.

ინგლისურში გვაქვს კონსტრუქცია „to be + worth + V+ing“ (it is worth seeing - ნახვად ღირს) [3]. ამ კონსტრუქციის შესაბამისი ქართული თარგმანიც ვითარებით ბრუნვაში დასმულ სახელს მოითხოვს, რაც ნათლად ჩანს განხილული მაგალითებიდან:

ეს არხი მდინარის მარჯვენა ნაპირიდან იწყება, მარშის რაბიდან ნახევარი მილის ზემოთ. მომხიბლავი, ჩრდილიანი ადგილია და ნახვად ღირს , თანაც თითქმის ნახევარი მილით ამოკლებს გზას.	It is a short cut, leading out of the right hand bank about half a mile above Marsh Lock, and is well worth taking , being a pretty, shady little piece of stream, besides saving nearly half a mile of distance.
მეუბნება, რომ ეგ ყოლიფერი ჩალადაც არ ღირს .	He tells me that none of this is worth a straw .
ყველა, ვისი აზრიც ფასეულად მიგვაჩნია , თანხმდება, რომ ერთადერთი მიზანშეწონილი თემა მწერლის თუ ბიოგრაფისტის არის სიცოცხლე.	Life, it has been agreed by everyone whose opinion is worth consulting , is the only fit subject for novelist or biographer.
– სწორედ დაკვირვებად ღირს . აბა უყურეთ!	"This is worth investigatin . Watch."

ვითარებითი ბრუნვის ფორმით ვთარგმნით აგრეთვე ინგლისურ ენაში არსებულ კონსტრუქციას: He **is considered to be** a good man – (ის კარგ **კაცად ითვლება**). ქართულის შესაბამის თარგმანებში ხშირად გვხვდება შემდეგი ზმნები: ითვლება, მიჩნეულია, განხილულია.

აღნიშნულია, რომ ეს მონაკვეთი ქართული მწერლობისა „ოქროს ხანის“ მწერლობადაა მიჩნეული .	It is noted that this period of Georgian literature is considered to be of the “golden age”.
სწორედ ეს ბედნიერი დასასრული ითვლება ბომონტისა და ფლეტჩერის უმთავრეს ინოვაციად .	It is this happy end that is considered to be one of principal innovations of Beaumont and Fletcher.
ჭ. ამირეჯიბის “დათა თუთაშხია” მიჩნეულია თანამედროვეობის კრიტიკული ანალიზისა და ახალი მორალური პრინციპების ძიების ცდად .	Chabua Amirejibi's Data Tutashkhia is considered to be an attempt at a critical analysis of contemporaneity and a search for new moral principles.
“სეისმური აქტივობა-გაყუჩება” განხილულია ძლიერ მიწისძვრების ერთ-ერთი შესაძლო წინამორბედად .	"Seismic activity calm" is considered to be one of the possible forerunners of large earthquakes.

თანამედროვე ქართულში ვითარებითი ბრუნვის ფუნქცია მრავალმხრივია და მისი შესაბამისი ინგლისური თარგმანები ორივე ენის სინტაქსური სტრუქტურის ნიუანსურ გაგებას მოითხოვს. ამ ფუნქციების წარმატებით თარგმნა ხშირად გულისხმობს წინადადებების, ზმნიზედური ფრაზებისა და ზმნური კონსტრუქციების კომბინაციის გამოყენებას ინგლისურ ენაზე, ქართულის მნიშვნელობის გასაგებად.

სტატის მიზანი იყო მაგალითებზე დაყრდნობით განგვიხილა და გვეჩვენებინა თუ რა საშუალებებით გამოიხატება ქართული ენის ვითარებითი ბრუნვა ინგლისურ ენაში და რა შემთხვევაში გამოიყენება ეს საშუალებანი. აგრეთვე განვიხილეთ ის შემთხვევები, როდესაც ინგლისურ ენაში არსებულ გარკვეულ კონსტრუქციებს ქართულ თარგმანებში ვითარებითი ბრუნვის ფორმაში დასმული სახელი შეესაბამება.

სტატიაში განხილული მაგალითები მოძიებული და ამოღებულია ინგლისურ - ქართული პარალელური კორპუსიდან corp.dict.ge.

Adverbial case functions in modern Georgian and their corresponding translations in English

Nino Amirezashvili

Summary

The function of the adverbial case in modern Georgian is multifaceted, and its corresponding English translations require a nuanced understanding of the syntactic structure of both languages. Successful translation of these functions often involves using a combination of prepositions, adverbial phrases, and verb constructions in English to convey the meaning of Georgian.

The purpose of the article was to discuss and show, based on examples, by what means the adverbial case of the Georgian language is expressed in the English language and in what cases these means are used. The examples discussed in the article were searched and extracted from the of English-Georgian Parallel Corpus - corp.dict.ge.

Функции адвербиального падежа в современном грузинском языке и их соответствующие переводы на английский язык

Нино Амirezашвили

Резюме

Функция адвербиального падежа в современном грузинском языке многогранна, и соответствующие ей английские переводы требуют тонкого понимания синтаксической структуры обоих языков. Успешный перевод этих функций часто предполагает использование комбинации предлогов, наречий и глагольных конструкций на английском языке для передачи значения грузинского языка.

Целью статьи было обсудить и показать на примерах, какими средствами выражается адвербиальный падеж грузинского языка в английском языке и в каких случаях эти средства используются. Примеры, обсуждаемые в статье, были найдены и извлечены из англо-грузинского параллельного корпуса - corp.dict.ge.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <http://www.ilc.cnr.it/EAGLES/home.html>
2. შანიძე ა., ქართული ენის გრამატიკის საფუძვლები, თბილისი 1973,
3. Collins English Dictionary
4. პარალელური კორპუსი <https://corp.dict.ge/>

ნაშრომი განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი FR-21-3509)

Cryptographic Issues of the 1832 Conspiracy - Secret Alphabet

Maia Tsertsvadze

maiatsertsvadze@yahoo.com

Abstract

The article is dedicated to one issue of the cryptography of a very important event in the history of Georgia - the conspiracy of 1832. It is the means of secret correspondence introduced by the conspirators for the conspiracy of their activities - the secret alphabet, which was created by one of the ideological leaders of the conspiracy, monk Philadelphos Kiknadze. It was mainly used to exchange secret information between conspirators in Georgia.

The paper deals with the process of using this alphabet for secret correspondence by conspirators, presents it as a cryptosystem and characterizes it by means of modern cryptographic terminology and parameters. It has been established that this kind of correspondence belongs to the symmetric cryptosystem, in which simple substitution cipher, i. e. monoalphabetic cipher, is used for encryption.

The present research is important both for cryptography in general and for historical science - the use of the secret alphabet by Georgian conspirators is one of the visible and significant pages in the history of Georgian cryptography and the conspiracy of 1832.

Key words:

Cryptography, history of Georgian cryptography, conspiracy of 1832, secret alphabet, symmetric cryptography

In one of his fundamental works, dedicated to writing, Ivane Javakhishvili wrote: "Since reading and writing became a skill and knowledge accessible and understandable to many, if not to everyone, it has become necessary to create a special, completely unreadable-intelligible alphabet for communicating secret political and military information. That's why all cultural nations, alongside the common writings, used to had many kinds of secret alphabets." [1].

This statement of the great scientist, of course, also applies to the Georgian nation. In Georgia, people have known cryptography, i. e. secret (encrypted) writing craft ("**Cryptography**" (Greek: kryptos - secret and grápō - I write (emphasis is ours everywhere - M. Ts.)), - the use of conditional secret signs in order to make the text understandable for trusted people only.

Academician Marie Brosse said that he had encountered different examples of the secret alphabet [1].

The following cryptographic systems were common in Georgian: so called **Anchinuri, Anjanuri, Anreuli, Anhour, counting writing, reverse writing, mirror writing, another writing** and others, which have been studied by Georgian scientists and discussed in special literature [1, 2].

As is known, secret writing was used by the participants of such an important event in the history of Georgia as the conspiracy of 1832. Our article is dedicated to this question of its cryptography.

Let us say a few words about this conspiracy. It was aimed at expelling the Russian Empire from Georgia and restoring Georgia's independence. It was founded in 1826-1827 in the circle of Georgian royal princes (batonishvilebi) emigrated to Russia in St. Petersburg, among whom we should first name the grandsons of King Erekle II (1720-1798): Dimitri, son of Iulone (1803-1845) and Okropir, son of Giorgi (1795-1857) Bagrationi. They gathered Georgian youths who had gone to study in Russia and started preparing for the upcoming armed uprising. The conspiracy could not turn into an uprising because of its betrayal by one of its participants, Yese Palavandishvili (?-1857), which resulted in the arrest and punishment of the conspirators [3].

In our previous studies, dedicated to the cryptography of the 1832 conspiracy [4], [5], we distinguished three components:

1. Secret alphabet;
2. Code elements;

3. The method used for secret correspondence and information exchange between the St. Petersburg/Moscow and Tbilisi circles of the conspirators, which was carried out using a kind of stencil, "frame" ("form", "format", "cut paper"), as the conspirators themselves called it.

In these articles we did not touch the first two components in detail, and focused only on the third one - we presented and discussed it as a cryptographic system and characterized it using modern cryptographic terminology and parameters. In particular, on the basis of the research, carried by us, we concluded that that method of secret correspondence used in the conspiracy of 1832, belongs to a **symmetric cryptosystem**, which has its own cipher, plaintext, ciphertext and key, and its participants follow a set of rules sequentially and unconditionally, so called **cryptographic protocols** [4].

In this article we will discuss another component of the cryptography of the 1832 conspiracy and present its essence. As in the previous case, we will try to consider it as a cryptographic system and describe it using modern cryptographic terminology and parameters.

This time as analysis material, like in the previous researches, we will use the testimony of the conspirators and other materials of the Conspiracy Investigation Commission, scientific study and research of which are still being actively carried out.

The cryptography issue of the 1832 conspiracy in question is the **secret alphabet** used for secret correspondence between the conspirators in Georgia. Let us see what it represents, the history of its creation and who its author is.

The secret alphabet for correspondence was created by one of the founders, organizers and active participants of the conspiracy, monk **Philadelphos Kiknadze** (1793/4-1833), who is also referred to as its ideological leader. In addition to this alphabet, he compiled the charter of the conspiracy, so called "Akti Goniuri", represented a collection of basic guidelines, ethical-political principles and rules of relations between the conspirators and the state, and the text of the oath for the conspirators [6].

A few words about the biography of Philadelphos Kiknadze. He was the son of Imereti state nobleman Ioane Kiknadze, and Tinatin, daughter of the prince Sekhnia Abashidze. He changed his baptismal name to Nikophorus after he was ordained as a monk, and when he was consecrated as a priest in 1822, he was called Philadelphos. When he was seven years old, his father took him to the Monastery of John the Baptist, but his parents died earlier of the plague, and when he was completely orphaned, the Archimandrite took him to Khirsa for education. In Khirsa, where he thoroughly studied philosophy and theology, for five years he has been a deacon, then he went to the Transfiguration Monastery in Tbilisi. In 1826, Philadelphos was accompanied by Catholicos Anton II (1762-1827) to Russia. In Nizhny-Novgorod, there was a disagreement with the prince Evstafy Tsitsishvili and he was arrested. His house was searched and his writings were destroyed. Released from prison with Anton's help, he went to Moscow, where he became close to Georgian royal princes - the sons of kings Erekle II (1720-1798) and Giorgi XII (1846-1800). After Anton's death in 1828, he returned to Tbilisi Transfiguration Monastery. Soon, due to the spread of cholera, he moved to Monastery in Shuamta, where he was the abbot of the monastery until his arrest [7].

Philadelphos Kiknadze was arrested for the second time for betraying the conspiracy of 1832. After eight months of imprisonment, on September 5, 1833, he died in prison, the cause of which, according to prison staff doctor Nikolai and lieutenant colonel Shestenko, was inflammation of the stomach [8]. In fact, he was killed by the cruel and inhumane conditions under which he was imprisoned.

For the purposes of our research, from the work of Philadelphos Kiknadze we should highlight the creation of the secret alphabet, which he created using the Georgian Mkheduli and Khutzuri scripts, as well as the Russian and Latin alphabets, and which, as we already mentioned, was mainly used by conspirators in Georgia. "We did not hide it (the secret alphabet - M. Ts.), on the contrary, our desire was to implement it among us for use" - told one of them, the ensign, later the playwright, Giorgi Eristavi (1813-1864) to the investigative commission on May 9, 1833 [9].

In the investigative materials that have reached us (before his arrest, Philadelphos managed to destroy and burn many of his writings), two important letters written by Giorgi Eristavi to Philadelphos in a secret alphabet [6] are preserved, a fragment of the photocopy of one of them is shown in Fig. 1.

Below we cited a small part of the text from the above said letter, in which the addresser informs the addressee about the inclusion of new members in the conspiracy, and which, we think, shows the importance of this letter:

"Father Philadelphos...

I would like to congratulate **Alexander** on his participation in the act (meaning the membership of the conspiracy - M. Ts.) with **his brother**, as well as the son of my cousin **Shanshe**, they have many parties and are trying to bring them. On my part, I earned these and should earn them: **Alexander** and **Vakhtang Orbeliani**, **Elizbar** and **Dimitri Eristavi**. These four already know.

For a week, the next ones will welcome you.
 Prince **Davit Jorjadze, Solomon Dodaev...**
 Yours, **Giorgi**, on June 15" [6].

The persons, mentioned here, are: **Alexander Orbeliani** (1802-1869), **Elizbar Eristavi** (1810-1872) and **Solomon Dodashvili** (1805-1836), who were accused of being the leaders of the conspiracy, and its active members: **Vakhtang Orbeliani** (1812-1890), **Dimitri Eristavi** (1811-1854.) and **Davit Jorjadze** (1810-1866).

The other participants of the conspiracy also knew the secret alphabet. They were the teacher of the Tbilisi gymnasium **Dimitri Kiphiani** (1814-1887) and the landlord of Telavi region, ensign **Davit Eristavi** (1795-?), whose secret letter to Philadelphos is also preserved in the investigative materials [6].

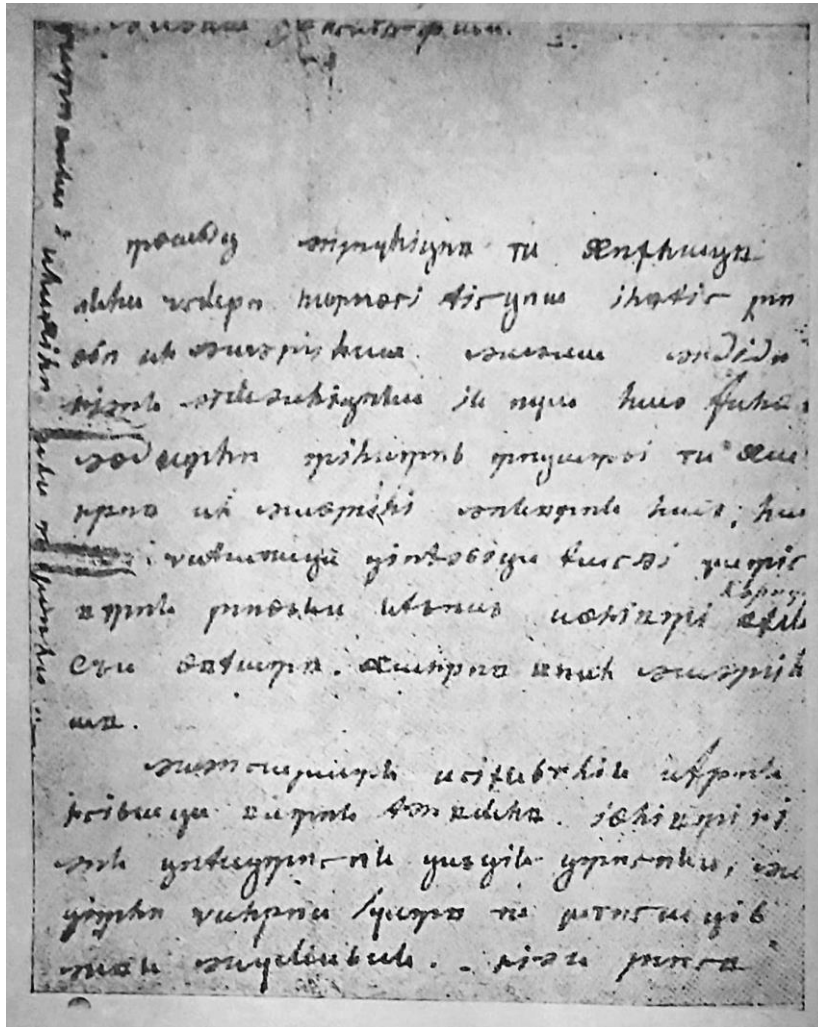


Figure 1.

Like most of the conspirators, in order to avoid punishment, Philadelphos Kiknadze denied any involvement in the conspiracy during the investigation. With regard to the alphabet, he told the Commission of Inquiry that he had created it long before the conspiracy, in 1820, and had no intention of using it for any secret correspondence. He did not like the Georgian alphabet and wanted to improve it by creating a new one [6].

In the investigation materials of the conspiracy, there is also a table of the outline of the letters of this secret alphabet and its correspondence with the Georgian Mkhedruli letters (Fig. 2) [6]. In one of his testimonies about the new alphabet, Philadelphos Kiknadze said, that when comparing the Greek, Latin and Russian alphabets, he noticed that the letters (secular and ecclesiastical) had similarities with each other and were derived from each other. As a result, he also decided to create a new alphabet, on the basis

on one hand, from Georgian secular (Mkhedruli) and, as he calls it, ecclesiastical (Khutsuri - a combination of Asomtavruli and Nuskhuri Georgian alphabets - M. Ts.) ones, on the other hand - from Latin and Russian letters [6].

Now let us try to characterize this process of secret correspondence of the conspirators as a **cryptographic system**. It includes two parties (participants), - the addresser of the letter ("sender") and the addressee ("receiver"). The parties want to share confidential information with each other in such a way that a person without this system cannot understand it.

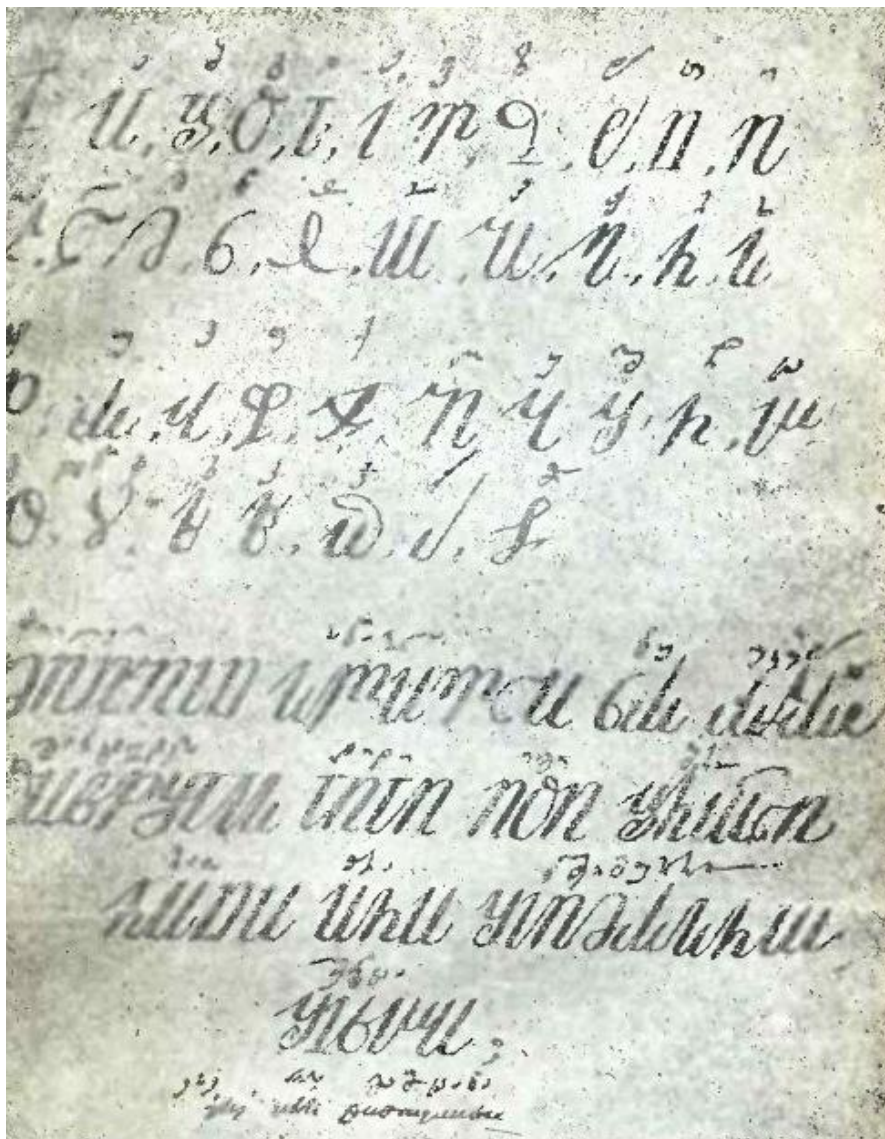


Figure 2.

Written in a secret alphabet (Fig. 2), for example, the text of Giorgi Eristavi's above mentioned letter (Fig. 1) is the information to be transmitted, i.e. **plaintext**.

The set of actions taken by the addressers to compose this plaintext, that is, to use a secret alphabet to write it, is **encryption**.

Actions performed by the addressees after receiving the message, i.e. reading the received letter using the same alphabet matching table (Fig. 2), is the reverse process of encryption or **decryption**.

The secret information, read as a result of decryption, in particular, the text written in Mkhedruli letters of the letter, the fragment of which we checked above, is a **ciphertext** or **cryptogram**.

The set of described encryption/decryption algorithm constitutes a **cipher** [10,11,12].

The correspondence table of the used alphabets (Fig. 2), in cryptographic terminology, is a so called **key**. The key is the secret parameter known and agreed upon only by the related parties and that uniquely determines the output of the cryptographic algorithm and cipher. During encryption and decryption, the process of converting information from plaintext to ciphertext and vice versa from ciphertext to plaintext depends entirely on this table or key.

Since the addresser and the addressee use the same key, based on the described process and the example of the secret correspondence of conspirators, it can be said that we are dealing with a case of **symmetric cryptography**, which is carried out by means of a **secret (symmetric) key**, that is, a key that is the same for the encryption/decryption procedures and which was the only common method until 1976 [13].

Therefore, it is concluded that the secret alphabet correspondence method used by the conspirators of 1832 can be characterized by means of modern cryptographic terminology and parameters, and that belongs to a symmetric cryptosystem, which has its own cipher, plaintext, ciphertext and key, and its participants follow the set of rules in sequence and unconditionally, so called cryptographic protocols.

From the table of correspondence of the alphabets given in Fig.1, it can be seen that the cipher used by the conspirators for the secret text belongs to the so called **Simple substitution cipher**, i.e. **monoalphabetic cipher**. It is a special case of a substitution cipher, that is, a cipher in which information units in the plaintext are replaced by the corresponding ciphertext. These units may (mostly) represent a single symbol, or a group of two or more symbols, unlike a **permutation cipher**, where the positions of the symbols are changed, not the symbols themselves [14].

Simple substitution cipher belongs to the class of encryption methods, which are based on the creation of an encryption table according to a defined algorithm, and in which for each symbol of the plaintext there is a unique replacement symbol of the ciphertext symbol. Encryption consists in changing symbols according to a table, and for decryption it is quite enough to have the same table or to know the algorithm according to which it is generated. It should also be noted that a simple substitution cipher does not always involve replacing a symbol with only one symbol, it can also be replaced by a number.

Simple substitution ciphers include many ancient and medieval ciphers, such as the **Atbash (Etbash)** and the **Caesar cipher**. Frequency cryptanalysis is used to break such codes [13].

In our case, during encryption, the Georgian Mkhedruli letters were replaced with the corresponding letters of the new alphabet created by Philadelphos Kiknadze, and during decryption - vice versa.

According to the classification of Georgian cryptographic systems listed at the beginning of the article, the alphabet created by Philadelphos Kiknadze is the closest to the so called **another writing system**, i.e. a system where the Georgian text is written with the alphabet of a foreign language (mainly Greek, Latin, Armenian and Slavic) [2], although in our case the Georgian text is replaced not by a foreign language, but by a new alphabet created specially for secret correspondence of conspirators by Philadelphos Kiknadze.

The research presented in the article is very important both for cryptography in general and for historical science - the use of the secret alphabet by the Georgian conspirators is one visible and significant page in the history of Georgian cryptography and the conspiracy of 1832.

1832 წლის შეთქმულების კრიპტოგრაფიის საკითხები - საიდუმლო ანბანი

მაია ცერცვაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია საქართველოს ისტორიის მეტად მნიშვნელოვანი მოვლენის - 1832 წლის შეთქმულების კრიპტოგრაფიის ერთი საკითხი. იგულისხმება შეთქმულთა მიერ თავიანთი საქმიანობის კონსპირაციისთვის შემოღებული საიდუმლო მიმოწერის საშუალება - საიდუმლო ანბანი, რომელიც შექმნა შეთქმულების ერთ-ერთმა იდეურმა ხელმძღვანელმა ბერმა ფილადელფოს კიკნაძემ. იგი ძირითადად გამოიყენებოდა საიდუმლო ინფორმაციის გაცვლისათვის საქართველოში მყოფ შეთქმულთა შორის.

ნაშრომში განხილულია შეთქმულთა მიერ საიდუმლო მიმოწერისათვის ამ ანბანის გამოყენების პროცესი. წარმოჩენილია ის როგორც კრიპტოსისტემა და დახასიათებულია

თანამედროვე კრიპტოგრაფიული ტერმინოლოგიისა და პარამეტრების საშუალებით. დადგენილია, რომ იგი მიეკუთვნება სიმეტრულ კრიპტოსისტემას, რომელშიც შიფრაციისათვის გამოყენებულია მარტივი ჩანაცვლების, იგივე მონოალფაბიტური შიფრი.

ჩატარებული კვლევა მნიშვნელოვანია როგორც ზოგადად კრიპტოგრაფიისათვის, ასევე ისტორიული მეცნიერებისათვის - საიდუმლო ანბანის გამოყენება ქართველ შეთქმულთა მიერ ქართული კრიპტოგრაფიისა და 1832 წლის შეთქმულების ისტორიის ერთი თვალსაჩინო და საგულისხმო ფურცელია.

Вопросы криптографии заговора 1832 года - секретный алфавит

Maia Tsertsvadze

Резюме

В статье рассматривается один вопрос криптографии очень важного события в истории Грузии – заговора 1832 года. Имеется в виду введенное заговорщиками для конспирации своей деятельности средство тайной переписки — тайный алфавит, который создал один из идейных руководителей заговора монах Филадельфос Кикнадзе. В основном он использовался для обмена секретной информацией между заговорщиками в Грузии.

В статье рассматривается процесс использования этого алфавита для тайной переписки заговорщиками, он представлен как криптосистема и характеризуется с помощью современной криптографической терминологии и параметров. Установлено, что он относится к симметричной криптосистеме, в которой для шифрования используется шифр простой замены - тот же одно алфавитный шифр.

Проведенное исследование важно как для криптографии в целом, так и для исторической науки - использование грузинскими заговорщиками секретного алфавита является одной видимой и значимой страницей в истории грузинской криптографии и заговора 1832 года.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Javakhishvili Iv. The purpose, sources and methods of history, past and present. Book III, section I. Knowledge of Georgian scripts, or paleography. 1949. p. 150-157.
2. Atanelishvili L. Old Georgian secret script. Tbilisi. 1982. p.11-162.
3. Jologua T. for the conspiracy of 1832. "Literary Searches" magazine. 2017 # 38, Tbilisi. 2017. p. 55-72.
4. Tsertsvadze M. The cryptographic method of the 1832 conspirators. Proceedings of the Archil Eliashvili Institute of of Control Systems of the Georgian Technical University. #27. Tbilisi. 2023, p. 136-143.
5. Tsertsvadze M. The secret correspondence of the 1832 conspirators. Scientific Journal `Semiotics`, XXIII, 2023, p. 189-196.
6. Gozalishvili G. Conspiracy of 1832. T. 1. State University Publishing House. Tiflis. 1935. p. 111-116, 102-103, 35, 264.
7. Khomeriki M. Monk Filadeldos Kiknadze, participant of conspiracy of 1832. "Mematiene" Tbilisi. 1999.
8. Gozalishvili G. Conspiracy of 1832. T. 2. "Merani". Tbilisi. 1970. p. 122, 264, 294-295, 447.
9. Gozalishvili G. Conspiracy of 1832. T. 3. "Soviet Georgia". Tbilisi. 1976. p. 53, 229, 231, 215.
10. Fred Piper and Sean Murphy Cryptography: A Very Short Introduction. Oxford University Press Inc. New York. 2002.
11. Moldovyan A. A., Moldovyan H. A., Sovetov B. I. Cryptography. "Lan". SPb. 2000.
12. Asatiani T., Lominadze T., Lominadze N., Papiashvili R. Fundamentals of cryptography. "Technical University". Tbilisi. 2021.
13. Kekelia V., Kotrikadze G. Symmetric system methods and models of cryptography. "Technical University". Tbilisi. 2016.
14. Shnayer B. Substitution ciphers. Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. "Triumph". Moscow. 2002.

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების შესაძლებლობები სამკურნალო პრეპარატების შექმნაში

მაია მიქელაძე, ვადიმ რადიევსკი, ნორა ჯალიაბოვა, ელენე ფალავა, ირმა გ. კორინთელი, ყარამან ფალავა

mikeladzemaia@yahoo.com, v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru, e.phagava@tsmu.edu, irma.korinteli@tsmu.edu, kpagava@yahoo.com

რეზიუმე

სამკურნალო პრეპარატის შექმნა წარმოადგენს საკმაოდ რთულ და ხანგრძლივ პროცესს, რომელიც შედგება რამდენიმე ეტაპისგან. მოცემულ ნაშრომში განხილულია ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობები სამკურნალო პრეპარატის შექმნის სხვადასხვა ეტაპზე. ძირითადი ყურადღება ეთმობა წამლის ეფექტურობის პოსტკლინიკურ კვლევას, რომელიც წარმოადგენს ე.წ. რეალური სამყაროს მონაცემების (real-world data, RWD) ანალიზს. ამ შემთხვევაში სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობის დადგენის ამოცანა განიხილება როგორც კლასიფიკაციის ამოცანა და მის გადასაწყვეტად მიზანშეწონილია მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) და მანქანური სწავლების (Machine Learning) მეთოდების გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები

სამკურნალო პრეპარატის კლინიკური კვლევები, რეალური სამყაროს მონაცემები (RWD), მანქანური სწავლება

თანამედროვე საზოგადოებაში მედიცინას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება, რადგან მის გარეშე წარმოუდგენელია ადამიანის ჯანმრთელობისა და ცხოვრების ხარისხის შენარჩუნება და გაუმჯობესება. მედიცინის ორი ძირითადი ამოცანაა ზუსტი და დროული დიაგნოსტიკა და ეფექტური მკურნალობის შერჩევა.

ზოგადად მკურნალობის, და კერძოდ სამკურნალო პრეპარატის შერჩევისას გასათვალისწინებელია მისი ეფექტურობა (ანუ დაავადების გამომწვევ მიზეზზე ზემოქმედება) და უსაფრთხოება (ანუ გვერდითი მოვლენების გამოწვევის დაბალი ალბათობა). ეფექტურობის და უსაფრთხოების დადგენის საკითხი მნიშვნელოვანია როგორც შემუშავების პროცესში მყოფი, ასევე უკვე დარეგისტრირებული სამკურნალო პრეპარატის შემთხვევაში.

მოცემულ ნაშრომში განხილულია ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობები სამკურნალო პრეპარატის შემუშავების სხვადასხვა ეტაპზე. ძირითადი ყურადღება ეთმობა წამლის ეფექტურობის პოსტკლინიკურ კვლევას, რომელიც წარმოადგენს ე.წ. რეალური სამყაროს მონაცემების (real-world data, RWD) ანალიზს. ამ შემთხვევაში სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობის დადგენის ამოცანა განიხილება როგორც კლასიფიკაციის ამოცანა და მის გადასაწყვეტად მიზანშეწონილია მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) და მანქანური სწავლების (Machine Learning) მეთოდების გამოყენება.

ახალი წამლის შექმნა საკმაოდ რთული და ხანგრძლივი პროცესია, რომელიც შედგება შემდეგი ეტაპებისგან: სამკურნალო პრეპარატის შექმნა, პრეკლინიკური კვლევები, კლინიკური კვლევები, პოსტკლინიკური კვლევები.

• **შექმნის ეტაპზე** მკვლევარები ეძებენ მოლეკულებს, რომლებსაც შეუძლიათ გარკვეული თერაპიული პრობლემის გადაჭრა. თითოეულ დაავადებას ახასიათებს სპეციფიკური პათოგენეზი, ანუ ორგანიზმში გარკვეული პროცესები არასწორად

მიმდინარეობს. არსებობს სამიზნე ცილები, რომლებზეც ზემოქმედება ხელს უწყობს სიტუაციის გამოსწორებას. მკვლევარების ამოცანაა ამ სამიზნეების იდენტიფიცირება და ისეთი ნივთიერებების პოვნა, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია მათზე ზემოქმედება [1].

• **პრეკლინიკური კვლევების ეტაპზე** ხდება წინა ეტაპზე მიღებული მოლეკულებიდან ყველაზე შესაფერისი კანდიდატების ამორჩევა. მოლეკულების შეფასება ხორციელდება შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით: ქიმიური სტრუქტურის მდგრადობა, ეფექტურობა, უსაფრთხოება, ფარმაკოდინამიკა და ფარმაკოკინეტიკა. ამისათვის ექსპერიმენტები ტარდება უჯრედულ კულტურებზე (in vitro), ლაბორატორიულ ცხოველებზე (in vivo). ასევე მიმართავენ ექსპერიმენტების კომპიუტერულ მოდელირებას (in silico) [2].

• **კლინიკური კვლევა** წამლის შემუშავების პროცესის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს, რომლის გარეშე არ ხდება პრეპარატის რეგისტრაცია. კლინიკური კვლევების ეტაპზე ხდება ახალი წამლის ტესტირება ადამიანებზე მისი ეფექტურობის და უსაფრთხოების შემოწმების მიზნით. თვით კვლევა სამი სავალდებულო ფაზისგან შედგება.

ფაზა I - სამკურნალო პრეპარატის მაქსიმალური უსაფრთხო დოზის დადგენა.

პირველი ფაზა გრძელდება რამდენიმე თვე და მასში მონაწილეობენ ჯანმრთელი მოხალისეები (ჩვეულებრივ რამდენიმე ათეული). თავიდან მონაწილეები იღებენ წამლის მინიმალურ დოზებს. შემდეგ, თუ გვერდითი მოვლენები არ შეინიშნება, დოზა თანდათან იზრდება მაქსიმალურ დასაშვებ ნიშნულამდე. ფაქტობრივად, I ფაზის განმავლობაში მკვლევარები შეისწავლიან ახალი წამლის ფარმაკოდინამიკას და ფარმაკოკინეტიკას. თუ აღმოჩნდა, რომ პრეპარატი საკმარისად უსაფრთხოა, ის გადადის კლინიკური კვლევის მეორე ფაზაში [3].

ფაზა II - სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობისა და უსაფრთხოების შესწავლა პაციენტთა გარკვეულ კონტინგენტზე, თერაპიული დოზის შერჩევა.

მეორე ფაზა გრძელდება რამდენიმე თვიდან ორ წლამდე და მასში მონაწილეობენ პაციენტები, რომლებსაც აღენიშნებათ მხოლოდ საკვლევი დაავადება. მონაწილეთა რაოდენობა შეადგენს რამდენიმე ათეულიდან რამდენიმე ასეულამდე. მეორე ფაზა ჩვეულებრივ ტარდება როგორც რანდომიზებული, კონტროლირებადი, ორმაგად ბრმა კვლევა. აუცილებელია იმის შემოწმება, არის თუ არა პრეპარატი პლაცებოზე ან სტანდარტულ თერაპიაზე ეფექტური [3].

ფაზა III - სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობისა და უსაფრთხოების დადასტურება რეგისტრაციისთვის.

მესამე ფაზა გრძელდება ერთი წლიდან რამდენიმე წლამდე და ჩვეულებრივ ტარდება რანდომიზებული, კონტროლირებადი, ორმაგად ბრმა, მულტიცენტრული კვლევის სახით პაციენტების დიდ ჯგუფებზე (ასობით ან ათასობით ადამიანი). მესამე ფაზა საჭიროა, რათა საფუძვლიანად გამოკვლეულ იქნას წამლების უსაფრთხოება და ეფექტურობა პაციენტების სხვადასხვა ჯგუფში, სხვადასხვა თანმხლები დაავადების და სხვა პრეპარატებთან ურთიერთობის პირობებში. ამ ფაზის შედეგების საფუძველზე მიიღება გადაწყვეტილება, შესაძლებელია თუ არა პრეპარატის ბაზარზე გატანა [3].

• **პოსტკლინიკური კვლევების ეტაპი.** სამკურნალო პრეპარატის ბაზარზე გასვლის შემდეგაც გრძელდება მასზე დაკვირვება - ე.წ. პოსტკლინიკური კვლევა. ამ ეტაპის ამოცანას წარმოადგენს მოსახლეობის ფართო ჯგუფებისთვის პრეპარატის დანიშვნისას მიღებული შედეგების შეგროვება და ანალიზი. ამ მიზნით ევალებათ ექიმ-პრაქტიკოსებს ახალი წამლის გამოყენებისას მიღებული შედეგების, გართულებების, უარყოფითი გვერდითი მოვლენების და სხვა წამლებთან ურთიერთქმედების შესახებ ინფორმაციის დაფიქსირება. ამრიგად, პოსტკლინიკური კვლევები ხელს უწყობს იშვიათი გვერდითი მოვლენების და სხვა წამლებთან ურთიერთქმედების გამოვლენას და ადამიანის ორგანიზმზე ხანგრძლივი გამოყენების გავლენის შესწავლას [3].

ამრიგად, ახალი წამლის შემუშავება საკმაოდ დიდ დროსა და ხარჯებთან არის დაკავშირებული, რაც ფორსმაჟორულ სიტუაციაში შეუძლებელს ხდის დროულად მივიღოთ ეფექტური და უსაფრთხო სამკურნალო პრეპარატი. ეს რთული და შრომატევადი პროცესი შეიძლება დაჩქარდეს და გაუმჯობესდეს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით.

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები გამოიყენება წამლის შემუშავების ყველა ეტაპზე და მნიშვნელოვნად ამარტივებს ამ პროცესს.

განვიხილოთ უფრო დეტალურად ხელოვნური ინტელექტის ზოგიერთი ტექნოლოგია და მისი გამოყენება წამლის შემუშავების სხვადასხვა ეტაპზე.

შექმნის ეტაპი:

• **წამლის „სამიზნის“ იდენტიფიკაცია და „სამიზნეზე“ მოქმედი ქიმიური შენაერთის მოძებნა.** ბიოლოგიური მონაცემების ანალიზი ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების მეშვეობით შესაძლებელს ხდის დავადგინოთ წამლის პოტენციური სამიზნე - ცილა, რომელიც პასუხისმგებელია დაავადების განვითარებაზე. შემდეგ უნდა შეირჩეს ამ ცილის ინჰიბიტორი, რომელიც არ გამოიწვევს არასასურველ რეაქციებს ორგანიზმში. ამისათვის მიმართავენ *in vitro* ექსპერიმენტებს, რომლებიც მოითხოვენ დიდ ფულად და დროით დანახარჯებს. ხარჯების შესამცირებლად ბოლო წლებში სულ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა *in silico* კვლევებს. ამ კვლევების ფარგლებში გამოიყენება ორი ძირითადი მიდგომა: *3-D* მოდელირება და მანქანური სწავლების მეთოდები. *3-D* მოდელირების გამოყენება შესაძლებელია, თუ სამიზნე ცილის სამგანზომილებიანი სტრუქტურა ცნობილია. მანქანური სწავლების მეთოდებში ცოდნა წამლების, სამიზნეების და უკვე დადასტურებული ურთიერთქმედების შესახებ წარმოდგინება ნიშან-თვისებების მეშვეობით, ხოლო სწავლების შედეგად მიღებული მოდელი გამოიყენება ახალ წამლებსა და სამიზნეებს შორის ურთიერთქმედების პროგნოზირებისთვის [4,5].

პრეკლინიკური კვლევები:

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ასევე შესაძლებელია კონტროლირებადი სწავლების მეთოდების გამოყენება. ცნობილი ნაერთებისა და მათთან დაკავშირებულ აქტივობებზე სწავლებით მივიღებთ მოდელს, რომელიც ასახავს კავშირს მოლეკულებს და შესაბამისი ქიმიური ნაერთის აქტივობას ან/და თვისებებს შორის. ეს იძლევა ახალი ნაერთების აქტივობის, ეფექტურობის ან ტოქსიკურობის (უსაფრთხოების) პროგნოზირების საშუალებას [6].

კლინიკური კვლევები:

• **წამლის კლინიკური კვლევების მოდელირება.** კლინიკური კვლევის ისტორიულ მონაცემებზე კონტროლირებადი სწავლებით, რომლებიც შეიცავენ პაციენტის მახასიათებლების, დანიშნულ მკურნალობას და მკურნალობის შედეგს, მივიღებთ მოდელს, რომელიც შეძლებს მკურნალობაზე პაციენტის პასუხის, მკურნალობის ეფექტურობის ან უსაფრთხოების პროგნოზირებას [6].

• **წამლის გვერდითი მოვლენების დადგენა.** კონტროლირებადი სწავლება შეიძლება გამოვიყენოთ წამლის გვერდითი მოვლენების იდენტიფიცირებისა და კლასიფიკაციისთვის. გარკვეული გვერდითი მოვლენების შესახებ ანგარიშებზე სწავლებით მივიღებთ მოდელს, რომელიც ამოიცნობს პოტენციურად სახიფათო სიგნალებს, რაც ხელს შეუწყობს გვერდითი მოვლენების პროგნოზირებას [7].

• **წამლების ურთიერთმოქმედების დადგენა.** გვერდითი მოვლენები შეიძლება გამოწვეული იყოს არა მხოლოდ ერთი წამლით, არამედ ორ ან მეტ წამალს შორის ურთიერთქმედებით. ასოციაციების ძიების მეთოდი მიზნად ისახავს მონაცემთა ნაკრების ელემენტებს შორის ფარული კავშირების ან ასოციაციების აღმოჩენას. ფარმაცევტულ კონტექსტში, ასოციაციის ძიების მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას წამლების ურთიერთმოქმედების დასადგენად [8].

პოსტკლინიკური კვლევები

დაავადების მკურნალობის ეფექტურობის პროგნოზირება. თუ სასწავლო ამონაკრეფის სახით გამოვიყენებთ მონაცემებს, რომლებიც შეიცავენ პაციენტის მახასიათებლებს, კლინიკურ მონაცემებს, დანიშნულ მკურნალობას და მკურნალობის შედეგს, მიღებული მოდელი შეძლებს პაციენტების კლასიფიცირებას და შერჩეული მკურნალობის შედეგის პროგნოზირებას [9].

ბოლო წლებში თანამედროვე მედიცინასა და ფარმაცევტულ წარმოებაში სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ისეთი ცნებები, როგორცაა რეალური სამყაროს მონაცემები (real-world data, RWD) და რეალური სამყაროს მტკიცებულებები (real-world evidence, RWE). RWD - ესაა მონაცემები, რომლებიც დაკავშირებულია პაციენტის ჯანმრთელობასთან ან სამედიცინო მომსახურების მიწოდებასთან, შეგროვებული სხვადასხვა წყაროდან (სამედიცინო დაწესებულებების მონაცემთა ბაზები, პაციენტთა რეესტრები და ა.შ.). ფაქტობრივად, მთელი ის ინფორმაცია, რომელიც გროვდება სამკურნალო პრეპარატის პოსტკლინიკური კვლევის ეტაპზე, წარმოადგენს RWD-ს. ხოლო RWE მიიღება RWD-ს ანალიზისა და ინტერპრეტაციის შედეგად და წარმოადგენს ცოდნას სხვადასხვა წამლების გამოყენების შესახებ, მათი ეფექტურობის და უსაფრთხოების ჩათვლით.

RWD მონაცემების დიდი მოცულობა და მრავალფეროვნება შეუძლებელს ხდის ტრადიციული სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებას. ამ შემთხვევაში უფრო მიზანშეწონილია ხელოვნური ინტელექტის ისეთი მეთოდების გამოყენება, როგორცაა Data Mining და Machine Learning მეთოდები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია დიდი მოცულობის მონაცემების დამუშავება და განზოგადების საფუძველზე ფარული ცოდნისა თუ კანონზომიერებების გამოვლენა.

სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობის დადგენის ამოცანას ჩვენ განვიხილავთ როგორც კლასიფიკაციის ამოცანას და მის გადასაწყვეტად შესაძლებელია კონტროლირებადი სწავლების მეთოდების გამოყენება. ამ შემთხვევაში სასწავლო ამონაკრეფის თითოეული ელემენტი წარმოადგენს წყვილს „სტიმული-რეაქცია“. „სტიმულის“ სახით გვაქვს ობიექტის აღწერა ნიშნების მეშვეობით, ხოლო „რეაქციის“ სახით - კლასი, რომელსაც მიეკუთვნება ეს ობიექტი.

ჩვენ მიერ მოპოვებული RWD მონაცემები წარმოადგენენ პნევმონიით დაავადებული პაციენტების კლინიკურ მონაცემებს: სიმპტომებს, ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების მონაცემებს, მკურნალობას და მკურნალობის შედეგს.

პაციენტის მდგომარეობის აღწერა ხდება შემდეგი ნიშან-თვისებების მეშვეობით.

ზოგადი ინფორმაცია:

- ასაკი (1 თვე - 86 წელი);
- სქესი (მამრობითი, მდედრობითი);

სიმპტომები:

- ცხელება (სუბფებრილური, ფებრილური, ჰექტიური);
- ხველა (მსუბუქი, საშუალო სიხშირის, ხშირი);
- ტაქიპნოე (არ ვლინდება, ზომიერად გამოხატული, კარგად გამოხატული);

ინსტრუმენტალურ-ლაბორატორიული კვლევების შედეგები:

- ლეიკოციტოზი (ნორმა, ზომიერად მომატებული, მაღალი);
- c რეაქტიული ცილა ((ნორმა, ზომიერად მომატებული, მაღალი);
- გულმკერდის რენტგენი (ინფილტრაცია, კონსოლიდაცია).

მკურნალობის პროცესი აღწერილია შემდეგი ნიშან-თვისებებით:

- ანტიბიოტიკის დასახელება;
- დოზა;
- ჯერადობა.

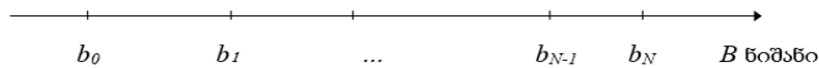
მკურნალობის შედეგები წარმოდგენილია ეფექტურობის 5 კლასით:

- ყველაფერი კარგადაა;
- მდგომარეობა გაუმჯობესდა;
- მდგომარეობა იგივე დარჩა;
- მდგომარეობა გაუარესდა;
- პაციენტი გარდაიცვალა.

კლასიფიკაციის ძირითად ალგორითმებს წარმოადგენენ: ნეირონული ქსელები, გადაწყვეტილების ხეები, კლასიფიკაციის ლოგიკური ალგორითმები, „K უახლოესი მეზობლის“ მეთოდი, საყრდენი ვექტორების მეთოდი და ბაიესის კლასიფიკაცია. ყველა ამ მეთოდის განსახორციელებლად პირველ ეტაპზე აუცილებელია პაციენტთა მდგომარეობის აღწერის და მონაცემთა წარმოდგენის მეთოდების შერჩევა/შემუშავება. ზოგადად სამედიცინო მონაცემებს ახასიათებს არა მხოლოდ ნიშან-თვისებათა სიმრავლე, არამედ მათი მრავალგვარობა: მრავალნიშნა/ბინარული, დისკრეტული/უწყვეტი, მკაფიო/არამკაფიო, რიცხვითი/სიმბოლური. ერთ-ერთი გამოსავალი ამ სიტუაციიდან არის ნიშნების ბინარიზაცია. მით უფრო, კლასიფიკაციის ზოგიერთი ალგორითმი მუშაობს მხოლოდ ბინარულ მონაცემებთან.

ჩვენს შემთხვევაში ნიშნები ძირითადად ორი სახისაა - მრავალნიშნა რაოდენობრივი და მრავალნიშნა სიმბოლური.

მრავალნიშნა რაოდენობრივი ნიშნის ბინარიზაციის მიზნით ამ ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლე უნდა დაიყოს შუალედებად (სურ. 1). თითოეული შუალედის შესაბამისი ბინარული ნიშანი წარმოადგენს $P(x)$ პრედიკატს, რომელიც ამოწმებს x მნიშვნელობის ყოფნას ამ შუალედში. x -ის კონკრეტული მნიშვნელობისთვის $P(x)$ პრედიკატი ან ჭეშმარიტია, ან მცდარი [10].



$$x_i = P_i(b) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } b \in [b_{i-1}; b_i] \\ 0, & \text{თუ } b \notin [b_{i-1}; b_i] \end{cases} \quad i = 1, \dots, N$$

სურ. 1. მრავალნიშნა რაოდენობრივი ნიშნის ბინარიზაცია.

მრავალნიშნა სიმბოლური ნიშნის ბინარიზაციის შემთხვევაში მისი თითოეული b_j მნიშვნელობა $j = 1, 2 \dots N$ განიხილება როგორც ბინარული ნიშანი [10]:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{თუ მდგომარეობის აღწერაში გვხვდება } b_j \text{ მნიშვნელობა} \\ 0, & \text{თუ მდგომარეობის აღწერაში არ გვხვდება } b_j \text{ მნიშვნელობა} \end{cases}, \quad j = 1, 2 \dots N$$

ვინაიდან ამა თუ იმ მეთოდის ეფექტურობა დამოკიდებულია მონაცემების ტიპზე, ჩვენ ვაპირებთ ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდების აპრობაციას კონკრეტულ მონაცემებზე და იმ მეთოდის არჩევას, რომელიც მოგვცემს უკეთეს შედეგს.

RWD მონაცემების ანალიზი სამკურნალო პრეპარატების ეფექტურობის დადგენის მიზნით დაეხმარება არა მხოლოდ მკვლევარებს, არამედ ექიმებს ეფექტური მკურნალობის შერჩევაში. გამოვლენილი ცოდნის საფუძველზე აგებული სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემა დაეხმარება ექიმს კონკრეტული პაციენტისთვის მკურნალობის შერჩევაში და შეძლებს ამ მკურნალობის ეფექტურობის პროგნოზირებას პაციენტის თავისებურებების გათვალისწინებით.

Capabilities of Artificial Intelligence Technologies in Development of Medicinal Products

Maia Mikeladze, Vadim Radzievski, Nora Jaliabova, Helen Phagava, Irma G. Korinteli, Karaman Pagava

Summary

Medicinal product development is a rather complex and lengthy process consisting of several stages. This paper explores the potential of artificial intelligence (AI) technologies at various stages of medicinal product development. Specifically, it focuses on post-clinical research, analyzing real-world data (RWD) to assess drug effectiveness. This task is treated as a classification problem, and methods such as data mining and machine learning prove valuable in solving it.

Возможности технологий искусственного интеллекта в создании лекарственных препаратов

Майя Микеладзе, Вадим Радзиевский, Нора Джалябова, Елена Пагава, Ирма Г. Коринтели, Караман Пагава

Резюме

Создание лекарственного препарата – достаточно сложный и длительный процесс, состоящий из нескольких этапов. В данной статье рассматриваются возможности использования технологий искусственного интеллекта на разных стадиях создания лекарственного препарата. Основное внимание уделено пост клиническим исследованиям эффективности лекарств, которые представляют собой анализ т. наз. данных реального мира (real-world data, RWD). В этом случае задача определения эффективности лекарственного препарата рассматривается как задача классификации, и для ее решения целесообразно использовать методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) и машинного обучения (Machine Learning).

ლიტერატურა – References – Литература

1. Step 1: discovery and development. (2018). *FDA*;
2. Step 2: preclinical research. (2018). *FDA*;
3. Step 3: clinical research. (2018). *FDA*;
4. Bagherian M., Sabeti E., Wang K., Sartor M.A., Nikolovska-Coleska Z., Najarian K. Machine Learning Approaches and Databases for Prediction of Drug–Target Interaction: A Survey Paper. *Brief. Bioinform.* 22, 247–269 (2021).
5. Peng J., Li J., Shang X. A Learning-Based Method for Drug-Target Interaction Prediction Based on Feature Representation Learning and Deep Neural Network. *BMC Bioinform.* 2020;21:394.
6. Khadela A., Popat S., Ajabiya J., Valu D., Savale S., Chavda V.P. *Bioinformatics Tools for Pharmaceutical Drug Product Development.* Wiley; Hoboken, NJ, USA: 2023. AI, ML and Other Bioinformatics Tools for Preclinical and Clinical Development of Drug Products; pp. 255–284.
7. Chapman A.B., Peterson K.S., Alba P.R., DuVall S.L., Patterson O.V. Detecting Adverse Drug Events with Rapidly Trained Classification Models. *Drug Saf.* 42, 147–156 (2019).
8. Noguchi Y., Ueno A., Otsubo M., Katsuno H., Sugita I., Kanematsu Y., Yoshida A., Esaki H., Tachi T., Teramachi H. A New Search Method Using Association Rule Mining for Drug-Drug Interaction Based on Spontaneous Report System. *Front. Pharmacol.* 9, 197 (2018).
9. Davenport T., Kalakota R. The Potential for Artificial Intelligence in Healthcare. *Future Healthc. J.* 2019;6:94–98.
10. მ. მიქელაძე, ვ. რაძიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რაძიევსკი. ცოდნის ორგანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აქტუალური მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №18, თბ, 2014, გვ. 50-56.

გადაწყვეტილების მხარდამჭერი ინტელექტუალური სისტემის მოდელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის და მკურნალობის ამოცანებში

*ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, ილია ოკონიანი, დიმიტრი რადიევსკი
v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, i.okonian@gmail.com,
dradzievski@gmail.com*

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის მოდელი დიაგნოსტიკის და მკურნალობის ამოცანების გადასაწყვეტად. მოდელის ასაგებად გამოიყენება მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა ინტელექტუალური სისტემისთვის გამოცდილი ექიმისგან გადაცემულ ცოდნას. ცოდნის წარმოსადგენად გამოიყენება მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი, რომელიც სემანტიკური ქსელის ნაირსახეობას წარმოადგენს. ამ ქსელის მეშვეობით ხორციელდება დიაგნოსტიკის ამოცანის გადაწყვეტა. ნაშრომში განიხილება აგრეთვე მკურნალობის შერჩევის ამოცანა. კონკრეტული ავადმყოფის ძირითადი დაავადების მკურნალობისას ექიმმა უნდა შეარჩიოს ისეთი მედიკამენტები, რომლებიც არ დააზიანებენ სხვა ორგანოებს და არ გამოიწვევენ დამატებით დარღვევებს ორგანიზმში. ამისათვის საჭიროა პაციენტზე ზემოქმედებისთვის განკუთვნილი პრეპარატების შერჩევა რამდენიმე მაჩვენებლის გათვალისწინებით. ცხადია, რომ მსგავსი შესაძლებლობა უნდა გააჩნდეს ინტელექტუალურ სისტემას, რომელიც ამ პრობლემის მოსაგვარებლად იქნება გამიზნული.

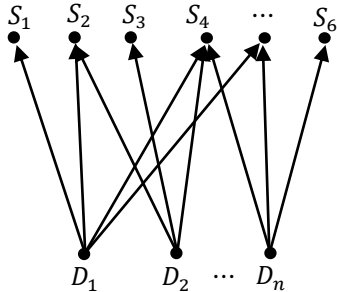
საკვანძო სიტყვები:

დიაგნოსტიკა, მკურნალობა, სემანტიკური ქსელი, ინტელექტუალური სისტემა

მოცემული სამუშაო ეხება სამედიცინო სფეროს, რომლის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა დაკავშირებულია პაციენტის მკურნალობასთან. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად, უპირველეს ყოვლისა, უნდა დაისვას დიაგნოზი და ამის საფუძველზე შეირჩეს მკურნალობის რაციონალური ვარიანტი. დიაგნოსტიკის ამოცანებში სიმპტომების საფუძველზე გამოაქვთ დასკვნა ამ სიმპტომების გამომწვევ მიზეზებზე. მსგავსი სახის ამოცანები, როგორც წესი, ამოიხსნება ადამიანის მიერ მისი ცოდნის, გამოცდილების და ინტუიციის საფუძველზე. ასეთი ამოცანები განეკუთვნება არაფორმალურად ამოცანების კლასს და მათი ამოხსნისას გვიწევს ბუნებრივ ენაზე წარმოდგენილ არამკაფიო თვისობრივ მიმართებებზე და მონაცემებზე დაყრდნობა. ამ სფეროს კომპიუტერიზაცია დაკავშირებულია ისეთი ინტელექტუალური სისტემების შექმნასთან, რომელსაც გააჩნია სპეციალისტებისგან ცოდნის შექმნის და შენახვის უნარი და ამ ცოდნის გამოყენება ამოცანათა ამოხსნისას. ცხადია, რომ ცოდნის გამოყენება ხელოვნურ ინტელექტუალურ სისტემებში დაგვეხმარება დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის ამოცანის გადასაწყვეტად. როგორც ხაზგასმულია [1]-ში, ინტელექტუალური სისტემის სიმძლავრე, უპირველეს ყოვლისა, დამოკიდებულია ცოდნის ბაზის სიმძლავრეზე და მისი შევსების შესაძლებლობაზე და მხოლოდ მეორე მხრივ, ცოდნის გამოყვანის მეთოდებზე.

ცოდნის წარმოსადგენად დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტისას გამოიყენება მიზეზ-შედეგობრივი სემანტიკური ქსელი, რომელიც წარმოადგენს სემანტიკურ ქსელთა ერთ-ერთ ნაირსახეობას [2]. ამ ქსელში წვეროები წარმოადგენენ დარღვევებს და მათ მიერ გამოწვეულ სიმპტომებს, ხოლო რკალები – სიმპტომებსა და დაავადებებს შორის დამოკიდებულებებს. სემანტიკურ ქსელში გამოიყოფა წვერო-სიმპტომები, რომლებიც იძლევიან ამოსავალ ინფორმაციას. გრაფის სახით წარმოდგენილი სემანტიკური ქსელი (ნახ.

1), აგრეთვე შეიძლება წარმოდგენილი იყოს მიმართებათა (0-1)-ოვანი მატრიცის სახით. არამკაფიო მიმართებების შემთხვევაში გრაფის რკალებს მიეწერებათ K წონითი კოეფიციენტები, $K \in [0,1]$ შუალედიდან, რომლებიც განისაზღვრება როგორც დარწმუნებულობის ხარისხები.



ნახ. 1

	D_1	D_2	...	D_n
S_1	K_{11}	K_{12}	...	K_{1n}
S_2	K_{21}	K_{22}	...	K_{2n}
...
S_m	K_{m1}	K_{m2}	...	K_{mn}

ნახ. 2

ასეთ შემთხვევაში 0-1-ოვანი მატრიცის ნაცვლად, რომელიც მიგვითითებს მიმართებათა არსებობა-არარსებობაზე, ჩვენ გვექნება მატრიცა (ნახ. 2), რომლის ელემენტები დარწმუნებულობის ხარისხებს წარმოადგენენ [3]. დარწმუნებულობის ხარისხებს, როგორც წესი, იძლევა ექიმი-ექსპერტი თავისი ცოდნისა და გამოცდილების საფუძველზე. სემანტიკურ ქსელს წონითი კოეფიციენტებით დავარქვათ დაავადებათა არამკაფიო ქსელი, ხოლო მისი შესაბამის მატრიცას – დაავადებათა არამკაფიო მატრიცა.

ცოდნის გამოყენება გულისხმობს არამხოლოდ ქსელში ცხადად არსებული ინფორმაციის გამოყენებას, არამედ იმ ინფორმაციის გამოყენებას, რომელიც შეიძლება გამოყვანილ იქნეს არსებული მონაცემებიდან. ამ მიზნით სემანტიკურ ქსელზე ხორციელდება ცოდნის შევსების ოპერაცია მიმართებათა ალგებრული თვისებების გამოყენებით. ასე მაგალითად, თუკი ცნობილია, რომ R არის დარღვევათა სიმრავლეზე განსაზღვრული გარკვეული მიმართება და აგრეთვე ცნობილია, რომ R ტრანზიტული მიმართებაა, მაშინ ფაქტიდან $(c_1 R c_2) \& (c_2 R c_3)$ გამომდინარეობს ფაქტი $(c_1 R c_3)$, რომელიც ქსელში აშკარად არ იყო წარმოდგენილი. იგი გამოყვანილ იქნა არსებული ფაქტების საფუძველზე [2, 3].

დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტად განიხილება ცოდნის ამსახველი მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი. ქსელის წვეროთა სიმრავლეზე, რომლებიც განსაზღვრავენ გარკვეულ სიმპტომებს, გამოიყოფა წვერო-სიმპტომები, რომლებიც დაიკვირვება რეალურ პაციენტთან. ამ წვეროებს ვუწოდოთ აქტივიზებული. დიაგნოზის დასადგენად განიხილება რკალები, რომლებიც გამოდიან D_i , $i=1 \dots n$ დაავადების აღმნიშვნელი წვეროებიდან და შედიან აქტივიზებულ წვეროებში [3]. ამ რკალთა წონით კოეფიციენტთა ჯამი D_i წვეროს შეფასებას იძლევა. ეს შეფასებები დამახასიათებელია კონკრეტული პაციენტისთვის და იცვლება ყოველი ახალი პაციენტის შემთხვევაში. ამ დონის განხილვის ფარგლებში ყველაზე სავარაუდო დიაგნოზის დასადგენად გამოირჩევა წვერო, რომელმაც მიიღო მაქსიმალური შეფასება [2, 3]. ეს წვერო ასახავს ყველაზე დამაჯერებელ ჰიპოთეზას.

უნდა აღინიშნოს, რომ მაქსიმალური მნიშვნელობის მქონე ჯამის არჩევა ყოველთვის არ არის გამართლებული დიაგნოზის დასმისას. იმისათვის, რომ ხაზი გავუსვათ არსებითი ნიშნების უპირატესობას, უფრო ხელსაყრელია ავიღოთ წონითი კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობა. ამრიგად, დიაგნოზის დასმისას, გადაწყვეტილების მისაღებად, ჩვენ ვირჩევთ არა თავად ჯამების მაქსიმალურ მნიშვნელობას, არამედ საშუალო მნიშვნელობების მაქსიმუმს [3].

დავუშვათ, რომ $S_1 S_2 \dots S_m$ კომპონენტების მქონე ვექტორ-სვეტი ასახავს განსახილველი დაავადებების სიმპტომთა დასახელებას, ხოლო $A_1 A_2 \dots A_n$ ვექტორ-სტრიქონი დაავადებათა

დასახელებას, სადაც c_{ij} წარმოადგენს მიმართებათა მატრიცის ელემენტებს, რომლებიც იძლევიან დარწმუნებულობის ხარისხების მნიშვნელობებს. ვინაიდან საბოლოო გადაწყვეტილება დაავადების შესახებ მიიღება სიმპტომთა ნაკრების საფუძველზე, დიაგნოსტიკების ამოცანის გადასაწყვეტად აუცილებელია კონკრეტული პაციენტის სიმპტომების არსებობის შესახებ ინფორმაციის მოპოვება. ამისათვის აიგება ნულ-ერთეულოვანი ვექტორი $X = x_1 \dots x_m$, რომელშიც 1 მიუთითებს სიმპტომის არსებობაზე, ხოლო 0 – არარსებობაზე. $X = x_1 \dots x_m$ ვექტორი ყალიბდება დაავადებულის გამოკვლევისა და სიმპტომების გამოვლენის პროცესში. დიაგნოზის დასმა, ანუ დაავადების შესახებ ყველაზე სავარაუდო ჰიპოთეზის დადგენა დაიყვანება იმ წონითი კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობის გამოთვლაზე, რომლებიც შეესაბამება აქტივიზებულ სიმპტომებს. სვეტი, რომელმაც მიიღო ამ საშუალოს მაქსიმალური მნიშვნელობა, შეესაბამება დაავადების შესახებ ჰიპოთეზას. ეს შედეგი შეიძლება მივიღოთ ნულ-ერთეულოვანი $X = x_1 \dots x_m$ ვექტორის C მატრიცაზე (ნახ.3) გამრავლებით, ანუ $X = x_1 \dots x_m$ ვექტორის წრფივი გარდაქმნით C მატრიცის მეშვეობით:

$$C = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 & \dots & Y_n \\ c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}$$

ნახ. 3

$$S \cdot C = (s_1 c_{11} + s_2 c_{21} + \dots + s_m c_{m1} = d_1, s_1 c_{12} + s_2 c_{22} + \dots + s_m c_{m2} = d_2, \dots, s_1 c_{1n} + s_2 c_{2n} + \dots + s_m c_{mn} = d_n).$$

თითოეული სვეტის კოეფიციენტების ჯამების $d_1 d_2 \dots d_n$ გაყოფით სიმპტომების რაოდენობაზე შესაბამის სვეტში მივიღებთ საშუალო მნიშვნელობების ვექტორს $\overline{d_1 d_2 \dots d_n}$ ამ ვექტორის მაქსიმალური ელემენტის $\max(\overline{d_1 d_2 \dots d_n})$ რიგითი ნომერი მიგვითითებს ყველაზე სავარაუდო დიაგნოზზე.

როგორც იყო აღნიშნული, მოცემულ სამუშაოში განიხილება აგრეთვე მკურნალობის შერჩევის საკითხები. მკურნალობის პროცესში თერაპიული საშუალებებით ხორციელდება ზეგავლენა დაავადების მიზეზზე, პათოლოგიური პროცესების მექანიზმებზე და დაავადების სიმპტომებზე. ყოველივე ეს მოითხოვს სხვადასხვა სახის მკურნალობას, რომლებიც შეიცავენ წამლებს, ფიზიკურ ზემოქმედებას ორგანიზმზე, დიეტას, ვარჯიშს და ა.შ. [5]. სამკურნალო პრეპარატების გამოყენება ხშირად მოითხოვს მოცემული პრეპარატების სიმრავლიდან კონკრეტული პაციენტისთვის ყველაზე ეფექტიანი პრეპარატის არჩევას. ზემოქმედების შედეგად უნდა მოხდეს პაციენტის განკურნება და სიმპტომების ალაგება.

ისევე როგორც დიაგნოსტიკების ამოცანაში, მკურნალობის შერჩევის ამოცანაშიც უნდა შეიქმნას ინტელექტუალური სისტემა, რომელიც ცოდნას იღებს სპეციალისტისგან და ამ ცოდნას იყენებს ამოცანათა ამოხსნისას. ცოდნის წარმოსადგენად ამ შემთხვევაში გამოიყენება სემანტიკური ქსელი, რომლის წევროები წარმოადგენენ სიმპტომებს და სამკურნალო პრეპარატებს, ხოლო რკალები ასახავენ ზემოქმედებას პაციენტის დარღვევებზე [5]. ცნობილია, რომ ყოველი სამკურნალო პრეპარატი წარმოადგენს, ერთის მხრივ, რთულ ქიმიურ შენაერთს, რომელიც შედგება დიდი რაოდენობის კომპონენტებისგან, და, მეორეს მხრივ, ყოველი სამკურნალო პრეპარატი შეიძლება დახასიათდეს მისი ზემოქმედებით ორგანიზმის დარღვევებზე. მაშასადამე, წამალი შეიძლება იყოს წარმოდგენილი ვექტორის სახით. ამ ვექტორის კომპონენტები მიგვითითებენ, თუ რომელ დარღვევებზე ხორციელდება ზემოქმედება [3, 4].

დავუშვათ, დაავადების R შესაძლო სიმპტომების სიმრავლე წარმოიდგინება S ვექტორის $S_1 S_2 \dots S_m$ კომპონენტების სახით. ყოველი წამალი ფასდება პაციენტის ორგანიზმში

სხვადასხვა დარღვევაზე დადებითი ზემოქმედების ეფექტიანობით. ესე იგი კრიტერიუმები, რომელთა საფუძველზე ფასდება წამალი, შეიძლება იყოს შემდეგი: ეფექტიანობა D დარღვევის მოცილების ან შემცირების თვალსაზრისით; ან ეფექტიანობა S სიმპტომის მოცილების ან შემცირების თვალსაზრისით. ყოველი j – ური წამლის ზემოქმედების ეფექტიანობა i –ურ სიმპტომზე მოიცემა მატრიცის (ნახ. 4) c_{ij} ელემენტებით, რომლებიც იღებენ მნიშვნელობას $(0 - 1)$ შუალედიდან.

ვთქვათ, სისტემა იღებს ინფორმაციას პაციენტის შესახებ, რომელიც წარმოადგენს პაციენტის დიაგნოზს და სიმპტომების ნაკრებს. არის აგრეთვე იმ წამლების ნუსხა, რომელთა მიღება ნაჩვენებია ამ დაავადებისას. კონკრეტულ პაციენტს შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ ზოგიერთი სიმპტომი. იმის საჩვენებლად, თუ რა სიმპტომები გააჩნია პაციენტს, გამოიყენება $(0,1)$ ვექტორი, რომელიც აჩვენებს სიმპტომების არსებობას – 1 და არარსებობას – 0. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ავაგოთ C მატრიცა, რომელშიც ყოველი A_j წამლის ეფექტიანობა i –ური სიმპტომის მიმართ მოიცემა c_{ij} კოეფიციენტის მეშვეობით. აშკარაა, რომ კონკრეტული ავადმყოფისთვის ეფექტიანი წამლის ასარჩევად ყველა სვეტში უნდა შევკრიბოთ იმ სტრიქონების კოეფიციენტები, რომლებიც ზემოქმედებენ ამ კონკრეტული პაციენტის დარღვევებზე. ფაქტობრივად, ხორციელდება ვექტორის გამრავლება C მატრიცაზე და მიღებულ ვექტორში მაქსიმალური ელემენტის არჩევა. ამ ელემენტის რიგითი ნომერი მიუთითებს ყველაზე ეფექტიან წამალზე არსებული ნუსხიდან.

$$C = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}$$

ნახ. 4

$S \cdot C = (s_1 c_{11} + s_2 c_{21} + \dots + s_m c_{m1} = D_1, s_1 c_{12} + s_2 c_{22} + \dots + s_m c_{m2} = D_2, \dots, s_1 c_{1n} + s_2 c_{2n} + \dots + s_m c_{mn} = D_n)$; $Max(D_1 \dots D_2 \dots D_n)$ მიუთითებს წამალზე, რომელიც ნაჩვენებია კონკრეტული განვიხილოთ მაგალითი. დავუშვათ, ავადმყოფის სიმპტომების ნუსხა წარმოიდგინება ასე: $s_1 = 1, s_2 = 0, s_3 = 1, s_4 = 0$ = ინფორმაცია წამლების შეფასების შესახებ წარმოიდგინება შემდეგი მატრიცის სახით:

$$\begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ 0,7 & 0,2 & 0,6 & 0,3 & 0,5 \\ 0,1 & 0,8 & 0,2 & 0,4 & 0,7 \\ 0,5 & 0,2 & 0,8 & 0,7 & 0,8 \\ 0,3 & 0,5 & 0,2 & 0,6 & 0,4 \end{bmatrix}$$

ნახ. 5

მაშინ ვექტორი 1010 უნდა გამრავლდეს მატრიცაზე (ნახ. 5) მიღებული ვექტორის მაქსიმალური ელემენტი მიუთითებს ოპტიმალურ წამალზე. ჩვენ შემთხვევაში მიღებული ვექტორი იქნება: 1.2, 0.4, 1.4, 0.1, 1.3 ვექტორის მაქსიმალური მნიშვნელობა 1.4 შეესაბამება A_3 წამალს

მკურნალობის შერჩევის ამოცანის გადასაწყვეტად ასევე გამოიყენება ცნობილი ამერიკელი მეცნიერის ლ. ზადეს არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია და ამერიკელი მეცნიერის იაგერის მეთოდი, რომელიც დაკავშირებულია ობიექტთა არჩევასთან მრავალი კრიტერიუმის გათვალისწინებით [5, 6, 7]. ჩვენ შემთხვევაში ეს მეთოდი გამოიყენება წამლების (პრეპარატების) რაციონალური არჩევისათვის. ამ მეთოდში ყოველი პრეპარატის ეფექტიანობა შეფასებულია სხვადასხვა კრიტერიუმის საფუძველზე და წარმოიდგინება არამკაფიო სიმრავლის სახით. წამლების შეფასება ყველა კრიტერიუმის მიხედვით ხორციელდება ე.წ. ინტერსექციის ოპერაციის საფუძველზე. გადაწყვეტილების სახით

აირჩევა მიღებული არამკაფიო სიმრავლის ელემენტი, რომელსაც მაქსიმალური მიკუთვნების ხარისხი გააჩნია.

დავუშვათ, გვაქვს n შესაძლო წამალი (პრეპარატი), რომლებიც პაციენტის განკურნების მიზნითაა ნაჩვენები და ყოველი პრეპარატის ეფექტიანობა ფასდება ექსპერტის მიერ სხვადასხვა $Q_1 \dots Q_m$ კრიტერიუმების მიხედვით [6, 7]. შეფასებები წარმოადგენენ წამალთა არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების ხარისხებს, რომლებიც იღებენ მნიშვნელობებს $[0-1]$ -ოვანი შუალედიდან:

$$Q_1 = \left\{ \frac{\mu_{11}}{R_1} \dots \frac{\mu_{1n}}{R_n} \right\}$$

$$\dots$$

$$Q_m = \left\{ \frac{\mu_{m1}}{R_1} \dots \frac{\mu_{mn}}{R_n} \right\}$$

სადაც μ_{ij} $j = 1, \dots, n$; $i = 1, \dots, m$ წარმოადგენენ Q_i , $i = 1, \dots, m$ კრიტერიუმების მიხედვით წამალთა არამკაფიო სიმრავლის მიმართ მიკუთვნების ხარისხს. მაშინ წამალთა ეფექტიანობის არამკაფიო სიმრავლე, რომელიც აკმაყოფილებს ყველა i კრიტერიუმს, იქნება წარმოდგენილი სიმრავლეთა ინტერსექციით.

$$Q = Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_m.$$

რეკომენდებული პრეპარატის როლში უნდა აირჩეს წამალი, რომლის Q სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხი არის მაქსიმალური.

განვიხილოთ მაგალითი: ავიღოთ ცხრილი წინა მაგალითიდან (ნახ. 5) და გამოვიყენოთ აღწერილი მეთოდი. შევასრულოთ ინტერსექციის ოპერაცია. შედეგად მივიღებთ ვექტორს 0,5 0,2 0,6 0,3 0,5. ვექტორის მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს მესამე ელემენტს. ე.ი. ორივე მეთოდის გამოყენებით მივიღეთ ერთნაირი შედეგი.

სამუშაოში გამოყენებულია ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთი მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა ინტელექტუალური სისტემისთვის შესაბამისი დარგის სპეციალისტისგან გადაცემულ ცოდნას. ცოდნის წარმოსადგენად როგორც დიაგნოსტიკების, ასევე მკურნალობის ამოცანათა გადასაწყვეტად გამოიყენება სემანტიკური ქსელი. სამუშაოში გათვალისწინებულია თერაპიის ძირითადი პრინციპი, რომლის მიხედვით თერაპიის ამოცანა არა დაავადების არამედ პაციენტის მკურნალობა. ამ მოთხოვნის გათვალისწინებით სისტემა არჩევს სამკურნალო პრეპარატებს, რომელიც მაქსიმალური ეფექტიანობით, დადებითად მოქმედებს კონკრეტული პაციენტის დარღვევებზე. მეთოდის ფარგლებში შემუშავებულია ალგორითმები და პროგრამები დიაგნოსტიკების და მკურნალობის ამოცანათა გადასაწყვეტად.

A Model of an Intelligent Decision Support System in Medical Diagnostic and Treatment Tasks

Vadim Radziewski, Maia Mikeladze, Iliia Okonian, Dimitri Radziewski

Summary

A model of a medical intelligent decision support system for diagnostic and treatment problems is considered. To build the model, a method is used that relies on knowledge transferred to the intelligent system from an experienced doctor. To represent knowledge, a cause-and-effect network is used, which is a type of semantic network. Through this network, the diagnostic problem is solved. The work also considers the problem of choosing treatment. When treating the underlying disease of a particular patient, the doctor must select medications that will not damage other organs and will not cause additional disorders in the body. To do this, it is necessary to select drugs that

affect the patient, taking into account several indicators. It is clear that an intelligent system that will be designed to solve this problem must have such an opportunity.

Модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений в задачах медицинской диагностики и лечения

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Илья Окониан, Дмитрий Радзиевский

Резюме

Рассматривается модель медицинской интеллектуальной системы поддержки принятия решений для задач диагностики и лечения. Для построения модели используется метод, опирающийся на знания, переданные в интеллектуальную систему от опытного врача. Для представления знаний используется причинно-следственная сеть, которая является разновидностью семантической сети. Посредством этой сети решается задача диагностики. В работе также рассматривается задача выбора лечения. При лечении основного заболевания конкретного пациента врач должен подобрать такие лекарства, которые не повредят другие органы и не вызовут дополнительных нарушений в организме. Для этого необходимо подобрать препараты, воздействующие на пациента, с учетом нескольких показателей. Понятно, что такая возможность должна быть у интеллектуальной системы, которая будет предназначена для решения этой задачи.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Feigenbaum E. A. The Art of Artifical Intelligence: Theme and Case Studies of Knowledge Engineering. The Fifth International Conference on Artificial Intelligence. – Boston: MIT, 1977. – P.1014—1029. 4.
2. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ძაღაბოვა ნ., რადიევსკი დ. Причинно-следственная модель знаний в интеллектуальной системе медицинской диагностики. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №20, თბილისი, 2016 წ., გვ. 163 – 168.
3. ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, ილია ოკონიანი, დიმიტრი რადიევსკი. ცოდნის წარმოდგენის მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანათა გადასაწყვეტად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №26, თბილისი, 2022 წ., გვ. 177 – 181.
4. ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი. დაავადების გამოვლინების ინდივიდუალური თავისებურებების გათვალისწინებით სამკურნალო პრეპარატების შერჩევის ინტელექტუალური სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №24, თბილისი, 2020 წ., გვ. 144 – 149.
5. ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი. სამედიცინო მხარდაჭერი ინტელექტუალური სისტემის შექმნა მკურნალობის ამოცანათა გადასაწყვეტად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №27, თბილისი, 2023 წ., გვ. 160 – 165.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. Мир, Москва, 1976.
7. Yager R. Multiple Objective Decision – Making Using Fussy Sets – “Int – jMen. Mashine Studies, 1977, v 9.

ეფექტური სამკურნალო პრეპარატების ასარჩევად განკუთვნილი ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის შემუშავება

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელამე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი
v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com, i.okonian@gmail.com,

რეზიუმე

განიხილება ეფექტური სამკურნალო პრეპარატების ასარჩევად განკუთვნილი ინტელექტუალური სისტემის მოდელი. ასეთ ინტელექტუალურ სისტემაში ცოდნის წარმოსადგენად შესაძლებელია სემანტიკური ქსელების გამოყენება. თუმცა, თუ პაციენტს ძირითადის გარდა გააჩნია თანმხლები დაავადებები, გვერდითი მოვლენები, ალერგია ზოგიერთი სამკურნალო პრეპარატის მიმართ და სხვა პრობლემები, მაშინ ცოდნის წარმოდგენა სემანტიკური ქსელების მეშვეობით არასაკმარისად ეფექტურია. ამ შემთხვევაში უფრო ხელსაყრელია ცოდნის წარმოდგენა პროდუქციული მოდელის გამოყენებით, რომელშიც პაციენტის მდგომარეობა წარმოდგენილია ბუნებრივთან მიახლოებულ ენაზე და მკურნალობის რეკომენდაციები წარმოადგენენ მზა ინსტრუქციებს მკურნალობის განსახორციელებლად.

საკვანძო სიტყვები

სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობა, ცოდნის წარმოდგენა, პროდუქციული მოდელი

მედიცინის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა პაციენტის მკურნალობა. ამავდროულად, მკურნალობა მოითხოვს კონკრეტული პაციენტისთვის ყველაზე ეფექტური მედიკამენტების შერჩევას. სამკურნალო პრეპარატის ეფექტურობას განსაზღვრავს დაავადების მიმდინარეობაზე მისი დადებითი გავლენის ხარისხი. ნათელია, რომ წამლის შერჩევისას შეიძლება გათვალისწინებულ იქნას სხვადასხვა ასპექტი. მაგალითად, ეფექტურობა კლინიკური შედეგების მიმართ, უსაფრთხოება გვერდითი მოვლენების თვალსაზრისით, ღირებულება და ა. შ. ცხადია, რაც უფრო მეტ ასპექტს აკმაყოფილებს წამალი, მით უფრო მისაღებია იგი.

პრეპარატის ეფექტურობა კლინიკურ კვლევებში დგინდება. თუმცა ხშირად პრეპარატი, რომელმაც გაიარა კლინიკური კვლევები, ნაკლებად ეფექტური აღმოჩნდება პრაქტიკულ გამოყენებაში. ეს განპირობებულია პაციენტის ინდივიდუალური თვისებებით, როგორცაა ასაკი, სქესი, შინაგანი ორგანოების მდგომარეობა, ალერგია გარკვეულ პრეპარატებზე და ა. შ. ბუნებრივია, მკურნალობისას ეს ფაქტორები უნდა იყოს გათვალისწინებული. ამიტომ, ეფექტურობასთან ერთად, მნიშვნელოვანია პრეპარატის შედეგიანობა, რომელიც ითვალისწინებს რამდენად კარგად მუშაობს პრეპარატი რეალურ პირობებში და როგორ მოქმედებს იგი კონკრეტულ პაციენტზე. მაგალითად, პრეპარატი შეიძლება იყოს ძალიან ეფექტური რაიმე დარღვევის მიმართ, მაგრამ გააჩნდეს დაბალი შედეგიანობა, რაც მოითხოვს მისი გამოყენების შეწყვეტას. ასევე აუცილებელია პრეპარატის უსაფრთხოების, ანუ გვერდითი მოვლენების ალბათობის გათვალისწინება.

ეჭიშს, რომელიც კარგად იცნობს პაციენტის სამედიცინო ისტორიას, შეუძლია საუკეთესოდ შეარჩიოს მედიკამენტები ყველა ჩამოთვლილი ფაქტორიდან გამომდინარე. იგივე უნდა გააკეთოს ეჭიშის შემცვლელმა ინტელექტუალურმა სისტემამ. ამ პრობლემის გადასაჭრელად საკმარისი არ არის პაციენტის დიაგნოზი, საჭიროა მისი მდგომარეობის

დეტალური აღწერა, ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორის და გამოსაყენებელი მედიკამენტების თვისებების გათვალისწინებით. მოცემულ სამუშაოში ამოცანის გადასაწყვეტად და ექიმის მხარდასაჭერად იქმნება ინტელექტუალური სისტემა, რომელიც გამოიყენება ავადმყოფის მკურნალობისას კონკრეტული პაციენტისთვის ეფექტური თერაპიული პრეპარატების შერჩევად, რაც ნიშნავს იმას, რომ მოცემული პრეპარატების სიმრავლიდან უნდა მოხდეს კონკრეტული მახასიათებლების მქონე პაციენტისთვის ყველაზე ეფექტიანი პრეპარატის არჩევა. ამ პრეპარატის ზემოქმედების შედეგად უნდა მოხდეს პაციენტის განკურნება და სიმპტომების აღგება.

სამუშაოებში [1, 2] ეფექტური თერაპიული პრეპარატის საძიებლად გამოყენებული იქნა სისტემისთვის გადაცემული ექიმის ცოდნა. ცოდნის წარმოსადგენად იყო გამოყენებული სემანტიკური ქსელი. პრეპარატის ეფექტიანობა კონკრეტული მაჩვენებლის მიმართ დაზუსტდა კოეფიციენტებით (0-1) რიცხვითი დიაპაზონიდან. ეს შეფასება განსაზღვრავს დარწმუნებულობის ხარისხს, რომ პრეპარატი D_i მოქმედებს R_j მაჩვენებელზე K_{ij} ინტენსივობით. შემუშავდა მეთოდი და ალგორითმი, რომელიც რეკომენდაციას უწევდა მოცემული დაავადების ყველაზე ეფექტურ მკურნალობას და საშუალებას აძლევდა დადებითი შედეგის მიღებას. თუმცა, გვერდითი ეფექტების შემთხვევაში, ცოდნის წარმოდგენა სემანტიკური ქსელის სახით არასაკმარისად ეფექტური აღმოჩნდა. ამ შემთხვევაში, უფრო მოსახერხებელი იყო პროდუქციული წესების გამოყენება.

პროდუქცია წარმოადგენს წესს, რომელსაც გააჩნია სახე „თუ-მაშინ“, ან $\alpha \rightarrow \beta$, სადაც α ნიშნავს გარკვეულ მდგომარეობას ან პირობების ერთობლიობას (პროდუქციის პირობითი ნაწილი), რომელიც ჩვეულებრივ წარმოდგენილია რომელიმე ფორმალიზებულ ენაზე. ხოლო β აღნიშნავს ახალ ფაქტს (პროდუქციის დასკვნითი ნაწილი) α პირობებიდან გამომდინარე. ეს ფაქტი შეიძლება ჩაითვალოს დასკვნად, ან ოპერატორად, რომელიც ახორციელებს გარკვეულ მოქმედებას.

პროდუქციების წესები რეალურ მონაცემებზე დაყრდნობით ყალიბდება. ისინი აღწერენ სიტუაციას და ახდენენ მის პროგნოზირებას. შედეგები შეიძლება დაკავშირებული იყოს როგორც სიტუაციის განვითარების ბუნებრივ პროცესებთან, ასევე პაციენტზე სამკურნალო პრეპარატების ზემოქმედებასთან. გარკვეული სამკურნალო პრეპარატების ზემოქმედების შესახებ რეკომენდაციებს იძლევა ექიმი პაციენტის მდგომარეობის ანალიზის საფუძველზე. აღსანიშნავია, რომ მას შემდეგ რაც დასრულდება ცოდნის შევსების პროცესი, ინტელექტუალურ სისტემას შეუძლია დამოუკიდებლად გასცეს ეს რეკომენდაციები.

პროდუქციის წესებისგან ყალიბდება ინტელექტუალური სისტემის ცოდნის ბაზა. ამ შემთხვევაში დასკვნის მისაღებად საჭიროა შემავალი ინფორმაციის შედარება ცოდნის ბაზაში შენახული პროდუქციების პირობით ნაწილებთან. თუ შედარების შედეგად მოხდა შემოსული ინფორმაციის დამთხვევა ცოდნის ბაზაში ერთ-ერთი პროდუქციის პირობითი ნაწილის აღწერილობასთან, მაშინ შესაბამისი პროდუქციის დასკვნის ნაწილი ამუშავდება და გადაწყვეტილება იქნება მიღებული. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ზუსტი დამთხვევა შემოსული სიტუაციის აღწერასა და პროდუქციის პირობით ნაწილს შორის ნაკლებად სავარაუდოა. პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა შემოსული აღწერილობის ტრანსფორმაცია ისე, რომ ის დაემთხვეს რომელიმე პროდუქციის პირობით ნაწილს. ეს შეიძლება გაკეთდეს ლინგვისტური მეთოდების გამოყენებით [3,4].

ლინგვისტიკის თანახმად, არსებობს ენის ზედაპირული სტრუქტურის დონე (რეალური წინადადება) და ენის სიღრმისეული სტრუქტურული დონე. ამ დონეზე წარმოიდგინება წინადადების აზრობრივი შინაარსი. ზედაპირულ დონეზე სხვადასხვანაირად წარმოდგენილი წინადადებები სემანტიკურ დონეზე შეიძლება ერთნაირად იყოს წარმოდგენილი. ცხადია, რომ ცოდნის ბაზაში საჭიროა წინადადების აზრობრივი წარმოდგენა, ე.ი. სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე. ცოდნის ბაზის გამოყენებისას საჭიროა ზედაპირული სტრუქტურის დონეზე წარმოდგენილი შემავალი წინადადების გადაყვანა სიღრმისეული სტრუქტურის დონეზე. თუ ეს გარდაქმნა შედეგად,

მაშინ შემავალი წინადადების სტრუქტურა და ცოდნის ბაზაში წარმოდგენილი ერთ-ერთი პროდუქციის პირობითი ნაწილი დაემთხვევა ერთმანეთს, და პროდუქცია ამუშავდება.

ცოდნა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც ფაქტების და წესების ერთობლიობა. ამ ნაშრომში წყდება სამედიცინო პრობლემა და, შესაბამისად, მონაცემებიც და წესებიც სამედიცინო საკითხებს შეეხება. აშკარაა, რომ თითოეული პაციენტის შესახებ უნდა არსებობდეს ისეთი ზოგადი მონაცემები, როგორცაა ასაკი, სქესი და სამედიცინო მონაცემები, როგორცაა შინაგანი ორგანოების მდგომარეობა; მონაცემები მისი ალერგიული რეაქციების შესახებ წამლებზე და პროდუქტებზე; მონაცემები გამოყენებულ წამლებზე გვერდითი მოვლენების შესახებ; მონაცემები მედიკამენტების და მათი ურთიერთქმედების შესახებ; მონაცემები უსაფრთხოების, ანუ გვერდითი მოვლენების ალბათობის შესახებ. ამ მონაცემთა არსებობით ცოდნის ბაზაში შესაძლებელია ავირჩიოთ მკურნალობისთვის გამიზნული რეკომენდაციები.

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითები:

მაგალითი 1.

თუ

პაციენტს აქვს D დაავადება,

მაშინ

მას უნდა დაენიშნოს M წამალი.

თუმცა მონაცემთა ბაზა შეიცავს ინფორმაციას იმის შესახებ, რომ M წამალი იწვევს ალერგიას ამ პაციენტში. თუკი ცოდნის ბაზა შეიცავს წესს:

თუ

M წამალი იწვევს ალერგიას,

მაშინ

ის უნდა შეიცვალოს P წამლით,

ამ წესის გამოყენების შედეგად ინტელექტუალური სისტემა რეკომენდაციის სახით გვირჩევს P წამალს.

მაგალითი 2.

თუ

პაციენტს აქვს K დაავადება,

მაშინ

მას უნდა მიეცეს R წამალი.

თუმცა, პაციენტს გააჩნია L თანმხლები დაავადება, რომლის დროს R პრეპარატი უკუნაჩვენებია. ცოდნის ბაზაში არსებული სხვა პროდუქციის წესის მიხედვით:

თუ

პაციენტს აქვს L თანმხლები დაავადება,

მაშინ

მას უნდა მიეცეს T წამალი

ინტელექტუალური სისტემა ჩაანაცვლებს R წამალს T -თი.

ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ეფექტური თერაპიული პრეპარატების არჩევის ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება განხორციელდეს ინტელექტუალური მხარდაჭერი სისტემის მეშვეობით. თუ გავაჩნია ინფორმაცია პაციენტის შესახებ (ინდივიდუალური თავისებურებები, თანმხლები დაავადებები, გვერდითი მოვლენები წამლების მიღებისას), სემანტიკური ქსელების გამოყენება ცოდნის წარმოსადგენად არასაკმარისად ეფექტურია და უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ცოდნის წარმოდგენის პროდუქციულ სისტემებს.

Development of an Intelligent Support System for Selecting Effective Medications

Vadim Radzievski, Maya Mikeladze, Dimitri Radzievski, Ilia Okonian

Summary

The article considers a model of an intelligent system designed to select effective drugs. Semantic networks can be used to represent knowledge in such an intelligent system. However, if a patient has concomitant diseases, side effects, allergies to certain drugs, and other problems in addition to the main one, then knowledge representation through semantic networks is not effective enough. In this case, it is more convenient to represent knowledge using a production model in which the patient's condition is presented in a language close to natural, and treatment recommendations are ready-made treatment instructions.

Разработка интеллектуальной системы поддержки врача в выборе эффективных лекарственных препаратов.

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радзиевский, Илья Оконян

Резюме

Рассматривается модель интеллектуальной системы, предназначенной для выбора эффективных лекарственных препаратов. Для представления знаний в такой интеллектуальной системе могут быть использованы семантические сети. Однако если у пациента помимо основного имеются сопутствующие заболевания, побочные эффекты, аллергия на некоторые лекарственные препараты и другие проблемы, то представление знаний через семантические сети недостаточно эффективно. В таком случае знания удобнее представлять с помощью продукционной модели, в которой состояние пациента представлено на языке, близком к естественному, а рекомендации по лечению представляют собой готовые инструкции по лечению.

ლიტერატურა – References – Литература

1. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ძვალაბოვა ნ., რადიევსკი დ. Причинно-следственная модель знаний в интеллектуальной системе медицинской диагностики. ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის 60 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო კონფერენცია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №20, თბ., 2016., გვ. 163 – 169.
2. ვ. რადიევსკი, მ. მიქელაძე, ი. ოკონიანი, დ. რადიევსკი. ცოდნის წარმოდგენის მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანათა გადასაწყვეტად. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №26, თბ., 2022 წ., გვ.177 – 181.
3. რადიევსკი ვ, მიქელაძე მ., რადიევსკი დ. სამედიცინო დიაგნოსტიკის ინტელექტუალურ სისტემასთან ურთიერთობა შეზღუდულ ბუნებრივ ენაზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №21, თბ., 2017. გვ. 184 – 189.
4. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., რადიევსკი დ., ოკონიანი ი. სამედიცინო დიაგნოსტიკის ინტელექტუალურ სისტემასთან ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობის ამოცანა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №25, თბ., 2021. გვ. 145 – 150.

ნეირონული ქსელების მოდელირება Matlab-ის nftool ინსტრუმენტის გამოყენებით

ნათელა ანანიაშვილი

ia.ananiashvili@gmail.com

რეზიუმე

დღეისათვის ხელოვნური ნეირონული ქსელები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა კვლევით პროექტებში რთული პრობლემების გადასაჭრელად. ნაშრომში შემოთავაზებულია სტუდენტთა სასწავლო პროცესზე დაკვირვების მიხედვით, კერძოდ, სემესტრის განმავლობაში მათ მიერ მიღებული შეფასებების მიხედვით, შესაბამისი ნეირონული ქსელის აგება Matlab-ის nftool ინსტრუმენტის გამოყენებით. გარდა ქსელის დაპროექტებისა, სტატიაში განხილულია თუ როგორ უნდა მოხდეს დასწავლის პარამეტრების კორექტირება და ალგორითმის არჩევა სასურველი შედეგის მისაღებად.

საკვანძო სიტყვები:

ნეირონი, ხელოვნური ნეირონული ქსელი, ქსელის სწავლება, ალგორითმი

1. შესავალი

ხელოვნური ნეირონული ქსელების (ANN) და ნეირონული ქსელის მოდელების (NNM) თეორია და ტექნიკური განხორციელება არის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების აქტიურად განვითარებადი სფერო. მათი გამოყენების ძირითადი პერსპექტივები დაკავშირებულია რთული პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრასთან.

ხელოვნური ნეირონული ქსელები (ANN) შეიძლება განვიხილოთ როგორც მათემატიკური მათემატიკური მოდელები, რომელიც აგებულია ბიოლოგიური ნეირონული ქსელების ორგანიზებისა და ფუნქციონირების პრინციპზე. ეს კონცეფცია წარმოიშვა ტვინში მიმდინარე პროცესების შესწავლისას და ამ პროცესების მოდელირების მცდელობისას. პირველი ასეთი მცდელობა იყო მაკკალოხისა და პიტის ნეირონული ქსელები [1]. ნეიროანატომიასა და ნეიროფიზიოლოგიაში პროგრესის პარალელურად ფსიქოლოგებმა შექმნეს ადამიანის სწავლის მოდელები. მათგან ყველაზე ნაყოფიერი აღმოჩნდა ჰების (D. Hebb) მოდელი, რომელმაც 1949 წელს შემოგვთავაზა სწავლის კანონი, რომელიც იყო საწყისი წერტილი ხელოვნური ნეირონული ქსელების სასწავლო ალგორითმებისთვის. ცოდნის ბაზის ასაგებად ხშირად მიმართავენ მანქანურ სწავლებას, რომლის ერთ-ერთ აქტუალურ მეთოდს ნეირონული ქსელები წარმოადგენენ, ამერიკელი მეცნიერი ფეიგენბაუმი თვლიდა, რომ გამოყენებულ მეთოდებთან ერთად მნიშვნელოვანია ცოდნის ბაზის სიმძლავრე [2].

დღეისათვის ხელოვნური ნეირონული ქსელები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ამოცანის გადასაჭრელად: პროგნოზირებაში (როგორცაა მაგ. ადამიანის ქცევა, ჯანმრთელობა, ამინდი და სხვა), სახეთა გამოცნობაში, სატელეკომუნიკაციო ქსელებში, დაგეგმვა, მედიცინა, ავიაცია და ა.შ.

ANN აპლიკაციები ფართოდ არის წარმოდგენილი MATLAB პაკეტში [3]. ამ მხრივ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია GUI (გრაფიკული მომხმარებლის ინტერფეისი) მომხმარებლის ინტერფეისი ANN – nftool(Neural Network Fitting Toolbox)-ისთვის.

2. ამოცანის დასმა

ჩვენი მიზანია შევქმნათ, მოვამზადოთ და გამოვიყენოთ ნეირონული ქსელი სტუდენტების სწავლის შედეგების პროგნოზირებისთვის.

ცხადია, ადამიანებს რომ ჰქონდეთ ხვალინდელი დღის წინასწარმეტყველების ძლიერი უნარი, ანუ რომ შეგვეძლოს, ზუსტად ვიცოდით რა უნდა გავაკეთოთ დღეს, რომ ხვალინდელი დღე უკეთესი გავხადოთ, მაგალითად, თუ გამოცდაზე დასწრებამდე გვეცოდინება, რა ქულას მიიღებს სტუდენტი, მაშინ შეგვეძლება შევთავაზოთ მას რაიმე ეფექტური გზა მისი ქულების გასაუმჯობესებლად. შევეცადოთ ეს გავაკეთოთ ნეირონული ქსელების დახმარებით.

3. რეალიზაციის ეტაპები

ნეირონული ქსელის ასაგებად ჩვენ გამოვიყენებთ Matlab სისტემის nftool ინსტრუმენტს. ამისათვის დაგვჭირდება რამდენიმე ეტაპის შესრულება:

1. მონაცემთა ნაკრების ჩატვირთვა;
2. მივუთითოთ სასწავლო და საშედეგო მონაცემები;
3. დავაპროექტოთ და ავაწყოთ ქსელი;
4. შევამოწმოთ ქსელი მონაცემებზე.

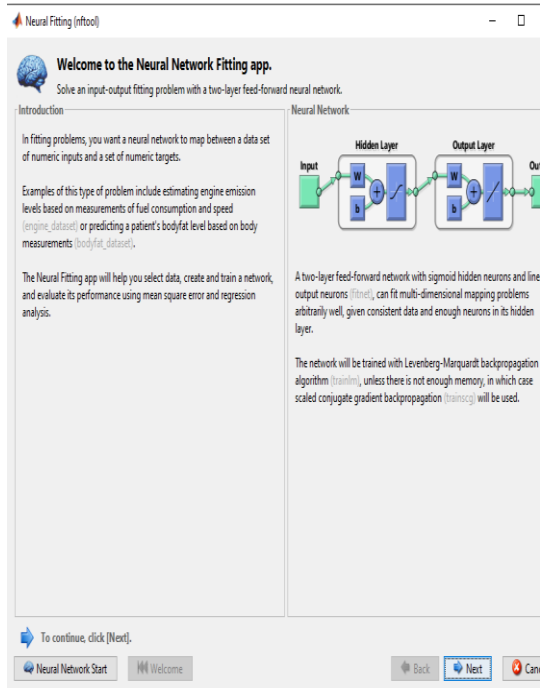
ვთქვათ, სტუდენტები სემესტრის განმავლობაში ფასდებიან ქულებით, მათ შორის 0-დან 10-მდე ქულით ქვიზებში (2 ქვიზი), 0-დან 10-მდე აქტიურობაში, 0-დან 30-მდე ქულით შუალედურ გამოცდაზე და 0-დან 40-მდე ფინალურ გამოცდაზე ანუ ჯამურად მაქსიმალური ქულაა 100. ჩავთვალოთ, რომ ყველა ეს მონაცემი გვაქვს მთლიანი ჯგუფისთვის. ჩვენი მიზანია რომ ქსელმა ამ მონაცემების საფუძველზე „იწინასწარმეტყველოს“ ფინალურის ქულები. მონაცემები თავდაპირველად ჩაწერილი გვაქვს ექსელის ფაილში. ქსელის ასაგებად მონაცემების სახით გამოყენებულია 44 სტუდენტის შეფასებები სემესტრის განმავლობაში:

	I ქვიზი	II ქვიზი	აქტიურობა	შუალედური	ფინალური
1	10	8	10	25	34
2	10	8	8	27	35
3	10	9	9	26	32
4	10	9	8	26	31
5	9	8	7	25	29
6	9	7	7	24	30
7	9	8	8	25	30
	...				
44	0	6	7	7	10

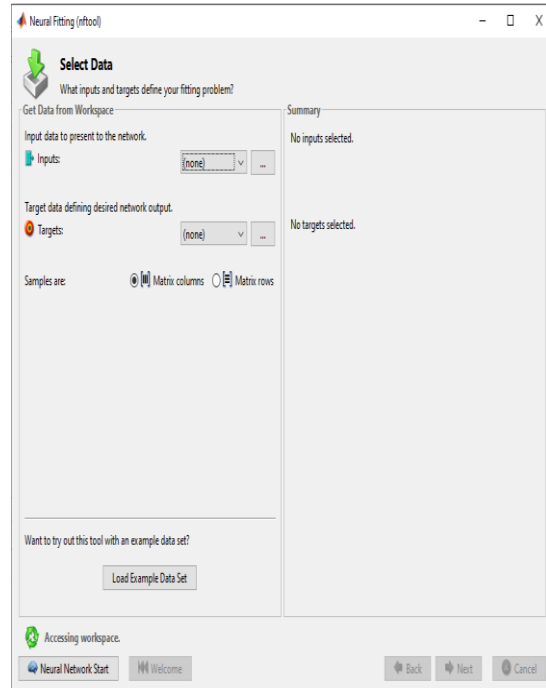
ცხრილი 1. სტუდენტების შეფასებები სემესტრის განმავლობაში

ჩავტვირთოთ Matlab სისტემა და დავაკოპიროთ შესაბამისი მონაცემები ორ მასივში, პირველი ეს არის სასწავლო, ამისათვის ამ ცხრილის პირველი ოთხი სვეტი ჩავწეროთ მასივში სახელად: Training, ბოლო სვეტი (ფინალურის შედეგები) ჩავწეროთ მასივში სახელად: Target.

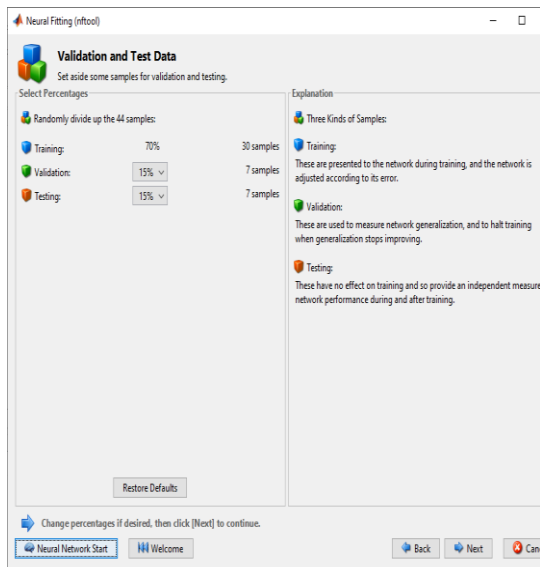
Matlab-ის ბრძანებების სტრიქონში ჩავწეროთ ბრძანება: nftool. გაიხსნება შესაბამისი ფანჯარა (იხ. ნახ. 1), ეს არის მისალმების (neural network fitting app) და ნეირონული ქსელის გრაფიკული გამოსახულების ფანჯარა. ვიმოქმედოთ Next ღილაკზე და გამოვა მონაცემების ასარჩევი ფანჯარა (იხ. ნახ. 2), ამ ფანჯარაში Inputs-ში ავირჩიოთ Training მასივი, რომლის ზომაა 44x4, Target-ში ჩვენი Target მასივი, რომლის ზომაა 44x1. Samples are-ში გადავრთოთ Matrix rows-ზე. კვლავ ვიმოქმედოთ Next ღილაკზე.



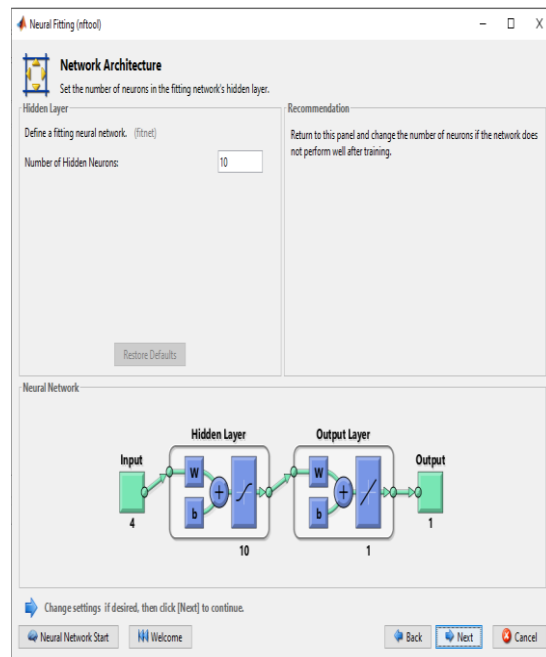
ნახ.1. Neural Fitting ფანჯარა



ნახ. 2. მონაცემების ასარჩევი ფანჯარა



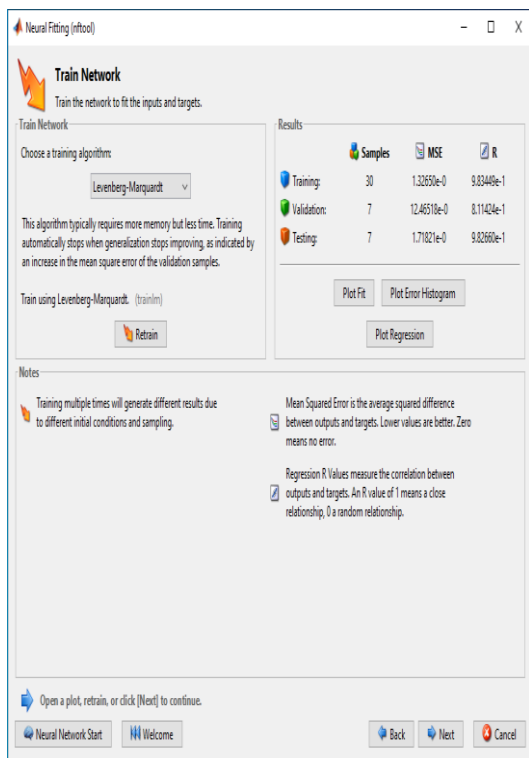
ნახ. 3. საკონტროლო და სასწავლო მონაცემების განაწილება



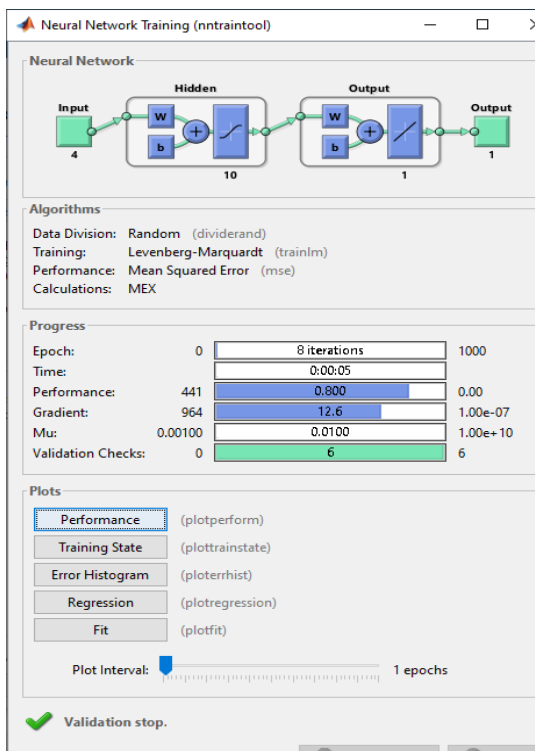
ნახ. 4. ქსელის არქიტექტურა

Matlab-ი შემთხვევითობის პრინციპით არჩევს სასწავლო, საკონტროლო და ტესტურ მონაცემებს. სტანდარტულად ჩვენი ნაკრების 70% (ანუ ჩვენი 44-დან 30 მონაცემი) აიღება ქსელის სასწავლო მიზნით, 15% საკონტროლოდ (7 მონაცემი), 15% სატესტოდ. ამ ფანჯარაში შემდგომ შეგვიძლია შევცვალოთ საკონტროლო და სატესტო მონაცემების რაოდენობები პროცენტულად, თუ არ იქნება მიღებული საკმარისი სიზუსტე. ახლა კი კვლავ ვიმოქმედოთ Next ღილაკზე და გადავიდეთ ქსელის არქიტექტურის ფანჯარაზე (იხ. ნახ. 4.). სტანდარტული ქსელი არის ორშრიანი და ნაგულისხმევად, ფარული ნეირონების

რაოდენობა არჩეულია 10. შემდეგ შეიძლება გავზარდოთ ან შევამციროთ ეს რიცხვი, თუ ქსელის სწავლების შედეგი არ იქნება წარმატებული. ვიმოქმედოთ Next ღილაკზე, მივიღებთ ფანჯარას(იხ. ნახ. 5), სადაც შეგვიძლია ავირჩიოთ სწავლების ალგორითმი. სტანდარტულად აქ არჩეულია ლევენბერგ-მარქუარდტის ალგორითმი, რომელიც რეკომენდებულია ამოცანების უმეტესობისათვის, თუმცა ზოგიერთი პატარა ზომის ამოცანისთვის შესაძლოა გამოვიყენოთ ბაისის ალგორითმი, დიდი ზომის შემთხვევაში კი, შეუძლებელი გრადიენტული ალგორითმი. დავტოვოთ ლევენბერგ-მარქუარდტის ალგორითმი და ვიმოქმედოთ Train ღილაკზე.

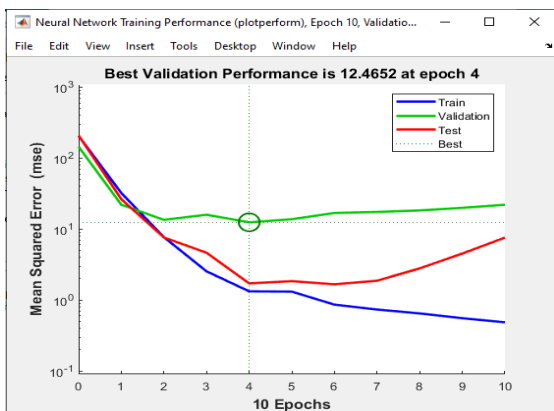


ნახ.5. ქსელის სწავლება

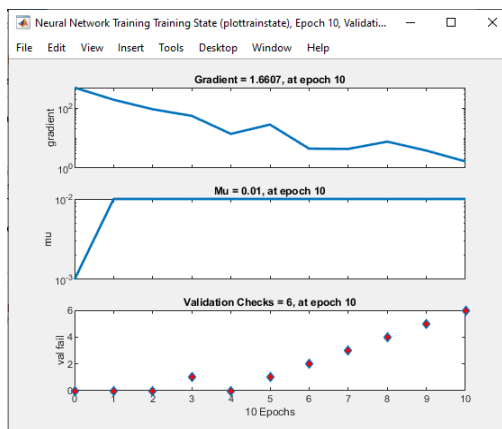


ნახ. 6. ნეირონული ქსელის სწავლება

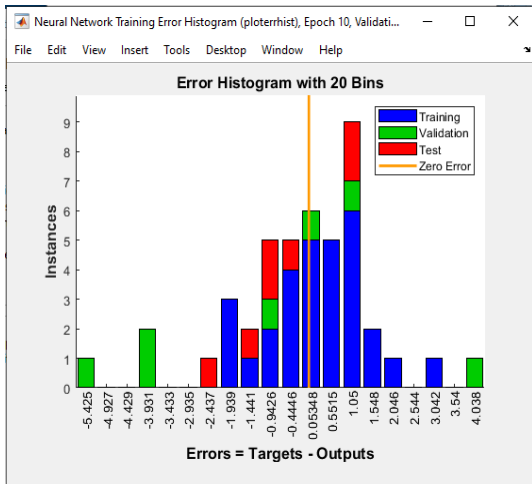
ნახ. 6-დან ჩანს რომ სწავლება დასრულდა 8 იტერაციაში. Plots განყოფილებაში განთავსებული ღილაკებით შეგვიძლია ვნახოთ შედეგი. ვიმოქმედოთ Performance ღილაკზე მივიღებთ გრაფიკს, სადაც ჩანს რომ საუკეთესო შედეგი მე-4 იტერაციაზე მიიღწევა:



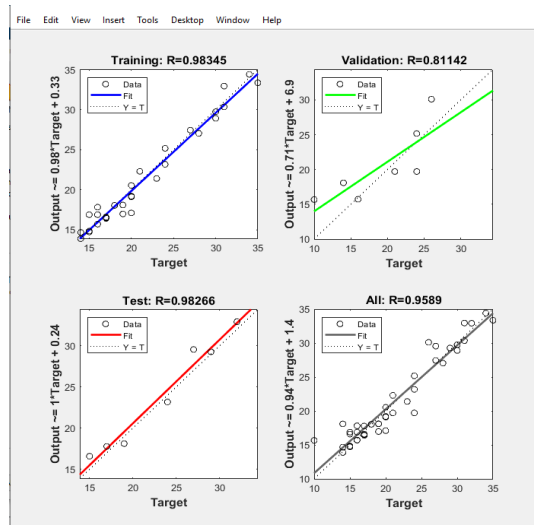
ნახ. 7. Performance ღილაკით აგებული გრაფიკი



ნახ. 8. Training State ღილაკით აგებული გრაფიკი



ნახ. 9. Error Histogram დილაკით აგებული პისტოგრამა



ნახ. 10. Regression დილაკით აგებული რეგრესია

ნეირონული ქსელის სწავლების ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება Regression დილაკი ნახ. 6. გრაფიკზე (ნახ. 10) ვხედავთ, რომ რეგრესია მონაცემთა ყველა ნაკრებისათვის $R \geq 0.95$, ეს ნიშნავს სწავლების შედეგი დამაკმაყოფილებელია.

მიღებული შედეგები შეგვიძლია გავაუმჯობესოთ რამდენიმე გზით:

- დავბრუნდეთ უკან ნახ. 4 ფანჯარაში ავირჩიოთ ნეირონების სხვა რაოდენობა;
- ავირჩიოთ სხვა ალგორითმი ნახ. 5 ფანჯარაში;
- უბრალოდ ვიმოქმედოთ Retrain დილაკზე ნახ. 5;
- გავზარდოთ სასწავლო მონაცემების რაოდენობა;

ჩვენ შემთხვევაში პირველ ცდაზე ქსელის სწავლება დასრულდა 8 იტერაციაზე, რეგრესიის აგების შემდეგ მივიღეთ ნაკრებისათვის $R \geq 0.74$, ამიტომ დავბრუნდით უკან და ვიმოქმედეთ Retrain დილაკზე, ამ შემთხვევაში 10 იტერაციაში დასრულდა და მივიღეთ ზემოთმოყვანილი შედეგები. ამით ქსელის სწავლება დასრულებულია.

4. დასკვნა

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია ნეირონული ქსელის აგების მაგალითი Matlab სისტემის nftool ინსტრუმენტის გამოყენებით. იგივე ინსტრუმენტით შესაძლებელია ბევრი სხვა მნიშვნელოვანი ამოცანისთვის ნეირონული ქსელის აგება, მათ შორის სამედიცინო სფეროს ამოცანებისათვის. nftool-ის გამოყენება მარტივია იმ ადამიანებისთვისაც, ვინც არ ფლობს დაპროგრამების ენებს.

Modeling neural networks using the nftool tool of the Matlab package

Natela Ananiashvili

Summary

Today artificial neural networks are widely used in various research projects to solve complex problems. The paper proposes to build a suitable neural network based on observation of the students' learning process, in particular, according to the assessments they received during the semester, using Matlab's nntool tool. In addition to network design, the article discusses how to adjust training parameters and select an algorithm to obtain the desired result.

Моделирование нейронных сетей с использованием инструмента nftool пакета Matlab

ნათელა ანანიაშვილი

Резюме

На сегодняшний день искусственные нейронные сети широко используются в различных исследовательских проектах для решения сложных задач. В работе предлагается построить подходящую нейронную сеть на основе наблюдения за процессом обучения студентов, а именно, по оценкам, полученным ими в течение семестра, с помощью инструмента nftool пакета Matlab. Помимо проектирования сети, в статье рассматривается, как корректировать параметры обучения и выбирать алгоритм для получения желаемого результата.

ლიტერატურა-References-Литература

1. McCulloch W. S., Pitts W. (1943). "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity". The Bulletin of Mathematical Biophysics. 5 (4): 115–133.
2. Felgenbaum E. A. The Art of Artificial Intelligence. Themes and Case Studies of Knowledge Engineering. (1977) The Fifth International Conference on Artificial Intelligence. Boston: MIT, pp. 1014-1029
3. Дьяконов В., Круглов В., (2001). "Математические пакеты расширения MATLAB", Питер, (эл.версия). http://www.physics.gov.az/book_M/MatLab_Sprav.pdf

კომპიუტერული პროგრამის პარალელური ოპერაციების წილის დადგენის
მეთოდი მრავალპროცესორიანი და მრავალბირთვიანი სისტემის აჩქარების
შესაფასებლად

თენგიზ ბახტაძე, ირაკლი როდონაია, მერი გეგეჭკორი
t.bakhtadze@gtu.ge, i.rodonaia@gtu.ge, merigeg@gmail.com

რეზიუმე

მოცემულ ნაშრომში დამუშავებულია კომპიუტერული პროგრამის პარალელური ოპერაციების წილის დადგენის ემპირიული მეთოდი. გაანალიზებულია მრავალბირთვიანი აჩქარების გამოთვლის მეთოდიკის ვარიაციები ამდალის ფორმულის ბაზაზე. აღწერილია შემოთავაზებული მეთოდი და მოყვანილია პროგრამა C++ -ზე Visual Studio (MS) 22-ის Open Mp(Open Multi-Processing)-ის გარემოში. პარალელური ოპერაციების წილის დადგენისათვის. მოყვანილია გამოთვლის შედეგები და მათი ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები:

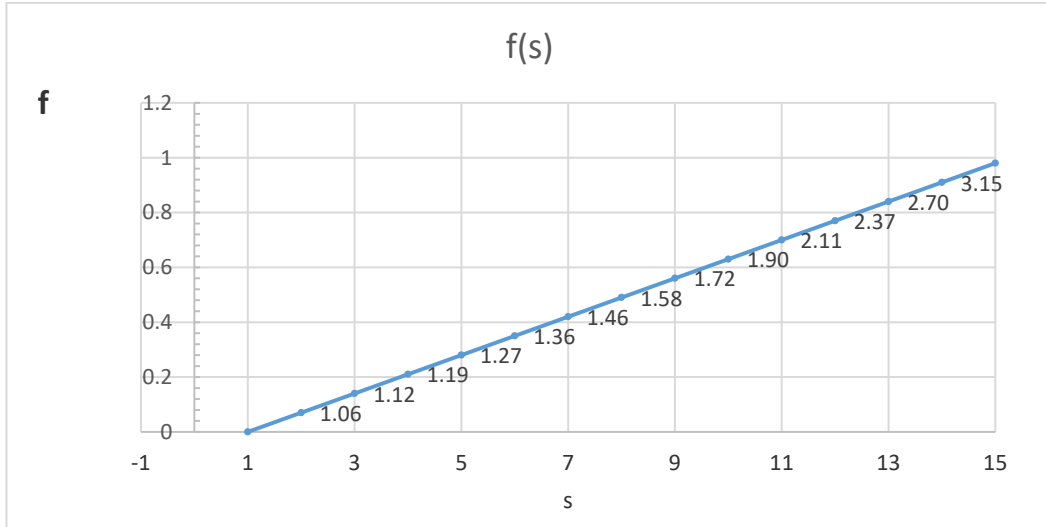
მრავალბირთვიანი სისტემის აჩქარება, პარალელური ოპერაციების წილი, ამდალის ფორმულა, C++, Open MP.

მრავალბირთვიანი და მრავალპროცესორიანი სისტემის აჩქარების და ეფექტურობის შეფასებისათვის არსებობს უზარმაზარი ინტერესი, რაზეც მეტყველებს უამრავი პუბლიკაცია. ზოგიერთი მათგანი მოყვანილია [1-15]-ში. ყველა მიდგომაში გამოიყენება პროგრამის პარალელური ან სერიული წილი, რომელთა შორის ცალსახა დამოკიდებულებაა. თუ პარალელური წილი f -ია, მაშინ სერიული წილი $1-f$ -ია და პირიქით. ამგვარად, ამ პარამეტრის განსაზღვრა მნიშვნელოვანი ამოცანაა, თუ გავითვალისწინებთ დაპროგრამების ენების და პლატფორმების მრავალფეროვნებას.

ამდალის კანონის საბაზისო ფორმულის ერთ-ერთი ვარიანტი არის $s = T1/Tp = 1 / (1 - f + f/p)$, სადაც S არის პროცესის დაჩქარება, $T1$ პროგრამის შესრულების დრო სერიულ რეჟიმში, Tp -პროგრამის შესრულების დრო პარალელურ რეჟიმში, $f(0 < f < 1)$ არის პროგრამის პროპორცია, რომელიც შეიძლება გაკეთდეს პარალელურად, p არის პარალელური ნაწილის სიჩქარის კოეფიციენტი, ანუ პროცესორების ან ბირთვების რაოდენობა. ფაქტობრივად s, f, p არიან ორი ცვლადის ფუნქციები $s(f, p), f(s, p), p(s, f)$. ამ ფორმულიდან გამომდინარეობს კიდევ ორი ფორმულა f და p -ს განსაზღვრად. კერძოდ

$$f = (1/s - 1) / (1/p - 1) \text{ და } p = f / (1/s + f - 1).$$

ზემომოყვანილი ფორმულებიდან გამომდინარე ვასკვნით, რომ ფიქსირებული რაოდენობის ბირთვების შემთხვევაში აჩქარება s პირდაპირპროპორციულია პროგრამის პარალელური წილის f . f პირდაპირპროპორციულია s , ხოლო მოცემული s და p ცალსახად განსაზღვრავენ p -ს. თვალსაჩინოებისათვის ქვემოთ მოყვანილია გრაფიკი.



ეს ფორმულები არ ითვალისწინებენ იმ რესურსს, იგულისხმება დრო, რომელიც საჭიროა პარალელური პროცესის ორგანიზებისათვის, ამიტომ რეალურად ტოლობების მაგივრად უნდა უტოლობები განვიხილოთ. ინტერნეტ სივრცეში და სასწავლო ლიტერატურაში, სადაც მოყვანილია ამდლის ფორმულით აჩქარების შეფასება, ყველგან მოცემულია f და კონკრეტული p -თვის ხდება აჩქარების გამოთვლა. არსად არ არის დეტალურად განხილული, თუ როგორ დავადგინოთ f . თუ კონკრეტული არქიტექტურისთვის დავადგინეთ f , საშუალება გვეძლევა რეალური ფიზიკური ექსპერიმენტის გარეშე შევაფასოთ, თუ როგორ აჩქარდება პროცესი ბირთვების დამატების შემთხვევაში. f შესაფასებლად შესაძლებელია გამოვიყენოთ ორი მიდგომა. პირველი პროგრამის ვერიფიკაციის საფუძველზე დავადგინოთ p . მეორე – განვსაზღვროთ ემპირიულად ფარდობა $T1/Tp$ და გამოვიყენოთ შესაბამისი ფორმულა.

პირველი მიდგომა ერთი შეხედვით ძალიან მიმზიდველია, მაგრამ რეალურად მისი განხორციელება მხოლოდ ძალიან მარტივი პროგრამისთვისაა შესაძლებელი, ვინაიდან ოპერაციის თითოეულ ტიპს თავისი წონა აქვს და ამის გათვალისწინება ძალზე რთულია. გარდა ამისა, არ იქნა მოძიებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ამას ავტომატურად გააკეთებდა. რეალურად თითოეული ენისათვის და ოპერაციული სისტემისათვის უნდა შეიქმნას ანალიზატორი, რაც არ არის გაკეთებული.

მეორე მიდგომის არსი, რომელიც შემოთავაზებულია სტატიაში, მდგომარეობს შემდეგში:

1. ვადგენთ კონკრეტული პროცესორების ან ბირთვების რაოდენობას;
2. ვუშვებთ პროგრამას სერიულ რეჟიმში და ვადგენთ $T1$;
3. ვუშვებთ პროგრამას პარალელურ რეჟიმში და ვადგენთ Tp -ს, ისე რომ გათვალისწინებული იყოს ყველა ბირთვი. ნაკადების შემთხვევაში მათი რაოდენობა უნდა იყოს ბირთვების რაოდენობის ტოლი;
4. ვითვლით $T1/Tp$ და მისი საშუალებით f -ს;
5. 1-4 პუნქტს ვიმეორებთ მრავალჯერ ამოცანის სხვადასხვა ზომისათვის;
6. ვადგენთ f -ის მაქსიმალურ, მინიმალურ და საშუალო მნიშვნელობებს;
7. დადგენილ მნიშვნელობებს ვიყენებთ აჩქარების შესაფასებლად ბირთვების დამატების შემთხვევაში.

შემოთავაზებული მეთოდი არ არის დამოკიდებული კონკრეტულ პროგრამირების ენაზე და გაპარალელურების ტექნოლოგიაზე. უბრალოდ საჭიროა იმ კომპიუტერის ბირთვების რაოდენობის ცოდნა, რომელზედაც ვატარებთ გამოთვლებს. ასევე პროგრამის სერიული და პარალელური ვარიანტები. პარალელური ვარიანტი უნდა ითვალისწინებდეს ბირთვების რაოდენობას. სატესტო ვარიანტად აღებულია უმარტივესი პროგრამა, რომელიც შედგება ორი მსგავსი ციკლისაგან, რომლებიც განსხვავდება მხოლოდ ზომით. პარალელური

ციკლი ორჯერ გრძელდება, ვიდრე სერიული. შესაბამისად პარალელური წილის დადგენა ამ პროგრამისათვის ძალიან მარტივია ვერიფიკაციის გზით. პარალელური წილი არის $2/3$, ხოლო სერიული წილი შესაბამისად $1-2/3=1/3$.

ქვემოთ მოყვანილია c++ პროგრამის სრული ტექსტი ამ ბიჯების განსახორციელებლად.

```
#include <iostream>
#include <stdio.h>
#include <omp.h>
#include <chrono>
using namespace std;
using namespace std::chrono;
int main() {
    long long steps;
    long long startSteps;
    long long p = 4;
    unsigned long long T1, Tp, Tpp, Ttotal=0;
    unsigned long long T1Serial1, TpParallel1;
    unsigned long long T1Serial2, TpParallel2;
    float f;
    float SA, SR;
    SA = 1 / ((1 - 2. / 3.) + (2. / 3.) / p)
    printf("      start      End      T1      Tp      s      f  \n");
    float fAvarage = 0, fmax = 0, fmin = 2.;
    int fQuantity = 0;
    float s;
    auto start = high_resolution_clock::now();
    auto stop = high_resolution_clock::now();
    auto duration1 = duration_cast<microseconds>(stop - start);
    auto duration2 = duration_cast<microseconds>(stop - start)
    auto serialPart = duration_cast<microseconds>(stop - start)
    long long serial = 0, parallel = 0; steps = 10;
    while (steps <= 1000000000)
    {
        startSteps = steps;
        do {
            start = high_resolution_clock::now();
            for (serial = 0; serial < steps; serial++) {
                serial* serial;
            }
            stop = high_resolution_clock::now();
            serialPart = duration_cast<microseconds>(stop - start);

            for (parallel = 0; parallel < 2 * steps; parallel++) {
                parallel* parallel;
            }
            stop = high_resolution_clock::now();
            duration1 = duration_cast<microseconds>(stop - start);
            T1Serial1 = serialPart.count();
            T1 = duration1.count();
            start = high_resolution_clock::now();
#pragma omp parallel for num_threads(4) default(none)
private(parallel)
            for (parallel = 0; parallel < 2 * steps; parallel++) {
                parallel* parallel;
            }
            stop = high_resolution_clock::now();
            duration2 = duration_cast<microseconds>(stop - start);
            Tpp = duration2.count();
            Tp = Tpp + T1Serial1
            s = (float)T1 / (float)Tp;
            f = (1. / s - 1.) / (1. / (float)p - 1.);
            steps *= 2;
Ttotal += (T1 + Tp);
        }
        while (T1 <= Tp);
        SR = 1 / ((1 - f) + f / p);
        if (SR < SA)
        {
```

```

        if (f > fmax)fmax = f;
        if (f < fmin)fmin = f;
        fAvarage += f;
        fQuantity++;
        printf("%9lld %9lld %9lld %9lld %9f %9f\n", startSteps,
steps / 2, T1, Tp, SR, f);
    }
    fAvarage /= fQuantity;
    printf("fa=%f\n", 2. / 3.);
    printf("SA=%f\n", SA);
    printf("fAvarage=%f\n", fAvarage);
    printf("fmin=%f\n", fmin);
    printf("fmax=%f\n", fmax);
    printf("Finished!\n");
    return 0;
}

```

პროგრამის შედეგები მოყვანილია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში.

Start - ციკლის დასაწყისი, End - ციკლის დასასრული, T1 - სერიული შესრულების დრო მილიწამებში, Tp - პარალელური შესრულების დრო მილიწამებში, s - სისტემის აჩქარება, f - პროგრამის პარალელური წილი.

Start	End	T1	Tp	s	f
10	2560	26	22	1.181818	0.205128
5120	40960	338	268	1.261194	0.276134
81920	1310720	13725	9736	1.409716	0.387517
2621440	2621440	27557	17894	1.540013	0.467540
5242880	5242880	51626	40120	1.286790	0.297163
10485760	10485760	103060	64008	1.610111	0.505233
20971520	20971520	213427	125451	1.701278	0.549609
41943040	41943040	386900	233664	1.655796	0.528081
83886080	83886080	617049	406533	1.517833	0.454888
167772160	167772160	1220465	784262	1.556195	0.476543
335544320	335544320	2401245	1560358	1.538906	0.466917
671088640	671088640	4694493	2983683	1.573389	0.485906

fa=0.666667

SA=2.000000

fAvarage=0.367097

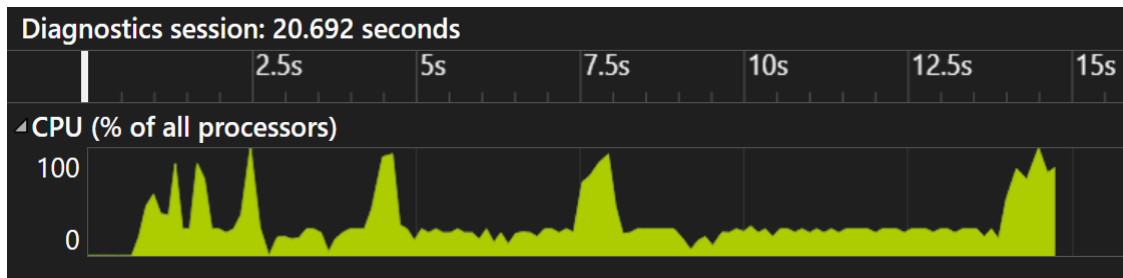
fmin=0.079128

fmax=0.664924

fa=0.666667 მოცემული მაგალითისთვის ვერიფიკაციით დადგენილი წილი ანუ 2/3 SA=2.000000 აჩქარება გაპარალელურების რესურსების გათვალისწინების გარეშე, პროგრამის პარალელური ნაწილის ექსპერიმენტული მნიშვნელობის, საშუალო, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობებია შესაბამისად fAvarage=0.425055, fmin=0.205128, fmax=0.549609 როგორც მონაცემებიდან ჩანს, რეალურ წილთან ყველაზე ახლოსაა ექსპერიმენტული წილის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ცხრილიდან ჩანს, რომ პარალელურ რეჟიმზე გადასვლას აზრი აქვს, როცა ციკლის მნიშვნელობაა 2560. ამ მნიშვნელობამდე მოცემულ პირობებში პარალელიზმის ორგანიზებისთვის მეტი დრო იხარჯება, ვიდრე პროგრამა სერიულ რეჟიმში, რომ გავგეშვა. ყოველივე ამას ითვალისწინებს მოცემული პროგრამა პირობით $T1 \leq T_p$ -ზე.

პროგრამის გაშვება ხდება მრავალჯერ, ციკლის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. ყოველი შემდგომი ციკლის ზედა პარამეტრი ორმაგდება.

ამ მნიშვნელობების გამოყენება შესაძლებელია ბირთვების/პროცესორების დამატების შემთხვევაში რეალური აჩქარების პროგნოზირებისათვის ფიზიკური ექსპერიმენტის გარეშე მოცემული ნებისმიერი პროგრამისათვის. Ttotal=15.600390 seconds -არის წამებში პროგრამის შესრულების სრული დრო, რაც გადამოწმებულია ვიზუალ სტუდიოთი (Debug performance profiler - გამართვის შესრულების პროფილერი) და მოყვანილია ქვემოთ გრაფიკის სახით.



ეს გრაფიკი დამატებით ადასტურებს ჩატარებული ექსპერიმენტის რეალობას.

Method for determining the proportion of parallel operations of a computer program to evaluate the acceleration of multiprocessor and multicore systems

Tengiz Bakhtadze, Irakli Rodonaya, Mary Gegechkori

Summary

The empirical method of determining the share of parallel operations of a computer program is elaborated in this work. Variations of the multi-core acceleration calculation method based on the Amdal formula are analyzed. The proposed method is described and the program is presented in C++ in the Open Mp (Open Multi-Processing) environment of Visual Studio(MS) 22 to determine the share of parallel operations. Calculation results and their analysis are presented.

Метод определения доли параллельных операций компьютерной программы для оценки ускорения многопроцессорных и многоядерных систем

Тенгиз Бахтадзе, Ираклий Родоная, Мери Гегечкори

Резюме

В работе разработан эмпирический метод определения доли параллельных операций компьютерной программы. Проанализированы варианты метода расчета многоядерного ускорения на основе формулы Амдала. Описан предлагаемый метод и представлена программа на языке C++ в среде Open Mp (Open Multi-Processing) Visual Studio(MS) 22 для определения доли параллельных операций. Представлены результаты расчетов и их анализ.

ლიტერატურა - References – Литература

1. OpenMP Architecture Review Board, “OpenMP Application Program Interface v4.5,” 2015.
2. OpenMP Architecture Review Board, “OpenMP Application Program Interface v4.0,” 2013.
3. C. Bertolli, S. Antao, G. Bercea et al., “Integrating GPU support for OpenMP offloading directives into Clang,” in Proceedings of the Second Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC. ACM, 2015, p. 5.
4. E. L. J. Ozen, G. Ayguade, “On the Roles of the Programmer, the Compiler and the Runtime System When Programming Accelerators in OpenMP,” in Using and Improving OpenMP for Devices, Tasks, and More. Springer, 2014, pp. 215–229.
5. C. Liao, Y. Yan, B. de Supinski et al., “Early Experiences with the OpenMP Accelerator Model,” in OpenMP in the Era of Low Power Devices and Accelerators. Springer, 2013, pp. 84–98.
6. S. McIntosh-Smith, J. Price, R. Sessions, and A. Ibarra, “High Performance in Silico Virtual Drug Screening on ManyCore Processors,” International Journal of High Performance Computing Applications, pp. 119–134, 2014.
7. S. McIntosh-Smith and D. Curran, “Evaluation of a Performance Portable Lattice Boltzmann Code Using OpenCL,” in Proceedings of the International Workshop on OpenCL 2013 & 2014, ser. IWOCL '14. New York, NY, USA.: ACM, 2014, pp. 2:1–2:12.
8. M. Martineau, S. McIntosh-Smith, M. Boulton, and W. Gaudin, “An Evaluation of Emerging Many-Core Parallel Programming Models,” Accepted to 7th International Workshop on Programming Models and Applications for Multicores and Manycores, 2016.
9. S. Wienke, C. Terboven, J. C. Beyer, and M. Muller, “A Pattern-Based Comparison of OpenACC and OpenMP for Accelerator Computing,” in Euro-Par 2014 Parallel Processing. Springer, 2014, pp. 812–823.
10. N. Corporation, “CUDA C Programming Guide v7.0,” 2016.
11. S. McIntosh-Smith, M. Boulton, W. Gaudin, and P. Garrett, “Optimising sparse iterative solvers for many-core computer architectures,” Presentation at SUBWOG 2015, 2015.
12. K. Asanovic, R. Bodik, B. Catanzaro, J. Gebis et al., “The Landscape of Parallel Computing Research: A View from Berkeley,” EECS Department, University of California, Berkeley, Tech. Rep. UCB/EECS-2006-183, Dec 2006.
13. A. Mallinson, D. Beckingsale, W. Gaudin, J. Herdman, and S. Jarvis, “Towards Portable Performance for Explicit Hydrodynamics Codes,” in The International Workshop on OpenCL (IWOCL), 2013.
14. A. Hart, “First Experiences Porting a Parallel Application to a Hybrid Supercomputer with OpenMP 4.0 Device Constructs,” in OpenMP: Heterogenous Execution and Data Movements: 11th International Workshop on OpenMP, IWOMP 2015, Proceedings, 2015, pp. 73–85.
15. Cray Inc., “C and C++ Reference Manual (S-2179-84),” 2016.

მრავალსახსრული მოქნილი მობილური რობოტი

დავით ფურცხვანიძე, ნოდარ გძელიძვილი, ვერიკო ბახტაძე, გიორგი კიკნაძე

dpurtskhvani@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია წყალქვეშა სამუშაოებისათვის განკუთვნილი მრავალსახსრული მოქნილი რობოტის კონსტრუქცია და მისი მართვის სისტემა, ხელოვნური ინტელექტის ელემენტებით. განხილულია ხელოვნური ინტელექტის მსგავსად რობოტის მართვის სისტემის აღჭურვა ცოდნის მიღების უნარით. მოყვანილია ადამიანის ინტელექტის დახასიათება თანამედროვე ფსიქოლოგიურ მეცნიერებაში და მისი მახასიათებლების შესაბამისი პარამეტრების მქონე რობოტების შექმნის პერსპექტივები. ინტელექტი განიხილება როგორც ფიზიკურ ობიექტზე განხორციელებული ალგორითმი. ხელოვნურ ინტელექტს რობოტექნიკასთან ერთად, სულ უფრო და უფრო მეტი სარგებელი მოაქვს კაცობრიობისათვის. ეს ტექნოლოგია გამოიცხადებს ბევრ პრობლემას სრულიად განსხვავებულ სფეროებში, როგორცაა: მედიცინა, მრეწველობა, ლოჯისტიკა, კოსმოსი და სხვა. მანქანური სწავლება რობოტებს ეხმარება ამოიციოს სხვადასხვა სახის ობიექტები, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა ფორმა და ზომა და იმყოფებიან სხვადასხვა სიტუაციაში. ხელოვნური ინტელექტის მქონე რობოტები უკვე ყველგან გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში.

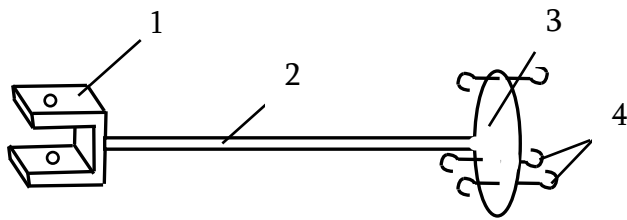
საკვანძო სიტყვები:

მობილური რობოტი, ხელოვნური ინტელექტი, რობოტექნიკური სისტემები, ასოციაციური მეხსიერება.

წყალქვეშა სამუშაოებისათვის განკუთვნილი მოქნილი რობოტისა და მისი მართვის სისტემის დამუშავებით შეიქმნება მძლავრი ტექნიკური ბაზა ზღვებისა და ოკეანეების სიღრმეთა გამოსაკვლევად. წყალქვეშა რობოტის მოქნილი დიზაინი საშუალებას იძლევა იგი გამოყენებული იქნას ისეთ ძნელად მისაღწეად ადგილებშიც კი, რომლებიც ადვილად მიუწვდომელია სხვა დიდი სპეციალური აღჭურვილობისთვის. რობოტი იქნება იაფი და პრაქტიკული ალტერნატივა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს დავზოგოთ დანახარჯი ბევრი მარტივი ტექნიკური სამუშაოსთვის. ასეთ რობოტს შეუძლია ხელი შეუწყოს ობიექტის ვიზუალურ შემოწმებას, განათებას, წყალქვეშა კონსტრუქციის გაწმენდას შლამისაგან, დაუჭიროს ჭანჭიკს ან სარქველს. სავარაუდოა, რომ მოქნილი რობოტები იმუშავებენ მთელი დღე-ღამის განმავლობაში და შეძლებენ ყოველთვის იყვნენ ხელმისაწვდომნი, ავტონომიური ბატარეების გამოყენების შემთხვევაში.

ცნობილია მოქნილი რობოტი პნევმატიკური მართვით, რომელიც გამოიყენება მსუბუქი სხეულებით მანიპულირებისათვის. ამ რობოტის დადებითი მხარეა მისი სიმსუბუქე. უარყოფითი მხარეა პნევმატიკური მართვისათვის დამახასიათებელი არაზუსტი პოზიციონირება, რაც გამოწვეულია ჰაერის კუმშვადობით. ჰიდრაულიკური მართვის უარყოფითი მხარეა ზეთის მაღალი კუთრი წონა რაც ამძიმებს რობოტს და უარყოფითად აისახება რობოტის ტვირთამწეობაზე. წყალქვეშა სამუშაოების ჩასატარებლად ზეთის მაღალ კუთრ წონას აწონასწორებს წყლის ამომგდები ძალა. წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია ზეთის ნაცვლად წყლის გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს სრულ წონასწორობას წყლის ამომგდებ ძალასა და რობოტის წონას შორის. გარდა ამისა, საშუალებას იძლევა მართვისათვის გამოყენებული სითხე გამოიდევენოს რობოტიდან და საჭიროების შემთხვევაში შეივსოს ახალი სითხით.

მოქნილი რობოტების ელექტრული ამძრავების მოძრაობის მართვის საიმედო ალგორითმი ფუნდამენტურია წარმატებული მუშაობისთვის. გარდა თეორიული მნიშვნელობისა, მრავალსახსრული, მოქნილი რობოტების მოძრაობის მართვის პრობლემები ბოლო დროს სულ უფრო მნიშვნელოვანია ტექნიკისა და ტექნოლოგიის სხვადასხვა დარგში. ამ შემთხვევაში გადასაჭრელი ამოცანების დიაპაზონი ძალიან ფართო აღმოჩნდა: სათამაშო რობოტების შექმნის ამოცანებიდან უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სპეციალურ ამოცანებამდე. რობოტების მოძრაობის მახასიათებლებისადმი მაღალი მოთხოვნები საჭიროებს მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელების საშუალებების გამოყენებას მართვის ალგორითმების სინთეზის ყველა ეტაპზე. ამიტომ, ამ სფეროში კვლევა აქტუალური ამოცანაა.



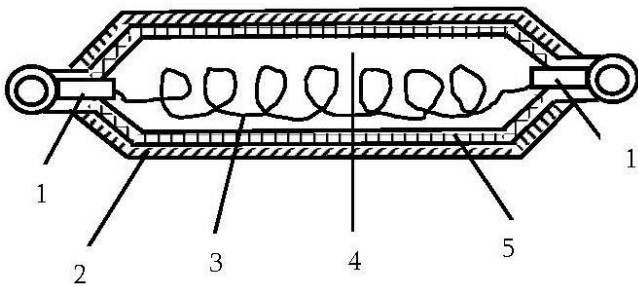
ნახ. 1

მოქნილი რობოტი შედგება მრავალსახსრული „ხერხემლისაგან“ რომელიც აღჭურვილია ხელოვნური კუნთებით. ნახ.1-ზე წარმოდგენილია „ხერხემლის“ ერთი მალა, სადაც 1 - კარდანული შეერთების თავაკია; 2 - „მალის“ ღერო; 3 - სახსრის სადგარი ფირფიტა, 4 - ხელოვნური კუნთის გამოსაბმელი კაუჭები.

რობოტის ამძრავ მექანიზმად ხელოვნური კუნთების გამოყენება განპირობებულია იმ ფაქტორებით რომლებიც ახასიათებენ ამ უკანასკნელებს. კერძოდ, კი იმით, რომ ხელოვნური კუნთები არ შეიცავენ შინაგან მოძრავ ელემენტებს. ეს კიდევ ერთი საკმაოდ რადიკალური ალტერნატივაა ელექტროძრავებისა და პნევმატიკის გამორიცხვისა ჰიდრაულიკასთან ერთად. დღეისათვის მსგავსი თვისებები აქვთ მოწყობილობებს, რომლებიც აგებული არიან პოლიმერებზე, რომლებიც მგრძნობიარენი არიან ძაბვის ან ტემპერატურის მიმართ, ან შენადნობებს ფორმის დამახსოვრების უნარით, მაგრამ პირველ მათგანს ჭირდება საკმაოდ მაღალი ძაბვა, მეორეს კი ახასიათებს მოძრაობის შეზღუდული დიაპაზონი და ამასთანავე ძალზე ძვირია. რბილი რობოტების შექმნა შესაძლებელია შეკუმშული ჰაერითაც, მაგრამ ამისათვის საჭიროა ტუმბოები, რაც ართულებს კონსტრუქციას.

ხელოვნური კუნთების შესაქმნელად ჩვენ გამოვიყენეთ კოლუმბიის უნივერსიტეტის მეცნიერების მიერ დამუშავებული მოწყობილობა, რომლებმაც შეძლეს ერთ კონსტრუქციაში გაერთიანებინათ მაღალი სიმძლავრე, მცირე წონა, ელასტიკურობა და გასაოცარი სიმარტივე [1]. კუნთები წარმოადგენენ ჩვეულებრივ რბილ სილიკონს, რომელშიც წინასწარაა შეყვანილი სპირტის უწყვილესი ბუმტუკები და რომელიც მოთავსებულია დრეკად მილში. მილის გასწვრივ გაყვანილია ნიქრომის სპირალი. ნიქრომის სპირალის გახურების შედეგად სპირტი ბუმტულაკებში იწყებს დუღილს და სილიკონი ძალიან ფართოვდება. მაგრამ რადგან ეს ყველაფერი მოთავსებულია წვრილ ფოლადის ბადეში ძაფების პერპენდიკულარული დაწვნით, გაფართოება გარდაიქმნება დრეკადი მილის ჩვეულებრივ დამოკლებად.

ხელოვნური კუნთი გამარტივებული სახით წარმოდგენილია ნახ. 2 -ზე.

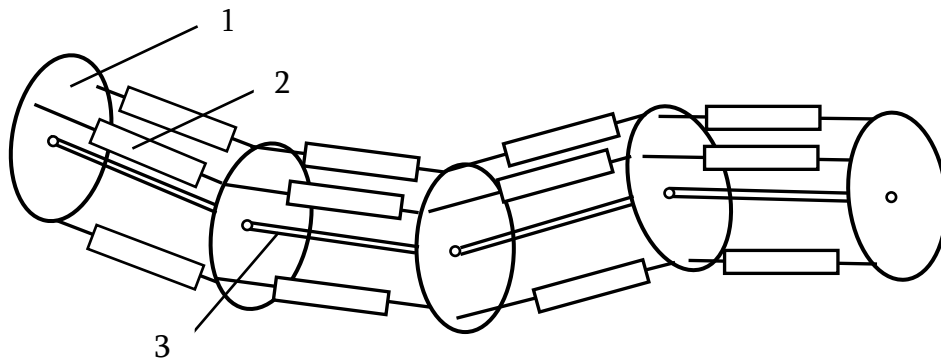


ნახ. 2

ხელოვნური კუნთი შედგება ორივე ბოლოდან დახურული 5 - რეზინის მილისგან, რომელიც ჰერმეტიკულადაა დახურული და ავსებულია 4 - სილიკონისა და სპირტის ნარევით. რეზინის მილი ჩასმულია 2 - ფოლადის ბადეში. 3 - სპირალს დენი მიეწოდება 1 - ელექტროდებიდან. თავსა და ბოლოში ხელოვნურ კუნთს გააჩნია

მასთან მყარად დაკავშირებული ხვრელიანი სამაგრები კუნთის დასამაგრებლად გამოსაბმელ კაუჭაზე. 1 - ელექტროდებზე ძაბვის მოდებისას ნიქრომის სპირალი ცხელდება, რაც იწვევს სილიკონში მოთავსებული სპირტის ბუშტულაკებში სპირტის დუღილს და მთელი სილიკონის გაფართოებას. ამას კი მივყავართ კუნთის დამოკლებისკენ. დამოკლება არის ისეთი ძალის, რომ იგი რამდენიმე ასეულ ან ათასეულჯერ აღემატება ხელოვნური კუნთის მთლიან წონას.

მრავალსახსრული რობოტის საერთო ხედი, ოთხმალიანი რობოტისათვის, წარმოდგენილია ნახ.3-ზე. მასზე 1 - სახსრის სადგარი ფირფიტა; 2 - ხელოვნური კუნთია; 3 - მალის” ღეროა; ნახაზის გამარტივების მიზნით მასზე გამოტოვებულია როგორც რობოტის გარსაცმი „კანი”, ასევე სადენები, რომლებითაც ხელოვნურ კუნთებს ელექტროდენი მიეწოდებათ.



ნახ. 3

რობოტის ერთ ბოლოზე დამაგრებულია ჩამჭერი. მეორე ბოლოთი რობოტი უკავშირდება სატრანსპორტო საშუალებას. მას ვუწოდოთ საწყისი ბოლო. იმის მიხედვით თუ საწყისი ბოლოდან რამდენადაა დაშორებული ამძრავი ხელოვნური კუნთი, რობოტი იღუნება და სხვადასხვა რადიუსიან რკალს შემოწერს. თუ მოქნილი რობოტის მალეების საერთო რაოდენობაა - N , მეზობელ სახსრებს შორის მანძილია l , მაშინ საწყისიდან მე- n კუნთის შეკუმშვისას შემოწერილი რკალის რადიუსი იქნება $(N-n) \cdot l$; შესაბამისად ჩამჭერი გადაადგილდება და მისი კოორდინატები ნაცვლად $\{x = 0, y = N \cdot l\}$ -სა გახდება: $\{x = (N-n) \cos \alpha$ და $y = (N-n) \sin \alpha\}$. სადაც α კუთხეა გამოწვეული საწყისი ბოლოდან მე- n კუნთის შეკუმშვით.

ნახ. 3-დან ჩანს რომ N რაოდენობის მალის მქონე რობოტი იმართება $3N$ ხელოვნური კუნთით. თითოეულ კუნთს შეუძლია დამოუკიდებლად შეკუმშვა. ამრიგად რობოტის ფორმა $3N$ ცვლადის ფუნქციაა და დამოკიდებულია როგორც თითოეული კუნთის შეკუმშვაზე, ასევე ამ შეკუმშვათა თანამიმდევრობაზე. აქედან ჩანს თუ რამდენად ძნელია მოქნილი რობოტის მართვა. ამიტომ მის სამართავად ვიყენებთ ხელოვნური ინტელექტის ელემენტებს.

ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთი ძირითადი დამახასიათებელი თვისებაა ცოდნის შექმნის უნარი. რობოტის განსაზღვრული მოძრაობის შესასრულებელი პროგრამის ჩაწერა ხდება ბიჯებით. თითოეული ბიჯი შეესაბამება განსაზღვრულ მოძრაობას. შესაძლო სტანდარტულ მოძრაობათა სიმრავლე ქმნის ბიჯების ერთობლიობას. თითოეული ბიჯი შედგება ბრძანებებისგან. რობოტის მეხსიერებაში ინახება ბიჯები თავისი სახელებით. რობოტის „სწავლება“ გულისხმობს: რობოტის ხელით, ან ავტომატურად გადაადგილებისას, ბრძანებათა თანმიმდევრულად ჩაწერას, მიღებული ბრძანებათა ჯგუფისათვის სახელის მინიჭებას და ამგვარად შექმნილი ბიჯის ჩაწერას შესაბამის მისამართზე. რობოტის

მართვისას მის სამართავ ამძრავებზე თანმიმდევრობით მიეწოდება ის ბრძანებები რომლებიცაა მოცემული პროგრამის შესაბამისი ბიჯის აღნიშნულ ნაწილში.

როგორც ცნობილია ინტელექტი განიმარტება როგორც ფსიქიკის თვისება, რომელიც ხასიათდება ახალ სიტუაციებში გარკვევის, ახლის ამოცნობის უნარით. გამოცდილების მეშვეობით სწავლისა და დამახსოვრების უნარი, აბსტრაქტული ცნებების გაგება და გამოყენება და მათი ცოდნის მოხმარება ადამიანისაგან გარემოს მართვისთვის [2]. პრობლემების ცოდნისა და გადაჭრის ზოგადი უნარი, რომელიც აერთიანებს შემეცნებით შესაძლებლობებს: შეგრძნება, აღქმა, მეხსიერება, წარმოდგენა, აზროვნება, წარმოსახვა.

ნ. ბოსტრომის თანახმად: ინტელექტი არის ფიზიკურ ობიექტზე განხორციელებული ალგორითმი [3]; ადამიანის დონის ინტელექტი - ინტელექტი, რომელსაც შეუძლია გადაჭრას კაცობრიობისთვის საჭირობო პრობლემები (ფლობს გონებას, ინტუიციას, გაგებას, შეუძლია შემეცნება, აზროვნება, წარმოსახვა); ხელოვნური ინტელექტი - ინტელექტი, რომელიც არ არის შექმნილი ბუნებრივ ბიოლოგიურ გარემოში; ხელოვნური სუპერინტელექტი - ინტელექტი, რომელიც მრავალჯერ აღემატება თანამედროვე ხელოვნური ინტელექტით აღჭურვილი რობოტების შესაძლებლობებს.

ხელოვნურ ინტელექტს რობოტექნიკასთან ერთად, სულ უფრო და უფრო მეტი სარგებელი მოაქვს კაცობრიობისათვის. ეს ტექნოლოგია გამორიცხავს ბევრ პრობლემას სრულიად განსხვავებულ სფეროებში, როგორცაა: მედიცინა, მრეწველობა, ლოჯისტიკა, კოსმოსი და თუნდაც ნორმალურ ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ხელოვნური ინტელექტი მუდმივად ვითარდება, შემოაქვს სიახლეები ჩვენს გარშემო არსებულ სამყაროში.

ხელოვნური ინტელექტი და რობოტექნიკა არის ძლიერი კომბინაცია სხვადასხვა ამოცანების ავტომატიზაციისთვის. ბოლო წლებში, ხელოვნური ინტელექტი სულ უფრო გავრცელებული ხდება რობოტიზირებულ გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში, რაც სწავლის პროცესს მოქნილობას ანიჭებს განმარტებებში, რომლებსაც ადრე ასრულებდნენ ალგორითმები, მკვეთრად განსაზღვრული გეგმით. მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ინტელექტი ჯერ კიდევ განვითარების საწყის ეტაპზეა, ის გახდა რევოლუციური ტექნოლოგია წარმოების სექტორის ზოგიერთი პროგრამებისთვის [4]. ხელოვნური ინტელექტი არის სისტემის უნარი შეასრულოს ამოცანები, რომლებიც ჩვეულებრივ მოითხოვს ადამიანის ინტელექტს. ასეთი ალგორითმები დაისწავლება და ადაპტირდება მოცემულ პარამეტრებთან.

ნახევრად ავტონომიური რობოტები მუშაობენ პროგრამისტის მიერ მითითებული ალგორითმის მიხედვით, მათ არ აქვთ მოქნილობა დავალებების შესრულებისას. ასეთ მანქანებს არ შეუძლიათ მუშაობა ოპერატორის მონაწილეობის გარეშე, რომელიც მართავს ამ სისტემას. ავტონომიურ რობოტებს შეუძლიათ შეასრულონ დავალებები ადამიანის ჩარევის გარეშე, საჭიროების შემთხვევაში კორექტირება გაუკეთონ თავიანთ ქმედებებს როცა ეს აუცილებელია. ხელოვნური ინტელექტი ხშირად გამოიყენება სწორედ მათი შექმნისთვის [5].

ამგვარად, რობოტექნიკა და ხელოვნური ინტელექტი ორი ურთიერთ დაკავშირებული, მაგრამ სრულიად განსხვავებული სფეროა. რობოტექნიკა გულისხმობს რობოტების შექმნას, რათა მათ შეასრულონ დავალებები შემდგომში გარეშე ჩარევის გამორიცხვით, ხოლო ხელოვნური ინტელექტის მეშვეობით სისტემები ახდენენ ადამიანის გონების იმიტაციას გადაწყვეტილებების მიღებისა და „სწავლის“ პროცესში. რობოტების უმეტესობისთვის, რომლებიც შექმნილია მარტივი რუტინული ამოცანების შესასრულებლად, არ არის საჭირო განვითარებული ინტელექტი, რადგან მათი პასუხისმგებლობა არის მარტივი, პროგნოზირებადი და წინასწარ დაპროგრამებული. მაგრამ ბევრი ასეთი არა ხელოვნური რობოტული სისტემა შეიქმნა ხელოვნური ინტელექტის ადრინდელი შეზღუდვების გათვალისწინებით, და რადგან ტექნოლოგია ყოველწლიურად სწრაფად ვითარდება, რობოტ-

ტექნიკის მწარმოებლები უფრო დარწმუნებულნი არიან იმ საზღვრების გადალახვაში, რისი მიღწევაც შესაძლებელია ამ ორი დისციპლინის კომბინაციით.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე უნდა აღინიშნოს რომ, ცნებები „რობოტექნიკა“ და „ხელოვნური ინტელექტი“ არ არიან ერთმანეთთან განუყოფლად დაკავშირებულნი. ხელოვნური ინტელექტის პროგრამები არ გამოიყენება რობოტების სამართავად. მაშინაც კი, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება რობოტების შესაქმნელად, ეს არის მთლიანი სისტემის მხოლოდ ერთ-ერთი კომპონენტი. ხელოვნური ინტელექტი რობოტექნიკაში გვეხმარება მოდელის მიერ განსხვავებული ამოცანების შესრულების შესწავლაში და მანქანებს უფრო ინტელექტუალურს ხდის.

ცოდნის წარმოდგენა და გამოყენების ძირითადი სტადიებია: ცოდნის ინჟინერია და ცოდნის წარმოდგენა. ცოდნის ინჟინერიის მიმართულება აერთიანებს მარტივი ინფორმაციისგან ცოდნის მოპოვების ამოცანებს, მის სისტემატიზაციას და გამოყენებას. ეს მიმართულება ისტორიულად ასოცირდება საექსპერტო სისტემების შექმნასთან - პროგრამები, რომლებიც იყენებენ სპეციალიზებულ ცოდნის ბაზებს ნებისმიერ პრობლემაზე სანდო დასკვნების მისაღებად. მონაცემებიდან ცოდნის წარმოება მონაცემთა მოპოვების ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა.

რობოტების ხელოვნური ინტელექტის პერსპექტივების გასარკვევად მოვახდინოთ ჯერ ადამიანის ინტელექტის დახასიათება და მისი მსგავსებით აღვწეროთ რობოტების ხელოვნური ინტელექტის განვითარების ტენდენციები.

მე-20 საუკუნის დასაწყისში ჩარლზ სპირმანმა აჩვენა, რომ თუ ადამიანი კარგად წყვეტს ზოგიერთ პრობლემას, მაშინ ის წარმატებით წყვეტს სხვებსაც, ანუ ყველა ინტელექტუალური უნარი სტატისტიკურად არის დაკავშირებული.

ინსტინქტურისა და ნასწავლის კომბინაცია ადამიანის ქცევაში ქმნის რთულ სტრუქტურას, რომელიც განსაზღვრავს ადამიანის მრავალმხრივი მოღვაწეობის სირთულეს. მსგავსი სტრუქტურა სჭირდება მობილურ რობოტებსაც. მობილურ რობოტებში ინტუიციური აზროვნების „ინსტინქტური“ ნაწილი მასში ჩამონტაჟდება აწყობის პროცესში. „ნასწავლ“ ცოდნას კი ის აგროვებს მუშაობის პროცესში.

ასეთ ნასწავლ ცოდნას მიეკუთვნება გავლილი გზის დამახსოვრება. რობოტი იმახსოვრებს ყველა იმ გზას რომელზეც მას გაუვლია. უფრო მეტიც, რობოტს შეუძლია დაიმახსოვროს ყველა ობიექტი თუ სურათი რაც გზაში შეხვედრია. ამგვარად, რობოტს შეუძლია გამოიცნოს თავისი ადგილმდებარეობა იმ სცენის მიხედვით რაც მის წინაშეა მოცემულ მომენტში.

ჰიგიენისადმი მისწრაფება შეიძლება დაფიქსირდეს ევოლუციის პროცესში, როგორც სხეულის დაცვა სხვადასხვა ინფექციისგან. ჰიგიენის დაცვის ანალოგი რობოტებში შეიძლება იყოს თვითკონტროლი, რობოტის მიერ სხვადასხვა სამუშაო პარამეტრებისა და საჭიროების მიხედვით მათი დამატების ან დაკლებისა (ზეთის დონე, წყლის დონე, წყლის ან აირის წნევა და ა. შ.).

ამერიკელმა ფსიქოლოგმა უილიამ მაკდუგალმა [6, 7] შეიმუშავა ინსტინქტების საკუთარი კლასიფიკაცია: 1. გაქცევა (შიში); 2. უარყოფა (ზიზღი); 3. ცნობისმოყვარეობა (გაოცება); 4. აგრესიულობა (ბრაზი); 5. თვითდამცირება (უხერხულობა); 6. თვითდამკვიდრება (შთაგონება, აღფრთოვანება); 7. მშობლის ინსტინქტი (სინაზის); 8. კვების ინსტინქტი; 9. ჯოგის ინსტინქტი.

აღვწეროთ თითოეული მათგანის ანალოგი რობოტისთვის:

შიში - რობოტისათვის შეიძლება გამოწვეული იყოს უჩვეულო, არანორმალური, პირობებით. ასეთ შემთხვევაში რობოტი წყვეტს მუშაობას, სტეხს განგაშს (განგაშის სიგნალს

უზნავნის ადამიან-ოპერატორს) და თუ იგი აღჭურვილია შესაბამისი მოწყობილობით იხურავს ფარს (ირგებს ჯავშანს).

უარყოფა (ზიზღი) - რობოტისათვის შეიძლება გაერთიანებული იყოს პირველ ინსტინქტთან. რობოტი აღჭურვილი იქნება მთელ „ტანზე“ ტაქტილური გადამწოდებით (შეხების „მგრძობი“ გადამწოდები) და უცხო სხეულთან ნებისმიერი შეხებისას უკან დაიწევს უცხო სხეულიდან ვიდრე ტაქტილური გადამწოდიდან მისული სიგნალი არ ანიშნებს რომ უცხო სხეული დაშორდა რობოტის „ტანს“.

ცნობისმოყვარეობა (გაოცება) - არის ადამიანებში მოვლენათა დამახსოვრების მიზეზი. ადამიანს ეჩვენება რომ ბავშვობაში დრო ნელა გადის. ამის მიზეზია ის რომ პატარას ყველაფერი აოცებს (მასზე შთაბეჭდილებას ახდენს) და ის იმახსოვრებს იმ მოვლენას რამაც მასზე შთაბეჭდილება მოახდინა. რაც მეტი მოვლენა გამახსოვრდება მით ხანგრძლივი გეგვენება დღე. ამ ინსტინქტის მისადაგება რობოტთან ასე შეიძლება განხორციელდეს: რობოტს მეხსიერებაში ჩაწერილი აქვს მოვლენათა განსაზღვრული რაოდენობა. როდესაც ის აღმოაჩენს უცნობ მოვლენას, ის „გაოცდება“. ამ დროს გამომუშავდება ბრძანება რომლითაც ხდება უცხო მოვლენის მეხსიერებაში ჩაწერა.

აგრესიულობა (ბრაზი) - რობოტების ქცევაში ვლინდება შემდეგნაირად: თუ რობოტი მის მმართველ ადამიან-ოპერატორს რამდენიმეჯერ (ორჯერ ან მეტჯერ) უზნავნის შეტყობინებას მის სამოქმედო არეალის უჩვეულო, რობოტისათვის მიუღებლად შეცვლის შესახებ, მაშინ რობოტი წყვეტს მუშაობას და იწყებს ხმოვანი სიგნალების გამოცემას, ვიდრე არ „გააჩუმებენ“.

თვითდამცირება (უხერხულობა) - თუ რობოტი იღებს გადაწყვეტილებას ან ბრძანებას ადამიან-ოპერატორისგან რომლის შესრულებაც არ შეუძლია ის ჩერდება და გამოსცემს ხმოვან სიგნალს, მაგალითად იწყებს ყვირილს: „მიშველეთ“.

თვითდამკვიდრება (შთაგონება, აღფრთოვანება) - რაც მეტხანს მუშაობს რობოტი შეუფერხებლად, სხვისი ჩარევის გარეშე, მით „თვითდაჯერებული“ ხდება იგი და უდროოდ მოსულ ბრძანებას (ანუ ბრძანებას რომელიც მის სამუშაო ალგორითმში არ ჯდება) არ ემორჩილება. ის არ შეასრულებს უდროო ბრძანებას ვიდრე არ გადაამოწმებს მას ავტომატურად ან ადამიან-ოპერატორის მეშვეობით.

მშობლის ინსტინქტი (სინაზის) - მომავალში, თითოეულ სრულყოფილ, რთულ რობოტს ეყოლება მისი მომსახურე დამხმარე რობოტი, რომელიც ღვიძლი შვილივით მოუვლის მას. ასეთი შედარებით მარტივი, „დედა“ რობოტი პროფილაქტიკურ შემოწმებასა და საჭიროების შემთხვევაში დახმარებასაც აღმოუჩენს მთავარ რობოტს ღამე ან დასვენების საათებში.

კვების ინსტინქტი - რაც შეეხება კვების ინსტინქტს, ის სრულიად ადვილი განსახორციელებელია თანამედროვე მობილურ რობოტებში. ხდება კვების ბლოკის (აკუმულატორის) კონტროლი და თუ ძაბვა დასაშვებ ნორმაზე ნაკლებია, რობოტი წყვეტს მუშაობას და მიემართება ელექტრო წყაროსკენ სადაც ახდენს ქსელში ჩართვას დასამუხტავად. ამავე დროს აკუმულატორის მინიმალური ძაბვის მნიშვნელობის დასადგენად გასათვალისწინებელია მობილური რობოტის მდებარეობა დენის წყაროს მიმართ. რაც მეტი იქნება მანძილი წყარომდე, მით მეტ ძაბვაზე უნდა მოხდეს რობოტის წასვლა დასამუხტად, რათა მას ეყოს ენერჯია წყარომდე მისასვლელად.

ჯოგის ინსტინქტი - რობოტების შემთხვევაში რობოტის მიერ თავის სამუშაო სივრცეში უცხო რობოტის აღმოჩენა. უცხო რობოტის მოძრაობის არეალის შესწავლა. თუ უცხო რობოტი მას დასაშვებზე მეტად მიუახლოვდება, განგაშის ატეხა. ახალი რობოტის ექსპლუატაციაში გაშვებამდე უნდა იქნეს შესწავლილი მისი მოძრაობის არეალი და შემოწმდეს იკვეთება თუ არა ეს არეალი სხვა მანამდე მომუშავე რობოტების არეალთან.

მანქანური სწავლება არის ხელოვნური ინტელექტის მოდელის მომზადების პროცესი, რათა სისტემა საკმარისად ჭკვიანი გახდეს მოქმედებებისა და ამოცანების შესასრულებლად. მანქანური სწავლების დამახასიათებელი თვისებებია არა ამოცანის პირდაპირი გადაწყვეტა, არამედ შინაარსით ერთმანეთის მსგავსი ამოცანათა სიმრავლის შესრულება. მანქანური სწავლება ეხმარება ამოიცნოს სხვადასხვა სახის ობიექტები, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა ფორმა და ზომა და იმყოფებიან სხვადასხვა სიტუაციაში. ხელოვნური ინტელექტის მქონე რობოტები უკვე ყველგან გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში [8].

Multi-joint flexible mobile robot

David Purtskhvanidze, Nodar gdzelishvili, Veriko bakhtadze, Giorgi Kiknadze

Resume

The article describes the design of a multi-jointed flexible robot designed for underwater work and its control system with elements of artificial intelligence. Equipping the robot control system with the ability to obtain knowledge using artificial intelligence is discussed. The characteristics of human intelligence in modern psychological science and the prospects for creating robots with parameters corresponding to the characteristics of human intelligence are given. Intelligence is considered as an algorithm implemented on a physical object. Artificial intelligence, together with robotics, brings more and more benefits to humanity. This technology eliminates many problems in different areas, such as medicine, industry, logistics, space and others. Machine learning helps robots recognize different types of objects that have different shapes and sizes and are in different situations. Robots with artificial intelligence are already used everywhere in various fields.

Многошарнирный гибкий мобильный робот

Давид Пурцхванидзе, Нодар Гдзелишвили, Верико Бахтадзе, Георги Кикнадзе

Резюме

В статье описана конструкция многошарнирного гибкого робота, предназначенного для подводных работ, и его система управления с элементами искусственного интеллекта. Обсуждается оснащение системы управления роботом возможностью получения знаний по типу искусственного интеллекта. Дана характеристика интеллекта человека в современной психологической науке и перспективы создания роботов с параметрами, соответствующими характеристикам интеллекта человека. Интеллект рассматривается как алгоритм, реализованный на физическом объекте. Искусственный интеллект вместе с робототехникой приносит человечеству все больше и больше пользы. Эта технология устраняет множество проблем в совершенно разных сферах, таких как: медицина, промышленность, логистика, космос и другие. Машинное обучение помогает роботам распознавать разные типы объектов, которые имеют разные формы и размеры и находятся в разных ситуациях. Роботы с искусственным интеллектом уже используются повсеместно в различных сферах.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Qin Tu., Yanjie Wang., Donghai Yue., and Frank Agyen Dwomoh «Analysis on the Impact Factors for the Pulling Force of the McKibben Pneumatic Artificial Muscle by a FEM Model» Hindawi Journal of Robotics Volume 2020, 1-11 p.
2. Суржко Д. Защитить ИИ, чтобы он защитил нас / Д. Суржко // Bis journal. - 2023. - № 4. - С. 34-35.
3. Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии. — СПб.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — С. 496. — (Миф, кругозор). — ISBN 978-5-00057-810-0.
4. Бродская М. Доверенный ИИ: начало пути / М. Бродская // Bis journal. - 2023. - № 3. - С. 16-20.
5. Р. Корсини, А. Ауэрбах. Психологическая энциклопедия. СПб.: Питер, 1096 с. 2020.
6. Jack Copeland. What is Artificial Intelligence? 2000.
7. AI Journey вошла в топ-3 мировых конференций по искусственному интеллекту // SberPress : сервис новостей об экосистеме Сбера. — 2021.
8. Джона Маккарти. What is Artificial Intelligence? 2015.

სტატიები სტუდენტების მონაწილეობით

ARTICLES WITH STUDENT PARTICIPATION

СТАТЬИ С УЧАСТИЕМ СТУДЕНТОВ

ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა მათემატიკური მოდელის აგებისას სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდებით

ბესარიონ შანშიაშვილი, ბექა ავაზნელი¹, ნინო არაბული²

besoshan@hotmail.com, bqaaaaaa@gmail.com, ninoarchvadze23@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია საკვლევი ობიექტისათვის მისთვის აგებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევის პროცესის თავისებურებები, მოდელის აგებისას სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდებით. გამოყოფილია უმთავრესი მიდგომა, როდესაც საკვლევ სისტემას და აგებულ მოდელს მიეწოდება ერთი და იგივე სიგნალი და მათ გამოსასვლელებზე მიღებული სიგნალების შედარებისას მიღებული ცდომილების მიმართ ხდება გარკვეული ეკვივალენტობის ფუნქციონალის შედგენა, რომლითაც შეიძლება ობიექტისა და მოდელის ადეკვატურობაზე მსჯელობა. პირდაპირი, შებრუნებული და განზოგადებული მოდელების გამოყენების პირობებში განხილულია მიღებული ცდომილებები. მოდელის ფიქსირებული სტრუქტურის დროს განხილულია პარამეტრული იდენტიფიკაციის კერძო შემთხვევა, როდესაც ერთი პარამეტრის საუკეთესო შეფასების შერჩევით შესაძლებელია ადეკვატურობის საჭირო ხარისხის მიღწევა.

საკვანძო სიტყვები:

იდენტიფიკაცია, ადეკვატურობა, მათემატიკური მოდელი, სტრუქტურა, პარამეტრი

1. შესავალი

საკვლევ სისტემაში მიმდინარე პროცესების კანონზომიერების დადგენას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება მათი მართვისათვის. მართვის სისტემის საშუალებით საწარმოო პროცესების მართვა მოითხოვს მათ ფორმალიზებას მათემატიკური მოდელის ფორმით. მათემატიკური მოდელი შეიძლება გამოყენებული იყოს არამართო მართვის, არამედ ასევე კვლევითი და პროექტირების მიზნებისათვის.

მათემატიკური მოდელის აგება შეიძლება განხორციელდეს მართვის თეორიის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულების, სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე. ამ შემთხვევაში სისტემის მოდელის აგება ხორციელდება სისტემის შემავალ-გამომავალ ცვლადებზე დაკვირვებების საფუძველზე, როდესაც აღნიშნული სიგნალების გაზომვა ტარდება სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

იდენტიფიკაციის მეთოდებით მოდელის აგებისას, სისტემაში მიმდინარე პროცესების შესახებ არსებული აპრიორული ინფორმაციისა და სისტემის შემავალ-გამომავალი სიგნალების დაკვირვებადობასთან დამოკიდებულებით ისმება იდენტიფიკაციის სხვადასხვა ამოცანა, რომელთაგან უმთავრესია მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის, პარამეტრებისა და მდგომარეობის შეფასების ამოცანები.

მათემატიკური მოდელის შემთხვევაში, მოდელის სტრუქტურის ქვეშ იგულისხმება განტოლების ტიპი, რომლის საშუალებით შეიძლება აღწერილ იქნას საკვლევი სისტემა. მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრა ჩვეულებრივად ხორციელდება იდენტიფიკაციის კლასიკური სქემის მიხედვით, შემოთავაზებული იყო თეორიის ერთ-ერთი დამაარსებლის, პიტერ ეიკვოვის მიერ [1, 2]. ამ სქემის თანახმად, მოდელის სტრუქტურა განისაზღვრება საბოლოოდ, რიგი გარდაქმნებისა და დაშვებების შემდეგ, ჩვეულებრივი დიფერენციალური

¹ სტუ, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დოქტორანტი

² სტუ, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დოქტორანტი

განტოლებების ფორმით, სისტემაში მიმდინარე პროცესების ძირითადი ფიზიკური კანონების (მაგალითად, მასის, ენერჯისა და იმპულსის შენახვის, ნიუტონის, მაქსველის ან კირხოფის, სითბოს რაოდენობის გადანაწილების კანონები და სხვა) ან აპრიორული ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე. შემდგომში გამოჩნდა ნაშრომები, რომლებშიც მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრა ხორციელდება სისტემის შემავალ-გამომავალ ცვლადებზე დაკვირვებების, ანუ აპოსტერიორული ინფორმაციის საფუძველზე, ლოტფი ზადეს იდენტიფიკაციის კლასიკური განმარტების საფუძველზე მოდელებისა და შემავალი სიგნალების ცნობილი კლასებისას (მაგალითად, [3-5]).

მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის შემდეგ, დგება პარამეტრებისა და მდგომარეობის შეფასების ამოცანები. პარამეტრები ახასიათებს სისტემებში მიმდინარე პროცესებს და, ჩვეულებრივ, შედის მოდელის აღმწერ განტოლებათა კოეფიციენტებში. სისტემის მდგომარეობა, დროის განსაზღვრულ მომენტში, განისაზღვრება მათემატიკური მოდელის, ანუ დიფერენციალური განტოლების ამონახსნით დროის ამ მომენტში. თუ მათემატიკური მოდელი დაყვანილია განტოლებათა სისტემაზე, რომელიც შედგება n რაოდენობის პირველი რიგის განტოლებებისგან და ცნობილია მისი ყველა კოეფიციენტი და n საწყისი პირობა t_0 მომენტში, მაშინ საწყისი პირობების n განზომილების ვექტორი სრულად განსაზღვრავს სისტემის მდგომარეობას t_0 მომენტში.

უნდა აღინიშნოს, რომ პარამეტრებისა და მდგომარეობის შეფასების ამოცანები არის გამოკვლევითი სხვადასხვა მიდგომით.

ამრიგად, მოდელის აგება დაიყვანება შემდეგ ეტაპებზე [1, 2]:

- მოდელის სტრუქტურის არჩევა ფიზიკური კანონების, აპრიორული ან აპოსტერიორული ინფორმაციების საფუძველზე;
- პარამეტრებისა და მდგომარეობის შეფასება გაზომვების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე;
- მოდელის შემოწმება და დადასტურება, ანუ მისი ობიექტისადმი ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა;
- მოდელის გამოყენება დანიშნულების მიხედვით.

ამრიგად, იდენტიფიკაციის ძირითადი ამოცანების, მოდელის სტრუქტურის არჩევის, პარამეტრებისა და მდგომარეობის შეფასების გადაწყვეტის შემდეგ, მეტად მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს მოდელის დადასტურების, ანუ მისი სისტემისადმი ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა.

მოცემული სამუშაოს მიზანია იმ თავისებურებების განხილვა, რომლებიც დამახასიათებელია საკვლევო ობიექტისათვის მისთვის აგებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის ანუ დადასტურების საკითხის გამოკვლევის პროცესისათვის.

2. ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა

საკვლევო ობიექტისათვის მისთვის აგებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევა ნიშნავს იმის დადგენას, თუ აგებული მოდელი რამდენად რეალურად ასახავს სისტემაში მიმდინარე პროცესებს. ეს საკითხები განხილულია მრავალ პუბლიკაციაში (მაგალითად, [1,2, 6-16]). მათში წარმოდგენილია სხვადასხვა მიდგომა ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევისადმი, რომელთაგანაც უმთავრესია მიდგომა, როდესაც საკვლევ სისტემას და აგებულ მოდელს მიეწოდება ერთიდაიგივე სიგნალი, შემდეგ ხდება მათ გამოსასვლელებზე მიღებული სიგნალების შედარება და მიღებული ცდომილების მიმართ გარკვეული ეკვივალენტობის ფუნქციონალის შედგენა, რომლის საშუალებითაც ხდება ობიექტისა და მოდელის ადეკვატურობაზე მსჯელობა.

2.1. ცდომილებათა ტიპები

განიხილება გამომავალი ცდომილება, თუ

$$e = y - y_m = y - M(u), \tag{1}$$

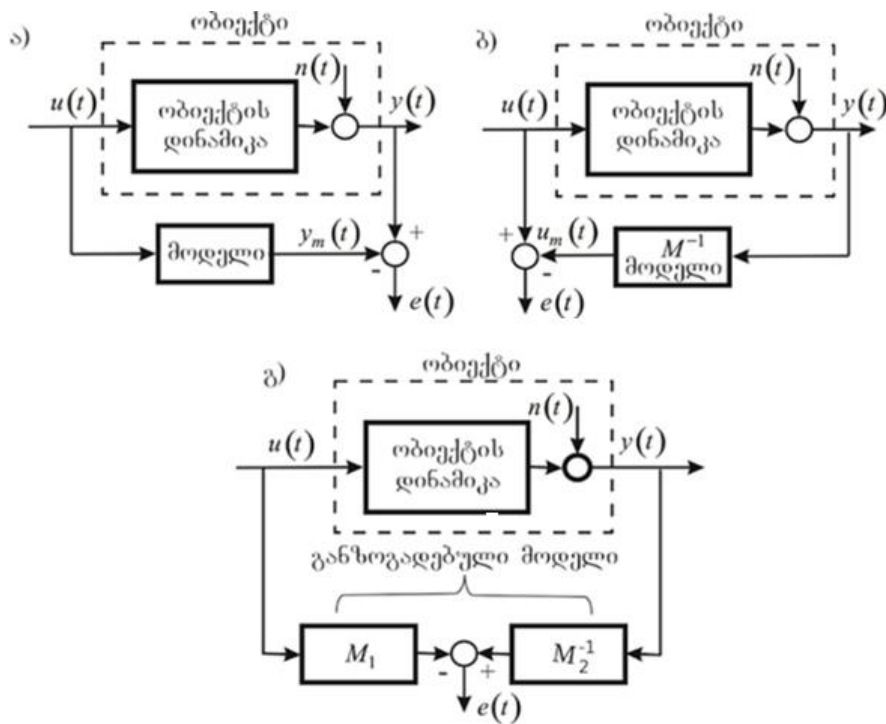
სადაც u, y - სისტემის შემავალი და გამომავალი სიგნალებია, შესაბამისად, $y_m = M(u)$ -თი აღნიშნულია მოდელის გამომავალი სიგნალი.

ასეთი განსაზღვრება სამართლიანია იმ შემთხვევაში, როდესაც გამომავალი სიგნალის გაზომვის თეთრი ხმაური წარმოადგენს სისტემის ერთადერთ შემფოთებას (ნახ. 1, ა)).

ამბობენ, რომ e შემავალი ცდომილებაა, თუ

$$e = u - u_m = u - M^{-1}(y), \tag{2}$$

სადაც u_m აღნიშნავს მოდელის შემავალ სიგნალს, ხოლო y მისი გამომავალი სიგნალია (ნახ. 1, ბ)). M^{-1} აღნიშნავს შებრუნებულ მოდელს, ანუ ისეთ მოდელს, რომ მისი ყოველი გამომავალი სიგნალისათვის შეიძლება ყოველთვის არსებობდეს ერთადერთი შემავალი სიგნალი.



ნახ. 1.

ნახ 1. გ-ზე გამოსახულია განზოგადებული მოდელი, რომლის დროსაც ცდომილება განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$e = M_2^{-1}(y) - M_1(u), \tag{3}$$

სადაც M_2^{-1} წარმოადგენს შებრუნებულ მოდელს (ნახ 1, გ)).

ცდომილების ამ ტიპს ეწოდება განზოგადებული ცდომილება.

2.2. ეკვივალენტობის კრიტერიუმი

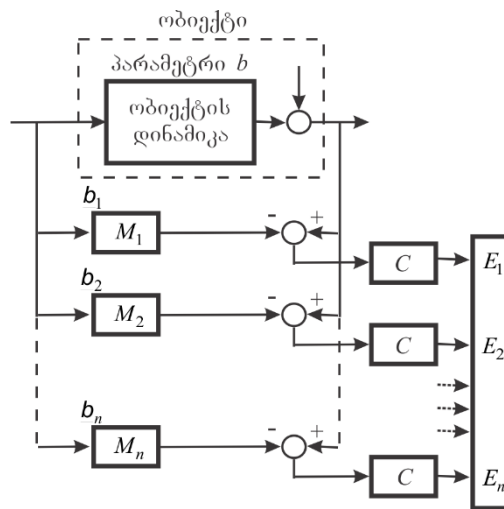
ადეკვატურობის საკითხის გამოკვლევისას ეკვივალენტობის კრიტერიუმი ხშირ შემთხვევაში ჩაიწერება ცდომილების შემდეგის სახის ფუნქციონალის ფორმით:

$$E(y, y_m) = \int_0^T e^2(t) dt, \quad (4)$$

სადაც e ცდომილება განიხილება როგორც $(0, T)$ ინტერვალში განსაზღვრული ფუნქცია.

იმისათვის, რომ აგებული მოდელი ადეკვატურად ასახავდეს საკვლევ სისტემაში მიმდინარე პროცესებს, აუცილებელია, რომ ეკვივალენტობის კრიტერიუმი აღწევდეს მინიმალურ მნიშვნელობას. თუ ეს პირობა არ სრულდება, საჭირო ხდება მოდელის კორექტირება პარამეტრების ან შესაძლებელია მოდელის სტრუქტურის ცვლილებით.

განვიხილოთ შემთხვევა [1, 2], როდესაც მოდელის ფიქსირებული სტრუქტურის დროს, ერთი პარამეტრის საუკეთესო შეფასების შერჩევით შესაძლებელია ადეკვატურობის საჭირო ხარისხის მიღწევა. ამისათვის ვიყენებთ n მოდელს ერთი და იგივე სტრუქტურით პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობით b_i ($i=1,2,\dots,n$). ხდება თითოეული მოდელის გამომავალი სიგნალის ობიექტის გამომავალ სიგნალთან შედარება. მიღებული მყისური ცდომილებები მიეწოდება კრიტერიუმის გამოთვლის C ბლოკებს, რომლებშიც რეალიზდება, მაგალითად, (4) სახის ფუნქციონალის გამოთვლა. ასეთ შემთხვევაში T ინტერვალზე აიღება $b = b_i$ თუ $E_i < E_j, i \neq j$.



ნახ. 2.

ასეთი შეფასება შეიძლება მიღებული იქნას სტაციონარული სისტემისათვის ერთი ცვლადპარამეტრიანი მოდელის საშუალებით, რომელშიც j ინტერვალში პარამეტრის მნიშვნელობა აიღება b_j -ის ტოლი. ამრიგად, ასეთ შემთხვევაში საჭირო ინფორმაცია მიიღება nT დროის განმავლობაში ნაკლები დანახარჯებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ მოდელების ან ინტერვალების საერთო რიცხვი იზრდება n^m - მდე პარამეტრების დიდი m რიცხვის დროს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საწარმოო პირობებში ვერ ხერხდება აქტიური ექსპერიმენტის ჩატარება, რომლის დროსაც საკვლევ ობიექტისა და აგებული მოდელის შესასვლელებზე ერთი და იგივე სიგნალი უნდა მიეწოდოს, მიმართავენ შემუშავებული

იდენტიფიკაციის მეთოდის შემოწმებას სიზუსტეზე კომპიუტერული მოდელირების გზით (მაგალითად [5, 17]).

3. დასკვნა

სამუშაოში განხილულია საკვლევი ობიექტისათვის მისთვის აგებული მათემატიკური მოდელის ადეკვატურობის ანუ დადასტურების საკითხის გამოკვლევის პროცესის თავისებურებები, მოდელის აგებისას სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდების გამოყენების პირობებში. აღნიშნული საკითხისადმი მიძღვნილი ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე, გამოყოფილია უმთავრესი მიდგომა, როდესაც საკვლევ სისტემას და აგებულ მოდელს მიეწოდება ერთი და იგივე სიგნალი, შემდეგ ხდება მათ გამოსასვლელზე მიღებული სიგნალების შედარების გზით მიღებული ცდომილების მიმართ, გარკვეული ეკვივალენტობის ფუნქციონალის შედგენა, რომლის საშუალებითაც ხდება ობიექტისა და მოდელის ადეკვატურობაზე მსჯელობა. განხილულია ცდომილებები პირდაპირი, შებრუნებული და განზოგადებული მოდელების გამოყენებისას. განვიხილულია პარამეტრული იდენტიფიკაციის კერძო შემთხვევა, როდესაც მოდელის ფიქსირებული სტრუქტურის დროს, ერთი პარამეტრის საუკეთესო შეფასების შერჩევით შესაძლებელია ადეკვატურობის საჭირო ხარისხის მიღწევა.

Investigating the issue of adequacy in the construction of a mathematical model with the methods of system identification

Besarion Shanshiashvili, Beka Avazneli, Nino Arabuli

Summary

Peculiarities of investigating the adequacy of the mathematical model built with the methods of system identification, to the research object, are discussed. The most important approach is distinguished when the same signal is supplied to the research system and the built model. The most important approach is distinguished when the same signal is entered into the research system and the built model. When comparing the signals received at their outputs, a certain equivalence functionality is drawn up towards the received error, which can be used to judge the object's and model's adequacy. A special case of parametric identification is considered when the model has a fixed structure when the required degree of adequacy can be achieved by selecting the best estimate of one parameter.

Исследование вопроса адекватности построения математической модели методами идентификации систем

Виссарион Шаншиашвили, Бека Авазтели, Нино Арабули

Резюме

Обсуждаются особенности исследования адекватности математической модели, построенной методами идентификации системы, объекту исследования. Выделяется наиболее важный подход, когда в исследовательскую систему и построенную модель подается один и тот же сигнал, а при сравнении сигналов, полученных на их выходах, составляется определенный функционал эквивалентности относительно погрешности, по которому можно судить об адекватности полученной модели объекту. Обсуждаются ошибки, полученные в условиях использования прямой, обратной и обобщенной моделей. При фиксированной

структуре модели рассматривается частный случай параметрической идентификации, когда, выбрав наилучшую оценку одного параметра, можно добиться необходимой степени адекватности.

ლიტერატურა – References - Литература

1. Eykhoff, P. System Identification. Parameter and State Estimation. London, John Wiley and Sons Ltd, 1974.
2. შანშიაშვილი ბ. სისტემების იდენტიფიკაცია. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2021.
3. Shanshiashvili B.G. On the selection of the model structure under the nonlinear dynamic system identification with a closed cycle. 8th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation (Beijing, China, august 27-31, 1988). Preprints. Oxford, Pergamon Press, vol. 2, 1988, pp. 933-938.
4. 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.
5. Shanshiashvili B., Prangishvili A., Tsveraidze Z. Structure Identification of Continuous-Time Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. ScienceDirect. IFAC-PapersOnLine, vol. 52, issue 13, 2019, pp. 463-468.
6. Ljung L. System Identification. Theory for the User. Linkoping University, Sweden, Prentice Hall PTR, 1999.
7. Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models. Edition by Oliver Nelles, Springer, 2010.
8. Isermann R., Munchhof M. Identification of Dynamic Systems. An Introduction with Applications. London, Springer, 2011.
9. Fernandez Jose L., Hernandez C. Practical Model-Based Systems Engineering. Boston, Artech House, 2019.
10. Söderström T., Stoica P. System Identification and Model Adequacy: A Comparative Study. International Journal of Control, 2002, pp. 1179-1193.
11. Hwang H. G. K. Lee K. M. K. Model Validation for System Identification: A Statistical Approach. Automatica, 2003, pp. 3067-3074.
12. Hsu S. C., Zhang H. J. G. Methods for Assessing the Adequacy of System Identification Models. Journal of Process Control, 2005, pp. 457-470.
13. Hang K. M., Zhang J. L. A Review of Model Validation Techniques for System Identification. Control Engineering Practice, 2007, pp. 1655-1668.
14. Chen Y., McDonald A. K. K. Adaptive Filtering and Model Validation for Nonlinear Systems. Nonlinear Dynamics. 2010, pp. 265-280.
15. Hughes F. M., Davidson E. L. Assessing Model Adequacy in System Identification: Techniques and Applications. Mathematical Methods in the Applied Sciences, 2012, pp. 3053-3070.
16. Qian J., Li Sh. Model Adequacy Checking for Applying Harmonic Regression to Assessment Quality Control. ETS Researcher Report Series, vol. 2021, issue 1, 2021, pp. 1-26.
17. Shanshiashvili B., Rigishvili T. Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. ScienceDirect. IFAC PapersOnLine. Volume 53, Issue 2, 2020, pp. 10695–10700.

სახელმწიფო შესყიდვების ელექტრონული სისტემის გაუმჯობესების შესაძლებლობები

მამუკა მელიქიძე¹, ანა კობიაშვილი, მერი გეგეჭკორი

mamukamelikidze@yahoo.com, a.kobiashvili@gtu.ge, m.gegechkori@gtu.ge

რეზიუმე

ეკონომიკის ყველა დარგში ციფრული ტექნოლოგიების შეჭრამ განაპირობა სახელმწიფო შესყიდვების ელექტრონული პორტალის შექმნის აუცილებლობა. საქართველოში შექმნილი პორტალი ათწლეულზე მეტი ხნის განმავლობაში წარმატებით ფუნქციონირებს და ემსახურება ბიზნეს-სუბიექტებს. ტენდერების ელექტრონულად ჩატარება უზრუნველყოფს ვიზუალიზაციის და გამჭვირვალების მაღალ დონეს, შესყიდვების პროცესის მართვისა და მონიტორინგის გაძლიერებას, კორუფციის დონის შემცირებას, ფულადი სახსრებისა და დროის დაზოგვას, შესყიდვების პროცესის გამარტივებას ავტომატიზაციის გზით.

სტატიაში განხილულია საქართველოში ელექტრონული ტენდერების მუშაობის ბოლოდროინდელი ანალიზი, მოყვანილია შესაბამისი დიაგრამები. გაკეთებულია დასკვნები სახელმწიფო შესყიდვების სფეროში არსებული ნაკლოვანებების შესახებ. გაანალიზებულია ამ ნაკლოვანებების გამოსწორების მიზნით დაგეგმილი რეფორმის ძირითადი მიმართულებები. გაკეთებულია ელექტრონული შესყიდვების თვალსაზრისით მსოფლიოში არსებული ტენდენციების შესაბამისად შესყიდვების ქართული ელექტრონული სისტემის მომავალი გარდაქმნისათვის სასურველი რეკომენდაციები.

საკვანძო სიტყვები:

ელექტრონული ტენდერი, სახელმწიფო შესყიდვები, სახელმწიფო სერვისები.

მრავალი წლის განმავლობაში სატენდერო პროცედურები ქალაქზე დაბეჭდილი დოკუმენტების საშუალებით ხორციელდებოდა. ეს იწვევდა მილიონობით დოკუმენტის დაგროვებას, რომელთა ანალიზი უაღრესად რთული იყო. ამ ტენდერებში არსებობდა გეოგრაფიული ლოკაციის თვალსაზრისით გარკვეული უთანასწორობაც და კორუფციის შესაძლებლობაც. ფუჭად იხარჯებოდა დრო და მატერიალური რესურსები. საჭირო იყო კონკურენციისა და სამართლიანობის ჩართვა შესყიდვებში. ამიტომ აუცილებელი გახდა ელექტრონული სისტემის დანერგვა, რომელიც ხელს შეუწყობდა ბიზნეს ორგანიზაციების და საწარმოების მონაწილეობას სახელმწიფო ტენდერებში და, ამასთან, გარემო გახდა არადისკრიმინაციული.

2021 წელი კოვიდპანდემიის გამო ეკონომიკის ყველა სფეროში სერიოზული გამოწვევებითა და სირთულეებით ხასიათდებოდა. მიუხედავად ამისა, სახელმწიფო ელექტრონული ტენდერების ფუნქციონირება არ შეფერხებულა და სახელმწიფო შესყიდვები ტარდებოდა წარმატებით და ეფექტიანად.

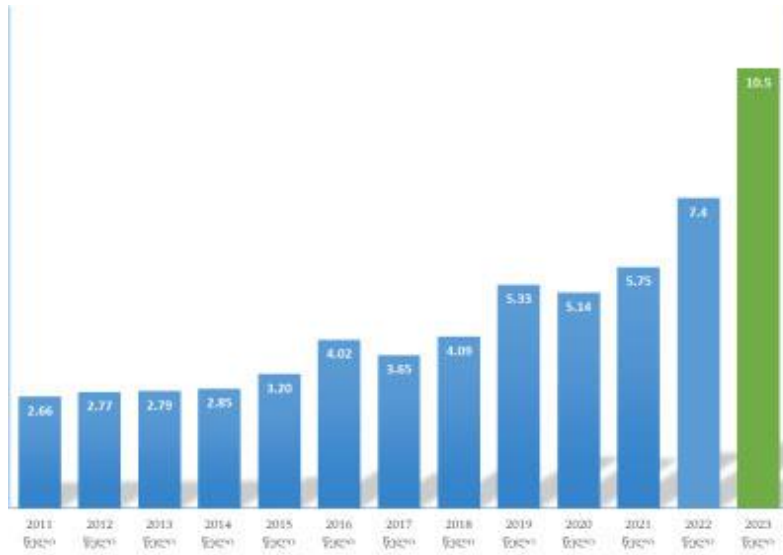
2022 წელი პირველი პოსტპანდემიური წელი იყო, როცა შესყიდვების ნახტომისებური ზრდა დაფიქსირდა და, შესაბამისად, ეს წელი სახელმწიფო შესყიდვების სააგენტოსთვის წინა წელთან შედარებით არანაკლებ ეფექტიანი და ნაყოფიერი აღმოჩნდა.

2023 წელს სააგენტომ ჯეროვნად შეინარჩუნა მზარდი დინამიკა და კიდევ ერთი დიდი ნაბიჯი გადადგა განვითარებისკენ. კერძოდ, შემუშავდა კანონი „საჯარო შესყიდვების

¹ სტუ, დოქტორანტი

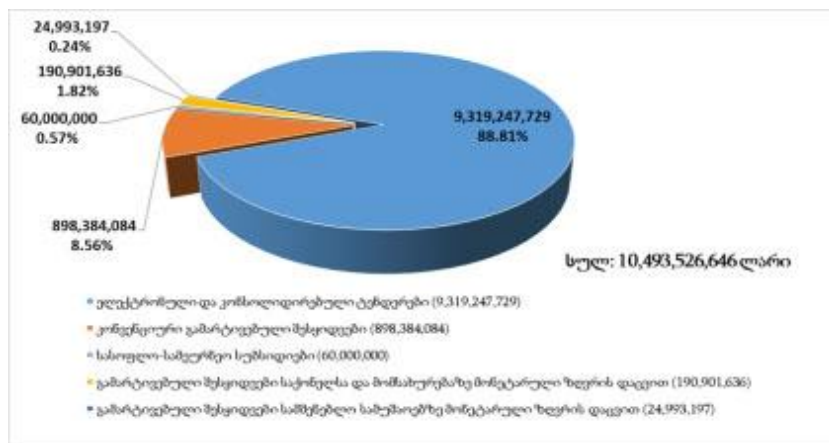
შესახებ“ საქართველოს მიერ ნაკისრი საერთაშორისო ვალდებულებების შესრულების, მოქმედი სამართლებრივი ბაზის სრულყოფისა და სახელმწიფო შესყიდვების პროცედურების დახვეწის მიზნით [1], რამაც განაპირობა საჯარო შესყიდვის პროცედურებში ბიზნეს-სუბიექტების მონაწილეობისთვის უფრო მოქნილი გარემოს შექმნა.

სურ.1-ზე ნაჩვენებია ელექტრონული ტენდერების დანერგვის დროიდან 2023 წლამდე შესყიდვების დინამიკა, რომელშიც მნიშვნელოვანია სწორედ პოსტკოვიდურ პერიოდში მომხდარი ნახტომი სახელმწიფო შესყიდვების სფეროში.



სურ.1. სახელმწიფო შესყიდვების მაჩვენებლები უკანასკნელ წლებში

ამ კოლოსალური ზრდის მაგალითად ერთი მაგალითიც საკმარისია. წინა წელთან შედარებით, 2023 წელს ელექტრონული და კონსოლიდირებული ტენდერების საშუალებით დადებული სახელმწიფო შესყიდვების ხელშეკრულებების სრული ღირებულება 3.2 მილიარდი ლარით გაიზარდა და გახდა 9,319,247,729 ლარი (სურ. 2). ეს კი სახელმწიფო შესყიდვების საერთო მოცულობის 88.8%-ია [2].



სურ.2. სხვადასხვა სახის ტენდერების მოცულობები 2023 წელს

ამ შედეგებზე დაყრდნობითა და ელექტრონული ტენდერების წარმართვაში ამ წლების განმავლობაში დაგროვილი გამოცდილების გათვალისწინებით USAID-ის ეკონომიკური მმართველობის პროგრამის გრანტის ფარგლებში საქართველოში მომზადდა რეფორმა: „საქართველოს პარლამენტში საჯარო კერძო დიალოგის პლატფორმის მდგრადობის მხარდაჭერა და შესაძლებლობების გაზრდა“. რეფორმის მიზანია საქართველოს ევროინტეგრაცია და სახელმწიფო საბიუჯეტო სახსრების რაციონალური და ეფექტიანი ხარჯვის გაუმჯობესება, ჯანსაღი კონკურენტული გარემოს ჩამოყალიბების ხელშეწყობა და ევრო-რეგულაციებისა და დირექტივების და სხვა საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად საჯარო შესყიდვების სისტემის კარდინალურ განახლება და მოდერნიზება [3].

რეფორმა ემსახურება შესყიდვებთან დაკავშირებული როგორც ნორმატიული, ასევე ტექნიკური მხარის შეცვლას, რაც გაუმჯობესებს შესყიდვების პროცესს, მოხდება მისი თანამედროვე საერთაშორისო სტანდარტებთან შესაბამისობაში მოყვანა და შეიქმნება საჯარო შესყიდვების ახალი, უფრო ეფექტიანი ეკოსისტემა.

დაგეგმილი რეფორმა საქართველოსთვის წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება ევროინტეგრაციის მიმართულებით, რაც სასარგებლო იქნება როგორც მოქალაქეების, ისე ბიზნესისთვის, რადგანაც:

- გაუმჯობესდება სახელმწიფო სერვისების მიწოდების ხარისხი;
- მოხდება ქვეყნის ეკონომიკური აქტივობის ზრდა, ფინანსური საშუალებების ოპტიმალური და ეკონომიური განკარგვა. ასევე გაიზრდება წვდომა ევროპულ ბაზარზე და გაუმჯობესდება ბიზნესგარემო.

რეფორმა ითვალისწინებს ისეთი ახალი პროცედურების დანერგვას, როგორცაა კონკურენტული დიალოგი, წინასწარი გამოქვეყნებით მოლაპარაკების პროცედურა და ინოვაციური პარტნიორობა, რაც უზრუნველყოფს უკეთეს შესაძლებლობას შემსყიდველსა და მომწოდებლებს შორის გაიმართოს შედეგზე ორიენტირებული დიალოგი. ეს პროცედურები ორიენტირებულია ინოვაციური პროდუქტის ან სერვისის შესყიდვაზე, როცა საჭირო ხდება მომწოდებელთან დიალოგის გამართვა სწორი გადაწყვეტილების მიღების მიზნით.

რეფორმა აგრეთვე ითვალისწინებს შესყიდვის ახალი ინსტრუმენტების – ჩარჩო შეთანხმებისა და დინამიკური შესყიდვის სისტემის – შემოტანას, რაც უფრო მოქნილს გახდის შესყიდვის პროცესს. ჩარჩო შეთანხმება გამოიყენება ისეთ შემთხვევებში, როდესაც ობიექტური მიზეზების გამო, შესყიდვის საწყის ეტაპზე შეუძლებელია ყველა დეტალის აღწერა და გათვალისწინება, დინამიკური შესყიდვის სისტემის საშუალებით კი შესაძლებელია ბაზარზე ფართოდ წარმოდგენილი ობიექტების შესყიდვა. დინამიკურ შესყიდვის სისტემაში დაიშვება მხოლოდ კვალიფიციური ოპერატორები და კონკრეტული საჭიროების შესაბამისად, ხელშეკრულების დადების მიზნით, წინადადების წარსადგენად იწვევს სისტემაში დაშვებულ ყველა ეკონომიკურ ოპერატორს და ხელშეკრულებას დებს საუკეთესო წინადადების მქონე ოპერატორთან, შესყიდვის პირობებში წინასწარ განსაზღვრულ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით.

ახალი რეფორმის თანახმად სავალდებულო ხდება ბაზრის კვლევის წინასწარი ჩატარება, საჯარო შესყიდვის ლოტებად დაყოფა და ინფორმირებულობის გაზრდის მიზნით ელექტრონული სატენდერო სისტემის საშუალებით კონკრეტული შესყიდვის შესახებ შეტყობინების წინასწარ გავრცელება. ეს ცვლილებები გაზრდის საჯაროობას, გამარტივდება მცირე და საშუალო ბიზნესების ჩართულობა საჯარო შესყიდვებში, გაუმჯობესდება ობიექტების ხარისხი და სერვისების დროულობა და უწყვეტობა.

ახალი რეფორმის პირობებში შესაძლებელი ხდება შავი სიიდან მიმწოდებლების ვადაზე ადრე ამოღება, თუ მიმწოდებელმა დაიმსახურა ნდობა, ან ჯარიმა გადაიხადა, თუმცა ფართოდ ვადა შავ სიაში რეგისტრაციის საფუძვლების ნუსხა და დარღვევის სიმძიმის შესაბამისად იზრდება მიმწოდებლების შავ სიაში რეგისტრაციის ვადაც. ეს იქნება ამით კეთილსინდისიერი ბიზნესის რეაბილიტაციისა და შემსყიდველი ორგანიზაციების მიმართ მეტი ნდობის უზრუნველყოფის გარანტია.

რეფორმა ასევე ითვალისწინებს სავალდებულო სერტიფიცირებას, ანუ შესყიდვების სპეციალისტების გადამზადებას მათი კვალიფიკაციის ამაღლების მიზნით. ეს, ცხადია, გააუმჯობესებს შესყიდვების პროცესის ხარისხს და შეამცირებს ხარვეზებს.

რეფორმის თანახმად, მოხდება ცენტრალიზებული შესყიდვების ესკალაცია, რის შედეგადაც შემცირდება გამარტივებული შესყიდვების რაოდენობა და უფრო რაციონალურად დაიხარჯება ბიუჯეტის თანხები.

რეფორმა ითვალისწინებს გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნების პრიორიტეტიზაციას, რაც უზრუნველყოფს გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნების მიღწევას.

დაბოლოს, რეფორმის თანახმად, პრიორიტეტები შესყიდვების დროს მიენიჭება ისეთ საწარმოებს, რომელთა მიზანია შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირებისა და სხვა მოწყვლადი ჯგუფების წარმომადგენელთა დასაქმება. ეს ხელს შეუწყობს მათ სოციალურ და პროფესიულ ინტეგრაციას.

საჯარო შესყიდვების სფეროში მსოფლიოში მიმდინარე პროცესებისა და სიახლეების გათვალისწინებით [4] გვაქვს შემდეგი რეკომენდაციები საჯარო შესყიდვების ავტომატიზაციის გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით, კერძოდ, სასურველია ელექტრონული შესყიდვების სისტემას დაემატოს შემდეგი ფუნქციონალებიდან რამდენიმე:

1. **მანქანური სწავლება და რობოტული პროცესის ავტომატიზაცია.** ეს ის ორი გზაა, რომლითაც ავტომატიზაცია გავლენას ახდენს შესყიდვებზე. მანქანური სწავლების საშუალებით მოხდება სისტემის წარსული ქცევიდან სწავლება და ამ ცოდნის საფუძველზე გარკვეული ამოცანების გადაწყვეტის ავტომატიზება.
2. **გენერაციული AI.** ესაა ხელოვნური ინტელექტი, რომელსაც შეუძლია შექმნას სხვადასხვა ტიპის კონტენტი, როგორცაა ტექსტი, აუდიო, ვიდეო და გამოსახულება. გენერაციული ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია შესყიდვებში დიდი პოპულარობით სარგებლობს მსოფლიოში. მაგალითად, სასაუბრო ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებამ გაზარდა პროდუქტიულობა შესყიდვების პროფესიონალებს შორის.
3. **ბუნებრივი ენის დამუშავება.** ეს უაღრესად მოხერხებული ხერხია სატენდერო დოკუმენტაციის შექმნისა და წარდგენის პროცესის გამარტივების და დროისა და ღირებულების შემცირების თვალსაზრისით. ის უზრუნველყოფს:
 - უფრო ინტერაქტიულ ინტერფეისს, რომელიც ადვილად გასაგებია და შეიძლება გარდაიქმნას ადამიანის ენაზე; ეს გაამარტივებს ინფორმაციის ძებნას სემანტიკური ანალიზის გამოყენებით, რაც ელექტრონული ტენდერის პროცესს უფრო მოსახერხებელს და ხელმისაწვდომს ხდის.
 - სასაუბრო ინტერფეისების აგებას, რომლებიც მომხმარებლებს აწვდიან რეკომენდაციებს, პასუხობენ შეკითხვებზე და ეხმარებიან სატენდერო დოკუმენტაციის მომზადებაში.
 - უკუკავშირის დამუშავებას და მის ანალიზს, რაც დაეხმარება ორგანიზაციებს მაკორექტირებელი ზომების შემუშავებაში მომხმარებლის მომსახურების გასაუმჯობესებლად.
4. **ბლოკჩეინი.** მისი გამოყენება შესყიდვებში ნიშნავს, რომ მიწოდების ჯაჭვის ყველა მომხმარებელს ექნება შესყიდვის სრული პროცესის ხილვადობა, ისევე როგორც უსაფრთხოების მაღალი ხარისხი მთელი ამ პროცესის განმავლობაში. ეს კი მნიშვნელოვნად გაზარდის ნდობის ფაქტორს მთელი მიწოდების ჯაჭვში.
5. **ღრუბელზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებები.** ეს გზა გვთავაზობს ისეთ სარგებელს შესყიდვებისთვის, როგორცაა მოქნილობა, მასშტაბურობა და უფრო მარტივი ინტეგრაცია.
6. **ციფრული ინსტრუმენტების გამოყენება.** ავტომატური წყაროს პლატფორმები და პროგნოზირებადი ანალიტიკა უაღრესად აუმჯობესებს ეფექტურობას. მათი საშუალებით მარტივდება მომწოდებლების ურთიერთობები, ხდება კონტრაქტის სიცოცხლის ციკლის, ინვენტარის დონისა და ხარჯების მართვის ეფექტური მართვა.

7. **რისკების მართვა და კიბერუსაფრთხოება.** ეს აუცილებელი კომპონენტია თანამედროვე გლობალიზებული მიწოდების ჯაჭვების პირობებში. შესყიდვების ლანდშაფტში ციფრული ტრანსფორმაციის მზარდ მიღებასთან ერთად იზრდება კიბერუსაფრთხოების საფრთხეები. ორგანიზაციები ინახავენ და აზიარებენ სენსიტიურ ინფორმაციას, როგორცაა პირადი მონაცემები და ანგარიშის და საგადასახადო ინფორმაცია, რომლებიც ექვემდებარება მონაცემთა დაცვის რისკებს.
8. **კოლაბორაციული პლატფორმები,** რომლებიც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს მოძებნონ საქონლისა და სერვისების მოპოვების უფრო ეფექტური, ეკონომიური გზები. თქვენი ორგანიზაციის შიგნით თანამშრომლობის პლატფორმები და ინსტრუმენტები განსაზღვრავს, თუ როგორ შეიძლება მოხდეს შესყიდვების მოდერნიზება.
9. სპეციალური პროგრამული საშუალებების დამატება, რომლებიც უზრუნველყოფენ **კომუნიკაციის** გამარტივებასა და გაუმჯობესებას. ეს დააჩქარებს მოლაპარაკების პროცესებს, უფრო ეფექტურს გახდის მართვასა და ანალიზს.
10. **მდგრადობის გაუმჯობესება და მწვანე ტენდერინგი,** ინვესტორების მიერ გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობის პრაქტიკაზე გაზრდილი ფოკუსით, ორგანიზაციებისთვის სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება. მწვანე ტენდერინგის გამოყენება მეტყველებს კომპანის კორპორაციულ პასუხისმგებლობაზე და ქმნის მის საუკეთესო იმიჯს.
11. **მონაცემთა ანალიტიკა** აძლიერებს გადაწყვეტილების მიღების პროცესს და აუმჯობესებს მუშაობის შედეგებს. უკანასკნელ წლებში შეიმჩნევა შესყიდვებში დიდ მონაცემებზე დამოკიდებულების ზრდა. შესყიდვების პროფესიონალები იყენებენ მონაცემებს მიმწოდებლის მუშაობის უკეთ გასაგებად და ბაზრის შესახებ უკეთესი გადაწყვეტილების მისაღებად.
12. **მობილური აპლიკაციების** შემუშავება მომხმარებლებს საშუალებას მისცემს მართონ პროცესი მოძრაობაში. აპლიკაციის მიერ მოწოდებული ფუნქციები, როგორცაა დოკუმენტების ატვირთვა, რეალურ დროში შეტყობინებების მიღება და ტენდერის თვალყურის დევნება, ახორციელებს ამ პროცესს გამჭვირვალედ, აუმჯობესებს მომხმარებლის გამოცდილებას და უზრუნველყოფს ეფექტურობას ღირებულებისა და დროის თვალსაზრისით.

თანამედროვე დინამიკურ ბაზარზე კონკურენტული უპირატესობების მოსაპოვებლად საჭიროა მსოფლიოში შესყიდვების უახლესი ტენდენციების გათვალისწინება და საქართველოს შესყიდვების სისტემაში შესაბამისი ცვლილებების დანერგვა.

Possibilities to improve the electronic system of public procurement

Mamuka Melikidze, Anna Kobiashvili, Mery Gegechkori

Summary

The invasion of digital technologies in all sectors of the economy necessitated the creation of an electronic portal for public procurement. The portal created in Georgia has been successfully operating and serving business entities for more than a decade. Conducting tenders electronically provides a high level of visualization and transparency, strengthening the management and monitoring of the procurement process, reducing the level of corruption, saving money and time, simplifying the procurement process through automation.

The article discusses the recent analysis of the work of electronic tenders in Georgia, the relevant diagrams are given. Conclusions have been made about the shortcomings in the field of public procurement. The main directions of the reform planned to correct these shortcomings are analyzed. From the point of view of e-procurement, the desired recommendations for the future transformation of the Georgian e-procurement system in accordance with the current trends in the world have been made.

Возможности совершенствования электронной системы государственных закупок

Мамука Меликидзе, Анна Кобиашвили, Мери Гегечкори

Резюме

Вторжение цифровых технологий во все отрасли экономики вызвало необходимость создания электронного портала государственных закупок. Созданный в Грузии портал успешно работает и обслуживает субъектов предпринимательства уже более десяти лет. Проведение тендеров в электронной форме обеспечивает высокий уровень визуализации и прозрачности, усиление управления и контроля процесса закупок, снижение уровня коррупции, экономию денег и времени, упрощение процесса закупок за счет автоматизации.

В статье рассматривается недавний анализ работы электронных тендеров в Грузии, приведены соответствующие диаграммы. Сделаны выводы о недостатках в сфере государственных закупок. Проанализированы основные направления реформы, запланированной для исправления этих недостатков. С точки зрения электронных закупок были даны желаемые рекомендации по будущей трансформации грузинской системы электронных закупок в соответствии с текущими мировыми тенденциями.

ლიტერატურა – References - Литература

1. <https://unglobalcompact.ge/saqartvelos-parlamentshi-sajaro-kerdzo-dialogis-platformis-mdgradobis-mkhardachera-da-shesadzleblobebis-gazrda-dakhurvis-ghonisdzieba-gaimarta/>
2. <https://procurement.gov.ge/ka/page/AnalyticalStudiesReports>
3. R.Kutateladze, A.Kobiashvili, M.Melikidze. Analytics of Electronic Tenders in Georgian Economics. Contemporary Business Challenges in a Globalized World: Research, Study, Examination. (Volume 4), Collective Monograph, Lambert Academic Publishing, Germany, 2023, pp. 5-11.
4. ა.კობიაშვილი, მ.მელიქიძე. ელექტრონული ტენდერები მცირე და საშუალო ბიზნესში. სტუ, ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტი. II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “გლობალიზაცია და ბიზნესის თანამედროვე გამოწვევები“ შრომების კრებული (I ნაწილი), თბილისი, 2018, გვ. 112-116.

სომატური ლექსიკა ქართულ ენობრივ სივრცეში: ლექსემა *ღვიძლი*

ლალი ნარიკაშვილი¹, ანა ჩუტკერაშვილი

lali.narikashvili945@hum.tsu.ge

რეზიუმე

ნაშრომის მიზანია ქართულ ენობრივ სივრცეში არსებული სომატური ლექსემის *ღვიძლი* სემანტიკური ანალიზი. მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში წარმოდგენილი განმარტებების შედარება ემპირიულ მასალასთან და პასუხის გაცემა კითხვაზე: რატომ გვხვდება კონკრეტულ კონტექსტში მაინცდამაინც სიტყვა *ღვიძლი* და რა ემოციური შეფერილობა აქვს ამ ენობრივ ნიშანს.

სიტყვის მნიშვნელობის ცვლის პროცესში აუცილებელია პოლარიზაციის საკითხით დაინტერესებაც, ვინაიდან, ხშირად ერთი შეხედვით დადებითი კონოტაციის მქონე სიტყვას უვითარდება მისთვის საპირისპირო მნიშვნელობა. საინტერესოა, მხოლოდ დადებითი კონოტაციის მქონეა ხსენებული ლექსემა თუ განუვითარდა უარყოფითი შინაარსიც. კვლევისას გამოვიყენე ქართული ენის ეროვნულ კორპუსში (ქვეკორპუსები: ახალი ქართული და ქართული ენის რეფერენციალური კორპუსი) მოპოვებული ემპირიული მასალის აღწერითი, შედარებითი და ანალიზის მეთოდები, ძირითადი შედეგი კი დასკვნის სახით წარმოვადგინე.

საკვანძო სიტყვები:

სომატური ლექსიკა, ლექსემა „ღვიძლი“, სემანტიკური ანალიზი, კონოტაცია.

სომატური ლექსიკა ქართულ ენაში არქაულია, მრავალსაუკუნოვანი ისტორია აქვს და ფუძემდებლის დონეზე აღდგება ისეთ ლექსიკურ ჯგუფებთან ერთად, როგორცაა: ნათესაური ურთიერთობების აღმნიშვნელი ლექსიკური ჯგუფი, ბუნების მოვლენათა თუ მნათობთა აღმნიშვნელი ლექსემები.

სომატური ლექსიკის გამოყენება ახლონათესაური ურთიერთობების გადმოსაცემად, ეს მეტაფორული გადაწევა უნივერსალურია, ვინაიდან სხვა ენებშიც გამოიყენება სომატური ლექსიკა ნათესაური კავშირების გამოსახატავად. ეს ყოველივე ენათა მატარებელი ხალხის კულტურულ-რელიგიური მრწამსით, ადათ-წესებით, მითოლოგიით არის შეპირობებული. ქართული ენის ადრეულ ეტაპზე ნათესაობის აღმნიშვნელ ანატომიურ სახელთაგან გამოსაყოფია შემდეგი ლექსემები: *ხორცი, ღვიძლი, გული*. ნელ-ნელა ამავე ფუნქციით ენაში მკვიდრდება ლექსემა *სისხლი* [1]. ოდითგანვე სიმბოლური დატვირთვა ჰქონდა ადამიანის სხეულსა და მის შემადგენელ ნაწილებს. ხალხის წარმოდგენით, ადამიანის სხეულის ნაწილებისგან იქმნება სამყარო. ადამიანი გარესამყაროს საკუთარი თვალთახედვიდან აფასებს, ათვლის წერტილი სამყაროს შემეცნების პროცესისა სწორედ ადამიანია.

ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში [2] ვნახე ლექსემის *ღვიძლი* განმარტება. ლექსიკონის თანახმად, ლექსემის 4 ძირითადი მნიშვნელობა გამოიყოფა:

1. სიტყვის ავთენტური მნიშვნელობა – შინაგანი სეკრეციის ორგანო.
2. კუთხ. (რაჭულ) ნაყოფის კანქვეშა რბილი ნაწილი, მაგ.: ღოღნაშოს და მისთ.
3. გადატანითი მნიშვნელობით სისხლით მონათესავეს ნიშნავს (ალალი).
4. გადატანითი მნიშვნელობით მშობლიური, საკუთარი, თავისიანი, ძალიან ახლობელი.

¹ ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ჰუმანიტარულ მეცნიერებათა ფაკულტეტი, მიმართულება – ქართული ფილოლოგია

ლექსიკონში წარმოდგენილი მნიშვნელობები შევადარე ქართული ენის ეროვნული კორპუსის (GNC) მონაცემებს. ახალი ქართული ენის ქვეკორპუსში დადასტურდა 31 კონტექსტში. სიტყვის ავთენტური მნიშვნელობით, როგორც შინაგანი სეკრეციის ორგანო (ჯირკვალი), დადასტურდა მხოლოდ 10 კონტექსტში. 19 კონტექსტში ლექსემას აქვს განმარტებით ლექსიკონში წარმოდგენილი მესამე და მეოთხე მნიშვნელობა, ანუ გადატანითი მნიშვნელობითაა გამოყენებული. ზემოხსენებული 19 კონტექსტიდან სისხლით მონათესავის მნიშვნელობით ლექსემა წარმოდგენილია 17 კონტექსტში. ამდენად, ახალი ქართული ენის ქვეკორპუსის მონაცემებით ლექსემა უფრო აქტიურად გამოიყენება გადატანითი მნიშვნელობით, ვიდრე უშუალოდ ორგანოს აღმნიშვნელი სემანტიკით. შედარებით მცირეა კონტექსტთა რაოდენობა, რომლებშიც სიტყვა მეოთხე მნიშვნელობით არის წარმოდგენილი, ე.ი. ნიშნავს მშობლიურს, საკუთარს, თავისიანს, ძალიან ახლობელს. ასეთი კონტექსტი სულ ორია, ორივე მაგალითი წარმოდგენილია ილია ჭავჭავაძის „მგზავრის წერილებიდან“ კოლოკაციით „ღვიძლი სიტყვა“.

დარჩენილი ორი კოლოკაცია არის ოთარ ჭილაძის რომანიდან „აველუმი“:

1. „ისე იოლად გაცამტვერდა აველუმის ნაფიქრალიცა და ნამოღვაწარიც, რასაც წლების განმავლობაში საკუთარი **ღვიძლით კვებავდა** სიმარტოვის კლდეზე მიჯაჭვული, არათუ უკანონომ, კანონიერმა შვილმაც აღარ ინდომა მისი მამობა...“

მეტაფორული აზრით არის დატვირთული კოლოკაცია: „ღვიძლით კვებავდა“, დაახლოებით იმავე აზრს გამოხატავს, რასაც გადატანითი მნიშვნელობის სხვა ფრაზები: „ოფლით და სისხლით შეძენილი (მონაგარი)“, „სისხლის ოფლსა ღვრის“, ე.ი. მიძიმე შრომით, გაჭირვებით, ვაივავლახით, რუდუნებით და ამასთანავე სიყვარულით, გრძნობით შეძენილ-შექმნილი (სისხლია ამ ფრაზაში ამ ემოციის შექმნელი). ლექსემა ღვიძლითაც შესიტყვებაში სწორედ ემოციურობის, ექსპრესიულობის დონეა გაღრმავებული და ნაგულისხმევია შრომის პროცესში ყველაზე ძვირფასი გრძნობების მსხვერპლად გაღება. სულიერის თვისება (გრძნობა-ემოცია) გადატანილია უსულოზე ობიექტზე (სომატური ლექსემა).

2. „ქვეყანა უნდა დავახვედროთ ადგილზე. თუნდაც ძროხა და ფუტკარი უნდა გადავურჩინოთ როგორმე, თავიდან რომ არ დაჭირდეთ ყველაფრის დაწყება, ერთმანეთის სისხლის სმა და ერთმანეთის **ღვიძლის წუწვნა**“.

მეტაფორა შინაარსით გატოლებულია ფრაზეოლოგიზმებთან: „სისხლის სმა“, „სისხლის ლოკვა“, „სისხლის წოვა“, რომლებიც გამოიყენება, როგორც შურისძიების, მკვლელობის ჩადენის, ანგარიშის გასწორების მნიშვნელობით (აქედან მომდინარეობს კომპოზიტი - სისხლისმღვრელი).

შურისძიება ყოველთვის სიცოცხლის მოსწრაფებას არ გულისხმობს, ეს არის მოსალოდნელი უბედურების, მორალური ტერორის, სიცოცხლის გამწარების მნიშვნელობის მქონეც (ამას გულისხმობს სწორედ კომპოზიტი - სისხლისმსმელი). სისხლის სმა ასოცირდება სასიცოცხლო ძალისა და ენერჯის გამოცლასთან. მეტაფორა ღვიძლის წუწვნაც ამ აზრით არის დატვირთული. ღვიძლი და სისხლი ამ მეტაფორის შემთხვევაშიც სემანტიკურად თანაბარი, ტოლი სიტყვებია.

ლექსემა ქართული ენის რეფერენციალურ ქვეკორპუსში დადასტურდა 2 365 კონტექსტში. 1608 კონტექსტში ლექსემა დადასტურდა ძირითადი, ავთენტური მნიშვნელობით, ე.ი აღნიშნავს ორგანო ღვიძლს. მაგ.: „ღვიძლზე სილურჯები აღნიშნებოდა“ (175-ე კონკორდანსი).

სემანტიკურად საინტერესოა ისეთი კონტექსტები, რომლებშიც ორგანო ღვიძლის მნიშვნელობა აქვს სიტყვას, თუმცა მეტაფორული აზრის მქონეა, მაგ.: „მინდა, რომ მძულდე, მოგმორდე გულზე მობმულო ღვიძლად“ (152-ე კონკორდანსი). ზოგადად, გული და ღვიძლი ენაში გრძნობასთან ასოცირებულ ორგანოებად არის გააზრებული, ფრაზეოლოგიზმი: „გულ-ღვიძლი ჩამეწვა“, ასევე კომპოზიტები: „ღვიძლდამწვარი“, „გულდამწვარი“ სწორედ ამას ადასტურებს. ზემოხსენებულ კონტექსტშიც თქმული „გულზე მობმულო ღვიძლად“ გული და ღვიძლი სიყვარულთან, გრძნობასთან ასოცირებულ ორგანოებად გვევლინება.

ორგანო ღვიძლის მნიშვნელობით, თუმცა მეტაფორული აზრით დატვირთულია ლექსემა შემდეგ კონტექსტში: „რამდენი ღამე თეთრად ვატეხინე, რამდენ კვანძში ვცადე, ღვიძლი ვუჯიჯგნე, ჯერ კიდევ ახალგაზრდას ვერცხლად შევერიე თმის ჯეჯილში“ (ლევან გოთუა, „სარკის მერცხალა“), ამ კონტექსტში „თმის ჯეჯილში ვერცხლად შერევა“ გაჭადრაგებას, დაბერებას ნიშნავს, ვერცხლი ჭადრა თმის მეტაფორაა. ახალგაზრდის ნადრევად დაბერება სიცოცხლის გამწარების შედეგია, ღვიძლის ჯიჯგნა სწორედ ამას ნიშნავს, იგულისხმება ვინმეს გამწარება. ცხოვრებისგან გამწარებულ ადამიანზე ითქმის ენაში მყარად დამკვიდრებული შესიტყვება: „ხორცებს იჭამს“. „ღვიძლის ჯიჯგნაც“ ამას ნიშნავს. მაშასადამე, ღვიძლი კონტექსტში წარმოდგენილია ხორცის (ჭამადის) სემანტიკით, ეს მნიშვნელობა კი ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში წარმოდგენილი პირველი, ავთენტური მნიშვნელობის დაკონკრეტებული ვერსიაა. ლოგიკურად იზადება კითხვა - ადამიანის ღვიძლი (ხორცი) როგორ შეიძლება იყოს ჭამადი? ვფიქრობ, ამ მეტაფორული აზრების გაჩენის საფუძველი სიმწრისგან სახედაკარგული ადამიანია, რომელიც მძიმე ემოციური მდგომარეობის ფონზე საკუთარ თავს იწამებს, რაც მხატვრულად ხორცის ჯიჯგნად, ხორცის ჭამად არის გააზრებული.

2 365 კონკორდანსიდან დარჩა 1 კონტექსტი, რომელშიც ლექსემის ახალი შინაარსი იკვეთება. ქვეკორპუსში დადასტურებული 411-ე კონკორდანსი: „მთელი ევროპა ჰცდილობს ღვიძლი უპოვოს ბისმარკის სიტყვას...“ [3]. ღვიძლის ეს მნიშვნელობა სცდება ქართული ენის განმარტებით ლექსიკონში წარმოდგენილ მნიშვნელობებს. ერთი მაგალითის საფუძველზე ლექსემის სემანტიკის გაფართოებაზე საუბარი არასწორია, თუმცა ფაქტია, რომ ლექსემამ ახალი შინაარსობრივი დატვირთვა შეიძინა, საინტერესოა ლოგიკა და ენაში სიტყვის შინაარსობრივი გადააზრების გზა, პროცესი და მიზეზები. შევეცდები, ამ ლოგიკურ პროცესზე ვისაუბრო.

იმის გასარკვევად, თუ რა შინაარსი აქვს ლექსემას შეძენილი, საჭიროა უფრო ვრცელი კონტექსტის წარმოდგენა. კონტექსტი გრძელდება შემდეგი მეტაფორით: „მისი გულისნადები ხელის გულზედ გაიგოროს...“. „ხელის გული“ ფიგურირებს ცნობილ გამონათქვამში: „ხელის გულივით მოჩანს“, რაც სიცხადისა და გამჭვირვალობის სემანტიკას ითავსებს. გულისნადები, თავის მხრივ, ესეც სომატური ლექსემით ნაწარმოები კომპოზიტია, ნიშნავს ხვამიადს, საიდუმლოს, განზრახვას. მაშასადამე მეტაფორული ნათქვამი: „გულისნადები ხელის გულზედ გაიგოროს“ ნიშნავს ყველაფრისათვის ნათლის მოფენას, ყოველივეს გაცხადებას. სწორედ იმავე შინაარსს იტევს პირველი მეტაფორაც: „ღვიძლის პოვნა“, ე.ი. აზრის, განზრახვის გამხელას ნიშნავს. ემოციის გამომხატველ შესიტყვებად ლექსემა ღვიძლი ენაში ამ ფორმით გვხვდება: **ღვიძლი დამეწვა** (აქედან კომპოზიტი: ღვიძლიდამწვარი), **გულ-ღვიძლი ჩამეწვა** (აქედან კომპოზიტი: გულღვიძლიამონთხეული). საინტერესოა მოტივაცია, სემანტიკური გადააზრების პროცესი. ვფიქრობ, ამ ფრაზეოლოგიზმის წარმომავლობა დაკავშირებულია ლექსემა *ნადვლის* არსთან, აქედან მომდინარე მწარე შეგრძნებასთან, რომელიც მეტაფორულად ენაში დამკვიდრდა ფრაზეოლოგიზმის სახით. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონის თანახმად:

ნადველ-ი- (ნადვლისა) 1.მომწვანო-ყვითელი ფერის სითხე, რომელსაც გამოიმუშავენს ღვიძლი. ნადველივით მწარე - ნადველს შაქრის გემო არასდროს მიეცემაო (ანდაზა). 2.იგივეა,რაც ნადვლის ბუშტი, რომელშიც გროვდება ღვიძლის მიერ გამოყოფილი ნადველი.

სეკრეციის შედეგად ღვიძლის მიერ გამოიმუშავებული ნადველი მწარე შეგრძნებასთან ასოცირდება.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ სომატური ლექსემის სემანტიკური ველი ვრცელია. ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონის მიხედვით ლექსემას გააჩნია ოთხი განსხვავებული მნიშვნელობა, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ლექსემის მესამე და მეოთხე მნიშვნელობები ერთმანეთს ფარავს. კერძოდ, მეოთხე მნიშვნელობა

(მშობლიური, საკუთარი, თავისიანი, ძალიან ახლობელი) მესამე მნიშვნელობის (სისხლით მონათესავე, ალალი) დაკონკრეტების შედეგად გამოიყოფა.

ემპირიული კვლევის შედეგად ნათლად გამოიკვეთა, რომ ლექსემა ენაში დადებითი კონოტაციის მქონე სიტყვაა. ფრაზეოლოგიურ გამონათქვამებსა (მაგ.: „გულ-ღვიძლი ჩაეწვა“) და ქართული ენის ეროვნულ კორპუსში დადასტურებულ ზოგიერთ კონკორდანსში (მაგ.: „ლექსს სჭირდება გული. ლექსს სჭირდება ღვიძლი. ლექსს სჭირდება ცრემლი. ლექსს სჭირდება სისხლი“) შინაარსით გატოლებულია ლექსემასთან *გული*. *გული* და *ღვიძლი* ენაში გრძნობასთან ასოცირებული და ნათესაობის სემანტიკით დატვირთული სიტყვებია. ორივე ლექსემას აერთიანებს სისხლთან მჭიდრო კავშირი, თავად სისხლი კი უშუალოდ ნათესაობასთან ასოცირებული ლექსემაა. *გული* სისხლს ამოდრავებს, *ღვიძლი* კი სისხლმზადი ორგანოა. ეს რაც შეეხება ნათესაობის სემანტიკას, ორიოდ სიტყვით უნდა ითქვას იმის შესახებაც, თუ რატომ არის ორივე ლექსემა გრძნობასთან ასოცირებული. ვფიქრობ, ეს მნიშვნელობაც განვითარებულია ნათესაობის სემანტიკიდან, ნათესავი თავისთავად ძვირფასია ადამიანისთვის.

ლექსემის *ღვიძლი* პოლისემიურობას ლოგიკური საფუძველი აქვს, საინტერესოა სემანტიკური გადახრის პროცესი. თუკი ჩავთვლით, რომ ლექსემის ძირითადი მნიშვნელობის (შინაგანი ფიზიოლოგიური ორგანო) რეფერენტი არის როგორც ცხოველის (ფრინველის), ისე ადამიანის ფიზიოლოგიური ორგანო, მაშინ სიტყვის გადატანითი მნიშვნელობების განვითარების პროცესი ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

1. ღვიძლი, რომლის რეფერენტიცაა ცხოველის თუ ფრინველი ორგანო → ღვიძლი (საჭმელი, დელიკატესი) → ღვიძლი (ნაყოფი)

ამ შემთხვევაში ძირითადი მნიშვნელობიდან გადახრის პროცესი ასეთი იქნება: ღვიძლი ცოცხალი ორგანიზმის, ცხოველისა თუ ფრინველის, შინაგანი ორგანოა, ორგანიზმის ხორცოვანი ნაწილია, რომელიც რბილია, იჭმევა და დელიკატესია. ამის შემდგომ მეტაფორულად გადააზრდა მცენარის ნაყოფის კანქვეშა ხორციანი ნაწილიც ღვიძლად.

2. ღვიძლი, რომლის რეფერენტიცაა ადამიანის ორგანო → ღვიძლი (ორგანული კუთვნილება, ნათესაობა, საკუთრების სემანტიკა).

ამ შემთხვევაში ღვიძლი ადამიანის ნაწილად, სასიცოცხლოდ აუცილებელ ორგანოდ არის გააზრებული და შესაბამისად ნათესაობის სემანტიკით მისი დატვირთვაც ლოგიკურია.

Somatic Vocabulary in the Georgian Language: lexeme *Liver*

Lali Narikashvili, Anna Chutkerashvili

Summary

The aim of the paper is the semantic analysis of the somatic lexeme *liver* in the Georgian language. The main task is to compare the definitions presented in the dictionary of the definition of the Georgian language with empirical material and to answer the question: why does the word *liver* appear in a specific context and what emotional coloration does this linguistic sign have.

In the process of changing the meaning of a word, it is necessary to be interested in the issue of polarization, because often a word with a seemingly positive connotation develops its opposite meaning. It is interesting whether the mentioned lexeme has only a positive connotation or has developed a negative content as well. During the research, I used the descriptive, comparative and analysis methods of the empirical material obtained in the national corpus of the Georgian language (sub-corpora: new Georgian and referential corpus of the Georgian language), and I presented the main result in the form of a conclusion.

Соматическая лексика в пространстве грузинского языка: лексема печень

ლალი ნარიკაშვილი, ანა ჩუტკერაშვილი

Резюме

Целью статьи является семантический анализ соматической лексемы печень в грузинском языковом пространстве. Основная задача – сравнить определения, представленные в словаре определения грузинского языка, с эмпирическим материалом и ответить на вопрос: почему слово печень появляется в конкретном контексте и какую эмоциональную окраску имеет этот языковой знак.

В процессе изменения значения слова необходимо интересоваться вопросом поляризации, поскольку зачастую слово с, казалось бы, позитивной коннотацией приобретает противоположное значение. Интересно, имеет ли указанная лексема только положительную коннотацию или развила и отрицательное содержание. В ходе исследования я использовал описательные, сравнительные и методы анализа эмпирического материала, полученного в национальном корпусе грузинского языка (субкорпуса: новый грузинский и референтный корпус грузинского языка), а основной результат представил в виде форма заключения.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ლომთათიძე ქ., ნათესაურ ურთიერთობათა განსაზღვრის საფუძველი ენობრივ მონაცემთა მიხედვით (საკითხის დასმის წესით), მაცნე, ენისა და ლიტერატურის სერია, №3, თბილისი, 1983;
2. ჩიქობავა ა., ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი (ქეგლი), VII ტომი, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა, თბილისი, 1962;
3. ჭავჭავაძე ი., თხზულებათა სრული კრებული ოც ტომად, გამომცემლობა „ილიას ფონდი“, თბილისი, 2006;