

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი
შრომათა კრებული

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

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
СБОРНИК ТРУДОВ



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომთა კრებული

ARCHIL ELIASHVILI INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

PROCEEDINGS

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

СБОРНИК ТРУДОВ

№18, 2014

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებულში დაბეჭდილია ვახტანგ გომელაურისა და არჩილ ელიაშვილის ხსოვნისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სესიის მასალები და 2014 წლის სამეცნიერო შრომები.

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

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

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

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

In the proceeding materials of an anniversary session devoted to Archil Eliashvili and Vakhtang Gomelauri's memories and scientific works of 2014 are printed.

The research results carried out mainly by the Institute's scientists through 2014 year are given in the proceedings. The presented papers are related to three basic scientific topics: control theory, development of control systems including control processes in energy systems, and Informatics.

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

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

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

В сборнике трудов напечатаны материалы юбилейной сессии посвященные памяти Вахтанга Гомелаури и Арчила Элиашвили и научные труды 2014 года.

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2014 году. Труды отражают три главных научных направления исследований института: теорию управления, разработку систем управления, в том числе управление в энергетических системах, и информатику.

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

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

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

შრომათა კრებული გამოდის წელიწადში ერთხელ.

კრებული იბეჭდება ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

მ თ ა ვ ა რ ი რ ე დ ა ქ ტ ო რ ი

აკად. მ. სალუქვაძე

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

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

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

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

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

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

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ.№10

ტელ.: (+995 32) 319871

ფაქსი: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: martsistem@gmail.com



100



110

შრომათა კრებული ეძღვნება ქართული თბოტექნიკური
სკოლის ფუძემდებლის, აკადემიკოს **ვახტანგ გომელაურის**
დაბადებიდან მე-100

და

მართვის სისტემების ინსტიტუტის დამაარსებლისა და
პირველი დირექტორის
არჩილ ელიაშვილის დაბადებიდან 110-ე წლისთავს

The proceeding is devoted to the 100 anniversary of the founder of the Georgian heating
engineering school Academic **Vakhtang Gomelauri**
and to the 110 anniversary of the founder and
the first director of Institute of Control Systems **Archil Eliashvili**

Сборник трудов посвящается 100-летию со дня рождения основоположника грузинской
школы теплотехники академика **Вахтанга Гомелаури**
и 110-летию со дня рождения основателя и первого директора
Института Систем Управления **Арчила Элиашвили**

სარჩევნო – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

გახტანბ გომელაშორისა და არჩილ ელიაშვილის ხსოვნისადმი მიძღვნილი
საიუბილეო სესიის მოხსენებები:

მართვის პროცესები - CONTROL PROCESSES - ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

ატაწრფივი უწყვეტი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაცია და მოდელირება..... 13 ბ. შანშიაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. გაბისონია	13
რეპროდუციონის მდგრადი ბანვითარების ორბანვიზაციული სისტემის ეფექტურად მართვის მოდელის შემუშავება..... 19 ა. ფრანგიშვილი, მ. მაჭარაძე, ზ. გასიტაშვილი, მ. კიკნაძე	19
ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენება საარჩევნო პროცესში..... 25 ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ნ. კირკიტაძე, ზ. მაცაბერძე	25
ინფორმაციის ბარდაქმნის თანამედროვე პრინციპების გამოყენება სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების გადასაწყვეტად..... 31 ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი	31
ჰენსეში სინფორმისა და აბავის რეპროდუციონის მართვის ალგორითმების აბავის საპითხები..... 37 თ. ტროყაშვილი	37
კომპიუტერული ლინგვისტიკა და ენის მოდელირება..... 43 გ. ჩიკოძე, ლ. ლორთქიფანიძე, ნ. ჯავაშვილი	43
ცოდნის ორბანვიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკების ატაწრფივი უწყვეტი დინამიკური ამოცანების გადასაწყვეტისას..... 50 მ. მიქელაძე, ვ. რაძიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რაძიევსკი	50

ენერგეტიკა – POWER ENGINEERING - ЭНЕРГЕТИКА

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЭВО.ПОЦИОННОГО МЕТОДА ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ЧЕРНОМОРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ГОСТИНИЧНОГО КОМПЛЕКСА Г.БАТУМИ..... 59 П. Мерабишвили, В. Джамарджашвили, А. Мирианшвили, М. Лордкипანიძე	59
ტურბულენტური ნაკადის ჰიდროდინამიკა და თბობაცემა ხაოიანი ზედაპირების ბარსდენის დროს..... 66 თ. მაგრაქველიძე, ნ. ბანცაძე, ა. მიქაშაძე, ხ. ლომიძე, ნ. ლეკვეიშვილი	66
ენერგეტიკაში მიმდინარე ტენდენციებისა და საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის ბანვითარების შესახებ..... 73 თ. მაგრაქველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიაკაშვილი, ი. არჩუაძე	73
ჰიდროენერგეტიკა – საქართველოს ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის დასაქრდენი..... 81 რ. არველაძე, თ. კერესელიძე	81
დურილი - კონვექციური თბობაცემის ბანსაქუთრებული შემთხვევა..... 88 ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, ე. მაჭავარიანი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე, მ. შეყარიშვილი	88
საქართველოს რეპროდუციონში საქართ სოლდების თბობობარბავის პრობლემები და მათი ბადაჭრის ბზები..... 94 ხ. სიჭინავა, ვ. არაბიძე, თ. ჯიშკარიანი	94
შენობის ფორმის, ზომებისა და ორიენტაციის ოპტიმალური შერჩევა..... 101 ო. კილურაძე, ვ. ქეთელაური	101
თხევალი და მქარი სათბობის თბობარბანობის საზომი ხელსაქრდენი ბანვითარება..... 107 ქ. ჩხიკვაძე, თ. კილურაძე, თ. ჩხიკვაძე	107
თბური ტუმბოს დანაღბარბავის პროექტირების და პრაქტიკული ბანვითარების 60 წლიანი ბანვითარება საქართველოში..... 116 ნ. შირიანიშვილი, თ. ვეზირიშვილი, ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, თ. მეგრელიძე, ნ. გველიშვილი, ვ. ხათაშვილი, ვ. ბახტაძე	116

2014 წლის სამეცნიერო შრომები

მართვის თეორია – CONTROL THEORY - ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

ერთი ფასწარმოების მოდელის შესახებ განუზღვრელობის პირობებში.....	125
მ. სალუქვაძე, ვ. შუკოვსკი	
PARAMETER IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF DYNAMICAL SYSTEMS WITH VARIABLE PARAMETERS.....	130
B. Shanshiashvili	
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ СВОЙСТВО ОПТИМАЛЬНЫХ БУКМЕКЕРСКИХ КОЭФИЦИЕНТОВ.....	136
В. Хуцишвили	
СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЕРОЯТНОСТЯМИ СОБЫТИЙ И КОЭФИЦИЕНТАМИ БУКМЕКЕРОВ.....	142
В. Хуцишвили	
ცილინდრული კონტინენტების ოპტიმალური ზომების და ნეფლეულზე შეზღუდვების დროს პროდუქციის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა.....	147
დ. სისარულიძე	
ერთი ახალი M-ფაილის შესახებ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანისათვის	152
ნ. კილახონია	

მართვის სისტემები - CONTROL SYSTEMS - СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

MICROWAVE IN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF MINING, METALLURGICAL AND POLYMERIC WASTE (A BRIEF OVERVIEW)	157
A. Chirakadze, Z. Buachidze, M. Wireman, William A. Toscano, G. Kervalishvili, N.Kavlashvili, L. Gurchumelia, A. Gigineishvili, Z. Gasitashvili, T. Chichua, D. Bibiluri, L. Sharikadze	
ოპტიტირისტორებით მართვადი სამზახა გამართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო.....	161
ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე	
ТРЕХПОЗИЦИОННЫЙ БЕЗКОНТАКТНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР.....	167
О. Лабадзе, П. Ставрианиди, М. Церцвадзе	
დაბალი სიხშირის სიბნალების ბაზომება, ბარდაქმნა და ბამოქმენება.....	171
თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე, ნ. შენგელია	
დისტანციური მართვის ბამნაღმველი სისტემის დაბამება.....	176
დ. ფურცხვანიძე	
ჩიცხვითი მეთოდების ბამოქმენება ბამოთვლებისათვის რბალურ დროში.....	180
დ. ცინცაძე, ქ. ოშიაძე	

ინფორმატიკა – INFORMATICS - ИНФОРМАТИКА

ტიმსტურ კოტაშხეში ომონიმიის ავტომატური მოხსნის მოდელი.....	187
ლ. ლორთქიფანიძე	
სიტყვამაწარმოებელი ავტომების მონაცემთა ბაზა.....	194
ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯავაშვილი	
საინფორმაციო სტრუქტურა და ტოპიკის სახეები.....	204
ა. ჩუტკერაშვილი	
მართული ტიმსტის კომპილაციური სინთეზის მეთოდის შესახებ.....	210
ა. თუშიშვილი, მ. თუშიშვილი	
MLLEARNING ბანათვებაში – პრობლემები და პერსპექტივები.....	213
მ. გეგეჭკორი, ვ. ბახტაძე, თ. ლომინაძე, მ. თევდორაძე, თ. კაიშაური	
ვიტუალური მანქანების ბამოქმენება მხელური ტიმსტოლობიების სწავლებისას.....	216
მ. გეგეჭკორი, ნ. ნარიმანიძე, ვ. ბახტაძე, მ. ოდილაძე, მ. არჩუაძე, თ. ბურჭულაძე	

ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდირი K1879XB1Я.....	220
მ. სურგულაძე	
ძარღვლენოვანი სემანტიკური კეზნის „კრავის“ ალგორითმის შემგნის პროექტი.....	224
მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, გ. ბესიაშვილი, მ. ცინცაძე	
ხელრგნური ინტელექტის მეთოდები სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის ნანონენსორული სისტემების შემუშავებისათვის.....	230
მ. ხაჩიძე, დ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე	
DNCPv6 პროტოკოლის ერთი გაუმჯობესების შესახებ.....	234
პ. ქარჩავა, გ. ასანიშვილი	
რეალური დროის სისტემაში ამოცანების (Tasks) პრიორიტეტების განსაზღვრა.....	239
ლ. პეტრიაშვილი, თ. ჟვანია, მ. კიკნაძე	
АНАЛИЗ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СРАВНЕНИЯ ПО ПРИНЦИПУ МИНМ-МАКС.....	244
О. Шониа, Й. Картвелишვილი, Л. Шониа	
ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ.....	247
Н. Джалябова	
მიზეზ-შედეგობრივი ცოდნის მრღველი სამედიცინო პრობნოზირების ინტელექტუალური სისტემებში.....	252
ვ. რაძიევსკი	
МЕТОД ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ.....	258
Д. Радзиевский	

სსოგნა

ნოღარ ჯიბლაძე.....	265
ვილი მასიურაძე.....	267
ელიშვიტ ჩიქოვანი.....	269

**საიუბილეო სესიის
მასალები**

**MATERIALS OF AN
ANNIVERSARY SESSION**

**МАТЕРИАЛЫ ЮБИЛЕЙНОЙ
СЕССИИ**

მართვის პროცესები

CONTROL PROCESSES

ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

**არაწრფივი უწყვეტი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული
იდენტიფიკაცია და მოდელირება**

ბ. მანშიაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. ბაბისონია

besoshan@hotmail.com

1. შესავალი

მართვის თეორიის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება – სისტემების იდენტიფიკაცია გულისხმობს სისტემის ოპტიმალური მოდელის აგებას სისტემის ფუნქციონირების დროს სისტემის შესავალ და გამოსავალ ცვლადებზე დაკვირვებების შედეგად მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე.

სისტემის შესახებ არსებული აპრიორული ინფორმაციის მიხედვით არჩევენ იდენტიფიკაციის სხვადასხვა ამოცანებს. სისტემის ადეკვატური მოდელის აგებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტას.

სისტემების იდენტიფიკაცია ეყრდნობა ძირითადად წრფივ სტაციონარულ მოდელებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებიან საწარმოო პროცესებისათვის. ამავე დროს უმრავლესი რეალური სისტემა არის არაწრფივი. არაწრფივ სისტემებში გვხვდება პრინციპულად ახალი მოვლენები და მათი წარმოდგენა წრფივი მოდელებით არ იძლევა მაღალეფექტური მართვის სისტემების შესაქმნელად მათი გამოყენების შესაძლებლობას.

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციის დროს არაწრფივი მოდელებით შეიძლება გამოიყოს ძირითადად ორი ტენდენცია. პირველი მდგომარეობს კერძო სახის, უმთავრესად ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების [2], ხოლო მეორე კი ზოგადი მოდელების, ძირითადად ვოლტერას [3] და ვინერის [4] ფუნქციონალური მწკრივებისა და კოლმოგოროვ-გაბორის უწყვეტი და დისკრეტული პოლინომების [5-6] გამოყენებაში კერძო მოდელების უპირატესობა გამოიხატება მათი გამოყენების სიმარტივით არაწრფივი სისტემების წარმოსადგენად.

მეორე არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტისადმი ძირითადად ხდება ზევით აღნიშნული ორი ტენდენციის პოზიციებიდან (მაგალითად [7-11]).

ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელებით სტრუქტურული იდენტიფიკაციისას ძირითადი შედეგები მიღებულია ასეთი მოდელების სიმრავლის გარკვეულ ქვესიმრავლეებზე დისკრეტული მოდელებით იდენტიფიცირების დროს (მაგალითად [7, 9]).

მოცემულ სამუშაოში განიხილება ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიიღება არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული ამოცანის გადაწყვეტისას მათი უწყვეტი ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელებით იდენტიფიცირებისას (მაგალითად [8, 12-15]).

არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია შედეგნაირად: ცნობილია მოდელთა და შესავალი სიგნალების კლასები და საჭიროა დამუშავებული იქნას მოდელის განსაზღვრის კრიტერიუმი მოდელთა კლასიდან. სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის ასეთი დასმა ეთანადება ლ. ზადეს მიერ შემოტანილ იდენტიფიკაციის კლასიკულ განმარტებას.

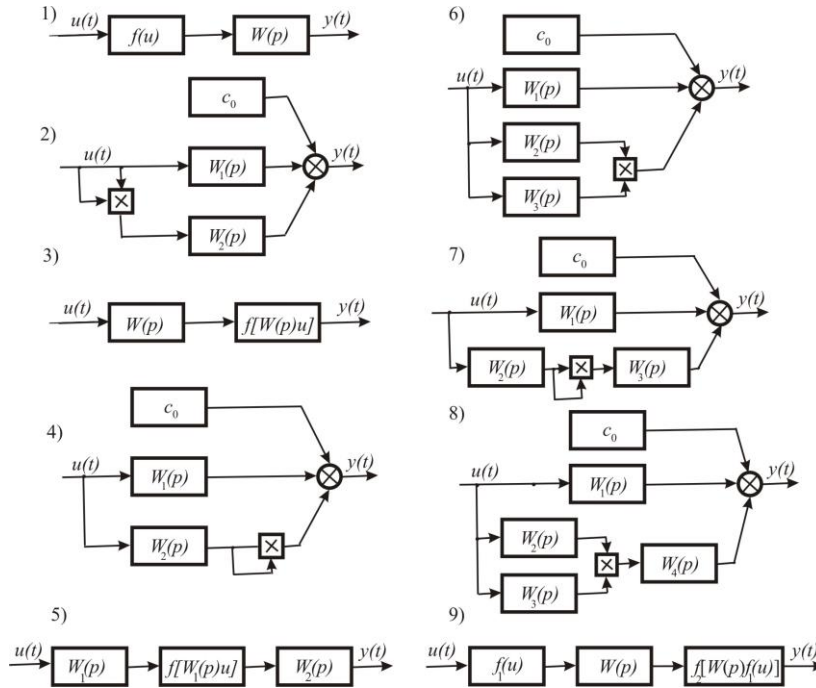
არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტისას არაწრფივი სისტემებისათვის მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრა ხორციელდება უწყვეტი ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების სიმრავლეზე, რომლის ელემენტებია ჰამერშტეინისა და ვინერის მოდელების სხვადასხვა მოდიფიკაციები. ამასთან სისტემის შესახებ აპრიორული ინფორმაცია გამოიყენება მოდელების სიმრავლის, ხოლო აპოსტერიორული ინფორმაცია - მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრისათვის მოდელების მოცემული სიმრავლიდან.

2. არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაცია

არაწრფივი სისტემების კვლევისას გვიხდება პრინციპიალურად ახალ მოვლენებთან შეხვედრა, რომლებიც არ არიან დაკვირვებადი წრფივ სისტემებში. ამის გამო რეალურ სისტემებში არსებული ფიზიკური მოვლენების, მათი თავისებურებების ასახვა, დახასიათება შესაძლებელია მხოლოდ არაწრფივი მოდელების საშუალებით.

2.1. არაწრფივი სისტემების ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელები

არაწრფივი სისტემების ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების სიმრავლე შედგება ჰამერშტეინისა და ვინერის მოდელების სხვადასხვა მოდიფიკაციისაგან, რომლებიც თავის მხრივ განისაზღვრებიან არაწრფივი სტატიკური და წრფივი დინამიკური რგოლების შეერთების სხვადასხვა კომბინაციით (ნახ. 1).



ნახ. 1. ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელები: 1) ჰამერშტეინის მარტივი (ა₁); 2) ჰამერშტეინის განზოგადებული (ა₂); 3) ვინერის მარტივი (ა₃); 4) ვინერის განზოგადებული (ა₄); 5) ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი კასკადური (ა₅); 6) ვინერის გაფართოებული მოდელი (ა₆); 7) ვინერ-ჰამერშტეინის განზოგადებული კასკადური (ა₇); 8) ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული კასკადური (ა₈), 9) ჰამერშტეინ-ვინერის მარტივი კასკადური მოდელი (ა₉).

ზოგად შემთხვევაში იგულისხმება, რომ ბლოკურად-ორიენტირებულ მოდელთა კლასში შემაგალი არაწრფივი სტატიკური რგოლი აღიწერება *n*-ური ხარისხის პოლინომიალური ფუნქციით, ხოლო მოდელების შემადგენლობაში მყოფი წრფივი დინამიკური რგოლები, გადაცემის ფუნქციებით ოპერატორულ ფორმაში $W(p)$, $W_i(p)$ ($i = 1, 2, 3, 4$), არიან მდგრადი.

2.2. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია სისტემის შესავალი სინუსოიდალური ზემოქმედებით

მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრა ხორციელდება უწყვეტი ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელების შემდეგი კლასიდან (ნახ. 1):

$$L = \{s_i | i = 1, 2, \dots, 9\}, \tag{1}$$

სისტემის შესავალზე $u(t) = U \cos \omega t$ სახის სინუსოიდალური სიგნალის მიწოდება და გამოსავალზე დამყარებულ რეჟიმში მიღებული იძულებითი რხევის პარამონიული ანალიზი თითოეული მოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა [12-13]. [12]-ში განხილულია შემთხვევა, როდესაც მოდელების შემადგენლობაში შემაგალი არაწრფივი სტატიკური რგოლი აღიწერება მეორე რიგის, ხოლო [13]-ში – *n*-ური ხარისხის პოლინომიალური ფუნქციით.

მაგალითისათვის ქვევით მოცემულია გამოსავალი იძულებითი რხევის გამოსახულება ვინერის მარტივი მოდელისათვის:

$$\begin{aligned}
 y(t) = & c_0 + \sum_{i=1}^k \frac{C_{2i}^i}{2^{2i}} c_{2i} A^{2i} |W(j\omega)|^{2i} + \left(\sum_{i=1}^k \frac{C_{2i-1}^{i-1}}{2^{2(i-1)}} c_{2i-1} A^{2i-1} |W(j\omega)|^{2i-1} \right) \cos[\omega t + \varphi(\omega)] + \\
 & + \left(\sum_{i=l-1}^k \frac{C_{2i-1}^{i-(l-1)}}{2^{2(i-1)}} c_{2i-1} A^{2i-1} |W(j\omega)|^{2i-1} \right) \cos 2[\omega t + \varphi(\omega)] + \dots + \left(\sum_{i=1}^k \frac{C_{2i}^{i-1}}{2^{2i-1}} c_{2i} A^{2i} |W(j\omega)|^{2i} \right) \times \\
 & \times \cos(2l-3)[\omega t + \varphi(\omega)] + \left(\sum_{i=l-1}^k \frac{C_{2i}^{i-(l-1)}}{2^{2i}} c_{2i} A^{2i} |W(j\omega)|^{2i} \right) \cos 2(l-1)[\omega t + \varphi(\omega)] + \dots + \\
 & + \frac{1}{2^{2(k-1)}} c_{2k-1} A^{2k-1} |W(j\omega)|^{2k-1} \cos(2k-1)[\omega t + \varphi(\omega)] + \frac{1}{2^{2k}} c_{2k} A^{2k} |W(j\omega)|^{2k} \cos 2k[\omega t + \varphi(\omega)]. \quad (2)
 \end{aligned}$$

მოდელის სტრუქტურის იდენტიფიკაციის კრიტერიუმის მიხედვით, რომელიც დამუშავებულია სისტემის გამოსავალი იძულებითი რხევის შესავალი სიგნალის მიმართ ფაზური წანაცვლების, მისი მუდმივი მდგენელის შესასვლელი სიგნალის სიხშირეზე დამოკიდებულების და მისი ჰარმონიკების ამპლიტუდებს შორის დამოკიდებულებების მიხედვით, შესაძლებელია თითოეული სტრუქტურის განსაზღვრა (2) მოდელთა სიმრავლიდან.

2.3. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია სისტემის შესავალი პერიოდული ზემოქმედებით

[14] და [15]-ში დამუშავებულია არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის მეთოდი (შესაბამისად მოდელთა $L \setminus \{s_0\}$ კლასში და L კლასში) დამყარებულ რეჟიმში, როდესაც მოდელების შემადგენლობაში მყოფი არაწრფივი სტატიკური რგოლი აღიწერება მეორე ხარისხის პოლინომიალური ფუნქციით, ხოლო წრფივი დინამიკური რგოლები მდგრადაა. სისტემის შესავალი $u(t)$ ნამდვილი პერიოდული ფუნქციაა T პერიოდით, რომლისთვისაც არსებობს აბსოლიტურად და თანაბრად კრებადი ფურიეს მწკრივი.

ასეთი შესავალი სიგნალების კლასი მოიცავს სინუსოიდალურ სიგნალის გარდა ისეთ სიგნალებს, როგორც არიან, სიმეტრიული სამკუთხა იმპულსი, სიმეტრიული ტრაპეციული იმპულსი, ნახევრად სინუსოიდალური იმპულსი და სხვა.

თითოეული მოდელის გამოსავალი ცვლადის გამოსახულების მიღების დროს ნახვევებია, რომ არაწრფივი სტატიკური და წრფივი დინამიკური რგოლების გამოსახულებებზე მიღებული ტრიგონომეტრიული მწკრივები კრებადია თანაბრად და აბსოლუტურად, და მიღებული მწკრივების კვადრატში აყვანისას და ერთმანეთზე გადაძრავლებისას შეიძლება კოშის წესით სარგებლობა.

ქვევით მაგალითისათვის მოცემულია ჰამერშტეინის მარტივი მოდელის გამოსახულებებზე მიღებული იძულებითი რხევის გამოსახულება დამყარებულ რეჟიმში:

$$\begin{aligned}
 y(t) = & (c_0 + c_1 A_0 + c_2 A_0^2 + \frac{1}{2} c_2 \sum_{k=1}^{\infty} A_k^2) |W(0)| + c_1 \sum_{k=1}^{\infty} |W(kj\omega)| A_k \sin(k\omega t + \varphi_k + \vartheta(k\omega)) + \\
 & + \frac{1}{2} c_2 \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\substack{n=1 \\ k \neq n/2}}^n |W[(n-2k)j\omega]| A_{n-k} A_k \cos\{(n-2k)\omega t + \varphi_{n-k} - \varphi_k + \vartheta[(n-k)\omega]\} - \\
 & - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^n |W(nj\omega)| A_{n-k} A_k \cos[n\omega t + \varphi_{n-k} + \varphi_k + \vartheta(n\omega)], \quad (3)
 \end{aligned}$$

სადაც $A_0 = a_0/2$, $\varphi_0 = \pi/2$, $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$, $\varphi_k = \arctg(a_k/b_k)$ ($k = 1, 2, \dots$), $\omega = 2\pi/T$, a_k ($k = 0, 1, 2, \dots$), b_k ($k = 1, 2, \dots$) - ფურიეს კოეფიციენტებია, $|W(kj\omega)|$ - სიხშირული გადაცემის ფუნქციის მოდულია, ხოლო $\vartheta(k\omega)$ - წრფივი რგოლის გამოსავალი სიგნალის ფაზური წანაცვლებაა შესავალი სიგნალის მიმართ k -ურ ჰარმონიულ სიხშირეზე.

მოდელების გამოსახულებებზე მიღებული იძულებითი რხევების შესავალი სიგნალის მიმართ ფაზური წანაცვლების და ასევე ამ რხევების მუდმივი მდგენელის შესავალი სიგნალის პერიოდზე დამოკიდებულების მიხედვით მოდელის სტრუქტურის იდენტიფი-

იკაცის დამუშავებული კრიტერიუმის მიხედვით შესაძლებელია გამოიყოს მოდელთა სიმრავლის ოთხი ქვესიმრავლე, კერძოდ ქვესიმრავლეები, რომელთა ელემენტებია: 1. ჰამერშტეინის მარტივი და განზოგადებული; 2. ვინერის და ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი და განზოგადებული; 3. ვინერის და ვინერ-ჰამერშტეინის გაფართოებული და 4. ჰამერშტეინ-ვინერის მარტივი კასკადური მოდელები საკვლევი არაწრფივი სისტემის წარმოსადგენად.

2.4. სტრუქტურული იდენტიფიკაცია სისტემის შესავალი შემთხვევითი ზემოქმედებით

[14]-ში დამუშავებულია არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის მეთოდი, რომელიც არ მოითხოვს სისტემის ნორმალური ფუნქციონირების პირობების შეცვლას. ამ დროს იგულისხმება, რომ მოდელების შემადგენლობაში მყოფი არაწრფივი სტატიკური რგოლი აღიწერება მეორე ხარისხის პოლინომიალური ფუნქციით, ხოლო წრფივი დინამიკური რგოლები - პირველი რიგის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებებით. სისტემის შესავალი ცვლადი არის სტაციონარული შემთხვევითი პროცესი, რომელსაც გამოთვლების გამარტივების მიზნით ვთვლით ცენტრირებულად, σ^2 დისპერსიით, $R = R(\tau)$ კორელაციის კოეფიციენტით და განაწილების ნორმალური კანონით.

მეთოდი გულისხმობს სისტემის გამოსასვლელზე კორელაციური ფუნქციის განსაზღვრას შესავალი პროცესის კორელაციური ფუნქციის მიხედვით. ქვევით მაგალითისათვის მოყვანილია ვინერის მარტივი მოდელის გამოსავალზე მიღებული შემთხვევითი პროცესის კორელაციური ფუნქციის გამოსახულება:

$$B_y(\tau) = \left(c_0 + c_2 \frac{\sigma^2}{1 + \alpha T} \right)^2 + \frac{c_1^2 \sigma^2 \alpha}{1 - \alpha^2 T^2} \left(\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha|\tau|} - T e^{-\frac{1}{T}|\tau|} \right) + \frac{2c_2 \sigma^4 \alpha}{(1 - \alpha^2 T^2)^2} \left(\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha|\tau|} - T e^{-\frac{1}{T}|\tau|} \right), \quad (4)$$

სადაც α შესასვლელი შემთხვევითი პროცესის კორელაციური ფუნქციის ექსპონენტის ხარისხის მაჩვენებელია, T მოდელის შემადგენლობაში მყოფი წრფივი დინამიკური რგოლის დროის მუდმივაა..

მოდელის სტრუქტურის იდენტიფიკაციის კრიტერიუმის მიხედვით, რომელიც დამუშავებულია სისტემის გამოსავალი პროცესის კორელაციური ფუნქციის მუდმივი მდგენელის შესავალი შემთხვევითი პროცესის სიხშირეთა სპექტრის ცვლილებაზე დამოკიდებულების მიხედვით, შესაძლებელია $L_1 = L \setminus \{s_6, s_8, s_9\}$ სიმრავლიდან გამოვყოთ ორი ქვესიმრავლე, რომლების ელემენტებია: 1. ჰამერშტეინის მარტივი და განზოგადებული მოდელები; 2. ვინერის მარტივი, განზოგადებული და ვინერ-ჰამერშტეინის მარტივი და განზოგადებული კასკადური მოდელები, საკვლევი არაწრფივი სისტემის მოდელის სტრუქტურის წარმოსადგენად.

3. იდენტიფიკაციის დამუშავებული მეთოდების სიზუსტე

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციის მეთოდების სიზუსტე დამოკიდებულია სისტემის შესავალ-გამოსავალი ცვლადების გაზომვისა და მიღებული ექსპერიმენტალური მონაცემების მათემატიკური დამუშავების სიზუსტეზე.

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციისას სინუსოიდალური და პერიოდული სიგნალებით რეკომენდირებულია გამოსავალი სიგნალის მნიშვნელობად დროის ყოველ მომენტში მისი მათემატიკური ლოდინის მნიშვნელობის აღება მრავალჯერადი ცდების ჩატარებისას. ოდელის სტრუქტურის განსაზღვრის სიზუსტეზე შეიძლება გავლენა მოახდინოს აგრეთვე გამზომი ხელსაწყოების ინერციულობამ. ამიტომ, ექსპერიმენტის ჩატარების დროს რეკომენდირებულია ისეთი ხელსაწყოების გამოყენება, რომელთა ინერციულობა გაცილებით ნაკლებია საკვლევი სისტემის ინერციულობაზე. ჰარმონიული ანალიზის ჩატარება შესაძლებელია ჩატარდეს გამოთვლითი მოწყობილობების საშუალებით (მაგალითად [16]), რომელიც რეალურად ფურიეს კოეფიციენტების გამოთვლის ალგორითმს და ინტეგრირების დროის შერჩევით მინიმუმამდე დაყავს ხმაურის გავლენა. გარდა ამისა,

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციისას შესავალი შემთხვევითი სიგნალებით ექსპერიმენტალურად მიღებული შემთხვევითი პროცესების მათემატიკური ლოდინის მნიშვნელობების გამოთვლისას დიდი მნიშვნელობა აქვს პროცესის ინტერვალის რეგისტრ-

ციისა და მრუდის დაყოფის ბიჯის სწორ არჩევას. პროცესის რეგისტრაციის ინტერვალის არჩევისას საჭიროა [17]-ში მოცემული მოსაზრებით სარგებლობა..

4. კომპიუტერული მოდელირება

არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციის დამუშავებული მეთოდების საფუძველზე შედგენილი ალგორითმების გამოკვლევა ჩატარებული იყო კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით პროგრამული პაკეტის MATLAB-ის გამოყენებით.

არაწრფივი სისტემების მოდელირებისათვის გამოყენებული იყო პაკეტის ინსტრუმენტი Simulink-toolbox, ხოლო განტოლებების ამოხსნისათვის – ინსტრუმენტი Math Toolbox.

კვლევების ჩატარებისათვის გამოყენებული იყო შემდეგი ბლოკები:

- Sine Wave – სინუსოიდალური ციგნალების მიღებისათვის;
- Transfer Fn – წრფივი რგოლების გადაცემის ფუნქციების მიღებისათვის;
- Polinomial – არაწრფივი რგოლის მოდელირებისათვის;
- Fourier – ჰარმონიული ანალიზის ჩატარებისათვის;
- Scope – მოდელის გამოსავალი სიგნალის გრაფიკული გამოსახულების მიღებისათვის;
- To File – შესავალი და გამოსავალი სიგნალების მნიშვნელობების ჩაწერისათვის ‘y.mat’ ი ‘u.mat’ ფაილებში;
- Display - ჰარმონიული მწკრივის მუდმივი მდგენელის მნიშვნელობების საჩვენებლად.

5 დასკვნა

მოცემულ სამუშაოში არაწრფივი სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა განხილულია უწყვეტ ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელის სიმრავლეზე, რომლის ელემენტებია ჰამერშტეინისა და ვინერის მოდელის სხვადასხვა მოდიფიკაციები. წარმოდგენილია სტრუქტურული იდენტიფიკაციის მეთოდები სისტემის შესავალი სინუსოიდალური, პერიოდული და შემთხვევითი ზემოქმედებების დროს. შემუშავებული იდენტიფიკაციის მეთოდების საფუძველზე აგებული ალგორითმები გამოკვლეულია როგორც თეორიული ისე კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით.

დამუშავებული მეთოდების სიზუსტე დამოკიდებულია სისტემის შესავალ-გამოსავალი ცვლადების გაზომვისა და მიღებული ექსპერიმენტალური მონაცემების მათემატიკური დამუშავების სიზუსტეზე. ცდომილებების თავიდან ასაცილებლად შემუშავებულია შესაბამისი რეკომენდაციები.

არაწრფივი უწყვეტი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაცია და მოდელირება

ბ. შანშიაშვილი, მ. სალუკვაძე, ვ. გაბისონია

რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი დინამიკური სისტემების სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა უწყვეტ ბლოკურად-ორიენტირებული მოდელის სიმრავლეზე. სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია ლ. ზადეს იდენტიფიკაციის კლასიკური განმარტების საფუძველზე. დამუშავებული მეთოდები და ალგორითმები გამოკვლეულია კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით.

STRUCTURE IDENTIFICATION AND MODELLING OF NONLINEAR CONTINUOUS DYNAMICAL SYSTEMS

B. SHANSHIASHVILI, M. SALUKVADZE, V. GABISONIA

Summary

The problem of structure identification of nonlinear dynamical systems is considered on the set of continuous block-oriented models. The problem of structure identification is posed according to L. Zadeh classical definition of identification. The worked methods and algorithms are investigated by computer modelling.

СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. ШАНШИАШВИЛИ, М. САЛУКВАДЗЕ, В. ГАБИСОНИЯ

Резюме

Рассматривается задача структурной идентификации нелинейных динамических систем на множестве непрерывных блочно-ориентированных моделей. Задача идентификации ставится в соответствии с классическим определением идентификации Л. Заде. Разработанные методы и алгоритм исследованы с помощью компьютерного моделирования.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. М., Мир, 1975ю
2. Haber R., Keviczky L. Identification of nonlinear dynamic systemsю Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation. М.: Institute of Control Sciences, 1976. Part 16 pp. 62-112.
3. Volterra V. Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations. New York, Dover Publ., 1959.
4. Wiener N. Nonlinear Problems in Random Theory. New York: Wiley, 1958.
5. Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей. Изв. АН СССР, серия математическая. 1941. т. 5, № 1, с. 3-14.
6. Gabor D., Wilby P.L., Woodcook R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. IEE Proc. 1961. Vol.108, Part B, pp. 422-433.
7. Haber R., Unbehauen H. Structure identification of nonlinear dynamic systems – a survey on input/output approaches. Automatica. 1990. Vol. 26, No. 4, pp. 651-667.
8. Shanshiashvili B.G. Frequency method for identification of a model structure of nonlinear continuous – time systems. Preprints of the 9 th IFAC/IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation. Budapest.: Pergamon Press, 1991. Vol. 1, pp. 640 – 643.
9. Block-oriented Nonlinear System Identification, eds. F. Giri, and E.-W. Bai, Berlin, Springer, 2010,
10. Parker G.A., Moore E.L. Practical nonlinear system identification using a modified Volterra series approach. Automatica. 1982. Vol. 18, No. 1, pp. 85-91.
11. Kortmann M., Unbehauen H. Structure detection in the identification of nonlinear systems. АПИ. 1988. Vol. 22, No. 1, pp. 5-25.
12. Shanshiashvili B., Salukvadze M. Structural identification of nonlinear continuous dynamic systems. LEPL Archil .Eliashvili Institute of control systems. Proceedings. Tbilisi, 2009, № 13, pp. 40-45.
13. Шаншиашвили В.Г. Структурная и параметрическая идентификация определенного класса нелинейных систем в частотной области. Труды V международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” (Москва, Россия, 30 января – 2 февраля 2006). SICPRO '06. М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2006. С. 189-202.
14. Рура А.А., Шаншиашвили В.Г. Структурная идентификация нелинейных непрерывных стационарных систем. Труды II международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” (Москва, Россия, 29-31 января 2003). SICPRO '03. М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2003, с. 583-592.
15. Шаншиашвили В.Г. Структурная идентификация нелинейных динамических систем на множестве непрерывных блочно-ориентированных моделей. Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления.(Москва, Россия, 16 – 19 июня 2014). М., ИПУ РАН, 2014, с. 3018-3028.
16. Атаманенко В.Г. Анализатор передаточных функций // Аналоговая и аналого-цифровая вычислительная техника. М.: Машиностроение. 1965, с. 169-181.
17. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Наука, 1969.

**რეგიონის მდგრადი განვითარების ორგანიზაციული სისტემის ეფექტურად
მართვის მოდელის შემუშავება**

ა. ფრანგიშვილი, მ. მაჭარაძე, ზ. გასიტაშვილი, მ. კიკნაძე

zur_gas@gtu.ge, m.kiknadze@gtu.ge

ნებისმიერი ორგანიზაციული სისტემის წარმატებული ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ინფორმაციის და ინტელექტუალური რესურსების სრული ფლობა და შესაბამისად მათი ოპერატიული მართვა. ნებისმიერ სიტუაციაში, სუბიექტების მიერ გადაწყვეტილების მიღება ხორციელდება ინფორმაციული პროცესების საფუძველზე.

ინფორმაციული პროცესის საშუალებით რეალიზდება ობიექტებსა და სუბიექტებს შორის და მოკიდებულება.

ორგანიზაციული სისტემების მართვაში მნიშვნელოვანია ინტუიციის არსებობაც. ორგანიზაციული სისტემების ეფექტურად ფუნქციონირებისთვის, საჭიროა ჩამოვაყალიბოთ სისტემის ფუნქციონირების ალტერნატიული სცენარები, ავავოთ სისტემის მოდელი და შემოთავაზებული სცენარები სამოდელო ექსპერიმენტის სახით გავათამაშოთ მოდელზე და ინტუიციური სცენარებიდან შევარჩიოთ საუკეთესო. დღეისათვის არ არსებობს ადამიანთა საქმიანობის არცერთი სფერო, რომელშიც წარმატებით არ გამოიყენება მოდელირების მეთოდები.

რეგიონის მდგრადი განვითარება საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესების გათვალისწინებით უზრუნველყოფს ადამიანის კეთილდღეობას, ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას და მომავალი თაობების უფლებას ისარგებლონ შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი. მდგრადი განვითარება ასევე გულისხმობს ეკონომიკური ზრდის ისეთ ფორმას, რომელიც უზრუნველყოფს საზოგადოების კეთილდღეობას მოკლე, საშუალო და, რაც მთავარია, ხანგრძლივი ვადით. იგი ეფუძნება პრინციპს, რომლის თანახმად, დღევანდელი მოთხოვნილებები უნდა დაკმაყოფილდეს ისე, რომ საფრთხე არ შეექმნას მომავალ თაობებს. რეგიონის მდგრადი განვითარებაზე მოქმედებს ფაქტორები. ეს ფაქტორები ყველა ერთნაირ გავლენას არ ახდენს რეგიონზე. მათი მნიშვნელოვნების დადგენისთვის ჩავატაროთ მასზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი.

მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი იწყება კოგნიტური რუკის აგებით რომელიც ასახავს რეალურად არსებულ სიტუაციას. მდგრად განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორები სხვადასხვა ექსპერტის მიერ სხვადასხვანაირად შეიძლება იყოს შედგენილი. მათი რაოდენობა რა თქმა უნდა ძალიან დიდია (100-ზე მეტი). ჩვენს მიერ განხილულ შემთხვევაში ანალიზის შედეგად დადგინდა მნიშვნელოვანი ფაქტორები ასეთი ფაქტორების რიცხვი ჩვენს შემთხვევაში 25-ია:

1. რეგიონის მდგრადი განვითარება.
2. სოციალური ინდიკატორი.
3. ეკონომიკური ინდიკატორი.
4. ეკოლოგიური ინდიკატორი.
5. ორგანიზაციული ინდექსი.
6. მოსახლეობის სიმჭიდროვე.
7. დემოგრაფიული დინამიკა.
8. მოსახლეობის ზრდის ტემპი.
9. შობადობის ზრდა.
10. მოსახლეობის მიგრაციის ტემპი.
11. ერთ სულ მოსახლეზე საცხოვრებელი ფართობის წილი (მ²).
12. ქალაქის მოსახლეობის წილი (%).
13. ქალაქის მოსახლეობის ზრდის ტემპი.
14. მოსახლეობის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა.
15. სამეწარმეო საქმიანობა (%).
16. ერთ სულ მოსახლეზე შიდა ნაციონალური პროდუქტი %.
17. მომსახურების და პროდუქციის იმპორტი %.
18. ეკონომიკური განვითარება %.

19. დაზუსტებული ნაციონალური პროდუქტის წილის ერთ სულ მოსახლეზე.

20. შიდა ნაციონალური პროდუქტის საექსპორტო წილი (%).

21. ინვესტიციის წილი %.

22. სიღარიბის ზღვარს ქვემოთ მცხოვრები მოსახლეობა გვალვიან ადგილებში (%).

23. ეკოსისტემების მართვა, გაუდაბნობის და გვალვის წინააღმდეგ ბრძოლა.

24. მდგრადი განვითარების ნაციონალური სტრატეგიის არსებობა.

25. გადაწყვეტილების მიღების სტრუქტურა.

მოდელირების სისტემაში შესაძლებელია ფაქტორების დამატება ან ამოღება.

ფაქტორების გამოვლენის შემდეგ ხორციელდება კოგნიტური რუკის შედგენა. კოგნიტური მოდელირებისას ფიქსირდება სიტუაციის განვითარება, რომელიც ორი შემადგენლისგან შედგება:

- სიტუაციის თვითგანვითარების სცენარი;

- სიტუაციის განვითარება, როდესაც მასზე მოქმედებს გარკვეული მმართველი პარამეტრები.

ფორმირებული კოგნიტური რუკის საფუძველზე წარმოებს თვითგანვითარებადი სიტუაციების მოდელირება, რომლის მიზანს წარმოადგენს დადგინდეს ის ტენდენციები, რომლებიც დადებითი მოქმედებს რეგიონის მდგრად განვითარებაზე.

კოგნიტური ანალიზისას ფაქტორების ერთმანეთზე მოქმედების ძალა აღიწერება ლინგვისტური ცვლადების საშუალებით „მნიშვნელოვანია“, „ნორმალურია“ და ა.შ.

კოგნიტური ანალიზის და სიტუაციის განვითარების მოდელირების ძირითადი ეტაპები

სიტუაციის განვითარების მოდელირების მეთოდოლოგია დაფუძნებულია კოგნიტურ მიდგომაზე, რაც გულისხმობს, რომ:

1. ხდება მიზნის ფორმირება, რომელიც შეიძლება მიღწეული იქნას სიტუაციის განვითარებით,

2. იგება და ხდება სიტუაციის თვითგანვითარებადი სცენარის კოგნიტური მოდელის გამოკვლევა.

კოგნიტური მოდელის კვლევის პროცესში:

- ხდება სიტუაციის განვითარების მართვის აუცილებლობის გამოკვლევა, სიტუაციის თვითგანვითარებადი სცენარის მოდელირებით.

- ხდება სიტუაციის განვითარების მიზნის ვექტორის ანალიზი მიზნის ვექტორში წინააღმდეგობრიობაზე, მართვის ვექტორის მიზნის ვექტორთან შეთანხმებით და მიზნის ვექტორის მიღწევადობაზე მართვის ვექტორის ინტეგრალური გავლენის ეფექტურობაზე.

- იკვლევება დასახული მიზნის პრინციპიალური მიღწევადობა (რესურსების შეზღუდვის გათვალისწინების გარეშე) (თუ მიზანი პრინციპიალურად მიუღწევადია, ხდება ასეთი მიზეზის გამოკვლევა).

- თუ დასახული მიზანი პრინციპიალურად მიღწევადია, გენერირდება მოდელირების რეჟიმის „მიზნობრივ ფაქტორებზე მმართველი ზემოქმედების ძეგნის“ მიზნის მიღწევის ალტერნატიული შესაძლებლობები.

- მოდელის სტრუქტურული თავისებურების გათვალისწინებით ხდება იმ მიზეზების ანალიზი, რომლებიც ართულებენ დასახული მიზნის მიღწევას.

- მიზნის მიღწევის პრინციპიალური შესაძლებლობების გზის გენერაციის შედეგებით და გამოვლენილი სტრუქტურული თავისებურებების გათვალისწინებით გამოიმუშავდება სიტუაციის მართვის გზა და მოდელირდება (იკვლევება) მმართველი სიტუაციის განვითარება ამ მართვის გათვალისწინებით.

3 წინა ეტაპზე სიტუაციის მართვის არჩეული კომპრომისული გზებიდან გამოიყოფა საუკეთესო ვარიანტები, მმართველი სიტუაციის ასარჩევად.

სიტუაციის განვითარების მიზანი აღიწერება მოდელის კოგნიტური რუკის მიზნობრივი ფაქტორების ქვესიმრავლით. ეს ნიშნავს, რომ სიტუაციის განვითარების მიზნის ვექტორი არის ან მიზნობრივი ფაქტორების მნიშვნელობების ვექტორი (ფიქსირებული მიზანი) ან ვექტორი, რომელიც მიმართულია ამ მნიშვნელობების ცვლილებაზე.

კოგნიტური ანალიზი და მოდელირება შემდეგი ეტაპებისგან შედგება (ნახ.1)



ნახ. 1 კოგნიტური ანალიზის და მოდელირების ეტაპები

აღნიშნული ალგორითმის მიხედვით შედგა ფაქტორების რანჟირების ცხრილი, მოხდა თითოეული ფაქტორისათვის მომხმარებელს ფაქტორის მნიშვნელოვნების და ფაქტორების შეფასების დინამიკის დადგენა, ფაქტორთა რანჟირება, სიტუაციის სტრუქტურულ-მიზნობრივი ანალიზი

ანალიზი განისაზღვრა შემდეგი პარამეტრების მიხედვით:

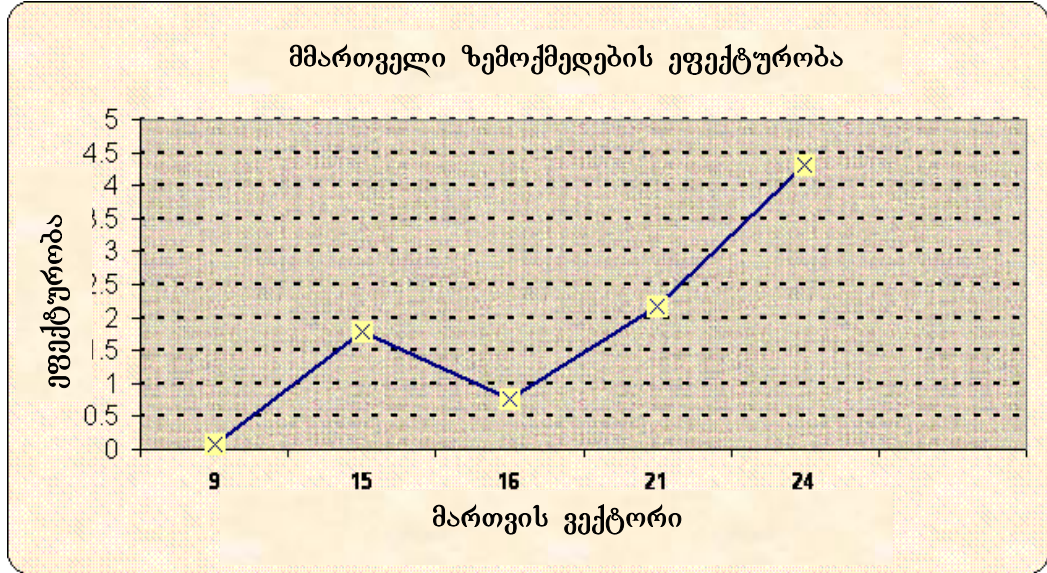
- სიტუაციის მიზნის ვექტორით,
- სიტუაციის მართვის ვექტორით.
- ფაქტორის ცვლილების ვექტორით

შემდეგ აიგო ფაქტორებს შორის დამოკიდებულებების მატრიცა, შედგა ფაქტორზე სასურველი ცვლილებების ტენდენციების განმსაზღვრელი ცხრილი (ცხრილი 1).

	ფაქტები	მნიშვნელოვნება	ფაქტორების ცვლილებების შეფასება
1	რეგიონის მდგრადი განვითარება	10	1
2	სოციალური ინდიკატორი	8	1
3	ეკონომიკური ინდიკატორი	8	1
4	ეკოლოგიური ინდიკატორი	7	1
5	ორგანიზაციული ინდექსი	9	1
6	მოსახლეობის სიმჭიდროვე	5	0
7	დემოგრაფიული დინამიკა	10	1
8	მოსახლეობის ზრდის ტემპი	9	1
9	შობადობის ზრდა	9	1
10	მოსახლეობის მიგრაციის ტემპი	3	-1
11	ერთ სულ მოსახლეზე საცხოვრებელი ფართობის წილი (მ ²).	7	1
12	ქალაქის მოსახლეობის წილი (%).	6	-1
13	ქალაქის მოსახლეობის ზრდის ტემპი	2	-1
14	მოსახლეობის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა	7	1
15	სამეწარმეო საქმიანობა (%).	8	1
16	ერთ სულ მოსახლეზე შიდა ნაციონალური პროდუქტი %.	9	1
17	მომსახურების და პროდუქციის იმპორტი %.	4	-1
18	ეკონომიკური განვითარება %.	7	1
19	ნაციონალური პროდუქტის წილი ერთ სულ მოსახლეზე	9	1
20	შიდა ნაციონალური პროდუქტის საექსპორტო წილი (%).	8	1
21	ინვესტიციის წილი %.	7	1
22	სიღარიბის ზღვარს ქვემოთ მცხოვრები მოსახლეობა გვაღვიან ადგილებში (%)	2	-1
23	ეკოსისტემების მართვა, გაუდაბნოების და გვაღვის წინააღმდეგ ბრძოლა	7	1
24	მდგრადი განვითარების ნაციონალური სტრატეგიის არსებობა	9	1
25	გადაწყვეტილების მიღების სტრუქტურა	8	1

ცხრილი 1. ფაქტორზე სასურველი ცვლილებების ტენდენციების განმსაზღვრელი ცხრილი.

ცხრილში “მნიშვნელოვნება” მნიშვნელობები დადგინდა ექსპერტების შეფასებით 1-10-მდე შუალედიდან, “ფაქტორების ცვლილებების შეფასება” კი განისაზღვრა თვით ამ ფაქტორის მიხედვით, თუ საჭიროა ფაქტორის მნიშვნელობის გაზრდა იგი 1-ის ტოლია, თუ მისი მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს -1-ია. ყოველივე აღნიშნულის გათვალისწინებით აგებული იქნა მმართველი ზემოქმედების ეფექტურობის დიაგრამა. რომლის ფრაგმენტი მოცემულია ნახ.2-ზე



ნახ.2 მმართველი ზემოქმედების ეფექტურობის დიაგრამა

დიაგრამის ფრაგმენტიდან (ნახ.2) ჩანს, რომ მთავარ მიზანზე - რეგიონის მდგრად განვითარებაზე ზოგიერთი ფაქტორი (15, 21, 24) მოქმედებს დადებითად, ზოგიერთი კი – უარყოფითად (მაგალითად 16).

რეგიონის მდგრადი განვითარების ორგანიზაციული სისტემის ეფექტურად მართვის მოდელის შემუშავება

ა. ფრანგიშვილი, მ. მაჭარაძე, ზ. გახიტაშვილი, მ. კიკნაძე

რეზიუმე

რეგიონულ განვითარებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს რეგიონული ეკონომიკა. რეგიონული განვითარება ხასიათდება რეგიონული განვითარების ფაქტორებით. იმისთვის, რომ შესწავლილი იყოს რეგიონული განვითარების მართვის პრობლემები, საჭიროა შესწავლილი იქნას რეგიონული განვითარების ფაქტორების (ინდიკატორების) გავლენის ხარისხი რეგიონული განვითარების მახასიათებელ კრიტერიუმებზე. რეგიონული განვითარების კრიტერიუმების რაოდენობა ძალზედ ბევრია, იმიტაციურ ექსპერიმენტში მიიღება შესასწავლი სცენარების დიდი რაოდენობა.

ნაშრომი მიზნად ისახავს შეიმუშაოს რეგიონული განვითარების ფაქტორების სივრციდან მაღალი მნიშვნელობის (გავლენის ხარისხის მქონე) ფაქტორთა ქვესივრცე, რომელიც გახდება საბაზისო, შემდეგ კი მის საფუძველზე შესწავლილი იქნება რეგიონული განვითარების ეკონომიკა, რაც მეტად აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. აღნიშნული საკითხების შესასწავლად ეფექტურად გამოიყენება სოციალურ-ეფექტური სიტუაციების მოდელირება. ნაშრომში განხილულია სწორედ მოდელის შედგენის და მასზე სხვადასხვა სახის ექსპერიმენტების საშუალებით ეკონომიკური მდგრადობის შესწავლის საკითხები.

WORKING OUT OF A MODEL OF AN EFFECTIVE MANAGEMENT OF ORGANIZATIONAL SYSTEM OF THE REGION'S SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A. PRANGISHVILI, M. MACHARADZE, Z. GASITASHVILI, M. KIKNADZE

Summary

Regional economics considerably determines the regional development. Regional development is characterized by factors of such development. Therefore, in order to determine the problems of management of regional development, degree of impact of factors (indicators) of regional development on the criteria of regional development should be studied. Criteria of regional development are many, so we have inconceivably large range of scenarios in simulated experiment. The work tries to develop the sub-range of factors with high magnitude (high degree of impact) from the range of factors of regional development. This sub-range will be the basis for studying economics of regional development and it's very actual problem. Simulation of social-political situations is effectively used for studying these problems. The work considers the tasks of modeling and studying economical sustainability on the basis of control impact and different types of experiments.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

М. МАЧАРАДЗЕ, З. ГАСИТАШВИЛИ, М. КИКНАДЗЕ

Резюме

Региональная экономика значительно определяет региональное развитие. Региональное развитие характеризуется факторами регионального развития. Для изучения управления проблемами регионального развития, необходимо изучить факторы (индикаторы) регионального развития, степень влияния регионального развития характерных критериев. Исходя из того, что количество критериев регионального развития очень большое, в имитационном эксперименте формируется необыкновенно большое пространство изучаемых сценариев. Работа ставит перед собой цель разработать подпространство факторов высокого значения (имеющих степень влияния) из пространства факторов регионального развития, которое станет базовым, на основе которого будет изучена экономика регионального развития, что является актуальной задачей. Для изучения выше перечисленных задач, эффективно используется моделирование социально-политических ситуаций, в работе рассматриваются вопросы составления модели и влияние на неё разными экспериментальными способами, а также вопросы изучения экономической устойчивости на основе правящего влияния.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Юдицкий С.А. Владиславлев П.Н Основы предпроектного анализа организационных систем. М. «Финансы и статистика». 2005
2. Владиславлев П.Н. Выбор оптимального сценария поведения организационных систем // «Управление большими проектами». Сборник трудов. Под ред. Д.А. Новикова ИПУ РАН, М.: 2005,
3. Губко М.В.Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М. СИНТЕТ. 2002 .

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენება საარჩევნო პროცესში

ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინიშვილი, ნ. კირკიტაძე, ზ. მაცაბერიძე
limn54@gmail.com

ნებისმიერი დანიშნულების და დონის საარჩევნო კამპანია მოიცავს ორ მთავარ ეტაპს:

- საარჩევნო სიების მომზადება;
- ხმის მიცემის პროცესი.

იმის შესახებ, თუ როგორ „ებრძვის“ ბიომეტრია საარჩევნო კამპანიის ორივე ეტაპზე არსებულ მანკიერ მხარეებს, მრავალი შრომა არსებობს, რითაც დასტურდება, რომ ბიომეტრიის გამოყენება საარჩევნო პროცესებში უდავოდ მოიტანს დადებით შედეგებს.

ბიომეტრიული არჩევნები წარმოადგენს ელექტრონული არჩევნების (e-Voting) [1] განვითარებას და საშუალებას იძლევა ამომრჩევლის იდენტიფიცირება მოხდეს უფრო მაღალი ალბათობით, ვიდრე ტრადიციული საიდენტიფიკაციო საშუალებებით (პლასტიკური ბარათი, ID მოწმობა, პაროლი და ა.შ.), რამდენადაც დღეისათვის პიროვნების იდენტიფიცირების საუკეთესო მეთოდად მიჩნეულია ბიომეტრიული კონტროლის გამოყენება [2].

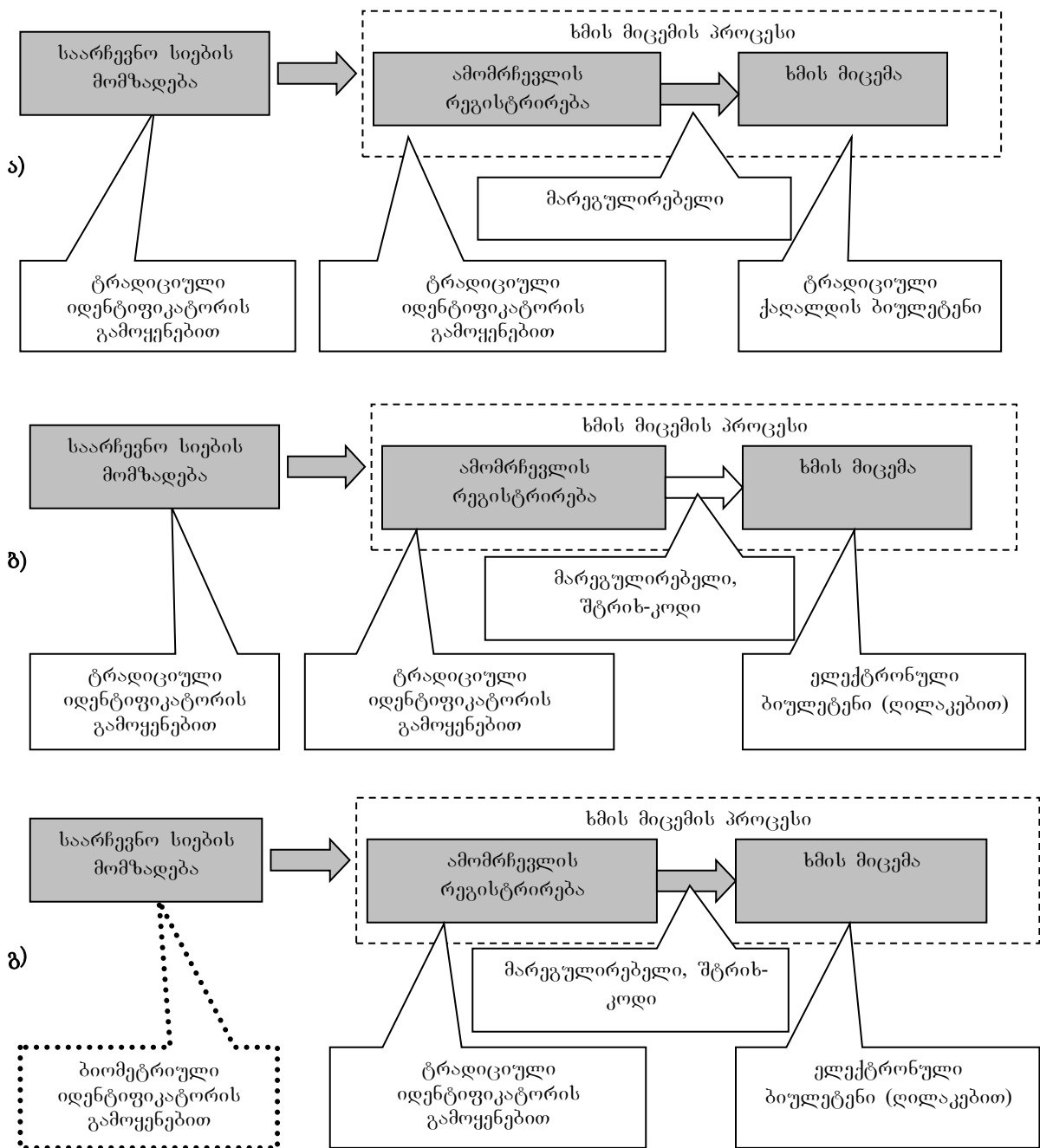
თავის მხრივ, ელექტრონული არჩევნები გულისხმობს კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებას ხმის მიცემის პროცესში (საარჩევნო სიების მომზადება თავისთავად გულისხმობს ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებას), რაც პირველ რიგში გამოიხატება სპეციალიზებული კომპიუტერული ალგორითმების გამოყენებაში. უახლოეს წლებში მოსალოდნელია საარჩევნო პროცესში ინტერნეტ ტექნოლოგიების ფართო გამოყენებაც, რისი პრეცედენტებიც უკვე არსებობს.

განვიხილოთ მსოფლიოში არსებული საარჩევნო სისტემები, რომელთა მუშაობის სქემები (პროტოკოლები) წარმოდგენილია ნახ.1-ზე. თავიდანვე უნდა ვთქვათ, რომ საარჩევნო სიების მომზადება ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე, დღეს მსოფლიოში არსად ხდება: ეს უკვე დროის მოთხოვნაა.

ნახ.1, ა-ზე წარმოდგენილია ტრადიციული საარჩევნო სისტემის სქემა, სადაც ყველა ეტაპზე მოქმედებს ადამიანის (პერსონალის) ფაქტორი. საარჩევნო სიის შედგენისას ადამიანი ახდენს ამომრჩევლის იდენტიფიცირებას, სიაში შეტანას და შემდეგ საარჩევნო სიის გადამოწმებას. ხმის მიცემის მომენტში ამომრჩევლის რეგისტრირებისას მის იდენტიფიცირებას და ყველა შემდგომი პროცედურის რეგულირებას, ამომრჩევლის მიერ საარჩევნო ბიულეტენის საარჩევნო ურნაში ჩაშვებამდე და შემდეგ ხმების დათვლას და არჩევნების შედეგების დაჯამებას ახდენს ასევე ადამიანი. რომ არაფერი ვთქვათ ასეთი სქემის გამოყენებისას დროით და მატერიალურ დანახარჯებზე, არჩევნების შედეგებზე აუცილებლად იქონიებს უარყოფით გავლენას ადამიანის ფაქტორთან დაკავშირებული სუბიექტური და ობიექტური ფაქტორები.

როცა ვსაუბრობთ ელექტრონულ არჩევნებზე, დღეისათვის მსოფლიოში მოქმედებს ნახ.1, ბ-ზე წარმოდგენილი სქემა, სადაც ამომრჩევლის მიერ ხმის მიცემის პროცესში და შემდგომ ეტაპებზე უკვე გამორიცხულია ადამიანური ფაქტორი, რაც, ცხადია, დადებითად აისახება არჩევნების შედეგებზე. მაგრამ, აღნიშნული სქემა ვერ არეგულირებს საარჩევნო სიებში ამომრჩეველთა დუბლირების საკითხებს და გაყალბებას ხმის მიცემის პროცესში ამომრჩევლის რეგისტრირების ეტაპზე.

დღეისათვის ფართო დისკუსიის საგანია საარჩევნო პროცესში ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენება, არის უკვე ექსპერიმენტებიც და რეალური გამოყენების პრეცედენტებიც. უპირველეს ყოვლისა, ეს ეხება ბიომეტრიის გამოყენებას საარჩევნო სიების მომზადებისას, რომელიც ხელს უწყობს მის გაჯანსაღებას. ამ სისტემის სქემა ნაჩვენებია ნახ.1, გ-ზე.



ნახ.1. მოქმედი საარჩევნო სისტემების სქემები: ა) ტრადიციული საარჩევნო სისტემა, ბ) საარჩევნო სისტემა ელექტრონული ბიულეტენის გამოყენებით, გ) საარჩევნო სისტემა ბიომეტრიული იდენტიფიკატორის გამოყენებით

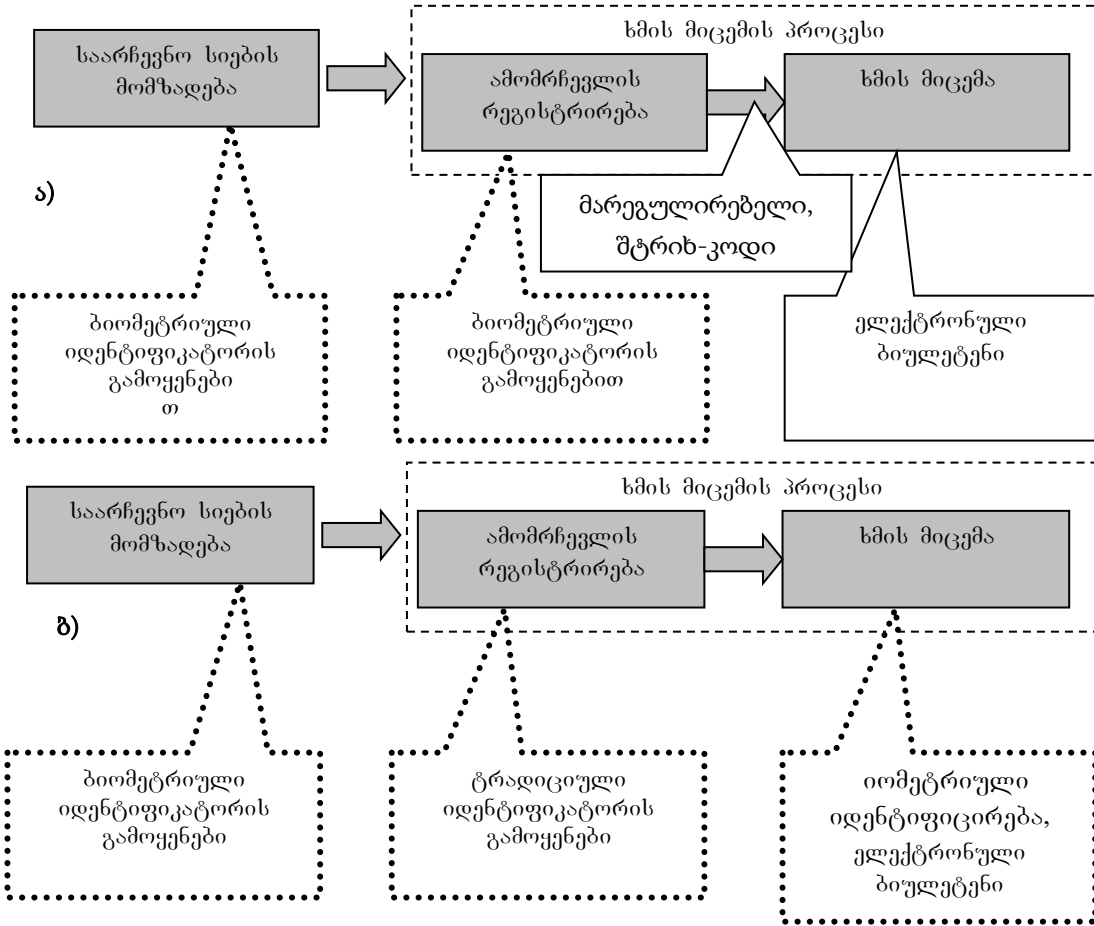
არსებული წყაროების და რეალური საარჩევნო სისტემების ანალიზი აჩვენებს, რომ არსებული მექანიკური და ელექტრონული ხმის მიცემის მანქანები ხმის მიცემის პროცესში არ ესებიან (უფრო სწორად, ვერ ესებიან) ამომრჩეველთა იდენტიფიცირების პროცესს. ამ მანქანებით საარჩევნო პროცესის წარმართვისას ამომრჩეველთა იდენტიფიცირება ხდება ტრადიციული გზით - ამომრჩევლის საიდენტიფიკაციო დოკუმენტის გამოყენებით. აქვე

უნდა აღვნიშნოთ, რომ გაყალბების კუთხით ამომრჩეველთა იდენტიფიცირების პროცესის გაკონტროლება ისევე მნიშვნელოვანია, როგორც უშუალოდ ხმის მიცემის პროცესი.

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა, რომ ხმის მიცემის პროცესში კონტროლს დაქვემდებარებოდა როგორც ამომრჩეველთა იდენტიფიცირების, ასევე ხმის მიცემის პროცესი. თუმცა შესაძლებელია გვექონდეს შერეული სქემაც, როცა საარჩევნო უბანზე ამომრჩევლის რეგისტრირება ხდება ბიომეტრიულად და ხმის მიცემა სხვა საშუალებით, მაგალითად ბიულეტენის სკანირებით.

აქ არ მოვიტანთ ტრადიციული თუ ელექტრონული საარჩევნო სისტემების კრიტიკულ ანალიზს. აღვნიშნავთ მხოლოდ მათ ძირითად ნაკლს - პროცესის და შედეგების გაყალბების შესაძლებლობას. ამ ძირითადი ნაკლის გამოსწორება შესაძლებელია ბიომეტრიული მეთოდების გამოყენებით. ამასთან, ბიომეტრიული სისტემების დახვეწასთან და გაიაფებასთან ერთად ბოლო პერიოდში კიდევ უფრო მეტად გაიზარდა მათი ხმის მიცემის პროცესში გამოყენების ინტერესი.

შემოთავაზებულია საარჩევნო სქემა (ნახ.2,ბ), რომელიც ყველა ეტაპზე იყენებს ბიომეტრიულ ტექნოლოგიას. როგორც ვხედავთ, საარჩევნო პროცესის მთელი ციკლიდან გამორიცხულია ადამიანის ფაქტორი. შეიძლება ითქვას, რომ საარჩევნო პროცესს



ნახ.2. ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის სქემები: ა) ხმის მიცემისას რეგისტრირების ეტაპზე ბიომეტრიული კონტროლით, ბ) ხმის მიცემისას სრული ბიომეტრიული კონტროლით

მთლიანად წარმართავს თვითონ ამომრჩეველი. საარჩევნო სიების ფორმირებისას ბიომეტრიის გამოყენება საშუალებას იძლევა ცალსახად იქნას იდენტიფიცირებული

ამომრჩეველი და გამორიცხულ იქნას საარჩევნო სიების დუბლირება. ამომრჩეველის რეგისტრირების ეტაპზე ბიომეტრიული იდენტიფიცირება გამორიცხავს მომსახურე პერსონალის ფაქტორს და ამ ეტაპისათვის დამახასიათებელ მანკიერ მხარეებს (მაგალითად, ე.წ. კარუსელს). ხმის მიცემის ეტაპზე ბიომეტრიის გამოყენება გამორიცხავს მარეგულბლების არსებობას და შტრიხ-კოდის გამოყენებას. ამ უკანასკნელის სქემიდან ამოგდება ამარტივებს და აიაფებს საარჩევნო პროცესს.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში დამუშავდა და რეალიზებული იქნა დაქტილოსკოპიური ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემა [3], რომელიც ფუნქციონირებს ნახ.2.ბ-ზე მოტანილი სქემის მოდიფიცირებული ვარიანტით (ნახ.2.ა). ცხადია, რომ ეს სქემა წინგადადგმული ნაბიჯია არსებულ მოქმედ სქემებთან შედარებით, მაგრამ კომპრომისულია ნახ.2.ბ სქემასთან შედარებით. როგორც ვხედავთ, სქემის მიხედვით ხმის მიცემის ეტაპზე ბიომეტრია არ გამოიყენება, რაც განპირობებულია რიგი ფაქტორებით და განსაკუთრებით ამომრჩეველთა მენტალობით. რეალიზებული ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემა (ნახ.2.ა) გამოყენებული იქნა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში 2012 წელს ჩატარებული დეკანების არჩევნებში, რომელიც ერთდროულად ჩატარდა ყველა ფაკულტეტზე. ჩატარებულმა მაშტაბურმა საარჩევნო პროცესმა აჩვენა ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის მაღალი ეფექტურობა. იგი სრულიად აკმაყოფილებს საარჩევნო სისტემებისადმი წაყენებულ საზოგადოდ ცნობილ მოთხოვნებს [4] ხმის მიმცემი სუბიექტის კონტროლის, ანონიმურობის, კონტროლის უნივერსალურობის, არადადასტურებადობის და სხვა თვალსაზრისით. ამასთან, წარმოჩინდა ტექნიკური და ორგანიზაციული პრობლემური საკითხები, რომლებიც თან სდევს ბიომეტრიულ არჩევნებს.

პრობლემების ჩამონათვალი, რომელთა გადაწყვეტაც ბიომეტრიულ არჩევნებში აუცილებელია, საკმაოდ გრძელია:

- „ფსიქოლოგიური პრობლემა“ (ამომრჩეველებს აქვთ ელექტრონული საარჩევნო სისტემებისადმი უნდობლობა, რაც განსაკუთრებით ვლინდება ბიომეტრიული სისტემის შემთხვევაში);

- „პრობლემური თითების“ პრობლემა (სისტემა ფუნქციონირებს დაქტილოსკოპიური ბიომეტრიული მანკელებლით, რომელიც ამომრჩეველთა მცირე პროცენტს აქვს დაბალი ხარისხის. ამიტომ, საჭირო ხდება მულტიბიომეტრიული მეთოდების გამოყენება);

- სისტემის ტექნიკური საიმედოობა, ინფორმაციის დაცვის პრობლემა;
- საკანონმდებლო პრობლემები;
- ენერგეტიკული პრობლემა;
- სისტემის ტესტირების პრობლემა და სხვა.

ბიომეტრიული საარჩევნო პროცესების შედეგებზე დაყრდნობით გაკეთდა ტრადიციული და ბიომეტრიული ხმის მიცემის ტექნოლოგიების შედარებითი ანალიზი, რომელიც მოტანილია ნახ.3-ზე [3].

განსაკუთრებით ყურადსაღებია ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხი, რამდენადაც ინფორმაციული უსაფრთხოების პრობლემის მოუგვარებლობამ შეიძლება საერთოდ ეჭვის ქვეშ დააყენოს ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემების მომავალი. მექანიკური ხმის მიცემის მანქანის, რომელიც ელექტრონული საარჩევნო სისტემების განვითარების პირველ ეტაპზე გამოიყენებოდა, ბერკეტი შეუძლებელია დავირუსებული იქნას. მექანიკურ მანქანაზე ნებისმიერი არასასურველი მანიპულაცია აისახება მხოლოდ ამ მანქანის შედეგებზე. ამასთან, ასეთი მანიპულაცია შეუიარაღებელი თვალთ უფრო შესამჩნევია, თანაც, ამისათვის ნაკლებადაა საჭირო სპეციალისტებიც. მექანიკური მანქანის ბერკეტის „გადაპროგრამირება“ არჩევნების წინ ბოლო მომენტში ვერ მოხდება. მათში არ შეიძლება იყოს დამალული სხვა პროგრამა და ა.შ. განსხვავებით მექანიკური ხმის მიცემის მანქანებისაგან, პროგრამულად მართვად სისტემაში ინფორმაციული უსაფრთხოების პრობლემები მეტია. ის შეუძლებელია სერტიფიცირებული იქნას სიზუსტეზე არჩევნების ორგანიზატორის (სტრუქტურული ერთეული, რომელიც ატარებს არჩევნებს) მიერ. ამისთვის მას არ გააჩნია სათანადო კომპეტენცია (თუმცა ეს საკითხი მოგვარებადია) და, რაც მთავარია, არ აქვს ამის უფლებამოსილება, რამდენადაც სისტემა არის მწარმოებლის საკუთრება და მისი

პროგრამული უზრუნველყოფა განეკუთვნება კომერციულ საიდუმლოებათა სფეროს. უფრო მეტიც, ზოგიერთ შემთხვევაში არჩევნების ორგანიზატორსა და მწარმოებელს შორის დადებული ხელშეკრულება უკრძალავს არჩევნების ორგანიზატორს მასში ჩახედვასაც კი, რაც ითვლება ხელშეკრულების პირობების დარღვევად. ცხადია, ასეთი რამ ბერკეპტიანი მექანიკური მანქანის შემთხვევაში არ ხდებოდა. ამასთან, ელექტრონული სისტემების შემთხვევაში, ამომრჩევლისათვის მიმდინარე პროცესები ნაკლებად დაკვირვებადი ხდება, რაც მასში აძლიერებს ეჭვებს ელექტრონული საარჩევნო სისტემის მიმართ.

ერთი შეხედვით შეიძლება პესიმისტური დასკვნა გავაკეთოთ: ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად საზოგადოება გადადის უფრო დახურულ, უფრო სარისკო და ნაკლებად დემოკრატიულ საარჩევნო სისტემაზე. მიუხედავად ამისა, ელექტრონული სისტემების ხიბლი (სისწრაფე, სიზუსტე, სიიარაღე, გამოყენების მოხერხებულობა და ა.შ.) მაინც მაღალია და განვითარებული თუ განვითარებადი ქვეყნები ერთდროულად ცდილობენ საარჩევნო პროცესში ელექტრონული ტექნოლოგიების დანერგვას.



ნახ. 3. ტრადიციული და ბიომეტრიული ხმის მიცემის ტექნოლოგიების შედარებითი ანალიზი

დასკვნის სახით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ბიომეტრიულ ტექნოლოგიებს უდავო უპირატესობა აქვთ ტრადიციულთან შედარებით საარჩევნო პროცესის ფუნქციური საიმედოობის (გაყალბებისადმი და პროცესის შედეგებში ჩაურევლობისადმი მედეგობის), გამტარუნარიანობის და მატერიალური დანახარჯების თვალსაზრისით. მიუხედავად პრობლემებისა, მსოფლიოს დიდი ნაწილი უკვე იყენებს ელექტრონულ საარჩევნო

სისტემებს და ამ პროცესს აქვს შეუქცევადი ხასიათი. ბიომეტრიული არჩევნების იდეა უკვე პრაქტიკულად იკიდებს ფეხს და საჭიროა ამ მიმართულებით კვლევა-ძიების გაძლიერება, განსაკუთრებით კი სუბიექტის ბიომეტრიული იდენტიფიცირების საიმედოობის ამაღლების, საიმედო საარჩევნო პროტოკოლების შექმნის და ინფორმაციული უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენება საარჩევნო პროცესში

ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ნ. კირკიტაძე, ზ. მაცაბერიძე

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია ელექტრონულ საარჩევნო სისტემებში ბიომეტრიის გამოყენების უპირატესობები და პრობლემები. შემოთავაზებულია ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის პერსპექტიული პროტოკოლი. გაანალიზებულია ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის კონკრეტული გამოყენების შედეგები.

APPLICATION OF BIOMETRIC TECHNOLOGIES IN THE ELECTORAL PROCESSES

A.PRANGISHVILI, L.IMNAISHVILI, M.BEDINEISHVILI, N.KIRKITADZE, Z.MATSABERIDZE

Summary

The paper presents the advantages and problems of using biometrics in electoral election systems. Perspective protocol of biometric election system is proposed in the work. Results are analyzed by using a biometric election system.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫБОРНЫХ ПРОЦЕССАХ

А.ПРАНГИШВИЛИ, Л.ИМНАИШВИЛИ, М.БЕДИНЕИШВИЛИ, Н.КИРКИТАДЗЕ, З.МАЦАБЕРИДЗЕ

Резюме

В статье представлены преимущества и проблемы применения биометрии в электронных системах голосования. Предложен перспективный протокол биометрической системы голосования. Проанализированы результаты конкретного применения биометрической системы голосования.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. History of e-Voting. Modern Democracy Magazine. 1/2011, pp. 8,9.
2. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტიტვინიძე ა. ბიომეტრია: მითები და რეალობა. //ბიზნეს-ინჟინერინგი, №1, 2012, გვ. 43-50.
3. ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ძნელაძე გ. ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წ. შრომები, ტომი 2, 2012 წ. გვ. 106-114.
4. <https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=778189>.

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის (№ AR/183/4-100/13) ფარგლებში. წამყვანი ორგანიზაცია – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.

**ინფორმაციის გარდაქმნის თანამედროვე პრინციპების გამოყენება
სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების
გადასაწყვეტად**

ო. ლაბაძე, ნ. ჰაველაშვილი

olabadze@gmail.com

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

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

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

მათ რიცხვს მიეკუთვნება :

1. სამპოზიციური (სამხედური) ინფორმაციის ამსახველი და პერიოდულად ცვლადი უკონტაქტო ელექტრომაგნიტური მართვის ინდიკატორი;
2. ფართო დიაპაზონში მართვადი დიდი მუდმივი დენის წყარო;
3. სამკოორდინატული ურთიერთინდუქციური გამზომი გარდამქმნელი, რომელიც უზრუნველყოფს რობოტოტექნიკური მოწყობილობების მოძრავი ნაწილების მართვას;
4. გადაწყობადი სინქრონული გენერატორის აგების მართვის სისტემა;
5. შეთავსებული და რეგულირებადი მრავალარხიანი მიმღემ-გადამწოლი ანტენა.

მიმდინარე თემა 1:

“სამპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის მიკროპროცესორული სისტემის დამუშავება და გამოკვლევა”

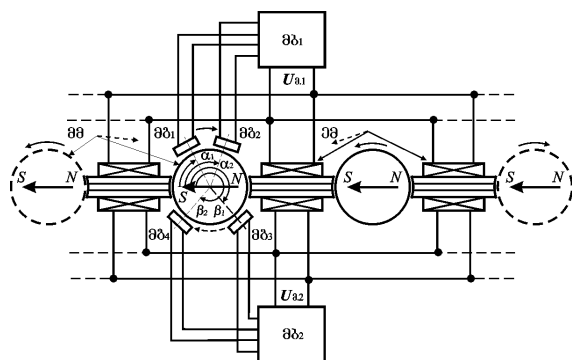
1. თემის მოკლე აღწერა. არსებული ორ-და სამხედური ინფორმაციის ამსახველი მოწყობილობები, რომლებშიც წინასწარ მოცემული დროის შუალედის გავლის შემდეგ ხედური ინფორმაციები პერიოდულად ენაცვლებიან ერთმანეთს, მართვა ხორციელდება მექანიკური, ერთმანეთთან კინემატიკურად დაკავშირებული საშუალებების გამოყენებით.

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

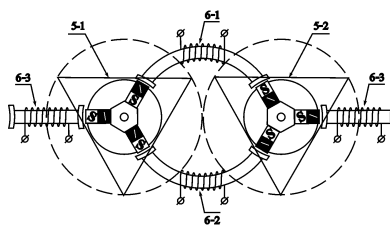
ნაკლოვანებების რიცხვს მიეკუთვნება: აუცილებელი კინემატიკური კავშირი, ანუ ის, რომ მექანიკური, ცალსახა და მჭიდრო მექანიკური კონტაქტის გარეშე მისი ფუნქციონირება შეუძლებელია; ინფორმაციის განახლების (შეცვლის) და პერიოდულობის შუალედები პირდაპირ დაკავშირებულია მბრუნავი საერთო ღერძის კუთხურ სიჩქარეზე და შერჩეული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

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

ორ და სამპოზიციური ხედური ინფორმაციის მართვის სისტემების აგების საშუალებები მოყვანილია ნახ. 1 და ნახ. 2-ზე, შესაბამისად:



ნახ. 1.



ნახ. 2

ორპოზიციური ადაპტური მართვის განხორციელების სტრუქტურული სქემა მოყვანილია ნახ.1 [1], ხოლო სამპოზიციური ინდიკატორის ნახ.2 ბრუნვის მართვის ძირითად ელემენტი და მართვის სიგნალების დიაგრამები მოყვანილია [2]. მართვა ხორციელდება ლოგიკურად დადგენილი და დროში თანმიმდევრულად განთავსებული იმპულსური სიგნალების ზემოქმედებით მუდმივი მაგნიტებისაგან შედგენილ მბრუნავ ელემენტებზე.

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

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

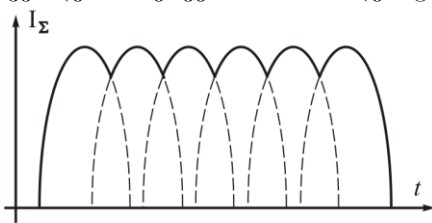
3. გამოყენების სფეროები. თემის დასრულების შემდეგ შეიქმნება დამუშავებული მართვის სისტემის დოკუმენტაცია და მუშა მდგომარეობაში მყოფი მაკეტი იდენტური, მაგრამ თითოეულ სიბრტყეში ერთხელეული ინფორმაციის ამსახველი მოძრავი ელემენტებით, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება მართვის საშუალება.

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

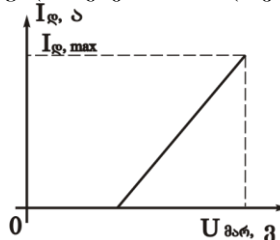
მიმდინარე თემა 2 :

ფართო დიაპაზონში მართვადი დიდი მუდმივი დენის წყარო

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



ნახ.3



ნახ.4

ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილების მიმდევრობით [3]. ოპტორისტორებში გამავალი დენი იქნება მცირე სიდიდის, რაც გამორიცხავს სიმძლავრის მნიშვნელოვან დანაკარგებს და, ამასთან, საშუალებას იძლევა ფართო დიაპაზონში უწყვეტად იცვლებოდეს გამოსავალი დენი. ამასთან, ოპტორისტორების გამოყენება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ დიდი მუდმივი დენის წყაროს - კალიბრატორის ავტომატიზაცია.

2. მოსალოდნელი შედეგები. წარმოდგენილი პროექტის შესრულების შედეგად დამუშავდება და შეიქმნება მუდმივი დიდი დენის ოპტოტრისტორული წყარო – კალიბრატორი, რომელიც გამოიყენება დიდი დენის რეგელებისა და მოწყობილობების დაკალიბრებისათვის ელმავლების, საგლინავი დგანების ამძრავებისათვის და დიდი მუდმივი დენის მომხმარებლის სატრანსპორტო საშუალებებზე (მაგ. მეტროპოლიტენი).

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

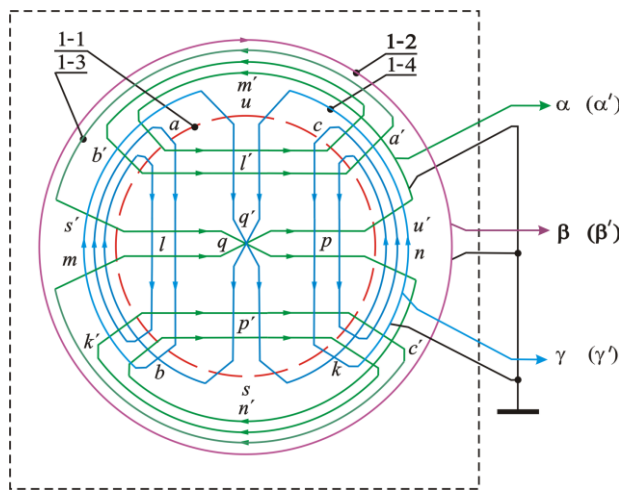
ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე უზრუნველყოფილი იქნება ეკონომიური მანქნებლების გაზრდა, რაც პირდაპირ არის დაკავშირებული მოხმარებელი დენის სიდიდეზე, რაც განაპირობებს მომხმარებლის (ძრავები, დაზგა-დანადგარები და სხვა ხელსაწყოები) ნორმალური ფუნქციონირების რეჟიმის შენარჩუნებას.

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

დასამუშავებელი თემა 1:

სამკოორდინატული ნახევარსფერული ურთიერთინფორმაციური პირველადი გარდაქმნის დამუშავება მოძრავი რობოტოტექნიკური დანადგარებისათვის

1. თემის მოკლე აღწერა. წინა წლებში, ინსტიტუტის მიერ ჩატარებულმა კვლევითმა სამუშაოებმა გამოკვეთილად დაგვანახა, რომ იდენის ბოლომდე განსახორციელებლად საჭიროა მრავალი ამოცანის გადაჭრა [4,5]. მათ რიცხვს მიეკუთვნება: ღრუ ნახევარსფერულ ზედაპირზე გამზომი მავთულების არაგადამკვეთი სივრცული განთავსება; აღმგზები და მიმღები გამზომი გრაგნილების მავთულების ბეჭდითი დატანის მეთოდის გამოყენება; გამომავალი მახასიათებლების მაქსიმალურად გაწრფივება და მისი მკონობიარების გაზრდა არა მარტო აღმგზინები გრაგნილების რაოდენობის გაზრდით, არამედ განსხვავებული სიხშირეების გამოყენებით; გაბარიტული ზომების შემცირება და მოძრავი და უძრავი ნაწილების საიმედო შეთავსება.



ნახ. 3

ბიარების გაზრდა არა მარტო აღმგზინები გრაგნილების რაოდენობის გაზრდით, არამედ განსხვავებული სიხშირეების გამოყენებით; გაბარიტული ზომების შემცირება და მოძრავი და უძრავი ნაწილების საიმედო შეთავსება.

2. მოსალოდნელი შედეგები. ახალი გადაწყვეტილების დამუშავების საფუძველზე გადაიჭრება მნიშვნელოვანი ტექნიკური ამოცანები, მათ შორის: გამომავალი მახასიათებლების გაწრფივება; გამზომი გრაგნილების ცალკეული მავთულების ურთიერთგადაკვეთის თავიდან აცილება; ღრუ ნახევარ სფეროზე გამზომი გრაგნილების ისეთი განლაგება,

რომ შესაძლებელი გახდება, მაგალითად, რობოტის მოძრავი სახსრის ადგილმდებარეობის როგორც განსაზღვრა, ასევე დაფიქსირება.

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

დასამუშავებელი თემა 2:

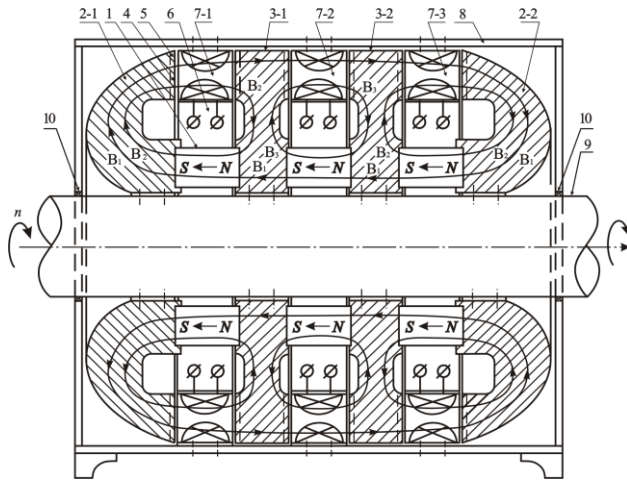
მრავალფუნქციური, გადაწყობადი, სინქრონული, რეზულირებადი და მცირეზაზარითული ბენეპატორი

1. თემის მოკლე აღწერა. არსებული სინქრონული გენერატორები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მუდმივი მაგნიტების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის სივრცული

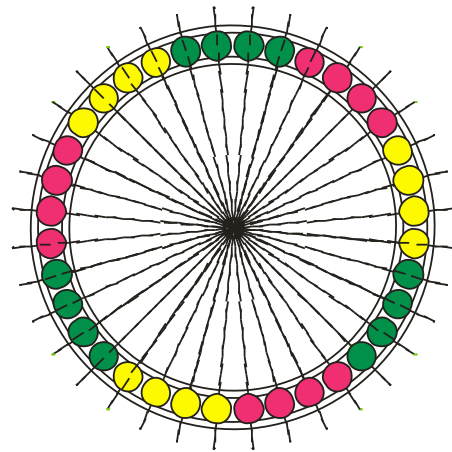
გადანაწილების ხერხებით. ძირითადად გამოიყენება რადიალური სახის ველის შექმნა რომელიც იკვრება გარსაცმის გამოყენებით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის გაბარიტებს და იწვევს მაგნიტის მაგნიტური ენერჯის ნაწილობრივ, არასრულ გამოყენებას და მის გაბნევას.

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

ნახ. 5-ზე მოყვანილია სინქრონული გენერატორის აგების მოწყობილობა [6] მისი დამზადების ხერხი [7]



ნახ. 4



ნახ. 5

2. მოსალოდნელი შედეგები. შესაძლებელი გახდება აწყოობადი და გადაწყობადი გენერატორის რეალური მაკეტის განხორციელება, რაც უმეტეს შემთხვევაში იძლევა მის გამოყენების სფეროს გაფართოების საშუალებას.

3. გამოყენების სფეროები. ნებისმიერი საველე, მაგალითად, ქარაგრეგატები, საპაერო, წყალზედა და წყალქვეშა ავტონომიურად მოძრავი ან უძრავი საშუალებები და სხვა სოფლის მეურნეობის, მეტალურგიული და მანქანათსამშენებლო ქარხნები.

დასამუშავებელი თემა 3:

მრავალარხიანი, ურთიერთინდუქციური, რეზულირებადი, შეთავსებადი, გადაწყობადი და მცირეგაბარიტული სიბნელის მიმღებ-გადამწოდი ანტენა

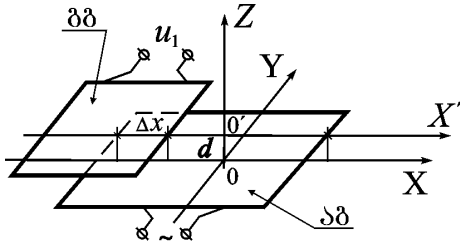
1. თემის მოკლე აღწერა. დღეს ცნობილი და მოქმედი მიმღებ-გადამწოდი ანტენები სტაციონარული ტიპისაა, ანუ მათი ელექტრომაგნიტური რხევების აღმზნები და მიმღები კოჭების გრაგნილები ერთმანეთის მიმართ განლაგებულია უცვლელად, რაც ზღუდავს ხელსაწყოს გამოყენების სფეროს და ფუნქციურ შესაძლებლობებს, ვინაიდან გადაწყობა ხორციელდება მხოლოდ სიხშირის ცვლილებით [8].

ლაბორატორულ პირობებში ექსპერიმენტულად და თეორიულად დადგენილია, რომ შესაძლებელია შეიქმნას მრავალარხიანი, რეგულირებადი, გადაწყობადი და მცირეგაბარიტული მიმღებ-გადამწოდი ანტენა, რორმელიც გააფართოებს მის ფუნქციურ შესაძლებლობებს და აქედან გამომდინარე მისი გამოყენების სფეროს.

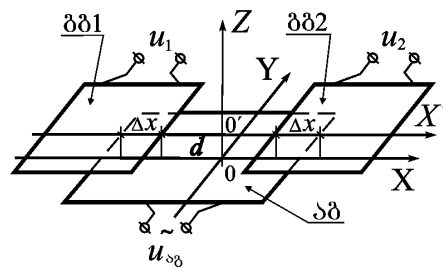
2. მოსალოდნელი შედეგები. თეორიულად და პრაქტიულად დადგინდება ურთიერთინდუქციული ტიპის გადაწყობადი მიმღებ-გადამწოდი ანტენის ფუნქციური შესაძლებლობები. დამზადდება მაკეტი, ჩატარდება ცდები და დადგინდება შესაძლო გამოყენების სფეროები.

3. გამოყენების სფეროები. გადაწყობადი მიმღებ-გადამწოდი ანტენა გამოიყენება იმ სფეროებში, სადაც არის მოთხოვნა მცირეგაბარიტულ, მოქნილ და ადვილად გადაწყობად, მაგალითად, საველე პირობებში, ნაღმების ან აუფეთქებელი ჭურვების ადგილმდებარეობის დასადგენათ, მათი ზომების და სხვა სახის დაკვირვებების

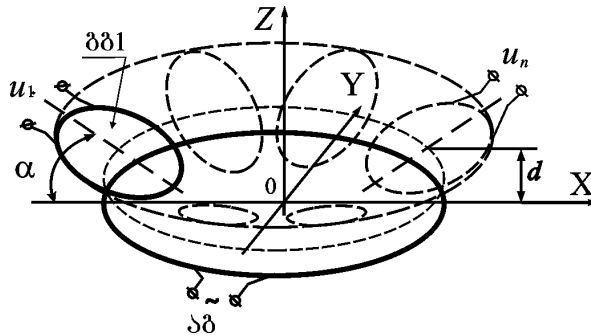
ჩასატარებლად, რადარულ დანადგარებში სიჩქარის გასაზომად და სხვა სახის სამუშაოების ჩასატარებლად.



ნახ. 6



ნახ. 7



ნახ. 8

ინფორმაციის ბარლახმენის თანამედროვე პრინციპების გამოყენება
სხვადასხვა ტიპის დინამიური ობიექტების მართვის ამოცანების
გადასაწყვეტად

ო. ლაბაძე, ნ. კავლავილი

რეზიუმე

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

APPLICATION OF MODERN PRINCIPLES OF TRANSFORMATION
INFORMATION TO SOLVE VARIOUS TYPES OF CONTROL PROBLEMS
OF DYNAMIC OBJECTS

O.LABADZE, N.KAVLASHVILI

Summary

The use of electromagnetic fields to solve various types of problems of dynamic control is discussed in the paper. These include: three-positional contactless indicator renderer of information that changes periodically; controllable varying in a wide range direct current source; control system of resettable brushless synchronous generator; combined and adjustable multi-channel receiver-transmitter antenna.

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

О.ЛАБАДЗЕ, Н.КАВЛАШВИЛИ

Резюме

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

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. ო.ს.ლაბაძე, პ.შ.მანჯავიძე, შ.გ.კიკნაძე. ორპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის პრინციპები, თავისებურებანი და პრობლემები. საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია “ინფორმაციული ტექნოლოგიები მართვაში,” ITC’07, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 10-12.2007წ., ტომი 1, გვ. 65-70.
2. ო.ს.ლაბაძე უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ინდიკატორის მართვის მეთოდი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №17, 2013 წ., გვ. 66-70.
3. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე. დიდი დენის რეგულაციისა და პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევისა და გრადუირებისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №15, 2011 წ., გვ. 111-115.
4. O.Labadze. **INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS.** I.Javaxishvili Tbilisi state University. The IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”, Section № 4 and “Control and Optimization”, Section № 6. Volume III, Azerbaijan, Baku, 12-14 sept., 2012, p.99-100.
5. ო.ლაბაძე. ელექტრომაგნიტური სამკოორდინატიანი გადამწოდი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი” პატენტი P 4703. განცხადებულია 11.12.2006წ., საიდენტიფიკაციო ნომერი 9754/01. გამოქვეყნებულია 10.06.09წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საინფორმაციო ბიულეტენი 2009 წ., №11.
6. ო.ლაბაძე. უკონტაქტო სინქრონული გენერატორის აგების მეთოდი. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №13, 2009 წ., გვ. 100-106.
7. ო.ლაბაძე. ელექტროგენერატორი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი”. პატენტი, P10931. განცხადებულია 10.10.2008 წ., საკანცელარიო № 72558, ს.კლ. H02K 21/00; 21/16, გამოქვეყნებულია, სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საინფორმაციო ბიულეტენში 12.09.2011 წ., № 17, გვ. 12.
8. ო.ლაბაძე, თ.მასხარაშვილი, გ.მადლაკელიძე მიმღებ-გადამცემი ურთიერთინდუქციური ტიპის ანტენების აგების ფიზიკური საფუძვლები, თავისებურებანი და გამოყენების სფეროები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №16, 2012 წ., გვ. 93-98.

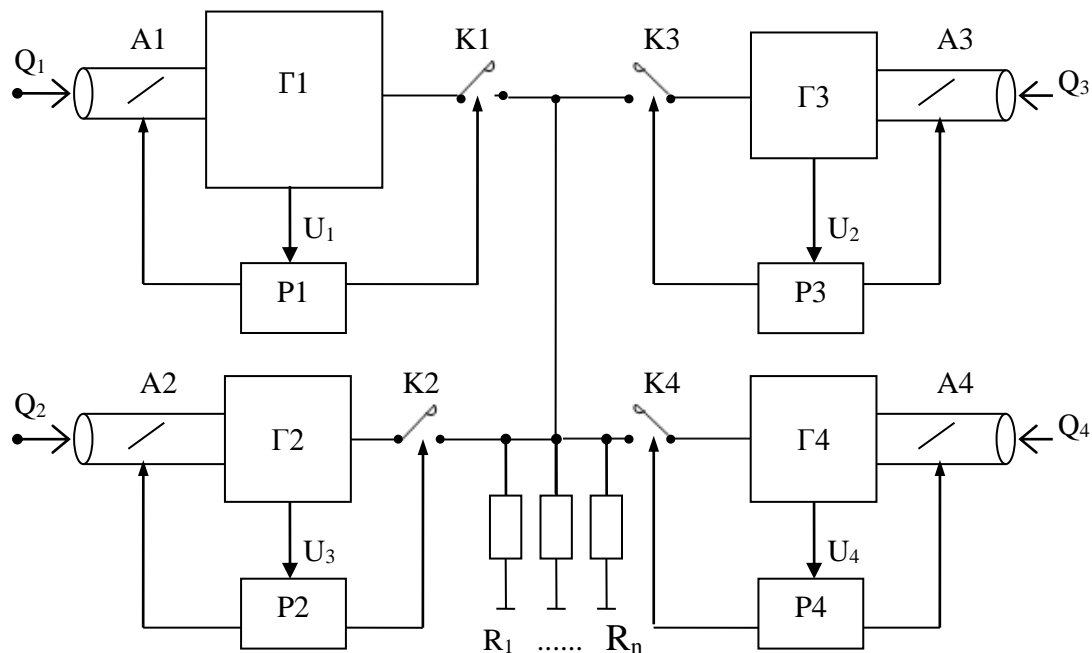
**ჰესებში სისხირისა და ძაბვის რეგულატორების მართვის ალგორითმების
აბჯის საკითხები**
თ. ტროყაშვილი

ავტომატური მართვის სისტემებში მართვის მოწყობილობის პროექტირებისა და აგებისათვის ძირითადად გამოიყენება შეცდომის სიგნალი და მისი წარმოებულები. შესაძლებელია გამოიყენებულ იყოს სამართავი ობიექტისა და შემსრულებელი მექანიზმის სხვა კოორდინატებიც, რომლებიც გარკვეული სახით შეიცავენ ინფორმაციას ობიექტის მდგომარეობის და მასზე მოქმედი გარე ზემოქმედებების შესახებ.

ენერგეტიკულ სისტემებში ჰიდროაგრეგატების მართვაში სისხირის მიხედვით, როგორც წესი, გამოიყენება სისხირის ცდომილება $\Delta f = f_0 - f$ და მისი პირველი წარმოებული და ე.წ. იზოდრომული უკუკავშირი. ძაბვის რეგულატორების მოწყობილობებში გამოიყენება ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრის ცდომილება $\Delta U = U_0 - U$, მისი პირველი წარმოებული, დატვირთვის დენის სიდიდე და ამ დენის სიდიდის ცვლილების სიჩქარე [1, 2].

სისხირისა და ძაბვის რეგულატორების მართვის მოწყობილობები საკმაოდ რთული და ძვირადღირებული აპარატურაა; მათ გამართულ და საიმედო მუშაობაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მიღებული ელექტროენერჯის ხარისხი, გაერთიანებული ქსელის საიმედო ფუნქციონირება, ჰიდროაგრეგატების გაშვება და გაჩერება, და რაც მთავარია, ჰიდროაგრეგატების დაცვა ავარიული რეჟიმების შემთხვევაში.

მძიმე ავარიული რეჟიმების შემთხვევაში გაერთიანებულ ქსელში ჩართული ჰესები, როგორც წესი, უნდა გადავიდნენ უკმ სვლაზე; ეს ფუნქცია უნდა შეასრულონ თითოეული ჰესის ჰიდროაგრეგატების სისხირის (სიჩქარის) რეგულატორებმა, რომლებმაც უნდა გაითიშონ ჰიდროაგრეგატები საერთო ქსელიდან, გადავიდნენ ავტონომიურ რეჟიმში, (გაითიშოს საერთო ქსერიდან) და წყლის ხარჯის შემცირებით ჩამოვიდნენ უკმ სვლაზე, რათა შემდეგში მზად იყონ საერთო ქსელში ჩასართველად. სისხირის რეგულატორების გაუმართავი მუშაობის გამო გაერთიანებული სისტემა შესაძლებელია “დაჯდეს ნულზე”, რაც გულისხმობს ჰესების ჰიდროაგრეგატების სრულ გაჩერებას.



სახ.1

ნახ.1 მაგალითის სახით ნაჩვენებია ოთხი ჰიდროაგრეგატი, რომლებიც გაერთიანებულია K1, K2, K3, K4 ჩამრთველებით საერთო ქსელში. მძიმე ავარიული რეჟიმის შემთხვევაში სისშირის რეგულატორებმა P1-P4, შესაბამისი კონტაქტებით K1-K4 უნდა გაათიშოს ჰიდროაგრეგატები საერთო ქსელიდან და წყლის ხარჯის მიმმართველი აპარატის გადაადგილებით A1-A4, შეამციროს წყლის ხარჯი უქმი სვლის შესაბამისად.

ამრიგად სისშირის რეგულატორებს გარდა ძირითადი ფუნქციისა – არეგულიროს ქსელის სისშირე, გააჩნიათ დაცვის ფუნქციაც. ამიტომ სისტემის მდგრადი მუშაობისათვის მათ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭებათ.

როგორც ცნობილია, სისშირის რეგულატორების მართვის მოწყობილობის ალგორითმის ასაგებად გამოიყენება შეცდომის სიგნალი $\Delta f = f_0 - f$, Δf სიდიდის პირველი წარმოებული და იზოდრომული უკუკავშირი, რომელიც იზომება ჰიდროაგრეგატის მიმმართველი აპარატის მოძრაობის მიხედვით. უნდა აღინიშნოს, რომ იზოდრომული უკუკავშირით მიღებული ინფორმაცია სისშირის ცდომილების Δf სიდიდის პირველი რიგის წარმოებულის ექვივალენტურია.

ზოგადად სისშირის რეგულატორის პროექტირებისა და აგების ამოცანა შესაძლებელია შემდეგნაირად ჩამოვყალიბოთ:

1. მოცემულია ჰიდროაგრეგატის ძაბვის სიდიდე $U = U_0 \sin 2\pi ft$ აქედან ,
2. უნდა განისაზღვროს f ,
3. f -ის მიხედვით უნდა განისაზღვროს სისშირის ცდომილება $\Delta f = f_0 - f$,
4. მიღებული Δf -ის გაწარმოებით უნდა გამოვთვალოთ $\Delta \dot{f}$

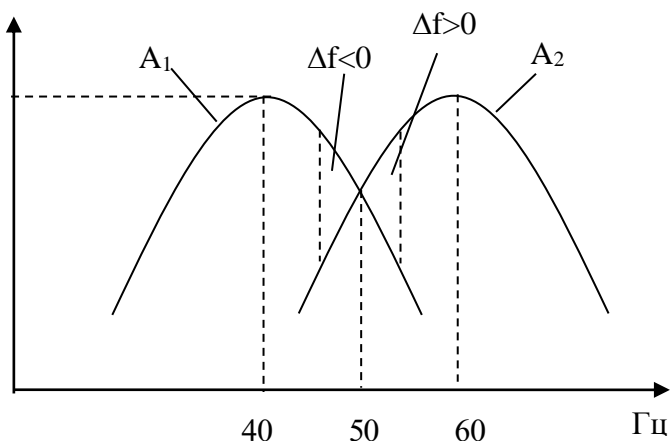
მიღებული f , Δf და $\Delta \dot{f}$ -ის მიხედვით უნდა შევადგინოთ მართვის ალგორითმი.

სხვადასხვა ტიპის სისშირის რეგულატორებში გამოიყენება მართვის ალგორითმის ორი ვარიანტი

წრფივი
$$U = a_1 \Delta \dot{f} + a \Delta f, \text{ ან}$$

რელური
$$U = \begin{cases} +E, & \text{როცა } a_1 \Delta \dot{f} + a \Delta f > 0, \\ -E, & \text{როცა } a_1 \Delta \dot{f} + a \Delta f < 0 \end{cases}$$

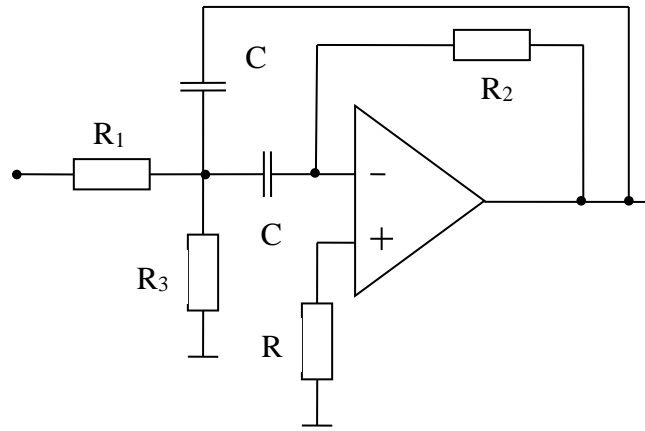
Δf სიდიდე შესაძლებელია გამოვთვალოთ ქსელის ძაბვის ფორმულიდან ორი რეზონანსული კონტურის გამოყენებით ნახ.2.



ნახ. 2

პირველი კონტური აწყობილია რეზონანსულ სისშირეზე 40 ჰერცი, მეორე კი - 60 ჰერცზე. აღნიშნული რეზონანსული კონტურების ასაგებად შესაძლებელია გამოვიყენოთ მეორე რიგის აქტიური ზოლოვანი ფილტრები: ფილტრი რთული უარყოფითი უკუკავშირით, აგებული ერთ ოპერაციულ გამაძლიერებელზე, ან ბიკვადრატული ფილტრი აგებული სამ ოპერაციულ გამაძლიერებელზე

ნახ.3 ნაჩვენებია ზოლოვანი ფილტრის ელექტრული სქემა აგებული ერთ ოპერაციულ გამაძლიერებელზე. [3]



ნახ. 3

პირველი ფილტრისთვის შეირჩევა კონტურის ვარგისიანობა Q ფორმულის მიხედვით

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{40}{50 - 30} = 2$$

მიღებული Q -ს მიხედვით იანგარიშება ფილტრის პარამეტრები:

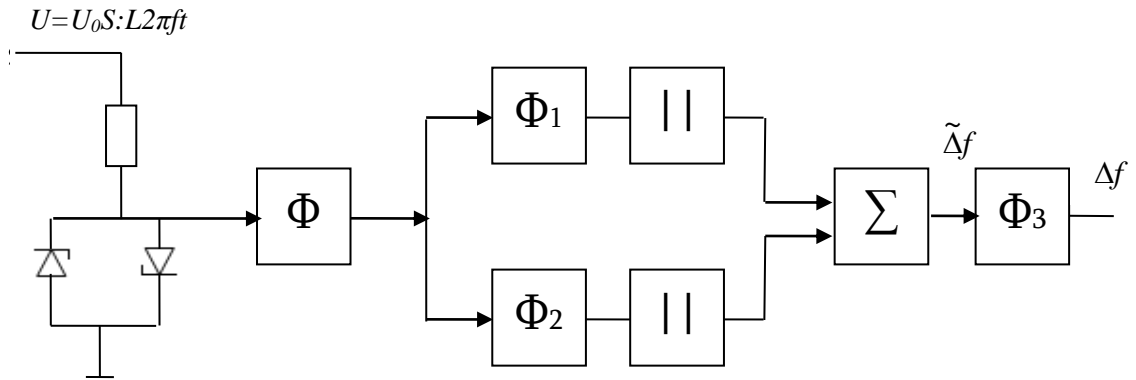
$$R_2 = \frac{Q}{\pi f_0 C} = \frac{2000}{3,14 \cdot 40 \cdot 0,1} = 160 \text{k}\Omega$$

$$R_1 = 80 \text{k}\Omega \quad (-A = 1)$$

$$R_3 = \frac{-A_1 R_1}{2Q^2 + A} = \frac{80}{2 \cdot 4 - 1} = \frac{80}{7} = 1,1 \text{k}\Omega$$

იგივე ფორმულების მიხედვით გამოითვლება რეზონანსული კონტური 60 ჰერცზე:

აგებული ფილტრების გამოსავალი სიგნალები გამართვის შემდეგ მიეწოდება ამჟამავე მოწყობილობას, რომლის გამოსავალზე მიიღება სხვაობა $\Delta f = A_2 - A_1$, სადაც A_2 არის 60 ჰერცზე აწეობილი რეზონანსული კონტურის გამოსავალი ძაბვა, ხოლო A_1 შეესაბამება 40 ჰერცს. როდესაც ქსელის სიხშირე არის 50 ჰერცი, მაშინ $\Delta f = 0$. ნახ.2. წარმოდგენილი ფილტრების გამოყენებით მიღებულ Δf სიდიდეს გამოთვლის თვალსაზრისით საკმაოდ ზუსტი მოთხოვნები გააჩნია: Δf სიდიდეს უნდა ქონდეს მინიმალური პულსაცია და ამავე დროს მაქსიმალური სწრაფმოქმედება; ანუ Δf სიდიდეს უნდა ქონდეს ისეთი საკუთარი პარამეტრები, რომ შესაძლებელი იყოს ამ სიგნალისაგან მისი პირველი რიგის “სუფთა” წარმოებულის - Δf -ის მიღება. ეს პრობლემა რთულდება იმ გარემოებითაც, რომ ქსელის ნომინალური ძაბვის სიდიდე შესაძლებელია იცვლებოდეს დასაშვებ ფარგლებში - $\pm 10\%$. ამიტომ ზემოაღნიშნული ფილტრების შესავალი ძაბვა უნდა იყოს სტაბილური. ამ მიზნის მისაღწევად შემოთავაზებულია სქემა, რომელიც ნახ.4 წარმოდგენილი. [4]

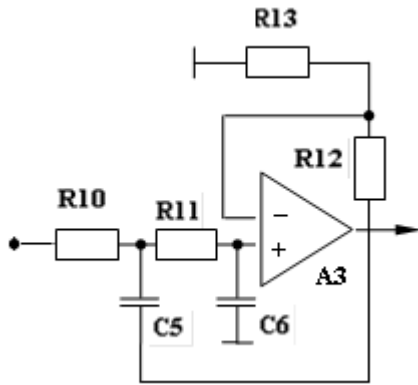


ნახ. 4

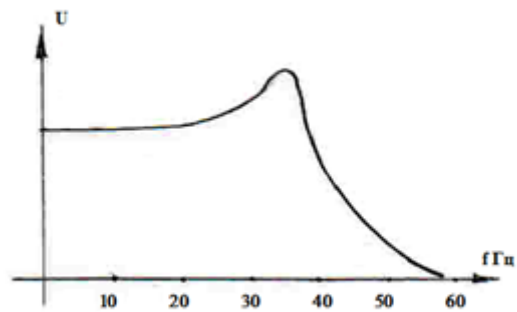
ამჟამავე მოწყობილობიდან მიღებული $\Delta \tilde{f}$ არის სიგნალი რთული რხევა, რადგან იგი წარმოადგენს სხვადასხვა ნიშნის ორი პულსირებული სიგნალების ჯამს. ამ სიგნალების საშუალო მდგენელი 50 კერც სიხშირეზე უდრის ნულს. 50 კერც სიხშირიდან გადახრის შემთხვევაში საშუალო მდგენელი $\Delta \tilde{f}$ შესაძლებელია იყოს დადებითი ან უარყოფითი. აღნიშნული ფორმის სიგნალიდან მისი პირველი რიგის წარმოებულის მიღება არის შეუძლებელი, ამიტომ საჭიროა $\Delta \tilde{f}$ - მდგენელის გადაყვანა შესაბამის მუდმივი სიდიდის ძაბვაში.

პულსირებული სიგნალებიდან საშუალო მდგენელის გამოყოფა, ანუ შესაბამისი ეფექტური მნიშვნელობის განსაზღვრა შესაძლებელია ჩებიშევის ან ბესელის ფილტრის გამოყენებით..

Δf სიგნალის მისაღებად გამოყენებულია ჩებიშევის ფილტრი, რომლის ელ. სქემა ნაჩვენებია ნახ.5., ხოლო ნახ. 6 – შესაბამისი სიხშირული მახასიათებელი.

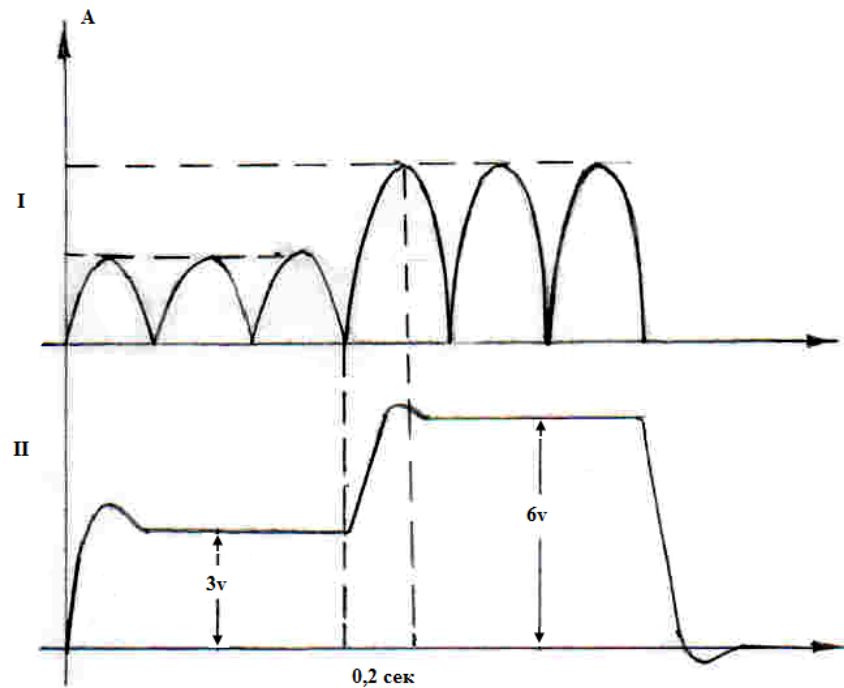


ნახ. 5



ნახ. 6

ნახ.7 ნაჩვენებია პულსირებული სიგნალის გარდაქმნის დროითი დიაგრამა შესაბამის მუდმივ ძაბვაში. გარდაქმნის დრო არის 0,2 სეკუნდი, ხოლო პულცაცია 20 მილივოლტი, 6 ვოლტი სიგნალის დროს. სიგნალის ასეთი მახასიათებელი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მისი დიფერენცირება – მივიღოთ პირველი რიგის წარმოებულის წარმოებულის მისაღებად შესაძლებელია გამოვიყენოთ ცნობილი სქემა, რომელიც შედგება კომპარატორისა და ინტეგრატორისაგან.



ნახ. 7.

ჰესებში სიხშირისა და ძაბვის რეგულატორების მართვის ალგორითმების აბგზის საკითხები

0.ტროკაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია სიხშირისა და ძაბვის რეგულატორების მართვის ალგორითმების აგების საკითხები. მოყვანილია სტრუქტურული სქემა. ნაჩვენებია სიხშირის რეგულატორების მნიშვნელობა გაერთიანებული ქსელის მდგრადობისათვის. ნაჩვენებია შეცდომის სიგნალისა და მისი პირველი რიგის წარმოებულის გამოთვლის სქემები.

ISSUES OF ALGORITHM DEVELOPMENT OF FREQUENCY AND TENSION REGULATION CONTROL IN HYDROELECTRIC POWER STATIONS

T. TROKASHVILI

Summary

The issues of algorithm structuring of frequency and tension regulator management are considered in the paper. There is given a structural scheme and the value of frequency regulators for internetwork sustainability in the paper. The scheme of wrong signal and its first derivative calculation are considered as well.

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ В ГЭСАХ

Т. ТРОҚАШВИЛИ

Резюме

В статье рассмотрены алгоритмы управления регуляторов частоты и напряжения. Приведена структурная схема. Показано значение регуляторов частоты для устойчивой работы объединенной сети. Также показаны схемы вычисления сигнала ошибки и его первой производной.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Полушкин Н.П. Автоматическое регулирование гидротурбин. Ленинград, 1987г.
2. Солодовников В.В. и др. Основы теории и управления автоматических систем, том 1. Изд. «Мир», Москва, 1967г.
3. Титце У. Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Москва, 1983г.
3. ტროყაშვილი თ. სხვადასხვა სიმძლავრის ჰიდროაგრეგატების მართვის ალგორითმები და მათი აგების საკითხები. სტუ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №15, თბილისი, 2011.

კომპიუტერული ლინგვისტიკა და ენის მოდელირება

გ. ჩიკოიძე, ლ. ლორთქიფანიძე, ნ. ჯავაშვილი

(gogichikoidze, L_lordkipanidze, ninojavashvili@yahoo.com

კომპიუტერული ლინგვისტიკა კომპიუტერის წყალობით გაჩნდა. გამოთვლითი მანქანის გამოჩენამ თითქოს შესაძლებელი გახადა ისეთი მნიშვნელოვანი და, ამავე დროს ურთულესი, ამოცანის გადაწყვეტა, როგორცაა – მანქანური თარგმანი, ანუ ხელოვნური ავტომატური სისტემით ადამიანი-მთარგმნელის ჩანაცვლება. უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად ნახევარსაუკუნოვანი მცდელობისა, მთარგმნელობითი ავტომატური სისტემების შედეგის ხარისხი საკმაოდ შორს არის ადამიანის მიერ თარგმნილი ტექსტის შინაარსისგან.

იგივე (და შეიძლება მეტიც) შეიძლება ითქვას გამოყენებითი სახის სხვა ავტომატური ენობრივი სისტემების შესახებაც (მეტყველების გამოყენება კომპიუტერთან, ენის სწავლების კომპიუტერული მხარდაჭერა).

ეს გასაკვირი არ უნდა იყოს ბუნებრივი სისტემის, ანუ ენის, სირთულესა და მოცულობის გათვალისწინებით. თუმცა ამ გამოყენებით სფეროში გარკვეული წინსვლა, პროგრესი უფრო წარმატებული შეიძლებოდა ყოფილიყო, თუ მეტი ძალისხმევა და ყურადღება დაეთმობოდა ენის იმ ასპექტს, რომელსაც ყველა ეს გამოყენებითი სისტემა უნდა ეყრდნობოდა. სახელდობრ, ენის დინამიკას, რომლის ასახვის მცდელობა არის ენის მოდელირება, ანუ იმ სისტემების შექმნა, რომელთა სიმბოლოა სქემა

შინაარსი ↔ ტექსტი

მოცემული ი. მელჩუკის მონოგრაფიის სათაურში [1].

იმის გაცნობიერება, რომ ენა არა სტატიკური, არამედ დინამიკური სისტემაა (“ორგანიზმი”), ჩანს უკვე ჰუმბოლდტის მოხსენებაში [2], კერძოდ იმ პარაგრაფში, რომელშიც ენის ცოდნა შეფასებულია როგორც ენობრივი გამოხატულებისგან მის შინაარსამდე მიღწევის შესაძლებლობა, და პირიქით, შინაარსისთვის შესაბამისი ენობრივი გამოხატულების შეფარდების შესაძლებლობა, რაც ზემოხსენებულ სქემას უდრის.

სქემის თანახმად, ვერბალური კომუნიკაციის ნებისმიერი აქტი ვითარდება. მის მიხედვით ყალიბდება, ერთი მხრივ, ნებისმიერი გამონათქვამი და, მეორე მხრივ, ამოიკითხება გამონათქვამის შინაარსი, რომელიც შეიძლება “შეფუთული” იყოს აკუსტიკური (მეტყველება) ან გრაფიკული (ტექსტი) მასალით. მაგრამ შინაარსის ამოიკითხვის პროცესი არსებითად განსხვავდება მხოლოდ “ქვედა” დონეზე, რომელსაც უშუალო შეხება აქვს გამოხატულებასთან.

ენის კომუნიკაციური ფუნქციიდან ჩანს ენისა და მისი დინამიკური ქცევის კოლოსალური მნიშვნელობა იმის გათვალისწინებით, თუ რა გადამწყვეტ როლს ასრულებს კომუნიკაცია პირადი თუ საზოგადოებრივი ურთიერთობის რეალიზაციაში, ამ ურთიერთობათა საფუძველზე ჩვენი საზოგადოების ყველა უჯრედის (ოჯახიდან დაწყებული სახელმწიფოთი დამთავრებული) ჩამოყალიბებაში და შემდგომ განვითარებაში.

ამავე დროს, არ შეიძლება გვერდი ავუაროთ ენის დინამიკის არანაკლები მნიშვნელობის მქონე კომპონენტს, რომელიც არამარტო კომუნიკაციის “გარე” პროცესშია ჩართული, არამედ “შიდა” მეტალურ ფუნქციონირებაშიც, რომლის გამოჩენა “გარეთ” არ არის აუცილებელი.

ენის ფუნქციონირების ეს ყველაზე სიღრმისეული ეტაპი განსაზღვრავს ენის დამოკიდებულებას ადამიანის ყველაზე არსებით ნიშანთან, ანუ აზროვნებასთან. კლასიკური გამონათქვამის თანახმად: “ენა აზროვნების სხეულია”. ეს გამონათქვამი “აზროვნებას” და “ენას” ამსგავსებს ურთიერთმიმართების იმ დამოკიდებულებაში, რომლითაც ხასიათდება “სულის” და “ხორცის”, ან უფრო აბსტრაქტულად, “არსის” და “მოვლენის” მიმართება. კერძოდ, ისევე როგორც “არსი” “უაზროა”, თუკი ის არ აისახება მოვლენაში, ისევე “უაზროა” “აზრიც”, თუკი ის არ ჩამოყალიბდება ენობრივ ფორმაში.

ჰუმბოლდტის მეტაფორის თანახმად, “აზროვნება თავის შედეგს ჩამოასხამს ენის ჭურჭელში”. თუმცა, ჩვენი აზრით, ამ მნიშვნელოვან და ხატოვან ფორმულირებას აკლია ერთი არსებითი ნიუანსი, სახელდობრ, ის არ ასახავს, რომ მიმართებას – “აზროვნება/ენა” ინტერაქტიული ხასიათი აქვს, რომ “ენა” ამ მიმართებაში არ

ასრულებს მხოლოდ პასიური “ჭურჭლის” როლს, არამედ “აქტიურობს”, აზროვნებას ზოგ ნიუანსს კარნახობს და, საერთოდ, საკუთარი თავის დასანახად “სარკის” როლს ასრულებს. კერძოდ, მოცემულ ეტაპზე, ენა ცდილობს შეაფასოს მენტალური პროცესის მდგომარეობა და, აქედან გამომდინარე, განსაზღვროს პროცესის განვითარების შემდეგი ეტაპი. ერთი სიტყვით, მხოლოდ ენით გაპირობებულ “სარკეში” ჩახედვით, აზროვნების პროცესი – აზროვნება მკვეთრ წარმოდგენას იძენს თავისი მენტალობის შესახებ და აცნობიერებს უკვე მიღწეულ შედეგებს. ასე გაცნობიერებული აზრი შეიძლება ჩამოყალიბდეს გამონათქვამის ან ტექსტის სახით, რაც განსაკუთრებით დამახასიათებელია „კოლექტიური“ აზროვნების პროცესებისთვის, რომლებიც დისკუსიის ან მსჯელობის სახეს იძენს. პოლილოგის ყოველი ცალკეული აქტი სრულდება ზემოთ მოყვანილი სქემის

შინაარსი↔ტექსტი

მიხედვით, სადაც რომელიმე მონაწილის მიერ აზრის გამოხატვა სრულდება მარცხნიდან მარჯვნივ (ანუ სინთეზური) მიმართულებით, მისი აღქმა კი ემთხვევა საპირისპირო (ანალიზური) მიმართულებას.

ამგვარად, ჩვენ ისევ ვუბრუნდებით ვერბალური კომუნიკაციის სქემას, რომლის ფუნქციონირების შესწავლა ენის მოდელირების ამოცანაა. ამ მდგომარეობის საკვანძო პრობლემაა სიღრმისეული წვერის რაობის დადგენა, რომელიც ამ სქემაში ფიგურირებს, ერთი მხრივ, როგორც შესავალი (სინთეზის დროს), მეორე მხრივ კი, როგორც გამოსავალი (ანალიზის შემთხვევაში), ანუ სინთეზს მიჰყავს პროცესი „ბუნდოვანი“, სიღრმისეული ეტაპიდან უშუალოდ აღქმად ზედაპირულ „გამოხატულებამდე“, ანალიზი კი მოქმედებს საპირისპირო მიმართულებით. ამ ორმიმართულებიანობის ორივე შემთხვევაში დგება საკითხი: რა იგულისხმება „შინაარსის“ ქვეშ, რა ცნებააა და რა სახით უნდა იყოს ის წარმოდგენილი მოდელის ფარგლებში.

არსებობს მანკიერ წრეზე დაფუძნებული განმარტება, რომლის თანახმად, „შინაარსი არის სინონიმური გამონათქვამების საერთო თვისება“. ერთი შეხედვით სრულიად ალოგიკურ განმარტებას გააჩნია ფუნდამენტური გამართლება, რომ ნებისმიერი გამონათქვამის „შინაარსის“ ახსნა შესაძლებელია მხოლოდ რომელიმე მისი სინონიმური გამონათქვამის საშუალებით. ამ მდგომარეობას მხარს უჭერს მ. ჰაიდგერის გამონათქვამიც, რომლის თანახმადაც, „ჩვენ არ შეგვიძლია აღმოვჩინოთ (ბუნებრივი) ენის ფარგლებს გარეთ“.

უკანასკნელი დებულების თანახმად, „შინაარსი“-ს ცნება უნდა ეყრდნობოდეს მისი სინონიმური გამონათქვამების სიმრავლეს.

მთვლელის ფუნქციონირების დასაზუსტებლად აუცილებელია იმის გათვალისწინებაც, რომ (სინონიმური ლექსიკური ერთეულების მსგავსად) სინონიმული გამონათქვამების სიმრავლის წვერები სინამდვილეში ერთმანეთის კვაზისინონიმებია (და არა აბსოლუტური). აქედან გამომდინარე, სინთეზური პროცესი ორ ეტაპად შეიძლება წარმოვადგინოთ: ჯერ ხდება (კვაზი)-სინონიმური სიმრავლის არჩევა, და შემდგომ რომელიმე მისი ცალკეული წვერისადმი მიმართვა.

იმის გათვალისწინებით, რომ გამონათქვამის სივრძე და, შესაბამისად, მისი სტრუქტურის სირთულე პრაქტიკულად შეიძლება საკმაოდ დიდი იყოს (თეორიულად კი – შეუზღუდავიც), ჩნდება ამ სიმრავლეთა, მათი წვერი გამონათქვამების რაოდენობისა და მათი რიცხვის შეზღუდვის აუცილებლობა. შეზღუდვების შესახებ ერთ-ერთი მდგომარეობა მოცემულია მონოგრაფიაში [3]. ნაშრომში მოცემული წინასწარი მონახაზი გულისხმობს ნებისმიერი გამონათქვამის დაშლას მარტივ (ანუ „უმარტივეს“) წინადადებად, რომლებიც ამგვარად „ლექსიკური პრიმიტივების“ ანალოგია, ანუ თავისებური „სენტენციური პრიმიტივები“. საწყისი გამონათქვამის მთლიანობის, მისი სტრუქტურისა და ერთობლივი შინაარსის შესანარჩუნებლად ეს „პრიმიტივები“ ერთმანეთს უკავშირდება მიმართულებით, რომლებიც მონიშნულია შესაბამისი სემანტიკური როლების სიმბოლოებით, რომლებსაც ამგვარად ეკისრება მთლიანი გამონათქვამის შინაარსის შენარჩუნება.

ნაგარაუდევია, რომ ამ „პრიმიტივის“ განუყოფელი ნაწილი უნდა იყოს ცენტრალური (Core) სტრუქტურა თავისი ზმნით (V) გამოხატული ბირთვით და ბირთვით განსაზღვრული პროცესის ან მდგომარეობის ძირითადი მონაწილეებით (CS, AG, OB, AD) [4]. გამორიცხული არ არის ამ „პრიმიტივის“ ისეთი სემანტიკური როლების გამოხატვითი ერთეულების ჩართვა, როგორებიცაა „ინსტრუმენტი“, ან ადგილისა (L)

და დროის (T) მახვევებლები. თუმცა, ჩანაფიქრის თანახმად, ყველა ეს ერთეული არ უნდა იყოს „დამძიმებული“ რთული ატრიბუტული (A) კონსტრუქციებით (მაგალითად, დაქვემდებარებული წინადადებით ან მიმდებარე კონსტრუქციებით). ეს უკანასკნელი წარმოდგენილი იქნება გამონათქვამში, როგორც ცალკეული „სენტენციური პრიმიტივები“, თუმცა თავის მსაზღვრელთან სათანადო სემანტიკური სიმბოლოს საშუალებით დაქვემდებარებული. ცალსახად გადაწყვეტილია საწყისი გამონათქვამის იმ კომპონენტების ცალკეულ „პრიმიტივებად“ გამოყოფა, რომლებიც, ერთი მხრივ, გამოხატავენ ზემოთ განხილული პროცესის/მდგომარეობის მიზეზს ან პირობას, მეორე მხრივ კი მის მიზანს ან შედეგს (C, R).

თითოეული ასეთი „პრიმიტივი“ თავისთავად გულისხმობს მისი კვაზი-სინონიმების არსებობად შეზღუდულ და გამარტივებულ სიმრავლეს, რომლის განსაზღვრა შეიძლება დაეკისროს კონკრეტული „პრიმიტივის“ ბირთვს, ანუ შესაბამის ზმნურ სალექსიკონო ერთეულს. ერთ-ერთ საშუალებად შეიძლება გამოყენებული იქნეს სინონიმური მწკრივი [5]. კერძოდ, ამ შემთხვევაში „პრიმიტივის“ (კვაზი-) სინონიმური სიმრავლიდან შეიძლება გამოვყოთ გარკვეული ქვესიმრავლე, რომელიც, პირველ რიგში, შესაბამისი ზმნის სინონიმური მწკრივის „დომინანტთან“ კორელირებს და ამგვარად თვითონ წარმოადგენს თავისი (კვაზი-) სინონიმური სიმრავლის ერთგვარ „დომინანტს“.

ასეთი მიდგომის ფარგლებში მოდელის ფუნქციონირების ძირითად პროცედურებს უნდა წარმოადგენდეს საწყისი გამონათქვამის დაშლა „პრიმიტივებად“ (ანალიზური სიმრავლეების სარეალიზაციოდ) და, პირიქით, გამოსავალი გამონათქვამის აგება „პრიმიტიული“ შემადგენლებისაგან (სინთეზის დროს).

ამავე დროს, ანალიზის გაგრძელება უნდა იყოს მიღებული „პრიმიტივების“ მათ დომინანტთან შეჯერება და იმ დამატებითი ნიუანსების (სემანტიკური, პრაგმატიკული თუ სტილისტიკური) გამოვლინება, რომლებიც მოცემულ „პრიმიტივს“ მისი დომინანტებისაგან განასხვავებენ. ამგვარად, ანალიზის შედეგი წარმოდგენილი უნდა იყოს „დომინანტური“ პრიმიტივების როლებრივი სტრუქტურით, რომელიც დამატებითად მონიშნულია ზემოხსენებული მახასიათებლებით. ეს უკანასკნელები სრულყოფენ ამ როლებრივი სტრუქტურით გამოსატულ შინაარსს.

სწორედ ამ სახით წარმოდგენილი შინაარსი უნდა ასრულებდეს სინთეზის შესავლის როლსაც. როგორც კომუნიკაციური, ისე მენტალური აქტების შემთხვევაში, შესაძლებელია უფრო დაწვრილებით ვივარაუდოთ, რომ ეს შინაარსი თავიდან გაცნობიერებულია როგორც ინფორმაციის ცალკეული „პორციები“, რომლებიც ერთმანეთთან როლებრივი მიმართებებით დაკავშირებულ ცალკეულ ფაქტებს წარმოადგენენ. ყოველი ამ ფაქტთაგანი რაიმე მოქმედებას ან მდგომარეობას გულისხმობს, რომლებშიც მონაწილეობას იღებს რამდენიმე სუბიექტი ან ობიექტი.

ასე რომ, ყოველი „პრიმიტივის“ ჩამოყალიბების პირველ ნაბიჯად შეიძლება წარმოვადგინოთ იმ ბირთვის ზმნის არჩევა, რომელიც ამ „პრიმიტივის“ ბირთვია და დანარჩენ სტრუქტურას განსაზღვრავს. ამ კომპონენტის მთელი როლებრივი სტრუქტურის ყოველი წევრის (ზმნის ჩათვლით) ლექსიკური ერთეულით შეესება შესაბამისი სინონიმური მწკრივის არჩევით იწყება, რომელსაც მისი დომინანტი იმ დამატებითი მახასიათებლების საფუძველზე განსაზღვრავს, რომლებიც საბოლოოდ მწკრივის რომელიმე წევრის არჩევას განსაზღვრავენ.

სქემის ბირთვის შესატყვისი ლექსიკური ერთეულისა და მისი სალექსიკონო ერთეულის დადგენა მასში თავმოყრილი ინფორმაციით განსაზღვრავს როგორც სუპერ-პარადიგმას, რომელსაც განეკუთვნება ზმნა, ისე მის მიერ მართული ცენტრალური სტრუქტურის აგებულებას.

პრაგმატიკული მოსაზრებები სუპერ-პარადიგმის რომელიმე ეტაპზე და მის შესატყვის პარადიგმაზე (CAUS, PROC, RES) მიუთითებს, გრამატიკული მონაცემები კი (ასპექტი, დრო, კილო, პირი, რიცხვი) განსაზღვრავს ამ პარადიგმის რომელიმე ცალკეულ წევრს, რომლის გაფორმებას უზრუნველყოფს ლექსიკონთან არსებული მორფოლოგიური გენერატორი (ლექსიკონი შექმნილია 2009-2011 წლებში შოთა რუსთაველის ფონდით დაფინანსებული პროექტის “ავტომატური განმარტებით-კომპინატორული ლექსიკონი როგორც ქართული ენის მოდელირების საფუძველი” ფარგლებში). რაც შეეხება ცენტრალური როლებრივი სტრუქტურის დანარჩენ წევრებს (CS, AG, OB, AD), მათ ბრუნვას განსაზღვრავს სუპერ-პარადიგმის კლასი და ამ სუპერ-პარადიგმის უკვე

არჩეული ეტაპი [6]. საბოლოო გაფორმებას კი ისევე ზემოსხენებული მორფოლოგიური გენერატორი უზრუნველყოფს.

ამგვარად, სინთეზის პროცედურა გულისხმობს გარკვეული სემანტიკური და პრაგმატიკული ინფორმაციის მიწოდებას „გარედან“ („ზროვნებისგან“, „მომხმარებლისგან“), რომელიც შემდგომ შესაბამის სალექსიკონო ინფორმაციაზე დაყრდნობით სათანადო აღგორითმებით გადაამუშავდება, რომლებიც, საბოლოო ჯამში, შესავალ ინფორმაციას გარდაქმნიან ჯერ შესატყვის სენტენციურ „პრიმიტივებში“ და შემდგომ საბოლოო შედეგში, ანუ „პრიმიტივებისაგან“ აგებულ გამოსავალ გამონათქვამში.

ბუნებრივია, ანალიზმა სასურველ შედეგამდე ზუსტად საპირისპირო გზა უნდა გაიაროს, ანუ „პრიმიტიული სენტენციების“ ის როლებრივი სტრუქტურა უნდა წარმოქმნას, რომელიც შესავალი გამონათქვამის შინაარსს, ანუ მის სემანტიკას ასახავს სათანადო პრაგმატიკული და სტილისტური თავისებურებებით, რომლებიც ამა თუ იმ გამჭვირვალობით კოდირებულია შესავალში და რომელთა ამოკითხვა ხელეწიფება მოცემულ უნარს.

სისტემა, რომელიც ორივე მიმართულების (სინთეზი, ანალიზი) ფუნქციონირებას ასახავს, არის ენის ფუნქციონირების სრული მოდელი (ისევე, როგორც ადამიანი, რომელიც „ახერხებს“ შინაარსიდან გამოსატულებამდე მიღწევას და პირიქით, მას შეუძლია ენის გამოყენება ნებისმიერ ცალკეულ ვერბალურ საკომუნიკაციო აქტში).

ეს ორმიმართულებიანობა ენის დინამიკის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია. ეკონომიის პრინციპის გათვალისწინებით, სასურველია, ორივე ამ მიმართულების რეალიზაცია დაეკისროს ერთსა და იმავე ისეთ სისტემას, რომელიც ორ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ კომპონენტს მოიცავს. ამის მაგალითია მოდელი, რომლის ფუნქციონირება ენობრივ ცოდნას ეყრდნობა. ცოდნა კი, თავის მხრივ, წარმოდგენილია წარმომშობი სისტემით. ასეთი სტრუქტურის მცირე მაგალითი მოცემულია ნაშრომში [7]. ასეთი ტიპის სისტემის მორფოლოგიური დონის რეალიზაცია შეიძლება დაეყრდნოს უკვე არსებულ ზემოსხენებულ ქართულ მორფოლოგიურ გენერატორს.

რაც შეეხება აქ მოცემულ როლებრივ სტრუქტურებს, მათი ჩამოყალიბება რთული, მაგრამ მეტად პერსპექტიული ამოცანაა.

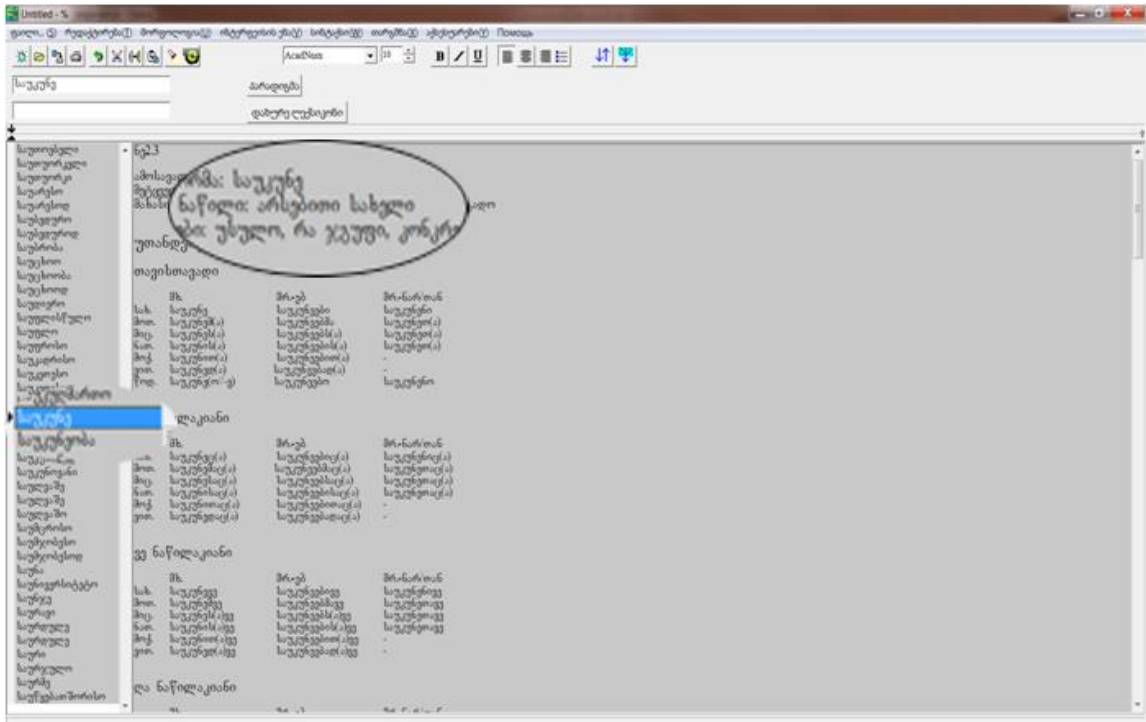
ამკარაა, რომ ასეთი კოლოსალური და ურთულესი სისტემის შექმნა და ტესტირება კომპიუტერის გამოყენების გარეშე შეუძლებელია. ამის გამო, ენა მჭიდროდ „მიება“ კომპიუტერულ ლინგვისტიკას, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ამ დარგის გამოყენებითი მიზნებიც უახლოვდება ადამიანის ვერბალურ ფუნქციონირებას. მხოლოდ და მხოლოდ ასეთი, ადამიანის ბუნებრივ ენასთან მიახლოებული, მოდელის საფუძველზე ენის მოდელირების მეორე საყრდენი წერტილია ის ფასდაუდებელი განძი, რომელიც ამ დარგმა მიიღო თავისი „წინაპრისგან“, ტრადიციული ლინგვისტიკისაგან. ამ უკანასკნელის მიერ კლასიკურ ლექსიკონებში და გრამატიკებში დაგროვილი მასალა უზრუნველყოფს მოდელის განვითარებას, თუმცა მოდელის განვითარების პროცესში პირველადი მონაცემები გარკვეულ ტრანსფორმაციას განიცდიან, რომლებმაც უფრო უნდა დაუახლოვონ ისინი იმ ინფორმაციას, რომელსაც სინამდვილეში გამოიყენებს ენობრივი სისტემა.

ბუნებრივი ენა, ცოცხალი ორგანიზმის მსგავსად, იბადება, იზრდება, ვითარდება და კვდება. ცივილიზაციის ისტორიას მრავალი მკვდარი ენა ახსოვს: ლათინური, გუთური, ნესიტური, ლუვიური, სანსკრიტი... ასევე, ქართულ ენასთან გენეზისური კავშირის მქონე ენები: ურარტული, ხეთური, შუმერული, ჰურიტული, ელამური, პელაზგური... ენა, როგორც ცოცხალი ორგანიზმი, კვდება მაშინ, როცა კარგავს თავის სასიცოცხლო ფუნქციას... ენისთვის კი ძირითადი და აუცილებელია საკომუნიკაციო ფუნქცია. გვინდა ჩვენ ეს თუ არა, ვეთანხმებით არსებულ ტენდენციას თუ ვეწინააღმდეგებით, მიუხედავად ყველაფრისა, თანდათან და დღითიდღე სწორედ საკომუნიკაციო ფუნქცია უსხლტდება ხელიდან ადამიანის სამეტყველო ენას და საყოველთაო კომპიუტერული ქსელის პრეროგატივა ხდება... ასეთ დროს კი საფრთხეშია ყველა ის ენა, რომელსაც არა აქვს სათანადო, ეგრეთწოდებული, კომპიუტერული მხარდაჭერა. სწორედ ესაა მიზეზი იმისა, რომ დღეს სერიოზული მსჯელობაა *კორპუსულ რეველუციაზე* და მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში სახელმწიფოებრივი აუცილებლობის და უცილობელი პრიორიტეტის დონეზეა აყვანილი *სახელმწიფო ენის ნაციონალური ლინგვისტური კორპუსის* შექმნა.

სტატიაში არ განვიხილავთ ზოგადად **სახელმწიფო ენის ნაციონალურ ლინგვისტურ კორპუსს**, მხოლოდ ვიტყვი, რომ **ქართული ენის ლინგვისტური კორპუსი** აუცილებლად უნდა იყოს ანოტირებული, რაც გულისხმობს კორპუსში შემავალი ტექსტის თითოეული სიტყვის, ფრაზის თუ წინადადების **მორფოლოგიურ, სინტაქსურ და სემანტიკურ** მონიშვნას, ანუ ლინგვისტური მახასიათებლების მიწერას.

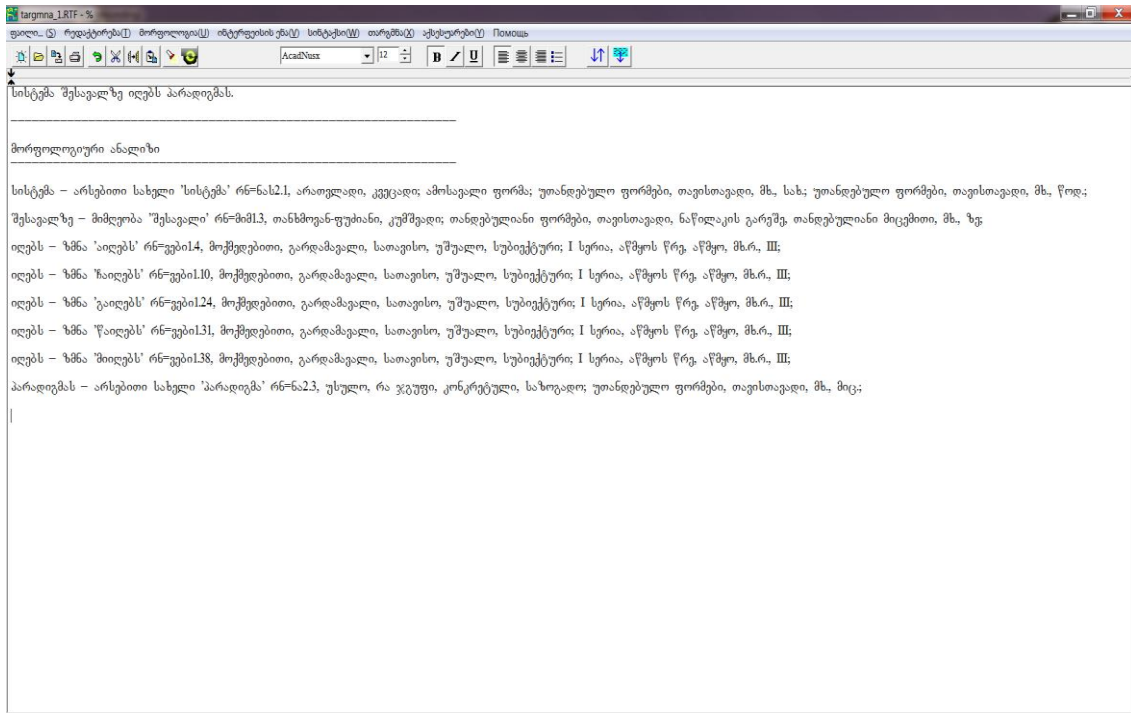
მართვის სისტემების ინსტიტუტის ენობრივი და სამეცნიერო სისტემების განყოფილებაში შეიქმნა ენობრივი ალგორითმების წარმოდგენის ისეთი საშუალება, რომელიც, ერთი მხრივ, ასახავს ენობრივი სისტემის ფუნქციონირების ფუნდამენტურ თვისებებს, როგორცაა ორმიმართულებიანობა და პარალელურობა, მეორე მხრივ, ხელსაყრელია კომპიუტერული რეალიზაციისათვის. ბატონი გიორგი ჩიკოიძის მიერ დამუშავებული ქსელური მეთოდის გამოყენებით შეიქმნა **თანამედროვე სალიტერატურო ქართული ენისთვის** ორმიმართულებიანი ერთობლივი **პროცესორი (თსქეპ)**.

თანამედროვე სალიტერატურო ქართული ენის პროცესორის ერთი მხარე, **მორფოლოგიური გენერატორი**, რეალიზებულია გრამატიკული ლექსიკონის პროგრამულ აპლიკაციაში. პროგრამა მომხმარებლის მიერ მიწოდებულ ამოსავალ ერთეულს პასუხობს მისი სრული მორფოლოგიური პარადიგმით. უნდა აღინიშნოს, რომ სისტემა წარმოშობს მხოლოდ ისეთ სიტყვაფორმებს, რომლებიც თანამედროვე ლიტერატურულ ნორმებს შეესაბამება. ამოსავალ სიტყვათა ლექსიკონი შევსებულია 100000 საბაზისო სიტყვით. აღნიშნულ ლექსიკონზე დაყრდნობით შესაძლებელია დაახლოებით 24 მილიონ 400 ათასი სიტყვაფორმის სინთეზი (იხ. სურ. 1).



სურ. 1. სიტყვის ძიება თანამედროვე სალიტერატურო ქართული ენის ლექსიკონში.

რაც შეეხება **თანამედროვე სალიტერატურო ქართული ენის პროცესორის** მეორე მხარეს, მორფოლოგიურ ანალიზატორს, ის გამოიყენება ავტომატური ანალიზისთვის. სწორედ **თანამედროვე სალიტერატურო ქართული ენის პროცესორის** მორფოლოგიურ ანალიზატორს შეუძლია გაარჩიოს წინადადება **ქართული ენის ლინგვისტურ კორპუსში** და მის თითოეულ წევრს მიუწეროს მისი გრამატიკული მახასიათებლები. მორფოლოგიურ ანალიზატორი ამჟამად წარმატებით გამოიყენება ტექსტური კორპუსის მორფოლოგიური ანოტირებისთვის (იხ. სურ. 2).



სურ. 2. მორფოლოგიური ანალიზი თანამედროვე ქართული ენის მორფოლოგიურ ანალიზატორში

კომპიუტერული ლინგვისტიკა და ენის მოდელირება

გ. ჩიკოიძე, ლ. ლორთქიფანიძე, ნ. ჯავაშვილი

რეზიუმე

ენობრივი მოდელირება კომპიუტერული ლინგვისტიკის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია. ერთი მხრივ, ენის მოდელირება ვერ გახდებოდა კომპიუტერის გარეშე, მეორე მხრივ, სწორედ მოდელირება ქმნის ამ მიმართულების ფუნდამენტურ ნაწილს, რომლის განვითარება გვაძლავს გამოყენებითი ასპექტის სრულყოფას, მის მიახლოებას ადამიანის ვერბალურ აქტივობასთან.

მოდელირების საკვანძო პრობლემაა შინაარსის წარმოდგენა და „გზის გაკვლევა“ გამოხატულებისკენ და პირიქით, გამოხატულებიდან შინაარსისკენ. ეს კი ასახავს ენის დინამიკას, ენის იმ თვისებას, რომლის გარეშე ენა კარგავს აზრს, თუმცა მას რატომღაც დღემდე არ ექცეოდა დიდი ყურადღება. ეს უფლებას გვაძლევს მოდელირება ჩავთვალოთ ენათმეცნიერების განვითარების მეტად მნიშვნელოვან ნაბიჯად.

COMPUTER LINGUISTICS AND LANGUAGE MODELING

G. CHIKOIDZE, L. LORTKIPANIDZE, N. JAVASHVILI

Summary

Language modeling is a fundamental component of the computer linguistics: on the one hand, it would not exist without computer; on the other hand, its development will lead us to the perfection of the practical systems of computer linguistics, its approaching to human verbal act.

The main problem of the modeling is presenting content and its leading to expression and vice versa. This describes dynamics of language, the characteristics without which language becomes senseless, still, that wasn't paid much attention till now; consequently, we can consider modeling as one of the important steps of the development of linguistics.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯЗЫКА

Г. ЧИКОИДZE, Л. ЛОРТКИПАНИДZE, Н. ДЖАВАШВИЛИ

Резюме

Моделирование является фундаментальным компонентом компьютерной лингвистики. Возникновение этого направления тесно связано с появлением компьютера. Ее развитие обеспечит полноценность прикладного аспекта, приближение к вербальной активности человека.

Основной проблемой моделирования остается представление смысла и “проложение пути” от смысла до его выражения и наоборот. Это отражает динамику языка, признак, без чего язык теряет смысл, правда до сегодняшнего дня мало, кто обращал внимание на него. Это дает нам право считать моделирование важным шагом развития языкознания.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Мельчук И., 1974. Опыт теории лингвистических моделей “Смысл↔Текст”. изд. “Наука”, Москва;
2. W. von Humboldt, 1820. Ueber das vergleichende Sprachstudium in Beziehung auf die verschiedenen Epochen der Sprachentwicklung. In Sammelwerk “Wilhelm von Humboldt. Ueber die Sprache”, DTV, 1985;
3. ჩიკოიძე გ., წინადადების სტრუქტურის განმსაზღვრელი ერთეულების სემანტიკა. მონოგრაფია (იბეჭდება);
4. Чикойдзе Г. 2010. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Институт Систем Управления им. Элиашвили, Тбилиси (монография);
5. Апресян Ю. 1995. Лексическая семантика. Синонимические средства языка. Избранные труды, том. 1. Школа «Языки русской культуры», изд. «Восточная литература» РАН;
6. Chikoidze G., Amirezashvili N., Syntactic interface for Georgian simple sentences. Works. Application Appendix to the Journal “Newsletters” (“Moambe”) of Academie Sciences of Georgia, Tbilisi, 2009, p.141-151;
7. Chikoidze G., Dokvadze E., Javashvili N., Lortkipanidze L. Three Aspects of Language Modelling. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №12, თბილისი, 2008, გვ. 149-160.

პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში მოპოვებული გრანტის მეშვეობით (ხელშეკრულება 31/65). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

**ცოდნის ორბანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემაში
დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას**

მ. მიქელაძე, ვ. რადიევსკი, ნ. ჰალიაბოვა, ღ. რადიევსკი

*mikeladzemaia@yahoo.com, v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru,
dradzievski@gmail.com*

კვლევები ინტელექტუალური ინფორმაციული ტექნოლოგიების სფეროში განეკუთვნება აქტუალურ და სწრაფად განვითარებად დარგს. ამ დარგის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებას წარმოადგენს კვლევები, რომელთა მიზანია საინფორმაციო სისტემების შექმნა ადამიანის ინტელექტუალური საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად. ინტელექტუალური საინფორმაციო სისტემების გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას, რომლებშიც გამოიყენება ინფორმაციის წარმოდგენის ლინგვისტური მოდელი და გადაწყვეტილების მიღების არაფორმალური, ევრისტიული პროცედურები. ამ შემთხვევაში ინტელექტუალური საინფორმაციო სისტემის ეფექტურობა დიდწილად განპირობებულია მისი ცოდნის ბაზის სიმძლავრით. ეს, თავის მხრივ, მოითხოვს ცოდნის ამოღებისა და წარმოდგენის და, აგრეთვე, ახალი ცოდნის გამოყენების ადეკვატური მეთოდების შემუშავებას. მოცემულ სტატიაში შემოთავაზებულია შესაბამისი მეთოდები კონცეპტუალური მიდგომის და მიახლოებითი მსჯელობის მოდელების საფუძველზე, რომლებიც განკუთვნილია რთული სისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადასაწყვეტად.

მოცემულ სამუშაოში სისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკა განიხილება როგორც კლასიფიცირებისა და სახეთა გამოცნობის ამოცანა. ერთ-ერთ ყველაზე ზოგად მიდგომას სახეთა გამოცნობის ამოცანათა გადაწყვეტისას წარმოადგენს გეომეტრიული მიდგომა. ამ მიდგომის თანახმად, ყოველი გამოსაცნობი ობიექტი განსაზღვრულია, როგორც წერტილი n – განზომილებიან ევკლიდეს სივრცეში, რომლის ღერძები წარმოადგენენ ობიექტის ნიშნებს, ხოლო წერტილის დეკარტული კოორდინატები - ობიექტის ნიშნების მნიშვნელობებს. ობიექტთა სიმრავლეს, რომლებიც მიეკუთვნებიან ერთსა და იმავე კლასს, შეესაბამება სივრცის გარკვეული არე.

უნდა აღინიშნოს, რომ გეომეტრიული მიდგომის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მონაცემთა ნაკრები წარმოადგენს ნამდვილი რიცხვების ნაკრებს. თვისობრივი მონაცემების შემთხვევაში საჭირო ხდება სახეთა გამოცნობის სფეროში ახალი მიდგომებისა და მეთოდების ძიება. მოცემულ სამუშაოში შემოთავაზებულია რთული სისტემების მდგომარეობათა დიაგნოსტიკის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია კონცეპტუალურ მიდგომაზე და მუშაობს თვისობრივი მონაცემების შემთხვევაში. ამ მეთოდში ობიექტის (სისტემის მდგომარეობის) აღმწერი თითოეული ნიშანი განიხილება როგორც ლოგიკური ცვლადი, ხოლო ობიექტთა (მდგომარეობათა) კლასების განზოგადებული აღწერა მიიღება ლოგიკური ფუნქციების სახით სასწავლო ამონაკრეფის დამუშავების შედეგად [1].

კონცეპტუალური მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია რაოდენობრივი ნიშნების შემთხვევაშიც. ამისათვის საჭიროა, მოვახდინოთ რაოდენობრივი ნიშნის ბინარიზაცია [2, 3]. ამ მიზნით ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლე დაიყოფა შუალედებად. 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, ე.ი. წარმოადგენს გამონათქვამს. სახეთა გამოცნობის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ამ გამონათქვამებიდან უნდა აიგოს ლოგიკური ფუნქციები.

ვინაიდან არსებობს მნიშვნელობათა სიმრავლის დაყოფის მრავალი ვარიანტი, საჭირო ხდება დაყოფის “საუკეთესო” ვარიანტის შერჩევა. ცხადია, დაყოფის “საუკეთესო”

ვარიანტად ჩაითვლება ისეთი, რომლის შედეგად კლასის აღმწერი ფუნქციის სახით მიიღება მაღალინფორმატიული პრედიკატი.

განიხილავენ ინფორმატიულობის შემდეგ კრიტერიუმებს: სტატისტიკური, ენტროპიული და ევრისტიკული [4]. რეალურ ამოცანებში, როდესაც სასწავლო ამონაკრეფის მცირე მოცულობა არ უზრუნველყოფს განაწილების პარამეტრების და, შესაბამისად, ინფორმატიულობის საიმედო შეფასებას, უფრო ხელსაყრელია ევრისტიკული კრიტერიუმის გამოყენება. ამ შემთხვევაში ინფორმატიულობის შეფასება ხდება ობიექტების საკონტროლო ამონაკრეფზე მიღებული შეცდომების რაოდენობის მიხედვით. ობიექტების c კლასისთვის მაღალინფორმატიული ϕ პრედიკატის ამორჩევა ხდება ერთდროულად ორი კრიტერიუმის მიხედვით:

$$p_c(\phi) \rightarrow \max \text{ და } n_c(\phi) \rightarrow \min ,$$

სადაც $P_c - X^l$ ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც c კლასს მიეკუთვნებიან; $N_c - X^l$ ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც სხვა დანარჩენ კლასს მიეკუთვნებიან; $p_c(\phi) - X^l$ ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც c კლასს მიეკუთვნებიან და ამავდროულად აკმაყოფილებენ $\phi(x)=1$ პირობას; $n_c(\phi) - X^l$ ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც ყველა დანარჩენ კლასს მიეკუთვნებიან და ამავდროულად აკმაყოფილებენ $\phi(x)=1$ პირობას.

პრაქტიკულ ამოცანებში გამოიყენება p და n კრიტერიუმების სხვადასხვა კომპოზიციები. ნაშრომში [5], ϕ პრედიკატის შესაფასებლად შემოტანილია $P(\phi)$ არსებითობის თვისება და $D(\phi)$ დიფერენცირების თვისება:

$$P(\phi) = \frac{P_c(\phi)}{P_c}, \quad D(\phi) = 1 - \frac{n_c(\phi)}{N_c}.$$

ფაქტობრივად, $P(\phi) - \phi$ წესის დაფარვის არეა, ხოლო $D(\phi)$ შეიძლება განვიხილოთ როგორც ϕ წესის მიხედვით დასმული დიაგნოზის სარწმუნოების ხარისხი. ცხადია, ინფორმატიული პრედიკატის მოსაძებნად შემოდებული პირობა შესრულდება $P(\phi) \rightarrow \max$ და $D(\phi) \rightarrow \max$ პირობის შესრულების შემთხვევაში. თუმცა გამოცნობის პრაქტიკულ ამოცანებში, რომლებიც ხასიათდებიან არაზუსტი, არამკვეთი და არასრული მონაცემებით და არაკატეგორიული ცოდნით, სარწმუნოების მაქსიმალური ხარისხის მქონე პრედიკატების მაგივრად ირჩევენ პრედიკატებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ D სარწმუნოების ხარისხის მისაღებ მნიშვნელობას (მაგ., $D = 0.95$). ამით შესაძლებელია მოიხსნას რთული ოპტიმიზაციური ამოცანის ამოხსნის აუცილებლობა.

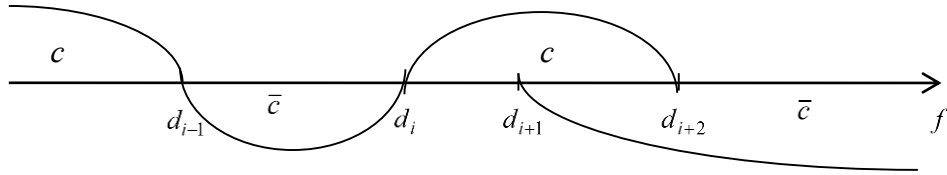
ზემოთხსენებულის გათვალისწინებით, რაოდენობრივი ნიშნის ბინარიზაციის ალგორითმს ექნება შემდეგი სახე [6]:

1. ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლის დაყოფა საწყის შუალედებად:

$$f(x) \leq d_1; \quad d_i \leq f(x) \leq d_{i+1}, \quad i=1, \dots, r-1; \quad f(x) \geq d_r,$$

სადაც $f(x)$ - რაოდენობრივი ნიშანია, $d_i = \frac{f^{(i)} + f^{(i+1)}}{2}, i=1, \dots, r$ - ზღურბლებია,

$f^{(1)} \leq \dots \leq f^{(l)}$ - ზრდადობის მიხედვით დალაგებული მნიშვნელობებია, რომლებსაც f ნიშანი ღებულობს ამონაკრეფის $x^{(1)}, \dots, x^{(l)}$ ობიექტებზე. d_i ზღურბლი განისაზღვრება მხოლოდ ისეთ $f^{(i)}, f^{(i+1)}$ მნიშვნელობებს შორის, რომლებიც სხვადასხვა კლასის ობიექტებზე მიიღება (სურ.1).



სურ. 1. ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლის დაყოფა საწყის შუალედებად.

2. ისეთი შუალედის არჩევა, რომლისთვისაც შესაბამისი φ პრედიკატის არსებობის თვისება $P(\varphi)$ მაქსიმალურია;
3. ისეთი მომიჯნავე შუალედის არჩევა, რომლისთვისაც ამ ორი შუალედის გაერთიანების შესაბამისი ψ პრედიკატის არსებობის თვისება $P(\psi)$ უდიდესია;
4. თუ შუალედების გაერთიანების შესაბამისი ψ პრედიკატის სარწმუნოების ხარისხი $D(\psi) \geq D$ (სადაც D – სარწმუნოების ხარისხის მისაღები მნიშვნელობაა), მაშინ უნდა მოხდეს ამ შუალედების გაერთიანება და შესრულდეს მე-3 ბიჯი გაერთიანების შედეგად მიღებული შუალედისთვის; წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა მოხდეს გადასვლა მე-2 ბიჯზე.

შედეგად მიღებული იქნება რაოდენობრივი ნიშნის მნიშვნელობათა სიმრავლის დაყოფა მაღალინფორმატიულ შუალედებად, რადგან თითოეული $p_c(\psi) \rightarrow \max$ და D სარწმუნოების ხარისხის საკმაოდ მაღალი, 1-თან მიახლოებული მნიშვნელობის შემთხვევაში შეცდომების ფარდობითი რაოდენობა $\frac{n_c(\psi)}{N_c} \leq 1 - D$ 0-თან მიახლოებულია.

სასწავლო ამონაკრეფი $x_1, x_2 \dots x_k$ ბინარული ნიშნების სისტემაში შეიძლება წარმოვადგინოთ იქნეს შემდეგი ცხრილი 1-ის სახით.

x_1	x_2	...	x_k	კლასი
0	1	...	1	R_l
1	0	...	0	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
0	1	...	1	R_d

ცხრილი 1

ამ ცხრილში ერთ სტრიქონში განლაგებული ნულებისა და ერთიანების ნაკრები წარმოადგენს ობიექტის (მდგომარეობის) აღწერას $x_1, x_2 \dots x_k$ ბინარული ნიშნების სისტემაში, ხოლო $R_i, i=1, \dots, d$ - იმ კლასს, რომელსაც მიეკუთვნება ეს ობიექტი (მდგომარეობა).

R_i კლასის აღმწერ φ_i ფუნქციას ($i=1, \dots, d$) აქვს შემდეგი სახე:

$$\varphi_i = x_{i1} \vee x_{i2} \vee \dots \vee x_{ik} \vee x_{21} \vee x_{22} \vee \dots \vee x_{2k} \vee \dots \vee x_{l1} \vee x_{l2} \vee \dots \vee x_{lk},$$

სადაც $x_{ij} = x_j$, თუ ცხრილის შესაბამისი ელემენტი ტოლია 1-ის, ხოლო $x_{ij} = \bar{x}_j$, თუ ცხრილის შესაბამისი ელემენტი ტოლია 0-ის; k – ბინარული ნიშნების რაოდენობაა, ხოლო $l-i$ -ურ კლასში შემავალი ობიექტების რაოდენობა.

ამრიგად, φ_i ფუნქციის სახით ჩვენ ვღებულობთ კონცეპტს – ობიექტთა (მდგომარეობათა) კლასის განზოგადებულ აღწერას, რომელიც უზრუნველყოფს ექსტრაპოლაციას, ანუ ახალი მდგომარეობების მიკუთვნებას გარკვეული კლასისადმი. ამ მეთოდში ექსტრაპოლაცია მიიღწევა ერთ შუალედში მოხვედრილი მნიშვნელობების ექვივალენტურობის ხარჯზე (რაძივესძი, 1998, 204-207; ჯალიაბოვა, 256-259).

სიტუაცია იცვლება, როდესაც საწყისი ნიშნები ღებულობენ ბინარულ ან სიმბოლურ მნიშვნელობებს. ამ შემთხვევაში დაყოფა შუალედებად შეუძლებელია. ერთ-ერთი გამოსავალი არის ნიშნის ბინარიზაცია, როდესაც მისი თითოეული b_j მნიშვნელობა, $j=1,2,\dots,N$ განიხილება როგორც ბინარული ნიშანი [1]:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{თუ მდგომარეობის აღწერაში გვხვდება } b_j \text{ მნიშვნელობა} \\ 0, & \text{თუ მდგომარეობის აღწერაში არ გვხვდება } b_j \text{ მნიშვნელობა} \end{cases}, \quad j=1, 2, \dots, N$$

მაშინ საწყისი ამოცანა დაიყვანება შემდეგ ამოცანაზე: როგორ ავაგოთ ობიექტთა კლასების განზოგადებული აღწერა ისე, რომ მან უზრუნველყოს ექსტრაპოლირება ბინარული ნიშნების სისტემაში აღწერილი ობიექტების მიმართ. ეს შესაძლებელია, თუკი კონიუნქციის აგება მოხდება არა ყველა k ნიშნისათვის, არამედ მათი გაცილებით ნაკლები რაოდენობისათვის [2].

ზემოთხსენებული არსებითობის თვისება $P(x_i)$ და დიფერენცირების თვისება $D(x_i)$ შეიძლება შემოდებულ იქნას თითოეული ბინარული x_i ნიშნისთვის, $i=1, \dots, n$ [5, 6]:

$$P(x_i) = \frac{P_c(x_i)}{P_c}, \quad D(x_i) = 1 - \frac{n_c(x_i)}{N_c},$$

სადაც P_c - X^l ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც c კლასს მიეკუთვნებიან; N_c - X^l ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც სხვა დანარჩენ კლასს მიეკუთვნებიან; $p_c(x_i)$ - X^l ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც c კლასს მიეკუთვნებიან და ამავედროულად აკმაყოფილებენ $x_i=1$ პირობას; $n_c(x_i)$ - X^l ამონაკრეფში იმ ობიექტების რაოდენობაა, რომლებიც ყველა დანარჩენ კლასს მიეკუთვნებიან და ამავედროულად აკმაყოფილებენ $x_i=1$ პირობას.

კონიუნქციის აგება მხოლოდ მაღალინფორმატიული (არსებითობის და დიფერენცირების თვისებების მაღალი მაჩვენებლის მქონე) ნიშნების საფუძველზე c კლასისთვის საკმაოდ განზოგადებული აღწერის აგების და შემდგომში ექსტრაპოლაციის საშუალებას იძლევა. მაღალინფორმატიული ნიშნების გამოყოფის კრიტერიუმად შეიძლება აღებულ იქნას შემდეგი სიდიდე:

$$I(x_i) = P(x_i) \cdot D(x_i).$$

ბინარული ნიშნებიდან მაღალინფორმატიული პარამეტრების არჩევა ხორციელდება შემდეგი წესით [7]:

თუ სიდიდე $I(x_i) \geq 0,75$, მაშინ მაღალინფორმატიულად ჩაითვლება პარამეტრი x_i (შესაბამისი სიმპტომის არსებობა);

თუ სიდიდე $I(\bar{x}_i) \geq 0,75$, მაშინ მაღალინფორმატიულად ჩაითვლება პარამეტრი \bar{x}_i (შესაბამისი სიმპტომის არარსებობა);

თუ $I(x_i) < 0,75$ და $I(\bar{x}_i) < 0,75$, მაშინ ორივე x_i, \bar{x}_i მაშინ ორივე პარამეტრი ითვლება ნაკლებად ინფორმატიულად, ანუ არაარსებითად და დიაგნოსტიკური წესის აგებისას არ განიხილება.

კლასის განზოგადებული აღწერის აგება შედგება ორი ეტაპისგან [7]:

1. მაღალინფორმატიული პარამეტრების ისეთი ნაკრებების (კონიუნქციების) ამორჩევა, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი ინფორმატიულობით:

$$I(K_{i_j}) \geq 0,75;$$

2. $\varphi = K_{i_1} \vee K_{i_2} \vee \dots \vee K_{i_r}$ განზოგადებული აღწერის ფორმირება, რომელიც წარმოადგენს მაღალინფორმატიული კონიუნქციების დიზიუნქციას. $j+1$ ბიჯზე ახალი კონიუნქცია ემატება უკვე აგებულ $\varphi = K_{i_1} \vee K_{i_2} \vee \dots \vee K_{i_r}$ დიზიუნქციას იმ შემთხვევაში, თუ ობიექტების სიმრავლე, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ არც ერთ $K_{i_1}, K_{i_2}, \dots, K_{i_r}$ კონიუნქციას, არ არის ცარიელი, და ობიექტების სიმრავლე, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ

არც ერთ $K_{i_1}, K_{i_2}, \dots, K_{i_j}$ კონიუნქციას, მაგრამ აკმაყოფილებენ $K_{i_{j+1}}$, ასევე არ არის ცარიელი.

ვინაიდან განხილული მეთოდის შედეგად კლასების განზოგადებული აღწერები მიიღება ლოგიკური ფუნქციების სახით, ცოდნის წარმოდგენის მოდელად უფრო ხელსაყრელია პროდუქციული მოდელის გამოყენება. ჩვენს შემთხვევაში პროდუქციის პირობით ნაწილში მოთავსებულია კლასის განზოგადებული აღწერა, ხოლო დასკვნის სახით გვაქვს დიაგნოზი - გამოსაცნობი ობიექტის კლასისადმი მიკუთვნება. დასკვნა წარმოადგენს ახალ ფაქტს, რომელიც გამოყვანილია პირობიდან და განიხილება როგორც ახალი ცოდნა.

ევრისტიკული ცოდნის წარმოდგენა ხელსაყრელია პროდუქციული მოდელების მეშვეობით, რადგან ეს მოდელები საკმაოდ ეფექტურად მუშაობენ მონაცემების და ცოდნის არამკაფიოობის, გაურკვეველობის და არასრულობის პირობებში. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ალბათობის თეორიის მეთოდები (ბაიესის ფორმულა), დემპსტერ-შეფერის თეორია, არამკაფიო ლოგიკა, სარწმუნოების კოეფიციენტები (შორტლიფის სქემა) და სხვა. კონცეპტუალური მეთოდით მიღებული c კლასის განზოგადებულ აღწერაში შემაჯავალი თითოეული კონიუნქცია ხასიათდება დიფერენცირების თვისებით, რომელიც შეიძლება განიხილებოდეს როგორც შესაბამისი წესის მიხედვით დასმული დიაგნოზის სარწმუნოების ხარისხი. ამ შემთხვევაში მოსახერხებელია შორტლიფის სქემის გამოყენება [8].

ზოგადად, სარწმუნოების კოეფიციენტი (ct) წარმოადგენს რიცხვს $(0,1]$ შუალედიდან. საწყისი მონაცემების (ფაქტების) სარწმუნოების კოეფიციენტებს იძლევა მომხმარებელი გამოსაცნობი ობიექტის (მდგომარეობის) აღწერისას, ხოლო დიაგნოსტიკური წესის (პროდუქციის) სარწმუნოების კოეფიციენტი განისაზღვრება ცოდნის ბაზის შექმნისას. დასკვნის სარწმუნოების კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$ct(\text{დასკვნა}) = ct(\text{პირობითი ნაწილი}) * ct(\text{პროდუქცია}).$$

თუ პირობითი ნაწილი წარმოადგენს კონიუნქციას, მაშინ

$$ct(x_i \& x_j) = \min(ct(x_i), ct(x_j)).$$

თუ პირობითი ნაწილი წარმოადგენს დიზიუნქციას, მაშინ

$$ct(x_i \vee x_j) = \max(ct(x_i), ct(x_j)).$$

თუმცა დიზიუნქციის შემთხვევაში უფრო ხელსაყრელია საწყისი წესის დაშლა ცალკეულ პროდუქციებად და შემდგომში მათი თანმიმდევრულად გამოყენება. ამრიგად, საწყისი $(K_{i_1} \vee K_{i_2} \vee \dots \vee K_{i_r}) \rightarrow c$ წესის ნაცვლად ვღებულობთ პროდუქციების ნაკრებს:

$$K_{i_1} \rightarrow c, K_{i_2} \rightarrow c, \dots, K_{i_r} \rightarrow c,$$

სადაც თითოეული პროდუქციის სარწმუნოების კოეფიციენტი

$$ct(K_{i_j}) = D(K_{i_j}), \quad j = 1, \dots, r.$$

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ სამუშაოში შემოთავაზებული რთული სისტემების მდგომარეობათა დიაგნოსტიკების მეთოდი მუშაობს როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი მონაცემების შემთხვევაში. შედეგად კლასის აღმწერი ფუნქციის სახით მიიღება მაღალინფორმატიული პრედიკატი - კონიუნქციების დიზიუნქცია, რომელთაგან თითოეული ხასიათდება სარწმუნოების კოეფიციენტით. ყოველივე ეს საშუალებას იძლევა წარმოვადგინოთ მიღებული ევრისტიკული ცოდნა პროდუქციული მოდელით სარწმუნოების კოეფიციენტების გამოყენებით, რომელიც ეფექტურად მუშაობს მონაცემების და ცოდნის არამკაფიოობის, გაურკვეველობის და არასრულობის პირობებში.

**ცოდნის ორბანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემაში
დიაგნოსტიკების არაფორმალური ამოცანების გადაწყვეტისას.**

მ. მიქელაძე, ვ. რადიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რადიევსკი

რეზიუმე

განიხილება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში ცოდნის ორგანიზების საკითხი დიაგნოსტიკის არაფორმალიზებული ამოცანების გადაწყვეტისას. შემოთავაზებულია რთული სისტემების მდგომარეობათა დიაგნოსტიკის მეთოდი, რომელიც მუშაობს როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი მონაცემების შემთხვევაში. მდგომარეობათა კლასის აღმწერი ფუნქციის სახით მიიღება მაღალინფორმატიული პრედიკატი - კონიუნქციების დიზიუნქცია, რომელთაგან თითოეული ხასიათდება სარწმუნოების კოეფიციენტით. ყოველივე ეს საშუალებას იძლევა წარმოვადგინოთ მიღებული ევრისტული ცოდნა პროდუქციული მოდელით სარწმუნოების კოეფიციენტების გამოყენებით, რომელიც ეფექტურად მუშაობს მონაცემების და ცოდნის არამკაფიოების, გაურკვევლობის და არასრულელობის პირობებში.

KNOWLEDGE ORGANIZATION IN INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS FOR SOLVING UNFORMALIZED PROBLEMS OF DIAGNOSING

V. RADZIEVSKI M. MIKELAZE, N. JALIABOVA, D. RADZIEVSKI

Summary

The question of the knowledge organization in intelligent information systems for solving non-formalized problems of diagnosing is considered in the paper. The method of diagnosing the state of complex systems that works with both quantitative and qualitative data is offered. The descriptions of classes of states resulting from the application of this method are high-informative predicates – a disjunction of conjunctions, each of which is characterized by the certainty factor. It allows to use the production model with certainty factors for representation of heuristic knowledge which effectively works in the conditions of fuzziness, uncertainty and incompleteness of data and knowledge.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫХ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

М. МИКЕЛАДЗЕ, В. РАДЗИЕВСКИЙ, Н. ДЖАЛЯБОВА, Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Рассматривается вопрос организации знаний в интеллектуальных информационных системах для решения неформализованных задач диагностирования. Предложен метод диагностирования состояния сложных систем, который работает как с количественными, так и с качественными данными. Полученные в результате применения этого метода описания классов состояний представляют собой высокоинформативные предикаты – дизъюнкции конъюнкций, каждая из которых характеризуется коэффициентом уверенности. Это позволяет использовать продукционную модель с коэффициентами уверенности для представления эвристического знания, которая эффективно работает в условиях нечеткости, неопределенности и неполноты данных и знаний.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Чавчанидзе В. Аналитическое решение задачи формирования понятий и распознавания образов. Сообщение АН ГССР, т 61, 1, 1971.
2. Радзиевский В. Задача классификации и обобщённого описания классов объектов с бинарными значениями признаков. Сб. трудов ИСУ им. А.И. Элиашвили АН Грузии, Тб., 1998, с. 204 – 207.
3. Джалябова Н. Интеллектуальная система диагностики некоторых заболеваний. Сборник трудов Института Систем управления Арчила Элиашвили №10, Тб., 2006, с.214-218.
4. Воронцов К. Лекции по логическим алгоритмам классификации. 2007 (<http://www.ccas.ru/voron/download/LogicAlgs.pdf>)
5. Микеладзе М. Об одном методе выявления предпочтений эксперта на множестве диагностических критериев. *J. Georgian Engineering News*. 2008, №3, с.141-143.
6. Микеладзе М. К вопросу бинаризации количественных признаков для логических методов распознавания. Сборник трудов Института систем управления А.Элиашвили Грузинского технического университета №17., Тб., 2013, с. 152-156.
7. Микеладзе М.. Концептуально-вероятностный метод обработки данных в диагностике состояний многофакторной системы. Сборник докладов Международной научной конференции "Проблемы управления и энергетики" - РСРЕ-2004, Тб., 2004, с.384-388.
8. Радзиевский В., Радзиевский Д. Продукционные модели знаний в задачах медицинской диагностики и прогнозирования. Сборник трудов Института систем управления А.Элиашвили Грузинского технического университета №17., Тб., 2013, с. 169-174.

ენერგოინჟინერინგი

POWER ENGINEERING

ЭНЕРГЕТИКА

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ГОСТИНИЧНОГО КОМПЛЕКСА Г.БАТУМИ

П. МЕРАБИШВИЛИ, В. ДЖАМАРДЖАШВИЛИ, А. МИРИАНАШВИЛИ, М. ЛОРДКИПАНИДЗЕ

cose.av@gmail.com

В условиях глобального потепления приоритетной становится разработка и использование новых прогрессивных технологий в любой области человеческой деятельности. Наряду с промышленностью, транспортом и теплоэнергетикой (ТЭС) одним из основных поставщиков CO₂ в атмосферу являются системы теплоснабжения (непосредственно) и хладоснабжения (косвенно).

В 60-е годы XX века академик АН ГССР Вахтанг Иванович Гомелаури предложил систему теплохладоснабжения с помощью тепловых насосов (ТН), использующие в качестве источника теплоты и холода воду верхних слоев Черного моря (до 30 м от уровня моря). Система отличается высокой экологичностью, так как при теплоснабжении не используется топливо. Однако при хладоснабжении система не способствует улучшению экономичности. В начале 80-х годов XX века ученик Вахтанга Ивановича В.А. Джамарджашвили предложил систему теплохладоснабжения на основе использования нижних, глубинных слоев Черного моря (60 – 80 м от уровня моря), причем в отличие от известной системы для хладоснабжения вместо холодильной машины (реверсивного ТН) непосредственно используется глубинная холодная вода, что дает существенный экономический эффект. Дело в том, что Черное море является колоссальным источником как теплоты (для ТН), так и холода для непосредственного кондиционирования воздуха летом. Температура глубинной морской воды (ниже 50 м от уровня моря) $t_b=8^{\circ}\text{C}$ и постоянна в течение года. Следует отметить, что аналогичный проект **на озерной глубинной воде был реализован в Канаде (г.Торонто) в 2004 г. Впоследствии ему была присуждена премия Леонардо да Винчи, которая является аналогом Нобелевской премии в технической отрасли. Таким образом, при соответствующем уровне внедрения в область новых технологий указанную премию могла бы получить Грузия, а не Канада.**

Климатические условия Аджарии наиболее предпочтительны для эффективного использования ТН, в частности, расчетная температура наружного воздуха при проектировании системы отопления составляет $t_p= - 2^{\circ}\text{C}$; а температура воды 8°C оптимальна для использования в фанкойлах кондиционирования воздуха как непосредственно, так и с использованием межконтурного теплообменника.

В настоящее время такой способ кондиционирования воздуха в виде двухконтурной системы уже реализован в США (Корнельский университет) [1]. Расход электроэнергии в этой системе почти в 10 раз меньше по сравнению с традиционным методом (компрессионными холодильными машинами) кондиционирования воздуха. Лучший результат достигается при одноконтурной схеме кондиционирования (вентиляция холодным воздухом) [2]. Однако с точки зрения экологичности предпочтение следует отдать двухконтурному варианту.

Литературные данные о величине и распределении по глубине температуры воды в Черном море не могут служить основой проектирования системы теплохладоснабжения для конкретной области акватории Черного моря. Поэтому, естественно, необходимо проведение экспериментальных исследований по определению параметров морской воды

Первый этап исследований был проведен в летние месяцы 2009 г. Опыты проводились в области изменения глубины моря от 60 до 150 м. Измерялись следующие величины: температура воды, давление и электропроводность (для определения солености морской воды), а также биологический и химический анализы воды для глубины 80 м. Указанные параметры морской воды измерялись прецизионным сенсором, который также с высокой точностью измеряет глубину его расположения в разных слоях моря. Знание реальной солености морской воды чрезвычайно важно для прогнозирования коррозионных процессов в межконтурном теплообменнике.

По основному показателю - температуре воды - было зафиксировано ее значение на глубинах $50 < H < 80$ м; $t_b = 7,8-8^{\circ}\text{C}$.

Известно, что в морских исследованиях повторение экспериментов, особенно когда это касается температуры воды, является известной необходимостью из-за волнового и изменяющегося характера течения придонных и других слоев морской воды. Поэтому было принято решение о проведении повторного эксперимента и в 2010 г.

Повторные эксперименты проводились в области глубины H , $50 < H \leq 80$ м на расстоянии от берега не более 700 м. С учетом опыта исследований 2009 г. была изготовлена и апробирована

специальная платформа для крепления сенсора и якоря на зеркале моря, оснащенная светосигнальным устройством.

В результате двухмесячных экспериментов количество зафиксированных режимов составляло 4591. Интервал измерения параметров - 15 мин.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что средняя температура глубинной воды составляла:

1) в период от 15.08.2010 17:00 ч до 28.08.2010 14:00 ч $\bar{t}_B = 8,113^\circ\text{C}$ при средней глубине расположения сенсора $\bar{H} = 72,013$ м;

2) в период от 28.08.2010 15:45 ч до 18.09.2010 15:45 ч $\bar{t}_B = 8,081^\circ\text{C}$ при $\bar{H} = 67,660$ м и $\bar{t}_B = 7,949^\circ\text{C}$ при $\bar{H} = 82,962$ м;

3) в период от 18.09.2010 до 02.10.2010 $\bar{t}_B = 7,956^\circ\text{C}$ при $\bar{H} = 75,7$ м.

Наименьшая температура воды $t_B = 7,949^\circ\text{C}$ зафиксирована на глубине $\bar{H} = 82$ м, тогда как в 2009 г. она фиксировалась на глубине $\bar{H} = 65$ м, что объясняется более интенсивным прогревом верхних слоев моря из-за аномально высокой (и длительной) температуры воздуха летом 2010 г. в г.Батуми.

Полученные результаты в ходе повторных экспериментов подтвердили, что использование глубинной морской воды для кондиционирования воздуха (в режиме ее охлаждения), а также в качестве источника тепла для теплового насоса, термодинамически, несомненно, оправдано. Зафиксированная температура $\bar{t}_B = 8^\circ\text{C}$ относится к полностью апробированному и экономически оправданному интервалу температуры 8-10 $^\circ\text{C}$ в кондиционировании воздуха с применением артезианских вод.

Основные климатические данные г.Батуми для расчета кондиционирования воздуха: максимальная температура воздуха $t_{\text{max}} = 31,0^\circ\text{C}$; средняя температура воздуха наиболее жаркого месяца в 13 ч $\bar{t} = 27,1^\circ\text{C}$; максимальная относительная влажность воздуха $\phi_{\text{max}} = 62,2\%$; средняя относительная влажность воздуха наиболее жаркого месяца в 13 ч $\bar{\phi} = 73,5\%$; расчетная температура воздуха $t_p = 29,6^\circ\text{C}$; расчетная относительная влажность $\phi_p = 65\%$; предельные величины эффективной температуры воздуха: летом - $t_{\text{эф.л.}} = 17 \div 23^\circ\text{C}$; зимой - $t_{\text{эф.з.}} = 17 \div 21^\circ\text{C}$.

По расчетам турецких специалистов (принятый проект) главная система отопления и горячего водоснабжения строящегося комплекса должна иметь производительность $Q = 10,2$ МВт = 8,8 Гкал/ч. При этом обеспечение указанной тепловой мощности предусмотрено путем использования трех стальных бойлеров, работающих на природном газе в температурном режиме 90/70 $^\circ\text{C}$. Каждый из бойлеров в зимний период будет вырабатывать мощность 3,2 МВт. Отметим, что при мощности бойлеров 10,2 МВт выбросы парникового газа CO_2 в атмосферу курортного города Батуми только за 1 месяц при теплотворной способности природного газа $Q_H = 8500$ ккал/м 3 составят 1526 т CO_2 .

Система хладоснабжения комплекса имеет мощность примерно 9000 кВт. Она оснащена 4-мя чиллерами с водяным охлаждением, каждый мощностью 1800 кВт и 2-мя чиллерами с воздушным охлаждением, которые расположены на уровне крыши, суммарной мощностью 1800 кВт.

С учетом вышеуказанных проектных мощностей, нами предложена новая схема теплохладоснабжения гостиничного комплекса на примере двух тепловых насосов (см. Рис. 1).

Основой новой схемы является использование глубинной морской воды (с температурой 8 $^\circ\text{C}$) в качестве источника тепла для испарителей реверсивных чиллеров (тепловых насосов) в зимнее время и круглогодичного для горячего водоснабжения, а в летнее время - для охлаждения воды из фанкойлов и других аппаратов кондиционирования воздуха.

Рассмотрим для наглядности по отдельности тепло- и хладоснабжение.

Как известно, реверсивный чиллер (или тепловой насос) вырабатывает теплоту Q_1 в $[(1+\epsilon)/\epsilon]$ раза большей величины по сравнению с холодопроизводительностью Q_2 (где $\epsilon = Q_2/L$ есть холодильный коэффициент чиллера); L - мощность или электроэнергия, затрачиваемая на электромотор чиллера. Поэтому предусмотренные принятым проектом чиллеры с суммарной холодильной мощностью $Q_2 = 9000$ кВт способны генерировать теплоту на теплоснабжение большей величины по сравнению с потребной по принятому проекту ($Q_1 = 10200$ кВт), даже при $\epsilon = 2$.

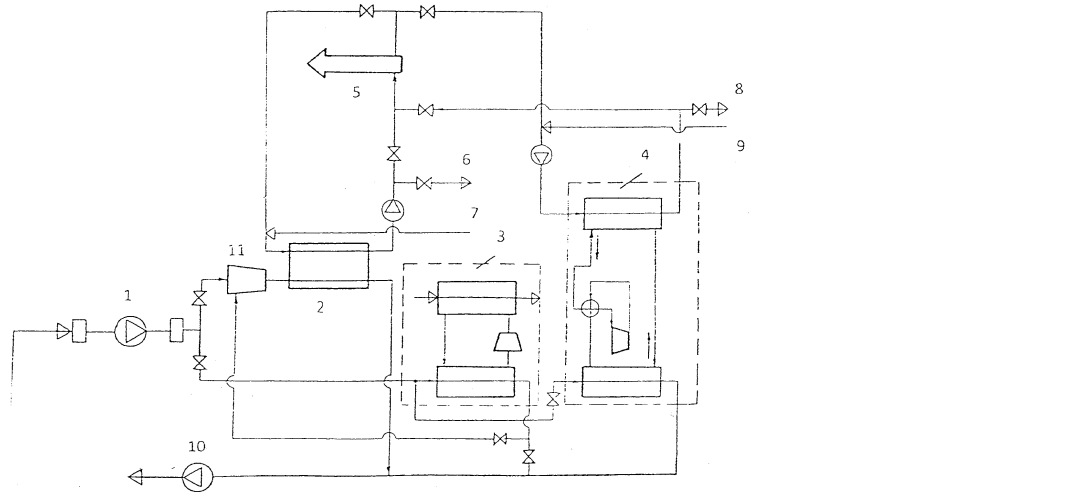


Рис. 1. Принципиальная схема теплоснабжения на основе использования глубинной воды Черного моря:

1 - насос глубинной морской воды; 2 - межконтурный теплообменник; 3 - тепловой насос горячего водоснабжения; 4 - реверсивный тепловой насос; 5 - фанкойл; 6,7 - соответственно трубопровод для подачи охлажденной воды в теплообменники вентиляционных агрегатов и отвода из них; 8,9 - соответственно трубопровод для подачи подогретой (до 55°C) воды в теплообменники вентиляционных агрегатов и отвода из них; 10- насос сброса отработанной воды обратно в море (на глубину 20-30 м); 11 – эжектор.

В условиях г.Батуми холодильный коэффициент современных чиллеров с конденсаторами даже с непосредственным воздушным охлаждением в действительном цикле $\varepsilon=2,8$ (см., например, чиллер DAIKIN EWAQ130DAYNN), т.е. при $Q_2=9000$ кВт требуемая электрическая мощность привода чиллеров в принятом проекте при их использовании для кондиционирования воздуха летом составит $L_{чл}=(9000:2,8)=3,21$ МВт.

При источнике теплоты в виде глубинной морской воды с постоянной температурой 8°C и при температуре верхнего источника теплоты 55°C коэффициент термотрансформации теплового насоса

$$\varphi = \frac{T}{T - T_0} a = \frac{(273,15 + 55)}{(55 - 8)} 0,7 = 4,9 . \quad (1)$$

Здесь коэффициент a суммарно учитывает все потери: потери термодинамического цикла, потери в электромоторе и потери от внешней необратимости при теплопередаче в испарителе и конденсаторе реверсивного чиллера (теплового насоса).

Для чиллеров с винтовым компрессором и с современным теплообменным оборудованием $a \approx 0,7$.

Согласно принятому проекту тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию зимой $Q_{от} = (10162-3147)=7015$ кВт, а на круглогодичное горячее водоснабжение - $Q_{гв}=3147$ кВт. Следовательно, расход электроэнергии на отопление и вентиляцию с помощью теплового насоса при продолжительности отопительного сезона $\tau_{от} = 2600$ ч будет $\mathcal{E}_{от} = Q_{от} \cdot \tau_{от} / \varphi = 3,72 \cdot 10^6$ кВт.ч, а на горячее водоснабжение при коэффициенте неравномерности 2,0 $\mathcal{E}_{гв} = Q_{гв} \cdot 8400 / 2 \cdot \varphi = 2,70 \cdot 10^6$ кВт.ч.

Суммарная величина годового расхода электроэнергии на теплоснабжение составит

$$\Sigma \mathcal{E}_{тс} = \mathcal{E}_{от} + \mathcal{E}_{гв} = 6,42 \cdot 10^6 \text{ кВт.ч.}$$

В принятом проекте годовой расход природного газа при теплоснабжении с помощью бойлеров

$$\Sigma M_{тс} = M_{от} + M_{гв} = (Q_{от} \cdot \tau_{от} + Q_{гв} \cdot \tau_{гв}) / Q_H = 4,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Здесь Q_H - низшая теплота сгорания природного газа $Q_H = 8000$ ккал/м³; $\tau_{гв} = 8400$ ч (350 дней в году) - количество часов горячего водоснабжения в год.

Цены на электроэнергию и природный газ в г.Батуми на сегодняшний день составляют:

на электроэнергию - $C_э = \$0,0647 / \text{кВт.ч}$;

на природный газ - $C_о = \$0,304 / \text{м}^3$.

Следовательно, эксплуатационная годовая затрата на теплоснабжение при использовании природного газа $Z_{\text{пг}} = \Sigma M_{\text{тс}} \cdot C_0 = \$1,46 \cdot 10^6 / \text{год}$.

Эксплуатационные годовые затраты на теплоснабжение при помощи тепловых насосов состоят из затрат на электроэнергию электромоторов тепловых насосов - $Z_{\text{тс}} = \Sigma \text{Этс} \cdot C_{\text{э}} = \$0,41 \cdot 10^6 / \text{год}$ и на транспортировку глубинной морской воды к испарителям тепловых насосов с последующим отводом использованной воды обратно в верхние слои моря.

Секундный расход глубинной морской воды на отопление и вентиляцию при ΔT в испарителях тепловых насосов $\Delta T = 8-3=5^{\circ}\text{C}$

$$G_{\text{от}} = Q_2^{\text{от}} / C_p \cdot \Delta T = Q_{\text{от}} \frac{\varphi-1}{\varphi} / C_p \Delta T = 266,7 \text{ кг/с.}$$

Здесь C_p - удельная теплоемкость воды. Секундный расход морской воды на горячее водоснабжение

$$G_{\text{гв}} = Q_{\text{гв}} / C_p \cdot \Delta T = Q_2^{\text{гв}} \frac{\varphi-1}{\varphi} / C_p \Delta T = 119,6 \text{ кг/с.}$$

Годовой расход морской воды на отопление и вентиляцию

$$G_{\text{от}}^{\text{год}} = G_{\text{от}} \cdot 2600 = 2496312 \text{ т/год,}$$

а на горячее водоснабжение при коэффициенте часовой неравномерности, равным 2,

$$G_{\text{гв}}^{\text{год}} = G_{\text{гв}} \cdot 8400 / 2 = 1808352 \text{ т/год.}$$

Для определения расчетного срока окупаемости нового прогрессивного решения теплоснабжения, в первую очередь, необходимо определить относительную стоимость трубопровода морской воды с насосной станцией, так как трубопровод используется для получения и теплоты и холода. Поэтому суммарную стоимость трубопровода и насосной станции $C_{\text{мт}}$ следует распределить на составляющие

$$C_{\text{мт}} = C_{\text{мт}}^{\text{тс}} + C_{\text{мт}}^{\text{хс}},$$

или доля стоимости трубопровода с насосной станцией, отнесенная на теплоснабжение,

$$C_{\text{мт}}^{\text{тс}} = C_{\text{мт}} / (1 + C_{\text{мт}}^{\text{хс}} / C_{\text{мт}}^{\text{тс}}) = C_{\text{мт}} / (1 + \mu), \quad (2)$$

где $C_{\text{мт}}^{\text{хс}}$ - доля стоимости, отнесенная на хладоснабжение, т.е. на кондиционирование воздуха внутри помещений гостиничного комплекса летом.

При определении относительной стоимости трубопровода с насосной станцией наиболее оправдано принятие условий, что

$$\mu = G_{\text{хс}}^{\text{год}} / G_{\text{тс}}^{\text{год}} = G_{\text{хс}} \cdot \tau_{\text{хс}} / (G_{\text{от}} \cdot \tau_{\text{от}} + G_{\text{гв}} \cdot \tau_{\text{гв}}), \quad (3)$$

где $G_{\text{хс}}^{\text{год}}$ и $G_{\text{тс}}^{\text{год}}$ соответственно годовые расходы морской воды на хладоснабжение и на теплоснабжение; $G_{\text{хс}}$ - секундный расход морской воды на хладоснабжение; $\tau_{\text{хс}}=2400$ ч - период хладоснабжения гостиничного комплекса.

При холодильной мощности 9000 кВт и нагреве глубинной морской воды в межконтурном теплообменнике от 8 до 12^oC $G_{\text{хс}}=537,4$ кг/с = 1934,64 т/ч. Соответственно $G_{\text{хс}}^{\text{год}}=4643136$ т/год; $G_{\text{тс}}^{\text{год}}=4304664$ т/год, а их отношение $\tau=1,08$.

По расчетам турецкой компании "Kartan" стоимость трубопровода с насосной станцией "под ключ" составляет

$$C_{\text{мт}}=2,381 \cdot 000\text{E} = \$3,285780.$$

Таким образом, при расчете суммарного капвложения на основные узлы новой схемы теплоснабжения, составляющие стоимости морского трубопровода (подающего и отводящего) с насосной станцией согласно (2) и (3) равны: при теплоснабжении $C_{\text{мт}}^{\text{тс}} = \1579702 , а при хладоснабжении $C_{\text{мт}}^{\text{хс}} = C_{\text{мт}} - C_{\text{мт}}^{\text{тс}} = \1706078 .

Мощность насоса морской воды с учетом сопротивления испарителя теплового насоса и высоты уровня моря над диффузором сброса отработанной воды в море

$$N_{\text{н}}^i = \frac{\Delta P_{\text{д}}}{\rho \cdot \eta_{\text{н}}} G_i. \quad (4)$$

Здесь ρ - плотность морской воды; $\eta_H = 0,85$ - КПД насоса; ΔP_d - действительный перепад давлений; G_i - секундный расход морской воды.

Расход электроэнергии на транспортировку морской воды для нужд отопления и вентиляции

$$\mathcal{E}_H^{OT} = N_H^{OT} \cdot \tau_{OT} = 138,4 \cdot 2600 = 359840 \text{ кВт.ч};$$

для нужд горячего водоснабжения

$$\mathcal{E}_H^{ГВ} = N_H^{ГВ} \cdot \tau_{ГВ} = 62,1 \cdot 8400 / 2 = 260820 \text{ кВт.ч.}$$

Соответственно суммарная годовая затрата на транспортировку морской воды при теплоснабжении

$$\Sigma Z_H = (\mathcal{E}_H^{OT} + \mathcal{E}_H^{ГВ}) C_{\mathcal{E}} = \$40156,7.$$

Согласно этим данным расчетный срок окупаемости новой схемы теплоснабжения гостиничного комплекса

$$t_{\text{рас}} = \frac{K_1^{TC} - K_2^{TC}}{Z_2^{TC} - Z_1^{TC}} = \frac{3,72 \cdot 10^6}{(1,46 - 0,45)10^6} = 3,7 \text{ год.} \quad (5)$$

В отличие от теплоснабжения морской водой, при котором глубинная вода непосредственно подается в испарители (с титановыми трубками) тепловых насосов, хладоснабжение комплекса осуществляется охлаждением чистой воды из фанкойлов (и другого теплообменного оборудования) с помощью межконтурного теплообменника. Режим работы фанкойлов летом $9/14^0\text{C}$ (такие фанкойлы выпускаются промышленностью), а в первом контуре глубинная морская вода нагревается от 8 до 12^0C . Расход морской воды при холодильной нагрузке 9000 кВт $G_{\text{хч}} = 9000 / C_p \cdot 4 = 537,4 \text{ кг/с}$, а годовой расход

$$G_{\text{ХС}}^{\text{Год}} = G_{\text{ХС}} \cdot \tau_{\text{ХС}} = G_{\text{ХС}} \cdot 2400 = 4643136 \text{ т/год.}$$

Расход электроэнергии насоса, функционирующего для транспортировки морской воды в год, т.е. при кондиционировании воздуха летом,

$$\mathcal{E}_{\text{ХС}}^{\text{Год}} = N_{\text{ХС}} \cdot 2400 = 669385 \text{ кВт.ч,}$$

а в принятом проекте, т.е. при кондиционировании воздуха с помощью чиллеров,

$$\mathcal{E}_{\text{чл}}^{\text{Год}} = 7714286 \text{ кВт.ч.}$$

Таким образом, для кондиционирования воздуха летом с использованием глубинной морской воды требуется электроэнергия в 11,5 раз меньше по сравнению с традиционным методом охлаждения помещений.

Следует отметить, что в существующем проекте используются чиллеры с конденсаторами водяного охлаждения, однако затем подогретая вода охлаждается воздухом в теплообменниках, расположенных на крыше комплекса (что создает ощутимые неудобства в процессе эксплуатации). Поэтому стоимость чиллеров в существующем проекте будет больше реверсивных в новой схеме теплохладоснабжения. При переходе от традиционного метода хладоснабжения к коэволюционному методу использования холодных слоев воды Черного моря достигается существенная экономия: по эксплуатационным затратам - \$455805; по капвложениям - \$443922.

В таблице представлены результаты расчетов, суммирующие полученные данные

Таблица

№	Принятый проект		Предлагаемый проект	
	Эксплуатационные затраты	Капвложения в основные агрегаты и узлы комплекса	Эксплуатационные затраты	Капвложения в основные агрегаты и узлы комплекса
	\$	\$	\$	\$
1	Годовые затраты на природный газ - $Z_{\text{пр}} = 1,46 \cdot 10^6$	Стальные бойлеры $Z_{\text{Бл}} = 10200 \cdot 40 = 0,41 \cdot 10^6$	Годовые затраты на электроэнергию тепловых насосов $Z_{\text{тс}} = 0,41 \cdot 10^6$	Трубопровод морской воды с насосной станцией ("под ключ") $C_{\text{МТ}}^{\text{ТС}} = 3,28 \cdot 10^6$

2	Годовые затраты на электроэнергию чиллеров $\Sigma\text{ч}=0,50\cdot 10^6$	Чиллеры (6 шт) с холодильной мощностью 9000кВт $\text{Кчл}=2,55\cdot 10^6^*$	Годовые затраты на электроэнергию насоса морской воды $\Sigma\text{З}_\text{H}=0,083\cdot 10^6$	Реверсивные чиллеры (тепловые насосы) $\text{З}_{\text{чл}}=102000\cdot 250=$ $=2,55\cdot 10^6^*$
3				Межконтурный титановый теплообменник-GEA (Германия) $\text{К}_{\text{ТО}}=0,40\cdot 10^6$ (2шт.)
И т о г о:			И т о г о:	
	$\Sigma\text{З}_2$	$\Sigma\text{К}_2$	$\Sigma\text{З}_1$	$\Sigma\text{К}_1$
	$1,96\cdot 10^6$	$2,96\cdot 10^6$	$0,49\cdot 10^6$	$6,23\cdot 10^6$

Согласно данным табл. 1 расчетный срок окупаемости новой системы теплохладоснабжения по сравнению с принятым проектом

$$t_{\text{рас}}^{\text{сист}} = \frac{\Sigma\text{К}_2 - \Sigma\text{К}_1}{\Sigma\text{З}_2 - \Sigma\text{З}_1} = \frac{6,23 - 2,96}{1,96 - 0,49} = 2,2 \text{ года.}$$

Гарантийный срок работы тепловых насосов - 30÷35 лет.

За оставшийся срок эксплуатации тепловых насосов $(30-2,2)=27,8$ лет суммарная величина прибыли составит $P_r = (1,96-0,49) \cdot 10^6 \cdot 27,8 = \$40,9 \cdot 10^6$, а ежегодная прибыль $P_r = \$1,47 \cdot 10^6$.

Анализ и расчет системы теплохладоснабжения на основе использования глубоинной морской воды свидетельствует о ее преимуществе по экономическим и экологическим показателям перед традиционным методом получения холода с помощью парокомпрессионных холодильных машин, а теплоты - путем сжигания органического топлива. Согласно коэволюционному методу, при существующем соотношении цен на природный газ и электроэнергию в Грузии, для кондиционирования воздуха летом требуется в 11,5 раза меньше электроэнергии, по сравнению с традиционным методом охлаждения помещений, а эксплуатационные годовые затраты на теплоснабжение в 3,2 раза меньше по сравнению с теплоснабжением с помощью бойлеров, работающих на природном газе, при сжигании которого, на каждые 1000 м² площади выброс углекислого газа в год составляет до 105 т.

შავი ზღვისპირეთისათვის თბოსიცივით მომარაგების კოევოლუციური მეთოდის ეფექტურობის დასაბუთება ქვათუმის სასტუმრო კომპლექსის მახალითზე

პ. მერაბიშვილი, ვ. ჯამარჯაშვილი, ა. მირიანაშვილი, მ. ლორთქიფანიძე

რეზიუმე

წარმოდგენილია თბოსიცივით მომარაგების კოევოლუციური მეთოდი შავი ზღვისპირეთისათვის. აღნიშნული მეთოდი დაფუძნებულია შავ ზღვაში წყლის ტემპერატურის სიღრმის მიხედვით ანომალურ განაწილებაზე, კერძოდ, არსებული (110 წლიანი) მონაცემებით თერმოსოლში 30-50მ-დან 150-200მ სიღრმეზე წყლის ტემპერატურა შეადგენს 6-8⁰C და პრაქტიკულად არ იცვლება წლის განმავლობაში. ორი წლის (2009-2010წწ.) განმავლობაში ქვათუმის აკვატორიის ფარგლებში ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დადასტურდა, რომ წყლის სიღრმული ტემპერატურა 50მ და მეტ სიღრმეზე 7,8-8⁰C-ის ტოლია და პრაქტიკულად არ იცვლება სიღრმის ზრდასთან ერთად 150 მ-მდე წლის განმავლობაში ყველაზე ცხელ (ივნისი-სექტემბერი) თვეებშიც კი.

შავი ზღვის სიღრმული წყლის გამოყენების საფუძველზე თბოსიცივით მომარაგების ინოვაციური სისტემის გაანგარიშების შედეგები ცალსახად მოწმობს შემოთავაზებული მეთოდის ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ უპირატესობაზე არსებულ მეთოდებთან შედარებით, კერძოდ, ელექტროენერგიის ხარჯი ჰაერის კონდიციონერებზე (გაგრილებაზე) 11-12-ჯერ ნაკლებია ტრადიციულ ორთქლკომპრესორულ მეთოდთან შედარებით, ხოლო

წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები თბომომარაგებაზე 3,2-ჯერ ნაკლებია ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ბოილერებით თბომომარაგებასთან შედარებით.

**PROOF OF CO-EVOLUTIONARY METHOD OF HEATING & COOLING SUPPLY ON
EXAMPLE OF HOTEL COMPLEX IN BATUMI CITY**

P.MERABISHVILI, V.JAMARJASHVILI, A.MIRIANASHVILI, M.LORDKIPANIDZE

Summary

The co-evolutionary method of heating & cooling supply for Black Sea coastline is presented in the paper. This method is based on anomaly distribution of seawater temperature in Black Sea depending on depth; namely, the temperature in thermocline starting from 30-50 meters down to 150-200 meters equals to 6-8°C and practically is unchanged during a year. The experiment conducted during 2 years (2009-2010) confirms that within Batumi City sea area the depth temperature of seawater is equal to 8°C and practically is unchanged with increase of depth down to 150 meters.

The analysis performed by the authors and the calculation of the heating & cooling supply system (on example of one of hotel complexes of Batumi City) based on utilization of the seawater of black sea proves the economical and ecological advantage of the proposed method over the existing ones, namely, electricity cost on air conditioning (cooling) is 11-12 times less than in case of conventional method.

**ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА
ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ГОСТИНИЧНОГО
КОМПЛЕКСА Г.БАТУМИ**

П. МЕРАБИШВИЛИ, В. ДЖАМАРДЖАШВИЛИ, А. МИРИАНАШВИЛИ, М. ЛОРДКИПАНИДЗЕ

Резюме

Представлены материалы обоснования и экспериментального исследования вопросов коэволюционного метода теплохладоснабжения Причерноморья на примере гостиничного комплекса г.Батуми. Иновационный метод основан на аномальном распределении температуры воды в Черном море по глубине, в частности, согласно почти ~110-летним данным температура глубинной воды от 30÷50 до 150÷200 м равна 6-8°C и ее величина практически не изменяется в течение года. Эксперименты, проведенные в течение двух лет (2009-2010 гг.) показали, что температура воды в пределах акватории г.Батуми на глубине более 50 м равна 7,8-8°C и практически постоянна до 150 м даже в самые жаркие месяцы (июнь-сентябрь) года.

Выполненный авторами анализ и расчет системы теплохладоснабжения на основе использования глубинной морской воды свидетельствует о преимуществе предложенного метода перед традиционными методами теплохладоснабжения. В частности, расход электроэнергии на кондиционирование воздуха летом в 11÷12 раз меньше по сравнению с парокомпрессионным методом, а годовые эксплуатационные расходы на теплоснабжение - в 3,2 раза меньше по сравнению с теплоснабжением с помощью бойлеров, работающих на природном газе.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Cornell Universitu lake Source Cooling Project. www.gryphoneng.com/projects/cornell_3htm
2. ჯამარჯაშვილი ვ., დაბრუნდაშვილი ზ., კონდახიშვილი ო. შავიზღვისპირა რეგიონების ჰაერის კონდიციონებისა და სიცივის წარმოების ენერგოდამზოგი სისტემა//ენერგია. №3. 1998.თბილისი.

**ტურბულენტური ნაკადის ჰიდროდინამიკა და თბოგაცემა
ხაოიანი ზედაპირების გარსდენის დროს**

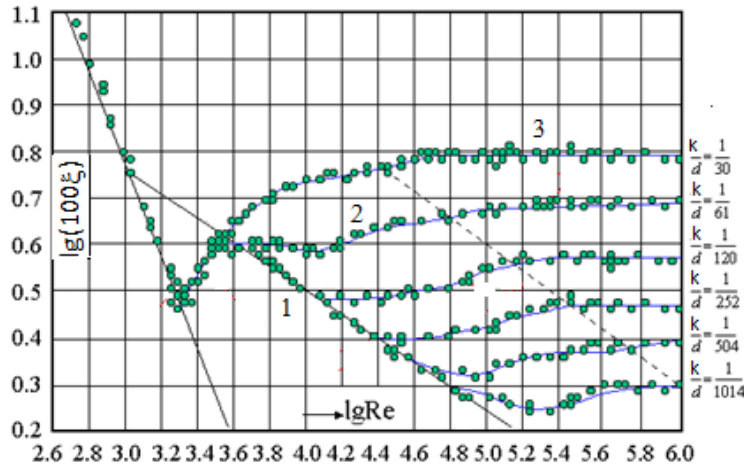
თ.მაგრაქველიძე, ნ.ბანცაძე, ა.მიძაშავიძე, ხ.ლომიძე, ნ.ლაკვეიშვილი
qvelit@rambler.ru

როგორც ცნობილია, მილსადენები ხასიათდება გარკვეული ხაოიანობით (ხორკლიანობით), რაც განაპირობებს მილსადენის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის მკვეთრ ზრდას. იმისათვის, რომ გაანგარიშებულ იქნეს მილსადენის საშუალებით სითხის ან ჰაერის გადატუმბვისათვის საჭირო სიმძლავრე, საჭიროა ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის ზუსტი განსაზღვრა. ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია სითხის (აირის) მოძრაობის რეჟიმზე და ხაოიანობის გეომეტრიულ პარამეტრებზე.

მეორე მხრივ, ხელოვნური ხაოიანობა წარმოადგენს თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებას. თანამედროვე ენერგოდანადგარების ეფექტურობა კი, როგორც ცნობილია, მჭიდრო კავშირშია თბოგაცემის ინტენსიურობასთან.

ამიტომ, ტურბულენტური ნაკადის ჰიდროდინამიკისა და თბოგაცემის კანონზომიერებების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს.

სისტემატური ექსპერიმენტები, რომელთაც საფუძველი ჩაუყარეს ხელოვნური ხაოიანობის მქონე ზედაპირების სითხის ნაკადით გარსდენის ჰიდროდინამიკური კანონზომიერებების შესწავლას, ჩატარდა ი.ნიკურაძის მიერ გეტინგენში [1]. ექსპერიმენტებში ი.ნიკურაძე იყენებდა მილებს, რომელთა შიგა კედლებზე მჭიდრო განლაგებით აწებებდა ქვიშის მარცვლებს. შემდგომში ასეთი სახის ხაოიანობას „ქვიშისებური“, ანუ ნიკურაძის ხაოიანობა ეწოდა. ნიკურაძის ექსპერიმენტების შედეგები (ნიკურაძის „არფა“) წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.



ნახ.1. ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე [1]

აღნიშნული ექსპერიმენტებით ი.ნიკურაძემ¹ დაადგინა ხაოიანობის გამოვლინების სამი რეჟიმი, რომლებსაც განსაზღვრავს უგანზომილებო კომპლექსის – $hu^*/v^{(*)}$ მნიშვნელობა:

1. რეჟიმი, რომელშიც საერთოდ არ გამოვლინდება ხაოიანობა;
2. ხაოიანობის ნაწილობრივი გამოვლინების რეჟიმი;
3. ხაოიანობის სრული გამოვლინების რეჟიმი.

¹ 2008 წელს თ.მაგრაქველიძე მინსკის საერთაშორისო ფორუმზე გამოვიდა წინადადებით, რომ ჰიდროდინამიკაში ივანე ნიკურაძის დიდი წვლილის აღსანიშნავად, უგანზომილებო კომპლექსს ეწოდოს ნიკურაძის კრიტერიუმი $Ni = hu^*/v$

პირველი საფუძვლიანი გამოკვლევა თბოგაცემაზე ხაოიანობის ეფექტის შესახებ გამოქვეყნდა ვ.ნუნერის მიერ [2].

[2] გამოკვლევაში, წარმოდგენილი მოდელის თანახმად თბოგაცემის ინტენსიფიკაციას განაპირობებს ხაოიანობის ელემენტების წვეროებიდან მოწვევტილი გრივალების ზემოქმედებით ტურბულენტური ბირთვის დამატებით ტურბულიაცია.

[2] სამუშაოში შემოთავაზებული ფიზიკური მოდელის მცდარობა მკაფიოდ იქნა დასაბუთებული ვ.გომელაურის გამოკვლევაში [3], რომელშიც გამოთქმული იყო ნუნერისაგან პრინციპულად განსხვავებული მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ ხაოიანობის ელემენტების წვეროებიდან მოწვევტილი გრივალები, ძირითადად ზემოქმედებდნენ რა ტურბულენტური ნაკადის ბლანტ შრეზე, იწვევენ მის გათხელებას, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ამ შრის თერმული წინაღობის შემცირებას, და, შესაბამისად, თბოგაცემის ინტენსიურობის გაზრდას. ცხადია, რომ [3]-ში შემოთავაზებული ფიზიკური მოდელის თანახმად, [2]-ში წარმოდგენილი მოდელის საპირისპიროდ, ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიურობაზე მნიშვნელოვანი უნდა იყოს ისეთი სითხეებისათვის, რომელთა $Pr > 1$ (წყალი, ზეთები), ვინაიდან სწორედ ამ შემთხვევაში თერმიული წინააღმდეგობის უდიდესი ნაწილი თავმოყრილია ბლანტ შრეში.

[3]-ის თანახმად ხელოვნური ხაოიანობის ეფექტი თბომტარის პრანდტლის რიცხვის ზრდით იზრდება. [3]-ში დადგენილი იყო, აგრეთვე, რომ ხელოვნური ხაოიანობის ზემოქმედებით გამოწვეული თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია მაქსიმალურია იმ შემთხვევაში, როდესაც ხაოიანობის გეომეტრიული პარამეტრი $s/h=12 \div 14$. ნახ.2-ზე წარმოდგენილია ექსპერიმენტული მონაცემები, რომლებიც თვალნათლივ ადასტურებენ ვ.გომელაურის მიერ მიღებული შედეგების სამართლიანობას.

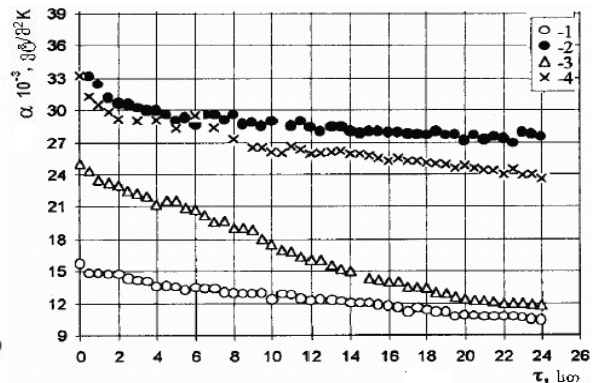
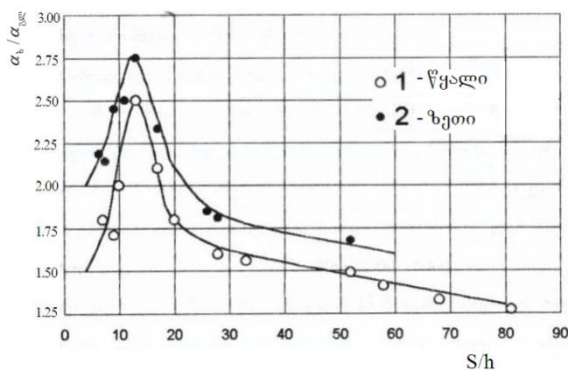
ვ.გომელაურის მიერ შემოთავაზებულ კრიტერიულ განტოლებას, რომელიც წარმოადგენს მ.მიხევეის ცნობილი კრიტერიული განტოლების მოდიფიკაციას და სამართლიანია ხაოიანობის სრული გამოვლინების რეჟიმისათვის, აქვს შემდეგი სახე:

$$Nu = 0.021 \varepsilon_b Re^{0.8} Pr^{0.43} (Pr_b / Pr_j)^{0.25}, \quad \text{სადაც} \quad (1)$$

$$\varepsilon_b = \exp[0.85(s/h)_{opt} / (s/h)] Pr^{0.04}, \quad \text{როცა } s/h > 13 \quad (2)$$

$$\varepsilon_b = \exp[0.85(s/h) / (s/h)_{opt}] Pr^{0.04}, \quad \text{როცა } s/h < 13 \quad (3)$$

[3]-ში გამოთქმული მოსაზრებები შემდგომში სავსებით დადასტურდა როგორც ვ.გომელაურისა და მისი მოწაფეების [4-6], ისე სხვა ავტორთა გამოკვლევებში [7-8]. ვ.გომელაურის მიერ მიღებული შედეგები შესულია ცნობილ სახელმძღვანელოებში [9-10].



ნახ.2 თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის დამოკიდებულება s/h -ზე [4].

ნახ.3. თბოგაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება დროზე.

1. გლუვი ზედაპირი; ხაოიანი ზედაპირები, $h=0.1\text{მმ}$. 2. $s/h=12.5$. 3. $s/h=25$. 4. $s/h=5$ [13].

საინტერესო ექსპერიმენტები იყო ჩატარებული [11]სამუშაოში, რომელშიც გამოკვლეული იყო არაერთგვაროვანი ხაოიანობის გავლენა თბოგაცემაზე და ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგო-

ბაზე რგოლურ დრეწოში ჰაერის მოძრაობის დროს. ამ სამუშაოში ჩვეულებრივი ორგანოზომილებიანი ხაოიანობის ელემენტებს შორის (პარამეტრით $s/h=12$) განლაგებული იყო შედარებით დაბალი სიმაღლის ელემენტები. მიღებული შედეგების თანახმად, ასეთი ხაოიანობა განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობის დამატებით ზრდას 12%-ით და, ამასთანავე, საგრძნობლად ამცირებს ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობას.

[12]-ში გამოკვლეული იყო ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა აქტიურ ზონაში თბოგაცემის ინტენსიურობაზე შედეგები რეალიზებულ იქნა ფიზიკის ინსტიტუტის ატომურ რეაქტორზე, რის საფუძველზეც 2.5-ჯერ გაიზარდა მისი სიმძლავრე.

საყურადღებო შედეგები იქნა მიღებული [13] გამოკვლევაში, რომელშიც დადგინდა, რომ ხელოვნური ხაოიანობა განაპირობებს თბოგამცემ ზედაპირზე დანალექების წარმოქმნის ინტენსიურობის მნიშვნელოვან შემცირებას (ნახ.3).

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ამ გამოკვლევათა ციკლში დაფიქსირებული უნიკალური მოვლენა. კერძოდ: იმ დროს, როდესაც გლუვი ზედაპირების შემთხვევაში დანალექების სისქე იზრდება ზედაპირის გასწვრივ ნაკადის მიმართულებით, ხაოიანი ზედაპირების შემთხვევაში გვაქვს შებრუნებული სურათი.

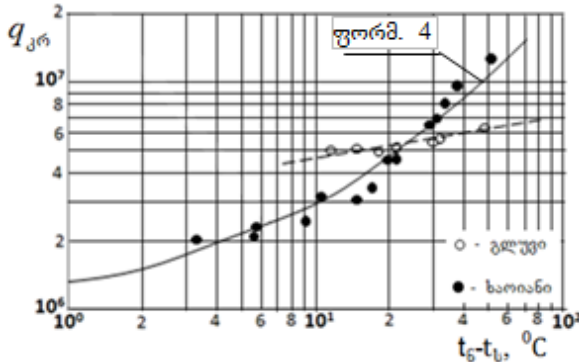
[14,15] გამოკვლევაში შესწავლილი იყო ხაოიანობის გავლენა კრიტიკულ თბურ დატვირთვაზე გადაცივებული წყლის დუღილის დროს. ამ გამოკვლევების თანახმად, როდესაც $\Delta t_g = 50^\circ\text{C}$, $q_{კრ.ხ}$ 2-ჯერ აღემატება $q_{კრ.გლ}$, (ნახ.4), ხოლო ჰიდრაულიური წინააღობა ხაოიანობის შედეგად იზრდება 3-ჯერ (ნახ.5).

[15]-ში მიღებულია ხაოიანი ზედაპირებისათვის კრიტიკული თბური დატვირთვის საანგარიშო ფორმულა, რომელიც გარკვეულად დაზუსტდა უკანასკნელ პერიოდში.

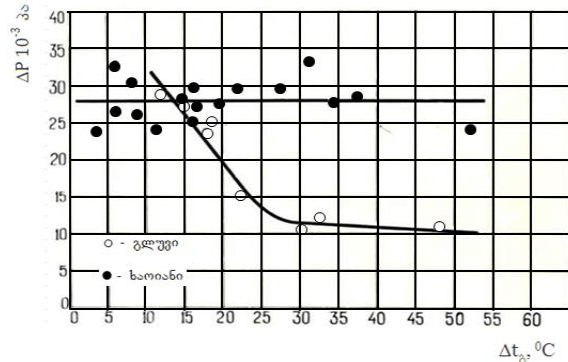
$$q_{კრ} = 0.13\sqrt{\rho_b} \sqrt[4]{g\sigma(\rho_b - \rho_g)} + 0.013\rho_b u c_p (t_g - t_b) \quad (4)$$

ფორმულა (4) კარგ თანხვედრაშია ექსპერიმენტულ მონაცემებთან (ნახ.4).

ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა თბოგაცემაზე ასევე მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა დიდ მოცულობაში სითხის ტურბულენტური არევის პირობებში (სარევიან აპარატებში) [16].



ნახ.4. კრიტიკული თბური ნაკადის დამოკიდებულება წყლის გადაცივებაზე



ნახ.5. კრიზისის დროს წნევის ვარდნის დამოკიდებულება გადაცივებაზე

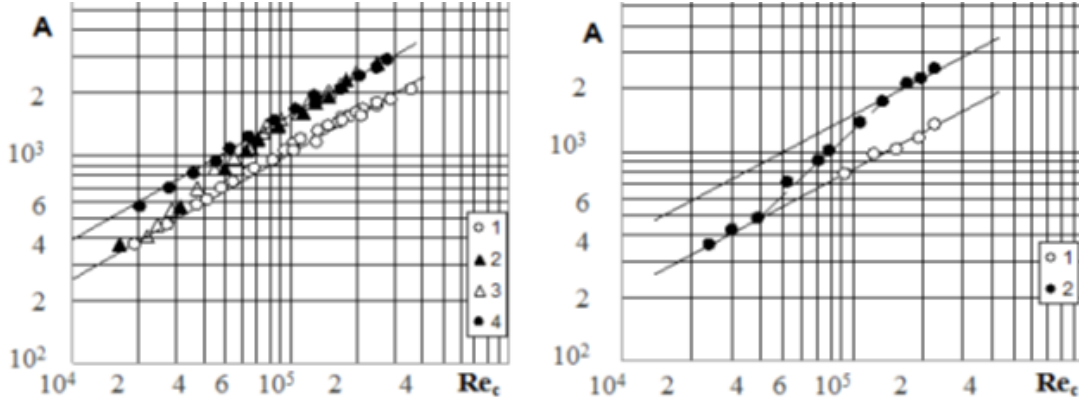
[16] გამოკვლევის ავტორთა მიერ პირველად იყო გამოკვლეული ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიურობაზე დიდ მოცულობაში სითხის ტურბულენტური არევის დროს. ამ სამუშაოებში, რომლებშიც თბომტარად გამოყენებული იყო დისტილირებული წყალი, პირველად იქნა დადგენილი, რომ:

თბოგამცემ ზედაპირზე ორგანოზომილებიანი ხაოიანობის შექმნა განაპირობებს კონვექციური თბოგაცემის ინტენსიურობის მნიშვნელოვან ზრდას. ამასთან, ამ შემთხვევაში, ხაოიანობის ეფექტი უფრო მცირეა, ვიდრე არხებში სითხის ტურბულენტური დინების დროს. დადგენილია აღნიშნული განსხვავებების მიზეზები.

თბოგაცემის მაქსიმალური ინტენსიფიკაცია მიიღწევა, როცა $5 \leq s/h \leq 10$.

ხაოიანი ზედაპირებისათვის გამოვლენილია რეინოლდსის რიცხვის სამი დიაპაზონი, რომელშიც: 1.ხაოიანობა არ ახდენს გავლენას თბოგაცემის ინტენსიურობაზე; 2.ხაოიანობის ეფექტი გამოვლინდება ნაწილობრივ; 3.ხაოიანობის ეფექტი სრულადაა გამოვლენილი.

ტურბულენტურ სარევისა და თბოგაცემაში მილის სხვადასხვა დონეებზე განლაგების შემთხვევაში ხაოიანობის ეფექტი უფრო მეტია, ვიდრე მათი ერთ დონეზე განლაგების დროს (ნახ.6).



ა) $\Delta h=0$,

ბ) $\Delta h=30\text{მმ}$

ნახ.6. თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე.

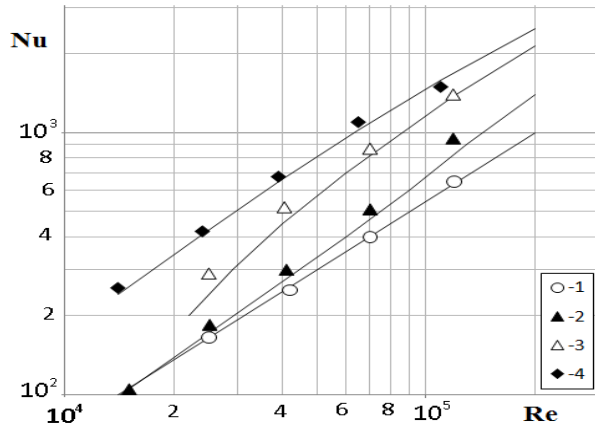
1. გლუვი ზედაპირი, $m=0.33$, $k=0.35$; ხაოიანი ზედაპირები, $m=0.38$, $k=0.2$: 2. $h=0,25\text{მმ}$, $s/h=10$; 3. $h=0,5\text{მმ}$, $s/h=10$; 4. $h=1,4\text{მმ}$, $s/h=7,1$.

სამუშაოებში [17,18] შემოთავაზებული იყო ხაოიან მილებში ტურბულენტური დინების დროს თბოგაცემის პროცესის ფიზიკური მოდელი. ამ მოდელის საფუძველზე თერმოჰიდროდინამიკური ანალიზის პრინციპებზე დაყრდნობით მიღებულ იქნა თბოგაცემის კოეფიციენტის საანგარიშო ფორმულა.

$$Nu = \frac{0.5\sqrt{n}^{-1} \left(1 + \frac{1.75}{Pr+8}\right) Pr Re \sqrt{\xi/2}}{f(Pr, \eta_1) + \eta_1 \ln \left(1 + \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} Pr\right) + \frac{0.5\eta_h Pr}{1 + 0.165\eta_h Pr} - 2.5\sqrt{n}^{-1} \ln \left(\frac{\eta_h}{\eta_0} + \frac{\eta_2}{\eta_0}\right)}, \quad (5)$$

სადაც,
$$f(Pr, \eta_1) = Pr \frac{a}{4\sqrt{2}} \left(\ln \frac{\eta_1^2 + a\sqrt{2}\eta_1 + a^2}{\eta_1^2 - a\sqrt{2}\eta_1 + a^2} + 2\text{arctg} \frac{\eta_1\sqrt{2} + a}{a} + 2\text{arctg} \frac{\eta_1\sqrt{2} - a}{a} \right),$$

$$a = \sqrt[4]{\eta_1^3 / Pr \beta}, \quad \beta = 0.03, \quad \eta_1 = 5 \left(\xi_a / \xi_b\right)^{2/3} \quad \text{და} \quad \eta_2 = 30 \left(\xi_a / \xi_b\right)^{2/3}.$$



ნახ.7 (5) ფორმულის შედარება დ.დიპრეისა და რ.საბერსკის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან, $Pr=5.94$ [19]; გლუვი ზედაპირი; ხაოიანი ზედაპირები: 2. $h/r_0 = 0.0048$; 3. $h/r_0 = 0.0276$; 4. $h/r_0 = 0.0976$. ხაზები ფორმულის მიხედვით

[17,18]-ში შემოთავაზებულია საერთო წინააღმდეგობიდან ხახუნის წინააღმდეგობის გამოყოფის მეთოდი. როცა $Re < Re^*$, $\xi_b = \xi_{sr}$, ხოლო როცა $Re > Re^*$,

$$\xi_{b,ab} = \xi_{sr} (\log Re^* / \log Re)^{2.493} \quad (6)$$

ნიკურადის ხაოიანობის შემთხვევაში ξ_{sr} და Re^* იანგარიშება ცნობილი ფორმულებით.

ნახ.7-ზე წარმოდგენილია (5) ფორმულის შედარება დ.დიპრეისა და რ.საბერსკის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. აღსანიშნავია, რომ ფორმულა სამართლიანია ხაოიანობის როგორც გარდამავალი, ისე სრული გამოვლინების რეჟიმებისათვის.

ძირითადი აღნიშვნები: $A = Nu / [Pr^{0.33}(D/d)^{0.35}(D/H)^{0.25}]$ α – ტემპერატურაგამტრობის კოეფიციენტი; α – თბოგაცემის კოეფიციენტი; D, d – დიამეტრი; Δh – მანძილი სარევის ნიბებსა და თბოგამცემ მილს შორის; h – ხაოიანობის ელემენტის სიმაღლე; $h^+ = h u_* / \nu$ – ხაოიანობის ელემენტის უგანზომილებო სიმაღლე; $Nu = \alpha d / \nu$ – ნუსელტის კრიტერიუმი; $Pr = \nu / \alpha$ – პრანდტლის რიცხვი; q – თბური ნაკადი; r_0 – რადიუსი; $Re = u d / \nu$ – რეინოლდსის კრიტერიუმი; Re^* – ხაოიანობის სრული გამოვლინების რეჟიმში გადასვლის შესაბამისი რეინოლდსის რიცხვი; $Re_c = n d^2 / \nu$ – ცენტრიდანული რეინოლდსის რიცხვი; ρ_s, ρ_∞ – შესაბამისად, სითხისა და ორთქლის სიმკვრივე; s – ორგანზომილებიანი ხაოიანობის ელემენტებს შორის ბიჯი; t – ტემპერატურა; u^* – დინამიკური სიჩქარე; $\eta = y u_* / \nu$ – უგანზომილებო მანძილი კედლიდან; $\eta_0, \eta_1, \eta_2, \eta_k$ – უგანზომილებო მანძილი კედლიდან შესაბამისად, მილის ცენტრამდე, ბლანტი შრის გარე საზღვრამდე, ბუფერული შრის გარე საზღვრამდე, ხაოიანობის ელემენტის წვერომდე; ν – სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი; σ – ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი; τ – მხები ძაბვა, დრო; ξ – ხახუნის კოეფიციენტი;
ინდექსები: კრ – კრიტიკული; ს – სითხე, სარევი; ხახ – ხახუნი; სრ – სრული; გ – გადაცილება; ო – ორთქლი, ხ – ხაოიანი; გლ – გლუვი; ნ – ნაჯერობის; კ – კედელი;

**ტურბულენტური ნაკადის ჰიდროდინამიკა და თბობაცვება
ხაოიანი ზემდაკირების გარსდენის დროს**

თ.მაგრაქველიძე, ნ.ბანცაძე, ა.მიქაშავიძე, ხ.ლომიძე, ნ.ლექვეიშვილი

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია ნაშრომები, რომლებიც მიძღვნილია ხაოიანი ზედაპირების ტურბულენტური ნაკადით გარსდენის ჰიდროდინამიკისა და თბობაცემის საკითხებისადმი როგორც არხებში, ისე სარევიან აპარატებში. ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია ქართველ მეცნიერთა მიერ მიღებულ მნიშვნელოვან შედეგებზე. კერძოდ, ინიკურადის კლასიკურ ექსპერიმენტებზე და ვ.გომელაურისა და მისი მოწაფეების მიერ მიღებულ მნიშვნელოვან შედეგებზე. წარმოდგენილია, აგრეთვე, ავტორთა მიერ დღემდე გამოუქვეყნებელი შედეგები.

**HYDRODYNAMICS AND HEAT TRANSFER OF TURBULENTLY
OVERFLOWED ROUGH SURFACES**

T.MAGRAKVELIDZ, N.BANTSADZE, A.MIKASHAVIDZE, Kh.LOMIDZE, N.LEKVEISHVILI

Summary

Works, dedicated to the hydrodynamics and heat transfer of turbulently overflowed rough surfaces in channels and stirred tanks are analyzed in this paper. Mainly accented important results obtained by Georgian scientists. In particular, classical experiments of I. Nikuradze and very important results obtained by V. Gomelaury and his students. Also results, not published yet by authors are presented.

**ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛОТДАЧА ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ОБТЕКАНИИ
ШЕРОХОВАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Т.МАГРАКВЕЛИДЗЕ, Н.БАНЦАДЗЕ, А.МИКАШАВИДЗЕ, Х.ЛОМИДЗЕ, Н.ЛЕКВЕИШВИЛИ

Резюме

В статье проанализированы работы, посвященные вопросам гидродинамики и теплоотдачи при турбулентном обтекании шероховатых поверхностей как в каналах, так и в аппаратах с мешалкой. Основной акцент сделан на значительных результатах, полученных грузинскими учеными. В частности, на классических экспериментах И.Никурадзе и значительных результатах, полученных в Грузии В.Гомелаури и его учениками. Представлены также, неопубликованные ранее данные.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Nikuradze J. //Stromungsgesetze in rouhen Rohren, VDI Forschgscheft, N361, 1933, s.16-53
2. Nunner W. //Warmeubengang und druckabfall in rouhen rohren.VDI Forschungscheft, 1956, 455s.
3. Gomelaury V. // Influence of two – dimensional artificial roughness on convective heat transfer. Int. J. of Heat and Mass Transfer, v.7, N6, 1964, pp.653-663.
4. Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кипшидзе М.Е. Интенсификация конвективного теплообмена под воздействием искусственной шероховатости. В кн. Вопросы конвективного теплообмена и чистаты водяного пара. Изд-во АН ГССР, 1970, с.98-131.
5. Гомелаури В.И., Маграквелидзе Т. Ш., Микашавидзе А.Н. Хоштария А.Г. Чучулашвили Т.А. Экспериментальное исследование интенсификации теплоотдачи перегретого пара методом двухразмерной шероховатости. Сообщения АН ГССР, 1974, том 75, №2, с.409-412.
6. Гомелаури В., Микашавидзе А., Джамарджашвили В., Маграквелидзе Т., Чучулашвили Т. Экспериментальное исследование интенсификации теплоотдачи гелия методом двухразмерной шероховатости. Сообщения АН ГССР, 1974, том 79, №1, с.137-140.

7. Калинин Е.К. Дрейцер Г.А. Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: 1972, 219с.
8. Мигай В. //Повышение эффективности современных теплообменников. Л.: Энергия, 1980, 144с.
9. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. Энергия, М. 1973.
10. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М., 1975.
11. Джамарджашвили В.А. Усовершенствованный метод интенсификации теплоотдачи и его экспериментальное обоснование. Сообщения АН ГССР, 1989, т.133, с.369-372.
12. Абрамидзе Ш.П., Гомелаури В.И., Канделаки Р.Д., Кикнадзе Г.И. Исследование теплообмена в активной зоне ядерного реактора типа ИРТ с искусственной шероховатостью на оболочках тепловыделяющих элементов. В сб. [4].
13. Гомелаури В., Маграквелидзе Т., Леквеишвили Н. Воздействие двухразмерной искусственной шероховатости на процесс образования отложений на теплоотдающих поверхностях. Теплоэнергетика, М. 1992, №8, с.39-42.
14. Гомелаури В.И., Маграквелидзе Т.Ш. Экспериментальное исследование влияния двухразмерной шероховатости на критические тепловые нагрузки и теплообмен при кипении в потоке недогретой воды. Теплоэнергетика, 1976, №6, с.4-8.
15. Гомелаури В.И., Маграквелидзе Т.Ш. О механизме воздействия двухразмерной искусственной шероховатости на кризис кипения в потоке недогретой воды. Теплоэнергетика, 1978, №2, с.5-7.
16. Magrakvelidze T., Bantsadze N., Lekveishvili N., Mikashavidze A., Rusishvili J., Lomidze Kh. Influence of Artificial Roughness on Convective and Boiling Heat Transfer in the Rotating Flow. 9th WSEAS International Conference on Heat and Mass Transfer (HMT'12). Harvard. USA. 2012.
17. მაგრაქველიძე თ.შ. ხაოიანი ზედაპირების თბოგაცემა პრანდტლის რიცხვის ზომიერო მნიშვნელობების დროს. ენერჯია, 1998, №2, გვ. 83-88.
18. Маграквелидзе Т. Интенсификация теплообмена методом искусственной шероховатости –достижения и нерешенные проблемы. Тр. 6-го ММФ по тепло- и массообмену. 2008. CD(8-20); Тезисы Т2, ст.27-272.
19. Dipprey D.F. and Sabersky R.H. //Heat and momentum Transfer in Smooth and Rough Tubes at Various Pr Numbers. Int. J. Heat and Mass Transfer, v.6, N5, 1963, pp.329-353.

**ენერგეტიკაში მიმდინარე ტენდენციებისა და საქართველოს
ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარების შესახებ**

თ. მამრაძველიძე, ვ. ჰიჭინაძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე
qvelit@rambler.ru

ენერგეტიკაში მიმდინარე ტენდენციები. ცნობილია, რომ ენერგეტიკა, მათ შორის, ელექტროენერგეტიკა წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთ ძირითად საფუძველს. განვითარებული ქვეყანა პრაქტიკულად წარმოუდგენელია მძლავრი ელექტროენერგეტიკული ბაზის გარეშე. ამიტომაც, რომ მსოფლიოს თითოეული ქვეყანა უპირველეს როლს ანიჭებს ენერგეტიკის განვითარებას და ამით ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის ბაზის განმტკიცებას.

დღეისათვის მსოფლიოში ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავება შეადგენს დაახლოებით 20×10^{12} კვტ.სთ-ს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მსოფლიოს მოსახლეობა ამჟამად არის დაახლოებით 7 მილიარდი, ერთ სულ მოსახლეზე მოსული წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერჯია 3000 კვტ.სთ-ს უტოლდება. სწორედ ერთ სულ მოსახლეზე მოსული წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერჯია წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ინდიკატორს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისა. 1-ლ ცხრილში რანჟირებულია ლიდერი ქვეყნები ამ მაჩვენებლის მიხედვით (2012 წლის მონაცემები) [1].

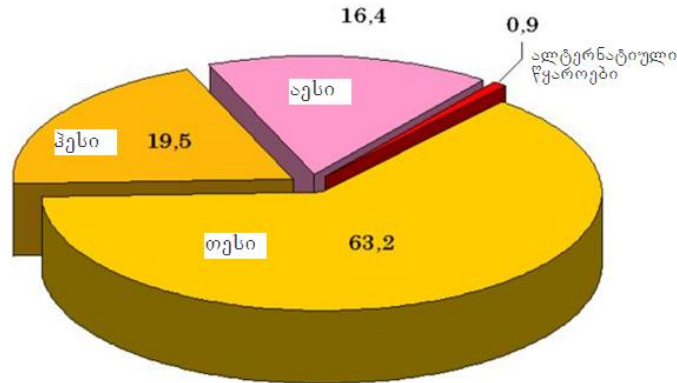
ცხრილი 1

მსოფლიო ქვეყნების რეიტინგი ელექტროენერჯის მოხმარების დონის მიხედვით

	ქვეყანა	ერთ სულ მოსახლეზე წლიურად მოხმარებული ელექტროენერჯია (კვტ.სთ)
1	ისლანდია	51439.9
2	ნორვეგია	25175.2
3	კუვეიტი	18319.7
4	ლუქსემბურგი	16833.9
5	ფინეთი	16482.8
6	კანადა	15137.4
7	კატარი	14997.2
8	შვეცია	14939.2
9	ამერიკის შეერთებული შტატები	13393.9
10	არაბთა გაერთიანებული საემიროები	11044.4
11	ავსტრალია	10285.7
12	ბახრეინი	9814.3
13	ჩრდილოეთი კორეა	9744.5
14	ახალი ზელანდია	9565.9
15	ბრუნეი	8758.7
16	იაპონია	8394.1
17	ბელგია	8387.6
18	ავსტრია	8356.1
19	სინგაპური	8306.8
20	შვეიცარია	8174.7
21	საუდის არაბეთი	7967
22	საფრანგეთი	7728.5
23	გერმანია	7215.4
24	ნიდერლანდები	7009.5
25	ისრაელი	6856.1

ცხრილში ჩამოთვლილი ყველა ქვეყანა ხასიათდება ეკონომიკის განვითარების უაღრესად მაღალი დონით. როგორც ანალიზმა გვიჩვენა, მსოფლიოში დაახლოებით 200 ქვეყნიდან არ არსებობს არცერთი, რომელიც სუსტი ელექტროენერგეტიკული ბაზით ეკონომიკური განვითარების მაღალ დონეზე იმყოფება. აღნიშნულ სიაში საქართველო 98-ე ადგილზეა.

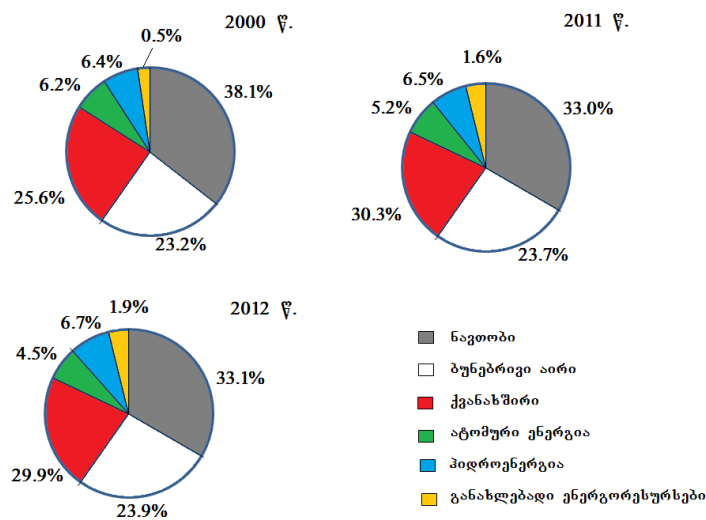
ინტერესს იმსახურებს მსოფლიოში ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.1-ზე [2].



ნახ.1 ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა მსოფლიოში

როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, მსოფლიოში მოხმარებული ელექტროენერჯის 63.2% გამომუშავდება თბოელექტროსადგურებში, 19.5% ჰიდროელექტროსადგურებში, 16.4% ატომურ ელექტრო სადგურებში. მიუხედავად იმისა, რომ უკანასკნელ წლებში უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ე.წ. ალტერნატიული წყაროების ათვისებას (ქარი, მზე, ბიომასა, გეოთერმული წყლები და სხვა), ამ წყაროების საფუძველზე მიღებული ელექტროენერჯის წილი არ აღემატება 0.9%-ს (ნახ.1), (თუმცა არსებობს ქვეყნები მაგალითად, დანია, კანადა და სხვა, რომლებშიც ეს მაჩვენებელი გაცილებით მაღალია).

ინტერესს იმსახურებს, აგრეთვე, ენერგორესურსების მოხმარების დინამიკა მსოფლიო მასშტაბით (ნახ.2). როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, ორგანული სათბობის წილი მნიშვნელოვანია. ატომური ენერჯის წილი მცირდება 6.4%-დან (2000წ) 4.5%-მდე (2013 წ).

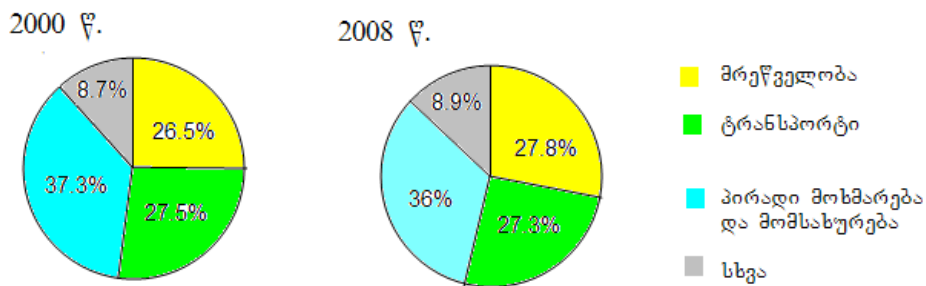


ნახ.2 ენერგორესურსების მოხმარების სტრუქტურა მსოფლიოში

ეს უკანასკნელი გამოწვეული უნდა იყოს ბოლო რამდენიმე ათეულ წლებში მომხდარი სერიოზული ავარიებით (თრი მაინ აილენდი, ჩერნობილი, ფუკუსიმა), და, აქედან გამომდინარე, მოსახლეობის მკვეთრად უარყოფითი დამოკიდებულებით ატომური სადგურებისადმი. თუმცა, მიუხედავად ამისა, არსებობს ქვეყნები, სადაც ატომური ენერჯის წილი მნიშვნელოვანია (საფრანგეთი, შვეიცარია და სხვა).

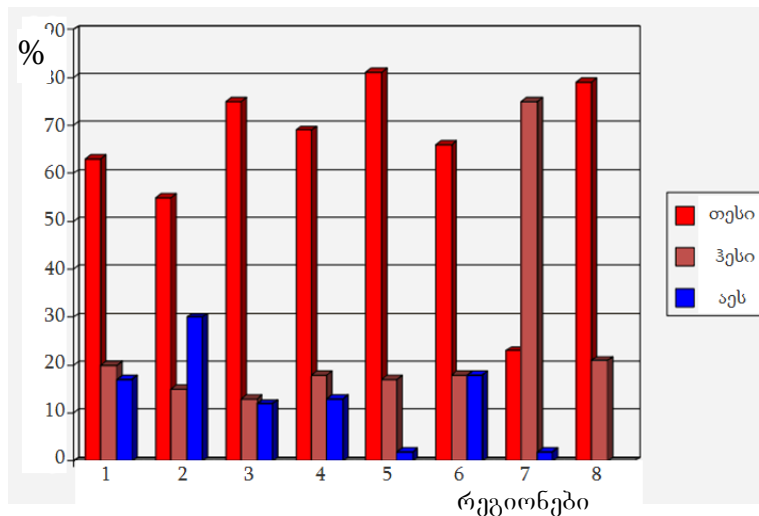
აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, რომ განსახილველ პერიოდში შესამჩნევად იზრდება ე. წ. განახლებადი ენერგორესურსების წილი ენერგეტიკაში, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ განახლებადი ენერგორესურსების როლი ენერგეტიკაში უმნიშვნელოა და უახლოეს წლებში ექსპერტების აზრით არ არის მოსალოდნელი მისი მკვეთრი ზრდა.

ნახ.3-ზე წარმოდგენილია მსოფლიოში ენერჯის მოხმარება ეკონომიკის დარგების მიხედვით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ენერჯის უდიდესი ნაწილი (36-37%) მოდის პირად მოხმარებასა და მომსახურებაზე. ასევე მნიშვნელოვანი ნაწილი მოდის მრეწველობასა და ტრანსპორტზე.



ნახ.3. ენერჯის მოხმარება ეკონომიკის დარგების მიხედვით მსოფლიოში

ნახ.4-ზე წარმოდგენილია ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა რეგიონების მიხედვით [3].



ნახ.4. ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა რეგიონების მიხედვით მსოფლიოში

1 – მსოფლიო, 2 – ევროპა, 3 – ყოფილი საბჭოთა ქვეყნები, 4 – აზია, 5 – აფრიკა, 6 – ჩრდილოეთი ამერიკა, 7 – სამხრეთი ამერიკა, 8 – ავსტრალია.

როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა, რომელიც მთელი მსოფლიოსთვის წარმოდგენილია ნახ.2-ზე, გარკვეული ვარიაციებით შენარჩუნებულია ევროპაში, ყოფილ საბჭოთა ქვეყნებში, აზიაში, აფრიკასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში. განსხვავებული სურათი გვაქვს სამხრეთი ამერიკის შემთხვევაში, სადაც გამომუშავებული ელექტროენერჯის 75% მოდის ჰესებზე. ავსტრალიაში კი დღეისათვის არ არსებობს ატომური ელექტროსადგური. ამ განსხვავების გათვალისწინებით, ხსენებული სტრუქტურა (ნახ.4) შენარჩუნებულია ცალკეული ქვეყნების უმეტესობაში. თუმცა, არსებობს რადიკალურად განსხვავებული გამონაკლისებიც. ასე მაგალითად, ნორვეგიაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის 99% მოდის ჰიდროელექტროსადგურებზე, ისრაელში ელექტროენერჯის პრაქტიკულად 100% მოდის თბოელექტროსადგურებზე, საფრანგეთში კი ელექტროენერჯის დაახლოებით 80% გამომუშავდება ატომურ ელქტროსადგურებში.

ასე, რომ, ყოველი ქვეყანა ელექტროენერჯეტიკას ანვითარებს საკუთარი შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ცხადია, ენერჯოუსაფრთხოების საკითხების გათვალისწინებით.

საქართველოს ენერჯეტიკული რესურსები. საქართველოს გააჩნია ჰიდროენერჯორესურსების მნიშვნელოვანი მარაგი. საქართველოს მდინარეების სრული ენერჯეტიკული პოტენციალი, ბოლო დროს დაზუსტებული მონაცემებით [4,5] შეადგენს დაახლოებით 219 მლრდ.კვტ.სთ/წ. აქედან, ტექნიკური პოტენციალი არის დაახლოებით 90 მლრდ.კვტ.სთ/წ, ხოლო ეკონომიკური პოტენციალი – 50 მლრდ კვტ.სთ/წ. საყურადღებოა, რომ საქართველოს ჰიდროენერჯორესურსების ტექნიკური პოტენციალის 65% მოდის 5 მდინარეზე (რიონი, ენგური, მტკვარი, კოდორი, ბზიფი).

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აუცილებელია პერიოდულად ხდებოდეს ეკონომიკური პოტენციალის ხელახალი შეფასება. ვფიქრობთ, რომ ორგანულ სათბობზე ფასების ზრდის პირობებში, ეკონომიური ჰიდროენერჯოპოტენციალი საგრძნობლად მეტი იქნება, ვიდრე ეს ზემოთ იყო ნაჩვენები.

აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის საქართველოს ჰიდროენერჯორესურსების ტექნიკური პოტენციალის მხოლოდ 10% არის ათვისებული.

როგორც ცნობილია, საქართველოს მდინარეები ხასიათდება ჩამონადენის დიდი უთანაბრობით. ასე მაგალითად, მდინარეთა უმეტესობისათვის ჩამონადენის რაოდენობა იანვრის თვეში დაახლოებით 4–5-ჯერ ნაკლებია წყალდიდობის პერიოდის (აპრილი–მაისი) ანალოგიურ მაჩვენებელთან შედარებით. ყოველივე ეს მნიშვნელოვნად ართულებს ჰიდროენერჯორესურსების სრულყოფილად ათვისებას. აღნიშნული გარემოების გამო, ზემოთ მოყვანილი ეკონომიკური პოტენციალის (50 მლრდ.კვტ.სთ) ათვისება შესაძლებელი მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მოხდება ძირითად მდინარეთა ჩამონადენის დარეგულირება.

საქართველოს გააჩნია ქვანახშირის საკმაოდ მნიშვნელოვანი მარაგი. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ქვანახშირის საერთო მარაგი 1990 წლის შეფასებით შეადგენს დაახლოებით 1 მლრდ.ტონას. აქედან ქვანახშირის სამრეწველო მარაგი თავმოყრილია ტყიბულ-შაორისა და ტყვარჩელის აუზებში, საერთო რაოდენობით 360 მლნ.ტონა. მურა ნახშირის სამრეწველო მარაგის საკმარისი რაოდენობაა ვალე-ახალციხის აუზში.

უნდა აღინიშნოს, რომ 60-იან წლებში ქვანახშირის ყოველწლიური მოპოვება დაახლოებით 3 მლნ. ტონას შეადგენდა, დღეისათვის კი მისი მოპოვება უმნიშვნელოა.

რაც შეეხება ნავთობისა და გაზის მარაგებს, ამ სათბობების შესახებ დღეისათვის ასე თუ ისე ზუსტი მონაცემები არ არსებობს. უნდა აღინიშნოს, რომ შაჰდენიზ-თბილისი –ერ-ზერუმის გაზსადენის სრული სიმძლავრით ამუშავების შემდეგ საქართველოს შესაძლებლობა ექნება აღნიშნული მილსადენების ქვეყნის ტერიტორიაზე გატარების სანაცვლოდ ყოველწლიურად მიიღოს 1.5 მლრდ.მ³ გაზი. ამასთან, საქართველოს შესაძლებლობა ექნება დამატებით, სპეციალურ ფაზებში, შეიძინოს 500 მლნ მ³ გაზი.

საქართველოს ტერიტორიაზე მოსული მზის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10 მლრდ.კვტ.სთ/წ. ქარის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10¹² კვტ.სთ/წ. აქედან რეალურად შეიძლება მივიღოთ 2–3 მლრდ.კვტ.სთ/წ ელექტროენერჯია. გეოთერმული წყლების პროგნოზული მარაგი არის 220–250 მლნ.მ³/წ. გეოთერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს 50 °C – 100 °C ფარგლებში.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე, ელექტროენერგეტიკის განვითარებისას ძირითადი აქცენტი უნდა გაკეთდეს ჰიდროენერგორესურსების ათვისებაზე (რაზეც დღეს არავენ კამათობს). მაგრამ ამისათვის საჭირო იქნება უარი ითქვას იმ ტრადიციულ სქემაზე, რომლის მიხედვითაც ბაზისური ელექტროენერგეტიკის მისაღებად გამოყენებულ უნდა იქნეს ატომური ან თბოელექტროსადგურები, ხოლო პიკური ელექტროენერგეტიკის მისაღებად კი – წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურები.

მართლაც, თუ გავითვალისწინებთ ჩვენს ქვეყანაში ელექტროენერგეტიკის მოხმარების გრაფიკის ხასიათს, რომლის მიხედვითაც ბაზისური ენერგია შეადგენს მთელი მოხმარებული ელექტროენერგეტიკის დაახლოებით 2/3-ს, ხოლო პიკური ენერგია კი – 1/3-ს, ცხადი გახდება, რომ ჰიდროენერგეტიკას ქვეყნის საერთო ელექტროენერგეტიკულ ბალანსში პრიორიტეტული როლი ექნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ბაზისური ელექტროენერგეტიკის მისაღებად თბოელექტროსადგურებთან ერთად მაქსიმალურად იქნება გამოყენებული ჰიდროელექტროსადგურები.

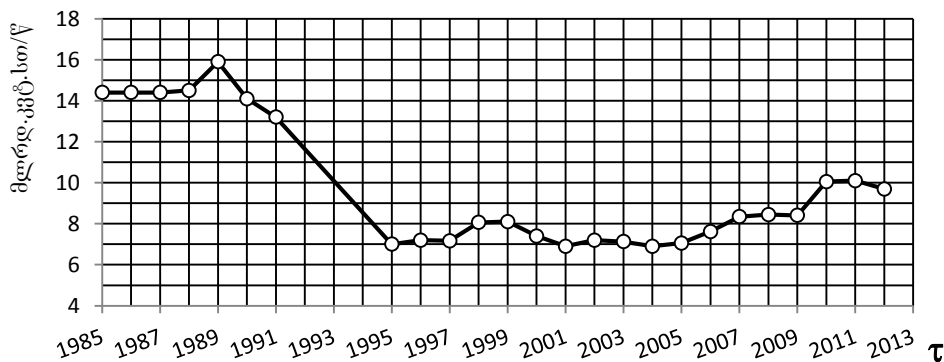
ზემოსხელებულ ტრადიციულ სქემას ცხადია, გააჩნია თავისი ტექნიკური და ეკონომიკური დასაბუთება, მაგრამ ფიქრობთ, ყოველი ქვეყანა, ენერგოუსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, ვალდებულია ითვალისწინებდეს საკუთარ რესურსებს და სათანადო შესწორებები შეჰქონდეს აღნიშნულ სქემაში.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ შესაძლებელია, აგრეთვე, ისეთი სქემის რეალიზაცია, რომლის მიხედვითაც საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურები გამოიმუშავენ ჭარბ პიკურ ენერგიას, და მოხდება მისი გაცვლა ბაზისურ ელექტროენერგიაში, მაგრამ, ჩვენი აზრით, იგივე ენერგოუსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, როგორც გაცვლის, ისე იმპორტის საგანს შეიძლება წარმოადგენდეს მოხმარებული ენერგეტიკის მხოლოდ მცირე ნაწილი – 10-15%.

ზემოთქმულის საილუსტრაციოდ, ჩვენ მიერ გაანალიზებულ იქნა მსოფლიოს 150-მდე ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული მონაცემები. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ამ ქვეყნების უმეტესობა ამა თუ იმ სახეცვლილებით იყენებს ზემოსხელებულ ტრადიციულ სქემას, თუმცა, არის სრულიად რადიკალური გადახრებიც როგორც ერთ, ისე მეორე მხარეს.

ამავე ანალიზიდან ნათლად გამოჩნდა, რომ აღნიშნული ქვეყნების დიდ უმრავლესობაში ელექტროენერგეტიკის იმპორტი არ აჭარბებს 15-20%. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ რამდენიმე ქვეყანა, მათ შორის, ძირითადად, ყოფილი საბჭოთა კავშირის შემადგენლობიდან გასული ქვეყნები.

საქართველოში ელექტროენერგეტიკის გამომუშავების დინამიკა. ქვეყანაში შექმნილი კრიზისის შედეგად 1990 წლიდან მოყოლებული მკვეთრად შემცირდა საქართველოს ენერგოსისტემაში ელექტროენერგეტიკის წლიური გამომუშავება, რაც ნათლად ჩანს ქვემოთ მოყვანილი გრაფიკიდან (ნახ.5).



ნახ.5 საქართველოს ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგეტიკის ცვლილება წლების მიხედვით

საქართველოში ელექტროენერჯის მკვეთრი ზრდის აუცილებლობის დასადასტურებლად საკმარისია მოვიყვანოთ შემდეგი მაგალითი. უკვე გაცხადებულია, რომ არც თუ შორეულ მომავალში საქართველოზე უნდა გაიაროს საერთაშორისო ტვირთებმა წელიწადში 100 მლნ ტონის ოდენობით. ჩვენ მიერ გაანალიზებული იქნა ასეთი ტვირთების გადატანისათვის საჭირო ელექტროენერჯია და იგი შეადგენს დაახლოებით 8 მლრდ კვტ.სთ წელიწადში (1ტონა ტვირთის 1კმ-ზე გადატანას ჭირდება დაახლოებით 0.25კვტ.სთ ენერჯია).

მეორე მხრივ, ამჟამად მსოფლიოში ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხების გამო სერიოზული დისკუსია მიმდინარეობს შიგაწვის ძრავებზე მომუშავე მანქანების ელექტრომობილებით შეცვლის თაობაზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ დღეისათვის არსებული ავტომობილები შეიცვლება ელექტრომობილებით, რასაც დასჭირდება დაახლოებით 2-3 მლრდ კვტ.სთ ელექტროენერჯია წელიწადში.

გამოდის, რომ არც თუ შორეულ მომავალში მარტო ტრანსპორტისათვის საქართველოში საჭირო იქნება დაახლოებით 10-11 მლრდ კვტ.სთ ელექტროენერჯია წელიწადში, ანუ იმაზე მეტი, რასაც სადღეისოდ გამოიმუშავენ არსებული ელექტროსადგურები.

ელექტროსადგურების მათემატიკური მოდელი. ენერგორესურსებს ოპტიმალურად გამოყენების უზრუნველსაყოფად საჭიროა გამოყენებულ იქნეს მათემატიკური მოდელირების თანამედროვე მეთოდები.

არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტში ავტორთა მიერ დამუშავებულია საქართველოს მაგენერირებელი ელექტროსადგურების მათემატიკური მოდელი, რის საფუძველზეც ამოხსნილია სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანა.

ქვემოთ მოყვანილია მიზნის ფუნქცია და შეზღუდვები (დაწვრილებით იხ. [6]-ში).

მიზნის ფუნქცია:
$$L = \sum_{i=1}^n (Ea_i + C_i)P_i \rightarrow \min$$

შეზღუდვები:

$$P_4 \geq P_{o3} - P_3; \quad t_4 P_4 \geq W_{o3} - W_3; \quad \sum P_i \geq P_{o8} - P_8; \quad \sum t_i P_i \geq W_{o8} - W_8; \quad P_2 \leq P_{o2};$$

$$t_5 P_5 \leq W_{o5}; \quad t_6 P_6 \leq W_{o6}; \quad t_7 P_7 \leq W_{o7}; \quad t_8 P_8 \leq W_{o8}; \quad P_9 \leq P_{o9}$$

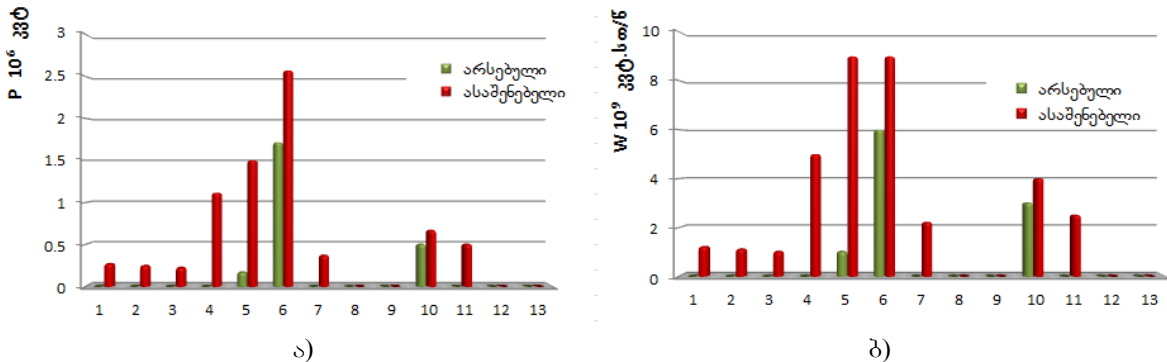
განსახილველი სადგურების ტიპები და ხვედრითი კაპიტალური დაბანდების ერთ-ერთი ვარიანტი მოცემულია ცხრილ-2-ში.

ცხრილი 2

N	სიმძლავრე	სადგურის ტიპი	კაპიტალდაბანდება, დოლ/კვტ
1	P1	მცირე ჰესი	1500
2	P2	მცირე ჰესი	1400
3	P3	მცირე ჰესი	1300
4	P4	საშ. ჰესი	1500
5	P5	წყალსაცავიანი ჰესი (ბაზ.)	2000
6	P6	წყალსაცავიანი ჰესი (პიკ)	2500
7	P7	ადგ. ქვანახშირზე მომუშავე თესი	1100
8	P8	ადგ. მურა ნახშირზე მომუშავე თესი	1100
9	P9	ადგ. მაზუთზე მომუშავე თესი	700
10	P10	ორთქლ-აირული თესი(ბაქო-თბილისი-ერზერუმის აირი)	550
11	P11	ქარის ელ. სადგური	1000
12	P12	იმპ. მაზუთზე მომუშავე თესი	700
13	P13	ორთქლ-აირული თესი (იმპ.აირზე)	700

სათანადო ოპტიმიზაციის ამოხსნის შედეგების ერთი ვარიანტი წარმოდგენილია ნახ.6-ზე. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, საქართველოს შეუძლია საკუთარი და ბაქო-თბილისი-

ერზერუმის გაზსადენის რესურსებით უზრუნველყოს ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავება 45 მლრდ.კვტ.სთ დონეზე. ცხადია, მიღებული შედეგები შეფასებითია.



ნახ.6. საქართველოს ელექტროსადგურების სავარაუდო სტრუქტურა
 ა) სიმძლავრე, ბ) ელექტროენერჯია

ხუდონჰესის შესახებ. არ შეიძლება ორიოდ სიტყვა არ ითქვას ხუდონჰესის აშენების თაობაზე. ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიასთან არსებული საინჟინრო მეცნიერებების, ენერგეტიკისა და მართვის პრობლემების კომისიის (თავმჯ. აკად. მ.სალუქვაძე) ენერგეტიკის პრობლემების ქვეკომისიის სახელით ენერგეტიკის სამინისტროს გადაეგზავნა რეკომენდაციები ხუდონჰესის აშენების აუცილებლობის თაობაზე, რომელშიც აღნიშნულია შემდეგი:

ყოველად მიუღებელია არაკომპეტენტური მოსაზრებები იმის თაობაზე, რომ ხუდონჰესის, ისევე როგორც სხვა წყალსაცავიანი ჰესების, ალტერნატივა შეიძლება იყოს მცირე ჰესების, ქარისა და სხვა არატრადიციული ენერგორესურსების ბაზაზე მოქმედი ელექტროსადგურების გამოყენება. ერთად-ერთი ალტერნატივა, რომელიც შეიძლება გააჩნდეს წყალსაცავიან ჰესებს, საქართველოსთვის არის ატომური ელექტროსადგურის აშენება, რაც, ცხადია, ასევე მიუღებელია. ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, ასევე მიუღებლად მიგვაჩნია ელექტროენერჯის იმპორტი მეზობელი ქვეყნებიდან.

დასაბუთებულია, რომ ხუდონჰესის, ისევე როგორც მდინარე ენგურზე და სხვა მდინარეებზე დაგეგმილ ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობას, არც მათი სიდიდის, არც სოციალური და ეკოლოგიური საკითხების მხრივ, გადაუჭრელი პრობლემები არ უნდა გადაეღობოს წინ. სხვა საკითხია, ჰიდროელექტროსადგურების პროექტების სრულყოფა, რომელთა გარშემოც მსჯელობა უნდა მიმდინარეობდეს მეცნიერთა ვიწრო წრეში. ამასთან, მიგვაჩნია, რომ ქვეყნის ხელისუფლებამ უნდა მიაღწიოს იმას, რომ ხუდონჰესის, ისევე როგორც სხვა ელექტროსადგურების, როგორც სტრატეგიული ობიექტების 50%-ზე მეტი იყოს საქართველოს მფლობელობაში.

დამატებით უნდა აღინიშნოს შემდეგი. მიგვაჩნია, რომ ხუდონჰესის, ისევე როგორც სხვა ჰესების, აშენების დროს, სოციალური საკითხებით გამოწვეული დაძაბულობის თავიდან ასაცილებლად მაქსიმალურად უნდა იქნეს დაკმაყოფილებული მოსახლეობის მოთხოვნები, მათდამი მიყენებული ზარალის საკონპენსაციოდ. გარდა ამისა, ჩვენი აზრით, უნდა შემუშავდეს ისეთი მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს მოსახლეობისათვის აქციების უფასოდ (საკომპენსაციოდ) დარიგებას, რის შედეგადაც ეს მოსახლეობა პრაქტიკულად გახდება ჰესის თანამფლობელი.

ასევე მიგვაჩნია, რომ უმჯობესია ჰესებს სახელმწიფო თავად აშენებდეს. ამისათვის საჭირო იქნება შეიქმნას ენერგეტიკის განვითარების ფონდი, რაც სრულიად შესაძლებელია არსებული ტარიფების სამართლიანად და ოპტიმალურად გადანაწილების შემთხვევაში. უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის არსებული ტარიფების გადანაწილება კომპანიებს შორის (გენერაცია, გადაცემა, დისტრიბუცია) ვერავითარ კრიტიკას ვერ უძლებს.

**ენერგეტიკაში მიმდინარე ტენდენციებისა და საქართველოს
ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარების შესახებ**

თ. მაგრაქველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მსოფლიოში ელექტროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები. მოყვანილია და გაანალიზებულია სათანადო მონაცემები. ნაჩვენებია, რომ საქართველოს ეკონომიკურად მდგრადი განვითარებისათვის აუცილებელია უახლოეს ათწლეულებში მიღწეულ იქნეს ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების დონე 40-45 მლრდ.კვტ.სთ-მდე.

დამუშავებულია მაგენერირებელი ელექტროსადგურების მათემატიკური მოდელი, რის საფუძველზეც ამოხსნილია სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანა. ნაჩვენებია, რომ საქართველოს შეუძლია საკუთარი და ბაქო-თბილისი-ერზერუმის გაზსადენის რესურსებით უზრუნველყოს ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავება 45 მლრდ.კვტ.სთ დონეზე.

**ON CURRENT TRENDS IN ENERGY AND DEVELOPMENT
OF THE POWER SYSTEM OF GEORGIA**

T.MAGRAKVELIDZ, V.CHICHINADZE, Kh.LOMIDZE, M.JANIKASHVILI, I.ARCHUADZE

Summary

Trends of power industry development worldwide are observed in the paper. Data is presented and analyzed. It is shown that for sustainable development of Georgia it is necessary to reach annual power production up to 40-45 billion kilowatt hour.

Mathematical model of generating power plants was obtained and based on the model optimization task has been solved. It is shown that Georgia using both domestic and Baku-Tbilisi-Erzurum gas pipeline resources is able to produce 45 billion kilowatt hour of electricity annually.

**О ТЕКУЩИХ ТЕНДЕНЦИЯХ В ЭНЕРГЕТИКЕ И РАЗВИТИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗИИ**

Т.МАГРАКВЕЛИДЗЕ, В.ЧИЧИНАДЗЕ, Х.ЛОМИДЗЕ, М.ДЖАНИКАШВИЛИ, И.АРЧУАДЗЕ

Резюме

В статье рассмотрены тенденции развития энергетики мира. Приведены и проанализированы соответствующие данные. Показано, что для устойчивого развития экономики Грузии необходимо в ближайшее время достигнуть годовую выработку электроэнергии до уровня 40-45 млрд.квт.ч.

Разработана математическая модель генерирующих электростанций, на основе которой решена соответствующая оптимизационная задача. Показано, что с использованием собственных и полученных из газопровода Баку-Тбилиси-Эрзерум энергоресурсов Грузия может обеспечить годовую выработку электроэнергии на уровне 45 млрд.квт.ч.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>
2. <http://www.myshared.ru/slide/365841/#>
3. <http://ppt4web.ru/fizika/ehlektroehnergetika-mira0.html>
4. სვანიძე გ. //საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენება. ენერჯია. თბილისი, 1998, 1, გვ.36-45.
5. Энергетические ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Тб. Мец. 1992.
6. მაგრაქველიძე თ. (პროექტის ხელმძღვანელი) ენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ვეტენდენციები და საქართველოს ენერგორესურსების ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემები. სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოს ანგარიში. სტუ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. 2014წ.

ჰიდროენერგეტიკა საქართველოს ელექტროენერგეტიკული დამოუკიდებლობის დასაყრდენი

რ. არველაძე, თ. კერესელიძე

keres40@yahoo.com

საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის არსებული მდგომარეობისა და ქვეყნის ეკონომიკის საორიენტაციო ზრდის პროგნოზის საფუძველზე ჩვენი მცდელობაა დავხატოთ პერსპექტიულ სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსში ჰიდროენერგეტიკის მონაწილეობის რეალურთან მიახლოებული სურათი.

როგორც ანგარიშები ცხადყოფენ, ჰიდროენერგეტიკის როლი ქვეყნის ეკონომიკაში უმნიშვნელოვანესია, თუმცა შედარებით შორეულ პერსპექტივაში (დაახლოებით 35-40 წელი) მისი პოტენციალის სრულად ათვისების პირობებშიც კი ვერ იქნება უზრუნველყოფილი ზამთარში ქვეყნის საკუთარი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება ელექტროენერგით. დეფიციტის თავიდან აცილების მიზნით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია აქედანვე დაიწყოს ღონისძიებების დამუშავება სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში ასალი, პირველ რიგში საკუთარი, ენერჯის წყაროების ჩართვის მიმართულებით.

საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოს ეკონომიკამ, რომელიც საკმაოდ წარმატებულად ითვლებოდა, თითქმის სრულად შეწყვიტა ფუნქციონირება. ენერგეტიკული ობიექტების დიდი ნაწილიც მწყობრიდან იქნა გამოყვანილი. გადაუხდელობის გამო მეზობელმა სახელმწიფოებმა შეწყვიტეს ბუნებრივი გაზის მოწოდება და ელექტროენერჯის წარმოება ხორციელდებოდა მხოლოდ საკუთარ ჰიდროელექტროსადურებზე. ვინაიდან ისინი უსახსრობის გამო წლების განმავლობაში არ რემონტდებოდნენ, ელექტროენერჯის წარმოება დაეცა საპროექტო 8.5-9 მლრდ. კვტ.სთ-იდან 5-6-მდე, რაც საკმარისი არ იყო მოსახლეობისა და უკიდურესად დასუსტებული ეკონომიკის დასაკმაყოფილებლადაც კი. (1988-89 წლებში საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოება 14.5-15 მლრდ. კვტ.სთ-ის ფარგლებში იყო, ხოლო მოხმარება 18-18.5 მლრდ. კვტ.სთ-ისა)

1996 წლიდან საერთაშორისო ფინანსური ინსტიტუტების დახმარებით დაიწყო რეფორმების განხორციელება ენერგეტიკაში. ენერგეტიკული სისტემა დაიწყო სამ ნაწილად. შეიქმნა ენერგეტიკის მარეგულირებელი კომისია და ენერგეტიკული ბაზარი, რომელიც შემდგომში სისტემის კომერციულ ოპერატორად გარდაიქმნა. განხორციელდა ელექტროენერგეტიკული სექტორის თითქმის სრული პრივატიზაცია. მუდმივად მიმდინარეობს ელექტრული ქსელების რეკონსტრუქცია და მოდერნიზაცია, მოწესრიგდა აღრიცხვიანობა. საგრძნობლად შემცირდა ტექნიკური და კომერციული დანაკარგები. ეკონომიკამაც დაიწყო წინსვლა. დადგა დრო, რომ შემუშავდეს ელექტროენერგეტიკული სექტორის პერსპექტიული განვითარების პროგრამები, თანაც იმ პირობით, რომ დარგი მუდმივად იყოს მზად ელექტროენერჯიაზე მოსახლეობის და ეკონომიკის მზარდი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად და არცერთ ეტაპზე არ გახდეს მისი დამამუხრუჭებელი ფაქტორი.

ამისათვის კი აუცილებელია პირველ რიგში გაანალიზდეს ენერგეტიკის არსებული მდგომარეობა და შემდეგ დაისახოს ღონისძიებები მისი განვითარებისათვის.

საქართველოს ენერგოუზრუნველყოფის მდგომარეობა ზოგიერთი თავისებურებით ხასიათდება. მაგალითად 2011 წელს სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მოხმარებაში 10.5%-მდეა შეშის წილი, თუმცა ზოგიერთი სპეციალისტის აზრით აქ არ არის გათვალისწინებული ტყის უკანონო ჭრა, თორემ ეს წილი გაცილებით მეტი იქნებოდა. თუმცა 10.5%-იც საკმაოდ მაღალი ციფრია. ბალანსში ძალზე დიდია მოსახლეობის წილი, რომელიც მთლიანი რესურსების 32%-მდე მოიხმარს, ხოლო ელექტროენერჯისა 42%-ზე მეტს. მრეწველობის წილი შესაბამისად 21 და 36 %-ია, სოფლის მეურნეობისა კი 4.8 და 4.4%. (1) ეს კი, იმის გათვალისწინებით, რომ მთლიანობაში სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ჯამური მოხმარება ქვეყანაში ისედაც ძალზე მცირეა, მიუთითებს ეკონომიკის განვითარების ძალზე დაბალ დონეზე.

აღნიშნულის დასადასტურებლად საკმარისია მოვიყვანოთ ერთ მოსახლეზე მთლიანი შიდა პროდუქტის (მშპ) ხვედრითი მაჩვენებელი. მსყიდველობითი უნარის პარიტეტის გათვალისწინებით მსოფლიო ბანკის მონაცემებით ეს მაჩვენებელი საქართველოში 2013 წლისათვის 7165 დოლარია და იგი ისეთი ქვეყნების რიგში დგას, როგორებიცაა:

მონღოლეთი 9433 დოლარი, იამაიკა-8900, კოსოვო-8800, პარაგვაი-8050, ფიჯი-8000, ელ სალვადორი-7800, ბუტანი-7700, ანგოლა-7550, გვატემალა-7300 და ა.შ. (2). ამ მხრივ ბევრად უკეთესი მაჩვენებლებია ესტონეთში-25050 დოლარი, რუსეთში-24120, ლიტვაში-23900, ყაზახეთში-23200, ლატვიაში-21400, ბელარუსში-17600, აზერბაიჯანში-17200 და ა.შ. ბოლო წლებში სიმხეთმაც გადაგვასწრო ამ მაჩვენებლით-7770.

რა თქმა უნდა ჯერჯერობით საქართველო ახლოსაც კი არ არის მოწინავე ქვეყნებთან. მხედველობაში გვაქვს არა მარტო ის ქვეყნები, რომელთა მშპ-ში ლომის წილი ნავთობსა და გაზს ან სხვა სახის ნედლეულს ანდა სათამაშო ბიზნესს უჭირავს, და სადაც ეს მაჩვენებელი 100 000 დოლარის ფარგლებშია, არამედ ყოველმხრივ განვითარებული ქვეყნები (მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, ტრანსპორტი, მშენებლობა, ტურიზმი და სხვა) სადაც ეს მაჩვენებელი 30-50 ათსი დოლარის ფარგლებშია.

ქვეყნის ეკონომიკური სიძლიერის ერთერთ მნიშვნელოვან ინდიკატორად ასევე ერთ მოსახლეზე ელექტროენერჯის წლიური ხვედრითი მოხმარება ითვლება. იგი მშპ-ის თითქმის იდენტურად მიანიშნებს თუ ეკონომიკის განვითარების რა სტადიაზეა ესა თუ ის ქვეყანა. აღნიშნული მაჩვენებლით საქართველო განვითარებად ქვეყნებშიც კი ვერ იკავებს მოწინავე პოზიციებს. ერთ მოსახლეზე დაყვანით წლის განმავლობაში ქვეყანაში მოიხმარება დაახლოებით 1900 კილოვატსაათი ელექტროენერჯია. ამ მაჩვენებლით საქართველო ისეთ ნაკლებ განვითარებულ ქვეყნებს შორისაა, როგორებიცაა: ალბანეთი-2000, ტაჯიკეთი-1950, პანამა-1950, იამაიკა-1900, კოსტა-რიკა-1850, სირია-1810 და სხვა. (3).

ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში ეს მაჩვენებელი საგრძნობლად აღემატება საქართველოსას. ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ქვეყნებისათვის საშუალოდ 8300 კილოვატსაათს შეადგენს წელიწადში ერთ მოსახლეზე. ზოგიერთ ქვეყანაში კი 10-15 და 20 ათას კილოვატსაათსაც აჭარბებს.

საქართველოს ამჟამად არ გააჩნია ეკონომიკის განვითარების გრძელვადიანი პოლიტიკა, პროგრამა ან თუნდაც კონცეფცია, რომელის საფუძველზეც შესაძლებელი იქნებოდა ელექტროენერჯიაზე შესაბამისი პერიოდებისათვის მოთხოვნების განსაზღვრა. თუმცა გამომდინარე მსოფლიო პრაქტიკიდან, რა მიმართულებითაც არ უნდა განვითარდეს საქართველოს ეკონომიკა, იქნება ეს ინდუსტრიალიზაცია, სოფლის მეურნეობა და გადაამამუშეებელი მრეწველობა, ტურიზმი, მსუბუქი და ადგილობრივი მრეწველობა, თუ მათი სინთეზი, რაც ყველაზე მეტად მოსალოდნელი და ეფექტურია - ელექტროენერჯია მიიწვევს დიდი რაოდენობით იქნება მოთხოვნილი. ცნობილია, რომ იმ ქვეყნებში სადაც ძირითადად ტურიზმით განვითარებული ელექტროენერჯის ხვედრითი მოხმარება არანაკლებია, ვიდრე ინდუსტრიულ ქვეყნებში. ამიტომაც მივმართეთ მეთოდს, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის მოთხოვნილების რეალურთან მიახლოებული დონეების პროგნოზირებას შედარებით შორეული პერსპექტივებისათვის. ეს მეთოდი დამყარებულია მშპ-სა და ელექტროენერჯის მოხმარების სიდიდეების შეფარდებაზე. ამასთან ერთად აუცილებელია რამდენიმე დაშვების შემოღება:

- 2050 წლისათვის საქართველოში მშპ-ის ხვედრითმა მაჩვენებელმა უნდა მიადწიოს როგორც მინიმუმ შედარებით ნაკლებ განვითარებული ქვეყნების ანალოგიური მაჩვენებლის დღევანდელ დონეს. ასეთი ქვეყნებია: არგენტინა - 16000 დოლარი ერთ მოსახლეზე, ესტონეთი-18666, უნგრეთი-18900, სლოვაკეთი-22500, პორტუგალია-23500, მალტა-24900, ჩეხეთი-25000, სლოვენია-28000, საბერძნეთი-28500 და სხვა. ვეთანხმებით ზოგიერთ ეკონომისტს, რომ ეს ციფრები სრულად ვერ ასახავს საქართველოს ეკონომიკის განვითარების პერსპექტივებს, რომ განვითარება უფრო სწრაფი ტემპებით მოხდება, მაგრამ ამ ციფრებზე ორიენტირებითაც შესაძლებელია ელექტროენერჯის მოთხოვნილების პერსპექტიული დონეების საკმაოდ ზუსტად განსაზღვრა. (ასეთი ანგარიშების ჩატარებისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებულია “international Energy Agency, Key World Energy Statistics” 2013 და international Monetary Found 2014 მონაცემები). აღნიშნული მონაცემებით 2011 წელს მსოფლიოს მშპ შეადგენდა 70 ტრილიონ აშშ დოლარს, ხოლო ელექტროენერჯის წარმოება 23 ტრილიონ კილოვატსაათს, იგივე მაჩვენებლები ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ქვეყნებისათვის შეადგენდა 38 და 12 ტრილიონს შესაბამისად. ანუ 1 კილოვატსაათი ელექტროენერჯია შეესაბამება 3.2-3.5 აშშ დოლარის მშპ-ს.

- მიგვაჩნია, რომ საქართველოშიც ეს შეფარდება 2050 წლისათვის მიახლოებით 3-ის ფარგლებში იქნება. დღისათვის ეკონომიკის განვითარების დაბალი დონისა და

ენერგოეფექტიანი ტექნოლოგიებისა და ხელსაწყოების მცირე მასშტაბით დანერგვის გამო აღნიშნული შეფარდება მხოლოდ 1.6-1.7-ის დონეზეა.

- მიგვაჩნია, რომ ბუნებრივი მატებისა და ეკონომიკის სწრაფი ტემპებით ზრდის კვალობაზე მიგრანტების დაბრუნების, ასევე საქართველოს ტერიტორიალური მთლიანობის აღდგენის შედეგად 2050 წლისათვის მოსახლეობის რიცხოვნობა 5.5-6.0 მილიონის ფარგლებში იქნება. (გასული საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს მიღწეული იყო 5.5 მილიონი).

- იმისათვის, რომ ცდომილება შედარებით მცირე სიდიდისა გამოვიდეს განვიხილავთ ეკონომიკის განვითარების სამ სცენარს (საშუალო წლიური 3.5-4.5 პროცენტის ზრდით) ელექტროენერჯის წარმოების შესაბამისი მანქანებლებით.

ანგარიშის შედეგები მოცემულია №1 ცხრილში

ცხრილი №1

საქართველოს ეკონომიკის განვითარების პერსპექტივები 2050 წლისათვის

1	მოსახლეობის რაოდენობა მლნ	5.5	5.7	6.0
2	1 სულზე მშპ-ის მოცულობა ათ.აშშ \$	16	21	25
3	მშპ-ს მოცულობა მლრდ აშშ \$	90	120	150
4	ელექტროენერჯის ჯამური მოხმარება მლრდ კვტ.სთ	30	40	50

იმისათვის, რომ განისაზღვროს ელექტროენერჯის პერსპექტიული მოთხოვნების დაფარვის შესაძლებლობები აუცილებლად მიგვაჩნია გავითვალისწინოთ საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის ზოგიერთი თავისებურება და საზოგადოების განწყობაც ელექტროენერჯის წარმოების ზოგიერთი საშუალებების შესახებ.

- * იმის გამო, რომ საქართველოში ნავთობისა და ბუნებრივი გაზის მოპოვება არ იქნება იმ მოცულობით, რომ წარმოებული იქნას ელექტროენერჯია, აღნიშნული ენერჯიაშემცველები ელექტროენერგეტიკულ ბალანსში არ განიხილებიან;

- * ელექტროენერჯის წარმოებისათვის ქვანახშირი გამოყენებული იქნება შეზღუდული რაოდენობით;

- * მზის ენერჯია ძირითადად გამოყენებული იქნება გათბობის კომბინირებულ სისტემებში და ცხელწყალმომარაგებისათვის. ეს კი ვერ უზრუნველყოფს ძვირადღირებული ბუნებრივი გაზის იმპორტის მოცულობის შემცირებას. ელექტროენერჯის ბალანსში, განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში მისი წილი მნიშვნელოვანი ვერ იქნება;

- * ქარის ენერჯის წილი ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით ასევე ვერ იქნება მნიშვნელოვანი;

- * ატომური ელექტროსადგურის მშენებლობა არ განიხილება;

- * ნახშირწყალბადიანი ენერჯიაშემცველების დეფიციტი არ მოიკლებს. უფრო მოსალოდნელია მისი ზრდა. თუმცა ტექნოლოგიურ პროცესებში და ყოფაცხოვრებაში (მათ შორის ტრანსპორტზე) მათი ჩანაცვლება ელექტროენერჯით, რაც კიდევ უფრო დაამძიმებს ელექტროენერჯის ბალანსს, არ არის გათვალისწინებული;

- * შეშის წილი სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში შემცირდება დაახლოებით 1%-მდე. შეშა საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის გამოყენებული იქნება მხოლოდ ძნელად მისასვლელ მაღალმთიან მცირე დასახლებულ პუნქტებში;

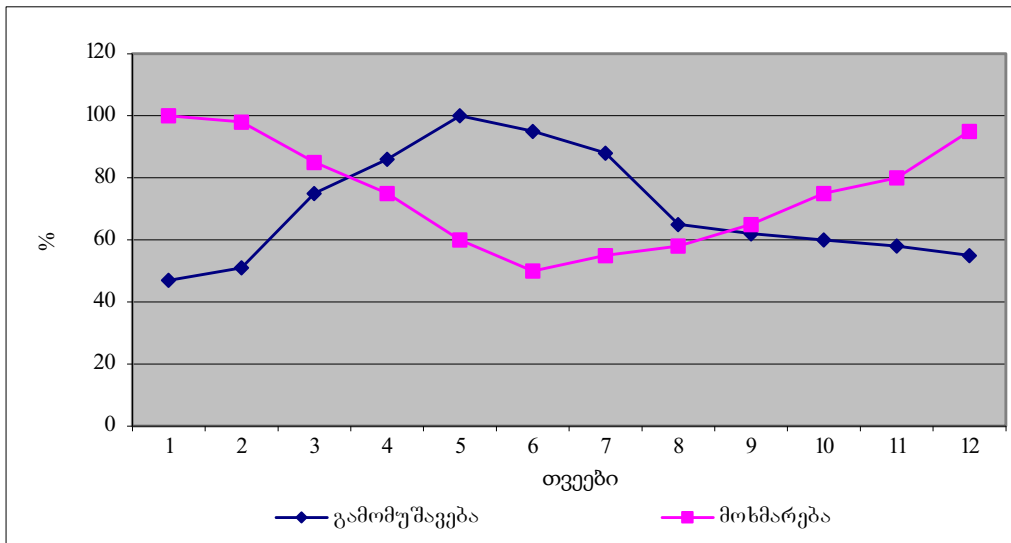
- * ჰიდროენერგეტიკა რჩება ელექტროენერჯის წარმოების ძირითად წყაროდ.

იმისათვის, რომ განისაზღვროს რამდენად შესაძლებელია საკუთარი ჰიდროენერგეტიკული რესურსებით ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნების დაკმაყოფილება, საჭიროა პირველ რიგში განისაზღვროს ამ რესურსების პოტენციალი და მისი თავისებურებანი.

საქართველოს ყველა მდინარის თეორიული წლიური პოტენციალი სხვადასხვა წყაროების მიხედვით, რომლებიც ძირითადად ერთმანეთს ეთანადებიან, 200 მილიარდ კილოვატსაათს აჭარბებს. აქედან ტექნიკურად განხორციელებადი და ეკონომიკურად ეფექტიანი ნაწილი 40 მილიარდ კილოვატსაათს არ აჭარბებს.(4,5,6). მეცნიერთა გარკვეულ ნაწილს მიაჩნია, რომ ეს პოტენციალი უნდა დაზუსტდეს, ვინაიდან მდინარეების ჰიდროლოგიის ცვლილებებისა და გარემოს დაცვის გამკაცრებული

მოთხოვნების პირობებში ცხადი ხდება, რომ პოტენციური შემცირებული იქნება. თუმცა სამშენებლო ინდუსტრიის ტექნიკური პოტენციალიც მნიშვნელოვნად ამაღლდა და სანამ ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი მეცნიერულად არ იქნება დაზუსტებული ჩავთვალოთ, რომ 2050 წლისათვის იგი სრულად იქნება ათვისებული, ანუ 40 მილიარდი კილოვატსაათის ფარგლებში.

ამასთან აუცილებელი გასათვალისწინებელია, რომ საქართველოს მდინარეები ხასიათდებიან მკვეთრი სეზონურობით. ელექტროენერჯის წარმოების მაქსიმუმი მოდის გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდზე, ხოლო მინიმუმი შემოდგომა-ზამთრის პერიოდზე, იმ დროს, როდესაც მოხმარების მაქსიმუმი სწორედ შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში დგება. ეს სეზონური უთანაბრობა დაახლოებით 60/40%-ით გამოიხატება ორივე მაჩვენებლისათვის, მხოლოდ საპირისპირო მხარეს. (ნახ.1)



ნახ.1. ელექტროენერჯის მოხმარებისა და ჰიდროელექტროსადგურებზე მისი წარმოების საშუალოწლიური გრაფიკი

ჰიდროელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების სეზონური უთანაბრობის გათვალისწინებით მივიღებთ ცხრილ 2-ში მოცემულ სურათს.

ცხრილი 2.

ელექტროენერჯის მოთხოვნილების დაფარვის შესაძლებლობები საკუთარი ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხარჯზე 2050 წლისათვის. (მლრდ კვტ.სთ)

№		ზამთარი	ზაფხული	წელიწადი
1.	წარმოება ჰესებზე	16	24	40
2.	მოხმარება	18/24/30	12/16/20	30/40/50
3.	სიჭარბე (+) დეფიციტი (-)	-2/-8/-14	+12/+8/+4	+10/0/-10

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურების როლი ქვეყნის ელექტროენერჯის მოთხოვნილების დაფარვაში უაღრესად მნიშვნელოვანია. მხოლოდ ზამთრის პერიოდში სამივე სცენარის პირობებში წარმოიშვება დეფიციტი. ხოლო ზაფხულში ელექტროენერჯის საკმაოდ დიდი სიჭარბეა. ასეთ სეზონებში საშუალება იქნება სამხრეთ ქვეყნებში ელექტროენერჯის რეალიზაციისა. გამომდინარე აღნიშნულიდან და ვინაიდან როგორც ტექნიკურად, ასევე ეკონომიკურად და

ეკოლოგიურად ჰიდროენერგია საქართველოსათვის ეფექტური ენერგიაშემცველია, მისი რესურსების ათვისება სწრაფი ტემპებით უნდა განხორციელდეს.

სცენარებიდან ჩანს, რომ მიუხედავად მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის სრული ათვისებისა საკმაოდ დიდ დეფიციტს ექნება ადგილი ზამთრის პერიოდში. ცხადია, რომ დეფიციტი კიდევ უფრო დამძიმდება, თუ საქართველოს ეკონომიკის ზრდის ტემპები უფრო მაღალი იქნება.

ჩვენს მიერ განხილული სცენარების დროს წარმოქმნილი (ან უფრო მნიშვნელოვანი) დეფიციტის (რომელსაც ადგილი მხოლოდ ზამთრის პირობებში ექნება) დასაფარავად საჭირო იქნება შემდეგი ღონისძიებების განხორციელება:

- მარეგულირებელი ჰესების მშენებლობა;
- სადაც შესაძლებელია ჰესების კომპლექსების მოწყობა;
- პიკური ენერჯის ექსპორტის სანაცვლოდ ბაზისური ენერჯის იმპორტი;
- ზამთარ-ზაფხულის ენერჯების გაცვლა დაინტერესებულ სახელმწიფოებთან;
- ელექტროენერგეტიკულ ბალანსში ქარის, მზისა და საკუთარი ნახშირების

პოტენციალის ჩართვა;

- საჭიროების შემთხვევაში:
 - ელექტროენერჯის იმპორტი ან იმპორტირებულ გაზზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების მშენებლობა;

რა თქმა უნდა ყველაფერ ამასთან ერთად გათვალისწინებულია ენერჯიადამოზოგი ტექნოლოგიებისა და ხელსაწყოების მასიური დანერგვა. იმ დროისათვის შესაძლებლად მიგვაჩნია წყალბადის გამოყენება ელექტროენერჯის წარმოებისათვის. ეს რესურსი კი პრაქტიკულად ამოუწურავია. არ არის გამორიცხვად აღნიშნულ პერიოდში შექმნილი იქნას ელექტროენერჯის მიღების სრულიად ახალი ტექნოლოგიებიც.

**ჰიდროენერგეტიკა საქართველოს ელექტროენერგეტიკული
დამოუკიდებლობის დასაყრდენი**
რ. არველაძე, თ. კერესელიძე
რეზიუმე

ზემოთქმულიდან გამომდინარე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

• საქართველოს დღეისათვის არ გააჩნია საკმარისი რესურსები სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის დასაფარავად;

• სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მოთხოვნილების ზრდის კვალობაზე ეს თავისებურება არ შეიცვლება არც ახლო და არც შორეულ მომავალში;

• ჰიდროელექტროსადგურების როლი ქვეყნის ელექტროენერჯის მოთხოვნილების დაფარვაში უაღრესად მნიშვნელოვანია, თუმცა მათი სრული ათვისების პირობებშიც კი ვერ მოხერხდება ეროვნული მეურნეობისა და მოსახლეობის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება ელექტროენერჯით ზამთარში, თუნდაც ეკონომიკის ზრდის შედარებით დაბალი ტემპების დროს.

• მდინარეების ეკონომიკურად ეფექტიანი და ეკოლოგიურად მისაღები ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისება განსაკუთრებულად მაღალი ტემპებით უნდა განხორციელდეს;

• ელექტროენერჯით პერსპექტიული მოთხოვნილების სრული დაკმაყოფილების უზრუნველსაყოფად საჭიროა იქნება შემდეგი ღონისძიებების განხორციელება: მარეგულირებელი ჰესების მშენებლობა, სადაც შესაძლებელია ჰესების კომპლექსების მოწყობა, პიკური ენერჯის ექსპორტის სანაცვლოდ ბაზისური ენერჯის იმპორტის განხორციელება, ზამთარ-ზაფხულის ენერჯების გაცვლა დაინტერესებულ სახელმწიფოებთან, ელექტრო ენერგეტიკულ ბალანსში ქარის, მზისა და საკუთარი ნახშირების პოტენციალის ჩართვა, ელექტრო ენერჯის იმპორტი ან იმპორტირებულ გაზზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების მშენებლობა;

• გარდა იმპორტირებულ ბუნებრივ გაზის ბაზაზე აშენებული თბოელექტროსადგურებისა შესაძლებელია ელექტროენერჯის საწარმოებლად

მიზანშეწონილად იქნას მიხნეული წყალბადის მიღება და გამოყენება. ასეთი რესურსი კი საქართველოში პრაქტიკულად უღვწია.

THE GEORGIAN FULL INDEPENDENCE OF ELECTRY POWER IS SUPPORTED BY HYDROPOWER

R. ARVELADZE, T. KERESLIDZE

Summary

Based on the above, we can make the following conclusions:

- Georgia today does not have sufficient resources to meet the energy balance.
- Against the background of increasing demand for energy resources this no peculiarity will not change soon, even more so with the distant future.
- The role of hydroelectric power plants in repayment country's electricity needs is extremely important, even in conditions of a complete assimilation, cannot be carried out satisfaction of demand of the national economy and the electricity in the winter period, even at relatively low rates of economic growth.
- Development of cost-effective and environmentally acceptable energy potential of rivers should be done very rapidly;
- To ensure the complete satisfaction of future demand for electricity, it is necessary to organize the following activities: construction of regulating power plant, where it is possible to arrange a hydroelectric complexes;
- Instead of peak energy exports, the import of basic energy, the winter-spring energy exchange with concerned States, the connection of wind, solar and own coal into the energy balance, the import of electricity or the construction of thermal power plants running on imported gas;
- In addition to building on the basis of imported natural gas the thermal power plants can be considered as expedient adoption and use of hydrogen. Such resource in Georgia is practically unlimited.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА КАК ОПОРА НЕЗАВИСИМОСТИ ГРУЗИСНСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Р. АРВЕЛАДЗЕ, Т. КЕРЕСЕЛИДЗЕ

Резюме

Исходя из указанного выше, мы можем сделать следующие выводы:

- Грузия на сегодняшний день не обладает достаточными ресурсами для покрытия топливно-энергетического баланса.
- На фоне роста спроса на топливно-энергетические ресурсы это своеобразие не изменится ни ближайшем, ни тем более с далеким будущим.
- Роль гидроэлектростанций в погашении потребностей электроэнергии страны крайне важно, даже в условиях их в полного усвоения, не может быть осуществлено удовлетворение спроса народного хозяйства и на электроэнергию в зимний период, даже при относительно низких темпах экономического роста.
- Освоение экономически эффективного и экологически приемлемого энергетического потенциала рек должно быть осуществлено очень высокими темпами;
- С целью обеспечения полного удовлетворения перспективного спроса на электроэнергию, необходимо организовать следующие мероприятия: строительство регулирующих ГЭС, где возможно устроить комплексы ГЭС
- Взамен экспорта пиковой энергии, осуществление импорта базисной энергии, зимне-летний энергетический обмен с заинтересованными государствами, подключение энергии ветра, солнца и собственного угля в энергетический баланс, импорт электроэнергии или строительство тепловых электростанций, работающих на импортированном газе;
- В дополнение к построенным на основе импортированного природного газа тепловых электростанций, может целесообразно рассматриваться как принятие, так и использование водорода. Такой ресурс в Грузии практически безграничен.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2013. Balances for 2011.
2. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2013, p.48-56
3. Monetary Fund, As of 2013 GDP PPP Per Capita (US\$)
4. Л.А.Владимиров,Г.Я.Гигиберия,Г.П.Мамрадзе,Г.Г.Сванидзе,П.Г.Шенгелия «Природные ресурсы Грузинской ССР, Гидроэнергетические ресурсы» Москва, изд.АН СССР, 1968 с.308,
5. Г.Г.Сванидзе, В.П.Гагуа, Э.В.Сухишвили «Возобновляемые Энергоресурсы Грузии», Ленинград, Гидрометиздат, 1987. с.75-76
6. Г.Г.Сванидзе «Методика исчисления гидроэнергетических ресурсов» Труды Энергетического ин-та АН ГССР, 1950 с.55-69.

დუდილი - კონვექციური თბოგადაცემის განსაკუთრებული შემთხვევა

ი. შეყრილაძე, ზ. რუსიშვილი, ე. მაჭავარიანი, ბ. გიბინეიშვილი, დ. შეყრილაძე,
მ. მუშარიაშვილი

i.shekriladze@gtu.ge

1. შესავალი

გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან საქართველოში იწყება თბოგადაცემის პროცესების სისტემატური კვლევა, რაც დაკავშირებულია აკადემიკოს ვახტანგ გომელაურისა და პროფესორ ჰენრიხ რატიანის სახელებთან. აღნიშნულ კვლევებში პირველივე ეტაპიდან მონაწილეობდა პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სტუდენტი ირაკლი შეყრილაძე, რომელმაც ჰენრიხ რატიანთან ერთად წვლილი შეიტანა 1964 წელს თბოგადაცემის საერთაშორისო ჟურნალში გამოქვეყნებულ პირველ ქართულ სამეცნიერო კვლევაში [1].

1966 წელს ირაკლი შეყრილაძემ გამოაქვეყნა პირველი შედეგები დუდილის თბოგადაცემის კვლევის სფეროში. პირველ მათგანში [2] ნაწინასწარმეტყველები იყო მზარდი ბუშტის ტუმბოს ეფექტის (მბტე) არსებობა, ხოლო მეორეში [3] (ჰენრიხ რატიანთან ერთად) წამოყენებული იყო ე.წ. „რეჟისორის თეატრის“ მოდელი (რთმ) და მის საფუძველზე დამუშავებული დუდილის თბოგადაცემის უნივერსალური კორელაცია (უკ). პირველმა სტატიამ აღნიშნული სფეროს მკვლევართა გარკვეული ყურადღება მიიპყრო [4]. რაც შეეხება მეორეს, მისი ფუნდამენტური შედეგები თითქმის ნახევარი საუკუნის მანძილზე რჩება უგულველყოფილი. რამაც ჩიხში მოაქცია დუდილის თბოგადაცემის თეორია.

2. დუდილის მოვლენის განსაკუთრებული ბუნება

დუდილის მოვლენის განსაკუთრებული ბუნება განპირობებულია თბოგადაცემის საერთო პროცესში ნუკლეაციის („რეჟისორის“) მაკონტროლებელი როლით, გაცივების სხვადასხვა მექანიზმის მიერ აღნიშნულ პროცესში შეტანილი ინდივიდუალური წვლილებისგან დამოუკიდებლად. წარმოდგენილი კონცეფციისგან განსხვავებით, ტრადიციულ მოდელებში წინა პლანზე წამოწეულია გაცივების ინდივიდუალური მექანიზმების („მსახიობების“) განმსაზღვრელი როლი. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, დუდილის თბოგადაცემის მოყვანილ მოდელებთან მიმართებაში შემდგომში ჩვენ გამოვიყენებთ შესაბამის ტერმინებს: „რეჟისორის თეატრის“ მოდელი (რთმ) და „მსახიობების თეატრის“ მოდელი (მთმ).

კონვექციური თბოგადაცემის პროცესებს შორის დუდილის მოვლენის განსაკუთრებული ხასიათის გამოვლენა მხოლოდ ათეული წლების კვლევის შედეგად გახდა შესაძლებელი. რადგან გასული საუკუნის 30-იან წლებში, ჯერ კიდევ არ არსებობდა ამისათვის საკმარისი ექსპერიმენტული მონაცემები, დუდილის თბოგადაცემის კვლევის ფუძემდებელი დიდი გერმანელ-ამერიკელი მეცნიერი მაქს იაკობი (ჯაკობი) იძულებული იყო კონვექციური თბოგადაცემის თეორიის ტრადიციული მიდგომები გამოეყენებინა [5]. შეხედულებათა ასეთ სისტემაში კი პროცესის მახასიათებელი სივრცის ყველაზე ლოგიკური კანდიდატი ორთქლის ბუშტის მოწყვეტის დიამეტრი აღმოჩნდა.

გასული საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისში უკვე დაგროვდა საკმარისი ექსპერიმენტული ცოდნა დუდილის თბოგადაცემის მოვლენის განსაკუთრებული ბუნების გამოსავლენად, რაც საფუძველად დაედო ზემოხსენებულ პუბლიკაციებს [2-3].

დუდილის თბოგადაცემის განსაკუთრებული ბუნებისა და ტრადიციული მიდგომების ფუნდამენტური შეზღუდულობის დასადგენად მხოლოდ სითხის გადაცივებაზე ან მასური აჩქარების ინტენსიურობაზე ხურების ზედაპირის გადახურების დამოკიდებულების გამოვლენა იყო საკმარისი. თუ დავაკვირდებით მუდმივი წნევისა და თბური ნაკადის პირობებში დიდ მოცულობაში სითხის დუდილის ორ შემთხვევას, სითხის ძირითადი მასის გაჯერებისა და მისი ღრმა გადაცივებისას, მათ შორის რადიკალურ განსხვავებას აღმოვაჩინოთ: პირველ შემთხვევაში ჩანს დუდილის ინტენსიური „კლასიკური“ პროცესი, ბუშტების ზრდით, მოწყვეტით, შერევითა და სითხის ზედაპირზე ამოსვლით, ხოლო მეორე

შემთხვევაში სახეზეა მიკროსკოპული ზედაპირული ბუშტები, რომლებიც ჩასახვისთანავე ზედაპირიდან მოწვევების გარეშე ქრებიან, ჩასახვის ცენტრების დიდი რაოდენობა და ნუკლეაციის მაღალი სისწორე.

აღნიშნულ ექსტრემალურ შემთხვევებში მონაწილე გაცივების ინდივიდუალური მექანიზმების შემადგენლობა და თვითოეული მათგანის ინტენსიურობა ერთმანეთისაგან არსებითად განსხვავდება.

მიუხედავად ამისა, ნულიდან რამდენიმე ათეულ გრადუსამდე სითხის გაცვივების მთელ დიაპაზონში ხურების ზედაპირის გადახურება მუდმივი რჩება, რაც სწორედ დუდილის მოვლენის განსაკუთრებულობაზე მეტყველებს და „მსახიობების თეატრის“ მოდელის სამართლიანობას საერთოდ გამორიცხავს.

ბუნებრივია, უნდა დაისვას საკითხი, შეგვიძლია თუ არა ჩვენ ვისაუბროთ დუდილის თბოგაცემის პროცესში გაცივების ინდივიდუალური მექანიზმის განმსაზღვრელი როლისა და ბუშტის მოწვევების დიამეტრის, როგორც პროცესის მახასიათებელი ზომის შესახებ?

ამ მიმართებით ორი ძირითადი საკითხი წამოიჭრება:

პირველი, უნდა დავსახოთ თუ არა კომბინაციათა უთვალავი შესაძლო ვარიანტის ანალიზის ამოცანა, რომლის საბოლოო მიზანი ყველა შემთხვევაში ზედაპირის ერთი და იგივე გადახურების დადგენაა? და მეორე, ხომ არ არის ამ პრაქტიკულად დაუძლეველი ამოცანის რეალური ალტერნატივა იმ ფიზიკური მექანიზმის იდენტიფიკაცია და ანალიზი, რომელიც პასუხიძებელია თბოგაცემის აღნიშნული უნივერსალური რეჟიმის დამყარებაზე?

აღნიშნულ კითხვებზე პასუხის გაცემის პირველი საფუძველი გახდა მურისა და მესლერის დიდი აღმოჩენა, ნუკლეაციის ციკლთან სინქრონულად დაკავშირებული ხურების ზედაპირის ტემპერატურული პულსაციების მოვლენა [6]. შემდეგი საფუძველი შეადგინა მბტე-მა [2], რომელიც ასევე დაკავშირებულია ნუკლეაციასთან. ეს უკანასკნელი მოგვიანებით შეივსო მიკრომემბრანის ტუმბოს ეფექტით (მბტე) [7].

მბტე-მა აღმოფხვრა მთავარი წინააღმდეგობა მკვეთრი ტემპერატურული პულსაციების უნივერსალურ ბუნებასა და მისი მხოლოდ მიკროშრის აორთქლების (მშა) მოვლენით ინტერპრეტაციას შორის. დადგინდა, რომ პულსაციები დაკავშირებულია როგორც უშუალო აორთქლებასთან, ასევე სითხის კონვექციასთან, ხოლო ყველას ერთად ნუკლეაცია, ანუ „რეჟისორი“, მართავს. სწორედ ნუკლეაციის მიერ თბოგადაცემის კონტროლი გამომარჩევს დუდილს კონვექციური თბოგადაცემის სხვა შემთხვევებისაგან.

3. ტაბუდადებული ტანდემი

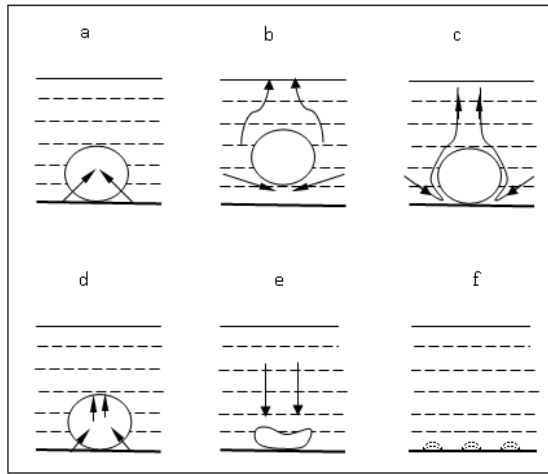
პირველ ნახაზე წარმოდგენილია ერთკომპონენტური სითხის დუდილის პროცესში მოქმედი გაცივების მექანიზმების სქემა. მათგან ჩვენ ძირითადად განვიხილავთ მბტე-ისა (1c) და მბტე-ის (1f) ერთობლივ გავლენას დუდილის თბოგაცემაზე. მიუხედავად ზემოაღნიშნული გაცივების მექანიზმების საკვანძო როლისა დუდილის თბოგაცემაში, ეს ეფექტები ათწლეულების განმავლობაში პრაქტიკულად მთლიანად იგნორირებული რჩება.

თერმო-ჰიდროდინამიკური ეფექტების აღნიშნული ტანდემი დამახასიათებელია მხოლოდ დუდილის პროცესისათვის.

შემდგომში მბტე-ს მაღალი ინტენსიურობა დადასტურდა წვირილ (0.2 მმ დიამეტრის) ჰორიზონტალურ მავთულზე წყლის დუდილის პროცესში ბუშტების სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოწვევების ეფექტის დაფიქსირებისას, თუმცა სამუშაოს ავტორებმა ეფექტის ინტერპრეტაციისაგან თავი შეიკავეს [8]. ანალოგიური ეფექტები სხვა გამოკვლევებშიც დაფიქსირდა [9-10]. მიუხედავად ყველივე ამისა, ამჟამად მბტე-ს უმნიშვნელოვანესი მოვლენა თუ მთლიანად უგულვლყოფილად ვერ ჩაითვლება, როგორც მინიმუმ, არასაკმარისად შესწავლილი რჩება.

როგორც უკვე აღინიშნა, მბტე რთმ-ს ერთ-ერთ ბაზისს წარმოადგენს. ამავე დროს, მისი როლი შორს სცდება რთმ-ს ფარგლებს და მოიცავს დუდილის თბოგაცემისა და ჰიდროდინამიკის მრავალ ასპექტს. ზემოაღნიშნული მნიშვნელოვანი ეფექტის იგნორირების გამო სრულიად შეუსწავლელი რჩება თერმული დადლილობის სპეციფიკური ტიპი, რომელიც დაკავშირებულია მბტე-ს მიერ გენერირებულ ტემპერატურულ პულსაციებთან,

რაც მნიშვნელოვანია მდუღარეწყლიანი რეაქტორის თბოგამომყოფი ელემენტების ფუნქციონირების რესურსის განსასაზღვრისათვის.



ნახ.1. გაცივების მექანიზმების სქემები: a-მიკროშრის აორთქლება, b-ბაროკატაჟი, c-მბტე, d-თბური ტუმბოს მსგავსი, e-ბუშტის კოლაფსით აღძრული, f-მბტე.

მბტე-თან ერთად დუდილის თბოგაცემის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მბტე-ს კომბინაცია მმტე-თან (ნახ.1f), რომელიც ასევე კონტროლდება ნუკლეაციის მიერ.

მმტე წარმოადგენს სპეციფიურ გაცივების მექანიზმს, რომელიც გამოწვეულია ყველა პოტენციურ ჩასახვის ცენტრში ბუშტის ჩანასახების პერმანენტული ვიბრაციით ლოკალური ტემპერატურული პულსაციების სინქრონულად. ლოკალური ტემპერატურის გაზრდისას ჩანასახის ზედაპირი (მიკრომემბრანა) ამოიბურცება კრიტიკულ ზომამდე, შემდეგ წყვეტს ზრდას, როცა უახლოესი ჩანასახი აღძრავს მბტე-ს და ლოკალური ტემპერატურის დაცემისთანავე უბრუნდება საწყის პოზიციას. მბტე-სა და მმტე-ს კომბინაციის ინტეგრალურ გაცივების ეფექტს გააჩნია მნიშვნელოვანი თავისებურება: მბტე-ს ნებისმიერი შემცირება (მაგალითად, ნაჯერობის წნევის ზრდა), იწვევს მმტე-ს ინტენსიფიკაციას (ნუკლეაციის სიხშირის ზრდით) და პირიქით.

მბტე-ისა და მმტე-ის მოქმედება უშუალოდ ზედაპირთან, ე.წ. ლამინარულ ქვეშრეში არის ლოკალიზებული. რამდენადაც ეს ქვეშრე ტურბულენტური კონვექციის ძირითად თერძულ წინააღმდეგობას წარმოადგენს, ზედაპირზე იდეალურად განაწილებულ მრავალ წერტილში მისი სისტემატური რღვევა ექსტრაორდინარულ გაცივების ეფექტს იძლევა.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, განვითარებული დუდილის თბოგადაცემაში ძირითადი სპექტაკლი მიკროლონეზე თამაშდება, ეფექტური შესახედაობის დინამიური მაკროსტრუქტურები კი უფრო თეატრალური დეკორაციის როლს თამაშობს, რომელსაც თბოგაცემის კოეფიციენტზე პრაქტიკული გავლენა არ გააჩნია.

4. „რეჟისორის თეატრის“ მოდელი და უნივერსალური კორელაცია

რთმ-ის თანახმად, ნუკლეაცია, ანუ ნუკლეაციის ცენტრში ორთქლის ფაზის ჩანასახის მიერ მინიმალური ე.წ. კრიტიკული ზომის გადაღახვა, ახდენს გაცივების ზემოხსენებულ სხვადასხვა მექანიზმის ერთდროულ გაშვებას.

ამასთან, ყველა ეს მექანიზმი დროში სწრაფად ჩაქრობადია (ხანმოკლე მოქმედებისა) და საერთო გაცივების ეფექტი ნუკლეაციის მიერ მათ მრავალჯერად გაშვებაზეა დამოკიდებული. შედეგად სწორედ ნუკლეაცია აკონტროლებს გაცივების მექანიზმების ჯამურ ეფექტს, მიუხედავად თვითოეულ მათგანის ინდივიდუალური წვლილისა.

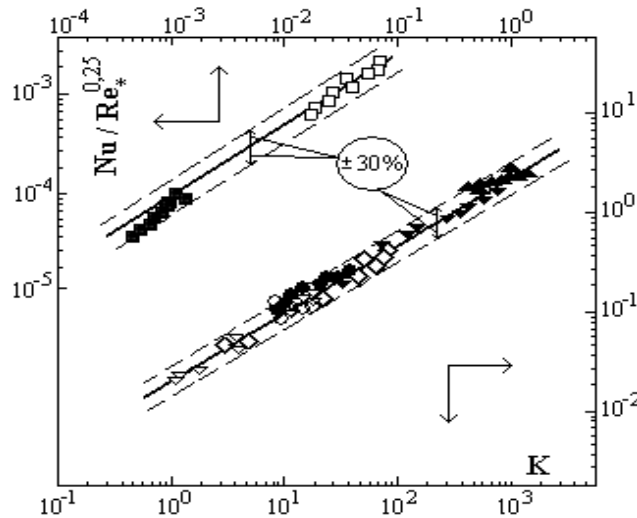
ხურების ზედაპირის ტემპერატურის პულსაციის ციკლში, დროში საშუალო გადახურების განსაზღვრისათვის მთავარი ხდება ზედაპირის მაქსიმალური გადახურება, რომელიც სწორედ ჩანასახის კრიტიკულ ზომაზეა დამოკიდებული. ეს უკანასკნელი, ზოგადად ცენტრის გეომეტრიაზე და სითხის თბოფიზიკურ თვისებებზეა დამოკიდებული. შესაბამისად, მოდელში შემოტანილია ნუკლეაციის ცენტრების საშუალო ეფექტური რადიუსის ცნება, რომელიც ზედაპირის ერთადერთი პარამეტრია, რომელიც თბოგაცემის კოეფიციენტზე ახდენს გავლენას.

საბოლოო ანგარიშში, მოდელს მიეყვართ შემდეგ უნივერსალურ კორელაციამდე:

$$Nu = 0.91 \cdot 10^{-2} K^{0.7} Re_*^{0.25}, \quad (1)$$

სადაც: $Nu = \frac{h\rho_0}{k}$; $K = \frac{q\rho_0^2 r\rho_g}{\sigma k T_s}$; $Re_* = \frac{C_p \sigma T_s}{r^{3/2} \rho_g^2 \nu}$

h – თბოგაცემის კოეფიციენტი $[\text{ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{C})]$; ρ_0 – საშუალო ეფექტური რადიუსი $[\text{მ}]$; r – სითხის აორთქლების სიბლანტი $[\text{ჯ}/\text{კგ}]$; ρ_g – აორთქლის სიმკვრივე $[\text{კგ}/\text{მ}^3]$; σ – ზედაპირული დაჭიმულობა $[\text{ნ}/\text{მ}]$; T_s – გაჯერების ტემპერატურა $[\text{K}]$; ρ – სითხის სიმკვრივე $[\text{კგ}/\text{მ}^3]$; ν – სითხის კინემატიური სიბლანტის კოეფიციენტი $[\text{მ}^2/\text{წმ}]$.



ნახ. 2. დუღილის თბოგადაცემის ექსპერიმენტული მონაცემების კორელაცია. ცეზიუმი: ■ – $1.82 \cdot 10^3$ პა; □ – $1.58 \cdot 10^3$ პა; წყალბადი: ▽ – $0.82 \cdot 10^5$ პა; ▾ – $5.16 \cdot 10^5$ პა; სითხის ნაკადი ვიწრო ღრიტოში: ● – R11, $1.0 \cdot 10^5$ პა; ○ – HCFC123, $1.0 \cdot 10^5$ პა; გადაცივებული წყლის ნაკადი მიკროარხში: ◇ – $1.0 \cdot 10^5$ პა; უწყვეტი ხაზები – კორელაცია (1) ($\rho_0=5\mu\text{m}$, ყველა შემთხვევაში).

კორელაციის (1) უნივერსალურობა იმაში მდგომარეობს, რომ ათეულობით და, შესაძლოა, ასეულობით გამოქვეყნებულ კორელაციათა შორის იგი ერთადერთია, რომელიც ერთიანი კანონით აღწერს თბოგაცემას სხვადასხვა ტიპის სითხეების განვითარებული დუღილის დროს, თხევადი ლითონებისა და კრიოგენების ჩათვლით, ზედაპირ-სითხის სხვადასხვა კომბინაციების დროს სხვადასხვა კოეფიციენტებისა და ხარისხის მაჩვენებლების გამოყენების გარეშე, დიდ მოცულობაში და არხებში, მიკროარხების ჩათვლით.

კორელაციის (1) უნივერსალურობის სადემონსტრაციოდ მეორე ნახაზზე მოყვანილია შედარება ექსპერიმენტულ მონაცემებთან დიდად განსხვავებული სითხეების (თხევადი ლითონი ცეზიუმი, თხევადი წყალბადი, წყალი, სამაცივრო აგენტები) დუღილის თბოგადაცემაზე დიდ მოცულობაში, ვიწრო ღრიტოში და მიკროარხში.

სახგასამელია, რომ ჯერ კიდევ 1966 წელს „რეჟისორის თეატრის“ მოდელმა და კორელაციამ (1) თვისებრივად და რაოდენობრივად აღწერა თბოგაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ხურების ზედაპირის, კერძოდ კი, ნუკლეაციის ცენტრების გეომეტრიაზე ($h \sim \rho^{0.4}$). ამით დაისახა დუღილის თბოგადაცემის ინტენსიფიკაციის ერთად-ერთი რეალური მეთოდი (დიდი ზომის ცენტრების ხელოვნურად შექმნა), რომელიც ეფექტურად იყო გამოყენებული ბოლო ათწლეულების მანძილზე განვითარებულ ქვეყნებში. სამწუხაროდ, საერთაშორისო არენაზე, ეს ფუნდამენტური გარემოებაც მიჩქმალულია.

დეტალური ინფორმაცია დუღილის თბოგადაცემის ამ და სხვა მნიშვნელოვანი ასპექტების შესახებ მოყვანილია მიმოხილვებში [13-14].

დასკვნითი შენიშვნა

დასკვნით ნაწილში შევეხებით საქართველოში მიღებული ფუნდამენტური შედეგების გარშემო ჩამოყალიბებულ საერთაშორისო სიტუაციას, რომელიც, სამწუხაროდ, მეტად არაორდინალურია. თუ, ერთის მხრივ, საქართველოში მიღებული ფუნდამენტური შედეგები საერთაშორისო არენაზე ათწლეულების მანძილზე რჩება აუღიარებელი, მეორეს მხრივ, დუღილის თბოგადაცემის ინტენსიფიკაციის საკვანძო პრობლემა სწორედ ამ შედეგებზე დაყრდნობით არის გადაწყვეტილი (შესაბამის პუბლიკაციებში საფუძვლების მითითების გარეშე). ჩვენი მხრიდან საერთაშორისო ჟურნალებში და კონფერენციებზე გამოთქმული არსებული სიტუაციის მწვავე კრიტიკა და საერთო ფართო დისკუსიის მოწყობის მოთხოვნები ათწლეულების მანძილზე უშედეგოდ რჩება. საერთაშორისო კონფერენციებზე დისკუსიაში ჩვენი პოზიციის სიმწვავეზე მსჯელობა მხოლოდ 2014 წელს წარდგენილი მოხსენებების სათაურებითაც კი არის შესაძლებელი [15-16]. მომავალში სიტუაციის გამოსწორების იმედი უნდა ვიქონიოთ.

დუღილი - კონვექციური თბოგადაცემის განსაკუთრებული შემთხვევა

*0. შეხრილად, ჯ. რუსიშვილი, ე. მაჭავარიანი, ბ. გიგინეიშვილი, დ. შეხრილად,
მ. მეპარიშვილი*

რეზიუმე

აკადემიკოს ვახტანგ გომელაურის დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი მიძღვნილ სამეცნიერო კონფერენციაზე წარსადგენ მოხსენებაში განხილულია საქართველოში დუღილის თბოგადაცემის შესწავლის ისტორია და ჩატარებულ კვლევათა ზოგიერთი ძირითადი ასპექტი. საზგასმულია ნუკლეაციის მმართველი როლის გამოვლენის ფუნდამენტური მნიშვნელობა. განხილულია აგრეთვე საერთაშორისო სიტუაცია მეცნიერების ამ სფეროში. თუ მიღებული ფუნდამენტური შედეგები საერთაშორისო არენაზე ათწლეულების მანძილზე რჩება აუღიარებელი, მეორეს მხრივ, დუღილის თბოგადაცემის ინტენსიფიკაციის საკვანძო პრობლემა სწორედ ამ შედეგებზე დაყრდნობით არის გადაწყვეტილი (პუბლიკაციებში საფუძვლების მითითების გარეშე). ჩვენი მხრიდან საერთაშორისო არენაზე გამოთქმული მწვავე კრიტიკა და ფართო დისკუსიის მოთხოვნა ათწლეულების მანძილზე უშედეგოდ რჩება. გამოთქმულია იმედი, რომ ხსენებული არანორმალური სიტუაცია დაძლეული იქნება მომავალში.

BOILING – THE SPECIAL CASE OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER

I. SHEKRILADZE, J. RUSISHVILI, E. MACHAVARIANI, G. GIGINEISVILI, D. SHEKRILADZE,

M. MEPARISHVILI

Summary

The paper submitted to scientific conference devoted to 100th anniversary of academician Vakhtang Gomelauri considers history of boiling heat transfer research in Georgia and some aspects of the fulfilled investigations. The fundamental significance of uncovering the controlling role of nucleation is emphasized. The international situation in this field of science is discussed. The obtained fundamental results still remain

unrecognized on the international arena, although the crucial problem of boiling heat transfer enhancement is solved based just on these results (without reference to the basics in the publications). The sharp criticism and requirement for the general discussion, expressed by us on international arena, they have not yet led to any results. The hope is expressed that existing abnormal situation will be overcome in the future.

КИПЕНИЕ – ОСОБЫЙ СЛУЧАЙ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

И. ШЕКРИЛАДЗЕ, ДЖ. РУСИШВИЛИ, Е. МАЧАВАРИАНИ, Г. ГИГИНЕИШВИЛИ, Д. ШЕКРИЛАДЗЕ, М. МЕПАРИШВИЛИ

Резюме

В докладе, представленном на научную конференцию, посвященную 100-летию со дня рождения академика Вахтанга Гомелаури, рассмотрена история изучения теплообмена при кипении в Грузии и некоторые аспекты проведенных исследований. Подчеркивается фундаментальное значение раскрытия управляющей роли нуклеации. Затрагивается международная ситуация в этой области науки. Полученные фундаментальные результаты остаются непризнанными на международной арене когда ключевая проблема интенсификации теплообмена при кипении решена как раз опираясь на эти результаты (без ссылок в публикациях). Острая критика существующей ситуации и требования провести широкую дискуссию, выдвигаемая нами на международной арене, до сих пор не привели к результату. Выражена надежда о преодолении указанной ненормальной ситуации в будущем.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Gomelaury V. Influence of two-dimensional artificial roughness on convective heat transfer, Int. J. Heat Mass Transf., V. 7, # 6, pp. 653-663 (1964).
2. Шекриладзе И. Г., О механизме пузырькового кипения, Сообщения АН ГССР, Т. 41, № 2, стр. 392-396 (1966).
3. Шекриладзе И. Г., Ратиани Г. В. Об основных закономерностях теплообмена при развитом пузырьковом кипении, Сообщения АН ГССР, Т. 42, № 1, стр. 145-150 (1966).
4. Shekrladze I. G. Mechanism of Steam Bubble Formation, NASA-TM-X-59398, RSIC-632, Marshall Space Flight Center, pp. 1-10, (1967).
5. Jacob M. Heat Transfer, New York: Wiley, 1, pp. 614–652, (1949).
6. Moore F. D., Mesler R. B. The measurement of rapid surface temperature fluctuations during nucleate boiling of water, IChE J., V.7, # 5, pp. 620–624 (1961).
7. Шекриладзе И. Г. Теплообмен в двухфазных средах с интенсивными процессами испарения и конденсации, диссертация на соискание степени ДТН, МВТУ им. Баумана, 224 стр. (1982).
8. Субботин В. И., Казновский С. П., Коротаев С. К., Свириденко В. Е., Селиванов Ю. Ф. Исследование динамики паровых пузырей при кипении воды на тонких проволоках в условиях свободной конвекции, Атомная энергия, Т. 28, № 5, стр. 9-13 (1970).
9. Wang H., Peng X. F., Wang B. X., Lee D. J. Jet flow phenomena during nucleate boiling, Int. J. Heat Mass Transf., V. 45, # 6, pp. 1359-1363 (2002).
10. Afgan O. N. Boiling Liquids Superheat, Oxford: Pergamon Press, pp. 130-155 (1976).
11. Van Stralen S. J., Zijl W., De Vries D. A. The behavior of vapor bubbles during growth at subatmospheric pressures, Chem. Eng. Sci., V. 32, # 10, pp. 1189–1196 (1977).
12. Shekrladze I. G. Boiling heat transfer: Mechanisms, models, correlations and the lines of further research, The Open Mechanical Engineering Journal, V. 2, # 1, pp. 104-127 (2008).
13. Shekrladze I. G. Boiling heat transfer: An overview of longstanding and new challenges, J. ASTM International, V. 9, # 1, pp. 1-41 (2012).
14. Shekrladze I. G. Boiling Heat Transfer Theory: to Overcome Historical Deadlock, Proc. 15th Int. Heat Transf. Conf., Kyoto, Japan, pp. 1-16 (2014);
15. Shekrladze I. G. Boiling at Macro-and Microscale: Totally Neglected Universal Context, Proc. 12th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, Chicago, pp. 1-9 (2014).

საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების თვითმომარაგების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები

ხ. სიჭინავა, ბ. არაბიძე, თ. ჯიშპარიანი

khatunasichinava@uesee.org

მიუხედავად იმისა, რომ ტყე თვითგანახლებადი ბუნებრივი რესურსია, ის მაინც არ შეიძლება ჩაითვალოს ამოუწურვად და მისი შენარჩუნება და აღდგენა-გაშენება მხოლოდ ადამიანების გონივრულ ქმედებაზეა დამოკიდებული.

ტყის, როგორც ეროვნული საგანძურის, დაცვა განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსათვის, სადაც სოფლის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი, ყოველწლიურად, მხოლოდ საოჯახო მეურნეობისათვის, 5-6 მილიონ მ³ საშუაზე მერქანს მოიხმარს, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება არა მარტო მისი ჭრის ლიმიტსა (1 მლნ მ³) და ენერგეტიკული მოთხოვნილების თეორიულ (შესაძლო-გამოსაყენებელ) რაოდენობას (2,3 მილიონი მ³), არამედ მის საშუალო წლიური ნამატსაც (4 მილიონ მ³).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოს ტყეების უმეტესი ნაწილი (60%) გადაბერებულია და ამავე დროს, დღეისათვის პრაქტიკულად არ არსებობს სრულფასოვანი მონაცემები ტყეების უსისტემო ჭრების შედეგად ქვეყანაში დარჩენილი ტყის რესურსების შესახებ, ნათელი გახდება, რომ ხეტყის ასეთი მასშტაბებით გამოყენება ქვეყნის ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენებს [1].

გარდა საყოფაცხოვრებო სექტორისა, საქართველოს რეგიონებში საშუაზე მერქანი ფართოდ გამოიყენება ადმინისტრაციული დაწესებულებების, მათ შორის საჯარო სკოლების გასათბობად.

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მიერ განხორციელებული არაერთი ღონისძიების მიუხედავად, ზამთრის სეზონისათვის მზადება და საჯარო სკოლების გათბობა კვლავ აქტუალურ პრობლემად რჩება. ეს განსაკუთრებით ეხება მცირეკონტიგენტთან საჯარო სკოლებს საქართველოს რეგიონებში, რომელთა აბსოლუტური უმრავლესობა დეფიციტურია და საშუაზე მერქნის შესაძენ თანხას სამინისტროდან ღებულობს.

რამდენიმე მცირეკონტიგენტთან საჯარო სკოლაში გამოყენებული საშუაზე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხა 2010-2011 სასწავლო წლის ზამთრის სეზონისათვის მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

მცირეკონტიგენტთან დეფიციტურ საჯარო სკოლებში ზამთრის სეზონისათვის საჭირო სახსრები

№	მუნიციპალიტეტი	სკოლების რაოდენობა	საშუაზე მერქანი		
			წლიური რაოდენობა, მ ³	ერთეულის საშუალო ფასი, ლარი	ღირებულება, ლარი
1	2	3	4	5	6
1	ახმეტის	11	223	81,8	18250
2	გურჯაანის	24	731	65,5	47844
3	დედოფლისწყაროს	9	485	53,4	25900
4	თელავის	22	800	65,0	52013
5	ლაგოდეხის	13	342	86,7	29650
6	საგარეჯოს	11	315	80,5	25370
7	სიღნაღის	9	298	46,8	13940
8	ყვარლის	19	605	76,9	46515
9	ღუშეთის	34	1761	56,4	99385

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6
10	თიანეთის	13	1205	60,0	72300
11	მცხეთის	13	479	96,8	46350
12	ბოლნისის	19	475	120,0	57000
13	გარდაბნის	11	295	64,9	19135
14	დმანისის	27	246	140,0	34440
15	თეთრიწყაროს	23	567	121,5	68900
16	მარნეულის	51	654	99,8	65280
17	წალკის	23	932	100,0	93200
18	გორის	25	509	107,2	54590
19	კასპის	17	246	95,9	23600
20	ქარელის	20	311	99,3	30875
21	საშურის	16	386	81,3	31365
22	ტყიბულის	21	481	60,0	28860
23	წყალტუბოს	33	820	80,0	65600
24	ჭიათურის	26	368	60,0	22080
25	ზესტაფონის	25	620	60,0	37200
26	თერჯოლის	17	705	60,0	42300
27	ბაღდათის	17	245	60,0	14700
28	ვანის	35	303	60,0	18180
29	ხელვაჩაურის	20	264	100,0	26400
30	ქედის	26	508	100,0	50800
31	ხულოს	42	1685	100,0	168500
	სულ	672	17864	80,1	1430522

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 2010-2011 ზამთრის სეზონისათვის მხოლოდ 31 მუნიციპალიტეტის 672 საჯარო სკოლაში დაიხარჯა 1 430 522 ლარის ღირებულების 17 864 მ³ საშეშე მერქანი. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ქვეყნის მასშტაბით, საერთო ჯამში, 57 მუნიციპალიტეტი და 1200-მდე დეფიციტური სკოლა ფუნქციონირებს, მაშინ ეს უკანასკნელი მომაცემები, მინიმუმ, უნდა გაორმაგდეს.

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ, გარდა დეფიციტური სკოლებისა, საშეშე მერქანი გამოიყენება არადეფიციტურ სკოლებშიც. მაგალითად, ახალციხის დეპარტამენტის 38 საჯარო სკოლიდან 5 სკოლა არადეფიციტურია. მათ გააჩნიათ საკუთარი სახსრები და შეშას თავად ყიდულობენ. ადგილობრივი საგანმანათლებლო რესურსცენტრის მონაცემებით, 2010-2011 სასწავლო წლისათვის სკოლების გათბობას, საერთო ჯამში, 127197 ლარი ღირებულების 1781 მ³ საშეშე მერქანი დასჭირდა. მართალია სამინისტროს მიერ გადასახდელ ამ თანხას გამოაკლდა არადეფიციტური სკოლების მიერ გადახდილი თანხა, მაგრამ ამით გამოყენებული საშეშე მერქნის რაოდენობა არ შეცვლილა [2].

საერთო ჯამში, არასრული სტატისტიკური მონაცემების ანალიზიდანაც კი აშკარაა, რომ საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების გასათბობად ყოველწლიურად გამოყენებული საშეშე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხები საკმაოდ სოლიდურია (სულ მცირე 40 ათასი მ³ საშეშე მერქანი და არანაკლებ 3 მლნ ლარი), რაც მძიმე ტვირთად აწევს როგორც განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს, ისე ადგილობრივ საგანმანათლებლო რესურსცენტრებსა და უშუალოდ საჯარო სკოლებს.

საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების გათბობასთან (ზამთრის სეზონის მზადებასთან) დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად საჭიროა, ერთი მხრივ, თითოეული სკოლისათვის დადგენილი ლიმიტის ფარგლებში შექმნილი საშეშე მერქნის არსებული მარაგების ეფექტურად გამოყენება და ამ გზით მისი მოხმარების მასშტაბების

შემცირება, ხოლო მეორე მხრივ მისი ჩანაცვლება განახლებადი ბუნებრივი რესურსებითა და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით.

საჯარო სკოლებში საშეშე მერქნის ეფექტურად გამოყენებას საფუძვლად უნდა დაედოს მისი ენერგეტიკული პოტენციალის, წვის პროცესის სრულყოფის შესაძლებლობისა და სკოლის შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა.

საშეშე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი მისი თბოუნარიანობით ანუ დაწვის სითბოთი განისაზღვრება. მიღებულია, რომ ერთი კგ ნებისმიერი ჯიშის აბსოლუტურად გამომშრალი საშეშე მერქნის დაწვის დროს, მათი ქიმიური შედგენილობის იდენტურობის გამო, გამოიყოფა დაახლოებით ერთი და იმავე რაოდენობის სითბო – 18600 კჯ/კგ, რომლის კუთრი ენერგია 5,17 კვტ.სთ/კგ-ის ტოლია.

საშეშე მერქნის თბოუნარიანობაზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს მისი ტენშემცველობა. მერქნის თბოუნარიანობის გადაანგარიშება ტენიანობის ერთი მნიშვნელობიდან (W_1) სხვა ტენიანობის (W_2) მქონე იმავე მასის თბოუნარიანობაზე შესაძლებელია ფორმულით:

$$Q_2 = (Q_1 + 25,1 * W_1) * [(100 - W_2) / (100 - W_1)] - 25,1 * W_2 \quad (1)$$

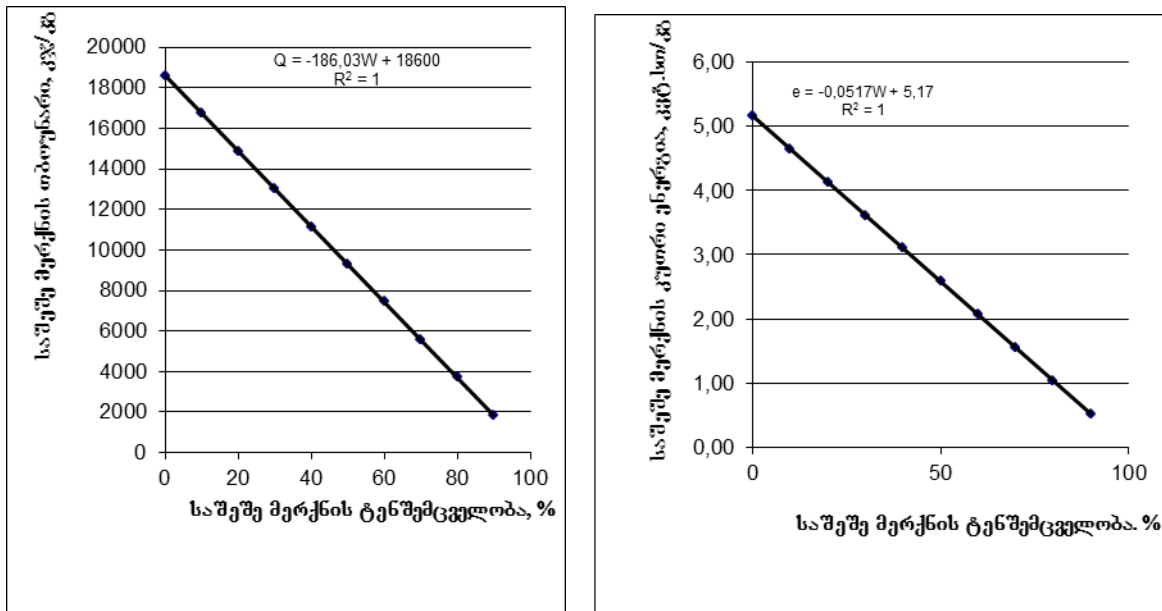
სადაც Q_1 საშეშე მერქნის თბოუნარიანობაა W_1 ტენშემცველობის დროს, კჯ/კგ.

რადგან აბსოლუტურად გამომშრალი საშეშე მერქნისათვის $Q_1 = 18600$ კჯ/კგ და $W_1 = 0$, მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთსხვადასხვა ტენშემცველობის მქონე საშეშე მერქნის თბოუნარიანობის გამოსათვლელ გამოსახულებას:

$$Q^w = 18600 - 211 * W \quad (2)$$

სადაც Q^w საშეშე მერქნის თბოუნარიანობაა წინასწარ განსაზღვრული W ტენშემცველობის დროს (საშეშე მერქნის ტენშემცველობის განსაზღვრა შესაძლებელია საანალიზოდ აღებული მერქნის ნიმუშის გამომშრობით საშრობ კარადაში, მყარი სათბობის ტენიანობის განსაზღვრის ცნობილი მეთოდის მიხედვით).

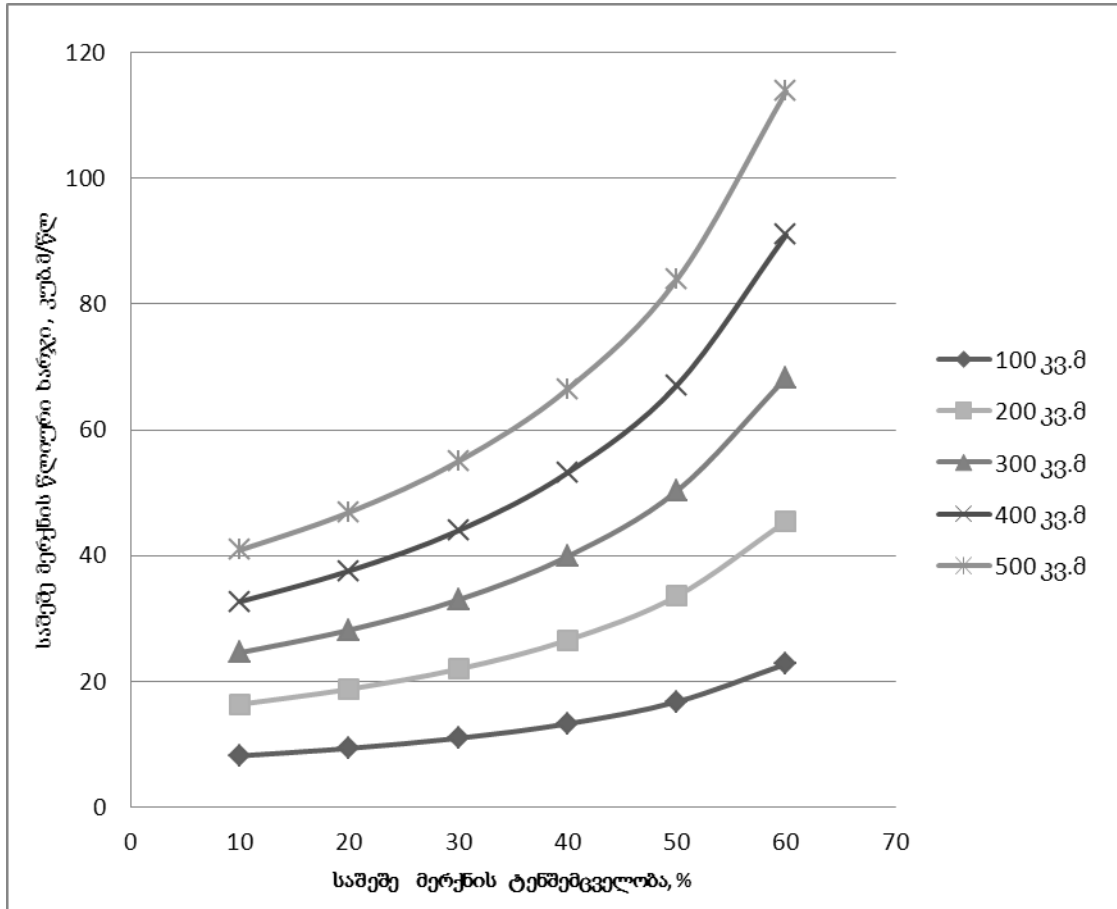
საშეშე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. საშეშე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე

როგორც ნახ. 1-დან ჩანს, საშუალოდ, ყოველ 10% ტენიანობაზე თბოუნარიანობა მცირდება დაახლოებით 2100 კვ/კვ-ით. ამიტომ, ახლადმოჭრილი საშეშე მერქნის თბოუნარიანობა, მისი მაღალი ტენუმცველობის (55-60%) გამო, 5934 კვ/კვ-მდე ეცემა. შესაბამისად, მცირდება კუთრი ენერგიაც (1,65 კვტ*სთ/კვ-მდე) ანუ მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალიც, რაც, ბუნებრივია, მისი ხარჯის გაზრდასაც იწვევს [3].

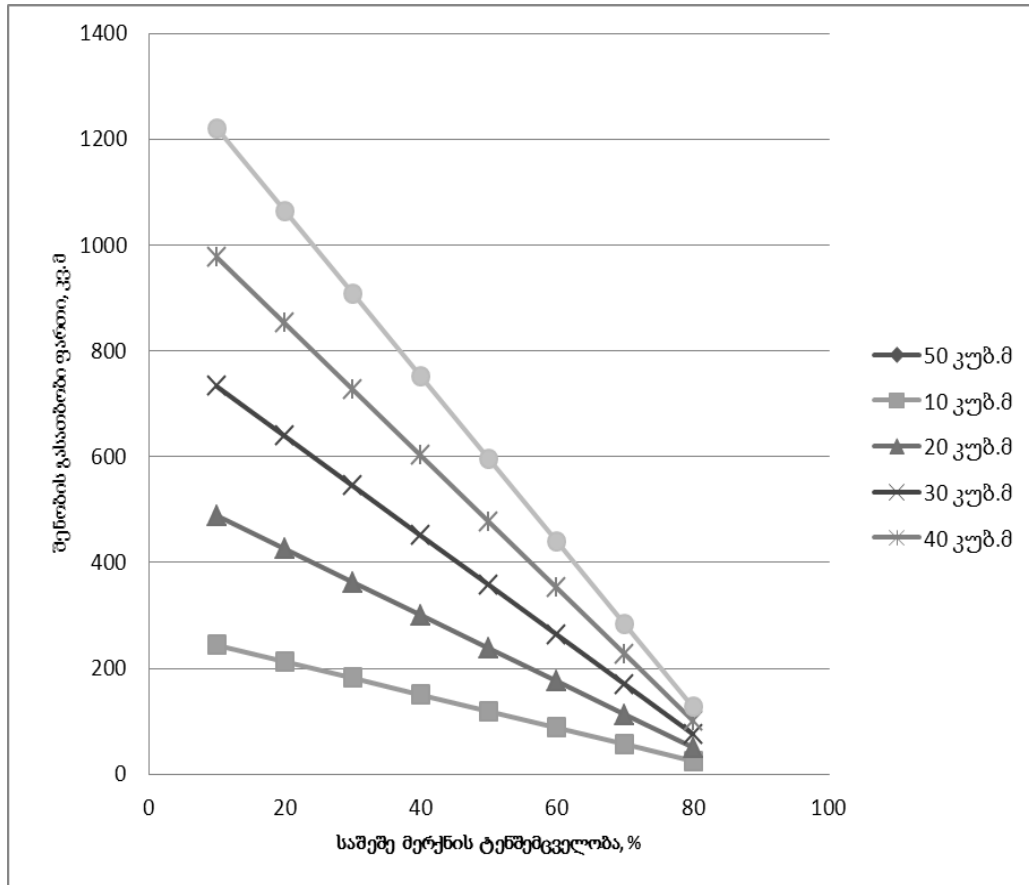
საშეშე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება მის ტენუმცველობაზე მოცემულია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. საშეშე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება მის ტენუმცველობაზე

ნახ. 2-ზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, რომ სკოლის შენობის ერთი და იმავე ფართის გასათბობად 60% ტენუმცველობის მქონე საშეშე მერქნის ხარჯი თითქმის 3-ჯერ აღემატება 10% ტენუმცველობის მქონე საშეშე მერქნის ხარჯს. მაგალითად, სასკოლო შენობის 500 მ² ფართის გათბობა, ერთნაირ პირობებში, შესაძლებელია როგორც 60% ტენუმცველობის მქონე 114-115 მ³ საშეშე მერქნით, ისე 10% ტენუმცველობის მქონე 40-41 მ³ საშეშე მერქნითაც.

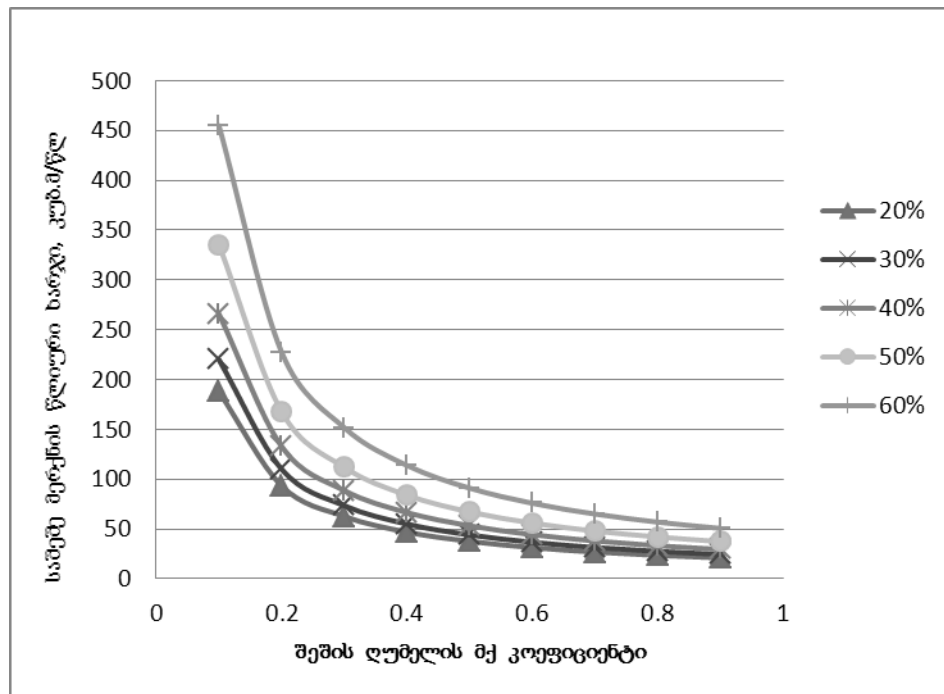
თავის მხრივ, საშეშე მერქნის ტენუმცველობაზე დამოკიდებული სასკოლო შენობის გასათბობი ფართიც. მაგალითად, გათბობის სეზონში მოხმარებული 50 მ³ 10%-იანი ტენუმცველობის საშეშე მერქნით შესაძლებელია სასკოლო შენობის 1200 მ² ფართის გათბობა, მაშინ როდესაც 60% ტენუმცველობის მქონე საშეშე მერქნით მხოლოდ 440 მ² ფართის გათბობა შესაძლებელი (ნახ.3).



ნახ. 3. შენობის გასათბობი ფართის დამოკიდებულება საშუალო ტენიანობის ტემპზე

მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომელიც გადამწყვეტ გავლენას ახდენს საშუალო ტენიანობის ხარჯზე, მისი წვის პროცესის სრულყოფაა. ცნობილია, რომ საჯარო სკოლებში არსებული შეშის ღუმელების უმეტესობა დაბალეფექტურია, ძალზე ადვილად გასცემს სითბოს და სწრაფად ცივდება, ოთახში საჭირო ტემპერატურის შესანარჩუნებლად მოითხოვს მუდმივ კონტროლს და შეშის განუწყვეტელ დამატებას, არ შეესაბამება მომხმარებლის საჭიროებას და უსაფრთხოების ელემენტარულ მოთხოვნებსაც კი ვერ აკმაყოფილებს. ყველა შეშის ღუმელი ძირითადად ერთი და იმავე დიზაინისაა და მათი საგარეო ეფექტურობა 30-40%-ს არ აღემატება, რაც იმას ნიშნავს, რომ მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის (მაგალითად, 18600 კჯ/კგ) მხოლოდ მესამედის (საშუალოდ 6500 კჯ/კგ) გამოყენებაა შესაძლებელი სასარგებლოდ.

ნახ.4-ზე ნაჩვენებია საშუალო ტენიანობის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება შეშის ღუმელის მქოვენიცენტზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ღუმელების ენერგოეფექტურობის გაზრდა მნიშვნელოვნად ზრდის საშუალო ტენიანობის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობას და შესაბამისად, მნიშვნელოვნად შეამცირებს მასზე მოთხოვნილებას საჯარო სკოლებში. მაგალითად, საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელების ენერგოეფექტურობის (მქოვენიცენტის) 30%-დან 60%-მდე გაზრდა, სასკოლო შენობის 500 მ² ფართის 40% ტენიანობის მქონე საშუალო ტენიანობის გათბობის შემთხვევაში საშუალებას იძლევა ყოველწლიურად დაიზოგოს 40-45 მ³ საშუალო ტენიანობის [4].



ნახ. 4. საშუალო მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება შემის ღუმელის მქ კოეფიციენტზე

საშუალო მერქნის ხარჯზე გადამწვევებ გავლენას ახდენს, აგრეთვე, სკოლის შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების (კედლები, სახურავი, იატაკი, ფანჯრები) ტექნიკური მდგომარეობა. გარე კედლების დაბალი თერმული წინაღობა, სხვენიანი გადახურვების დამატებელი შრის არარსებობა ან არასაკმარისი სისქე, ერთმაგი შემინვა, ფანჯრის ჩარჩოებსა და სარდაფის თავზე ან მიწისპირზე მოწყობილ იატაკებზე არსებული ღრეხობები, განაპირობებს სკოლის შენობათა თბურ დაუცველობას და, შესაბამისად, მათი ენერგომომხმარებისა და საშუალო მერქნის ხარჯის გაზრდას 30-50%-ით.

ზემოთ აღნიშნული სამივე ფაქტორის (მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი, საშუალო ღუმელის მქ კოეფიციენტი და სკოლის შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობა) გათვალისწინებით, საჯარო სკოლებში საშუალო მერქნის წლიური ხარჯის გამოსათვლელად შეიძლება გამოვიყენოთ გამოსახულება:

$$B = (3600 \cdot N_{შენ} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2) / (Q_w \cdot \sum_{შ.დ.} \rho_{შ.მ}),$$

სადაც $N_{შენ}$ სკოლის შენობის ენერგომომხმარებაა, კვტ; τ_1 – სკოლის შენობის გათბობის სეზონის ხანგრძლივობა, დღე/წლ; τ_2 – ყოველდღიური საშუალო საათები, სთ/დღე; Q_w – საშუალო მერქნის თბოუნარიანობა წინასწარ განსაზღვრული W ტენშემცველობის დროს, კვ/კვ; $\sum_{შ.დ.}$ – შემის ღუმელის მქ კოეფიციენტი; $\rho_{შ.მ}$ – საშუალო მერქნის სიმკვრივე, კგ/მ³.

სკოლის შენობის ენერგომომხმარების დადგენა მოითხოვს ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებას ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად. ენერგოაუდიტი მოიცავს შენობათა გამოკვლევას, არსებული სიტუაციის შეფასებასა და ანალიზს, აგრეთვე სხვა ღონისძიებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს ენერჯის მოხმარების შესამცირებლად და შენობაში მიკროკლიმატის გასაუმჯობესებლად. შედეგები აისახება ენერგოაუდიტის ანგარიშში, რომელიც უნდა აღწერდეს სარეკომენდაციო ღონისძიებებს შესატყვისი ინვესტიციებით, დანაზოგებით, ეკონომიკური გათვლებითა და ინვესტიციის ამოგების პერიოდით.

**საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების თბომომარაგების
პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები**

ბ. სიჭინავა, ბ. არაბიძე, თ. ჯიშკარიანი

რეზიუმე

საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების თბომომარაგება საშეშე მერქნისა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხების მნიშვნელოვან რაოდენობას მოითხოვს და სრულიად არაეფექტურია. სტატიაში საზგასმულია, რომ ამ პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა საშეშე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის ეფექტურად გამოყენება, წვის პროცესის სრულყოფა და სკოლის შენობების შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის გამოსწორება.

**GEORGIAN REGIONAL PUBLIC SCHOOLS HEATING PROBLEMS
AND ITS SOLUTION**

KH. SICHINAVA, G. ARABIDZE, T. JISHKARIANI

Summary

Firewood, that needs a considerable amount of financing, is used by Georgian regional schools for heating purposes. The article demonstrates that this type of heating is completely ineffective. To solve the problem it's important to use energy potential of firewood efficiently, as well as to improve the combustion process, and also, the technical condition of the public school buildings.

**ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СРЕДНИХ ШКОЛ В РЕГИОНАХ ГРУЗИИ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Х. СИЧИНАВА, Г. АРАБИДЗЕ, Т. ДЖИШКАРИАНИ

Резюме

Теплоснабжение средних школ в регионах Грузии требует большого расхода древесины, значительных затрат и совершенно неэффективно. В статье подчеркивается, что для решения этой проблемы необходимо эффективное использование энергетического потенциала древесины, усовершенствование процесса горения и улучшение технического состояния школьных зданий

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს მერქნული ენერგეტიკული რესურსების პოტენციალი და მისი ეფექტიანი გამოყენება. USAID, ენერგეტიკის სექტორის შესაძლებლობების გაუმჯობესების პროექტი (ECI). თბილისი, 2010;
2. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. სსიპ საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ინფრასტრუქტურის განვითარების სააგენტო. თბილისი, 2011;
3. ლაზაშვილი ნ., კიდურაძე ო., ჯიშკარიანი თ. საშეშე მერქნის ძირითადი თბოტექნიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. // ენერჯია. 2012. №1(61). გვ.65-69.
4. ლაზაშვილი ნ., კიდურაძე ო., ჯიშკარიანი თ. საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელები და და საშეშე მერქნის მოთხოვნილება საოჯახო მეურნეობაში. // ენერჯია. 2011. №(60). გვ.9-13.

შენობის ზომის, ზომებისა და ორიენტაციის ოპტიმალური შერჩევა

(*ო. კიკელაძე, ბ. ქეთელაური*)

giorgiketelauri@gmail.com

ენერგოეფექტური შენობების პროექტირებისა და მშენებლობის მიზანია შენობის ენერგომომარაგებისათვის საჭირო ენერგორესურსების უფრო ეფექტურად გამოყენება ინოვაციური მეთოდებისა და გადაწყვეტების გზით. აღნიშნული ენერგოეფექტური ღონისძიებების განხორციელება შესაძლებელი უნდა იყოს ტექნიკურად, დასაბუთებული ეკონომიკურად, ასევე მისაღები უნდა იყოს ეკოლოგიურად და სოციალური თვალსაზრისით, რაც არ შეცვლის ცხოვრების ჩვეულ წესს. ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების შერჩევის დროს პრიორიტეტი ენიჭება ისეთ ტექნიკურ გადაწყვეტებს, რომლებიც ხელს შეუწყობს შენობის მიკროკლიმატის და იმავდროულად გარემოს დაცვის გაუმჯობესებას.

შენობაზე ზემოქმედებას ახდენს გარემო პირობები: მზე, ქარი, წვიმა, თოვლი, გარემო ჰაერის ტემპერატურა და სხვა. შენობის პროექტირების დროს საჭიროა გადაიტაროს ამოცანა: საუკეთესოდ გამოყენებული იყოს შენობის თბურ ბალანსზე გარემო კლიმატის დადებითი და მაქსიმალურად ნეიტრალიზებული უარყოფითი ზემოქმედებები.

ცნობილია, რომ მზის გამოსხივების ინტენსიობა, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, გარემო ჰაერის ტემპერატურა იცვლება დიდ დიაპაზონში გეოგრაფიული მდებარეობის, ოროგრაფიის, ადგილმდებარეობის მიკრორელიეფის და წლის პერიოდის მიხედვით. გარემო კლიმატის გავლენა შენობის გარე შემომზღულ კონსტრუქციაზე მიზანშეწონილია დახასიათდეს მეტეოროლოგიური გრადიენტით, რომელიც ითვალისწინებს გარემო კლიმატის მახასიათებლების მიმართულებას, სიდიდეს და განმეორადობას.

ქარის, მზის რადიაციისა და გარემო ჰაერის ტემპერატურას ერთობლივი ზემოქმედება სხვადასხვანაირად ორიენტირებულ შენობებზე განაპირობებს შენობის მნიშვნელოვნად განსხვავებულ თბოდანაკარგებს ან თბოშეთვისებას. შენობის თბოდანაკარგების გაანგარიშების დროს ხშირად არ ითვალისწინებენ შენობის გარე შემომზღული კონსტრუქციების ორიენტაციის მიხედვით მათ მიერ მზის გამოსხივებით განპირობებული შენობის შევსებული ღიობების გავლით ენერჯის ათვისებას. შედეგად თბური დანაკარგების კომპენსაციისთვის გაანგარიშებული გათბობის წყაროს სიმძლავრის მნიშვნელოვანი მარაგით შეირჩევა. დადგმული სიმძლავრის დაუსაბუთებელი გაზრდა უშუალოდ დაკავშირებულია კაპიტალდაბანდებების გაუმართლებელ ზრდასთან.

შენობის თბოდანაკარგების გაანგარიშებებში მზის რადიაციის გათვალისწინება განხილულია თბილისის მაგალითზე: გათბობის სეზონისათვის ხუთდღიანი ცივი პერიოდის საანგარიშო ტემპერატურა ტოლია -8°C ; საშუალო ტემპერატურა $+3.2^{\circ}\text{C}$; გათბობის დღეების რაოდენობა 151დღ-ღ; 2536.8 გრად.დღე (სათავსის შიგა ჰაერის 20°C ტემპერატურის პირობებში).

ცხრ.1 მოცემულია ჩრდილოეთის, აღმოსავლეთის, დასავლეთის და სამხრეთის ორიენტაციის მქონე ვერტიკალური ზედაპირის ერთ კვ. მეტრზე (შენობის გარე შემომზღული კედელი) მზის ჯამური გამოსხივების ენერჯის საშუალო მნიშვნელობები გათბობის სეზონის თვეების მიხედვით და ასევე ჯამური მნიშვნელობები გათბობის სეზონისათვის [1].

შენობის თბურ დანაკარგებში მზის გამოსხივების გასათვალისწინებლად ცხრ.1 შენობის კედლების ორიენტაციების მიხედვით აღებულია საშუალო მნიშვნელობებიდან: 37 ვტ/მ² (ჩრდილოეთი); 62.35 ვტ/მ² (აღმოსავლეთი, დასავლეთი); 102.03 ვტ/მ² (სამხრეთი); 49.67 ვტ/მ² (ჩრდილოეთ-აღმოსავლეთი, ჩრდილოეთ-დასავლეთი); 82.19 ვტ/მ² (სამხრეთ-დასავლეთი, სამხრეთ-აღმოსავლეთი).

შენობის გარე შემომზღული კონსტრუქცია წარმოადგენს გარე შემომზღული კედლისა და შექლიობის ერთობლიობას. მზის დღიური რადიაცია მნიშვნელოვნად იცვლება წლიურ

ციკლში და ამასთან ერთად შენობის გარე შემომზღუდი კონსტრუქციის ორიენტაციის მიხედვით. მზის რადიაციის გათვალისწინება (შუქფანჯრებიდან შენობაში შეღწევის) მნიშვნელოვნად ამცირებს გათბობის დადგმულ სიმძლავრეს, შედეგად კაპიტალდაბანდებებს გათბობაზე და შესაბამისად საექსპლუატაციო ხარჯებსაც.

ცხრილი 1 მზის ჯამური გამოსხივება ვერტიკალურ ზედაპირზე

თვე	ღღე	ორიენტაცია					
		ჩრდილოეთი		აღმოსავლეთი, დასავლეთი		სამხრეთი	
		მგწ/(ღღე*მ²)	ვტ/მ²	მგწ/(ღღე*მ²)	ვტ/მ²	მგწ/(ღღე*მ²)	ვტ/მ²
I	31	2.37	27.43	3.83	44.33	7.97	92.25
II	28	3.23	37.38	5.23	60.53	9.17	103.13
III	31	4.23	48.96	7.27	84.14	10.25	118.63
IV	15	5.23	60.53	9.14	105.79	9.94	115.05
XI	15	2.22	25.69	3.82	44.21	8.32	96.30
XII	31	1.89	21.88	3.03	35.07	7.24	83.80
		465,38	373ტ/მ²	937.36	62.35ვტ/მ²	1319.92	102.03ვტ/მ²
		მგწ/ (ბათ.სმზ.მ²)	საშ. ბაშ. სშზ.	მგწ/ (ბათ.სმზ.მ²)	საშ. ბაშ. სშზ.	მგწ/ (ბათ.სმზ.მ²)	საშ. ბაშ. სშზ.

შენობის ვერტიკალურ კონსტრუქციაზე მზის რადიაციის ზემოქმედების საანალიზოდ აღებულია მართკუთხა ფორმის ორსართულიანი საბავშვო ბაღის შენობა საბაზისო ზომებით: სიგრძე – 52მ (გარე შემომზღუდი კონსტრუქციები a და c); სიგანე – 13მ (გარე შემომზღუდი კონსტრუქციები b და d); სიმაღლე – 7მ; გასათბობი ფართი შეადგენს 1352 კვ.მ.

შენობის ორიენტაცია დიაგონალურია. გარე შემომზღუდი კონსტრუქციის კედლის თბოგადაცემის თერმული წინაღობა ტოლია 0.66 მ² °C/ვტ, ხოლო შეშენის თბოგადაცემის თერმული წინაღობა შეადგენს 0.17 მ² °C/ვტ, სახურავის და გადახურვის (სარდაფის) თბოგადაცემის თერმული წინაღობებია: 1.8 მ² °C/ვტ და 0.65 მ² °C/ვტ შესაბამისად. გარე შემომზღუდი კონსტრუქციის შეშენის კოეფიციენტი: 39% (a), 36% (c), 6-6% (b, d). თბოგადაცემის კოეფიციენტი სათავის შიგა ჰაერიდან შიგა კედელზე ტოლია 8.7 ვტ/ მ² °C, ხოლო გარე კედლიდან ჰაერზე – 23 ვტ/ მ² °C.

შენობის თბური დანაკარგების გაანგარიშება გათბობის წყაროს სიმძლავრის შესარჩევად ჩატარებულია გათბობის საანგარიშო ტემპერატურის -8°C (ხუთდღიანი ცივი პერიოდი), ხოლო შენობის ენერგეტიკული პასპორტის შესადგენად გათბობის პერიოდის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის +3.2°C პირობებისთვის.

ცხრ.2-ში მოცემულია შენობის დიაგონალური, მერიდიანული და განედური ორიენტაციებისთვის საანგარიშო ტემპერატურების -8°C და +3.2°C პირობებისათვის ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები საბაზისო შენობისათვის (ფაქტიური ზომებით) მზის ინსოლაციის გათვალისწინების გარეშე და მისი გათვალისწინებით. მოყვანილია a, c, b და d გარე შემომზღუდი კონსტრუქციებიდან ხვედრითი თბური დანაკარგების (ვტ/მ²), გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგების მნიშვნელობები (ვტ/მ²) და გათბობის მოთხოვნილი სიმძლავრეების (კვტ).

ცხრ.2-დან ჩანს, რომ შემომზღუდი კონსტრუქციიდან ხვედრითი თბური დანაკარგები მზის ინსოლაციის გათვალისწინებით მცირდება და განსხვავებულია შენობის ორიენტაციის მიხედვით (ცხრ.1-ის შესაბამისად). შედეგად გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგები შემცირებულია 84,30 ვტ/მ²-დან 70.29 ვტ/მ²-მდე. ასევე საბაზისო შენობის გათბობის დადგენილი სიმძლავრე -8°C პირობებში შემცირებულია 113.97 კვტ-დან 95,03 კვტ-მდე. ანალოგიური სიდიდეების მნიშვნელობები გაანგარიშებულია გათბობის პერიოდის საშუალო ტემპერატურის +3.2°C მიხედვით შემცირებულია: 54.07ვტ/მ²-

შენობის ზომების, ზომებისა და ორიენტაციის ოპტიმალური შერჩევა

დან 40.06 ვტ/მ²-მდე და 71.10 კვტ-დან 54.60 კვტ-მდე. ცხადია, ინსოლაციის გაუთვალისწინებლად შენობის სხვადასხვა ორიენტაცია შედეგებზე გავლენას არ მოახდენს.

ცხრილი 2 საბაზისო შენობა ფაქტიური ზომებით 52X13, მზის ინსოლაციის გათვალისწინების გარეშე და მისი გათვალისწინებით

გათბობის საანგარიშო ტემპერატურა	შენობის ორიენტაცია	ხვედრითი თბური დანაკარგი a (52მ) შემ. კონსტრუქციისთვის q_a (ვტ/მ²)	ხვედრითი თბური დანაკარგი c (52მ) შემ. კონსტრუქციისთვის q_c (ვტ/მ²)	ხვედრითი თბური დანაკარგი b (13მ) შემ. კონსტრუქციისთვის q_b (ვტ/მ²)	ხვედრითი თბური დანაკარგი d (13მ) შემ. კონსტრუქციისთვის q_d (ვტ/მ²)	გათბობის სიმძლავრე კვტ	გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგები q_f (ვტ/მ²)
1	2	3	4	5	6	7	8
ხუთ დღიანი ცივი პერიოდი -8 °C	ნებისმიერი ორიენტაციით ინსოლაციის გარეშე	96.39	92.44	53.57	53.57	113.97	84.30
	დიაგონალური	64.34	74.57	48.33	50.40	95.03	70.29
	მერიდიანული	72.08	70.00	47.06	51.21	96.14	71.11
	განედური	56.60	79.13	49.59	49.59	93.91	69.46
გათბობის პერიოდი ჰაერის საშუალო ტემპერატურით 3.2 °C	ნებისმიერი ორიენტაციით ინსოლაციის გარეშე	60.41	57.93	33.57	33.57	73.10	54.07
	დიაგონალური	28.35	40.05	28.33	30.40	54.16	40.06
	მერიდიანული	36.09	35.49	27.06	31.21	55.28	40.89
	განედური	20.62	44.61	29.59	31.40	53.21	39.36

ანალოგიური ინფორმაცია მოცემულია ცხრილ 3 –ში. დადგენილია შენობის ოპტიმალური ზომების მნიშვნელობები მიზნობრივი ფუნქციის – თბური დანაკარგების მინიმიზაციის მოთხოვნით. პრიორიტეტი (ზომების გადიდებით) ენიჭება კონსტრუქციებს, რომლებსაც გააჩნიათ შედარებით მცირე თბოდანაკარგები. შენობის გარე შემომზღუდი კონსტრუქციების (a, b, c, d) ხვედრითი სითბოს დანაკარგების მნიშვნელობების (ვტ/მ²) იგივეა, რაც ცხრ.2-ის შემთხვევაში.

ცხრ.3-დან ჩანს, რომ გარე ჰაერის -8°C ტემპერატურის დროს შენობის ზომების ოპტიმიზაციის შედეგად გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგები მცირდება 84.30 ვტ/მ²-დან 64,54 ვტ/მ²-მდე, ხოლო ინსოლაციის გათვალისწინებითაც 57.77 ვტ/მ²-მდე. დადგმული სიმძლავრე მცირდება 113.97 კვტ-დან 87.26 კვტ-მდე, ხოლო ინსოლაციის გათვალისწინებითაც 78.11 კვტ-მდე. ანალოგიურად მცირდება +3.2°C დროს:

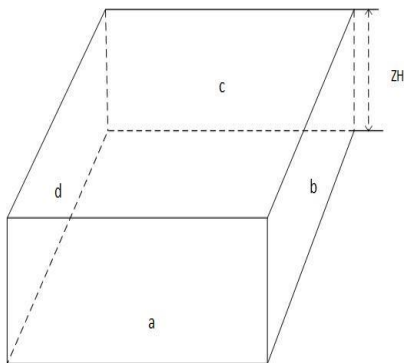
გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგები შენობის ზომების ოპტიმიზაციით მცირდება 54.07 ვტ/მ²-დან 41.69 ვტ/მ²-მდე, ხოლო ინსოლაციის გათვალისწინებითაც 34.76 ვტ/მ²-მდე. დადგმული სიმძლავრე 73.10 კვტ-დან 56.36 კვტ-მდე, ხოლო ინსოლაციის გათვალისწინებითაც 46.99 კვტ-მდე.

შენობის ოპტიმალური ზომები მზის ინსოლაციის გათვალისწინებით და მის გარეშე მოცემულია ცხრ.3.

ცხრილი 3 შენობა ოპტიმალური ზომებით მზის ინსოლაციის გათვალისწინების გარეშე და მისი გათვალისწინებით

გათბობის საანგარიშო ტემპერატურა	შენობის ორიენტაცია	a და c კონსტრუქციების ოპტიმალური ზომები	b და d კონსტრუქციების ოპტიმალური ზომები	გათბობის სიმძლავრე კვტ	მინიმალური თბური დანაკარგები დაყვანილი გასათბობ ფართზე q _f (ვტ/მ ²)
1	2	3	4	5	6
ხუთ დღიანი ცივი პერიოდი -8 °C	ნებისმიერი ორიენტაციით ინსოლაციის გარეშე	19.58	34.52	87.26	64.54
	დიაგონალური	21.92	30.84	78.11	57.77
	მერიდიანული	21.62	31.26	78.49	58.06
	განედური	22.23	30.42	77.72	57.48
გათბობის პერიოდი ჰაერის საშუალო ტემპერატურით 3.2 °C	ნებისმიერი ორიენტაციით ინსოლაციის გარეშე	19.58	34.52	56.36	41.69
	დიაგონალური	24.09	28.06	46.99	34.76
	მერიდიანული	23.46	28.82	47.43	35.08
	განედური	25.14	26.89	46.88	34.67

შენობის ოპტიმალური ზომები გაანგარიშებულია შემდეგი ფორმულით [2]:



“a” და “c” კონსტრუქციის ზომა (მ):

$$a = \sqrt{\frac{F_0 (q_b + q_d)}{Z (q_a + q_c)}}$$

“b” და “d” კონსტრუქციისთვის $b = \frac{F_0}{aZ}$

გაანგარიშებისას აუცილებელი პირობებია:

$$F_0 = const; H = const; a = c; b = d; Z = const;$$

გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური ხვედრითი თბური დანაკარგი:

$$QF = \frac{q_{\text{სარ}} + q_{\text{სახ}}}{z} + 2 \sqrt{\frac{H^2}{F_0} Z (q_a + q_c)(q_b + q_d)}$$

სადაც F_0 – არის შენობის საერთო ფართი, მ²;

$q_a, q_b, q_c, q_d, q_{\text{სარ}}, q_{\text{სახ}}$ – მახასიათებელი თბური დანაკარგები: შესაბამისად გარე შემომზღვედი კონსტრუქციებიდან, ზომებით a, b, c, d და გადახურვისა $q_{\text{სარ}}$ და სახურავი $q_{\text{სახ}}$ ვც/მ²; $Z=2$ – სართულების რაოდენობა.

შენობის ფორმის, ზომებისა და ორიენტაციის ოპტიმალური შერჩევა

ო. კიგურაძე, გ.კეთელაური

რეზიუმე

შენობის ფორმა, ზომები და ორიენტაცია უნდა შეირჩეს ისეთნაირად, რომ მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული შენობის თბურ ბალანსზე გარემო კლიმატის დადებითი ზემოქმედება და მოხდეს ნეიტრალიზება უარყოფითი ზემოქმედებების. ოპტიმიზაციის დროს იცვლება შენობის ზომები, გაანგარიშებით საბაზისო შენობის გვერდების თანაფარდობა 52/13 შეიცვალა 31/23-ით. ასევე ანგარიშში მზის დასხივების გათვალისწინებით მცირდება გასათბობ ფართზე დაყვანილი მინიმალური თბური დანაკარგები და შენობის გათბობის დადგმული სიმძლავრე 31%-ით.

THE OPTIMAL SELECTION OF SHAPE, SIZE AND ORIENTATION OF BUILDING

O. KIGURADZE, G. KETELAURI

Summary

The shape, size and orientation must be chosen so as to maximize the climate positive impact on the thermal balance of the building and to neutralize the negative impacts of environment. Dimensions of the building were changes by optimization and calculation of the basic building sites ratio 52m/13m replaced by 31m/23m; also, foreseen solar radiation heat losses in the heating area and the heating capacity were reduced by 31%.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ, РАЗМЕРА И ОРИЕНТАЦИИ ЗДАНИЯ

О. КИГУРАДЗЕ, Г. КЕТЕЛАУРИ

Резюме

Форма, размер и ориентация здания должны быть выбрана таким образом, чтобы максимально использовать положительные и нейтрализовать отрицательные влияния наружного климата на

тепловой баланс здания: для базового здания отношение сторон составляет 52м/13м, а после оптимизации – 31м/23м. Также, после учета солнечного излучения уменьшились удельные тепловые потери и установленная мощность отопления здания на 31%.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

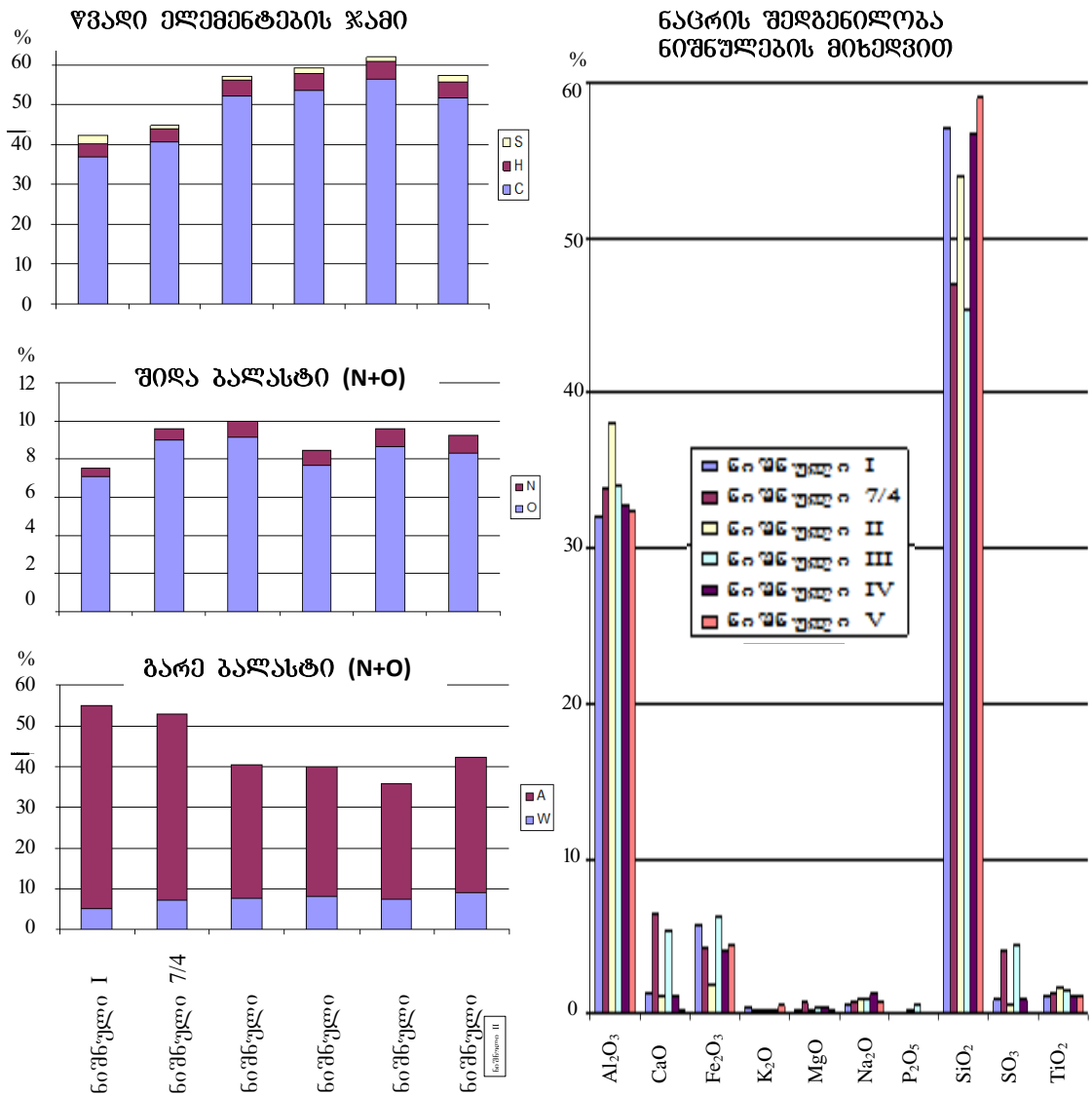
1. Климат Тбилиси, Санкт-Петербург Гидрометеоздат, 1992. под редакцией Сванидзе Г. Г. и Папинашвили Л. К.
2. Энергоэффективное здания, М. Авок-пресс, 2003. Табуншиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В.

**თხევადი და მყარი სათბობის თერმონარინობის საზომი ხელსაწყოს
გამოკვლევა**

დ. ჩხიკვაძე, ო. კილურაძე, თ. ჩხიკვაძე

ch_tengo@yahoo.com

საქართველოს ადგილობრივი ძირითადი ენერგეტიკული სათბობის წყაროს ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის საბადო წარმოადგენს. ქვანახშირის მოპოვება აქ ხდება ექვსი ნიშნულის დონეზე. ესენია: I ნიშნული, 7/4 ნიშნული, II ნიშნული, III ნიშნული, IV ნიშნული და V ნიშნული. სურათი 1-ზე მოცემულია ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის შედგენილობა ნიშნულების დონეების მიხედვით როტერდამის სავაჭრო პალატის მონაცემებით



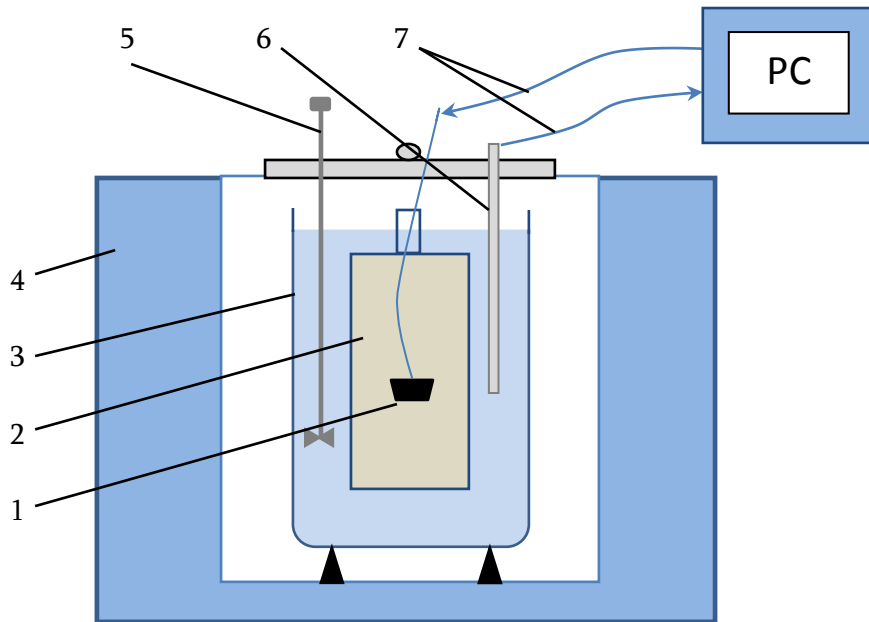
სურათი 1. ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის შედგენილობა ნიშნულის დონეების მიხედვით როტერდამის სავაჭრო პალატის მონაცემებით

როგორც მოცემული გრაფიკებიდან ჩანს, სათბობის შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან ნიშნულის დონეების მიხედვით. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვნად განსხვავდება მათი თვისებებიც.

ამჟამად ქ.ტყიბულში დამონტაჟებულია ადგილობრივ სათბობზე მომუშავე 12 მგვტ ელექტრული სიმძლავრის თბოელექტროცენტრალი, რომელშიც გათვალისწინებულია

ქვანახშირის მდუღარე შრეში წვის ტექნოლოგიის გამოყენება. ეს ტექნოლოგია ძალიან მგრძობიარეა სათბობის ფრაქციული შედგენილობის, წვისთვის საჭირო პირველადი ჰაერის წნევის, სათბობის შემადგენლობის და თბოუნარიანობის მიმართ. ამდენად, თბოელექტროცენტრალის გამართული მუშაობა მოითხოვს საწვავის თვისებების რეგულარულ კონტროლს.

ქვანახშირის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა თბოუნარიანობა. მისი კვლევებისთვის გამოიყენება კალორიმეტრული ხელსაწყო XRY-1C, რომელიც წარმოადგენს თხევადი და მყარი ნივთიერებების თბოუნარიანობის საზომ იზოთერმულ კალორიმეტრს. მისი სიზუსტე ქარხნული მონაცემებით შეადგენს 0,4%-ს. კალორიმეტრის სქემა მოცემულია პირველ სურათზე. იგი შედგება კალორიმეტრული ჭურჭლისგან (3) და კალორიმეტრული გარსაცმისგან (4), რომელიც წარმოადგენს წყლიან ჭურჭელს და უზრუნველყოფს კალორიმეტრული ჭურჭლის გარემოსგან თბოიზოლირებას. გამოსაკვლევი ნიმუში მოთავსებულია სპეციალურ ტიგელში (1), რომელიც თავის მხრივ მოთავსებულია მაღალი წნევის კონტეინერში (2). წვისთვის ხელსაყრელი პირობების შექმნის მიზნით კონტეინერი შევსებულია 25 ატმოსფერული წნევის მქონე ჟანგბადით. ეს კონტეინერი მოთავსებულია გამოსხილი წყლით შევსებულ კალორიმეტრულ ჭურჭელში (3).



სურათი 1. კალორიმეტრ XRY-1C-ის სქემა. 1-ტიგელი ნიმუშით, 2-კონტეინერი მაღალი წნევის ჟანგბადით, 3-კალორიმეტრული ჭურჭელი, 4-კალორიმეტრული გარსაცმი, 5-სითხის შემრევი, 6-თერმომეტრი, 7-სადენები

იმისთვის, რომ ცდის დროს ტემპერატურა წყლის მთელ მოცულობაში იყოს ერთი და იგივე, ხდება წყლის შერევა სპეციალური შემრევით (5). კომპიუტერული მართვის პროგრამა თერმომეტრიდან (6) მიღებული მონაცემების საფუძველზე სადენების (7) საშუალებით რთავს ელექტრულ წრედს, რაც ნიმუშთან წარმოქმნის ნაპერწკალს. ნაპერწკალი იწვევს საკვლევი ნიმუშის დაწვას. საკვლევი ნიმუშის დაწვის შედეგად გამოყოფილი სითბო გადაეცემა კალორიმეტრულ ჭურჭელში მოთავსებულ გამოსხილ წყალს. გამოსხილი წყლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობის განსაზღვრით დგინდება საკვლევი ნიმუშის თბოუნარიანობა.

გაზომვის მეთოდიკა შემდეგში მდგომარეობს: სტაციონარული ტემპერატურული რეჟიმის დამყარების შემდეგ, რომლის დროსაც ერთი წუთის განმავლობაში ტემპერატურის ცვლილება არ აღემატება 0,001 გრადუსს, მართვის პროგრამა ხელსაწყოს ავტომატურად გადაიყვანს გაზომვის რეჟიმში. მოხდება ნიმუშის დაწვა. წვისას გამოყოფილი სითბოს

გავლენით კალორიმეტრულ ჭურჭელში მოთავსებული გამოხდილი წყლის ტემპერატურა იწვევს ზრდას. ტემპერატურის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ ფიქსირდება გამოხდილი წყლის მაქსიმალურ (საბოლოო) და ბაზურ (საწყის) მნიშვნელობებს შორის სხვაობა.

კალორიმეტრული სისტემის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა, და შესაბამისად საკვლევი ნიმუშის თბოუნარიანობა – Q, გამოითვლება ფორმულით

$$Q = H \cdot \Delta T \quad (1)$$

სადაც H არის კალორიმეტრული სისტემის ჯამური სითბოტევადობა, ΔT - სისტემის საბოლოო და საწყის ტემპერატურათა შორის სხვაობა.

მოცემული ფორმულა გულისხმობს, რომ ნიმუშის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბო მთლიანად ხმარდება კალორიმეტრული სისტემის თბოშემცველობის გაზრდას. რეალურად კალორიმეტრი აბსოლუტურად თბოიზოლირებული არ არის. მაგალითად, გამოხდილი წყლის შემრევის ზედა ნაწილი, ისევე, როგორც თერმომეტრის ზედა ნაწილი, კალორიმეტრის გარეთაა, ქვედა ნაწილი, კი კალორიმეტრულ ჭურჭელში. ეს იწვევს კალორიმეტრული სისტემის ტემპერატურული ველის დამახინჯებას, და აქედან გამომდინარე, მისი ჯამური სითბოტევადობის განუზღვრელობას.

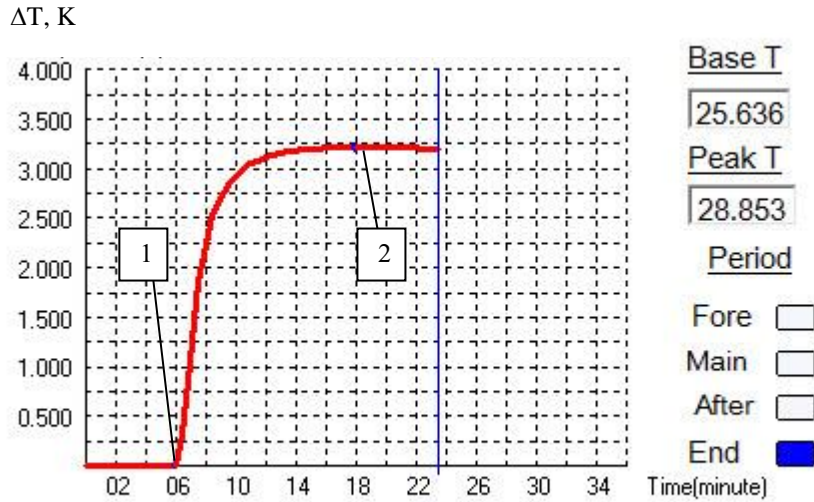
კონკრეტული კალორიმეტრული სისტემისთვის ჯამური სითბოტევადობის, ანუ თბური ექვივალენტის განსაზღვრა შესაძლებელია კალორიმეტრის კალიბრებით. არსებობს კალიბრების ორი მეთოდი – აბსოლუტური და ფარდობითი. აბსოლუტური მეთოდის შემთხვევაში სითბო გამოიყოფა კალორიმეტრში მოთავსებულ წინაღობაზე და მისი რაოდენობა განისაზღვრება წინაღობაში გამავალი დენისა და მასზე მოდებული ძაბვის საშუალებით. ფარდობითი მეთოდის შემთხვევაში ექსპერიმენტი ტარდება ცნობილი თბოუნარიანობის მქონე სანიმუშო ნივთიერებაზე. ორივე შემთხვევაში H პარამეტრის მნიშვნელობა განისაზღვრება (1) ფორმულის საშუალებით. ფარდობითი მეთოდის გამოყენება ექსპერიმენტის ჩატარების თვალსაზრისით უფრო მოსახერხებელია. ამასთანავე, იგი უზრუნველყოფს გაზომვების მაღალ სიზუსტეს.

მოცემულ სამუშაოში გამოყენებული კალორიმეტრის კალიბრება ჩატარდა ფარდობითი მეთოდით. ზოგადად ფარდობითი მეთოდით კალიბრებისას გამოყენებულ სანიმუშო ნივთიერებას წაყენება მკაცრი მოთხოვნები. კერძოდ, სანიმუშო ნივთიერება იოლად უნდა ექვემდებარებოდეს მინარეგებისაგან გაწმენდას, ხასიათდებოდეს ნაკლები ჰიგროსკოპიულობით და დაბალი აქროლადობით. მყარ სანიმუშო ნივთიერებებს არ უნდა ახასიათებდეს რამოდენიმე კრისტალური მდგომარეობა საკვლევი ტემპერატურის დაპაზონში, უნდა იყოს მაღალი დონის სისუფთავის. თბოუნარიანობის საზომი კალორიმეტრების კალიბრებისთვის სანიმუშო ნივთიერებად რეკომენდირებულია ბენზონის მჟავა [1]. უმაღლესი თანრიგის სანიმუშო ნივთიერება - ბენზონის მჟავა უნდა შეიცავდეს 99,992% ძირითად ნივთიერებას. ასეთი სისუფთავის ნივთიერების მიღება დიდ სიძნელებთან, და შესაბამისად დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. შედარებით დაბალი სიზუსტის კვლევების ჩასატარებლად, რომელსაც კალორიმეტრული კვლევებიც მიეკუთვნება, შესაძლებელია უფრო დაბალი სისუფთავის ბენზონის მჟავას გამოყენება. მაგრამ ეს შესაძლებელია მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მოხდება ამ ნივთიერების თბოუნარიანობის გამოკვლევა და სანიმუშო ნივთიერებად ატესტაცია.

ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა სამუშაო შედარებით დაბალი სიზუსტის სანიმუშო ნივთიერების (სტუ-1) შესაქმნელად. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა რუმინული წარმოშობის (“STANCHEM”) ბენზონის მჟავა რომელიც ხარისხის სერტიფიკატის მიხედვით შეიცავს 99,24% ძირითად ნივთიერებას, 0,03% ტენს, 10 მლგ/კგ-ზე ნაკლებ მძიმე ლითონებს, 0,2%-ზე ნაკლებ ფტალურ ანჰიდრიდს, 0,03% სულფოზოლს. მისი დნობის ტემპერატურაა 121,7°C. ატესტაციისას კალორიმეტრის თბური ექვივალენტი განსაზღვრულ იქნა მაღალი სისუფთავის (99,992%) ბენზონის მჟავას გამოყენებით, რომლის თბოუნარიანობა სერტიფიკატის მიხედვით ტოლია 26466 ჯ/გ-ს. სტუ-1-ის სანიმუშო ნივთიერებად ატესტაციისათვის პრეციზიულ კალორიმეტრზე ჩატარდა 12 ნიმუშის (10 მმ სიმაღლის და 10 მმ დიამეტრის ცილინდრული ტაბლეტები) თბოუნარიანობის გამოკვლევა მაღალი წნევის ჟანგბადის გარემოში. ატესტაციის შედეგად დადგინდა, რომ სანიმუშო ნივთიერება „სტუ-1“, რომლის სისუფთავე ძირითადი ნივთიერების მიხედვით არის 99,24%, ხოლო თბოუნარიანობის მნიშვნელობაა 26437 ჯ/გ $\pm 0,78\%$, შეიძლება გამოყენებული იქნას კალორიმეტრული გაზომვების დროს ხელსაწყოს კალიბრებისათვის. სანიმუშო ნივთიერება სტუ-1-ს თბოუნარიანობის გაზომვის სიზუსტის

თხევადი და მყარი სათბობის თბოუნარიანობის საზომი...

გათვალისწინებით XRY-1C კალორიმეტრით საკვლევი ნივთიერების თბოუნარიანობის გაზომვის ექსპერიმენტული ცდომილება ტოლი იქნება 1,2%-ის.



სურათი 3. კალორიმეტრული სისტემის ტემპერატურათა სხვაობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. 1 – ექსპერიმენტის საწყისი მომენტის შესაბამისი წერტილი, 2 - ექსპერიმენტის საბოლოო მომენტის შესაბამისი წერტილი

საცდელი ექსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა ტყიბულის საბადოს ქვანახშირზე. მე-3 სურათზე მოცემულია კალორიმეტრული სისტემის მყისიერ და საწყის ტემპერატურებს შორის ΔT სხვაობის დროის მიხედვით ცვლილების ტიპური გრაფიკი. წერტილი 1 შეესაბამება ტემპერატურის სხვაობას ექსპერიმენტის საწყის, ხოლო წერტილი 2 – ექსპერიმენტის საბოლოო მომენტში. სტუ-1 სანიმუშო ნივთიერებით კალიბრებისას განსაზღვრული კალორიმეტრის თბური ექვივალენტის მნიშვნელობა ტოლია 13947 ჯ/კ საშუალო კვადრატული ცდომილებით 0,08%. ქვანახშირის თბოუნარიანობის მონაცემებია 20605 ჯ/გ, 20565 ჯ/გ, 20748 ჯ/გ, 20738 ჯ/გ, 20469 ჯ/გ, 20409 ჯ/გ, საშუალო მნიშვნელობით 20590 ჯ/გ და საშუალო კვადრატული ცდომილებით 0,62%.

**თხევადი და მყარი სათბობის თბოუნარიანობის საზომი ხელსაწყოს
ბამოკვლევა**

ა. ჩხიკვაძე, ო. პილურაძე, თ. ჩხიკვაძე

რეზიუმე

განხილულია მყარი და თხევადი სათბობის თბოუნარიანობის საზომი ხელსაწყოს – XRY-1C–ს მუშაობის პრინციპი.

სათბობის თბოუნარიანობის ფარდობითი მეთოდით გაზომვისათვის შემოთავაზებულია 99,24% სისუფთავის ხარისხის მქონე სანიმუშო ნივთიერება - „სტუ-1“, შექმნილი “STANCHEM” ბენზონის მჟავას საფუძველზე. მისი თბოუნარიანობის მნიშვნელობა ტოლია 26437ჯ/გ ± 0,78%.

ჩატარებულია საცდელი ექსპერიმენტი ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის ნიმუშზე, რომლის დროსაც კალორიმეტრის კალიბრება ჩატარდა სანიმუშო ნივთიერებით “სტუ-1”. საკვლევი ნივთიერების თბოუნარიანობის მნიშვნელობა ტოლია 20590 ჯ/გ, საშუალო კვადრატული ცდომილებით 0,62%.

INVESTIGATION OF LIQUID AND SOLID FUEL CALORIFIC VALUE MEASUREMENT EQUIPMENT

K. CHKHIKVADZE, O. KIGURADZE, T. CHKHIKVADZE

Summary

Working principle of solid and liquid fuel calorific value measurement equipment – XRY-1C is considered in the work.

For measuring fuel calorific value through relative method 99.24% purity exemplary substance – STU-1 is introduced, created on the basis of benzoic acid brand “STANCHEM”. Its calorific value is equal to 26437 j/g $\pm 0,78\%$.

The experiment is performed on coal sample from Tkibuli-Shaori layer, during which the calibration of calorimeter was performed by exemplary substance – STU-1. The calorific value of experimental substance is equal to 20590 j/g with the standard error of 0.62%.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО ТОПЛИВА

К. ЧХИКВАДЗЕ, О. КИГУРАДЗЕ, Т. ЧХИКВАДЗЕ

Резюме

Рассмотрен принцип работы прибора для измерения теплотворной способности твердых и жидких топливных веществ – XRY-1C.

Для измерения теплотворной способности топлива относительным методом предложено образцовое вещество СТУ-1 (с уровнем чистоты 99,24%), созданное на базе бензойной кислоты марки “STANCHEM”. Ее теплотворная способность равна 26437 дж/К, с погрешностью 0,78%.

Проведен опытный эксперимент на образце угля Ткибули-Шаорского месторождения, во время которого калибровка калориметра проведена на образцовом веществе СТУ-1. Теплотворная способность исследуемого вещества равна 20590 дж/г, с среднеквадратичной погрешностью 0,62%

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Олейник Б.Н. Точная калориметрия, Москва, 1964, 160с.

**თბურთი ტუმბოს დანადგარების პროექტირების და პრაქტიკული გამოყენების
60-წლიანი გამოცდილება საქართველოში**

*ნ.მირიანაშვილი, ო.ვეზირიშვილი, ქვეზირიშვილი-ნოზაძე თემბრელიძე,
ნ.ბექელიშვილი, ვ.ხათაშვილი, ვ.ბახტაძე*

verona64@mail.ru

თანამედროვე ეტაპზე მსოფლიო ბაზარზე სულ უფრო იზრდება ფასები ორგანულ სათბობებზე, რის გამოც მატულობს მოთხოვნები ქვეყნის ენერგოურუნველყოფის მდგრადი, სტაბილურად განვითარების, ენერგოუსაფრთხოების განმტკიცების, გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებისა და მისი დაცვის მიზნით. აღნიშნული პრობლემები კი მნიშვნელოვან პირობებს ქმნის ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში ენერგიის განახლებადი, არატრადიციული წყაროების მოსახიდად და ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების ფართოდ დასანერგად, რაც განაპირობებს თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით სითბო-სიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემების გამოყენების პერსპექტიულობას ქვეყნის ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში.

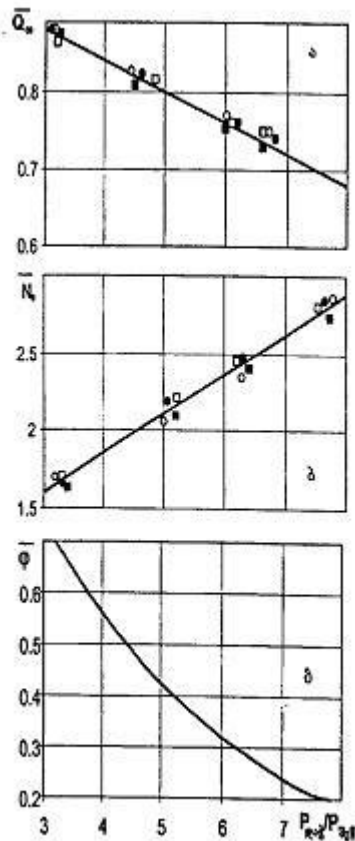
თბური ტუმბოების გამოყენების პერსპექტიულობის საკითხს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიაში ყურადღება მიექცა ჯერ კიდევ 1950-55 წლებში. მეცნიერებათა აკადემიის ადიდებულის სახელობის ენერგეტიკის ინსტიტუტში აკადემიკოს ვ.გომელაურისა და ინსტიტუტის ელექტროტექნიკური განყოფილების ხელმძღვანელის ა.მუსხელიშვილის მიერ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

შემდგომში, აღნიშნული სამუშაოების განვითარებაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს სხვა ქართველმა სპეციალისტებმაც. ამ სამუშაოებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია აკად. ვ.გომელაურისა და პროფ. ო.ვეზირიშვილის საეტაპო მნიშვნელობის სამუშაოები, რომლებიც აღიარებულია საზღვარგარეთის მრავალი უნივერსიტეტისა და სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის სპეციალისტთა მიერ. კერძოდ, დამუშავდა თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების პირობების სისტემური ანალიზის საკითხები, რომელიც ითვალისწინებს: რეგიონის ბუნებრივ-კლიმატურ პირობებს; რეგიონის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის სტრუქტურულ თავისებურებებს; დაბალპოტენციური სითბოს წყაროების ენერგეტიკულ პოტენციალს; რეგიონის ეკონომიკის სპეციალიზაციის ტენდენციებს და სხვ [2-5].

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

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე მიღებულია თბური ტუმბოს დანადგარის თბომწარმოებლურობის \bar{Q}_t ეფექტური სიმძლავრის - \bar{N}_e და გარდაქმნის კოეფიციენტის - $\bar{\varphi}$ უგანზომილებო მნიშვნელობების საანგარიშო განტოლებები, რომლებიც შესაძლებელია საკმარისი სიზუსტით (6±9%) იქნეს გამოყენებული თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი სითბო-სიცივით მომარაგების სისტემების გაანგარიშებისას (ნახ.1) [6-8].

$$\begin{aligned}\bar{Q}_t &= 1-0,041 P_{\text{დაჭ}}/P_{\text{მეწ}} \\ \bar{N}_e &= 0,33 P_{\text{დაჭ}}/P_{\text{მეწ}} + 0,34 \\ \bar{\varphi} &= 1,72(P_{\text{დაჭ}}/P_{\text{მეწ}} - 0,73)^{-1}\end{aligned}$$



ნახ. 1 უგანზომილებო თბომწარმოებლურობის \bar{Q} (ა), უგანზომილებო ეფექტური სიმძლავრისა \bar{N} (ბ) და უგანზომილებო გარდაქმნის კოეფიციენტის $\bar{\varphi}$ (გ) დამოკიდებულება ორთქლკომპრესორული თბური ტუმბოს დაჭირხენისა $P_{დაჭ}$ და შუქვის $P_{შუქ}$ წნევების ფარდობაზე $P_{დაჭ} / P_{შუქ}$. ◦ - R142; ● - R12; ◻ - R12 და R142B; ◼ - R22 და R12B.

მრავალწლიანი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე რეკომენდებულია მაცივებელი აგენტები, რომელთა გამოყენება თერმოდინამიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით ეფექტურია თბური ტუმბოს სისტემებში.

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

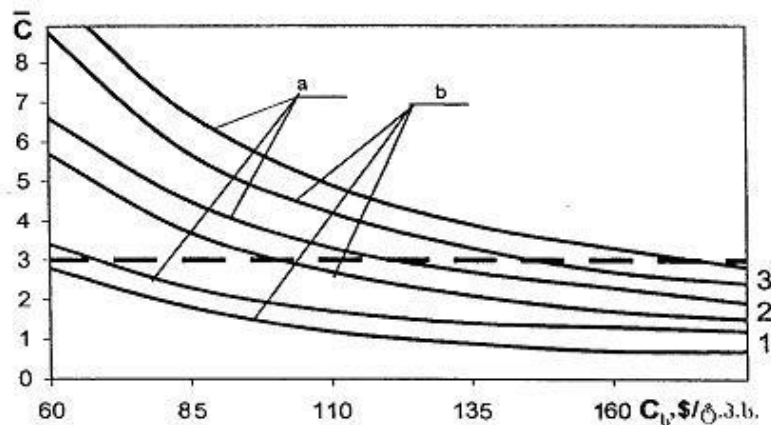
ცხრილი 1

რეკომენდაციები თბური ტუმბოს დანადგარებში ფრეონების გამოყენებისათვის

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

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

ნახ.2-ზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს დანადგარების ეკონომიკური ეფექტურობის ზონა სათბობისა და ელექტროენერგიის სხვადასხვა ფასების შემთხვევაში. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ თბური ტუმბოს დანადგარებზე განხორციელებული ინვესტირებისას მათი გამოყენების ეფექტურობის ზონა მდებარეობს $C=6C_{ელ} / C_{სათ}<3$ -ზე ქვევით [8, 9].



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

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩატარებული კვლევების შედეგები მოხსენებულია მრავალ (25-ზე მეტ) საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციასა და სიმპოზიუმზე, შექმნილია სახელმძღვანელო სტუ-ს სტუდენტებისათვის [10].

მიღებული თეორიული და ხანგრძლივი საცდელი ექსპლუატაციის შედეგები წარმოადგენენ აუცილებელ ბაზისს ინვესტირებისათვის საქართველოში აღნიშნული სისტემების ფართოდ განხორციელების მიზნით, რაც მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ჩვენი ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალურ განვითარებას, მოხმარებული სათბობის ეკონომიას 27-36%-ით და ეკოსისტემის გაუმჯობესებას. ეს კი ნიშნავს ქვეყნის ეკონომიკურ აღმავლობას და ადამიანთა მატერიალურ-საყოფაცხოვრებო დონის შემდგომ ამაღლებას.

თბური ტუმბოს დანადგარების პროექტირების და პრაქტიკული გამოყენების 60-წლიანი გამოცდილება საქართველოში

ნ.მირიანაშვილი, ო.ვეზირიშვილი, ძვეზირიშვილი-ნოზაძე თ.მებრელიძე, ნ.ბეელიშვილი, ვ.ხათაშვილი, ვ.ბახტაძე

რეზიუმე

გაანალიზებულია საქართველოში თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების თანამედროვე დონე და ნაჩვენებია ენერგეტიკის ამ დარგში მიღწეული მნიშვნელოვანი შედეგები. მრავალწლიანი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე რეკომენდებულია მაცივებელი აგენტები, რომელთა გამოყენება თერმოდინამიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით ეფექტურია თბური ტუმბოს სისტემებში.

თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით თბოსიცივით მომარაგების სისტემების ფართოდ გამოყენება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალურ განვითარებას და მოხმარებული ორგანული სათბობის ეკონომიას 27-36%-ით. ყოველივე ეს ნიშნავს ქვეყნის ეკონომიკურ აღმავლობას და ადამიანთა მატერიალურ-საყოფაცხოვრებო დონის შემდგომ ამაღლებას.

EXPERIENCE 60 FLIGHT DESIGN AND PRACTICAL APPLICATION OF HEAT PUMP SYSTEMS IN GEORGIA

N. MIRIANASHVILI, O. VEZIRISHVILI, K. VEZIRISHVILI-NOZADZE, T. MEGRELIDZE, N. GDZELISHVILI, V. KHATASHVILI, V. BAKHTADZE

Summary

In the paper there is analyzed the current level of use of heat pump installations in Georgia, and presented the important results achieved in this area. On the basis of several years theoretical and experimental studies there are recommended refrigerants, application of that are effective for heat pump in terms of the thermodynamics and for environmental reasons. The wide usage of heat pump heat and cold will enable the optimal development of the fuel and energy complex of Georgia and savings of fossil fuel consumed by 27-36%. All this will enable improvement of the economic state of the country and increase the level of the material and the housing society.

ОПИТ 60 ЛЕТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В ГРУЗИИ

Н. МИРИАНАШВИЛИ, О. ВЕЗИРИШВИЛИ, К. ВЕЗИРИШВИЛИ-НОЗАДЗЕ, Т. МЕГРЕЛИДЗЕ, Н. ГДЗЕЛИШВИЛИ, В. ХАТАШВИЛИ, В. БАХТАДЗЕ

Резюме

Проанализировано современный уровень применения теплонасосных установок в Грузии, и представлено достигнутые важные результаты в этой области. На основе многолетних теоретических и экспериментальных исследований рекомендованы холодильные агенты, применение которых эффективны в системах теплонасосного теплохладоснабжения по термодинамическим и экологическим соображениям. Широкое применение теплонасосного теплохладоснабжения даст возможность оптимального развития топливно-энергетического комплекса Грузии и экономии потребляемого органического топлива на 27-36%. Все это даст возможность повышению экономического состояния страны и увеличению материально-жилищного уровня общества.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Гомелаური В.И, Мухელიшვილი А.И. Применение тепловых насосов на курорте Цхалтубо// Холодильная техника, 1953, №3, с.7-11.
2. Везиришвили О.Ш. Тепловой насос для чаязавялочного агрегата // холодильная техника 1968, N7, С.16-18.
3. Везиришвили О.Ш. Везиришвили К.О. Оптимизация энергоснабжения некоторых отраслей промышленности Грузинской ССР//Пром. Энергетика. 1975, N2, С.12-14.
4. Везиришвили О.Ш., Меладзе Н.В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладаснабжения. М.; изд. МЭИ, 1994г. 160с.
5. Мирианашвили Н.А., Везиришвили К.О. Опыт и перспективы применения энергосберегающих систем теплохладаснабжения в Грузии, Тр. 5-го Минского международн. форума по тепло и масса обмену Минск, 24-28 мая 2004г.
6. Мирианашвили Н.А., Везиришвили О.Ш. Оптимизация децентрализованных систем теплохладаснабжения с применением ТНУ, сб. докл. Межд. научн. конф. «проблемы

- управления и энергетики». ИСУ им. А. Элиашвили Ан. Грузии. N8. PCPE-2004, PE12(575-578). Тбилиси 2004г.
7. Mirianashvili N. Decentralized Heating and Cooling Systems Based on Thermal Pumps. Bull of the Georgian academy of sciences, 172, N3, 2005, P505-507.
 8. ნ.მირიანაშვილი ქვეზირიშვილი. არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისების პერსპექტივები ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით საქართველოს ზღვისპირეთში. სტუ-ს დაარს. 90წლ-დმი მიძღვ. საერთ. სამეცნ. კონფ. შრომები - „XXI ს-ის მეცნ. და ტექნ. განვით. ძირით. პარადიგმები“. თბ. 19-21 სექტ. 2012. გვ.157-159.
 9. ე.კოტორაშვილი, ო.ვეზირიშვილი, ქვეზირიშვილი-ნოზაძე. სითბო-სიცივით მომარაგების ენერგოდამზოგი კომპლექსური სისტემების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები საქართველოში. სტუ-ს შრომები, N1(491), 2014.
 10. თ.მეგრელიძე, ო.ვეზირიშვილი და სხვ. თბური ტუმბოები. სახელმძღვანელო. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2014.

**2014 წლის სამეცნიერო
შრომები**

PROCEEDINGS OF 2014

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ 2014 ГОДА

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

1. ჰოტელინგის ორველიანი ფასწარმოქმნის მოდელი

გასული საუკუნის პირველ ნახევარში ამერიკელმა მეცნიერმა, ეკონომისტმა და სტატისტიკოსმა ჰაროლდ ჰოტელინგმა შექმნა ორველიანი ფასწარმოქმნის მოდელი სასაქონლო ფირმების სივრცეში განთავსების გათვალისწინებით [1]. მან დაუშვა, რომ მყიდველი, რომელიც ირჩევს რომელ ფირმაში შეიძინოს სასურველი საქონელი, გაითვალისწინებს არა მარტო საქონლის ღირებულებას, გაითვალისწინებს აგრეთვე სატრანსპორტო ხარჯებსაც საქონლის გადმოსაზიდად სასურველ ადგილზე.

წარმოვიდგინოთ წრფივი ბაზარი (მას უწოდებენ ჰოტელინგის ბაზარს), რომელიც წარმოადგენს ერთეულოვან მონაკვეთს $[0,1]$, რომელზეც ერთნაირი სიმჭიდროვით განთავსებული არიან მყიდველი ბიზნეს ფირმები. ამავე ბაზარზე განლაგებულია ორი სასაქონლო ფირმა, კერძოდ ფირმა I და ფირმა II, რომლებიც აწარმოებენ ერთი და იგივე პროდუქციის გამოშვებას და გაყიდვას. გამყიდველი ფირმები განლაგებულია A და B წერტილებში, კოორდინატებით x_1 და x_2 , შესაბამისად. დაეუშვათ, რომ $x_1 < x_2$. გამყიდველი ფირმები აცხადებენ თავის საქონელზე (კერძოდ რომელიმეზე) ფასებს p_1 და p_2 . რა თქმა უნდა, ამის შემდეგ თითოეული მყიდველი, განთავსებული ბაზრის x წერტილში, ადარებს მის დანახარჯებს ორივე გამყიდველ ფირმასთან ურთიერთობისას, რომელიც შედგება საქონლის ღირებულებისა p_i და ტრანსპორტზე დანახარჯის $|x - x_i|$, ($i = 1,2$) ჯამისაგან. ეს დანახარჯები წარმოიდგინება შემდეგი სახით:

$$L_i(x) = p_i + |x - x_i|, i=1,2. \tag{1}$$

რა თქმა უნდა მყიდველი აირჩევს ურთიერთობას იმ ფირმასთან, რომელთანაც დანახარჯები უფრო ნაკლები ექნება, რა თქმა უნდა, ეს ყველაფერი დამოკიდებულია მყიდველისა და გამყიდველის განლაგებაზე ამ შემთავაზებულ წრფივ ბაზარზე.

ასეთ შემთხვევაში ყველა მყიდველი დანაწევრდება ორ სიმრავლედ, $[0, x^*]$ სიმრავლედ, ვინც სასურველად სცნობს I ფირმას და $(x^*, 1]$ სიმრავლედ, ვინც სასურველად იცნობს II ფირმას. საზღვარი x^* , რომელიც ამ სიმრავლეებს ყოფს, განისაზღვრება ორივე მყიდველის დანახარჯთა ტოლობით $L_1(x^*) = L_2(x^*)$ და აქვს შემდეგი სახე:

$$x^* = \frac{x_1+x_2}{2} + \frac{p_2-p_1}{2}. \tag{2}$$

გამყიდველი ფირმების შემოსავლები შეადგენენ:
I ფირმის

$$f_1(p_1, p_2) = p_1 x^* = p_1 \left(\frac{x_1+x_2}{2} + \frac{p_2-p_1}{2} \right), \tag{3}$$

II ფირმის კი

$$f_2(p_1, p_2) = p_2 (1 - x^*) = p_2 \left(1 - \frac{x_1+x_2}{2} - \frac{p_2-p_1}{2} \right). \tag{4}$$

წარმოდგენილი მოდელი ფორმალიზდება, როგორც ორი პირის არაკოალიციური თამაში:

$$\langle \{I, II\}, \{x_i = (0, +\infty)\}_{i=1,2}, \{f_i(p_1, p_2)\}_{i=1,2} \rangle. \tag{5}$$

გ. მაზალაოვის ნაშრომში [2] ამ მოდელისათვის მიღებულია ნეშის წონასწორობის სიტუაციისათვის შემდეგი გამოსახულება:

$$(p_1^l, p_2^l) = \left(\frac{2+x_1+x_2}{3}, \frac{4-x_1-x_2}{3} \right). \tag{6}$$

გამოსახულებებიდან (3), (4), (6) იოლად ვღებულობთ ფირმების შემოსავალთა სიდიდეებს ნეშის წონასწორობის სიტუაციისათვის. კერძოდ (3) და (4)-ში (6)-ის ჩასმით ვღებულობთ:

$$f_1(p_1^l, p_2^l) = \frac{(2+x_1+x_2)^2}{18}, f_2(p_1^l, p_2^l) = \frac{(4-x_1-x_2)^2}{18}. \tag{7}$$

2. ჰოტელინგის მოდელი განუზღვრელობის პირობებში

დავუშვათ, რომ ჰოტელინგის წრფივ ქალაქში, რომელიც წარმოადგენს ერთეულოვან მონაკვეთს $[0,1]$, კონკურენტებია ორი ფირმა - მოთამაშე I და მოთამაშე II. კონკურენტები მოთავსებული არიან A და B წერტილებში კოორდინატებით x_1 და x_2 , შესაბამისად. დავუშვათ, აგრეთვე, რომ $0 \leq x_1 < x_2 \leq 1$. მოთამაშე ფირმები მყიდველებს სთავაზობენ ერთსადაიმთავე საქონელს, რომელზეც ქალაქის ხელმძღვანელობის მიერ იგეგმება აქციზის შემოღება. აქციზის ღირებულება უცნობია, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ეს იქნება რაღაც არაუარყოფითი განუზღვრელობა $y > 0$.

მიუხედავად იმისა, რომ მოთამაშე ფირმებს არა აქვთ არანაირი ინფორმაცია გადასახადის შემოღების შესახებ, წინასწარ განსაზღვრეს თავისი დამოკიდებულება გადასახადებთან: ფირმა I გეგმავს გადასახადი მომხმარებელს გადაახდევინოს, უბრალოდ დაუმატოს იგი მისი საქონლის ფასს p_1 , რომელსაც ის აწესებს. ამრიგად, I ფირმის ფასი საქონელზე ხდება $p_1 + y$. ფირმა II იღებს გადაწყვეტილებას გადასახადი თავად გადაიხადოს მისი მოგებიდან, საქონლის ფასი შეინარჩუნოს p_2 სახით. ამით იგი ერთეული საქონლის გაყიდვისას გადასახადის გარეშე მიიღებს შემოსავალს $p_2 - y$. თამაშის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი სახით. მოთამაშე ფირმები I და II, არ შედიან ერთმანეთთან კოალიციაში და განსაზღვრავენ საკუთარი საქონლის ფასებს p_1 და p_2 . ამავდროულად ქალაქის ხელმძღვანელობა აცხადებს გადასახადის შემოღებას და ამ ფირმების შემოსავალი იბეგრება y -ით. შეიტყობენ რა მოთამაშე ფირმები ინფორმაციას გადასახადების შესახებ, I მოთამაშე აწესებს საბოლოო ფასს საკუთარ საქონელზე $p_1 + y$, ხოლო II მოთამაშე ინარჩუნებს ადრე დაწესებულ ფასს p_2 .

ამის შემდეგ თითოეული მყიდველი, არსებული x წერტილში, ადარებს მოსალოდნელ დანახარჯებს I და II ფირმებში ვიზიტისას $L_i(x)$, $i=1,2$, რაც წარმოადგენს შესყიდული საქონლის ფასსა და ტრანსპორტის დანახარჯს (მანიძლის მიხედვით გამყიდველამდე).

ამრიგად, მყიდველთა დანახარჯები პირველი ფირმის ვიზიტისას იქნება $L_1(x) = p_1 + y + |x - x_1|$, ხოლო მეორე ფირმის ვიზიტისას კი $L_2(x) = p_2 + |x - x_2|$. რა თქმა უნდა, მყიდველი ყიდულობს იმ ფირმის საქონელს, რომლის შექენაზეც ნაკლებს ხარჯავს. სავარაუდოდ ქალაქის ტერიტორია იყოფა ორ სიმრავლედ $[0, x^*)$ და $(x^*, 1]$, იმის მიხედვით, თუ რომელ ფირმას ანიჭებს უპირატესობას მყიდველი. ბაზრის სიმრავლის საზღვარი დგინდება $L_1(x)$ და $L_2(x)$ ტოლობით.

სასაზღვრო წერტილში $L_1(x^*) = L_2(x^*)$. ამ ტოლობიდან ვღებულობთ

$$x^* = \frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2} - \frac{y}{2}.$$

პირველი მოთამაშის შემოსავალი იქნება

$$f_1(p_1, p_2, y) = p_1 x^* = p_1 \left[\frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2} - \frac{y}{2} \right], \tag{8}$$

ხოლო მეორე მოთამაშის კი იქნება

$$f_2(p_1, p_2, y) = (p_2 - y)(1 - x^*) = (p_2 - y) \left[1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{p_2 - p_1}{2} + \frac{y}{2} \right]. \tag{9}$$

გარანტირებული რეზულტატის პრინციპის მიხედვით [3], [4], [5] მოთამაშეთა მოგების ფუნქციის სახით განვიხილოთ

$$\Phi_1(p_1, p_2, y) = p_1 x^* + \frac{y^2}{2} = p_1 \left[\frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2} - \frac{y}{2} \right] + \frac{y^2}{2}, \tag{10}$$

$$\Phi_2(p_1, p_2, y) = (p_2 - y)(1 - x^*) + \frac{y^2}{2} = (p_2 - y) \left[1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{p_2 - p_1}{2} + \frac{y}{2} \right] + \frac{y^2}{2}. \tag{11}$$

გამოსახულებებში (10) და (11) შესაკრები $\frac{y^2}{2}$ დამატებულია იმ მოსაზრებით, რომ მოთამაშეებმა მოგების გაზრდის შემთხვევაში შეძლონ გააძლიერონ განუზღვრელობის უკუქმედება.

ზემოთ მოყვანილი კონფლიქტის მოდელი არის არასაკალარული თამაში განუზღვრელობის პირობებში

$$\langle \{1,2\}; \{X_i = [0, +\infty)\}_{i=1,2}; Y = (0, +\infty); \{\Phi_i(p_1, p_2, y)\}_{i=1,2} \rangle. \tag{12}$$

აქ $1,2$ - მოთამაშე-გამყიდველების ნომრებია, რომელთა სტრატეგიებიც არის ფასების $p_i \in X_i = [0, +\infty)$, $i = 1,2$ ფორმირება;

სიმრავლე $Y = (0, +\infty)$, არის y განუზღვრელობა;

მოთამაშეთა მოგების ფუნქციები $\Phi_i(p_1, p_2, y)$, ($i = 1,2$) განსაზღვრულია გამოსახულებებით (10) და (11) შესაბამისად.

თამაში (12) მიმდინარეობს შემდეგნაირად:

მოთამაშეები ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად აცხადებენ ფასებს p_i ($i = 1,2$), რის შედეგადაც ყალიბდება სიტუაცია $p = (p_1, p_2) \in X = X_1 + X_2$. ერთდროულად ამისა, მოთამაშეთა მოქმედებასთან დაუკავშირებლად ქალაქის ხელმძღვანელობა აცხადებს აქციის ზემოქმედებას, საქონელზე y გადასახადის დაწესებას Y სიმრავლიდან. შედეგად იქმნება წყვილი (p, y) . ყველა ასეთი წყვილის სიმრავლეზე $X \times Y$ განსაზღვრულია i -ური მოთამაშის მოგების ფუნქცია $\Phi_i(p_1, p_2, y)$, ($i = 1,2$), რომელიც გამოსახულია (10) და (11) ფორმულებით. ფუნქციის მნიშვნელობა, რეალიზებული წყვილზე (p, y) , არის i -ური მოთამაშის შემოსავალი, ხოლო $\Phi_i(p_1, p_2, y)$ შესაბამისად მისი მოგება.

3. პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის აგება

თამაშის მოდელისათვის (12) პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა ეწოდება სამეულს $(p^i, \Phi_1^i, \Phi_2^i)$, რომლისთვისაც არსებობს ისეთი ფუნქცია $y_p(p)$, რომ:

1. ფუნქცია $y_p(p)$ არის პარეტო განუზღვრელობით მინიმალური ორკრიტერიულ ამოცანაში $(Y, \{\Phi_i(p, y)\})$,

რომელიც მიიღება (12) მოდელის დროს ყოველი ფიქსირებული სიტუაციისას $p = (p_1, p_2) \in X$.

2. სიტუაცია $p^i = (p_1^i, p_2^i)$ არის ნებისმიერ მიხედვით გაწონასწორებული სიტუაცია განუზღვრელობის გარეშე თამაშში, კერძოდ

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

რომელიც მიიღება თამაშში (12) განუზღვრელობა y -ის ნაცვლად მისი რეალიზაციის $y_p(p)$ ჩანაცვლებით.

ასეთ შემთხვევაში გამოსახულებას $p^i = (p_1^i, p_2^i)$ ეწოდება პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია, გამოსახულებას $\Phi^i = (\Phi_1^i, \Phi_2^i)$, სადაც $\Phi_i^i = \Phi_i(p^i, y_p(p^i))$, ($i = 1,2$) ეწოდება შესაბამისი ვექტორული გარანტია.

პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა პოტენციის ორველიან ამოცანაში განუზღვრელობის პირობებში ეწოდება სამეულს (p^i, f_1^i, f_2^i) , სადაც პარეტო-გარანტირებული სიტუაცია $p^i = (p_1^i, p_2^i)$ იგივეა, რაც პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა (12) მოდელისათვის, ხოლო $f_i^i = f_i(p^i, y_p(p^i))$, ($i = 1,2$) არის შესაბამისი i -ური ფირმის შემოსავალი.

ისმის კითხვა: როგორ ავაგოთ პარეტო-გარანტირებული წონასწორობა?

თამაშისათვის (12) პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის ასაგებად უნდა გამოვიყენოთ ნაბიჯთა შემდეგი თანამიმდევრობა:

1. განვსაზღვროთ უწყვეტი ფუნქცია $y_p = y_p(p)$, რომელიც პარეტოს აზრით მინიმუმი იქნება ორკრიტერიულ ამოცანაში

$$\langle Y = (0, +\infty); \{\Phi_1(p, y)\}_{i=1,2} \rangle. \tag{13}$$

ეს ორკრიტერიული ამოცანა მიიღება ფიქსირებული სიტუაციის $p = (p_1, p_2) \in X$ განხილვისას.

2. ავაგოთ ნებისმიერ წონასწორობის სიტუაცია $p^i = (p_1^i, p_2^i)$ განუზღვრელობის გარეშე მოდელისათვის

$$\langle \{1,2\}; \{X_i = [0, +\infty)\}_{i=1,2}; \{\Phi_1(p, y_p(p))\}_{i=1,2} \rangle \tag{14}$$

რომელიც მიიღება გამოსახულებაში (12) პარეტო მინიმალური განუზღვრელობის $y_p = y_p(p)$ ჩასმით.

3. გამოვთვალოთ თითოეული მოთამაშის შემოსავალი

$$f_i(p_1^i, p_2^i, y_p(p_1^i, p_2^i)) = f_i^i, (i = 1,2)$$

4. პარეტოს მიხედვით შიდა მინიმუმის პოვნა

მტკიცებულება: განუზღვრელობა $y_p(p_1, p_2) = 1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 + p_1$ პარეტო მინიმალურია ორკრიტერიულ ამოცანაში (13) ყოველი სიტუაციისას

$$p = (p_1, p_2) \in [0, +\infty)^2.$$

დამტკიცება: განვიხილოთ ფუნქცია

$$\begin{aligned} F(p, y) &= \Phi_1(p, y) + \Phi_2(p, y) = f_1(p_1, p_2, y) + f_2(p_1, p_2, y) + y^2 = \\ &= p_1 \left[\frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{p_2 - p_1}{2} - \frac{y}{2} \right] + (p_2 - y) \left[1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{p_2 - p_1}{2} + \frac{y}{2} \right] + y^2. \end{aligned}$$

ამ ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობა ყოველი ფიქსირებული სიდიდის $p = (p_1, p_2) \in X$ დროს მიიღწევა მაშინ, როდესაც $y_p(p_1, p_2) = 1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 - p_1$, რადგანაც

$$\left. \frac{\partial F}{\partial y} \right|_{y=y_p(p)} = p_2 - p_1 + \frac{x_1 + x_2}{2} - 1 + y_p(p) = 0,$$

$$\left. \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \right|_{y=y_p(p)} = 1 > 0.$$

ამრიგად მივიღეთ, რომ განუზღვრელობა $y_p(p) = 1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 - p_1$ პარეტო მინიმალურია ორკრიტიკრიულ ამოცანაში (13) ყოველი ფიქსირებული სიტუაციისას $p = (p_1, p_2) \in X$.

5. ნემის წონასწორობის სიტუაციის აგება

მტკიცებულება: ნემის წონასწორობის სიტუაციას განუზღვრელობის გარეშე თამაშისათვის (14) აქვს შემდეგი სახე:

$$p^l(p_1^l, p_2^l) = \left(\frac{1}{2} + \frac{x_1 + x_2}{4}, \frac{4}{3} - \frac{x_1 + x_2}{3} \right).$$

დამტკიცება: წინა პარაგრაფში მიღებული განუზღვრელობა y_p ჩავსვათ (10) და (11) გამოსახულებებში $\Phi_1(p_1, p_2, y)$ და $\Phi_2(p_1, p_2, y)$, მივიღებთ:

$$\Phi_1(p, y_p(p)) = p_1 \left[p_2 - p_1 + \frac{3}{4}(x_1 + x_2) - \frac{1}{2} \right] + \frac{1}{2} \left[1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 + p_1 \right]^2,$$

$$\Phi_2(p, y_p(p)) = \left(2p_2 - p_1 - 1 + \frac{x_1 + x_2}{2} \right) \left[\frac{3}{2} - p_2 + p_1 - \frac{3}{4}(x_1 + x_2) \right] + \frac{1}{2} \left[1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 + p_1 \right]^2.$$

ფუნქციების $\Phi_1(p, y_p(p))$ და $\Phi_2(p, y_p(p))$ p -ს მიხედვით ჩახნექილობის გამო ნემის წონასწორობის სიტუაციის $p^l = (p_1^l, p_2^l)$ თამაშში (14) არსებობის საკმარისი პირობები შეიძლება დაყვანილი იქნას შემდეგი ორი მოთხოვნის შესრულებამდე:

$$\left. \frac{\partial \Phi_1(p_1, p_2, y_p(p_1, p_2))}{\partial p_1} \right|_{p_1=p_1^l} = \frac{x_1 + x_2}{4} + p_1^l + \frac{1}{2} = 0, \quad (15)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_2(p_1, p_2, y_p(p_1, p_2))}{\partial p_1} \right|_{p_2=p_2^l} = 3 - \frac{3}{2}(x_1 + x_2) - 3p_2^l + 2p_1^l = 0. \quad (16)$$

მიღებულ განტოლებათა სისტემის ((15), (16)) ამოხსნით ვღებულობთ ნემის წონასწორობის სიტუაციის გამოსახულებას

$$p^l = (p_1^l, p_2^l) = \left(\frac{1}{2} + \frac{x_1 + x_2}{4}, \frac{4}{3} - \frac{x_1 + x_2}{3} \right).$$

6. მოთამაშეთა გარანტირებული მოგებები

პირველ რიგში $p^l = (p_1^l, p_2^l) = \left(\frac{1}{2} + \frac{x_1 + x_2}{4}, \frac{4}{3} - \frac{x_1 + x_2}{3} \right)$ გამოსახულების ჩასმით პარეტო მინიმუმის განუზღვრელობის გამოსახულებაში $y_p(p_1, p_2) = 1 - \frac{x_1 + x_2}{2} - p_2 + p_1$ ვღებულობთ, რომ

$$y_p(p_1^l, p_2^l) = \frac{1}{6} + \frac{x_1 + x_2}{12}.$$

შემდეგ მიღებულ გამოსახულებათა ჩასმით მოთამაშეთა შემოსავლების ფორმულებში (8) და (9) განისაზღვრება გარანტირებული მოგებები მოთამაშეებისათვის

$$f_1^l = f_1(p_1^l, p_2^l, y_p(p_1^l, p_2^l)) = \frac{(2 + x_1 + x_2)^2}{24},$$

$$f_2^l = f_2(p_1^l, p_2^l, y_p(p_1^l, p_2^l)) = \left(\frac{7}{6} - \frac{5}{12}(x_1 + x_2) \right) \left(\frac{2}{3} - \frac{x_1 + x_2}{6} \right)$$

ამრიგად, ადგილი აქვს შემდეგ მტკიცებულებას:

ჰოტელინგის ორველიან ამოცანაში განუზღვრელობის არსებობის შემთხვევაში პარეტო-გარანტირებულ წონასწორობას წარმოადგენს სამეული (p^i, f_1^i, f_2^i) , სადაც

$$p^i = (p_1^i, p_2^i) = \left(\frac{1}{2} + \frac{x_1 + x_2}{4}, \frac{4}{3} - \frac{x_1 + x_2}{3} \right),$$

ხოლო მოთამაშე ფირმათა შესაბამისი მოგებები არის

$$f_1^i = \frac{(2 + x_1 + x_2)^2}{24},$$

$$f_2^i = \left(\frac{7}{6} - \frac{5}{12}(x_1 + x_2) \right) \left(\frac{2}{3} - \frac{x_1 + x_2}{6} \right).$$

ერთი ფასწარმოქმნის მოდელის შესახებ ბანუზღვრელობის პირობებში

მ. სალუკვაძე, ვ. ჯუკოვსკი

რეზიუმე

ნაშრომში განიხილება ფასწარმოქმნის მოდელირების ამოცანა მოსალოდნელი აქციზის გათვალისწინებით, რომლის დონეც წინასწარ ცნობილი არ არის. 1929 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა არნოლდ ჰოტელინგმა შექმნა ორველიანი ფასწარმოქმნის მოდელი სასაქონლო ფირმების სივრცეში განთავსების გათვალისწინებით. წინამდებარე ნაშრომში განიხილება ჰოტელინგის მოდელი განუზღვრელობის პირობებში ორი მოთამაშისათვის, მიღებულია პარეტო-გარანტირებული წონასწორობის პირობები და ნაჩვენებია როგორ ავაგოთ იგი, ნაპოვნია პარეტოს მიხედვით შიდა მინიმუმი, აგებულია ნეშის წონასწორობის სიტუაცია, მიღებულია მოთამაშეთა გარანტირებული მოგებები.

ON ONE MODEL OF PRICING IN THE CONDITIONS OF INDEFINITENESS

M. SALUKVADZE, V. ZHUKOVSKIY

Summary

The problem touches upon the pricing modeling taken into consideration the expected excise, the level of which is previously unknown. In 1929 American scientist Harold Hotelling created pricing model in a duopoly which takes the spatial arrangement of firms into consideration. In the given work the model of Hotelling under uncertainty in case of two players - firms is considered. Conditions of Pareto- guaranteed balance are received and their construction is shown, internal minimum by Pareto is found, the balance situation according to Nash is constructed, the guaranteed profits of players are built.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

М. САЛУКВАДЗЕ, В. ЖУКОВСКИЙ

Резюме

Рассматривается задача моделирования ценообразования при учете ожидаемого акциза, уровень которого заранее не известен. В 1929 году американский ученый Гарольд Хотелинг создал модель ценообразования в дуополии учитывающую пространственное расположение фирм. В настоящей работе рассматривается модель Хотелинга при неопределенности в случае двух игроков - фирм. Получены условия Парето-гарантированного равновесия и показано их построение, найден внутренний минимум по Парето, построена ситуация равновесия по Нешу, построены гарантированные прибыли игроков.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Hotelling H. Stability in Competition. Economic Journal, 1929, Vol.39, P. 41-57.
2. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. СПб. Лань, 2010.
3. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М., Наука, 1976.
4. Воробьев Н.Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры. М., Наука, 1984.
5. Жуковский В.И., Салуквадзе М.Е. Гарантии и риски в конфликтах, их приложения. Москва-Тбилиси, Изд-во НАН Грузии, 2014.

IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF DYNAMIC SYSTEMS WITH VARIABLE PARAMETERS

B. SHANSHASHVILI

besoshan@hotmail.com

1. Introduction

Most of real systems is characterized by change of parameters in time, and their representation by stationary models does not give results acceptable in practice.

Existing methods of identification of non-stationary systems, which can be divided into two principal parts, i.e. approximating and direct methods [1-2], for the estimation of unknown parameters basically use recurrent algorithms and procedures of the methods of the least squares, Kalman filter, the determined and stochastic optimization (for example [3-9]).

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

In the work [12] more complex structure of linear dynamic non-stationary system is considered, when direct observation of the state vector of system is not possible. It is supposed that by the results of the observation of the systems input-output, the input and the output vectors are known and elements of output matrix are constants.

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

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

2. Parameter identification

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

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

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

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

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

where

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(t) &= (u_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{x}(t) &= (x_i(t))_{i=1}^n, \end{aligned}$$

$$\mathbf{y}(t) = (y_i(t))_{i=1}^n, \quad (3)$$

$$\mathbf{A}(t) = (a_{ik}(t))_{i,k=1}^n,$$

$$\mathbf{C}(t) = (c_{ik}(t))_{i,k=1}^n.$$

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

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

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

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

where

$$\mathbf{A}^*(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{A}(t) \mathbf{C}(t)^{-1}, \quad (6)$$

$$\mathbf{u}^*(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{u}(t).$$

Admit that by the results of a priori information and observation of the system's input – output are known: matrix $\mathbf{C}(t)$, the input vector $\mathbf{u}: I \rightarrow R^n$ and the output vectors $\mathbf{y}_k: I \rightarrow R^n$ ($k=1,2,\dots,n$) which are the solutions of the system (5) at different initial conditions. It is required to determine an unknown continuous matrix $\mathbf{A}: I \rightarrow R^{n \times n}$. Thus, it is meant that fundamental matrix of the solutions of homogeneous system which corresponds to non-homogeneous system (5)

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

is unknown.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\mathbf{A}^*(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{A}(t) \mathbf{C}(t)^{-1},$$

$$\mathbf{u}^*(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{u}(t).$$

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

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

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

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

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

It is known [13] that the solution of the problem (5), (12) is defined by Cauchy's formula:

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

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

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

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

where

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

δ_{ik} is Kronecker's symbol.

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

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

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

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

The algorithm of identification of variable parameters of the linear dynamic systems described by the system of differential equations (2) consists in the following:

- we approximate experimental data received, by the results of the observation of the system's input – output, by continuous and continuously differentiated functions;
- we make vectors $\mathbf{u}(t)$, and $\mathbf{y}_k(t)$ ($k = 1, 2, \dots, n$);
- we compose matrix $\mathbf{Y}(t)$ as (8), and matrix $\mathbf{U}^*(t)$ as (9);
- we calculate a determinant of the matrix $\mathbf{Y}(t)$ and we determine an interval I_0 , where $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0$;
- we determine a matrix of variable coefficients $\mathbf{A}(t)$ in I_0 by the formula (11).

3. Application of identification algorithm

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

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

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

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

Here

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) \end{pmatrix}, \quad (19)$$

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) \end{pmatrix}. \quad (20)$$

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

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

$$\mathbf{y}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t \\ t+t^2 \end{pmatrix}, \quad (22)$$

$$\mathbf{y}_2(t) = \begin{pmatrix} 2t \\ 1+t^2 \end{pmatrix}, \quad (23)$$

and a priori is known:

$$\mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t} & -\frac{t}{1-t} \\ -\frac{t}{1-t} & \frac{1}{1-t} \end{pmatrix}. \quad (24)$$

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

$$\mathbf{Y}(t) = \begin{pmatrix} 1+t & 2t \\ t+t^2 & 1+t^2 \end{pmatrix}. \quad (25)$$

Its determinant is

$$\det \mathbf{Y}(t) = (1+t)(1-t^2). \quad (26)$$

It is clear, that

$$\det \mathbf{Y}(t) \neq 0, \text{ when } t \neq \pm 1. \quad (27)$$

Thus,

$$I_0 =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[. \quad (28)$$

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

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

$$\mathbf{C}^{-1}(t) = \begin{pmatrix} \frac{1}{1+t} & \frac{t}{1+t} \\ \frac{t}{1+t} & \frac{1}{1+t} \end{pmatrix}. \quad (30)$$

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

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (31)$$

Thus, the required system has the following form:

$$\dot{x}_1 = -\frac{t}{1-t^2} x_1 + \frac{1}{1-t^2} x_2 + u_1(t), \quad (32)$$

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

$$y_1 = \frac{1}{1-t} x_1 - \frac{t}{1-t} x_2, \quad (33)$$

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

The homogeneous system (5₀) of the differential equations corresponding to the non-homogeneous system (5) under conditions (21) – (24) has the following fundamental system of solutions:

$$y_1(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}, \quad y_2(t) = \begin{pmatrix} t \\ 1 \end{pmatrix} \quad (34)$$

and the fundamental matrix:

$$\mathbf{Y}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix}. \quad (35)$$

Since

$$\det \mathbf{Y}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (36)$$

therefore

$$I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[. \quad (37)$$

In this case

$$I_0 = I. \quad (38)$$

Thus, the mathematical model of the non-stationary dynamic system, the model's structure of which is defined by the system of differential equations (17), and input and output variables – by expressions (21) - (23), is represented by the system of linear ordinary differential equations with variable coefficients of the kind (32), (33).

4. Conclusion

In this work the problem of parameter identification of linear dynamic systems with variable parameters is set, as in the certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary differential equations.

The system of the linear ordinary differential equations of a normal kind which is represented in the state space equations form is considered as a structure of model of the dynamic systems. It is supposed that direct observation of the state vector of system is not possible. By the results of the observation of the systems input-output, the input and the output vectors are known and elements of output matrix are the variables.

The submitted method of parameter identification does not demand knowledge of the fundamental system of solutions of the corresponding system of homogeneous equations.

At a continuity of parameters and input variables of the system, and continuous differentiability of output variables of the system the existence theorem of such interval, where a continuous matrix of coefficients is identified, is proved. Application of the algorithm of parametric identification, made by the given method, for non-stationary system of the second order has shown.

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

For getting acceptable results it is necessary to use noise immunity methods, for example, the method of the least squares and its modifications, at approximation input and output variables of the system continuous and continuously differentiated functions, and at numerical differentiation - the methods based on A.N.Tikhonov's [14] regularization method.

ერთი კლასის ცვლადპარამეტრიანი დინამიკური სისტემების იდენტიფიკაცია

ბ. შანშიაშვილი

რეზიუმე

განხილულია ცვლადპარამეტრიანი წრფივი დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა. მოდელის სტრუქტურა წარმოდგენილია ნორმალური სახის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით, ამასთან გამოსავალი მატრიცის ელემენტები - ცვლადებია. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია როგორც წრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების კოშის ამოცანის გარკვეული აზრით შებრუნებული ამოცანა. სისტემის პარამეტრებზე, და შესავალ და გამოსავალ ცვლადებზე ზოგიერთი შეზღუდვების დროს ფორმულირებულია და დამტკიცებულია თეორემა ისეთი ინტერვალის არსებობის შესახებ სადაც კოეფიციენტების უწყვეტი მატრიცა იდენტიფიცირებადი. პარამეტრების შეფასების ალგორითმი გამოკვლეულია მეორე რიგის სისტემების იდენტიფიკაციის მაგალითზე.

IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF DYNAMIC SYSTEMS WITH VARIABLE PARAMETERS

B. SHANSHIASHVILI

Summary

The problem of parameter identification of linear dynamic systems with variable parameters is considered. The system of linear ordinary differential equations of a normal kind is considered as a structure of model structure; in addition, the elements of output matrix are variables. The problem of parameter identification is stated as, in a certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary equations. Under some restrictions on the system's parameters, and input and output variables the existence theorem of such interval, in which a continuous matrix of coefficients is identified, is formulated and

proved. The parameter estimation algorithm is investigated on the example of the second order system identification.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОДНОГО КЛАССА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. ШАНШИАШВИЛИ

Резюме

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

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Клейман Е.Г., Мочалов Н.А. Идентификация нестационарных объектов // *АиТ*. 1994. № 2, с. 3-22.
2. Rurua A., Lototsky V., Chadeev V. Identification of non-stationary plants: state-of-art and recent results // *Georgian Foundation of Sciences Revival. Periodical Scientific Journal. Intellecti*. 1999. No. 3(6), pp. 64-71.
3. Deller J.R., Nageri M., Odeh S.F. Least-square identification with error bounds for real-time processing and control // *Proc. IEEE*. 1993. Vol. 81. No. 6., pp. 815-849.
4. Kuntsevich A.V., Kuntsevich V.M. Linear adaptive control for nonstationary uncertain system under bounded noise // *Syst. and Control Letters*. 1997. Vol. 31. No. 1, pp. 33-40.
5. Li Y., Chen H.-F. Robust adaptive pole placement for linear time-varying systems // *IEEE Trans. Autom. Control*. 1996. Vol. 41. No. 5, pp. 714-719.
6. Lorito F. Dynamical properties of the recursive maximum likelihood algorithm for frequency estimation // *Proc. 5th IFAC Symp. on Adaptive Systems in Control and Signal Proc. Budapest, 1995. Vol.I*, pp. 143-148.
7. Tsytkin Ya. Z., Polyak B.T. Optimal recurrent algorithms for identification of nonstationary plants // *Comput. and Electr. Eng.* 1992. Vol. 18. No. 5, pp. 365-371.
8. Wang Z.-O., Zhang J. A Kalman filter algorithm using a moving window with applications // *Int. J. Syst. Sci.* 1995. Vol. 26. No. 8, pp.1465-1478.
9. Гайшун И. В. Идентификация линейных нестационарных систем по реакции на обобщенные управления Дифференциальные уравнения. 2008. Т. 44. № 3, с. 301-307.
10. Shanshiashvili B.G. On identification of linear multidimensional non-stationary systems // *Bulletin of the Georgian Academy of Sciences*. 1998. 158. No. 3, pp. 482-484.
11. Шаншиашвили В.Г. Идентификация одного класса нестационарных линейных динамических систем. Труды VI международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” (Москва, Россия, 29 января -1 февраля 2007). SICPRO '07. М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2007, с. 370-378.
12. Shanshiashvili B. Parametric identification of one class of the linear nonstationary systems, Archil .Eliashvili Institute of control systems. Georgian Technical University. Proceedings. Tbilisi, 2012, № 16, pp. 37-42.
13. Кигурадзе И. Начальная и краевые задачи для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Том I. Линейная теория. Тбилиси: Мецниереба, 1997. 214 с.
14. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 286 с.

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ СВОЙСТВО ОПТИМАЛЬНЫХ БУКМЕКЕРСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

В. ХУЦИШВИЛИ

otariko@yahoo.com

В статье идентифицировано фундаментальное свойство оптимальных букмекерских коэффициентов, открывающее возможность квалифицированного перехода от коэффициентов событий к вероятностям и обратно. На основании этого свойства объяснён феномен смещения коэффициентов на явных фаворитов и заведомых аутсайдеров.

1. Предположим, что Ливерпулю предстоит провести матч премьерлиги с Челси, а Федереру - сразиться в финале теннисного турнира с Надалем. Соответствующие строки в букмекерских листингах (без некоторых деталей) могут иметь примерно следующий вид:

Соперники	1	X	2	1X	12	X2	<	2.5	>	
Ливерпуль - Челси	2.00	3.00	4.00	1.20	1.33	1.71	1.80		1.85	
Соперники	1	2		2:0	2:1	1:2	0:2	<	24.5	>
Федерер - Надаль	1.78	2.00		3.40	3.60	3.70	3.70	1.85		1.85

1, x и 2 означают победу, ничью и поражение участника, указанного в паре первым, 1x - его победу или ничью, 1:2 - счёт сетов, 2.5 и 24.5 - числа, с которыми сравнивается общее количество забитых мячей для футбола и количество сыгранных геймов для тенниса. Коэффициенты же определяют сумму, возвращаемую игроку - клиенту букмекера, - угадавшему результат матча. Это есть сумма его ставки, умноженная на коэффициент угаданного результата. Игроки, не угадавшие результат, теряют свои ставки.

2. Легко заметить, что если суммарные ставки, принятые букмекером на полный комплект взаимоисключающих результатов, обратно пропорциональны соответствующим коэффициентам, то букмекер будет иметь гарантированный выигрыш, не зависящий от исхода матча. Например, 200 фунтов, поставленные на Федерера и 178 фунтов - на Надаля, оставят букмекеру $378 - 356 = 24$ фунта. 300 фунтов на Ливерпуль, 200 - на ничью и 150 фунтов на Челси оставят букмекеру гарантированные $650 - 600 = 50$ фунтов.

При объявлении коэффициентов букмекер всегда следит за величинами

$$E_{(2)} = k_1 k_2 / (k_1 + k_2) \quad \text{и} \quad E_{(3)} = k_1 k_2 k_3 / (k_1 k_2 + k_1 k_3 + k_2 k_3),$$

где фигурируют коэффициенты соответственно двух- и трёхрезультатного матча. Эти величины должны быть меньше единицы, иначе букмекеру грозит гарантированный проигрыш. Действительно, если на трёхрезультатный комплект букмекер примет суммы S/k_1 , S/k_2 и S/k_3 , то, приняв суммарно $S/(1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_3)$, он в любом случае должен выдать сумму S и, если $E_{(3)} > 1$, то $(1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_3) < 1$ и букмекер выдаст сумму, большую, чем принял. Такая ситуация называется вилкой и букмекер обязан её избегать.

3. Букмекеры имеют дело со случайными событиями, поэтому для букмекерского дела представляется естественным и необходимым применение апробированных методов теории вероятностей и математической статистики. Однако что букмекеры скорее пренебрегают, чем пользуются услугами специалистов по теории вероятностей. Почему так происходит?

Главная черта опытных профессиональных букмекеров - это чрезвычайно сильно развитая интуиция. У них больше информации как о предстоящих событиях, так и о психологии массового игрока. Они всегда могут, заняв позицию брокера, перераспределить свои риски среди своих же клиентов. Им могут угрожать только возросшие налоги и агрессивные конкуренты. Букмекер оперирует непосредственно коэффициентами, а специалист по вероятности - вероятностями. Какова связь между ними - известно, но плохо. А плохая модель перехода от коэффициентов к вероятностям и обратно сводит на нет все усилия специалиста, работающего с вероятностями, и

типичной является ситуация, когда предлагаемые им решения не могут конкурировать по эффективности с интуитивными решениями букмекера.

В статье предпринята попытка восполнить пробел в моделировании связи коэффициенты - вероятности с целью получения эффективных следствий.

4. Самая распространённая модель перехода от коэффициентов событий к их вероятностям содержится в формулах

$$p_i = E/k_i, \quad E = 1 / \sum_i (1/k_i), \quad (E)$$

где формула для константы E выведена из условия

$$\sum_i p_i = 1, \quad (P)$$

а i меняется от 1 до 2-х, 3-х или большего количества взаимоисключающих результатов в полном комплекте. Приведённые ранее величины $E_{(2)}$ и $E_{(3)}$ совпадают с E .

В рамках этой модели подсчитаем математическое ожидание случайной величины (сумма, выданная выигравшим) / (сумма принятых ставок). Если в комплекте три результата, на k_1 (т.е. на первый результат) поставлена сумма S_1 , на k_2 - сумма S_2 и на k_3 - сумма S_3 , то это математическое ожидание равно

$$\sum_{i=1}^3 p_i k_i S_i / (S_1 + S_2 + S_3) = E / (S_1 + S_2 + S_3) \cdot \sum_{i=1}^3 S_i = E.$$

Поэтому естественно называть E нормой выдачи или, коротко, выдачей, а, соответственно, $(1 - E)$ - нормой прибыли букмекера для данного комплекта коэффициентов.

Итак, исходя из коэффициентов, можно подсчитать выдачу для каждого комплекта коэффициентов на полную систему взаимоисключающих событий. Например, для комплекта 2.00, 3.00, 4.00 имеем $E = 0.923$, комплект 1.78, 2.00 даёт $E = 0.942$, комплект 1.85, 1.85 - $E = 0.925$, а комплект 3.40, 3.60, 3.70, 3.70 - $E = 0.899$.

Выдача E является удобным ориентиром для букмекера при работе над коэффициентами.

5. Теперь мы перегрузим термин «выдача» следующим образом: для события с вероятностью p и коэффициентом k выдачей будем называть величину

$$e = pk.$$

Таким образом, теперь для трёхрезультатного матча будем иметь три выдачи $e_i = p_i k_i$, $i = 1, 2, 3$, каждая из которых будет характеризовать свой коэффициент по отдельности, а не в комплекте. Перегрузка термина не меняет его сути. Действительно, для каждого результата (коэффициента) математическое ожидание случайной величины (сумма, выданная поставившим на результат) / (сумма, принятая на этот результат) равно

$$p_i \cdot (k_i S_i) / S_i + (1 - p_i) \cdot 0 / S_i = p_i k_i = e_i, \quad i = 1, 2, 3.$$

Для модели, описанной в предыдущем разделе, $e_1 = e_2 = e_3 = E$, т.е. в рамках одного матча выдача есть величина постоянная, не зависящая от номера результата. Эту модель коротко будем называть моделью $e = const$ или $e = E$ или же E -моделью.

6. Продолжим использование модели $e = const$ и выведем классические формулы для производных коэффициентов на двойные и безничейные результаты.

$$k_{1X} = E/p_{1X} = E/(p_1 + p_X) = E/(E/k_1 + E/k_X) = k_1 k_X / (k_1 + k_X).$$

Безничейные коэффициенты $k_{1=}$ и $k_{2=}$ так же популярны, как и k_{1X} , k_{12} и k_{X2} . Игрок ставит на 1 или 2 с условием, что в случае ничьи ему возвратят поставленную сумму, при этом, естественно $k_{1=} < k_1$ и $k_{2=} < k_2$.

Из определения безничейного коэффициента в рамках модели $e = E$ следует

$$p_1 \cdot k_{1=} + p_X \cdot 1 = E, \quad \text{откуда}$$

$$k_{1=} = (E - p_X) / p_1 = (E - E/k_X) / (E/k_1) = k_1 - k_1/k_X.$$

Здесь же отметим, что если не использовать $e = const$, то можно доказать лишь неравенства

$$k_{1X} \geq k_1 k_X / (k_1 + k_X) \quad \text{и} \quad k_{1=} \geq k_1 - k_1/k_X.$$

Действительно, если допустить $k_{1X} < k_1 k_X / (k_1 + k_X)$, то сумму, которую игрок собирался поставить на 1X, он разделит на две части, долю $k_X / (k_1 + k_X)$ поставит на 1, долю $k_1 / (k_1 + k_X)$ - на X и добьётся лучшего для себя результата. Аналогично, если допустить $k_{1=} <$

$k_1 - k_1/k_X$, то игрок поставит долю $1/k_X$ на X , остальное - на 1 и добьётся коэффициента $k_1(1 - 1/k_X)$, большего, чем $k_{1=}$.

В настоящее время большинство букмекеров для производных коэффициентов на двойные и безничейные результаты использует формулы, приведённые в этом пункте. Формулы, в которых фигурируют равенства. Это ещё раз свидетельствует о распространённости модели $e = const$.

7. Представим ещё один популярный производный коэффициент - на экспресс, когда игроку надо угадать все результаты нескольких выбранных им независимых событий. Примеры экспрессов из двух результатов: победы Ливерпуля и Надаля, победа Челси и количество сыгранных геймов в теннисном матче больше 24.5. Угадать результат экспресса, конечно, труднее, чем выиграть одиночную ставку, зато коэффициент экспресса больше, потому что он подсчитывается перемножением коэффициентов составляющих его результатов. В первом примере коэффициент экспресса равен 4.00, а во втором - 7.40.

Рассмотрим экспресс из двух результатов, величины с индексом 1 свяжем с первым результатом, с индексом 2 - со вторым, а безиндексные - с экспрессом. Тогда

$$e = kp = (k_1 k_2) \cdot (p_1 p_2) = (k_1 p_1) \cdot (k_2 p_2) = e_1 e_2.$$

Это равенство, с учётом того, что e_1 и e_2 меньше единицы, подталкивает нас к гипотезе о том, что выдача на результат уменьшается с уменьшением вероятности результата.

8. С целью обоснования этой гипотезы формально схематизируем процесс коэффициентообразования следующим образом: пусть букмекер соблюдает естественное правило «равные вероятности - равные коэффициенты». Тогда $k = k(p)$, следовательно и $e = e(p)$. Т.к. функция e удовлетворяет функциональному уравнению Коши

$$e(p_1 p_2) = e(p_1) e(p_2),$$

то можно доказать, что она может быть только степенной функцией (Дарбу). Если зададимся величиной $H = e(1/2)$, то показатель степени будет равен $\log_2(1/H)$. Далее во всех формулах основанием логарифма будет число 2, и мы будем его опускать. Итак, в рамках рассмотренной схемы

$$e(p) = p^{\log(1/H)}.$$

H можно предполагать различным для различных комплектов коэффициентов. Константа H играет такую же роль в этой схеме, что и константа E в модели $e = E$. Для её определения также следует воспользоваться условием (P). Итак, теперь мы имеем две модели перехода от коэффициентов к вероятностям: E -модель и H -модель. H -модель содержится в формулах

$$p_i = k_i^{1/\log(1/2H)}, \quad \sum_i k_i^{1/\log(1/2H)} = 1. \quad (H)$$

Вторая формула есть нелинейное уравнение относительно H , которое легко решается методом половинного деления, а ещё легче и быстрее методом Ньютона с начальным приближением $H^{(0)} = E$. Всего две итерации дают достаточную точность, а контрольная третья итерация снимает все возможные претензии к точности вычислений, тем более, что она не обязана превышать точности самой модели.

Функция $e(p)$ в H -модели - возрастающая и $e(0) = 0$, $e(1/2) = H$, $e(1) = 1$.

При переходе от вероятностей к коэффициентам функция $e(p)$ играет роль производящей функции, т.к.

$$k(p) = e(p)/p. \quad (K)$$

В этой ситуации константа H , так же, как и константа E в E -модели, уже играет роль свободного параметра, подбираемого букмекером. Поэтому мы иногда будем писать

$$k(p, H) = e(p, H)/p. \quad (K)$$

Если вероятности неизвестны, и букмекер подбирает непосредственно коэффициенты, то он кроме E должен контролировать и H . Параметры E и H определяют, насколько высоким является уровень коэффициентов. При предельном значении H , равном единице, $e(p) = 1$, модели H и E совпадают и мы получаем известную формулу для так называемых честных коэффициентов

$$k(p) = 1/p.$$

Но, конечно, содержательным является случай $H < 1$ и H -модель отличается от E -модели. Наиболее резко отличие проявляется при вероятностях, близких к нулю, а также близких к

единице. Для вероятностей же из срединной части интервала (0,1) различие между моделями не так существенно.

Зафиксируем предпосылки, следствием которых является H -модель. Их всего две: принцип равных коэффициентов для равных вероятностей и формула $k = k_1 k_2$ для коэффициента экспресса. Насколько адекватными являются эти предпосылки, настолько же адекватной является и H -модель.

9. Отклонения от принципа равных коэффициентов для равных вероятностей возможны, если надёжность оценок вероятностей различна. Но это будут всего лишь отклонения, сам принцип сомнений не вызывает. Что касается второй предпосылки, то она просто совпадает с классической формулой для коэффициента экспресса. Вообще, формула для k экспресса является прерогативой букмекера, но он не может установить k меньшим, чем $k_1 k_2$. Это доказывается путём сравнения экспресса с двумя одиночными ставками - на k_1 и условно полученной суммы - на k_2 . Ввиду того, что проанализировать последствия $k > k_1 k_2$ затруднительно и это зависит ещё и от степени модификации первой предпосылки, то обычно букмекеры устанавливают коэффициент экспресса по минимуму: $k = k_1 k_2$, т.е. не нарушают вторую предпосылку. Всё вышесказанное говорит в пользу H -модели.

Укажем на явный недостаток E -модели: из формулы $e = E/k$ следует, что вероятность события теоретически не может превышать значения $E < 1$. Ещё: относительная погрешность малых величин p высока, поэтому высокой является и относительная погрешность отношения E/p , что приводит к установлению значения k , значительно меньшего, чем E/p , т.е. букмекер имеет причину занижать коэффициенты при малых p . И ещё: рассмотрим теннисную строку из первого пункта. Хотя приведённые там коэффициенты и являются гипотетическими, но то, что игроку всегда выгоднее ставить 10 фунтов на 2, чем по 5 фунтов на 0:2 и 1:2, является неоспоримым фактом. А это значит, что если вероятность победы Надаля равна p , то $e(p) = 2p$, $e(p/2) = 3.7 \cdot p/2 = 1.85p$, и это свидетельствует против модели $e = const$.

Поиск в литературе чего-нибудь, отличного от E -модели, ничего не дал. Однако была обнаружена интересная статья, где авторы (Владимир Вовк - известный учёный в области теории вероятностей), преследуя цели своих исследований, рассматривали букмекеров в качестве экспертов по прогнозу результатов спортивных матчей. Они обработали огромный статистический материал. Это были коэффициенты восьми ведущих букмекеров на футбольные и четырёх - на теннисные матчи вкуче с результатами матчей за несколько лет. Качество экспертов оценивалось при помощи некоторой функции потерь, где фигурировали вероятности результатов, заявленные букмекерами. Вернее, конечно, сказать, что фигурировали вероятности, полученные из коэффициентов, объявленных букмекерами. И эти вероятности вычислялись по формулам E -модели. Я сообщил авторам об H -модели. Они сразу оценили её преимущества и пересчитали всё заново по формулам (H). Результат, опубликованный в [2], таков: показатели всех, без исключения, экспертов значимо улучшились. Таким образом, реальная статистика также подтвердила, что H -модель лучше E -модели.

10. Главной заслугой H -модели мы считаем то, что наконец-то появилась альтернатива E -модели, сильно прихрамывающей как при малых, так и при близких к единице вероятностях. Кстати, в [2] приведена ссылка на давнюю статью [3], где, опираясь на статистику лошадиных скачек, впервые описан т.н. феномен смещения коэффициентов на явных фаворитов и заведомых аутсайдеров (favorite-longshot bias). А именно, шансы первых букмекерами и игроками занижаются, а шансы вторых - наоборот, завышаются. Этот феномен, как заметили авторы [2], находится в согласии с H -моделью, а для E -модели выглядит аномалией. Ко всем существующим объяснениям феномена (см., например, [4]) добавим лингвистическое (неглавное): разница между числами воспринимается человеком как арифметическая разность, в то время как вероятности и коэффициенты участвуют в операциях деления и умножения. Поэтому разница между вероятностями 0.1 и 0.01 кажется несущественной по сравнению с разницей между соответствующими честными коэффициентами, между 10 и 100.

Конечно, букмекеры и расчётливые игроки не путают арифметические операции, поэтому главной причиной феномена нам представляется высокая относительная погрешность оценки малых вероятностей, о чём было упомянуто в предыдущем пункте. Приведём типичный пример, проясняющий ситуацию. Пусть букмекер оценил честный коэффициент числом 10 и объявил 8. Игрок же оценил честный коэффициент числом 7 и поставил на 8. Оба довольны. Если такими же

числами они оценивают и другое независимое событие, то честный коэффициент на экспресс из этих двух событий равен 100 для букмекера и 49 для игрока. Как видим, разброс большой и коэффициент 64 привлекателен для обоих. Они заключают пари с коэффициентом 64 и оба опять довольны (до того момента, когда узнают исход событий). Этим же примером можно промоделировать и ситуацию с маловероятным одиночным событием. Действительно, оно происходит при редком стечении независимых обстоятельств, т.е. мы имеем скрытый экспресс. Это значит, что вероятности перемножаются, относительные погрешности суммируются и в результате имеем близкую к нулю вероятность с высокой относительной погрешностью. А это приводит к большому разбросу значений соответствующего честного коэффициента и существованию игроков, готовых заключить пари с объективно заниженным коэффициентом.

Перейдем к большим p . Выдача $e < 1$ урезает честный коэффициент по формуле $k = e \cdot 1/p$, т.е. под урезание подпадает и поставленная игроком сумма, а это при больших p явно несправедливо. Действительно, пусть на честный коэффициент 1.2 поставлены 100 фунтов. Эта сумма есть гарантия со стороны игрока выполнить условия пари, заключенного с букмекером. Поэтому, в случае выигрыша игрока гарантийная сумма должна быть ему полностью возвращена, а букмекер должен урезать честный выигрыш игрока 20 фунтов, а не всю честную выдачу 120 фунтов. Если коэффициент урезания честного выигрыша обозначить через g , то урезание честного коэффициента будет описываться формулой

$$k = 1 + g(1/p - 1), \quad g < 1.$$

Представляется более справедливым и естественным проводить урезание с $g = const$, чем с $e = const$. Это осознают букмекеры и их клиенты, поэтому причина т.н. смещения или искажения (bias) коэффициентов на фаворитов понятна и иллюстрируется формулой

$$1 - e = (1 - g)(1 - p).$$

При больших p выдача e очень близка к единице.

Конечно, и H -модель несвободна от недостатков, но уже на этом этапе можно с уверенностью сформулировать фундаментальное свойство оптимальных коэффициентов: выдача $e = pk$ уменьшается с уменьшением p . Сделаем необходимые пояснения. Оптимальность коэффициентов означает, что их уменьшение, равно как и увеличение, влечёт за собой падение прибыли букмекера. Такое определение оптимальности не является строгим, т.к. ответственность за строгость лишь перекладывается на термины уменьшение, увеличение и прибыль. Мы предполагаем, что букмекер на основе своего опыта чисто интуитивно объявляет оптимальные основные коэффициенты, оптимальные в известном ему смысле. Кроме того, между собой не сравниваются коэффициенты на популярные и второстепенные спортивные события - по некоторым понятным причинам (в данной статье мы их не обсуждаем) коэффициенты на матчи английской премьерлиги выше, чем на матчи третьего дивизиона, а E и H итальянской серии А выше, чем E и H серии С. Переформулируем фундаментальное свойство в виде аксиомы.

Аксиома. Для оптимальных коэффициентов выдача $e(p) = pk(p)$ является возрастающей функцией вероятности.

ოპტიმალური ბუკმეკერული კოეფიციენტების ფუნდამენტური თვისება

3. ხეცოშვლი

რეზიუმე

დასაბუთებულია ბუკმეკერული კოეფიციენტებიდან ალბათობებზე ურთიერთგადასვლის ახალი H -მოდელი, ჩამოთვლილია მისი უპირატესობები კლასიკურ E -მოდელთან შედარებით. H -მოდელის საფუძველზე ახსნილია კოეფიციენტების გადახრის ფენომენი უდავო ფაქტორიტებსა და აუტსაიდერებზე. საბოლოო ჯამში იდენტიფიცირებულია ოპტიმალური ბუკმეკერული კოეფიციენტების ფუნდამენტური თვისება, რომელიც ხდომილებების კოეფიციენტებიდან მათ ალბათობებზე და პირიქით კვალიფიცირებული გადასვლის შესაძლებლობებს იძლევა. ის წარმოადგენს შემდეგი აქსიომის სახით: გაცემა $e(p) = pk(p)$ წარმოადგენს ალბათობის ზრდად ფუნქციას.

A FUNDAMENTAL PROPERTY OF OPTIMAL BETTING ODDS

V. KHUTSISHVILI

Summary

A new - *H*-model of transition from the betting odds to probabilities and back is substantiated; there are listed its advantages over the classical *E*-model. Based on the *H*-model, the phenomenon of the favorite-longshot bias is explained. Ultimately, a fundamental property of optimal betting odds, providing the opportunity for a qualified transition from coefficients of events to their probabilities and vice versa, is identified. It is represented in the form of the axiom, which states that for the optimal coefficients the payout $e(p) = pk(p)$ is an increasing function of probability.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ СВОЙСТВО ОПТИМАЛЬНЫХ БУКМЕКЕРСКИХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ**

В. ХУЦИШВИЛИ

Резюме

Обоснована новая - *H*-модель перехода от букмекерских коэффициентов к вероятностям и обратно, перечислены её преимущества по сравнению с классической *E*-моделью. На основании *H*-модели объяснён феномен смещения коэффициентов на явных фаворитов и заведомых аутсайдеров. В итоге идентифицировано фундаментальное свойство оптимальных букмекерских коэффициентов, открывающее возможность квалифицированного перехода от коэффициентов событий к их вероятностям и обратно. Оно представлено в виде аксиомы, утверждающей, что для оптимальных коэффициентов выдача $e(p) = pk(p)$ является возрастающей функцией вероятности.

სიტყვატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Vovk V., Zhdanov F. Prediction with expert advice for the Brier game. In Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning, pages 1104 - 1111, 2008.
2. Vovk V., Zhdanov F. Prediction with expert advice for the Brier game. Journal of Machine Learning Research, Vol. 10, pages 2445 - 2771, 2009.
3. Griffith R. M. Odds adjustments by American horse-race bettors. American Journal of Psychology, 62: 290 - 294, 1949.
4. Snowberg E., Wolfers J. Explaining the favorite-longshot bias: Is it risk-love or misperceptions? Journal of Political Economy, University of Chicago Press, vol. 118(4), pages 723 - 748, 2010.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЕРОЯТНОСТЯМИ СОБЫТИЙ И КОЭФФИЦИЕНТАМИ БУКМЕКЕРОВ

В. ХУЦИШВИЛИ

otariko@yahoo.com

В статье предложена теория перехода от букмекерских коэффициентов событий к их вероятностям и обратно. Теория позволяет оптимизировать популярные производные коэффициенты на двойные и безничейные результаты, организовать массовое производство коэффициентов для виртуальных матчей типа Ливерпуль - Федерер, а также идентифицировать и использовать корневые вероятности.

1. В работе [1] сформулирована аксиома, которой удовлетворяют коэффициенты, выставляемые букмекерами на основные спортивные события. Постольку, поскольку букмекеры считаются экспертами, эти коэффициенты считаются оптимальными в известном им смысле. Сформулируем эту аксиому:

Аксиома. Для оптимальных коэффициентов выдача $e(p) = pk(p)$ является возрастающей функцией вероятности.

Здесь p есть вероятность события, $k(p)$ - соответствующий коэффициент. Эти и используемые ниже обозначения и термины взяты из работы [1].

2. Опираясь на аксиому, рассмотрим вопрос оптимальности производных коэффициентов на двойные и безничейные результаты.

Теорема. Классические коэффициенты на двойные и безничейные результаты неоптимальны. По сравнению с оптимальными они занижены.

Доказательство. Так как $p_{1X} > \max\{p_1, p_X\}$, то из аксиомы для оптимального k_{1X} следует, что

$$p_{1X}k_{1X} > \max\{p_1k_1, p_Xk_X\} p_{1X}k_{1X} = (p_1 + p_X)k_1k_X/(k_1 + k_X) = \\ = (p_1k_1)k_X/(k_1 + k_X) + (p_Xk_X)k_1/(k_1 + k_X) \leq \max\{p_1k_1, p_Xk_X\},$$

что противоречит условию оптимальности. Видно, что классический k_{1X} ниже оптимального.

Оптимальный коэффициент $k_{1=}$ должен быть написан в соответствии с условной вероятностью победы первого участника (условие - ничья нет). Эта вероятность равна $p_1/(1 - p_X)$. Так как эта величина больше p_1 , то для оптимального $k_{1=}$ аксиома даёт

$$p_1/(1 - p_X)k_{1=} > p_1k_1.$$

Отсюда, учитывая $p_Xk_X < 1$, имеем

$$k_{1=} > (1 - p_X)k_1 = k_1 - (p_Xk_X)(k_1/k_X) > k_1 - k_1/k_X.$$

Теорема доказана.

На интуитивном уровне ставка на классический k_{1X} означает две частично подстраховывающие друг друга ставки на 1 и на X, а страхование любого типа со стороны игрока выгодно букмекеру и заслуживает поощрения с его стороны. Такое поощрение уже применяют некоторые букмекеры.

Ситуацию с $k_{1=}$ разберём с учётом того, что любой трёхрезультатный матч можно рассмотреть, как двухрезультатный, если считать, что ничья равносильна отмене матча с возвратом ставки, просто вероятность «отмены» (ничья) будет выше обычной. Если для соперников равной силы оптимальными коэффициентами двухрезультатного матча являются 1.8 и 1.8 ($E = 0.9$), то, эти же значения подойдут и для $k_{1=}$ и $k_{2=}$. Пример же шахматной партии с коэффициентами 4.5, 1.5, 4.5 ($E = 0.9$) даёт классические $k_{1=} = k_{2=} = 1.5$, явно заниженные. Опять-таки, некоторые букмекеры уже отказались от классических формул для $k_{1=}$ и $k_{2=}$. Пример $k_1 = 1.1$, $k_X = 10$ также иллюстрирует заниженность классических коэффициентов, т.к. в этом случае они просто меньше единицы.

3. На коэффициенты букмекеров влияют конкуренты, налоговая система, особенности клиентов и другие факторы. Пусть, например, букмекер находится под тяжёлым прессом 5% -ого налога на оборот. Тогда H -модель в чистом виде неприменима. Действительно, в ней выдача $e(p)$ может быть неограниченно близкой к 100%, но очевидно, что уже 95% должны быть потолком для

выдачи. Далее, мы знаем, что ставка на экспресс может быть интерпретирована как цепочка одиночных ставок, причём только в одной из них фигурирует реальная сумма - во всех остальных фигурируют возрастающие условные суммы. Пусть, например, экспресс состоит из шести результатов с коэффициентами 1.5, 2, 2, 1.7, 2.5, 1.2, на него поставлен 1 фунт и он выиграл. Тогда налогом облагается 1 фунт, хотя в случае цепочки налогом облагалась бы сумма в $1 + 1.5 + 3 + 6 + 10.2 + 25.5 = 47.2$ фунта. Разница впечатляет, поэтому в условиях упомянутого налога букмекер легально стремится скрыть свой оборот за счёт стимулирования экспрессов. Действительно, некоторые букмекеры имеют систему бонусов для экспрессов.

Очевидно, что пресс налога будет соответствующим образом давить и на степенную функцию H -модели. Для больших p - в сторону уменьшения её значений, а для малых - в сторону увеличения. Раздвинуть рамки H -модели можно с помощью следующей функции выдачи $e(p)$, зависящей от двух дополнительных параметров a и b :

$$e(p) = a + (b - a)p^{\log((b-a)/(H-a))}.$$

При естественных ограничениях на H , a и b (одно из них $0 \leq a < H < b \leq 1$) эта функция возрастает по p и $e(0) = a$, $e(1/2) = H$, $e(1) = b$. При отсутствии налога с оборота $b = 1$. Если к тому же $a = 0$, то будем иметь выдачу H -модели. Ненулевое значение параметра a увеличивает выдачу по сравнению с H -моделью тем чувствительнее, чем меньше p . При крайнем значении $a = H$ будем иметь $e(p) = H = const$, т.е. E -модель. При $b = 1$, $a = 2H - 1$ получим линейную функцию

$$e(p) = 2H - 1 + 2(1 - H)p,$$

для которой коэффициент урезания честного выигрыша (см. [1])

$$g = (e - p)/(1 - p) = 2H - 1$$

не зависит от p , т.е. будем иметь модель $g = const$. Реально значение a должно принадлежать интервалу $[0, 0.4]$, b - интервалу $[0.9, 1]$, а H - интервалу $[0.75, 0.99]$. Параметры a и b можно сделать зависящими от H .

С технической стороны, для нахождения тройки вероятностей по тройке коэффициентов следует решать уже систему из трёх нелинейных и одного линейного уравнения относительно вероятностей и H :

$$\begin{cases} e(p_i, H) = p_i k_i, & i = 1, \dots, 2, \\ p_1 + p_x + p_2 = 1. \end{cases}$$

Если в качестве начального приближения брать $H^{(0)} = E$, $p_i^{(0)} = k_i^{1/\log(1/2E)}$, то и в этом случае достаточная точность достигается за 2-3 итерации метода Ньютона.

4. Имея адекватную модель перехода от коэффициентов к вероятностям, приведём схему вычисления производных коэффициентов на двойные и безничейные результаты.

Вначале по основным коэффициентам вычисляются вероятности основных результатов и H . Затем вычисляются вероятности производных результатов. Это - самое простое звено в схеме, например, $p_{12} = p_1 + p_2$, $p_{2=} = p_2/(1 - p_x)$. Далее, рассчитываются производные коэффициенты по формуле

$$k(p, H) = e(p, H)/p. \quad (K)$$

На этом этапе параметры функции $e(p)$ можно видоизменить, учитывая конкурентную ситуацию на рынке производных коэффициентов и другие факторы. Например, с целью уменьшения нежелательно значительного отрыва от конкурентов можно уменьшить параметр H , но так, чтобы сохранить лидирующую позицию.

5. Миллионы футбольных болельщиков всего мира волнует вопрос, кто сильнее, Реал или Барселона? Очные поединки между ними происходят редко, но можно организовать заочные. Пусть, например, в первом туре чемпионата Испании наши фавориты встречаются с другими командами. Кто из них наберёт больше очков в своём матче, тот и будет объявлен победителем в виртуальном матче Реал - Барселона. Разница мячей роли не играет, т.е. победа Реала со счётом 1:0 и победа Барселоны 3:1 дают обоим по 3 очка, т.е. виртуальную ничью. Для того, чтобы сделать правильный прогноз исхода заочного матча, любителям спортивных пари придётся анализировать и учитывать возможности и силу одновременно четырёх команд. Это усложняет их задачу, но, по нашему мнению, именно эта сложность и необычность пари должны сделать виртуальные матчи популярными среди букмекеров и их клиентов. Из приведённого правила и

очевидной независимости исходов двух различных реальных матчей вытекают формулы для вероятностей исходов виртуального матча:

$$p_1 = p_1^R p_{X2}^B + p_X^R p_2^B, \quad p_X = p_1^R p_1^B + p_X^R p_X^B + p_2^R p_2^B, \quad p_2 = p_{X2}^R p_1^B + p_2^R p_X^B,$$

где верхними индексами помечены вероятности результатов Реала и Барселоны в своих конкретных матчах. Эти вероятности в правых частях вычисляются по коэффициентам реальных матчей Реала и Барселоны. Для перехода же от вероятностей (p_1, p_X, p_2) к коэффициентам виртуального матча Реал - Барселона нужно задать параметр H для функции $e(p, H)$. Ввиду того, что рынка виртуальных матчей пока не существует, нет и конкуренции. Поэтому естественно порекомендовать букмекеру формулу

$$H = \min \{H_R, H_B\}.$$

Таким образом, нами описан процесс автоматического получения коэффициентов виртуального матча по коэффициентам двух реальных матчей.

Благодаря тому, что мы не придаём значения тому, с каким именно счётом одержана победа в реальном матче, имеется возможность аналогично организовать вычисление коэффициентов матча Ливерпуль - Федерер и других виртуальных матчей между представителями различных видов спорта. Вероятности исходов указанного виртуального матча определяются по формулам

$$p_1 = p_{1X}^L p_2^F, \quad p_X = p_1^L p_1^F + p_2^L p_2^F, \quad p_2 = p_{X2}^L p_1^F.$$

Если в листинге букмекера 40 реальных матчей, то на этой базе можно составить $2C_{40}^2 = 40 \cdot 39 = 1560$ виртуальных пар. В общем случае n пар можно превратить в n^2 . Это резко увеличит меню букмекера. В случае онлайн-букмекера не обязательно заранее объявлять виртуальные матчи. Соответствующая строка со своими коэффициентами должна появляться лишь после того, как пользователь щёлкнет на именах интересующих его виртуальных соперников. Демонстрационную версию можно посмотреть на вэб-странице [2]. Страницу создал мой друг Гурам Котолашвили, которому я выражаю глубокую благодарность.

6. Материал двух предыдущих пунктов фактически является мотивацией разработки теории букмекерских коэффициентов, дающей возможность использовать теорию вероятностей. Пока требует доработки раздел, касающийся экспрессов. Дело в том, что при переходе от коэффициента к вероятности каждая составляющая экспресса даёт своё значение H , т.е. мы имеем вектор H , который каким-либо образом следует свернуть в скаляр, который требуется передать в качестве параметра функции $e(p, H)$, производящей коэффициенты по формуле (К). Кроме того, и здесь на окончательное значение коэффициента экспресса будет сильно влиять то, какую стратегию борьбы с конкурентами выберет букмекер. Что касается звена, за которое отвечает теория вероятностей, то здесь всё чётко: вероятность произведения независимых событий равна произведению вероятностей этих событий.

Ещё одним приложением разработанной теории является использование корневых вероятностей. Это есть вероятности неких элементарных событий, на основе которых можно рассчитать вероятности всех основных и большинства производных событий, сопровождающих спортивные матчи и представляющих интерес для букмекера и его клиентов. В теннисе это могут быть вероятности выигрыша очка на своей и чужой подаче, в футболе – вероятности забить и пропустить гол в течение одной минуты.

Как мы уже отмечали, букмекеры отлично чувствуют, какими должны быть основные коэффициенты и не так уверены в производных. Поэтому, имея хорошую теорию взаимной зависимости коэффициентов и вероятностей, можно предложить следующую схему, например, для таких производных событий в футболе, как кто и когда забьёт первый гол, оба забьют или нет, тайм-матч и т. п.: основные коэффициенты → основные вероятности → корневые вероятности → производные вероятности → производные коэффициенты. В этой схеме слабыми уже являются звенья с участием корневых вероятностей. Укрепление этих звеньев есть отдельная задача. Например, следует качественно смоделировать влияние текущего счёта и даже его истории на текущие вероятности выигрыша очка в теннисе и взятия ворот в футболе. Зато успешное решение подобных задач уже не будет блокироваться отсутствием хорошей модели коэффициенты - вероятности. В качестве иллюстрации применения описанной схемы в теннисе укажем на вэб-

страницу [3], где на основе идентификации корневых вероятностей теннисистов автоматически по ходу матча вычисляются как основные, так и всякого рода производные коэффициенты.

7. В заключение, исходя из коэффициентов футбольного матча Ливерпуль - Челси и теннисного Федерер - Надаль, фигурирующих в [1], приведём коэффициенты на виртуальные матчи Ливерпуль - Федерер и Челси - Федерер. Предварительно заметим, что букмекер, игнорирующий теорию вероятностей, написать их не сможет, а букмекер, который применит E-модель, напишет, но плохо (что ещё хуже). Итак,

Соперники	1	X	2	1X	12	X2	1=	2=
Ливерпуль - Федерер	2.52	2.57	3.19	1.34	1.48	1.49	1.66	2.10
Челси - Федерер	3.59	2.68	2.24	1.61	1.44	1.28	2.41	1.51

კავშირი ხდომილებების ალბათობებსა და ბუკმეკერების კოეფიციენტებს შორის

3. ხუტსიშვილი

რეზიუმე

[1]-ში ფორმულირებული აქსიომის საფუძველზე შემოთავაზებულია ხდომილებების კოეფიციენტებიდან მათ ალბათობებზე და პირიქით გადასვლის თეორია. დამტკიცებულია თეორემა ორმაგ და ფრის გარეშე პოპულარული კლასიკური კოეფიციენტების არაოპტიმალობის (შემცირებულობის) შესახებ. მოყვანილია ოპტიმალური წარმოებული კოეფიციენტების გამოთვლის ზოგადი სქემა. კერძოდ, აღწერილია ლივერპული – ფედერერის ტიპის ვირტუალური მატჩების კოეფიციენტების მასიური წარმოების პროცესი. მოყვანილია ვებ-გვერდების მისამართები, სადაც აღწერილი სქემები არის რეალიზებული. ერთ-ერთ მათგანზე ჩოგბურთელთა მატჩის დაწყებამდე მათი შანსების აღმწერ კოეფიციენტებზე დაყრდნობით ორგანიზებულია ძირეული ალბათობების იდენტიფიცირება, მატჩის მსვლელობისას ძირითადი და სხვადასხვა სახის წარმოებული კოეფიციენტების ავტომატური გამოთვლა.

RELATION BETWEEN THE PROBABILITIES OF EVENTS AND BOOKMAKERS' ODDS

V. KHUTSISHVILI

Summary

The theory of the transition from the betting odds of events to their probabilities and back is proposed based on the axiom stated in [1]. The theorem about the non-optimality (understated) of the odds on the popular classic double and no draw results is proved. The general scheme for calculating the optimal derivatives odds is also given. In particular, the process of mass production of the odds for virtual games type Liverpool – Federer is described. Links to Web pages, where the described schemes are implemented, are given. On one of these, from the odds, describing the chances of tennis players before the start of a match, the root probabilities' identification and the automatic calculation of the basic and all kinds of derivative in play odds is organized.

**СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЕРОЯТНОСТЯМИ СОБЫТИЙ И КОЭФФИЦИЕНТАМИ
БУКМЕКЕРОВ**

В. ХУЦИШВИЛИ

Резюме

На основании аксиомы, сформулированной в [1], предложена теория перехода от букмекерских коэффициентов событий к их вероятностям и обратно. Доказана теорема о неоптимальности (заниженности) популярных классических коэффициентов на двойные и безничейные результаты. Приведена общая схема вычисления оптимальных производных коэффициентов. В частности, описан процесс массового производства коэффициентов виртуальных матчей типа Ливерпуль – Федерер. Приведены ссылки на вэб-страницы, где реализованы описанные схемы. На одной из страниц по коэффициентам, описывающим шансы теннисистов до начала матча, организована идентификация корневых вероятностей и автоматическое вычисление основных, а также всякого рода производных коэффициентов по ходу матча.

შობეობათუბა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Хуцишвили В. Фундаментальное свойство оптимальных букмекерских коэффициентов. Настоящий сборник. 2014.
2. Khutsishvili V., Kotolashvili G. Odds for virtual matches. <http://gurami.veku42.edu.ge/demobet>
3. Khutsishvili V. Tennis live odds. <http://213.157.219.237/liveodds>

**ცილინდრული კონტეინერების ოპტიმალური ზომების და ნედლეულზე
შეზღუდვების დროს პროდუქციის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა**

დ. სიხარულიძე

dali_sx@yahoo.com

ცილინდრული კონტეინერების ოპტიმალური ზომების განსაზღვრა

V მოცულობის თხევადი პროდუქტის გადასაზიდად საჭიროა ცილინდრული ფორმის კონტეინერების დამზადება ფუძის რადიუსით x_1 და სიმაღლით x_2 . ერთი კონტეინერის გადაზიდვა მოცულობის მიუხედავად ჯდება C ლარი. მაშინ V მოცულობის პროდუქტის გადაზიდვაში დაიხარჯება $\frac{CV}{\pi x_1^2 x_2}$ ლარი. გვერდითი ზედაპირი მზადდება მასალისაგან,

რომლის ფართობის ერთეულის (m^2) დამზადება ჯდება a ლარი, ხოლო სახურავი და ძირი – მასალისგან, რომლის m^2 -ის დამზადება ჯდება b ლარი. მაშინ კონტეინერის დამზადება დაჯდება $2a\pi x_1 x_2 + 2b\pi x_1^2$ ლარი. ამგვარად ჩვენ გვინდა შემდეგი ფუნქციონალის მინიმიზაცია

$$\frac{CV}{\pi x_1^2 x_2} + 2a\pi x_1 x_2 + 2b\pi x_1^2$$

ამასთან კონტეინერის მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს U m^3 -ს, ანუ

$$\pi x_1^2 x_2 \leq U, \text{ ან } \frac{\pi}{U} x_1^2 x_2 \leq 1$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები: $\frac{CV}{\pi} = K; 2a\pi = M; 2b\pi = N; \frac{\pi}{U} = L;$

ამგვარად, მივიღეთ გეომეტრიული პროგრამირების შემდეგი ამოცანა:

$$\frac{K}{x_1^2 x_2} + Mx_1 x_2 + Nx_1^2 \rightarrow \min \tag{1}$$

$$Lx_1^2 x_2 \leq 1 \tag{2}$$

$$x_1, x_2 > 0$$

(2) შეზღუდვა აკმაყოფილებს სლექტერის პირობას. შევადგინოთ ექსპონენტების მატრიცა:

$$A = \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \\ 2 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix},$$

ცხადია, რომ $\text{rang}A = 2$. ორეულ ამოცანას აქვს სახე:

$$v(\partial) = \left(\frac{K}{\partial_1}\right)^{\partial_1} \left(\frac{M}{\partial_2}\right)^{\partial_2} \left(\frac{N}{\partial_3}\right)^{\partial_3} \left(\frac{L}{\partial_4}\right)^{\partial_4} (\partial_4)^{\partial_4} \rightarrow \max,$$

ან

$$v(\partial) = \left(\frac{K}{\partial_1}\right)^{\partial_1} \left(\frac{M}{\partial_2}\right)^{\partial_2} \left(\frac{N}{\partial_3}\right)^{\partial_3} L^{\partial_4} \rightarrow \max$$

$$\partial_1 + \partial_2 + \partial_3 = 1$$

$$-2\partial_1 + \partial_2 + 2\partial_3 + 2\partial_4 = 0$$

$$-\partial_1 + \partial_3 + \partial_4 = 0, \quad \partial_1, \partial_2, \partial_3, \partial_4 \geq 0 \tag{3}$$

სისტემის მატრიცაა

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ -2 & 1 & 2 & 2 \\ -1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

მისი რანგია 3, ამიტომ შეგვიძლია რომელიმე ცვლადი, ვთქვათ ∂_1 , მივიღოთ თავისუფალ ცვლადად და დანარჩენები გამოვსახოთ ∂_1 -ით.

$$\begin{cases} \partial_2 + \partial_3 = 1 - \partial_1 \\ \partial_2 + 2\partial_3 + 2\partial_4 = 2\partial_1 \\ \partial_3 + \partial_4 = \partial_1 \end{cases}$$

სისტემის ამოხსნის შედეგად მივიღებთ, რომ

$$\partial_2 = \frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1; \partial_3 = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1; \partial_4 = \frac{5}{3}\partial_1 - \frac{2}{3};$$

(3) პირობის თანახმად ვღებულობთ, რომ ∂_1 ცვლადი უნდა აკმაყოფილებდეს უტოლობას: $\frac{2}{5} \leq \partial_1 \leq 1$. $v(\partial)$ კი შეიძლება ჩავწეროთ, როგორც ერთი ცვლადის ფუნქცია:

$$v(\partial_1) = \left(\frac{K}{\partial_1}\right)^{\partial_1} \left(\frac{M}{\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1}\right)^{\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1} \left(\frac{M}{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1}\right)^{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1} L^{\frac{5}{3}\partial_1 - \frac{2}{3}} \rightarrow \max \quad (4)$$

ამ ფუნქციის მაქსიმუმის მოსაძებნად გავალოგარიტმით იგი, ცხადია, რომ $\ln x$ ფუნქციის ზრდადობის გამო, საკმარისია ვიპოვოთ მისი მაქსიმუმის წერტილი, იგი ამავე დროს იქნება $v(\partial_1)$ ფუნქციის მაქსიმუმის წერტილიც. როგორც მტკიცდება [1]-ში, თუ (4)-ის ამოხსნა $\partial_1^*, \partial_2^*, \partial_3^*, \partial_4^* > 0$, მაშინ ის ოპტიმალურია.

განვიხილოთ დამხმარე ფუნქცია $v^*(\partial_1)$, რომლის მაქსიმუმის წერტილი, ცხადია, ემთხვევა $v(\partial_1)$ -ის მაქსიმუმის წერტილს:

$$v^*(\partial_1) = \left(\frac{K}{\partial_1}\right)^{\partial_1} \left(\frac{M}{\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1}\right)^{\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1} \left(\frac{M}{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1}\right)^{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1}$$

$$\ln v^*(\partial_1) = \partial_1 (\ln K - \ln \partial_1) + \left(\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1\right) (\ln M - \ln(\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1)) + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1\right) (\ln M - \ln(\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1))$$

გავაწარმოთ ეს ფუნქცია და წარმოებული გავუტოლოთ 0-ს:

$$\ln \frac{2^{\frac{2}{3}} K (\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1)}{M^{\frac{2}{3}} N^{\frac{1}{3}} \partial_1} = 0 \quad \text{ან} \quad \frac{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}\partial_1}{\partial_1} = \frac{M^{\frac{2}{3}} N^{\frac{1}{3}}}{2^{\frac{2}{3}} K}$$

ამ განტოლების ამოხსნა აღენიშნოთ ∂_1^* -ით, ვღებულობთ:

$$\partial_1^* = \frac{2^{\frac{2}{3}} K}{3M^{\frac{2}{3}} N^{\frac{1}{3}} + 2^{\frac{2}{3}} K},$$

ცხადია, რომ ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე, $\partial_1^* > 0$, თუ ამასთან $\frac{2}{5} \leq \partial_1 \leq 1$,

x_1 და x_2 -ს ვპოულობთ $v(\partial_1^*)$ -ს მიხედვით შემდეგი ფორმულებიდან [1]:

$$\frac{K}{x_1^2 x_2} = \partial_1^* v(\partial_1^*)$$

$$M x_1 x_2 = \partial_2^* v(\partial_1^*) = \left(\frac{2}{3} - \frac{2}{3}\partial_1^*\right) v(\partial_1^*)$$

საბოლოოდ ვღებულობთ ოპტიმალურ ამონახსნს:

$$x_1^* = \frac{MK}{\partial_1^* v^2 (\partial_1^*) (\frac{2}{3} - \frac{2}{3} \partial_1^*)}$$

$$x_2^* = \frac{\partial_1^* v^3 (\partial_1^*) (\frac{2}{3} - \frac{2}{3} \partial_1^*)^2}{M^2 K}$$

პროდუქციის წარმოება ნედლეულზე გარკვეული შეზღუდვების დროს

n სახეობის ნედლეულისაგან, რომლის შენახვის ვადა იწურება და სასურველია მისი მაქსიმალური გამოყენება ზარალის ასაცილებლად, მზადდება პროდუქტის m სახეობა x_1, x_2, \dots, x_m ; დამზადებული j -ური პროდუქტის ერთეულის სარეალიზაციო ფასი შეადგენს $\alpha_j, j=1, \dots, m$. i -ური სახეობის ნედლეულის მარაგი საგეგმო პერიოდისათვის არის $\beta_i, i=1, 2, \dots, n$, ხოლო მისი ერთეულის ღირებულება არის γ_i ; j -ური ტიპის პროდუქტის ერთეულის წარმოებისათვის საჭირო i -ური სახეობის ნედლეულის ერთეულის რაოდენობა საგეგმო პერიოდში ტოლია p_{ji} .

მაშინ პერიოდის ბოლოსთვის მოგება შეადგენს:

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j x_j - \sum_{i=1}^n (\beta_i - \sum_{j=1}^m p_{ji} x_j) \gamma_i - \sum_{j=1}^m c_j x_j - B$$

სადაც c_j არის დანახარჯები პროდუქტის 1 ერთეულის წარმოებაზე, ხოლო B -ფიქსირებული დანახარჯი. მიზნის ფუნქცია გადავწეროთ შემდეგი სახით:

$$\sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^n (\beta_i - \sum_{j=1}^m x_j p_{ij}) \gamma_i - B \tag{5}$$

ცხადია, რომ თუ ფუნქცია

$$\sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^n (\beta_i - \sum_{j=1}^m x_j p_{ij}) \gamma_i \tag{6}$$

აღწევს მაქსიმუმს, მაშინ (1)-იც მიღწევს.

გავამარტივოთ (2): $\sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^n \beta_i \gamma_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j \gamma_i p_{ij}$

რადგან მეორე შესაკრები მუდმივია, საკმარისია ვიპოვოთ შემდეგი ფუნქციის მაქსიმუმის წერტილი:

$$\sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j) x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j \gamma_i p_{ij} = \sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j) x_j + \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{j=1}^m x_j p_{ij}$$

ამგვარად, ამოცანა დაიყვანება შემდეგი წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე:

$$\sum_{j=1}^m (\alpha_j - c_j + \sum_{i=1}^n \gamma_i p_{ij}) x_j \rightarrow \max,$$

$$\sum_{j=1}^m x_j p_{ij} \leq \beta_i, \tag{7}$$

$$x_j \geq 0, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$$

განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, საკონდიტროში აცხოებენ სამი სახის ნამცხვარს, რაოდენობით x_1, x_2, x_3 , მათ დასამზადებლად მეტ-ნაკლებად საჭიროა 10 ინგრედიენტი. x_1 -ის 1 კგ-ზე სხვა დანახარჯები ტოლია $6 - c_1 = 6$; x_2 -თვის $c_2 = 4$; x_3 -თვის $c_3 = 2, B = 10$ ლ. ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია საჭირო ინგრედიენტების რაოდენობები და ფასები (იგულისხმება, რომ გამოშრობა დაახლოებით 10%-ს ტოლია) ჩაწვერით მაგალითის შესაბამისი (3) წრფივი პროგრამირების ამოცანა.

სამინიმიზაციო ფუნქციონალს აქვს სახე:

$$27.727x_1 + 18.1904x_2 + 16.413x_3 \rightarrow \max \tag{8}$$

ერთი შეზღუდვა $0.001x_1 + 0.001x_2 + 0.001x_3 \leq 0.3$,

რომელიც ექვივალენტურია უტოლობის $x_1 + x_2 + x_3 \leq 300$

და, მონაცემებიდან გამომდინარე, ავტომატურად სრულდება, ამოვიღეთ. შეზღუდვებს აქვს სახე:

$$\begin{aligned}
 &0.11x_1 + 0.152x_2 + 0.154x_3 \leq 10 \\
 &0.165x_1 + 0.208x_2 + 0.2x_3 \leq 12 \\
 &0.208x_2 + 0.2x_3 \leq 5 \\
 &0.155x_1 \leq 3 \\
 &0.027x_1 + 0.038x_2 + 0.02x_3 \leq 0.7 \\
 &0.11x_1 + 0.154x_3 \leq 2 \\
 &0.255x_1 + 0.35x_2 + 0.154x_3 \leq 5 \\
 &0.165x_1 + 0.134x_3 \leq 4 \\
 &0.11x_1 + 0.142x_2 + 0.077x_3 \leq 3 \\
 &x_1, x_2, x_3 \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

მონაცემების ცხრილი

ნედლეულის	შაქარი	ფხვი	მარგარინი	კარქი	კაკაო	ვანილი	ქიშმიში	კვინცი	არაქანი	ნივანი	ნამცხვრის 1 კგ-ს გასაყიდი ფასი, ლარებში (α_j)
x_1 -ს 1 კგ-ზე ნედლეულის რაოდ. კგ-ში (p_{ij})	0.11	0.165	-	0.155	0.027	0.001	0.11	0.255	0.165	0.11	25
x_2 -ს 1 კგ-ზე ნედლეულის რაოდ. კგ-ში (p_{ij})	0.152	0.208	0.208	-	0.038	0.001	-	0.35	-	0.142	15
x_3 -ს 1 კგ-ზე ნედლეულის რაოდ. კგ-ში (p_{ij})	0.154	0.2	0.2	-	0.02	0.001	0.154	0.154	0.134	0.077	12
მარაგი კგ-ში (β_i)	10	12	5	3	0.7	0.3	2	5	4	3	
ნედლეულის ღირებულება ლარებში (γ_i)	1.5	1.3	4	14	20	500	8	3	4.5	25	

(8) ამოცანა ამოვხსენით MATLAB -ში. შედეგები ასეთია:

$$x_1 = 18.1818; x_2 = 1.039; x_3 = 0; f_{\max} = 523.026$$

მაშინ ფორმის მოგება შეადგენს $523,26 - 380,6 - 10 = 132.66$ ლ.

ცილინდრული კონტეინერების ოპტიმალური ზომების და ნედლეულზე შეზღუდვების დროს პროდუქციის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა

დ. სიხარულიძე

რეზიუმე

ნაშრომში მოყვანილია ორი პრაქტიკული ამოცანა. პირველი მათგანი ეხება თხევადი პროდუქტის გადაზიდვისთვის საჭირო ცილინდრული კონტეინერების ოპტიმალური ზომების განსაზღვრას, როდესაც ერთი კონტეინერის გადაზიდვის ხარჯები, მოცულობის მიუხედავად, მუდმივია. კონტეინერების ზომები არ უნდა აღემატებოდეს წინასწარ მოცემულ სიდიდეს. ეს ამოცანა დაიყვანება გეომეტრიული პროგრამირების ამოცანაზე. ამოხსნა მიღებულია ანალიზური სახით.

მეორე ამოცანა ეხება პროდუქციის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრას მალფუჭებადი ნედლეულის შემთხვევაში: რამდენიმე სახეობის ნედლეულისაგან, რომლის შენახვის ვადა იწურება და სასურველია მისი მაქსიმალური გამოყენება ზარალის ასაცილებლად, მზადდება პროდუქციის რამდენიმე გარკვეული სახეობა. წინასწარ მოცემულია თითოეული სახეობის დამზადებული პროდუქტის ერთეულის სარეალიზაციო ფასი, თითოეული სახეობის ნედლეულის მარაგი საგემო პერიოდისათვის, მისი ერთეულის ღირებულება, თითოეული ტიპის პროდუქტის ერთეულის წარმოებისათვის საჭირო თითოეული სახეობის ნედლეულის ერთეულის რაოდენობა საგემო პერიოდში.

ეს ამოცანა დაიყვანება წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე. მოყვანილი მაგალითის ამოხსნა მიღებულია პროგრამა MATLAB-ის გამოყენებით.

DETERMINATION OF CYLINDRIC CONTAINERS OPTIMAL PROPORTIONS AND PRODUCTION OPTIMAL AMOUNT IN THE CASE OF RESTRICTIONS ON RAW MATERIALS

D.SIKHARULIDZE

Summary

Two practical problems are considered in the paper. First of them is concerned with determination of optimal proportions of cylindrical containers, required for liquid service, when shipping cost for one container in spite of dimension is constant. Container capacity shouldn't exceed predetermined value. This problem is reduced to the problem of geometric programming. The solution is obtained in analytical form.

The second problem concerns to determination of production optimal amount in the case of perishable ingredients: specific sorts of products are manufactured from some sorts of raw materials with running off expiration dates and it is desirable their maximal utilization to avoid loss. It's predetermined selling price of manufactured products units, each raw material inventory for planning period, and their units cost, the quantity of each raw material, necessary for manufacture of each sort of production unit for the planning period.

This problem is reduced to the linear programming problem. The solution of given example is obtained using MATLAB.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ И ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА СЫРЬЕ

Д.СИХАРУЛИДЗЕ

Резюме

В работе приводятся две практические задачи. Первая из них касается определения оптимальных размеров цилиндрических контейнеров, необходимых для перевозки жидкого продукта, когда стоимость перевозки одного контейнера постоянна, несмотря на объем. Объем контейнера не должен превысить заранее заданную величину. Эта задача сводится к задаче геометрического программирования. Решение получено в аналитическом виде.

Вторая задача касается расчета оптимального количества продукции в случае скоропортящегося сырья: из нескольких видов сырья, срок хранения которых истекает и необходимо их максимальное использование, чтобы избежать потерь, производится несколько определенных видов продукции. Заранее заданы рыночная цена единицы продукции каждого вида, запас каждого вида сырья на плановый период, стоимость его единицы, количество единиц каждого вида сырья в плановом периоде, необходимое для производства единицы каждого вида продукции. Эта задача сводится к задаче линейного программирования. Решение приведенного примера получено с использованием программы MATLAB.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Ногин В.Д., Протодьяконов И.О., Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации. Москва, Высшая школа.,1986.

ერთი ახალი M-ფაილის შესახებ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანისათვის
ნ. კილასონია

neli.kilasonia@science.org.ge

ნაშრომებში [1], [2], [3], [4] მოცემულია ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ოთხი მეთოდი, რომლებიც გათვალისწინებულია მომხმარებლის (გადაწყვეტილების მიმღები პირი, გმპ) სხვადასხვა კატეგორიებზე, კერძოდ, პირველი მათგანი გათვალისწინებულია იმ ტიპის მომხმარებელზე, რომელიც არ ფლობს (თუნდაც პირველ ეტაპზე გაუცნობიერებელ) დამატებით ინფორმაციას ამოცანის შესახებ, მაგრამ შეუძლია ამოცანის ამოხსნის პროცესში ჩაერთოს მიმდინარე ამონახსნების შეფასების გზით; მეორე მეთოდი გულისხმობს, რომ მომხმარებელს შეუძლია ამოცანის ამოხსნის პროცესში მიაწოდოს ალგორითმს დამატებითი ინფორმაცია კრიტერიუმების რანგირების საშუალებით, მესამე შემთხვევაში ეს დამატებითი ინფორმაცია ეხება კრიტერიუმთა დასაშვებ დონეებს, ხოლო მეოთხე მეთოდი თავად ახდენს ამონახსნის ძიების პროცესში გარკვეული სიდიდეების გენერირებას, რომელთა საფუძველზე ხდება ძიების მიმართულების დადგენა. პირველი სამი მეთოდი ინტერაქტიულია, მეოთხე კი იტერაციული, მაგრამ არაინტერაქტიული, ანუ არ გულისხმობს გმპ-ს რაიმე სახით ჩართვას ამონახსნის ძიების პროცესში.

ნაშრომში [5] აღწერილია ზემოთ ნახსენები მეთოდებიდან პირველის კომპიუტერული რეალიზაცია პროგრამული პაკეტის MATLAB დაპროგრამების ენის საშუალებით. დამუშავებული M-ფაილი „voptint“ ინტერაქტიულ რეჟიმში ხსნის მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის ამოცანას. დაპროგრამების პრინციპის თვალსაზრისით „voptint“ შექმნილია პროცედურული დაპროგრამების საშუალებით.

მიუხედავად იმისა, რომ ზემოთ აღნიშნული ოთხი მეთოდი განსხვავებული ტიპის გმპ-ზეა გათვალისწინებული, მათ, კონსტრუირების თვალსაზრისით, ბევრი საერთო გააჩნიათ. მეთოდების სხვადასხვა ბლოკებს შორის არის ისეთები, რომლებიც ერთი ტიპის ბლოკებს შეიძლება მივაკუთვნოთ. მათ შორის ძირითადია ე.წ. საწყისი ამოცანის მოდიფიცირება, რომელსაც ოთხივე მეთოდში აქვს ადგილი. ეს გარემოება უპირიანს ხდის მეთოდების კომპიუტერული რეალიზაციის შექმნისას ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამების გამოყენებას.

ქვემოთ აღწერილი იქნება ჩვენს მიერ დამუშავებული M ფაილი NIMOM, რომელიც წარმოადგენს ნაშრომში [4] მოყვანილი მეთოდის კომპიუტერულ რეალიზაციას.

როგორც ნაშრომში [4] არის აღწერილი, მეთოდის ძირითად ბლოკს, მოდიფიცირებული ამოცანას, აქვს შემდეგი სახე:

$$\min R(x),$$

$$R(x) = \sum_{x \in \bar{D}} \sum_{i \in G_L^0} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^0} - 1 \right)^2 + \sum_{i \in G_K^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^l} - 1 \right)^2, \quad (1)$$

$$\bar{D} = D \cap D^l, \quad D^l = \{x, q_i(x) \geq q_i^l(x), i \in G_L^l \cup G_A^l\},$$

სადაც:

$q_i(x)$, $i = \overline{1, k}$ კრიტერიუმებია, $h_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ შეზღუდვები, $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ - საძიებელი ვექტორი;

$q_i^0(x)$, $i = \overline{1, k}$ - ცალკეული კრიტერიუმების ოპტიმალური მნიშვნელობები;

$q_i^l(x)$, $i = \overline{1, k}$ - მიმდინარე ამონახსნები ყოველ l -ურ იტერაციაზე;

G_L^l - კოფიციენტთა სიმრავლე, რომლის შესაბამისი კრიტერიუმების მნიშვნელობები დასაშვებია გაუარესდეს, G_K^l - უცვლელი დარჩეს, G_A^l - გაუმჯობესდეს.

როგორც ზემოთ აღნიშნული იყო, ამოცანა (1) მეტად ან ნაკლებად შეცვლილი სახით ფიგურირებს სხვა მეთოდებშიც, ამის გათვალისწინებით დამუშავებულია და M-ფაილში NIMOM გამოიყენება ორი „user defined” ტიპის კლასი ModFun და ModArea

შესაბამისად ამოცანა (1)-ის $R(x)$ ფუნქციისა და \bar{D} არისათვის.

ძალიან განზოგადებულად M-ფაილს NIMOM აქვს შემდეგი სახე:

1. საწყის ეტაპზე ხდება კრიტერიული ფუნქციებისა და შეზღუდვების ინტერაქტიული შეყვანა კლავიატურიდან ალგორითმისათვის შესაბამისი ფორმით (ეს არის ფაილის ერთადერთი ინტერაქტიული ნაწილი);
2. გამოითვლება თითოეული ცალკეული კრიტერიუმის ოპტიმალური და ყველაზე უარესი მნიშვნელობები;
3. გამოითვლება პირველი კომპრომისული ამონახსნი;
4. მუშაობს ქვეფუნქცია Gmajorities რომელიც უზრუნველყოფს G_L^l, G_K^l, G_A^l კოეფიციენტთა სიმრავლეების ჩამოყალიბებას შესაბამისი კოეფიციენტების გამოთვლისა და ურთირთმედარების გზით;
5. ხდება მიმართვა კლასზე ModFun რომელიც აბრუნებს ობიექტს – ამოცანაში (1) მოყვანილი ფუნქციის მიმდინარე სახეს;
6. მიმართვა კლასზე ModArea რომელიც აბრუნებს ობიექტს – \bar{D} არის მიმდინარე სახეს;
7. ამოიხსნება ამოცანა (1);
8. შემოწმება დასრულებაზე. თუ დასრულების პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, გადასვლა ბიჯზე 4.

როგორც ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, ModFun და ModArea კლასები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას როგორც ალგორითმების [2] და [3] კომპიუტერული რეალიზაციის შესაქმნელად ასევე ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის სხვა მეთოდებისათვისაც.

ერთი ახალი M-ფაილის შესახებ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანისათვის

6. კილასონია

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ახალი მეთოდის კომპიუტერული რეალიზაცია, რომელიც შესრულებულია პროგრამული პაკეტის MATLAB დაპროგრამების ენის გამოყენებით. წარმოდგენილი M-ფაილი არ არის ინტერაქტიული (ინტერაქტიულობა გათვალისწინებულია მხოლოდ შესავალ ეტაპზე, მონაცემთა კლავიატურიდან შეყვანის დროს), თუმცა, ამავე დროს იგი ითვალისწინებს ამონახსნის ბიჯობრივ დაზუსტებას, ალგორითმის მიერ გარკვეული სიდიდეების გენერირების გზით. მეთოდის დაპროგრამებისას გათვალისწინებული იქნა, რომ რამოდენიმე მისი ბლოკი, განზოგადებული სახით, ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის სხვა ზოგიერთი მეთოდის ბლოკების მსგავსია, ამიტომ დაპროგრამებისას გამოყენებული იქნა ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამება და შეიქმნა ორი ახალი „user defined” ტიპის კლასი. აღნიშნული კლასები მომავალში შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვა კომპიუტერული რეალიზაციების შესაქმნელად.

ON A NEW M-FILE FOR VECTOR-VALUED OPTIMIZATION PROBLEM

N.KILASONIA

Summary

Computer realization for the new vector-valued optimization method is presented in the paper. The program has been written in MATLAB programming language. The presented M-file is not interactive (interactivity is implemented only at the initial stage, at data input from the keyboard) though it implies

step-by-step specification of the compromise solution by means of generating the certain values by the algorithm. Taking into account the fact that some of the method's blocks are similar to the certain blocks of other vector-valued optimization problem methods, object-oriented programming was used and two new „user defined” type classes were created. The classes can be used in future for creating new programs for vector-valued optimization.

ОБ ОДНОМ НОВОМ М-ФАЙЛЕ ДЛЯ ЗАДАЧИ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Н. КИЛАСОНИЯ

Резюме

В статье представлена компьютерная реализация нового метода решения задачи векторной оптимизации выполненная на языке программирования пакета MATLAB. Представленный М-файл не является интерактивным (интерактивность предусмотрена только на начальном этапе, при вводе данных с клавиатуры) при этом он предусматривает пошаговое уточнение компромиссного решения путем генерирования определенных величин. При прогамировании метода было принято во внимание то обстоятельство, что некоторые его блоки имеют сходство с определенными блоками других методов векторной оптимизации, поэтому было применено объективно-ориентированное программирование и было создано два новых „user defined” класса. Указанные классы в будущем могут быть использованы для создания других компьютерных реализаций.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Киласония Н.А. Об одном алгоритме решения задачи векторной оптимизации. - Сообщ. АН Грузии. 141,1. 1991.
2. Киласония Н.А. Об одном алгоритме решения задачи векторной оптимизации при ранжируемых критериях. - Сообщ. АН Грузии. 152,1. 1995.
3. ბ. კილასონია. ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ერთი ალგორითმის შესახებ, რომელიც იყენებს ინფორმაციას კრიტერიუმთა დასაშვებ დონეებზე. – საქ. მეცნ. კადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 7, 2003.
4. ბ. კილასონია. მონახსნების არაინტერაქტიული შეფასების შესახებ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის იტერაციულ მეთოდში. სტუ ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 17, 2013.
5. Salukvadze M., Kilasonia N. On an Example of Using M-programming in Multicriteria Optimization. Bull. Acad. Sci. Georg. 172, N3, 2005.

მართვის სისტემები

CONTROL SYSTEMS

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

MICROWAVE IN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF MINING, METALLURGICAL AND POLYMERIC WASTE

A. CHIRAKADZE, Z. BUACHIDZE, M. WIREMAN, WILLIAM A. TOSCANO,
G. KERVALISHVILI, N. KAVLASHVILI, L. GURCHUMELIA, A. GIGINEISHVILI,
Z. GASITASHVILI, T. CHICHUA, D. BIBILURI, L. SHARIKADZE

achikochirakadze@yahoo.com

The signing and ratification of the Association Agreement between the European Union and Georgia marked the beginning of a new stage in the history of Georgia. It signaled the political and historical return of Georgia to the Community of European Countries, known as the European Union (EU). This seminal event will come to no avail if Georgia does not overcome the huge gap in economic and social development between Georgia and EU countries. Georgia must take her place in the EU at the same level of science and education standards, environmental protection, and standard of living as the rest of the EU countries [1]. Georgia must work toward eliminating inequities between the overall quality of life of its population and EU member countries. This will involve building the Georgian economy in a sustainable fashion, improving its environmental quality, and reinforcing social capital of communities [2]. Good examples of the synergistic interaction of sustainable development include by-product synergy and the labor-environment synergy. Labor and the Environment have long been misunderstood as phenomena with opposite interests. Industrialists looked on implementation of environmental regulations and policies with suspicion because it was thought that they would lead to restrictions of industrial activities and result in job losses. However, practical experience showed that active environmental policies can increase employment and reduce poverty [3]. The World Business Council for Sustainable Development and the US Environmental Protection Agency define by-product synergy as “the synergy among diverse industries, agriculture, and communities resulting in profitable conversion of by-products and wastes to resources promoting sustainability”. This concept supports the idea of “industrial ecology” and promotes a shift to closer inter-dependent relationships between producers of different kinds of industrial products and new eco-friendly waste-processing technologies. Research by Georgian scientists proposes a model for gathering data to track information on the three pillars of sustainable development. The models will be used to assess and make projections on industrial, social, economic and environmental status to support proper decision making, and to find ways to measure and predict sustainability with regard to its spatial and temporal dimensions. A detailed analysis carried out for a group of 20 countries: Sweden, Norway, Switzerland, Canada, Australia, Denmark, USA, Japan, France, UK, Uruguay, Italy, Brazil, Russia, Ukraine, Azerbaijan, Georgia, Armenia, Uzbekistan and Moldova. Even in the presence of notable discrepancies between the results of different authors and different research approaches, a number of definite conclusions could be made [4]. Countries of the former Soviet Union are of special interest because they all have an unprecedented gap between the relatively high level of scientific and industrial development, similar to high-income countries, and a low standard of social development and environmental quality, which is close to the low-income countries.

The role of environmental technologies for Georgia

The global problem of rapidly increasing quantity of industrial and domestic waste is particularly acute in Georgia where a disproportionately large amount of toxic waste is concentrated in a relatively small area. From this point of view, Georgia and Southern Caucasus countries could be regarded as a unique natural testing ground for the development and implementation of advanced technologies for industrial processing of hazardous waste, which could be highly profitable. Hundreds of millions of tons of industrial and domestic waste (containing manganese, copper, arsenic, lead, cadmium, zinc, iron, gold, silver, oil, acids, alkalis, rubber, inert polymers, used oils and other organics, and other materials) have been dumped in the region without proper management or control. The military and police generate much of the waste consisting of rubber, inert polymers, used oils and other organics. Mining and processing of copper ores also causes considerable environmental and health concerns, destroying natural landscapes and contaminating the environment with large quantities of hazardous substances. These problems are especially acute in the South Caucasus region. The total amount of metal bearing wastes disposed in Georgia and Armenia is estimated to be more than 300 million tons, while the continued generation of waste exceeds 15-20 million tons per year. Research carried out using representative samples of the copper processing waste disposed in the Madneuli (Kazreti) deposit showed that the total amount of the toxic waste exceeds 20 million tons [5]. These man-made deposits pose a threat to the environment and

human health. Paradoxically, the waste can form the basis for new "green" industries in Georgia and South Caucasus. These "Green" industries are characterized by high profit margins because of inexpensive raw material input. One of the first milestones in starting the industrial utilization of hazardous waste in Georgia was to develop technologies that are inexpensive, highly energy-efficient, and yield high-levels of purified metal. This could result in a sharp reduction in the amount of hazardous wastes and chemicals released into the environment and considerable improvement of the environment and reduction of risks to human health. The waste includes used tires, discarded plastic and other inert polymers, agricultural waste, manganese-bearing waste and low-grade ores. Using newly developed technology has the potential to turn the waste to high demand products.

Characterization of fuels produced using the circulated catalyst method

The implemented method of microwave processing of polymeric waste using the circulating catalyst [6] compared to conventional heating reveals the main advantages typical for microwave pyrolysis [7, 8] but needs a more simple equipment. The principal demonstrated advantages of microwave heating are the following, a shorter reaction time (minutes instead of hours), the possibility of overwhelming the low thermal conductivity of polymeric materials, higher rate and uniformity of heating, higher yields and quality of products. The main disadvantage of microwave heating is that it necessarily requires electricity and addition of microwave absorbing materials. Being almost waste-free, the proposed method helps to reduce the volume of both the hazardous waste of producing (drilling) and processing of crude oil and gas and hardly removable waste in the form of used tires and plastic utensils [9]. Calculated parameters can be significantly improved using microwave heating and catalytic properties of ultrahigh frequency field. The lab-scale tests show that the catalytic influence of microwave irradiation causes decrease both of the required time (for about 10-15 %) and optimal temperature of chemical reactions (for about 30-40 °C) involved in the combined process. Therefore, the expected economic parameters of the process could be significantly improved with help of optimally applied microwave field. Different samples of liquid fuel obtained from used tires by catalytic pyrolysis were studied and main characteristics of the produced fuels were determined. The primary obtained liquid fraction was mixed with 1 %, 3 %, 5 %, 10 % and 12 % wt. of Zeolite and CaO. The blended fuel samples were distilled to decrease sulphur and to produce different fuel fractions. Main characteristics of the produced fuels were determined. Fuel samples using 10 % of CaO or 10 % of CaO+Zeolite (5%+5%) mixed with primary fraction showed the optimal experimental characteristics. Fuel produced using 10 % of CaO or (CaO+Zeolite) are separated into two fractions which are different in densities ("light" and "heavy"). Both fractions were compared with standard fuels. As expected, "heavy" fuels are near to diesel fuel (density at 15°C equal to 0.83 t/m³ versus 0.82-0.85 t/m³; lower heating value equal to 43.5 MJ/kg versus 42.3-42.8 MJ/kg), while the light fuels are more like to Gasoline (density at 15°C equal to 0.75 t/m³ versus 0.74-0.78 t/m³; lower heating value equal to 43 MJ/kg versus 43.0-43.9 MJ/kg). Light fuels form 21 % and heavy fuel with 61 % of the total outcome. In the best conditions tested until now we processed 120 kg of tires in 60 minutes using a 24 kW microwave installation. The output and quality of gas and liquid components strongly depended on the total mass of the processed material, applied microwave power and duration of the process. The optimal output and quality were achieved using the combination of convenient (at the beginning of the process) and microwave heating of materials. The dependence of the yield and content on the heating parameters is very complicated and requires a detailed additional study, but the obtained results gave us the possibility to assess the main parameters of the hypothetical working capacity for an industrial plant: electric power consumption 10 GW×h, net capacity 50,000 t, output oil 20,000 t, output gas 12,000, output carbon 18,000 t, output electricity 150 GW×h, electricity sale 140 GW×h. The assessed data are close to that reported in [8].

Acknowledgement

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

Particularly, just for this aim are addressed the relations between NL and logic conjunctions: it is supposed that likeness and distinctions of them may serve as means for more distinctive structuring of semantic domain under consideration.

ზემაღალი სიხშირის გამოსხივება სამთამადნო, მეტალურგიული და პოლიმერული ნარჩენების ეკოლოგიურად სუფთა გადაამუშავების ტექნოლოგიებში

ა.ჭირაკაძე, ზ.ბუაჩიძე, მ.ვაირმანი, უ.ტოსკანო, ნ.კავლაშვილი ბ.კერვალიშვილი, ლ.გურჩუმელია, ა.გიგინეიშვილი, ზ.გასიტაშვილი, თ.ჩიჩუა, დ.ბიბილური, ლ.შარიკაძე

რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია ქართველ მეცნიერთა ახალი მიღწევები სამთამადნო, მეტალურგიული, სასოფლო-სამეურნეო, ყოფითი, სამედიცინო, რეზინა-პლასტიკური და რადიოაქტიური ნარჩენების გადამამუშავების დარგში ზემაღალი სიხშირის (ზმს) გამოსხივების გამოყენებით. ამ მიღწევათა საფუძველზე შეიძლება ჩამოყალიბდეს სამეცნიერო-ტექნიკური ბაზა, რომელიც ხელს შეუწყობს საქართველოს წინსვლას გაზრდილი ეკონომიკური და სოციალური განვითარების, ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის, გარემოს დაცვისა და “მწვანე ეკონომიკის” შექმნის, ცოდნაზე დაფუძნებული საზოგადოების ჩამოყალიბების და მდგრადი განვითარების მიმართულეებით.

MICROWAVE IN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF MINING, METALLURGICAL AND POLYMERIC WASTE

A. CHIRAKADZE, Z. BUACHIDZE, M. WIREMAN, WILLIAM A. TOSCANO, N.KAVLASHVILI, G. KERVALISHVILI, L. GURCHUMELIA, A. GIGINEISHVILI, Z. GASITASHVILI, T. CHICHUA, D. BIBILURI, L. SHARIKADZE

Summary

Recent discoveries by Georgian scientists and scientific institutions in the field of microwave enhanced processing of mining and metallurgical, polymeric, agricultural, municipal, medical, radioactive waste is described in the work. These advances can form a scientific and technological basis for Georgia to move toward increased economic and social development, environmental safety and security establish a “Green Economics” and a Knowledge Based Society and achieve sustainable development.

СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЕ В ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

А.ЧИРАКАДЗЕ, З.БУАЧИДЗЕ, М.ВАИРМАН, У.ТОСКАНО, Н.КАВЛАШВИЛИ, Г.КЕРВАЛИШВИЛИ, Л.ГУРЧУМЕЛИЯ, А.ГИГИНЕИШВИЛИ, З.ГАСИТАШВИЛИ, Т.ЧИЧУА, Д.БИБИЛУРИ, Л.ШАРИКАДЗЕ

Резюме

Описаны недавние достижения грузинских ученых в области переработки отходов горно-добывающего, металлургического, сельскохозяйственного производства и бытовых, медицинских, резино-пластмассовых и радиоактивных отходов, проводимой с использованием СВЧ-излучения. Ряд преимуществ, обеспечиваемых применением СВЧ-поля, может составить основу для начала целенаправленного движения Грузии в сторону быстрого экономического развития, достижения экологической безопасности, формирования «зеленой экономики» и общества, основанного на знании и устойчивом развитии.

ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Adshead, F., Thorpe, A., & Rutter J. (2006). Sustainable development and public health: a national perspective. J R Inst Public Health, 120, 1102-1105.

2. Alderich, D. P. (2012). *Building Resilience: Social Capital in Post-Disaster Recovery*. London: University of Chicago Press, Ltd., 232 pp.
3. Krajnc, D., & Glavic, P. (2005). A Model for Integrated Assessment of Sustainable Development. *Resources, Conservation and Recycling* 43, 189-208.
4. Berberashvili, T., Buachidze, Z., Chirakadze, A., Kervalishvili, G., Khomeriki, I., Gasitashvili, Z., Sikmashvili, Z. (2014). A Simple Quantitative Model for Evaluation of Sustainable Development Index and its Correlation with Knowledge Society Index: Farther Progress International Conference on Clean Energy, Proceedings, 13, 1800-1806.
5. Chirakadze, A., Buachidze, Z., Gigineishvili, A., Gurchumelia, L., Kervalishvili, G., Wireman, M., Gvakharia, V. (2014). Complex Processing of Manganese Bearing Waste and Low-grade Ores by Autoclaving Method. International Conference on Clean Energy. Proceedings, 13, 2453-2456.
6. Wireman, M., Chirakadze, A., Buachidze, Z., Khucishvili, D. (2012). Development of Environmental Methods Facilitating the Sustainable Development and By-product Synergy in Georgia and Caucasian Countries: Farther Progress. *Development of Environmental Methods Facilitating the Sustainable Development and By-product Synergy in Georgia and Caucasian Countries: Farther Progress. Proceedings of the International Conference related to the 90th anniversary of the foundation of Georgian Technical University, May, 2012, pp. 390-400.*
7. Pringle, F. (2007). Microwave-based recovery of hydrocarbons and fossil fuels, United States Patent Application Publication, June 2007, US20070131591A1.
8. Undri, A., Rosi, L., Frediani, M. and Frediani, P. (2011). Microwave pyrolysis of polymeric materials, Microwave Heating, Dr. Usha Chandra ed., ISBN: 978-953-307-573-0, InTech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/microwave-heating/microwave-pyrolysis-of-polymeric-materials>
9. Buachidze, Z., Chirakadze, A., Gigineishvili, A., Basghadze, I., Geleishvil, T., Kervalishvili, G., Geleishvil, I. (2014). Combined Processing of Waste Organic Polymers and Manganese Bearing Waste/low-grade Ores into Fuels and Low-carbon Manganese alloys. International Conference on Clean Energy, Proceedings 13, 1425-1435.

ოპტოტირისტორებით მართვადი სამფაზა გამმართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო

ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე

olabadze@gmail.com, tapesa@mail.ru

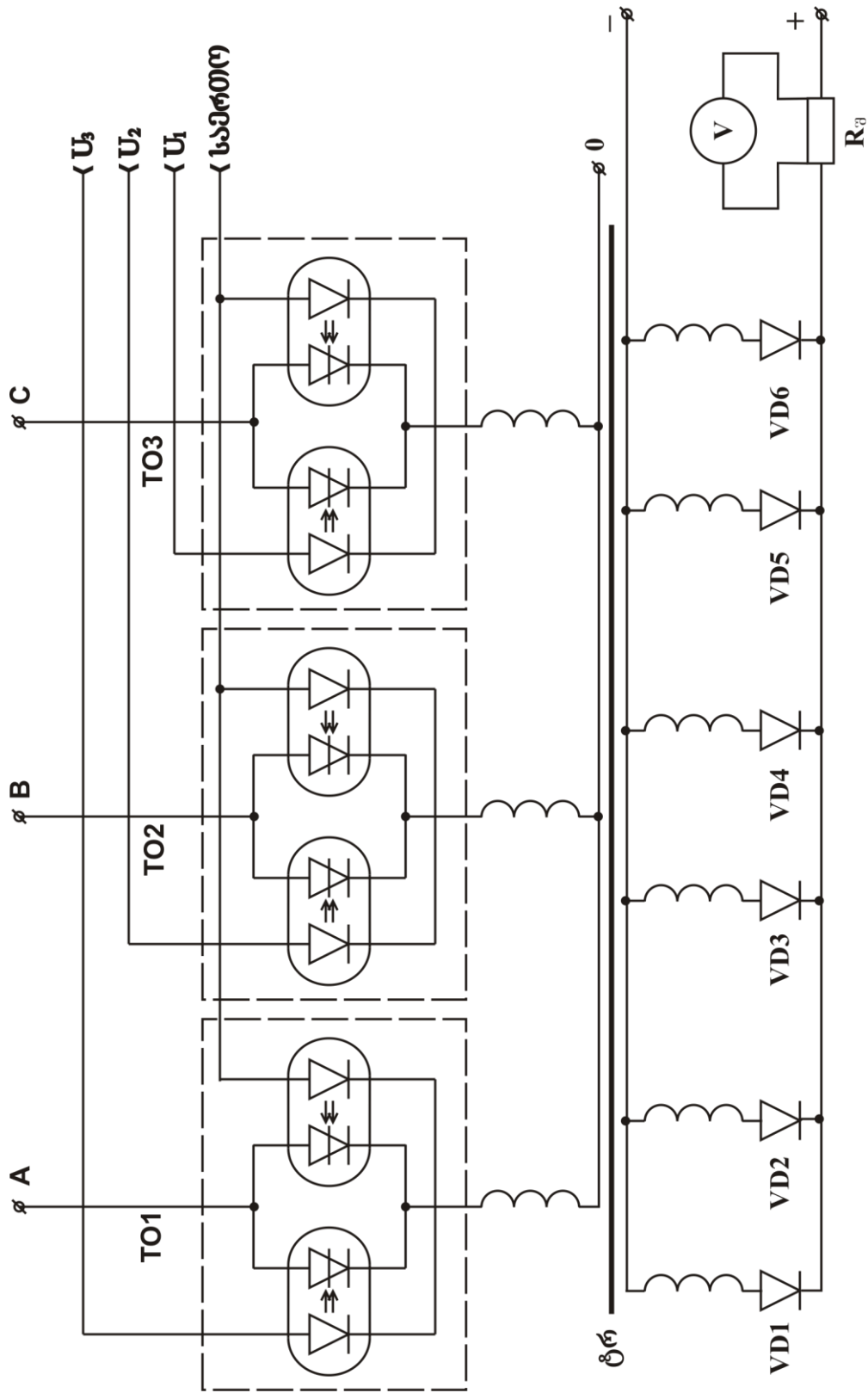
ხშირად, პრაქტიკაში, მთელი რიგი ამოცანების გადასაწყვეტად საჭირო ხდება ფართო დინამიურ დიაპაზონებში დიდი მუდმივი დენების ფორმირება. დღევანდელ დღეს ამისათვის გამოიყენება ძვირი და დიდი გაბარიტების მქონე გასაწყობი მოწყობილობები, რომლებსაც გააჩნიათ მაღალი მეტროლოგიური მახასიათებლები. მაგრამ ხშირად, პრაქტიკულ შემთხვევებში, ისეთი როგორიცაა, მაგალითად, გაღვანური და მაგნიტოოპტიკური დენის, სიმძლავრის და ენერჯის გამზომი პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევა და გრადუირება და აგრეთვე დიდი დენის რეგელების, ავტომატური ამომრთველებისა და დიფენციალური დაცვის მოწყობილობების გაწყობა და რეგულირება, წარმოიშობა მოთხოვნილება შესაბამისი მეტროლოგიური მახასიათებლების მქონე მარტივი და მცირე გაბარიტის მქონე დიდი მუდმივი დენის ლაბორატორიულ წყაროებში – კალიბრატორებში. დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორების ძირითად ნაწილს შეადგენს ძალოვანი ტრანსფორმატორი ცვლადი დენის გამმართველით. ვინაიდან, კალიბრატორების გამოსავალ დენებს უნდა გააჩნდეთ მცირე პულსაციები, ამიტომ ასეთი მიზნებისათვის ძირითადად მიზანშეწონილია სამფაზა ტრანსფორმატორების გამოყენება.

გარდა ძალოვანი ნაწილისა, მუდმივი დენის კალიბრატორების შექმნის საკითხში მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს მათი მართვის საკითხი, რომლის საშუალებითაც მიიღწევა გამოსავალი დენის ცვლილება ფართო დიაპაზონში.

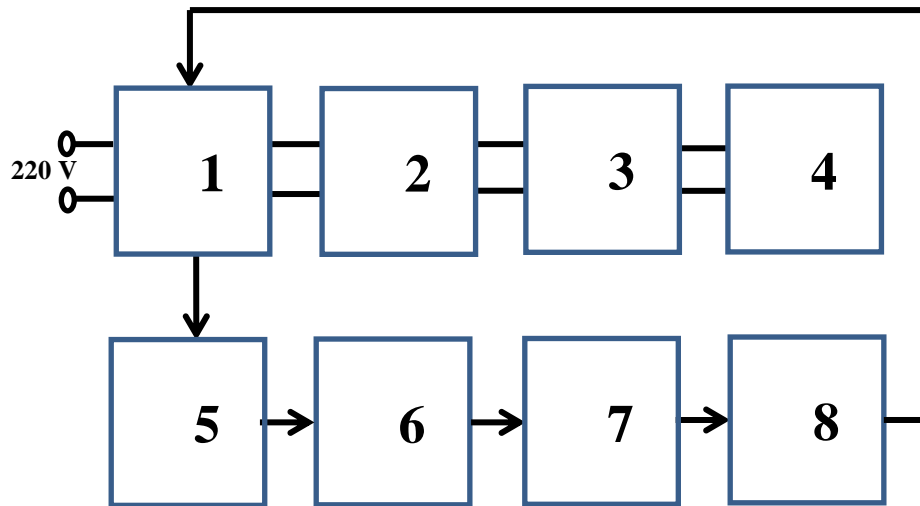
დიდი მუდმივი დენის მართვად წყაროში გამოსავალი დენის ცვლილება ხორციელდება ოპტოტირისტორული წყვილების მეშვეობით, რომლებიც ჩართული არიან ძალოვანი სამფაზა ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილების მიმდევრობით იხ. ნახ.1. წყვილების პირველადი გრაგნილის მიმდევრობით ჩართვა საშუალებას იძლევა მეორადი გრაგნილის გამოსავალზე მიერთებული სამფაზა გამმართველში გამოყენებულ იქნეს ჩვეულებრივი მაღალი ამპერაჟის მქონე დიოდები. მართვის მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს. მცირე სიმძლავრის სამი ტრანსფორმატორი, რომლებიც დატვირთულია **tgm1, tgm2 da tgm3** გამმართველებით და ჩართულები არიან იმ სამ ფაზაში, რომლებიც კვებავენ დიდი დენის კვების წყაროს ძალოვან ტრანსფორმატორს. ამ ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილების გამომავალი გამართული ძაბვები, რომელთა სიხშირეებიც 100 ჰერცია, მიეწოდებიან **ni1, ni2** და **ni3** ნულინდიკატორებს, რომელთა გამოსავალებზეც ფორმირებიან სწორკუთხა იმპულსები სიხშირით 100 ჰერცი. ეს იმპულსები თავის მხრივ მიეწოდებიან **zZg1, zZg2** და **zZg3** ზრდადი ძაბვის გენერატორებს. ამ გენერატორების გამოსავალებზე ფორმირებულ ძაბვებს უდარებენ ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელის **cag** გამომავალ ძაბვას, რომელიც აგრეთვე ზრდად სიგნალს წარმოადგენს. მისი ფორმირება შემდეგნაირად ხორციელდება: იმპულსების გენერატორიდან **ig** რევერსულ მთვლელს **რმ** მიეწოდება იმპულსები. ამასთან, შესაძლებელია იმპულსების სიხშირის შერჩევა, რათა მიღწეულ იქნეს მოცემული შემთხვევისთვის საჭირო ზრდადი ძაბვის ცვლილების სიჩქარე. რევერსული მთვლელი **რმ** მის შესავალზე მმართველი სიგნალის არსებობისას იწყებს იმპულსების დათვლას მმართველი ზემოქმედების მოხსნის მომენტამდე. რევერსულ მთვლელში ჩაწერილი ორობითი კოდი მიეწოდება ციფრულ-ანალოგურ გარდამქმნელს **cag**, ხოლო მის გამოსავალზე ფორმირებული კოდის შესაბამისი ძაბვა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მიეწოდება **ni1, ni2** და **ni3** ნულ ინდიკატორებს. ნულ ინდიკატორები მათ შესავალზე მიწოდებული ძაბვების ტოლობის შემთხვევაში იცვლიან თავიანთ მდგომარეობას, რაც იწვევს **ig1, ig2** და **ig3** იმპულსების გენერატორების ამუშავებას. იმპულსების გენერატორების გამოსავალი მოკლე ხანგძლივობის იმპულსები მიეწოდებიან ოპტოტირისტორის მართვის შესასვლელებს.

ქვემოთ მოყვანილია ასეთი მოწყობილობის ბლოკსქემა და რეალიზაციის ვარიანტები. ბლოკსქემაში (ნახ.2) შედის:

1. მართვის ბლოკი;
2. ტრანსფორმატორი;



ნახ.1 დენის წყაროს კალღვანი ნაწილის პრინციპული ელემტრული სქემა



ნახ.2

3. გამმართველი;
4. დატვირთვა;
5. დისკრიმინატორი;
6. ოპტრონი;
7. დაგვიანების ბლოკი;
8. მართვის იმპულსის ფორმირები ბლოკი.

მართვის ბლოკის (1) დანიშნულებაა ტრანსფორმატორზე (2) მიერთებული გამმართველის (3) გავლით დატვირთვაში მიღებული დენის ძალის მართვა. მართვა ხორციელდება ქსელიდან მიღებული 220 ვ. ძაბვის ოსცილოგრამაზე გარკვეული ფართის ამოჭრით, როგორც ეს ჩვენებია ნახ 3.

ბლოკსქემაში შედის:

1. დისკრიმინატორი – მოწყობილობის შესასვლელზე მიწოდებული ძაბვიდან ახორციელებს 5ვ ამპლიტუდის იმპულსების ფორმირებას ძაბვის დადებითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში.

2. ოპტრონი – გათვალისწინებულია წრედების გაღვანური განმხოლოებისათვის.

3. დაგვიანების ბლოკი – ახორციელებს დისკრიმინატორიდან გამოსული იმპულსის წინა ფრონტის დაგვიანებას, რითაც განაპირობებს მართვის ბლოკში 220 ძაბვის ოსცილოგრამაზე საჭირო ფართის ამოჭრით დატვირთვაში დენის რეგულირებას.

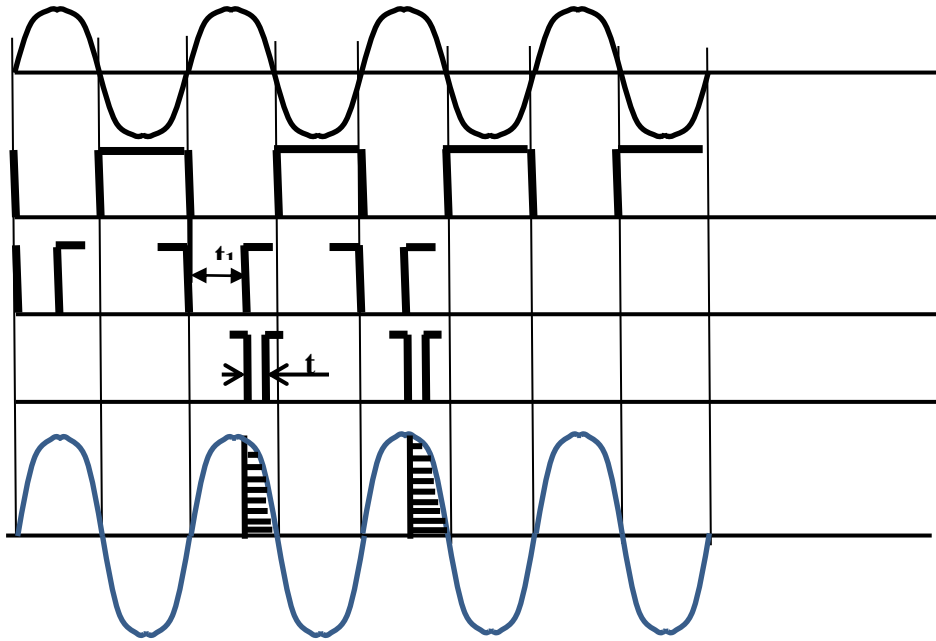
4. დისკრიმინატორი – მოწყობილობის შესასვლელზე მიწოდებული ძაბვიდან ახორციელებს 5ვ ამპლიტუდის იმპულსების ფორმირებას ძაბვის დადებითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში.

5. მართვის იმპულსის მაფორმირებელი – ახორციელებს დაგვიანების ბლოკიდან გამოსული იმპულსის წინა ფრონტით საჭირო ხანგრძლივობის მართვის იმპულსის ფორმირებას.

დისკრიმინატორი აგებულია დიდი სიმძლავრის სტაბილიტრონზე. საბალასტე წინააღმდეგობის სიდიდე აირჩევა სტაბილიზაციის მაქსიმალური დენის პირობიდან. ძაბვა დისკრიმინატორის გამოსავლიდან მიეწოდება ოპტრონის ბლოკის შესავალს და მისი გავლით დაგვიანების სქემას, რომელიც ახორციელებს ძირითადი ოპტიკურისტორის გაღებას გამოსავალი დენის რეგულირების მიზნით. 50ჰც სინუსოიდის ერთი ნახევარპერიოდის ხანგრძლივობაა 10 მს. აქედან გამომდინარე დაგვიანების სიდიდის რეგულირების დიაპაზონი უნდა იყოს 0 დან 10მს. მდე.

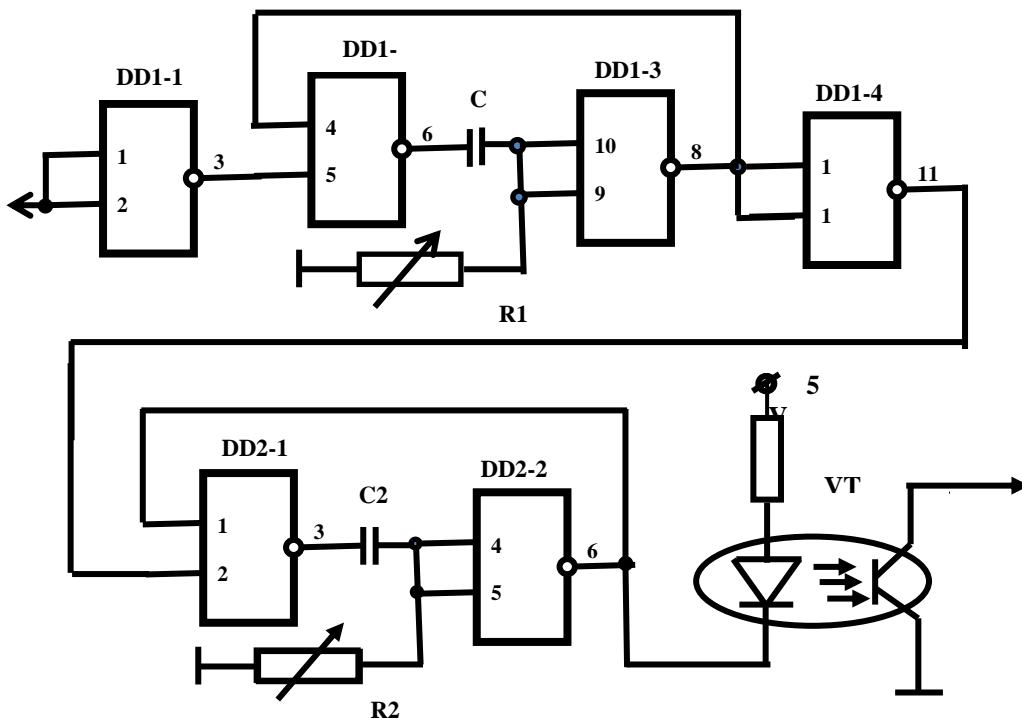
ოპტრონის გამოსასვლელიდან დადებითი იმპულსები მიეწოდება DD1-1 მიკროსქემაზე აგებული ინვერტორის შესასვლელზე (ნახ.3). ინვერტორი ახორციელებს დადებითი იმპულსის ინვერტირებას უარყოფით იმპულსში. უარყოფითი იმპულსის წინა ფრონტი გამოიყენება DD1-2 და DD1-3 მიკროსქემებზე აგებული დაგვიანების ბლოკის გაშვებისათვის, ბლოკის გაშვება ხორციელდება შესასვლელი იმპულსის უკანა ფრონტით. დაგვიანების სიდიდე პროპორციულია სქემაში გამოყენებული C1 კონდენსატორისა და R1 ცვლადი წინაღობის სიდიდეების ნამრავლისა. ამ ორი

კომპონენტის პარამეტრები ისეა შერჩეული, რომ დაგვიანება იცვლება 0 - 10მს. დიაპაზონში.



ნახ.3

დაგვიანების ბლოკის გამოსასვლელიდან უარყოფითი იმპულსები მიეწოდება DD1-4 ინვერტორის შესასვლელზე. ინვერტორი ასორციელებს უარყოფითი იმპულსის



ნახ.4

ინვერტირებას დადებით იმპულსში. ინვერტორის გამოსასვლელიდან სიგნალი მიეწოდება DD2-1 და DD2-2 მიკროსქემებზე აგებულ დაგვიანების ბლოკს. ბლოკის გაშვება ხორციელდება შესასვლელი იმპულსის უკანა ფრონტით. დაგვიანების სიდიდე პროპორციულია სქემაში გამოყენებულ C2 კონდენსატორისა და R2 ცვლადი წინაღობის

სიდიდის ნამრავლისა (ნახ.4). ამ ორი კომპონენტის სიდიდეები ისეა შერჩეული რომ დაგვიანების სიდიდე იცვლება 50 - 500 მკს დიაპაზონში. დაგვიანების სიდიდე უნდა შეირჩეს ისეთი, რომ უზრუნველყოს ძირითადი ოპტოტირისტორის იმედიან გაღებას. VT1 ოპტოტირისტორის გამოიყენება დაგვიანების ბლოკის და ძირითადი ოპტოტირისტორის გაღვანური განმხოლოებისათვის.

ოპტოტირისტორებით მართვადი სამფაზა გამმართველიანი დიდი მუდმივი დენის წყარო

ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე

რეზიუმე

შეფასებულია ფართო დინამიურ დიაპაზონებში დიდი მუდმივი დენების ფორმირების ამოცანა. გამოყოფილია ამ ამოცანის ქვეკლასი დამახასიათებელი ზოგიერთი პრაქტიკული შემთხვევისათვის: გაღვანური და მაგნიტოოპტიკური დენის, სიმძლავრის და ენერჯის გამზომი პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევა და გრადუირება, დიდი დენის რეგულაციის, ავტომატური ამომრთველებისა და დიფენციალური დაცვის მოწყობილობების გაწყობა და რეგულირება. მოცემულია ასეთი ამოცანების გაადწვევების ხერხი მაღალი მეტროლოგიური მახასიათებლების მქონე მარტივი და მცირე გაზომვის მქონე დიდი მუდმივი დენის ლაბორატორიულ წყარო – კალიბრატორით.

ნაშრომში განხილულია მარტივი და მცირე გაზომვის მქონე დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორის მოქმედების ერთერთი პრინციპი და მოცემულია მისი აგებისათვის აუცილებელი კვანძების სხვადასხვა ვარიანტები.

მოყვანილია კალიბრატორის ერთერთი ძირითადი კვანძის ოპტოტირისტორის მართვის ბლოკის რალიზაციის მარტივი ელექტრონული სქემა.

A SOURCE OF GREAT THREE PHASE CONTROLLED MANAGED OPTO THYRISTORS

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

Summary

There is given an assessment of the problem of generating large current over a wide dynamic range in the paper. Selected subclass of this problem is typical of some practical cases: research and grading of primary plating and magneto-optical current transducer, power and energy, debugging and management of high-current relays, circuit breakers, the differential protection devices. The way of solving these problems in a simple and compact calibrator has high metrological characteristics.

One of the principles of the compact high-current calibrator, and examples of the implementation of individual nodes is considered in the paper.

There is also shown the circuit diagram of one of the main units of the calibrator - the control unit opto thyristors.

ИСТОЧНИК БОЛЬШОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ТРЕХФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ УПРАВЛЯЕМЫЙ ОПТОТИРИСТРОМ

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

Резюме

Проведена оценка задачи генерирования большого тока в широком динамическом диапазоне. Выделен подкласс этой задачи характерный для некоторых практических случаев: исследование и

градирующие первичных гальванических и магнитооптических преобразователей тока, мощности и энергии, отладка и регулирование сильноточных токовых реле, автоматических выключателей, устройств дифференциальной защиты. Указан способ решения этих задач при помощи простого и малогабаритного калибратора обладающего высокими метрологическими характеристиками.

Рассмотрен один из принципов построения малогабаритного сильноточного калибратора и приведены примеры реализации отдельных узлов.

Приведена электрическая схема одного из основных блоков калибратора - блока управления оптотиристором.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თ.საანიშვილი, ნ.ყავლაშვილი - დიდი მუდმივი დენის ოპტოტირისტორული კალიბრატორი. – სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N5, თბილისი, 2002, გვ. 60-65.
2. თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ნ.ყავლაშვილი, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე - დიდი დენის რელეებისა და პირველადი გარდამქმნელების გამოკვლევისა და გრადუირებისათვის განკუთვნილი მოწყობილობა. – სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N15, თბილისი, 2011, გვ. 111-115.

ТРЕХПОЗИЦИОННЫЙ БЕЗКОНТАКТНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР

О. ЛАБАДЗЕ, П. СТАВРИАНИДИ, М. ЦЕРЦВАДЗЕ

olabadze@gmail.com

В настоящее время, существующие аналогичные автоматические приспособления, в качестве приводного механизма в основном используют специальные шаговые двигатели, которые кинематически связаны с подвижной, непрерывно вращающейся механической системой, использующей кинематические узлы сложной конфигурации. Такая система отличается низкой экономичностью и низкой долговечностью [1-9].

В статье описывается реализованный нами действующий макет безконтактного трёхпозиционного индикатора, основанный на предложенном методе отображения циклически изменяемой визуальной информации, размещённой на гранях равносторонних призм в виде вертикального раstra.

Смена визуальной информации реализуется путём поворота, в данном случае, трёхугольных призм вокруг их вертикальных осей.

При разработке новой системы смены видовой информации изображения была экспериментально исследована описанная в работе [8,9] электромагнитная система, которая состоит из последовательной цепи однотипных ячеек, каждая из которых обеспечивает вращение двух параллельных осей с шагом 120° .

Эта ячейка является основным элементом индикатора и определяет все его параметры. Например, такие как экономичность (энергопотребление), быстродействие смены визуальной информации, погрешность установки пространственного углового положения призм и т.д.

На рис. 1 схематически показана описываемая ячейка подключённая к общей схеме управления. В состав ячейки входят: соленоиды 1, два ротора 2, каждый из которых содержит постоянные магниты расположенные под углом 120° относительно оси вращения, и магнитомягкий магнитопровод без обмотки управления, который обеспечивает надёжное замыкание магнитных силовых линий соответствующих полюсов роторов, и тем самым, не только уменьшает расход потребляемой электрической энергии, но и надёжную пространственную фиксацию и ориентацию роторов 2, что и уменьшает число возможных колебаний после снятия управляющих импульсов. Блок управления 3 обеспечивает синхронную работу роторов, а, следовательно, и надёжную работу индикатора.

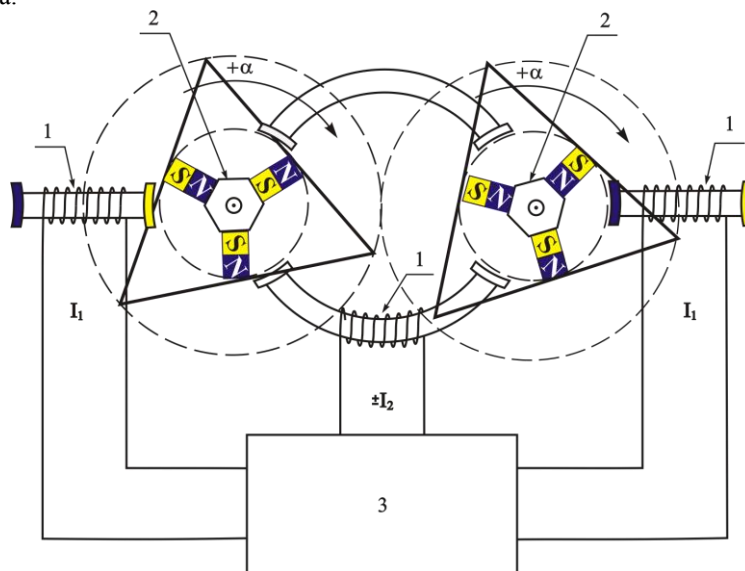


Рис. 1

При функционировании индикатора на соленоиды ячеек поступают импульсы и формируются магнитные поля переводящие трёхгранные призмы в очередную позицию. Отличительной особенностью ячеек является чередование магнитных полюсов роторов, причём в одном из них чередуется последовательность полюсов SNS, а в другом NSN. Такая комбинация полюсов и воздействующих на них формируемых магнитных потоков обеспечивает силы притяжения и отталкивания, и создаёт соответствующие вращательные моменты в направлении вращения.

Сердечники соленоидов выполнены из магнитомягкого материала. Полный оборот роторов обеспечивает последовательное отображение трёх различных видов визуальной информации и осуществляется соответствующей подачей токов, поступающих на соленоиды ячеек.

На рис.2 показана функциональная схема устройства, которая содержит следующие узлы: 1 - генератор тактовых импульсов (Г), 2 – счётчик (СТ), подключённый к дешифратору 3 (DC) и ключи (К) 4 соединённые с соленоидами 5 (С), а также одновибраторы 6 и 7, которые формируют импульсы F1 и F2, поступающие на соответствующие стробирующие входы дешифратора DC.

Устройство функционирует следующим образом. Генератор тактовых импульсов 1 передним фронтом импульсов переключает счётчик 2, а задним фронтом – запускает одновибратор 6, который формирует импульс F1. Частота импульсов генератора определяет время экспозиции видовой информации, а длительность импульса F1 определяет энергию силового импульса, поступающего на соленоиды через ключи 4. После каждого силового импульса формируются соответствующие тормозящие импульсы противоположной полярности с помощью импульса F2 поступающего от одновибратора 7.

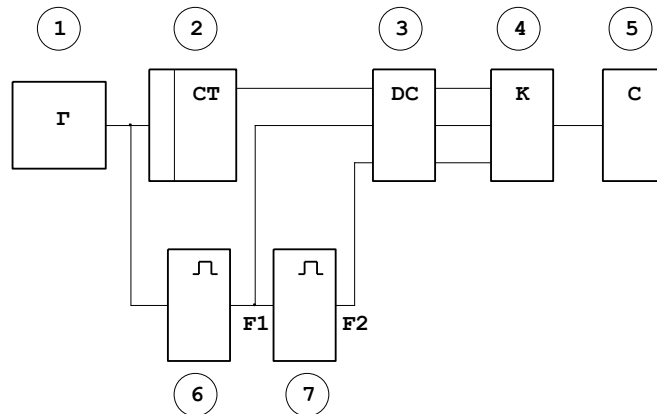


Рис. 2

На рис.3 представлена принципиальная схема дешифратора 3 и ключей 4 обозначенных буквами К1 и К2. Дешифратор реализован на трёхвыходовых схемах И-НЕ с открытыми коллекторными выходами объединёнными по схеме ИЛИ. Схемы ключей К1 и К2 - идентичны. Они обеспечивают подачу на соленоиды знакопеременных токов, так как имеют прямой и инверсный входы.

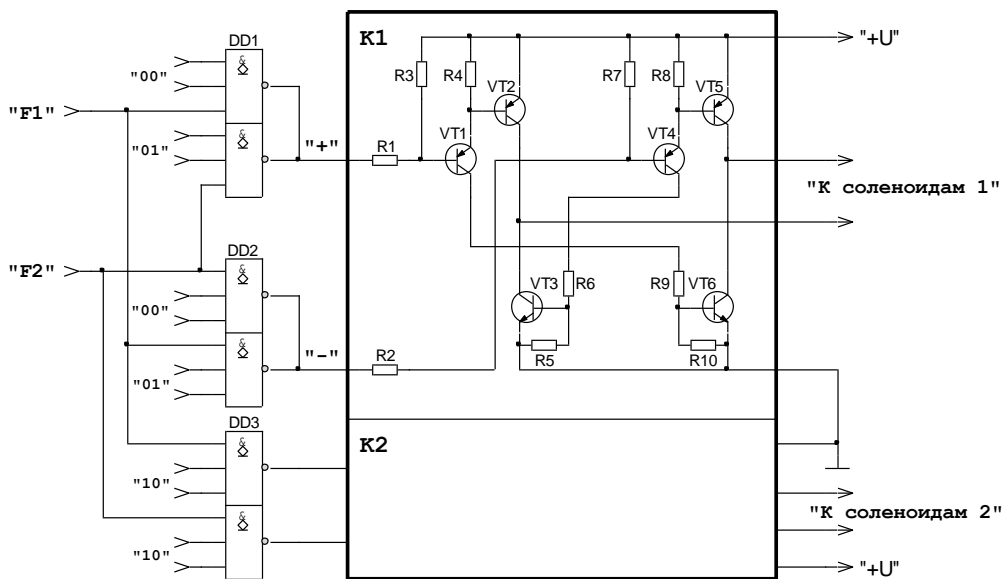


Рис. 3

На рис.4 показаны временные диаграммы функционирования динамического индикатора, где 1 и 2 импульсы F1 и F2; 3 и 4 – импульсы, поступающие на прямой и инверсный входы ключей K1; 5 и 6 – импульсы, поступающие на аналогичные входы ключей K2; 7 и 8 - токовые импульсы в обмотках соленоидов.

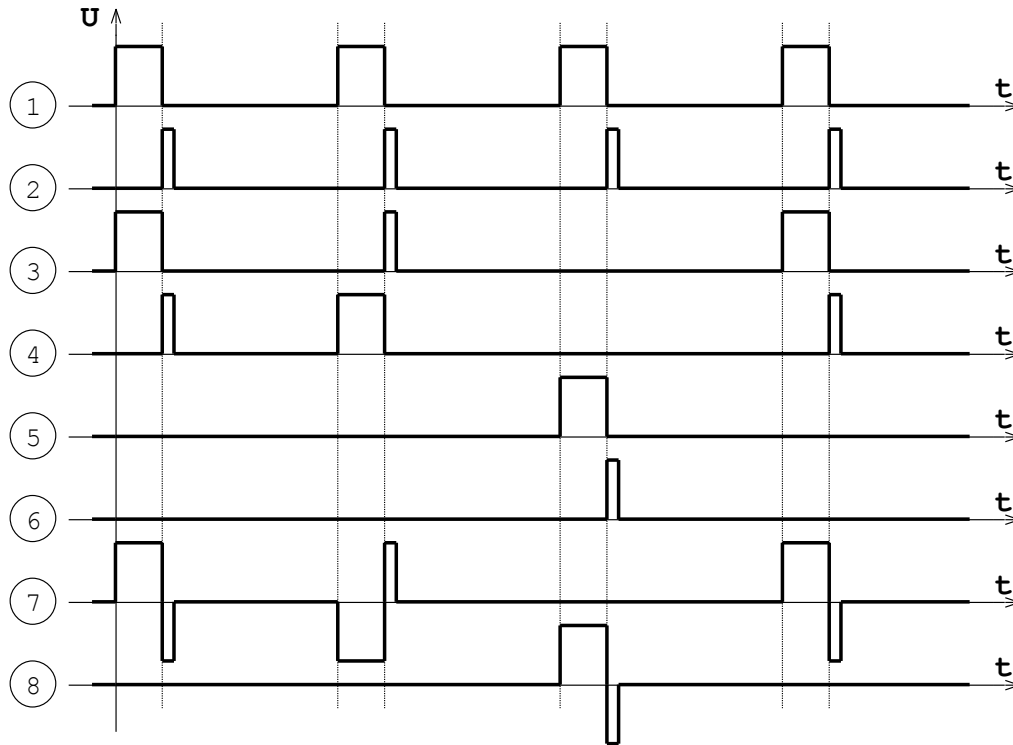


Рис. 4

Токовые импульсы 7 и 8 в обмотках соленоидов обеспечивают не только динамический поворот на 120° , но и торможение, что существенно уменьшает число возможных колебаний после прохождения управляющих импульсов.

Следует отметить, что быстрое развитие микроэлектронной техники и внедрение новейших технологий по получению востребованных разработчиками магнитных материалов и производства сильных постоянных магнитов открывает большие возможности перед учёными, конструкторами и разработчиками для решения поставленных производством научно-технических задач.

სამკოზიციური უკონტაქტო დინამიური ინდიკატორი

ო. ლაბაძე, ა. სტავროპოლი, მ. ცერცვაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია და პრაქტიკულად განხორციელებულია ფიქსირებული მდგომარეობის შეცვლის უკონტაქტო სამკოზიციური მართვის სისტემის მეთოდი. აღწერილი სისტემა ფუნქციონირებს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა წარმოიშევა მართვის იმპულსური სიგნალები. ხედური ინფორმაციის შეცვლის შედეგებში სისტემა არ მოიხმარს ელექტრულ ენერჯიას იმიტომ, რომ ბრუნავ სამკუთხა პრიზმებს შორის არ არის კინემატიკური გადაცემა, ხოლო ინდიცირების სიბრტყე ინარჩუნება მუდმივი მაგნიტების ველით და მაგნიტოგამტარებით. შემოთავაზებული მეთოდი გამოირჩევა მნიშვნელოვანი უპირატესობით ცნობილი ანალოგიური დინამიურ ინდიკატორებთან შედარებით.

THREE-POSITIONAL CONTACTLESS DYNAMIC INDICATOR

O .LABADZE, P. STAVRIANIDI, M. TSERTSVADZE

Summary

In the paper there is discussed and implemented in practice the original method of contactless three-positional changes of fixed state of control system. This system operates only in the case when there are pulse control signals. Between changings of the viewing information, the system does not consume electrical energy because of absence of kinematic transmission between rotating triangular prisms, and the plane display has a closed magnetic field of permanent magnets and magnetic circuits. The proposed method has a significant advantage in comparison with similar known dynamic indicators.

ТРЕХПОЗИЦИОННЫЙ БЕЗКОНТАКТНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР

О. ЛАБАДЗЕ, П. СТАВРИАНИДИ, М. ЦЕРЦВАДЗЕ

Резюме

В статье рассмотрен и на практике реализован оригинальный метод безконтактного трёхпозиционного изменения фиксированного состояния системы управления. Описанная система функционирует только в том случае, когда появляются импульсные сигналы управления. В промежутках между сменой видовой информации, система не потребляет электрическую энергию благодаря тому, что между вращающимися треугольными призмами нет кинематической передачи, а плоскость индикации поддерживается замкнутым магнитным полем постоянных магнитов и магнитопроводами. Предложенный метод обладает существенным преимуществом по сравнению с аналогичными известными динамическими индикаторами.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

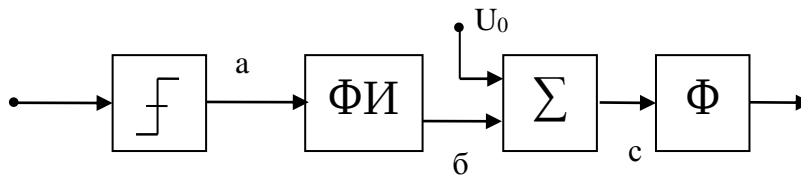
1. А.Л. Поляничко, О.Л. Поляничко, А.В. Шаульский, В.К. Шикирявый и Р.С. Душко Индикатор. А.С. СССР 647707.– Оpub. в Б.И. №6, 1979 г.
2. А.Л. Поляничко, А.В. Шаульский, Ю.А. Поляничко. Матричное индикаторное устройство. А.С. СССР 940215. – Оpub. в Б.И. №24, 1982 г.
3. Патент США 4825205. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.
4. Ласло Ягиша, Шандор Иодал и Иозеф Мандшу (ВНР). Устройство для многоцелевой индикации. А.С. СССР 427536.– Оpub. в Б.И. №17, 1975 г.
5. Патент Японии 122620. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.
6. ო. ლაბაძე, გ. აკოპიანი, გ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე, ნ. აკოპიანი. ინდიკატორი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი” პატენტი P 1624 განცხადებულია 08.05.1996 წ., გამოქვეყნებულია 29.01.1999 წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საიფორმაციო ბიულეტენი 1999წ., № 1(41) გვ. 52-53.
7. А.П. Васильев, М.И. Фримтштейн. Управление движением на автомобильных дорогах.– М.: Транспорт, 1979 г., с. 176-178.
8. ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, თ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე. უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის აგების ფიზიკური საფუძვლები და თავისებურებანი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №16, 2012 წ., გვ. 83-88.
9. ო. ლაბაძე უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ინდიკატორის მართვის მეთოდი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №17, 2013 წ., გვ. 66-70.

დაბალი სიხშირის სიგნალების გაზომვა, ბარდაქმნა და გამოყენება

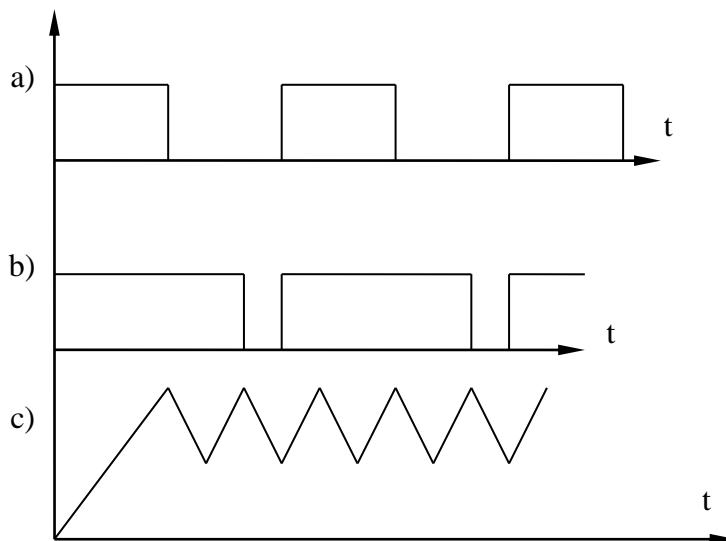
ო. ტროყაშვილი, ბ. შრუშაძე, ნ. შენბელია

ცნობილია დაბალი სიხშირის რთული რხევების სიგნალების გაზომვის მეთოდები, რომლებშიც გამოიყენება ფილტრები ან იმპულსური სქემები. ფილტრების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მაღალი მგრძობიარობა და სიზუსტე, მაგრამ ასეთი სქემები მოითხოვენ გადაწყობას სიხშირის მიხედვით. იმპულსური სქემების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს გაეზარდოს გაზომვის დიაპაზონი, მაგრამ ნაკლებია მათი მგრძობიარობა [1].

ნახ.1 ნაჩვენებია დაბალი სიხშირის სიგნალების იმპულსური სქემით გაზომვის სტრუქტურა. ნახ. 2. ნაჩვენებია ამ სქემის მუშაობის დროითი დიაგრამა.



ნახ.1



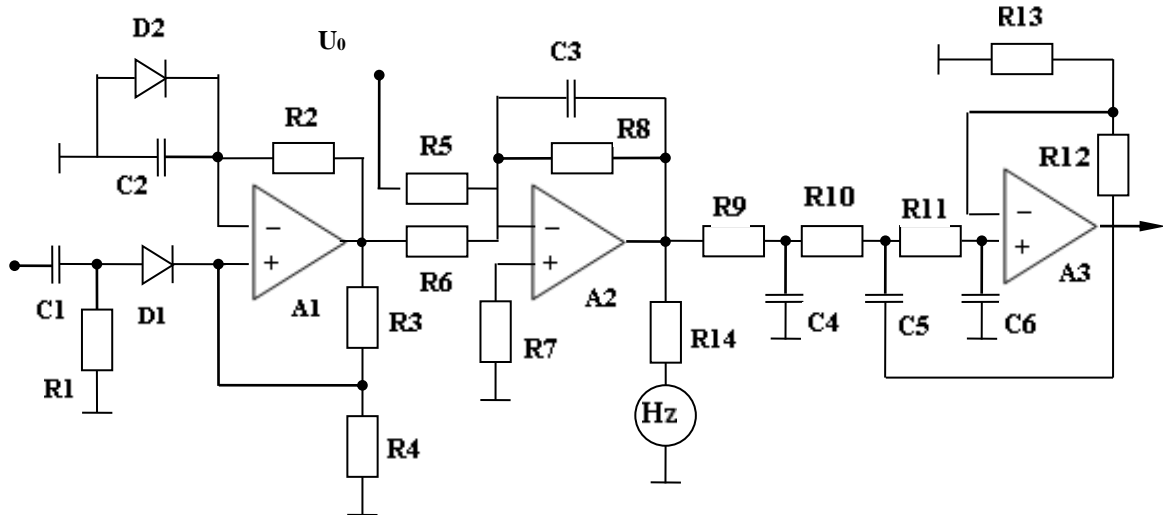
ნახ. 2

დაბალი სიხშირის რხევების სიგნალი მიეწოდება კომპარატორს, რომლის გამოსავალი მიეწოდება იმპულსის ფორმირების ბლოკს. ცნობილია, რომ ამ ბლოკის გამოსავალზე არსებული პულსირებული სიგნალის ეფექტური მნიშვნელობა შემაჯავალი სიგნალის სიხშირის პროპორციულია. ნახ. 3 წარმოდგენილია სიხშირის გაზომვის სქემა ისრიანი ვოლტმეტრის გამოყენებით დიაპაზონში 30 – 60 ჰერცი. U_0 ძაბვის საშუალებით ხდება სიხშირის მინიმალური – 30 ჰერცის დაყენება, ხოლო R_8 -ის საშუალებით მაქსიმალური მნიშვნელობის შერჩევა. იმპულსის ფორმირების წრედი აგებულია A1 ოპერაციულ გამაძლიერებელზე, ხოლო ამჯამავე მოწყობილობა – A2 ზე.

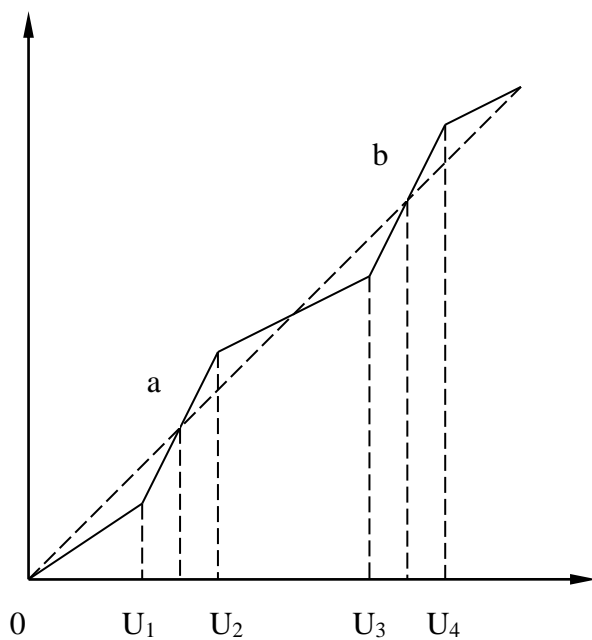
ამჯამავე მოწყობილობის გამოსავალზე მიღებული ძაბვა არის საკმაოდ დიდი ამპლიტუდის პულსირებული სიგნალი ნახ. 2c. ამ სიგნალის გამოყენება მართვის პროცესებში და სხვა მოწყობილობებში შეუძლებელია მისი ფორმის გამო. იმპულსური მეთოდით გაზომილი სიხშირეები როგორც უკვე ზემოთ იყო აღნიშნული არის დაბალი მგრძობიარობის სიხშირულ ფილტრებთან შედარებით. ქვემოთ ნაჩვენებია იმპულსური მეთოდის მგრძობიარობის გაზრდის სქემა. ამჯამავე მოწყობილობიდან მიღებული

სიგნალი მიეწოდება Φ ფილტრს, რომლის საშუალებითაც ხდება პულსირებული სიგნალის გადაყვანა შესაბამის ეფექტურ მნიშვნელობაში, მინიმალური პულსაციით. ამ მიზნით შესაძლებელია გამოვიყენოთ ჩებიშევის, ბესელის ან ბატერვორდის ფილტრები. ეს ფილტრები იძლევიან საშუალებას პულსირებული სიგნალი გადავიყვანოთ შესაბამის მუდმივ ძაბვაში, მინიმალურ დროში, მინიმალური პულსაციით.

ნახ.3-ზე Φ ფილტრის სახით გამოყენებულია ჩებიშევის აქტიური ფილტრი, რომელიც აგებულია A3 ოპერაციულ გამაძლიერებელზე.



ნახ. 3

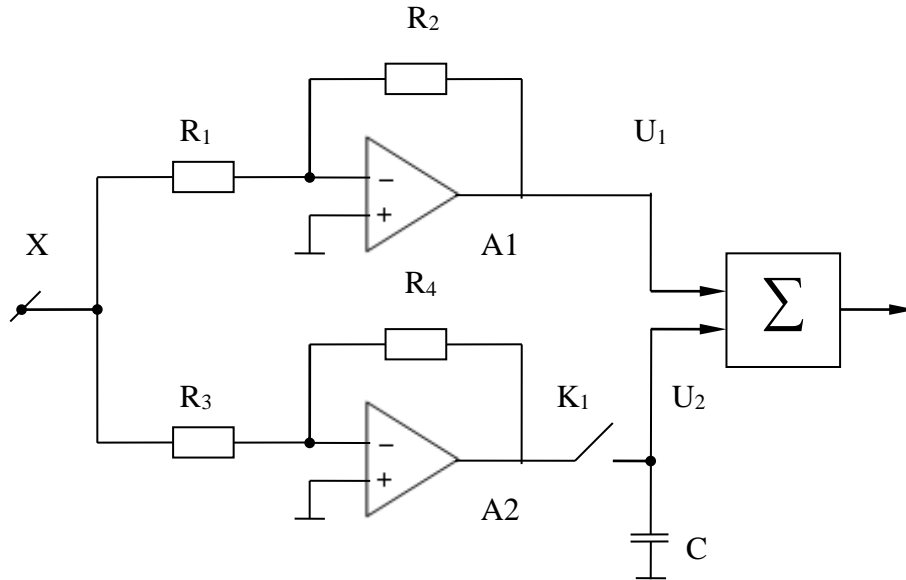


ნახ. 4

ამ ფილტრს შესასვლელზე დამატებული აქვს დაბალი სიხშირის ფილტრი - $R9C4$ კონტური. ჩებიშევის ფილტრის პარამეტრები შეირჩევა ცნობილი ფორმულების მიხედვით [3,4] და წინასწარ განსაზღვრული სიხშირის დიაპაზონით[2]. აგებულ ფილტრს აქვს შემდეგი პარამეტრები: სწრაფმოქმედება 0,3წმ, პულსაცია 20 მილივოლტი ძირითადი 6 ვოლტიანი სიგნალის დროს. ამ ფილტრის გამოყენებამ, ანუ კარგი ფორმის სიგნალის მიღება - მინიმალური პულსაციით, საშუალებას იძლევა მოვხდინოთ მისი დიფერენცირება და გავზარდოთ იმპულსური სქემის მგრძობიარობა.

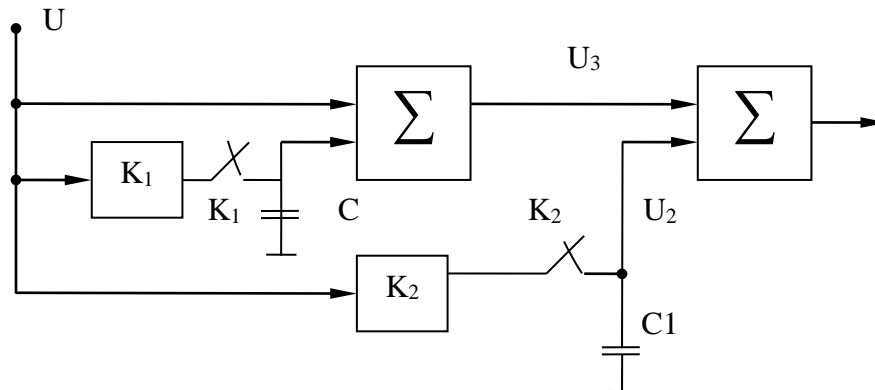
ნახ.4-ზე წარმოდგენილია მგრძობიარობის გაზრდის დიაგრამა, ხოლო ნახ.5 ამ დიაგრამის შესაბამისი ელ.სქემა.

მგრძობიარობის გაზრდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: საწყის მომენტში სქემის მგრძობიარობა არის დაბალი, ინტერვალი $0 - U_1$, ხოლო U_1 -ის შემდეგ მგრძობიარობა მკვეთრად იზრდება – ნახაზის მიხედვით იზრდება ხაზის დახრილობის კუთხე.



ნახ. 5

ამ ტეხილი ხაზის მიღების შესაბამისი ელექტრული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5. საწყის მომენტში გასაღები K_1 გათიშულია. ამჯამავე მოწყობილობის გამოსავალზე მიიღება სიგნალი რომლის მნიშვნელობაც დამოკიდებულია R_1 და R_2 წინააღობების ნომინალზე. U_1 წერტილში K_1 ჩაირთვება ამიტომ ამჯამავე მოწყობილობის გამოსავალზე სიგნალი დაიწყებს მკვეთრად გაზრდას – ინტერვალი $U_1 - U_2$. U_2 წერტილში K_1 ითიშება ამიტომ $U_2 - U_3$ ინტერვალში ტეხილი გააგრძელებს მოძრაობას იგივე დახრილობით რაც მონაკვეთზე $0 - U_1$. შემდეგი ბიჯის მისაღებად – ტეხილი $U_2 - U_3$, სქემაში დამატებით უნდა ჩაირთოს ისეთივე კონტური, როგორიც გამოყენებული იყო ნახ.5. კონტურის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 6.

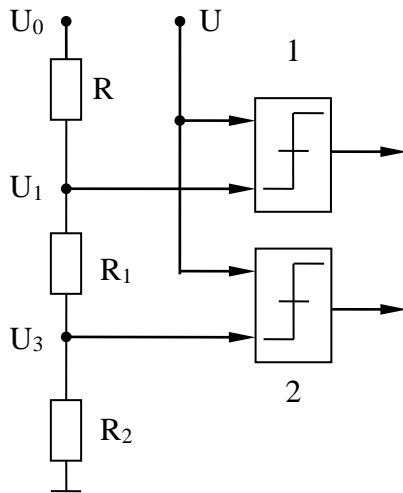


ნახ. 6

1 და 2 გასაღებების მართვა ხდება კომპარატორებიდან 1 და 2. $U_1—U_3$ ძაბვები შეირჩევა U_0, R_1, R_2 და R_3 წინაღობების საშუალებით.

წარმოდგენილი სქემების გამოყენებით შესაძლებელია გასაზომი სიხშირეების გაზომვა სასურველ წერტილებში მეტი სიზუსტით მექანიკური გადართვების გარეშე. გარდა ამისა ნახ.3 ნაჩვენებია სქემის გამოყენებით შესაძლებელია პულსირებული სიგნალის გარდაქმნა შესაბამის მუდმივ ძაბვაში წინასწარ შერჩეული დროის მიხედვით მინიმალური პულსაციით. ასეთი

გარდაქმნა საშუალებას გვაძლევს გამოეთვალოთ სხვადასხვა სახის რხევების მნიშვნელობები და მათი პირველი რიგის წარმოებულები ანუ სიხშირის რხევების ცვლილების სიჩქარე.



ნახ. 7

დაბალი სიხშირის სიგნალების გაზომვა, გარდაქმნა და გამოყენება

თ. ტროკაშვილი, ბ.ურუშაძე, ნ.შენგელია

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დაბალი სიხშირის სიგნალების გაზომვა, იმპულსის ფორმირების წრედის გამოყენებით. ნაჩვენებია პულსირებული სიგნალის გარდაქმნა შესაბამის მუდმივ ძაბვაში. მოყვანილია სქემა, რომლითაც შესაძლებელია მგრძობიარობის გაზრდა. გარდაქმნისათვის გამოყენებულია ჩებიშევის მეორე რიგის აქტიური ფილტრი.

MRASURMENT, TRANSFORMATION AND APPLICATION OF LOW FREQUENCY SIGNALS

T. TROKASHVILI, G.URUSHADZE, N.SHENGELIA

Summary

Low frequency signal measuring by applying impulse forming circuit is considered in the paper. It is shown how to transform pulsative signal into the corresponding permanent voltage. There is given a scheme according to which it is possible to increase sensitiveness. Chebishev active filter of the second row is used for transformation.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Т. ТРОКАШВИЛИ, Г. УРУШАДЗЕ, Н. ШЕНГЕЛИА

Резюме

Рассмотрено измерение сигналов низкой частоты. Используется схема формирования импульса. Показано преобразование пульсирующего сигнала в постоянное напряжение. Приведена схема повышения чувствительности. Для преобразования используется фильтр Чебышева второго порядка.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. У. Титце К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника. Москва, 1983г.
2. Т. Трокашвили – Активные полосовые фильтры. Международная научная конференция, Проблемы управления и Энергетики – РСРЕ – 2004. Тбилиси, 2004
3. თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე, ნ. შენგელია - აქტიური ზოლოვანი ფილტრების გადაწყობა რეზონანსულ სიხშირეზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი შრომათა კრებული 2013.

დისტანციური მართვის გამანაღვრელი სისტემის დაგეგმვა

დ. შურცხვანიძე

mshoblebi@posta.ge

მიწაში ჩატოვებული ნაღმების გაუვნებელყოფა სიცოცხლისათვის მეტად საშიშ ოპერაციათა რიცხვს მიეკუთვნება. ამიტომ აქტუალურია ამ ოპერაციის ჩატარება დისტანციური მართვით, რადიოსიგნალებით მართვადი მოწყობილობის მეშვეობით.

მოწყობილობა შედგება რადიომართვადი ავტომობილისაგან რომელზეც დამაგრებულია სამი გზის სატკეპნი მძიმე ცილინდრი. ავტომობილი აღჭურვილია ვიდეოთვალთ რომლიდან გადმოცემული გამოსახულება აისახება სამართავი პულტის ეკრანზე. ავტომობილის გადაადგილებისა და მობრუნების მართვა ხორციელდება სამართავი პულტიდან. სისტემას მუშაობა შეუძლია ორ რეჟიმში: პირდაპირი მართვის რეჟიმში და დისტანციური მართვის რეჟიმში. პირდაპირი მართვის რეჟიმის დროს სისტემა მიჰყავს ავტომობილის საჭესთან მჯდომ მძღოლს. ამ დროს ავტომობილის წინ დამაგრებული მიწის სატკეპნი გორგოლაჭების დამჭერი ღეროები დამოკლებულია და გორგოლაჭები მიწიდან ზევითაა აწეული. დისტანციური მართვა ხორციელდება დისტანციური მართვის პულტიდან. ამ დროს გორგოლაჭების დამჭერი ღეროები დაგრძელებულია, ამავე დროს გორგოლაჭები მთელი სიმძიმით აწევებიან მიწას.

მოწყობილობის მოქმედი მოდელი წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.



ნახ.1

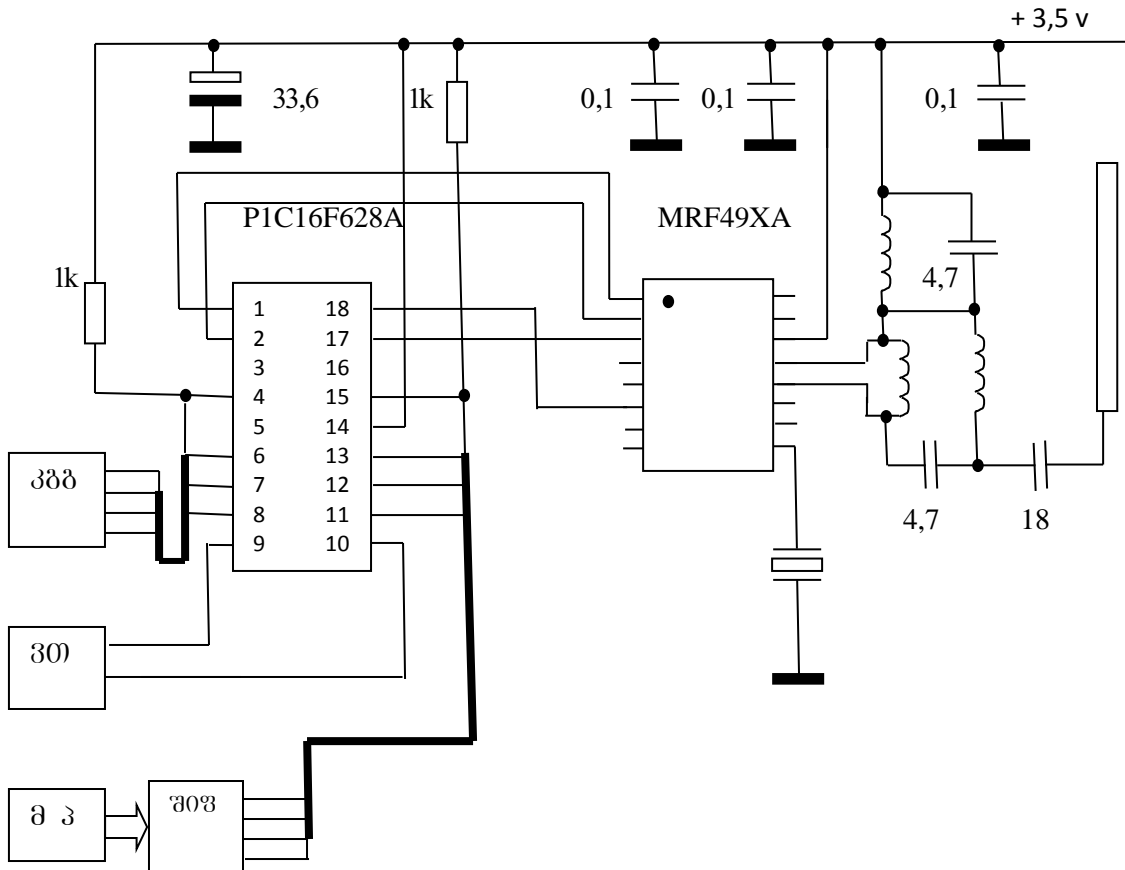
თუ არ გამოიყენება მიმართული ანტენა და გზაზე არაა დაბრკოლებები, რადიოტალღები ვრცელდებიან ყველა მიმართულებით თანაბრად და სიგნალი მცირდება გადამცემსა და მიმღებს შორის მანძილის კვადრატის პროპორციულად. ინფორმაციის გადაცემის მიზნით რადიოტალღები იყენებენ 902–928 მგჰც სიხშირულ დიაპაზონს (მანძილი 10 კმ-მდე, გამტარობის უნარი 64 კ ბიტ/წმ). 2,4 გეგაჰც და 12 გეგაჰც (მანძილი 50 კმ, 8 მგ ბიტ/წმ-მდე). უფრო ნაკლები სიხშირეები ნაკლებ მიმზიდველია შეზღუდული გამტარობის უნარის გამო, მეტი სიხშირეები კი მხოლოდ მცირე მანძილებზე იძლევიან კავშირის დამყარების შესაძლებლობას ატმოსფეროში მათი შთანთქმის გამო. რადიოტალღების შთანთქმაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს წყალი. ამის გამო ძლიერი წვიმის სეტყვის ან თოვლის დროს შეიძლება მოხდეს კავშირის გაწყვეტა.

ატმოსფეროში შთანთქმის გამო სიხშირეები შეზღუდულია 30 გეგაჰც-ით. ატმოსფერული ხმაური, რომლებიც ძირითადად დაკავშირებულია ჭექა ქუხილის დროს განმუხტვით, დომინირებენ მცირე სიხშირეებზე 2 მგჰც – სიხშირემდე. გალაქტიკური ხმაური, რომლებიც მოდიან მზის სისტემის გარე საზღვრებიდან იძლევიან მნიშვნელოვან შედეგებს 200 გეგა ჰც-მდე დიაპაზონში.

ჩვენს მიერ დამუშავებული იყო რადიოტალღებით რობოტის დისტანციური მართვის სისტემა, მობილური ტელეფონის გამოყენებით [1]. სისტემის ნაკლია მისი გამოყენების შეუძლებლობა იმ ადგილებში სადაც არაა მობილური სატელეფონო კავშირი. აგრეთვე სამართი სიგნალების გადაცემის შედარებით დაბალი დაბრკობებამდგრადობა.

აღნიშნული ნაკლოვანებების გამოსწორების მიზნით დამუშავდა დისტანციური მართვის ავტონომიური სისტემა, რომელიც არ საჭიროებს მობილური ტელეფონის გამოყენებას.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია მმართველი რადიოსიგნალების გადამცემი მოწყობილობის პრინციპიალური სქემა. MRF49XA - მცირეგაბარიტული ტრანსივერია, რომელსაც შეუძლია სამ სიხშირულ დიაპაზონში მუშაობა. დაბალსიხშირულ დიაპაზონში – 430,24 – 439,75 მგჰც (ბიჯი 2,5 კჰც). შუალედური სიხშირის დიაპაზონი 860,48 – 879,51 მგჰც (ბიჯი 5 კჰც). მაღალსიხშირული დიაპაზონი 900,72 – 929,27 მგჰც (ბიჯი 7,5 კჰც). დიაპაზონის საზღვრები მითითებულია 10 მგჰც სიხშირის საყრდენი კვარცის შებთხევაში. დისტანცია რომელზეც მუშაობს გადამცემი დაახლოებით 200 მეტრია.

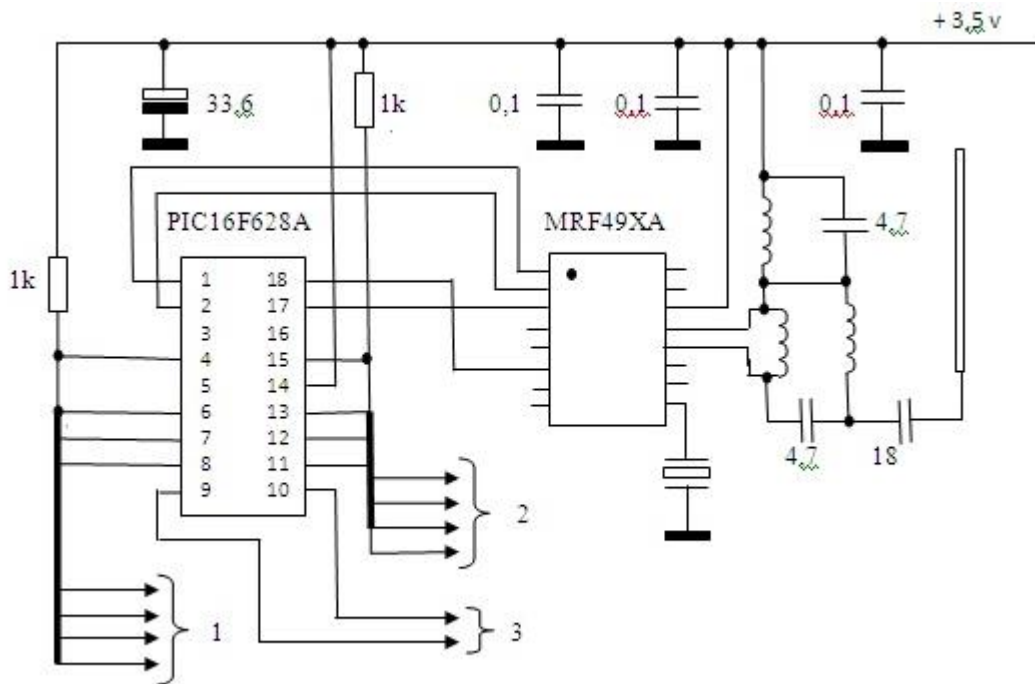


ნახ.2

ახლა მიმდების შესახებ. მისი პრინციპიალური სქემა წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე. მიმდების RX ბლოკი შესრულებულია გადამცემის ანალოგური სქემით, განსხვავებაა მხოლოდ გადამცემ და მიმდებ მორყობილობათა მიერთებაში. პარამეტრები ათ ბრძანებიანი რადიომართვის ბლოკისა შემდეგია: გადამცემი – სიმძლავრე 10 მილივატი. კვების ძაბვა 2,2 – 3,8 ვ. (პრაქტიკულად ნორმალურად მუშაობს 5

ვოლტამდე). გადაცემის რეჟიმში მოხმარებული დენი – 25 მილიამპერი. სიწყნარის რეჟიმში 25 მკა. მონაცემთა სიჩქარე 1 კბიტ/წმ. ყოველთვის გადაიცემა მონაცემთა პაკეტის მთელი რაოდენობა. დაბრკოლებამდგრადი კოდირება, საკონტროლო ჯამის გადაცემა.

მიმღები: მგრძობიარობა – 0,7 მკვ. კვების ძაბვა 2,2 – 3,8 ვ. მუდმივი მოხმარებული დენი – 12მა. მონაცემთა სიჩქარე 2 კბიტ/წმ. შეზღუდულია პროგრამულად. დაბრკოლებამდგრადი კოდირება, საკონტროლო ჯამის დათვლა მიღების დროს. მოცემული სქემის უპირატესობაა – ნებისმიერი კოდის გადაცემის შესაძლებლობა. მიმღები ამ დროს აღადგენს გადაცემულ კოდს რეალურ რეჟიმში. გადაცემაზე და მიღებაზე კვების მიწოდებისას ისინი მიდიან ტესტ რეჟიმში 3 წამში. ამ დროში არაფერი მუშაობს, 3 წამის გასვლის შემდეგ ორივე სქემა მზადაა სამუშაოდ. ნახ. 3-ზე გამომყვანთა 1-ჯგუფით ხდება საჭის მართვა, გამომყვანთა 2-ჯგუფით დამხმარე მოწყობილობების მართვა, ხოლო გამომყვანთა 3-ჯგუფით ვიდეოთვალის მართვა.



ნახ. 3

დისტანციური მართვის გამნაღვველი სისტემის დაგეგმარება

დ. შურცხვანიძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ნაღმების გამაუგნებელყოფი დისტანციური მართვის სისტემა რომლის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს სიცოცხლისათვის უსაფრთხო მანძილიდან მოვახდინოთ მიწაში არსებული ნაღმების განეიტრალება (აფეთქება). სისტემა შედგება რადიომართვადი ავტომობილისგან, რომელზედაც დამაგრებულია სამი გზის სატკეპნი მძიმე ცილინდრი. ავტომობილი აღჭურვილია ვიდეოთვალით, რომლიდან გაღმოცემული გამოსახულებაც აისახება სამართავი პულტის ეკრანზე. ავტომობილის გადაადგილებისა და მობრუნების მართვა ხორციელდება სამართავი პულტიდან. აღწერილია სისტემის კონსტრუქცია და გადამცემ – მიმღები მოწყობილობები სისტემის დისტანციური მართვისათვის.

DEVELOPMENT OF MINE WITH REMOTE CONTROL

D. PURTSKVANIDZE

Summary

The paper describes the system clearing mines with a remote control application, which allows neutralization (explosion) of mines in the ground from the distance safe to lives. The system consists of a radio-controlled car to which three heavy cylinders are attached. The car is equipped with video eye through which picture is transmitted to control panel. The control of movement and turnarounds of the car is done from the control panel. The system design and transmitter – receiver equipment for system remote control is described.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАЗМИНИРОВАНИЯ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Д. ПУРЦХВАНИДЗЕ

Резюме

В статье рассмотрена система обезвреживания мин с дистанционным управлением применение, которого позволит нейтрализовать находящиеся в земле мины с безопасного расстояния. Система состоит из радиоуправляемого автомобиля, к которому прикреплены три тяжёлых цилиндров. Автомобиль снабжен видео глазом, с которого передаваемое изображение выносится на экран пульта управления. Управление перемещением и поворотом автомобиля осуществляется с пульта управления. Описана конструкция системы и устройства передатчика и приемника для дистанционного управления системы.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. დ. ფურცხვანიძე. რობოტის დისტანციური მართვა მობილური ტელეფონის გამოყენებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული, თბილისი 2008 წ., გვ. 139-140
2. დ. ფურცხვანიძე. განადგომითი ოპერაციებისათვის საჭირო რობოტის დაგეგმვა. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი 2011წ. გვ.160–162.

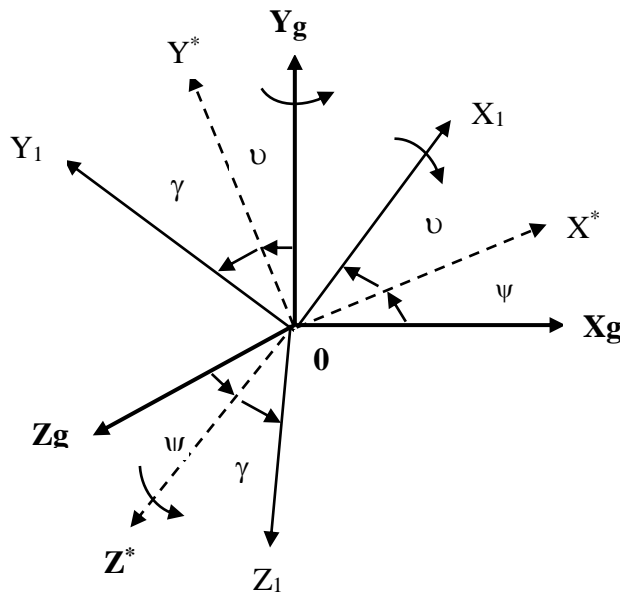
რიცხვითი მეთოდების გამოყენება გამოთვლებისათვის რეალურ დროში
დ. ცინცაძე, ძ. ოშიაძე

მასიური გამოთვლების ჩატარების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს პრაქტიკიდან გამომუშავებულ უბრალო წესს, რომელიც იძლევა საშუალებას გამოთვლების დროს რაციონალურად იქნეს გამოყენებული გამოთვლითი ტექნიკა და საშუალებები. დაწერილებითი მათემატიკური სქემა ზუსტად უჩვენებს მოქმედების მიმდევრობას და განსაზღვრავს ერთი ტიპის ოპერაციების რაოდენობას. ასეთი მათემატიკური სქემის შესადგენად გამოთვლითი მათემატიკის საფუძვლები გვთავაზობს სხვადასხვა მეთოდებს.

დროის რეალურ მაშტაბში დინამიკური ობიექტების მოდელირებისათვის ვიყენებთ გამოთვლების რიცხვით მეთოდს. ობიექტის მოძრაობაში იგულისხმება მისი გადაადგილება სივრცეში, დროზე დამოკიდებულებით სხვა ათვის კოორდინატთა სისტემის მიმართ, რომელიც მიჩნეულია უძრავ სისტემად. როდესაც კოორდინატთა სათავე დევს დედამიწის ნებისმიერ წერტილში, X_g^1 დერძი - პორიზონტალურ სიბრტყეში (მიმართულება X- სა შეიძლება იყოს ნებისმიერი), Y_g^1 დერძი პერპენდიკულარულია პორიზონტალური სიბრტყის და მიმართულია ზევით, Z_g^1 დერძი პერპენდიკულარულია $X_g^1 O Y_g^1$ სიბრტყისა და მიმართულია მარჯვნივ დამკვირვებლისაგან. ამ უძრავი კოორდინატთა სისტემის დერძებს ემთხვევა დედამიწის კოორდინატთა სისტემა $X_g Y_g Z_g$.

სივრცეში თვითმფრინავის მოძრაობის დროს კოორდინატთა სათავე დევს მისი მასის ცენტრში, ვღებულობთ ახალ კოორდინატთა სისტემას, ეგრეთ წოდებულს ბმული კოორდინატთა სისტემა $X_1 Y_1 Z_1$. დერძი $O X_1$ მიმართულია წინ და დევს თვითმფრინავის მოძრაობის სიმეტრიულ სიბრტყეში. $O Y_1$ დევს იმავე სიბრტყეში და მიმართულია ზევით. Z_1 დერძი პერპენდიკულარულია $X_1 O Y_1$ სიბრტყისა და მიმართულია მარჯვენა ფრთისაკენ.

ამ ორი კოორდინატთა სისტემის ურთიერთგანლაგება მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1

ბმული კოორდინატა სისტემა დედამიწის კოორდინატა სისტემის მიმართ ორიენტირებულია სამი კუთხით :

Ψ - გადახრის კუთხე

Σ - ტანგაჟის კუთხე

Υ - კრენის კუთხე

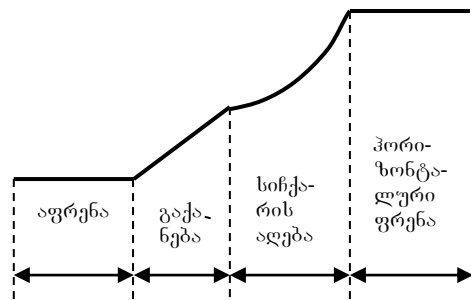
გადახრის კუთხე - ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე OX_1 ღერძის პროექციასა და OX_g ღერძს შორის; ტანგაჟის კუთხე - OX_1 ღერძს და ჰორიზონტალურ სიბრტყეს შორის ; კრენის კუთხე - OY_1 ღერძს და მის შემცველ ვერტიკალურ სიბრტყეს შორის.

დედამიწის კოორდინატა სისტემიდან შეკრულ კოორდინატა სისტემაზე გადასვლისათვის საჭიროა მოვატრიალოთ დედამიწის კოორდინატა სისტემა OY_g ღერძის მიმართ Ψ კუთხით, შემდეგ OZ^* ღერძის ირგვლივ Σ კუთხით და ბოლოს OX_1 -

ის ირგვლივ - Υ კუთხით. ქედან გამომდინარე ვღებულობთ 6 ცვლადს : X_g, Y_g, Z_g - თვითმფრინავის მასის ცენტრის კოორდინატები და სამი კუთხე.

ვინაიდან თვითმფრინავის მოძრაობა სივრცეში სხვადასხვა სახეს ღებულობს შესაძლებელია ეტაპების გამოყოფა. ფრენის მოდელირების დროს ეს ეტაპები შეიძლება პროგრამულ ჯგუფებად დაიყოს, რომლებსაც გააერთიანებთ საერთო პროცედურა. ეს ეტაპებია :

1. აფრენა
2. გაქანება
3. სინქარის აღება
4. ჰორიზონტალური ფრენა



ნახ. 2

განვიხილოთ აფრენის ეტაპი. ამ შემთხვევაში იცვლება მხოლოდ X_g კოორდინატა, საწყისი მნიშვნელობები ექვსივე ცვლადისა 0 - ის ტოლია. Y_g არის მუდმივი სიდიდე და იგი თვითმფრინავის სიმაღლის ტოლია, იცვლება მხოლოდ X კოორდინატა.

გამოთვლების ჩასატარებლად გამოყენებულია ინტეგრირების რიცხვითი მეთოდი, რაც გვაძლევს შემდეგი სახის გამოსახულებას :

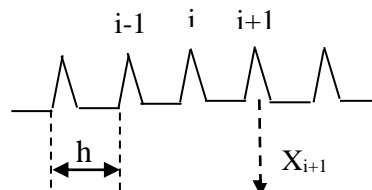
$$X_{i+1} = X_i + 2hf_i \tag{1}$$

$$X_{i+2} = X_i + 2hf_{i+1} \tag{2}$$

სადაც :

h არის ინტეგრირების ბიჯი.

f_i არის დროზე დამოკიდებული ფუნქცია.



ნახ. 3

გამოთვლების შედეგები ყოველი ბიჯის შესრულების შემდეგ გაიცემა დასამახსოვრებლად, მომდევნო ბიჯზე გამოთვლების ჩასატარებლად, რაც ჩანს ნახ. 3-ზე.

გამოთვლის პროცესში ჯამის დასაგროვებლად გამოყენებულია ორი უჯრა. მათზე მიმართვა განხორციელდება კენტი და ლუწი რიგის ბიჯების მიხედვით.

გამოთვლების შესრულების მიმდევრობა, რვა ბიჯისათვის მოცემულია ცხრილი №1 – ში.

ცხრილი №1

ბიჯი	ფუნქცია	სუმატორი	უჯრა
0	f_0	$Sum0 = X_0$	X_i
1	f_1	$Sum1 = 2hf_0$	X_{i+1}
2	f_2	$Sum0 = X_0 + 2hf_1$	X_i
3	f_3	$Sum1 = X_1 + 2hf_2$	X_{i+1}
4	f_4	$Sum0 = X_2 + 2hf_3$	X_i
5	f_5	$Sum1 = X_3 + 2hf_4$	X_{i+1}
6	f_6	$Sum0 = X_4 + 2hf_5$	X_i
7	f_7	$Sum1 = X_5 + 2hf_6$	X_{i+1}

ანალოგიურად გამოითვლება Y და Z კოორდინატები ფრენის დანარჩენი ეტაპებისათვის.

მოცემულ საკითხთან დაკავშირებით წარმოდგენილია ორი პროგრამა, რომლებიც შესრულებულია მაღალი დონის პროგრამირების ენაზე, BASIC-ზე. მასში ჩაშენებული ფუნქციები მოსახერხებელია კლავიატურიდან სამუშაოდ და ხელსაყრელია მანქანური გრაფიკის გამოსახავად. იგი ითვალისწინებს პროგრამის რედაქტირებას, რაც პროგრამის ადვილად გამართვის საშუალებას იძლევა.

1. integr.bas

კოორდინატების გამოთვლის პროგრამა (1) და (2) ფორმულების მიხედვით.

2. grmotpoi.bas

ეს პროგრამა X და Y კოორდინატების გამოთვლის შემდეგ აგებს წერტილის მოძრაობის გრაფიკს. პროგრამა შედგება ორი ნაწილისაგან, პირველ ნაწილში აღწერილია მასივები, განსაზღვრულია მათი სიგრძეები, გამოყოფილია უჯრების რაოდენობა შესაბამისად კოორდინატების რაოდენობისა. გრაფიკის აგების პროგრამა ქვეპროგრამის სახით შედის ძირითად პროგრამაში. ისი გამოძახება ხდება ბრძანებით « CAAL graph », ქვეპროგრამა შეიცავს ასევე კოორდინატთა დერძების აგების ბრძანებებს.

REM Програма **integr.bas**
CLS

DIM f ! (m)
DATA 0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6

```

' Вычисление ячеек для x – ов
' x0 – чётный, x1 – нечётный
x0! = 0
x1! = 0
PRINT « x ! = « ; x !
SLEEP
FOR i = 1 TO 7
READ f !
k = i MOD 2
IF k = 1 THEN
x1 ! = x0 ! + 2 * 01 * f !
x1 ! = x0 !
PRINT « x ! = « : x !
SLEEP
END IF
NEXT i
END

REM График движения точки по X,Y
'
'
DECLARE SUB graph (codex% ( ), codey% ( ), num% , x% , y%
CLS
DIM coord x%(26), coordy(25)
DATA 90,280,100,265,110,240,120,230,140,224,200,235,210,
DATA 220, 205,240,265, 190,290,160, 310,165,320,170,325 !
DATA 280,205,190,160,140,240,130,90,390,95,230,250,320,
DATA 170, 160, 130, 350,400, 115,110,180,195,270,345,430 !
' Присваивание значений параметрам подпрограммы
quan% = 25
x% = 90
y% = 280
' Вызов подпрограммы
CAAL graph (coordx% ( ), coordy% ( ), quan% , x0% , y0% )
END
SUB graph (codex% 9 ), codey% ( ), num% , x% , y% )
SCREEN 9
CLS
' Задание осей координат
LANE (30, 300) – (600, 300)
LANE ( 30, 300) - (30, 30)
LOCATE 2,3 : PRINT « 30 ,y »
LOCATE 23, 3 : PRINT « 30, 300 »
LOCATE 23, 72 : PRINT « 600, x »
' Рисование кривой
PSET (x% , y%)
FOR i% = 1 TO num%
READ coordx% , coordy%
LINE – (coordx% , coordy% )
NEXT i%
END SUB

```

REM Програма **grmotpoi** .
bas

დ. ცინცაძე, ძ. ოშიაძე

რეზიუმე

გამომთვლელი მანქანა თანამედროვე ტრენაჟორის მმართველ სისტემაში წარმოადგენს ძირითად კვანძს, მასში შეყვანილია დინამიკური ობიექტის მათემატიკური მოდელი, ხოლო მართვის კონტურში ჩართულია ადამიანი. ამიტომ სამუშაოს შესრულების სრულყოფისათვის გამოთვლები უნდა წარიმართოს დროის რეალურ მასშტაბში. მათემატიკური სქემის შესადგენად გამოთვლითი მათემატიკის საფუძვლები გუთავაზობს სხვადასხვა მეთოდებს. ამ შემთხვევაში ვიყენებთ გამოთვლების რიცხვით მეთოდს.

სტატიაში აღწერილია ობიექტის გადაადგილების პირობები სივრცეში, მოყვანილია: ინტეგრირების რიცხვითი მეთოდის ამსახველი ფორმულები, გამოთვლების შესრულების მიმდევრობის ცხრილი. მოცემულია კოორდინატების გამოთვლის პროგრამა და წერტილის მოძაობის გრაფიკის აგების პროგრამა, შესრულებული BASIC- ზე.

USE NUMERICAL METHODS FOR REAL - TIME CALCULATION

D. TSINTSADZE, Q. OMIADZE

Summary

Computer simulator is a primary node in the modern control system; this includes the mathematical model of the dynamic object, and in the control loop - people. So, for the further development of works calculations must be performed in real time. Foundation of Computational Mathematics suggests various methods for drawing mathematical schemes. In this case, there is applied numerical method of calculation.

This article describes how to move an object in space. Argumentation: numerical integration formulas, the table sequence instruction execution. The paper provides programs to calculate the coordinates and plotting the motion of point made by BASIC.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Д. ЦИНЦАДЗЕ, К. ОМИАДЗЕ

Резюме

В управляющей системе современного тренажера вычислительная машина представляет собой основной узел, в него включён математическая модель динамического объекта, а в контур управления - человек. Поэтому с целью усовершенствования выполнения работ вычисления должна производиться в реальном масштабе времени. Основы вычислительной математики предполагает различные методы для составления математических схем. В этом случае используется численный метод вычисления.

В статье описывается перемещение объекта в пространстве. Даны: формулы численного интегрирования, таблица последовательности исполнения вычислений. Приводятся программы расчёта координат и построения графика движения точки, выполненные на BASIC.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

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

ინფორმეტიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

ტიქსტურ კორპუსებში ომონიმიის ავტომატური მოხსნის მოდელი

ლ. ლორთქიპანიძე

L_Lordkipanidze@yahoo.com

ტიქსტური კორპუსების მორფოლოგიური ანოტირების დროს აუცილებელია ომონიმიის მოხსნა. ქართული ენის რთული აგლუტინაციურ-ფლექსიური ბუნების გამო ომონიმური ფორმების გარჩევა ამჟამად მხოლოდ კონტექსტზე დაყრდნობით ხერხდება. ომონიმიის მოხსნის ავტომატური სისტემები ტრადიციულად ორ ჯგუფად იყოფა: პირველი – დეტერმინირებული, რომელიც იყენებს ლოკალურ ან გლობალურ სინტაქსურ პარსერსა და სინტაქსურ ლექსიკონს; მეორე – ალბათური, ეფუძნება დიდ კორპუსებს, სადაც წინასწარ არის მოხსნილი ომონიმია, და იყენებს სიტყვათა გრამატიკული ნიშნების ერთდროულად შეხვედრის სტატისტიკას.

წარმოიდგინეთ მიდგომას, რომელიც ეყრდნობა გარკვეული პროცედურით შერჩეული ტექსტებიდან შედგენილ კონტექსტების ლექსიკონს. ტექსტებში ომონიმია წინასწარაა ხელით მოხსნილი. მოცემულ სამუშაოში კონტექსტის ელემენტად გამოიყენება ნორმალიზებული ჩანაცვლება.

სამუშაოს მიზანია მორფოლოგიური ომონიმიის მოხსნა იმ სიტყვებისთვის, რომლებსაც ომონიმური აქვთ ორი, სამი, ან ოთხი ფორმა. ომონიმიის მაგალითები:

და – 1. დედამამიშვილი. 2. კავშირი;

ბარი – 1. დაბლობი, ვაკე. 2. სამუშაო იარაღი. 3. პატარა რესტორანი.

4. ატმოსფერული წნევის საზომი ერთეული (შდრ. ბარომეტრი);

ბალი – 1. ხეილი, ხილი. 2. ამა თუ იმ მოვლენის (ქარი, მიწისძვრა და ა.შ.) ინტენსიურობის ციფრობრივი გამოხატულება. შეფასების ქულა. 3. წვეულება, მეჯლისი;

დებს – 1. არსებითი სახელი 'და' მრავლობით რიცხვში. 2. ზმნა;

კრავს – 1. არსებითი სახელი 'კრავი' მიცემით ბრუნვაში. 2. ზმნა;

წეროს – 1. არსებითი სახელი 'წერო' მიცემით ან ნათესაობით ბრუნვაში. 2. ზმნა;

მწერს – 1. არსებითი სახელი 'მწერი' მიცემით ბრუნვაში. 2. ზმნა;

შუა – 1. შედგენილი შემასმენელი (შუ არის). 2. თანდებული;

აქო – 1. ნაცვალსახელი 'აქ' + სხვათა სიტყვის -ო. 2. ზმნა.

პრობლემის აქტუალობა განაპირობა იმან, რომ სინტაქსური ანალიზი ომონიმიის მოხსნის გარეშე ვერ განხორციელდება მაშინ, როცა, თავის მხრივ, ომონიმიის მოსახსნელად ჩატარებული უნდა იყოს სინტაქსური ანალიზი. ეს შეკრული წრე ხშირად გზას არ ტოვებს მორფოლოგიური ომონიმიის ავტომატურად მოხსნისათვის.

მაგალითად, ЭТАП [1] გამოიყენებს სინტაქსური ანალიზის „ფილტრის მეთოდს“, როდესაც პირველ რიგში უნდა აიგოს გასაანალიზებელი ფრაზის სიტყვებს შორის დასაშვები ჰიპოთეზური სინტაქსური კავშირები და შემდეგ მათგან დაუშვებელი სხვადასხვა შეზღუდვების გათვალისწინებით გაიფილტროს მანამ, სანამ დარჩენილი კავშირები არ შექმნის ხეს, რომელიც წარმოადგენს თავდაპირველ სინტაქსურ სტრუქტურას. „Диалинг“ სისტემა ეყრდნობა ფრაზის ანალიზის სხვადასხვა ვარიანტების კომბინირების მეთოდს. მორფოლოგიური ომონიმია აქაც განსაკუთრებულად ნეგატიურ ზეგავლენას ახდენს ანალიზატორის სწრაფმოქმედებაზე.

ალტერნატიული „ლოკალური სინტაქსური“ მიდგომის მაგალითად შეიძლება ვახსენოთ ინგლისური ენის მორფოლოგიური ანალიზატორი NGTWOL [2], რომელიც ეყრდნობა ყველა სახის სინტაქსური წესების გამოყენებას, როგორცაა თანდებულიანი მართვა ან შეთანხმება მთავარ და დაქვემდებარებულ სიტყვებს შორის. ამ სისტემაში შედის 56000 სიტყვაფორმათა ძირი და ხელით შედგენილი მონაცემთა ბაზა. ბაზა მოიცავს ათასზე მეტ წესს, რომელიც ტექსტში გრამატიკული კლასების გარკვეული თანმიმდევრობების არსებობის აკრძალვას წარმოადგენს.

ყველა ნახსენები ალგორითმი მიეკუთვნება დეტერმინირებულს ან „წესებზე დაფუძნებულს“. ომონიმიის მოსახსნელად სხვა შესაძლო მიდგომა არის ალბათური მეთოდი, ანუ სწავლებადი მაგალითების გამოყენება, რომლებიც აღებულია ხელით მონიშნული კორპუსებიდან.

ასეთი მიდგომის მაგალითად შეიძლება ვახსენოთ არსებითი სახელებისთვის მ. ჰარსტის მიერ შემუშავებული არაერთგვაროვნების მოხსნის სისტემა, რომელიც ეყრდნობა ლოკალურ კონტექსტებს და ამავდროულად იყენებს დიდ ტექსტურ

კორპუსებს (მიმოხილვა იხ. [3]). ცოდნის შექმნის სისტემაში მრავალი მნიშვნელობის მქონე სიტყვისთვის კონტექსტის მიხედვით დადგენილი ერთადერთი სწორი მნიშვნელობა, გრამატიკულ და ლექსიკურ მახასიათებლებთან ერთად, გროვდება მონაცემთა გარკვეულ სტრუქტურაში. ამ ეტაპს ეწოდება „ცოდნის შექმნით მართული“. შემდეგ ალგორითმი აგებს მსგავს კონტექსტებს იგივე სიტყვაფორმის მოუნიშნავი სიტყვახმარებისთვის და სწორი მნიშვნელობების შერჩევით აწარმოებს „ავტომატურ სწავლებას“. ალგორითმის მუშაობის სიზუსტე სხვადასხვა სიტყვებისთვის შეადგენს 73%-დან 100%-მდე.

კიდევ ერთი ფართოდ გავრცელებული ალბათური მიდგომა ეყრდნობა მარკოვის ფარული მოდელის ალგორითმს (Hidden Markov Model (HMM) tagging). ალგორითმის ძირითადი იდეა იმაში მდგომარეობს, რომ წინადადების ყოველი სიტყვისთვის შეირჩეს გრამატიკული კლასი (ტეგი) შემდეგი ფუნქციის მაქსიმიზაციისათვის:

$P(\text{word/tag}) * P(\text{tag/previous } n \text{ tags})$, სადაც $P(\text{tag/previous } n \text{ tags})$ – მოცემული tag ტეგის პირობითი ალბათობაა (რომელიც გამოთვლილია მონიშნული კორპუსის მიხედვით) იმ პირობით, რომ წინა n ტეგი უკვე განსაზღვრულია.

(word/tag) – წინადადების მოცემულ ადგილზე word სიტყვის გამოჩენის პირობითი ალბათობაა (აგრეთვე გამოთვლილი მონიშნული კორპუსის მიხედვით) იმ პირობით, რომ სიტყვას აქვს tag-ით მოცემული გრამატიკული კლასი [2].

HMM ალგორითმი საკმაოდ მაღალი გამოთვლითი სირთულისაა (ვიტერბის დინამიური პროგრამირების კლასიკური ალგორითმის მეთოდითაა რეალიზირებული) და მისი პრაქტიკული გამოყენებისას, როგორც წესი, სირთულის დონის შესამცირებლად გამოიყენება სხვადასხვა გასამარტივებელი დაშვება (მაქსიმუმ სამსიტყვიანი მიმდევრობისათვის).

HMM ალგორითმის მუშაობის სიზუსტე ინგლისური ენისთვის არის 96%. ამ მოდელის გამოყენება ქართული ენისთვის შეუძლებელია, ვინაიდან პრაქტიკულად არ არსებობს ქართული ენის მონიშნული დიდი კორპუსი.

შევესებით მორფოლოგიური არაერთგვაროვნების მოხსნის კიდევ ერთ მიდგომას, რომელშიც გაერთიანებულია დეტერმინირებული და ალბათური მეთოდების საუკეთესო საშუალებები. ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი მსგავსი ტეგერია – TBL (Transformation-Based Learning), ბრილის მორფოლოგიური ანალიზატორი (Brill tagger) [4]. მოცემული მეთოდი ეფუძნება მანქანური სწავლების იმ იდეას, როდესაც სიტყვებისთვის გრამატიკული კლასების მინიჭების წესები წინასწარ მონიშნული კორპუსებიდან ავტომატურად მოიპოვება და შემდეგ დეტერმინირებული ალგორითმების გამოყენებით ხდება ტექსტების დამუშავება.

ჩვენ მიდგომას საფუძვლად უდევს რამდენიმე საწყისი იდეა:

1. ომონიმების კონტექსტური ლექსიკონების ძირითად წყაროდ განსაკუთრებით შერჩეული და ხელით მონიშნული მცირე კორპუსის გამოყენება;
2. ბუნებრივია დაეუშვათ, რომ კონტექსტების ელემენტები ძლიერად ან სუსტად ზემოქმედებას ახდენენ ომონიმის მნიშვნელობის შერჩევისას ომონიმის პოზიციის მიხედვით. მოცემულ სამუშაოში მეზობელ სიტყვათა ზემოქმედების პრიორიტეტი რიცხობრივადაა გამოხატული მარტივ ალბათურ მოდელზე დაყრდნობით;
3. ალგორითმის მიზანია სიტყვის ლემის მიღება მოცემული საკითხის დასმის მიხედვით, ანუ სიტყვაფორმის გარდაქმნის სხვადასხვა პროდუქტიული წესებიდან შერჩევით შესაძლო ლემების მიღება. ომონიმების ფორმათა კონტექსტად გამოყენებულია მანორმალურიზებული ჩანაცვლებები.
4. კორპუსის შექმნის დროს გამოიყენება ქართული ენის ომონიმების სიხშირის რანჟირების იდეა „ლემათა შერჩევის სირთულის“ მიხედვით. ლემის შერჩევის სირთულის აპროქსიმაცია ხდება კორპუსის იმ ჰიპოთეზურ ზომაზე, რომელიც საჭიროა მოცემული არაერთგვაროვნების უცილობლად მოსახსნელად. გარდა ამისა, კორპუსის შედგენისას უნდა გავითვალისწინოთ შესარჩევი ტექსტების უანრის მაქსიმალური პროცენტული მრავალმხრივობა.

ალგორითმის საწყის მონაცემად აღებულია კორპუსის ტექსტი (ოჭილაძის ნაწარმოებები), სადაც ყველა სიტყვას მინიჭებული აქვს მორფოლოგიური ანალიზის შედეგი: ერთი ან რამოდენიმე ლემა შესაბამის გრამატიკულ მახასიათებლებთან ერთად (მეტყველების ნაწილი, რიცხვი, ბრუნვის ნიშანი, დრო, პირი და მისთ.)

მაგალითად:

და { [Cj]და |, |N Vin|და |Sg Nom|, |N Vin|და | NoPz| }
 აქო { [Adv|აქ | O|, |V|შეაქებს | Aor Sg 3|, |V|შეაქებს | II–Conj Sg 2| }

აღგორითმის მუშაობის შედეგი ძირითადად იმავე სახით წარმოდგება, როგორცაა საწყისი მონაცემები, მაგრამ ომონიმებისთვის ლემათა სიები დამატებით არის დალაგებული მიმდინარე კონტექსტში ამ ლემათა ალბათობების კლების მიხედვით.

მაგალითად:

და { [Cj]და: 0.91, |N Vin|და |Sg Nom|:0.08, |N Vin|და | NoPz|: 0.01 }
 აქო { [Adv|აქ | O|:0.67, |V|შეაქებს | Aor Sg 3|:0.22, |V|შეაქებს | II–Conj Sg 2|:0.11 }

მოცემული აღგორითმით „სწავლების“ პროცესში მონიშნული კორპუსის ყველა სიტყვას თავდაპირველად მიენიჭება ტეგების ყველაზე ალბათური მნიშვნელობები. შემდეგ გამოიკვლევა ტეგების ყველანაირი ტრანსფორმაცია (პროდუქციული წესებით) და შენარჩუნდება მხოლოდ ისინი, რომლებიც მაქსიმალურად აუმჯობესებენ მუშაობის ხარისხს. სწავლებადი სისტემის მუშაობის შედეგად მიიღება დალაგებული წესების (გარჩევის პროცედურა) სია, რომელიც შეიძლება თავისთავად იყოს გამოყენებული ახალი კორპუსების მოსანიშნად.

ომონიმიის მოხსნისას მონაცემების ძირითადი სტრუქტურის სახით გვევლინება კონტექსტების ლექსიკონი, რომელიც შემდგენიარადაა მოწყობილი. ლექსიკონის ბაზური ერთეულია სამეული <ომონიმი, კონტექსტის ელემენტი, ლემა> რომელიც წარმოადგენს ტექსტში მოცემული ომონიმის და მოცემული კონტექსტის დროს მოცემული ლემის არჩევის ელემენტარული მოვლენის შემთხვევას. თითოეულ ელემენტარულ მოვლენას ომონიმიის მოხსნილი ანოტირებული კორპუსების ავტომატური დამუშავების საფუძველზე მიეწერება შემთხვევის მოხდენის გარკვეული ალბათობა.

ლექსიკონის მოცულობის შემცირების მიზნით სამეულის წარმოდგენა ხდება მანორმალიზებული ჩანაცვლებით, რომელიც შეიცავს სიტყვაფორმის სამასიონ დაბოლოებას და შესაბამისი ლემის მისაღებად ფრჩხილებში მითითებულ ჩასანაცვლებელ ასოებს და რაოდენობას. ომონიმებისთვის ჩაწერილი იქნება ჩანაცვლებათა რამდენიმე ვარიანტი.

ჩვეულებრივი სიტყვებისთვის მანორმალიზებული ჩანაცვლებების მაგალითები ასეთია:

ააცვამ	{ააცვამს V Fut Sg 2}
აბაზად	{აბაზი N Sg Ad}
აბაზს	{აბაზი N Sg Dat}
აბანოში	{აბანო N Dat Sg Shi}

ომონიმებისთვის მანორმალიზებული ჩანაცვლებების მაგალითები ასეთია:

არსად	{Adv არსად N არსი Sg Ad}
აქო	{ Adv აქ O V შეაქებს Aor Sg 3 V შეაქებს II–Conj Sg 2 }
და	{ Cj და N Vin და Sg Nom N Vin და NoPz }
შუა	{ N შუ Sg Nom Aux Pstp შუა }
წეროს	{ N Ra წერო Sg Dat V წერს Imp Sg 3 V წერს II–Conj Sg 3 }

წინადადებების საზღვრები, სასვენი ნიშნები და არაქართული სიტყვები ცალკე სპეციალური ნიშნებითაა მონიშნული.

კონტექსტის ელემენტი დამატებით შეიცავს კოორდინატს მისი მდებარეობის მიხედვით ომონიმთან მიმართებაში: „-1“ არის მარცხენა მხარის მეზობელი სიტყვა, „+1“ – მარჯვენასი და ა.შ.

ქვემოთ მოვიყვანო კონტექსტების ლექსიკონის ჩანაწერების მაგალითს წინადადების – „წეროს არსად არა აქვს ბუდე“ – მიხედვით. წინადადების თითოეული სიტყვა აღიწერება წინადადების ყველა დანარჩენ სიტყვებთან მიმართებაში მათი პოზიციის მიხედვით მოცემული სიტყვის მიმართ:

წეროს	{ V წერს Imp Sg 3}	+1	0.34
წეროს	{ V წერს II-Conj Sg 3}	+1	0.44
წეროს	{ N Ra წერო Sg Dat}	[Adv] +1	0.22
წეროს	{ N Ra წერო Sg Dat}	[N Sg Nom]+4	0.2
არსად	{Adv არსად }	[N Sg Dat] -1	0.57
არსად	{Adv არსად }	[N Sg Nom]+3	0.33
არსად	{N არსი Sg Ad}		0.10
ბუდე	{N ბუდე Sg Nom}	[Adv]-3	0.66
ბუდე	{N ბუდე Sg Nom}	[N Sg Dat]-4	0.3
ბუდე	{N ბუდე Sg Voc}		0.04
არა	{Part არა}	[Adv]-1	0.34
არა	{Part არა}	[N Sg Dat]-2	0.24
არა	{Part არა}	[N Sg Nom]+2	0.32
აქვს	{V ექნება Prs Sg 3}	[Adv]-2	0.34
აქვს	{V ექნება Prs Sg 3}	[N Sg Dat]-3	0.24
აქვს	{V ექნება Prs Sg 3}	[N Sg Nom]+1	0.32

ბუნებრივია დაეუშვათ, რომ კონტექსტის ელემენტები ომონიმების მნიშვნელობების შერჩევაზე უფრო ძლიერად ან უფრო სუსტად მოქმედებენ ომონიმის მიმართ მათი მდებარეობიდან გამომდინარე. ხოლო ერთნაირი პოზიციების დროს – სხვადასხვა ლემების ელემენტარული მოვლენების ალბათობების თანაფარდობაზე.

მაგალითად, კონტექსტის ელემენტი, რომელიც ორი ლემიდან ირჩევს ერთ-ერთს 0.8 ალბათობით, ხოლო მეორეს 0.2 ალბათობით, უფრო „ძლიერია“ იმ ელემენტზე, რომელიც არჩევანს აკეთებს 0.6 და 0.4, ან 0.5 და 0.5 ალბათობებს შორის.

იმ ფუნქციად, რომლითაც მოსახერხებელია ლემის არჩევაზე კონტექსტის ელემენტის გავლენის ხარისხის შეფასება, ვიყენებთ კ. შენონის ოდნავ შეცვლილი ენტროპიის ფორმულას:

$$F(p, q) = 1 + p \cdot \log_2 p + q \cdot \log_2 q$$

აქ p და q ალბათობებია ორი ლემის შემთხვევაში, იმ პირობით, რომ $p+q=1$.

ამ ფუნქციის ძირითად თვისებად შეიძლება ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ რაც უფრო ახლოსაა p და q ერთმანეთთან (ანუ რაც უფრო სუსტადაა გამოხატული პრიორიტეტები), მით ნაკლებია ფუნქციის მნიშვნელობა (გავლენის ძალა) და პირიქით. p და q ალბათობები შეიძლება ჩაითვალოს ომონიმის შესახებ კონტექსტის ელემენტში არსებული ინფორმაციის რაოდენობის თავისებურ საზომად.

სწავლებადი სისტემის ეფექტური გაწვრთნისთვის აუცილებელია ისეთი ტექსტური დოკუმენტების შერჩევა, რომლებშიც საკმაოდ სრულად იქნება წარმოდგენილი ომონიმია მაქსიმალურად განსხვავებულ კონტექსტებში. პირველი ამოცანის – ტიპიზაციის, გადაწყვეტა ეყრდნობა ენაში არსებულ ომონიმთა სიების რანგობრივი კრიტერიუმების მიხედვით დალაგებას; ხოლო მეორის – მრავალმხრივობის, გენეტიკური ალგორითმის საშუალებით.

საერთო წესი – მით მეტია რანგი, რაც უფრო მეტია აუცილებელი დასამუშავებელი კონტექსტების რაოდენობა ლემის უყოყმანოდ ასარჩევად.

ომონიმის რანგის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა: $R = \frac{A \cdot B}{2a(C+5) \cdot (D+0.5)}$

სადაც

A — სიხშირე,

B — ომონიმურობა,

C — პარადიგმებს შორის „მანძილი“,

D — მეტყველების ნაწილებს შორის „მანძილი“,

0.5 — კოეფიციენტები, რომლებიც C და D ინტერვალების (0-დან 1-მდე) ნახევრის ტოლია და შემორებულია იმ შემთხვევისთვის, როდესაც C ან D უდრის 0-ს.

სისშირე A უდრის $\frac{\log_2 q}{\log_2 q_{max}}$, სადაც q —სატესტო ტექსტურ ბაზაში ომონიმის შეხვედრის სისშირეა, ხოლო q_{max} — მაქსიმალური სისშირე.

ომონიმურობა B ითვალისწინებს ღემათა სხვადასხვაობას და უდრის $\frac{\log_2 s}{\log_2 s_{max}}$, სადაც s — სხვადასხვა ღემათა რაოდენობაა ომონიმური ფორმისთვის, ანუ $\log_2 s$ არის ღემათა არჩევის დროს მაქსიმალური ენტროპია, ხოლო s_{max} — ომონიმებისთვის შესაძლო ღემათა მაქსიმალური რაოდენობა (6–8).

სინტაქსური მახასიათებელი C გვიჩვენებს ღემის ომონიმის „ომონიმურობის“ ხარისხს და განისაზღვრება შემდეგი წესის საშუალებით: თავდაპირველად ღემათა ყოველი წყვილისთვის გამოითვლება შესაბამისი პარადიგმების სიტყვაფორმების სიმრავლის თანაკვეთა მათ გაერთიანებასთან. შემდეგ განისაზღვრება მიღებული წილადების საშუალო არითმეტიკული, რომელიც გამოაკლდება ერთს. მიღებულ მნიშვნელობას ეწოდება „მანძილი“ ომონიმების პარადიგმებს შორის.

სემანტიკური მაჩვენებელი D ასახავს მეტყველების ნაწილებს შორის აზრობრივ დისტანციას და ტოლია ყოველი ომონიმური წყვილის ღემის გრამატიკულ მახასიათებელს შორის მანძილების საშუალო არითმეტიკულით, რომელიც გამოითვლება კონტექსტური მეტრიკის დახმარებით. კონტექსტური მეტრიკის განმარტება და მასზე დაყრდნობით მიღებული სხვადასხვა ლინგვისტური მანძილების მაგალითები მოგვიანებითაა განხილული.

კონტექსტურ მეტრიკას საფუძვლად უდევს დისტრიბუციის ან ტექსტში რაიმე ლინგვისტური ობიექტის (სიტყვაფორმა, ღემა, გრამემა და მსგ.) გარემომცველ ობიექტებთან შეწყობის ცნება.

დისტრიბუციის პრაქტიკულად აგების დროს, როგორც წესი, გამოიყენება მხოლოდ კონტექსტის უახლოესი ელემენტები (m ელემენტი მარცხნივ და n ელემენტი მარჯვნივ წინადადების ფარგლებში).

ფორმირებული დისტრიბუცია წარმოადგენს ალბათობათა კლების მიხედვით დალაგებულ კონტექსტის ობიექტის ყველა წევრის თანმიმდევრობას.

ორ a და b ობიექტს (მაგალითად, სინონიმების შემთხვევაში, არსებითი სახელების ბრუნვის ნიშნები, მეტყველების ნაწილი და სხვ.) შორის მსგავსებას $s(a,b)$ უწოდებენ ორივე დისტრიბუციაში შემავალ კონტექსტის ელემენტების ალბათობების მინიმალური მნიშვნელობების ჯამს. სხვა სიტყვებით, მსგავსების გამოთვლის დროს ვპოულობთ ორი დისტრიბუციის საერთო ელემენტებს, ვირჩევთ ყოველი ელემენტის ალბათობის მინიმალურ მნიშვნელობებს და ვპოულობთ მათ ჯამს.

მაშინ ობიექტებს შორის „მანძილი“ იქნება $d(a,b) = 1 - s(a,b)$.

ომონიმის მოვლენების მაქსიმალურად მრავალმხრივობის კრიტერიუმის საფუძველზე უნდა მოხდეს ტექსტური კორპუსიდან დოკუმენტების შერჩევა.

აღგორითმის თავისებურებას წარმოადგენს ყველაზე უფრო შეგუებული ინდივიდის და პოპულაციის დამახსოვრება სწავლების შემდგომი ციკლების ინიციალიზაციისათვის. ეს საშუალებას იძლევა მომდევნო ციკლის დროს შემცირდეს წარმოშობილი თაობების რაოდენობა.

სხვა თავისებურება ისაა, რომ ომონიმების მრავალმხრივობის შესაფასებელ ფუნქციად შერჩეულია არა ტრადიციული შენონის ენტროპია, რომელიც უპირატესად ობიექტებს შორის სინტაქსურ დამოკიდებულებებს ასახავს, არამედ წონა:

$$H(p, q) = -A \cdot p \cdot \log_2 p - B \cdot q \cdot \log_2 q$$

სადაც p და q ომონიმების ალბათობებია დოკუმენტში, A და B — მათი რანგი, რომელიც მათ შორის იერარქიას ასახავს. რეალურად დოკუმენტებში ომონიმები იქნება არა 2, არამედ გაცილებით მეტი, მაგრამ ეს არ ცვლის მსჯელობის აზრს.

გენეტიკური აღგორითმის მუშაობის შედეგად მიიღება დოკუმენტების გარკვეული რაოდენობა, რომელიც აკმაყოფილებს ზოგიერთი ობიექტის (ომონიმები და კონტექსტები), მაქსიმალური მრავალფეროვნების კრიტერიუმს.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ამოცანა წარმოადგენს ენტროპიის წონის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის ძიებას, მოცემულს დოკუმენტების რაღაც სიმრავლეზე ზომით

k (=100–200 დოკუმენტი), ამორჩეულს *უნივერსალური სიმრავლიდან* ზომით n (=3000–5000 დოკუმენტი).

უნივერსალური სიმრავლის ფორმირება ხდება ტექსტების დიდი მასივიდან, რომელსაც აქვს მაქსიმალური სიახლოვე ომონიმების რანჟირებულ სიასთან. სიახლოვის ზომის დასადგენად გამოიყენება დოკუმენტში შესული ბაზური სიის ომონიმთა რანგების ჯამის ალბათობის წონა. ომონიმის ალბათობა დოკუმენტის ტექსტში ომონიმის გამოჩენის რაოდენობის დოკუმენტში სიტყვათა საერთო რაოდენობაზე შეფარდების ტოლია. ამასთან ერთად, დოკუმენტის ზომა უნდა იყოს სიტყვათა min (=1000)– max (=10000) დიაპაზონში.

სწავლება დაფუძნებულია ორ პრინციპზე: ომონიმების ტიპიზაცია და დოკუმენტში წარმოდგენილი ომონიმის მოვლენების მრავალმხრივობა.

სწავლების დასაწყისში აუცილებელია ომონიმების საბაზისო სიის თავიდან რანჟირება, იმ აზრით, რომ საბაზისო სიის ომონიმების რანგი უნდა გამრავლდეს სწავლების სირთულის კოეფიციენტზე. ასეთ კოეფიციენტად გამოიყენება ომონიმისთვის ლემის არჩევის შეცდომათა რიცხვის შეფარდება წინარე სასწავლო შერჩევის დროს ომონიმების შეხვედრის საერთო რაოდენობაზე. პირველ ეტაპზე სწავლების კოეფიციენტის სიდიდე 1-ის ტოლია (სწავლების მაქსიმალური სირთულე).

შემდეგ წინასწარ შეირჩევა დოკუმენტების საჭირო რაოდენობა n (=3000–5000) ამ დოკუმენტების ახალ რანჟირებულ ომონიმების სიასთან მაქსიმალურ მსგავსებაზე დაყრდნობით. მსგავსების ზომის გამოთვლა წინა პარაგრაფში იყო განხილული.

გა-ზე დაყრდნობით მიღებული სიებიდან ომონიმის მაქსიმალურად მრავალმხრივი მოვლენების მქონე დოკუმენტებიდან k (=100) ფორმულირდება ახალი სასწავლო ნიმუში, ხორციელდება სისტემის ინტერაქტიური სწავლება (ანოტირებული კორპუსის შექმნა) და მთელი ციკლი მეორდება ხელახლა ტესტურ ნაკადზე დამაკმაყოფილებელ შედეგამდე.

ტიმსტურ კორპუსებში ომონიმის ავტომატურად მოხსნის მოდელი

ლ. ლორთქიპანიძე

რეზიუმე

ტექსტური კორპუსების მორფოლოგიური ანოტირების დროს ყველაზე მეტი დრო ეთმობა ომონიმის ხელით მოხსნას. ქართული ენა უხვადაა წარმოდგენილი ომონიმური სიტყვაფორმებით. მაგალითად: 'და' (კავშირი) და 'და' (არსებითი სახელი), 'კრავს' (ზმნა) და 'კრავს' (არსებითი სახელი), 'ბარი' (არსებითი სახელი, (მთა-ბარი)) და 'ბარი' (არსებითი სახელი, (სასოფლო-სამეურნეო იარაღი)) და მრავალი სხვა.

ნაშრომში განხილულია ომონიმის მოხსნის დეტერმინირებული და ალბათური სისტემები. აღწერილია ტექსტურ კორპუსში მორფოლოგიური ანოტირების ავტომატური მოხსნის ორიგინალური ალგორითმი და მისი კომპიუტერული რეალიზაცია. წარმოდგენილია მიდგომა, რომელიც ქართული ენის ანოტირებული კორპუსის არარსებობის გამო მცირე რაოდენობის ტექსტიდან გარკვეული პროცენტური შერჩეული კონტექსტების ლექსიკონს ეყრდნობა.

ნაჩვენებია კონტექსტების ელემენტების რანჟირების პრინციპი და ომონიმის მნიშვნელობის შერჩევის და ლინგვისტური მანძილების გამოსათვლელი კონტექსტური მეტრიკა. აღწერილია სწავლებადი სისტემისთვის ტექსტების შესარჩევი გენეტიკური ალგორითმი და იტერატიული სწავლების პრინციპი.

THE MODEL OF THE AUTOMATIC REMOVAL OF HOMONYMY IN THE CORPORA

L. LORTKIPANIDZE

Summary

In the process of morphologic annotation of text corpora most of time is spent on removing homonymy manually. There are quite a lot of homonymic wordforms in Georgian language such as 'da'

[conjunction] and ‘da’ |noun; ‘k’ravs’ |verb| and ‘k’ravs’ |noun|; ‘bari’ |noun, (‘mta-bari’-plain)| and ‘bari’ |noun, (a tool used in agriculture)|, etc.

The determined and probability systems of homonymy removal are considered in the paper. In the work there are described the original algorithm of automatic removal of morphologic homonymy in the text corpora and its computer realization. The paper presents an approach that, because of absence of the annotated corpora of Georgian language, relies on the context dictionary selected according to a certain procedure from a small amount of texts.

The ranging process of the context elements, also the ways how to find the meaning of homonymy, and the context metrics that calculates linguistic distances are shown in the paper. Text selecting genetic algorithm for teaching systems and the principles of iterative learning are described in the work.

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО СНЯТИЯ ОМОНИМИИ В ТЕКСТОВОМ КОРПУСЕ

Л. ЛОРДКИПАНИДZE

Резюме

Во время морфоогического аннотирования текстовых корпусов самое большое время занимает ручное снятие омонимии. В грузинском языке омонимичные словоформы встречаются довольно часто, например: ‘da’ *и* (сочинительный союз) и ‘da’ *сестра* (имя существительное), ‘kravs’ *связывает* (глагол) и ‘kravs’ *ягнёнку* (имя существительное), ‘bari’ *долина* (имя существительное) и ‘bari’ *лопата* (имя существительное)... и многие другие.

В работе рассматриваются детерминированные и вероятностные системы снятия омонимии. Описан оригинальный алгоритм автоматического снятия морфологической омонимии и его компьютерная реализация. Представлен подход, который ввиду того, что в данный момент не имеется аннотированный корпус Грузинского языка, опирается на контекстный словарь, который составлен с использованием определенной процедуры из маленького количества текстов.

В статье показан принцип ранжирования элементов контекста, отбор значений омонимов и контекстная метрика для вычисления лингвистических расстояний. Описаны генетический алгоритм обучающей системы для отбора текстов и принцип итеративного обучения.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Л.Л. Цинман, В.Л. Сизов. Лингвистический процессор ЭТАП: дескрипторное соответствие и обработка метафор, 2000, <http://www.dialog-21.ru/Archive/2000/Dialogue%202000-2/366.htm>;
2. Daniel Jurafsky, James H. Martin. Speech and Language Processing, 2000;
3. Б.П. Кобрицов. Методы снятия семантической неоднозначности. НТИ, Сер.2, Вып. 3, 2004;
4. Cristopher D. Manning, Hinrich Schutze. Foundation of Statistical Natural Language Processing, 1999.

პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში მოპოვებული გრანტის მეშვეობით (ხელშეკრულება 31/65). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს

სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა

ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯავაშვილი

(ninomaskh,ninojavashvili,liasams@yahoo.com)

სიტყვაწარმოება ენობრივი ცოდნის მნიშვნელოვანი ნაწილია. იგი გულისხმობს ენაში ახალი ლექსიკური ერთეულების წარმოქმნას, რომელთაც ნაწარმოები სახელები (დერივატები) ეწოდებათ და სახელის ფუძეზე სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების დართვით მიიღება.

არსებობს განსხვავებული შეხედულებები ენათმეცნიერების რომელ დისციპლინას განეკუთვნება სიტყვაწარმოება. ის შეიძლება განვიხილოთ მორფოლოგიის, სინტაქსის ან ლექსიკოლოგიის ფარგლებში, ან სულაც ცალკე დისციპლინად წარმოვიდგინოთ.

იმის გათვალისწინებით, რომ ახალი სიტყვები მიიღება შედარებით მცირე ელემენტების შეკავშირების შედეგად, სიტყვაწარმოებას ბევრი საერთო აქვს სინტაქსთან. მეორე მხრივ, სიტყვაწარმოებითი პროცესების შედეგად მიღებული სიტყვა ამა თუ იმ მეტყველების ნაწილს მიეკუთვნება და ამდენად, სიტყვაწარმოება მორფოლოგიის შემადგენელ ნაწილადაც შეგვიძლია განვიხილოთ. ხოლო, თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ სიტყვაწარმოების პროდუქტი ლექსიკალიზაციის პროცესის შედეგად ენის ლექსიკაში მკვიდრდება, ნაწარმოები ახალი სიტყვა ლექსიკოლოგიის კვლევის ობიექტიც ხდება [1].

ქართულში სიტყვაწარმოება უფრო ფართო, “სიტყვათწარმოქმნის” მნიშვნელობითაც იხმარება და გულისხმობს ახალი სიტყვების შექმნას არა მხოლოდ აფიქსაციით, არამედ სხვა საშუალებებითაც, უწინარეს ყოვლისა თხზვით – [2]. სიტყვათწარმოქმნას (რუს. словообразование) ბ. ფოჩხუა “აფიქსებიან სიტყვაწარმოებას” უწოდებს [2].

ჩვენ კვლევისთვის ზემოთ ნახსენები ყველა ასპექტი საინტერესოა, მაგრამ ჩვენ არ შევჩერდებით სიტყვაწარმოების ადგილზე თანამედროვე ლინგვისტიკაში. ასევე არ შევეხებით ნაწარმოებ სიტყვათა სემანტიკურ ჯგუფებს, რომლებსაც ფუძეზე დართული აფიქსები განსაზღვრავს და მიუთითებს მათ წარმომავლობაზე, საქმიანობაზე, დანიშნულებაზე, აბსტრაქტულობაზე, ქონება-უქონლობაზე და სხვ. წინამდებარე ნაშრომში გვინდა გაგაცნოთ სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა კომპიუტერული ბაზა, რომლის მიზანია დერივაციისთვის საჭირო ყველა მორფემის თავმოყრა, გარკვეული წესით მოწესრიგება და სათანადო ინფორმაციით უზრუნველყოფილი დიდი მოცულობის სიტყვათა სიდიდან ახალი სიტყვების ავტომატური წარმოება. მიგვაჩნია, რომ ასეთი ბაზა ხელს შეუწყობს ფონეტიკური თუ სხვა ენობრივი პროცესის გამო ფუძეში ან თვითონ აფიქსში მომხდარი გადახრების ადვილად აღმოჩენას. ეს ბაზის საპილოტე ვერსია გახლავთ, რომელიც მუშაობის პროცესში თანდათან შეივსება და დაიხვეწება.

აფიქსთა ბაზა ძირითადად ეყრდნობა “ქართული ენის მორფემებისა და მოდალური ელემენტების ლექსიკონს” [3]. გამოყენებულია ა. შანიძის წარმოქმნის ელემენტები [4] და ის სადერივაციო აფიქსები, რომლებითაც ლ. მარგველანმა განავრცო ა. შანიძისეული მაწარმოებლები [5], [6].

მონაცემთა ბაზაში სიტყვის მაწარმოებელი აფიქსები/მორფემები დალაგებულია ანბანის მიხედვით. მასში გაერთიანებულია თანამედროვე სალიტერატურო ენაში გამოყენებული, საკუთრივ ქართული და ქართულში დამკვიდრებული (სხვა ენიდან შემოსული) მორფემები, რომელთა საერთო რაოდენობა ჯერჯერობით 250 ერთეულს აღწევს. ბაზაში ახალი მორფემის დამატება სირთულეს არ წარმოადგენს. ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორია ენის ლექსიკის განახლების უწყვეტი რეჟიმის ფონზე.

ბაზას ავსებს ექსპერტი-ლინგვისტი. ავტომატური დამუშავების შემდეგ მიიღება ნაწარმოები სიტყვა-დერივატების სია. მომხმარებლის სურვილის გათვალისწინებით, შესაძლებელია სხვადასხვა სახის სიების შედგენა (ერთი სიტყვიდან მიღებული ყველა დერივატი, მხოლოდ ერთი მაწარმოებელი მიღებული სიტყვები, კონკრეტული მეტყველების ნაწილიდან ახალი სიტყვები და სხვ.). შეცდომების თავიდან ასაცილებლად ნაწარმოები სიტყვების სიას შეამოწმებს ლინგვისტი, რომელიც მრავალ “გამონაკლისსაც აღმოაჩენს”. თუმცა სულ ახლახანს გამოვიდა ახალი ლექსიკონი [7], სადაც ასეთი “გადახრები” სერუპულოზურად არის აღწერილი.

სიტყვის საწარმოებლად დერივაციულ აფიქსთა დართვა ცვლილებებს იწვევს როგორც ფუძეში, ისე თვითონ აფიქსებშიც. მაგალითად, ხმოვანზე დაწყებული აფიქსი

კუმშავს/კვეცს ფუძისეულ ა, ე, ო ხმოვნებს *სა-სოფელ-ო←სა-სოფელ-ო, დედ-ურ-ი←დედა-ურ-ი*. აფიქსეული რ დისიმილაციას განიცდის ფუძისეული რ-ს გამო მაგალითში: *გორ-ულ-ი←გორ-ურ-ი*.

კუმშავს/კვეცის გარდა, აფიქსთა დართვას სხვა ფონეტიკური მოვლენებიც ახლავს. მაგალითად, ზედსართავებთან “წითელი”, “ყვითელი” **მო-ო**-ს დართვა იწვევს ე ხმოვნის ა-დ შეცვლას (მოწითალო, მოყვითალო). ზოგ ზედსართავთან **ელ/ილ** საერთოდ ქრება (სქელი-მოსქო, სისქე; ტკბილი-მოტკბო, სიტკბო). ფონეტიკური მოვლენაა ვ-ს გაჩენა (სარძევე, მერძევე, მეტყვევე), რომელსაც ხმოვანთგასაყარი ფუნქცია აკისრია. აღნიშნული ფონეტიკური მოვლენები და ფუძის ცვლილებები დაწვრილებით არის აღწერილი ლ. მარგველანის მონოგრაფიაში [5].

ამგვარ მოვლენებს აუცილებლად უნდა გაეწიოს ანგარიში ალგორითმების აგებისას და შემდგომ დაპროგრამირების დროსაც. ცნობილი ფაქტია, რომ პროგრამირების დროს თითოეულ განსხვავებულ მორფემას, სულ მცირე ნიუანსსაც კი ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს. პროგრამისტთვის არაფრის მთქმელია ასიმილაცია/დისიმილაცია, მისთვის განსხვავებული აფიქსებია **-ურ** და **-ულ** ან **მე-ურ** და **მე-ულ**.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამონაკლისებისა და ე.წ. “გადახრების” გამოსავლენად ძალიან მოსახერხებელია სიტყვაწარმოება ავტომატურ რეჟიმში. საწარმოებელი სიტყვების სრულყოფილი სია და აფიქსთა სრულყოფილი სიმრავლე ფაქტობრივად ამის გარანტიას იძლევა.

აფიქსების მონაცემთა ბაზაში აღწერილია ყველა შესაძლო მაწარმოებელი მისი ზემოთ ნახსენები ფონეტიკური სახეცვლილებებით. თითოეული მორფემა განთავსებულია ცალკე გრაფაში. ისეთებიც კი, რომლებიც, ფაქტობრივად, მხოლოდ დისიმილაციის გამო სახეცვლილი ერთი და იგივე დანიშნულების მორფემებია.

ბაზაში დამატებულია ლ. მარგველანის სადერივაციო აფიქსები [5], რომლებიც გამოყენებულია მორფოლოგიური სინთეზის ალგორითმში (პროგრამული რეალიზაცია განხორციელდა მართვის სისტემების ინსტიტუტში ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილებაში ლ. სამსონაძის მიერ):

პირველ რიგში, უნდა აღინიშნოს მაწარმოებელი **0** (ნული), რომელსაც პროგრამირებაში დიდი დატვირთვა აქვს. ნული აღნიშნავს მახასიათებელს, რომელიც ზოგადად არსებობს, მაგრამ ყველა სახელთან არ ფიქსირდება. მაგალითად, წარმომავლობის გეოგრაფიული სახელების ჯგუფში სხვა აფიქსებთან (**-ელ** – აჭარ-ელ-ი; **მო-ე** – მო-ხევე-ე; **-ულ** – გურ-ულ-ი; **-ურ** – კახ-ურ-ი) ერთად შედის **0** – აფხაზი, სვანი, ფრანგი, შვედი.

პრეფიქსი **არა-**, რომელიც უარყოფითი სემანტიკის სახელებს აწარმოებს (**არა-ლეგალური**, **არა-ადამიანი**);

-ეულობა. წარმომავლობის **-ეულ** სუფიქსის გაფართოება ხდება კრებითობის გამომხატველი **-ობა** სუფიქსით და გამოხატავს ჯიშის აღმნიშვნელ სახელებს – **თევზ-ეულობა**, **ტკბილ-ეულობა**.

-ინდელ სუფიქსი აწარმოებს დროის აღმნიშვნელ წარმომავლობის სახელებს: **დამ-ი-ნ-დელ-ი**, **ხვალ-ი-ნ-დელ-ი**. **-ინდელ**, ფაქტობრივად, კიდევ უფრო გართულებული ისედაც რთული **-დელ** სუფიქსია. როგორც ა. შანიძე აღნიშნავს: “წარმოშობით ეს სუფიქსი რთულია: **დ-ელ**, რომლის პირველი ნაწილი მიღებულია **დღ-ისაგან (დღ-ელ-ი)**. ისმარება დროის აღმნიშვნელ სიტყვებთან: **გუშინ-დელ-ი**, **შარშან-დელ-ი**, **წელან-დელ-ი**, **უწინ-დელ-ი**. ამ სიტყვების ანალოგიით **ნ** ჩნდება სხვა ფუძეებთანაც და მიღებულია **ნ-დელ-ი**: **ხვალ-ი-ნ-დელ-ი**, **დღე-ი-ნ-დელ-ი** (ითქმის **დღე-გ-ა-ნ-დელ-ი**ც), **კვირ-ი-ნ-დელ-ი**, **სადაც ი ნათბრუნვის ნიშნის ნაშთია [ხვალ-ი-ნ-დელ-ი=ხვალი(ს)-დელ-ი]**” [4]. ჩვენ ყველა მათგანს ცალ-ცალკე ერთეულად შევიტანთ ბაზაში და გვუქნება: **-დელ**, **-ნდელ**, **-ინდელ** და **-ვანდელ** სუფიქსები.

-გ-ელ აწარმოებს წარმომავლობის სახელებს: **რაჭ-გ-ელ-ი**, **ბარ-გ-ელ-ი** (ბარი - სოფელი რაჭაში) [5].

სუფიქსი **-იერება** **-იერ-**ით ნაწარმოები ზედსართავებისგან აწარმოებს აბსტრაქტულ განყენებულ სახელებს – **ზომ-იერება**, **გონ-იერება**.

მე-ედ რაოდენობითი რიცხვითი სახელებისგან აწარმოებს წილობით რიცხვით სახელებს: **მე-ორ-ედ-ი**, **მე-ას-ედ-ი**.

ცირკუმფიქსი **მე-გ-ე** ე ხმოვანფუძიანი არსებითი სახელებისგან აწარმოებს ხელობის სახელებს: **მე-ტყე-გ-ე**, **მე-რძე-გ-ე**.

მე-ე-ობა და **მე-ე-ე-ობა**. მე-ე-თი ნაწარმოებები ხელობის სახელებზე დამატებული **-ობა** აწარმოებს დარგის აღმნიშვნელ სახელებს – **მე-ვენახ-ეობა, მე-ტყე-ე-ე-ობა, მე-რძე-ე-ე-ობა**. ბოლო ორ მაგალითში **ე**, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სმოვანთგასაყარზე ჩნდება. მიუხედავად ამისა, **მე-ე-ე-ობა**-ს ჩვენ ცალკე აფიქსად მივიჩნევთ ისევე, როგორც **მე-ე-ე**-ს სიტყვაში **მე-რძე-ე-ე**:

ასეთივე თავსართ-ბოლოსართია **სა-ე-ე** სიტყვაში **სა-რძე-ე-ე**.

წინა ვითარების მაწარმოებელი **ნა-ურ**, რომელიც ზოგჯერ **ნა-არ**-ის ნაცვლად იხმარება (**ნა-ფეს-ურ-ი, ნა-ჭდე-ურ-ი, ნა-მზე-ურ-ი**).

უ-ობა და **უ-ება** აგრეთვე უარყოფითი სემანტიკის მაწარმოებლებია. **უ-პურ-ობა, უ-გულ-ობა, უ-მეცრ-ება**).

დასასრულ, წარმოვადგინოთ სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების სიას:

აფიქსი	მცირე კომენტარი	მაგალითები
-ა1	ზედსართავისგან აწარმოებს ზმნიზედას	ნელ-ა, ჩქარ-ა
-ა2	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	დედოფალ-ა, მერაბ-ა
-ა3	აწარმოებს ნაზმნარ არს.სახელებს (მასდარს, საწყისს)	კეთებ-ა, ხატვ-ა
ა-	გამოხატავს უარყოფას	ა-მორალური
-აბელ	გამოხატავს ნიშან-თვისების ქონას	კომფორტ-აბელ-ური
-ად1	აწარმოებს მეორეულ ზედსართავებს	გულ-ად-ი
-ად2	გამოხატავს კრებითობას	კასკ-ად-ი
-ადა	გამოხატავს კრებითობას	კოლონ-ადა
-აკ	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	წიგნ-აკ-ი
-აკ-უნ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ემ-აკ-უნა
-ალ	აწარმოებს ზედსართავ და არსებით სახელებს	უნიკ-ალ-ური, არე-ალ-ი
-ან	დაერთვის საკუთარ სახელებს და აწარმოებს ჩამომავლობის და კუთვნილების სახელებს	ოთარა-ან-ი
ან-	გამოხატავს უარყოფას (იგივეა, რაც ”ა-“, იხმარება ხმოვნით დაწყებულ ფუძეებთან)	ან-ონიმი
-ანტ	აწარმოებს ხელობის სახელებს და ტერმინებს	ასპირ-ანტ-ი, ვარი-ანტ-ი
ანტი-	გამოხატავს რისამე უარყოფას, დაპირისპირებას	ანტი-ხალხური
-ან-ა	აწარმოებს კნინ. ფორმებს. დაერთვის -ობა-თი ნაწარმოებ აბსტრ.სახელებს;	ომობ-ან-ა, ბებრ-უხ-ანა, ყაჩაღ-ან-ა
-აჟ	გამოხატავს: საქმიანობას; კრებითობას	რეპორტ-აჟ-ი; ტიპ-აჟ-ი
-არ1	დაერთვის მასდარს	ცნობ-არ-ი, კითხვ-არ-ი
-არ2	დაერთვის გეოგრაფიულ სახელებს	ოპიზ-არ-ი
-არ3	აწარმოებს საქმიანობის, ხელობის, მდგომარეობის სახელებს	ბიბლიოთეკ-არ-ი, ანტიკვ-არ-ი, იუბილ-არ-ი
არა-	აწარმოებს უარყოფითი სემანტიკის სიტყვებს	არა-კაცი, არა-ადამიანი
-არიუმ	გამოხატავს კრებითობას	ჰერბ-არიუმ-ი,
-ასტ	პიროვნება მისივე საქმიანობის მიხედვით	ენტუზი-ასტ-ი
-ატ	აღნიშნავს საქმიანობას, პიროვნებას, ქიმიურ შენაერთთა სახელებს	დეკან-ატ-ი, ადრეს-ატ-ი, ექსპონ-ატ-ი, ქლორ-ატ-ი
-აჩ-უნ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ქალ-აჩ-უნ-ა
-აჭ	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	გორგოლ-აჭ-ი
-აჭ-უნ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ბაჭ-აჭ-უნ-ა
-გან1	დაერთვის: ზმნიზედას და აწარმოებს ზედსართავს; განსაზ.ნაცვალსახელს და აწარმოებს ადგ. ზმნიზედას	შინა-გან-ი, გარე-გან-ი; სხვა-გან, ერთ-გან
-გან2	დაერთვის სახელთა ნათ.ბრუნვის თანიანი მრავლობითის ფუძეს	მეცნიერთა-გან-ი, სამთა-გან-ი, ჩვეთა-გან-ი
გარე-	დაერთვის არსებითს ან ზედსართავს	გარე-სამყარო, გარე-მოცული
-გვარი	დაერთვის ნაცვალსახელებისა და რიცხვითი სახელის ფუძეს და აწარმოებს ზედსართავს	ამ-გვარი, ორ-გვარი
-გზის	დაერთვის რიცხვითებს ან ნაცვალსახელებს	მრავალ-გზის, სამ-გზის
-დან	აწარმოებს დანიშნულების სახელებს	ჩაი-დან-ი, ყავა-დან-ი

სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა

-დარ	აწარმოებს ხელობის სახელებს	ხაზინა-დარი
-დელ	დაერთვის დროის ზმნიზედებს	შარშან-დელ-ი
დის-	გამოხატავს უარყოფას, გამოყოფას	დის-კვალიფიკაცია, დის-ლოკაცია
-ებ-ა	დაერთვის ზედსართავს და აწარმოებს აბსტრაქტულ სახელებს	ბედნიერ-ებ-ა, მწუხარ-ებ-ა
-ებრ 1	დაერთვის სახელის ფუძეს და გამოხატავს მსგავსებას	ლომ-ებრ-ი
-ებრ 2	დაერთვის ნათესაობითს და გამოხატავს მსგავსებას	ლომის-ებრ-ი
-ებრივ	დაერთვის სახელებს, და გამოხატავს დანიშნულება-რაგვარობას	საზოგადო-ებრივ-ი
-ებურ 1	დაერთვის სახელის ფუძეს და გამოხატავს მსგავსებას	ახლ-ებურ-ი
-ებურ 2	დაერთვის ნათ. ბრუნვის ფორმას და გამოხატავს მსგავსებას	კაცის-ებურ-ი
-ედ 1	დაერთვის არს.სახელს და გამოხატავს მქონებლობას (ძირითადად გამოიყენება სამეცნ.ტერმინოლოგიაში)	უჯრ-ედ-ი
-ედ 2	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღებობას	მოქმ-ედ-ი მორბ-ედ-ი შენიშვნა: დასტურდება მხოლოდ ამ ორ ფორმაში
-ედინ	გამოხატავს მსგავსებას	ჯვარ-ედინ-ი
-ევტ	აწარმოებს ხელობის სახელებს	თერაპ-ევტ-ი
-ეთ	აწარმოებს ჩვეულებრივ და ფიქტიურ ტოპონიმებს	სვან-ეთ-ი, სულ-ეთ-ი
-ელ 1	აწარმოებს: ადგილის აღმნ.სახელებისგან წარმომავლობის სახელებს; რიგი არს. სახელებისგან მიმდევრობის, ხელობის, საქმიანობის სახელებს; ზოგჯერ ზედს. სახელისგან მეორად ზედსართავს	სოფლ-ელ-ი; ფეხბურთ-ელ-ი; ფიცხ-ელ-ი
-ემა	ძირითადად აწარმოებს სამეცნიერო ტერმინებს	თეორ-ემა, მორფ-ემა
-ენტ	გამოხატავს საქმიანობას	რეფერ-ენტ-ი
-ერ	გამოხატავს საქმიანობას, ხელობას, მდგომარეობას	მენეჯ-ერ-ი, პენსიონ-ერ-ი, კომბაინ-ერ-ი
-ესა	აღნიშნავს წოდების მქონე მდებარ.სქესის პიროვნებას	ბარონ-ეს-ა, პრინც-ეს-ა
-ეტ	პიროვნების სახელს მისი საქმიანობის მიხედვით	აპოლოგ-ეტ-ი
-ეტა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ოპერ-ეტა
-ეულ 1	დაერთვის არს.სახელის ნათ. ბრუნვის ფორმას; გამოიყენება საკუთარ სახელებთანაც	მამ-ის-ეული, პეტრეს-ეული
-ეულ 2	დაერთვის კუთვნ. ნაცვალსახელებს	ჩემ-ეულ-ი
-ეულ 3	დაერთვის არს.სახ. ფუძეს და გამოხატავს კრებითობას	ბოსტნ-ეულ-ი, ხილ-ეულ-ი
-ეულ 4	დაერთვის რიცხვით სახელს	ერთ-ეულ-ი, სამ-ეულ-ი
-ეულ 5	დაერთვის ზედსართავს	შორ-ეულ-ი, ღირს-ეულ-ი
-ეულობა	აწარმოებს სახელობის სახელებს	თევზ-ეულობა
ექს-	აღმნიშნავს წინა ვითარებას, ყოფილობას	ექს-ჩემპიონი
ექსტრა-	გამოხატავს რისამე ფარგლებს გარეთ მყოფობას	ექსტრა-ორდინალური
-ექ-ან-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ქერქ-ექ-ან-ა
ექ-ინ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ქერქ-ექ-ინ-ა
-ვანდელ	აწარმოებს დროის აღმნიშვნელ წარმომ. სახელებს	დღე-ვანდელი
-ველ	აწარმოებს წარმომავლობის სახელებს	რაჭ-ველ-ი
ვიცე-	აღნიშნავს შემცვლელ პირს	ვიცე-პრეზიდენტი
ზე-	დაერთვის: არსებითს ან ზედსართავს და გამოხატავს აღმატებითობას, უაღრესობას; ზედსართავს და გამოხატავს ზედმეტობას; მასდარს და აღნიშნავს მოქმედების მიმართულებას; მასდარებს და მიმღებობას და აძლიერებს ქვემოდან ზემოთ მიმართულ მოქმედებას	ზე-კაცი; ზე-ლიმიტური; ზე-გავლენა; ზე-აღსვლა, ზე-აზიდული
ზედ-	გამოხატავს დამატებითობას, ზემოთ მყოფობას	ზედ-წოდება, ზედ-ნაშენი
-ზედა	დაერთვის მიც. ან ნათ. ფორმებს	წელ-ზედა, მიწის-ზედა
ზემო-	დაერთვის პირველად ან ნაწარმოებ სახელებს	ზემო-ხსენებული

ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯაფაშვილი

თან-	დაერთვის პირველად ან ნაწარმოებ სახელებს	თან-ხმოვანი, თან-დაყოლილი
თანა-	დაერთვის პირველად ან ნაწარმოებ სახელებს	თანა-სწორი, თანა-შემწე
-თანა	დაერთვის ნათ.ბრ. ფორმას	კაცის-თანა, ამის-თანა
-ი	გამოხატავს უარყოფის სახელებს	ი-რეალური
-ია1	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	და-ია, მამ-ია
-ია2	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღებობებს; დაერთვის თხზულ სახელებს	დოყლაპ-ია, კაციჭამ-ია, ნაცარქექ-ია
-ია3	აწარმოებს სახელწოდებებს: სამეცნ.დარგების, საზოგადოებრივი წყობისა და ფენის, განწყობისა და ნიშანთვისების	გეოგრაფ-ია, მონარქ-ია, არისტოკრატი-ია, სიმპათ-ია, დემაგოგ-ია
-იადა	გამოხატავს კრებითობას	ალპინ-იადა
-იან	დაერთვის სახელის ფუძეს და გამოხატავს: ყოლა-ქონებას; ვისამე მიმდევრობას ; კუთვ. და უკუქც. ნაცვალსახელებს; დროის აღმნიშვნელ სახელებს; რიცხვით სახელებს	ცოლ-იან-ი, წიგნ-იანი; ქრისტ-იან-ი; ჩემ-იან-ი, თავის-იან-ი; შვიდ-იან-ი; ადრ-იანი
-იანთ	დაერთვის უკუქც.ნაცვალსახელს ”თავი” და ოჯახის ან გვარის აღმნიშვნელ სახელებს	თავი-ანთ-ი, პაპ-იანთ-ი
-იდ	გამოხატავს: დინასტიას, სამეცნ.ტერმ.სახელებს, მითოლოგ.სახელებს	ბაგრატი-იდ-ი, ბრომი-იდ-ი, არტემ-იდ-ე
-იელ	დაერთვის არს.სახელებს	ზურგ-იელ-ი, გემრ-იელ-ი
-იერ	დაერთვის: არს.სახელებს და გამოხატავს მქონებლობას; ზმნას და აწარმოებს სასუბ.მიმღებობას	გონ-იერ-ი, ბედნ-იერ-ი; ლმობ-იერ-ი, მშ-იერ-ი
-იერება	აწარმოებს აბსტრაქტულ სახელებს	ზომ-იერება
-ივ	აწარმოებს ნიშან-თვისების გამომხ.სახელებს	აქტ-ივ-ი
-იზა	აღნიშნავს საქმიანობას	ექსპერტ-იზა
-იზმ	აღნიშნავს მოძღვრებას, ნიშან-თვისების მქონებლობას	დარვინ-იზმი, ფორმალ-იზმი
-იკ-ა 1	აღნიშნავს საქმიანობის სფეროს და კრებითობას	ლინგვიტიკ-ა, ავტომატიკა
-იკ-ა 2	დაერთვის სახელებს და კნინობით აწარმოებს	მარ-იკ-ა, ვარ-იკ-ა
-იკ-ან-ა	აწარმოებს კნინ. ფორმებს	ჭორ-იკ-ან-ა
-იკ-ელ-ა	აწარმოებს კნინ. ფორმებს	მარ-იკ-ელ-ა
-იკ-ო	აწარმოებს კნინ. ფორმებს	მამ-იკ-ო
-იკ-ონ-ა	აწარმოებს კნინ. ფორმებს	დედ-იკ-ონ-ა
-ით	მოქმ.ბრუნვის ნიშანი აწარმოებს ზედსართავებს, სამეცნიერო და გრამატიკულ ტერმინებს	დადებ-ითი, ჩვენებ-ით-ი, ვნებ-ით-ი
-ილ	აწარმოებს: მასდარს; მიმღებობას	ტკივ-ილ-ი, გატეხ-ილ-ი
-ილია	გამოხატავს კრებითობას	ფლოტი-ილია
იმ-	აღნიშნავს გარედან შიგნით მოქმედებას	იმ-პორტი
-ინ	აწარმოებს მასდარს	ჭიჭყ-ინ-ი, გლიჯ-ინ-ი
ინ-	აღნიშნავს გარედან შიგნით მოქმედებას, უარყოფა-დაპირისპირებას	ინ-კორპორაცია, ინ-აქტიური
-ინა	აწარმოებს კნინ. ფორმებს	პაწაწ-ინ-ა, მარტოკ-ინ-ა
-ინ-ია	აწარმოებს წოდებას	გრაფ-ინია
-ინგ	აღნიშნავს მოქმედებას ან მდგომარეობას	შოპ-ინგ-ი, მიტ-ინგ-ი
-ინდელ	აწარმოებს დროის აღმნიშვნელ წარმომ. სახელებს	ლამ-ინ-დელ-ი
ინტერ-	გამოხატავს ”შორის”	ინტერ-კლუბი
ინფრა-	აღნიშნავს რისამე ქვემოთ მყოფობას	ინფრა-სტრუქტურა
-იონ	გამოხატავს წარმომავლობას, კრებითობას	არხოტი-იონ-ი, მაყრ-იონ-ი
-იორი	გამოხატავს საქმიანობას	დუბლ-იორი
-ირ	აღნიშნავს საქმიანობას და კრებითობას	ბანკ-ირ-ი, ტურნ-ირ-ი
-ის	გამოიყენება საენათმეცნიერო ტერმინოლოგიაში	ინსტრუმენტალ-ის-ი
-ისტ	აღნიშნავს რაიმეს მიმდევარს და პროფესია-ხელობას	ბუდ-ისტ-ი, ტანკ-ისტ-ი
-იტ	აღნიშნავს: საქმიანობას, რაიმეს მიმდევარს, რაიმესადმი განკუთვნილებას, ანთებით დაავადებებს	ბანდ-იტ-ი, ისმაილ-იტ-ი, კვარც-იტ-ი, გასტრ-იტ-ი

სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა

-იულ	გამოხატავს წარმომავლობას	მთ-იულ-ი
-იურ	აწარმოებს კუთვნილება-წარმომავლობის სახელებს	წლ-იური, აქტ-იური
-კვე	დაერთვის რიცხ. სახელებს და გამოხატავს ჯერადობას	ორ-კვე-ი, ას-კვე-ი
კვაზი-	”თითქოს, ვითომ”. აწარმოებს სამეცნ.ტერმინოლოგიას	კვაზი-ნაწილაკი
კო-	გამოხატავს თანაობას ხმოვნით დაწყებულ ფუძეებთან	კო-არტიკულაცია
კონ-	გამოხატავს თანაობას, თანხლებას	კონ-ფედერაცია
კონტრ-	გამოხატავს დაპირისპირებას, დაქვემდებარებას	კონტრ-არგუმენტი, კონტრ-ადმირალი
-ლოგ	გამოხატავს აზრის, მოძღვრების მიმდევარს	ქართველო-ლოგ-ი
მ-	ზმნებისგან აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მ-კერავ-ი, და-მ-წერი
მ- ე	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას; ზოგჯერ მიმღეობა იწარმოება მასდარისგან	შ-ე-მ-წე, მ-მ-ლ-ე; მ-დგომ-არ-ე, მ-ჯდომ-არ-ე
მ- რ	სახელისგან აწარმოებს ახალ სახელს	მ-დედრი
მ- რ-ო	აწარმოებს მიმღეობურ ფორმებს	მ-ყუდ-რ-ო, მ-ჭიდ-რ-ო
მ- არ	სახელისგან აწარმოებს ახალ სახელს; დინამ. და სტატ. ზმნებისგან აწარმოებს მიმღეობას	მ-დიდ-არი; მ-ხატვ-არი, მ-დუმ-არ-ი; და-მ-დნ-არ-ი
მ- ალ	აწარმოებს მიმღეობას	გა-მ-შრალ-ი
მ- ელ	სახელისგან აწარმოებს ახალ სახელს; დინამიკური ზმნებისგან აწარმოებს მიმღეობას	მ-ეზობ-ელი; და-მ-ხატვ-ელ-ი
მ- არე	აწარმოებს მიმღეობას	მ-დუმ-არე
მ- ალე	აწარმოებს მიმღეობას	მ-ხურვ-ალე
მ- ან	სტატიკურ ზმნათაგან აწარმოებს მიმღეობას	მ-ტკივ-ან-ი
მ- ან-ა	სტატიკურ ზმნათაგან აწარმოებს მიმღეობას	მ-ჩხავ-ან-ა
მ- იარე	რამდენიმე შემთხვევაში აწარმოებს მიმღეობას	მ-შობ-იარე, მ-წოლ-იარე
მა-	აწარმოებს მიმღეობას	მა-ვალ-ი, მა-ყუჩ-ი
მა- ე	აწარმოებს მიმღეობას	მა-ვნ-ე, მა-ცნ-ე
მა- ელ	აწარმოებს მიმღეობას	მა-ვნებე-ელ-ი
მა- არ	აწარმოებს მიმღეობას	მა-ქებ-არ-ი
მა- ალ	აწარმოებს მიმღეობას	მა-რჩენ-ალ-ი
მა- ურ	აწარმოებს მიმღეობას	მა-ცდ-ურ-ი
-მაგ	დაერთვის რიცხ. სახელებს	ორ-მაგ-ი, ათ-მაგ-ი
მან-	დაერთვის ზედს. სახელებს	ბველ-მან-ი, წვრილ-მან-ი
-მდელ	დაერთვის არს. სახელებს	სკოლა-მდელ-ი
მე-	აწარმოებს ვნებ. გვარის ზოგი ზმნისგან მიმღეობას	მე-წველ-ი, მე-რყევ-ი
მე- იერ	აწარმოებს მიმღეობას	მე-ცნ-იერ-ი შენიშვნა: ასეთი წარმოება არაპროდუქტიულია
მე- არ	აწარმოებს მიმღეობას	მე-დგ-არ-ი შენიშვნა: ასეთი წარმოება არაპროდუქტიულია
მე- ურ1	აწარმოებს მიმღეობას	მე-ხვეწ-ური შენიშვნა: ასეთი წარმოება არაპროდუქტიულია
მე- ურ2	არსებითისგან აწარმოებს ხელობის სახელებს	მე-ზღვა-ურ-ი, მე-თა-ურ-ი
მე- ე1	არსებითისგან აწარმოებს ხელობის სახელებს	მე-ბად-ე, მე-დუქნ-ე
მე- ე2	რიცხვითისგან აწარმოებს რიგობით რიცხ.სახ.	მე-სამ-ე
მე- ედ	რიცხვითიდან აწარმოებს წილობითებს	მე-სამ-ედ-ი
მე- ვე	აწარმოებს ხელობის სახელებს	მე-რძე-ვე, მეტყე-ვე
მე- ეობ	აწარმოებს დარგის აღმნიშვნელ სახელებს	მე-საქონლე-ობა
მე- ვეობ	აწარმოებს დარგის აღმნიშვნელ სახელებს	მე-ტყე-ვეობ-ა
-მე	დაერთვის კითხ.ნაცვ.-ს და აქცევს განუსაზღვრავალსახელად	ვინ-მე,რომელი-მე
-მენტ	გამოხატავს მოქმედების შედეგს ან საშუალებას	ალი-მენტ-ი, ორნა-მენტ-ი
-მიერ	დაერთვის ნათ.ბრ. ფორმას, აწარმოებს გრამატიკულ ტერმინებს	ბაგ-ის-მიერ-ი, ხორხ-ის-მიერ-ი

ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯაფაშვილი

მო- -ო	აწარმოებს ზედსართავის ხარისხს	მო-თეთრ-ო, მო-დიდ-ო
მო-	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მო-ძრავ-ი, მო-ზარდ-ი
მო- -ე1	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მო-ყვარ-ე, მო-შრიალ-ე
მო- -ე2	აწარმოებს წიგნიერ-თვისებით სახელებს, გამოხატავს რაიმეს მიმღევარს, მოხელეობას	მო-ქართულ-ე, მო-ჭადრაკ-ე, მო-არშიყ-ე
მო- -ედ	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მო-ქმ-ედ-ი შენიშვნა: - ედ წარმოება ახალ ქართულში იშვიათია
მო- -ალ	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მო-ტირ-ალ-ი
მო- -არ	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	მო-ჩხუბ-არ-ი
ნა-	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	ნა-წერ-ი
ნა- -ალ	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	ნა-სუქ-ალ-ი
ნა- -არ1	აწარმოებს წინა ვითარების სახელებს	ნა-სახლ-არ-ი
ნა- -არ2	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	ნა-ჩუქ-არ-ი
ნა- -ევ1	აწარმოებს სასუბიექტო მიმღეობას	ნა-მარხულ-ევ-ი
ნა- -ევ2	აწარმოებს წინა ვითარების სახელებს და გამოხატავს: ადგილს; დროს	ნა-ქალაქ-ევ-ი; ნაშუადამ-ევ-ი
ნა- -ურ	აწარმოებს წინა ვითარების სახელებს	ნა-ფეხ-ურ-ი, ნა-ჭდე-ურ-ი
-ნაირ1	დაერთვის ნათ.ბრუნვას	კაც-ის-ნაირ-ი
-ნაირ2	დაერთვის ჩვენებით ნაცვალსახელებს	ამ-ნაირ-ი
-ნაირ3	დაერთვის კითხვით ნაცვალსახელებს	რა-ნაირი
-ნალ	დაერთვის არსებითებს	ბარდ-ნალ-ი
-ნარ	დაერთვის არსებითებს და გამოხატავს კრებითობას	ქვიშ-ნარ-ი, ნამვ-ნარ-ი
-ობ	დაერთვის სახელის ფუძეს და აწარმოებს რაიმე ნიშნის მქონე ადგილის სახელს	მალ-ობ-ი, ფერდ-ობ-ი, ჭა-ობ-ი, ფართ-ობ-ი
-ობ-ა	აწარმოებს აბსტრაქტულ და კრებით სახელებს; არს.სახელის მრ.რიცხვის ფორმებს	ბავშვ-ობ-ა, სტუდენტ-ობ-ა; კაც-ობ-ა
-ობანა	აწარმოებს თამაშობათა სახელებს	ომ-ობანა
-ობლივ	აწარმოებს ზედსართავებს	ერთ-ობლივ-ი
-ობრივ	აწარმოებს ზედსართავებს	ენ-ობრივ-ი
-ოდე	დაერთვის რიცხვით სახელებს	სამი-ოდე
-ოდენ	დაერთვის სახელებს და გამოხატავს თანაბრობას, თანაფარდობას (ძვ. ქართულში გამოიყენებოდა ოდნაობის ფუნქციის გამოსახატავად.	ამ-ოდენ-ი, ჩემ-ოდენ-ი, შენ-ოდენ-ი
-ოდენა	გამოხატავს თანაბრობას, თანაფარდობას. დაერთვის ნაცვალსახელებს და არს.სახ. ნათ. ბრუნვის ფორმებს	ამ-ოდენა, მის-ოდენა, სახლის-ოდენა
-ოზ	აღნიშნავს ნიშან-თვისებას	ფსიქ-ოზ-ი
-ოვან	დაერთვის არს.სახელებს და აწარმოებს ზედსართავებს	წებ-ოვან-ი, კლდ-ოვან-ი
-ოიდ	აღნიშნავს თვისებას, მსგავსებას, რასობრივ მიკუთვნებას	მორფემ-ოიდ-ი, ჰუმან-ოიდ-ი, მონგოლ-ოიდ-ი
-ოკ-ინ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	წვერ-ოკ-ინ-ა
-ოლ	სტატიკური ზმნებისგან აწარმოებს მასდარს	თრთ-ოლ-ა, ძრწ-ოლ-ა
-ომ	აწარმოებს მასდარს ვნებითისგან	კვდ-ომ-ა, წყრ-ომ-ა
-ომა	აღნიშნავს დაავადებებს	ანგი-ომ-ა
-ონ	ძვ. ბერძნული სახელობითი ბრუნვა	ლექსიკ-ონ-ი, თეატრ-ონ-ი
-ორ	აღნიშნავს საქმიანობას	დირექტ-ორ-ი
-ოს	აღნიშნავს ხელობის სახელებს	მექანიკ-ოს-ი
-ოტ	გამოხატავს პიროვნების ნიშან-თვისებას	პატრი-ოტ-ი
-ოსან	არსებითისგან აწარმოებს ზედსართავს; ხშირად გამოხატავს სპორტის მიმღევარს	გვირგვინ-ოსან-ი; მალ-ოსან-ი, ნიჩბ-ოსან-ი
-ოჩ-ინ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ყოყლ-ოჩ-ინ-ა
-ოჩ-უ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	გოგ-ოჩ-უ-ა
ოჭ-ინ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	კოკრ-ოჭ-ინ-ა
-ოჭ-უ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	გოგ-ოჭ-უ-ა
პან-	გამოხატავს მნიშვნელობას "საყოველთაო"	პან-თეიზმი

სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა

პარა-	აღნიშნავს მსგავსებას, სიახლოვეს	პარა-ენა, პარა-ფსიქოლოგია
პერ-	გამოხატავს მოქმედების ინტენსიურობას	პერ-მანენტური
პერი-	გამოხატავს მნიშვნელობას "ირგვლივ, გარშემო"	პერი-მეტრი
პოსტ-	აღნიშნავს თანამდევრობას, შემდგომობას	პოსტ-გეზისტენციალური, პოსტ-პოზიციური
პრა-	აღნიშნავს უწინარესობას	პრა-ენა
პრე-	აღნიშნავს უწინარესობას	პრე-ფიქსი
პრო-	აღნიშნავს: უწინარესობას, შენაცვლებას, წისვლას, მომხრეობას	პრო-ლოგი, პრო-რექტორი, პრო-გრესი, პრო-ფაშისტური
რე-	აღნიშნავს: განახლებას, უკუსვლას, საპირისპირო მოქმედებას	რე-კონსტრუქცია, რე-გრესი, რე-ევაკუაცია
სა-1	აწარმოებს მყოფადი დროის საობიექტო მიმღებებს	სა-წერ-ი, სა-ჩეხ-ი
სა-2	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს	სა-მხარ-ი, სა-ცივ-ი
სა- -ალ	აწარმოებს მიმღებებს	სა-მკ-ალ-ი
სა- -არ	აწარმოებს მიმღებებს	სა-ჩივ-არ-ი
სა- -ელ	აწარმოებს მიმღებებს	სა-კეთებ-ელი
სა- -ის	აწარმოებს საობიექტო მიმღებებს	სა-ცხოვრ-ის-ი, სა-ხნ-ის-ი
სა- -ე	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს	სა-ყურ-ე
სა- -ეთ	აწარმოებს გეოგრაფიულ სახელებს	სა-ფრანგ-ეთ-ი
სა-ვ-ე	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს	სა-რძე-ვ-ე
სა- -ო 1	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს როგორც სახელადი, ასევე ზმნური ფუძეებისგან	სა-ქვეყნ-ო, სა-ჩემ-ო
სა- -ო 2	აწარმოებს გეოგრ. სახელებს	სა-ქართველ-ო
სა- -ულ1	აწარმოებს მიმღებებს	სა-სწა-ულ-ი
სა- -ულ 2	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს	სა-ტერფ-ულ-ი
სა- -ურ	აწარმოებს დანიშნ. სახელებს	სა-ფეხ-ურ-ი
სი- -ე	აწარმოებს აბსტრ. სახელებს	სი-ლამაზ-ე
სი- -ო	აწარმოებს აბსტრ. სახელებს	სი-თბ-ო
სი- -ა	აწარმოებს მასდარს	სი-მღერ-ა
სი- -ილ	აწარმოებს მასდარს	სი-რბ-ილ-ი
სი- -ულ	აწარმოებს მასდარს	სი-ხარ-ულ-ი
სიმ-	გამოხატავს თანაობას, თანხლებას	სიმ-ბიოზი, სიმ-პათია
სინ-	გამოხატავს თანაობას, თანხლებას	სინ-ჰარმონია
-სტან	აწარმოებს აღმოსავლური ქვეყნის სახელწოდებებს	ავღანი-სტანი შენიშვნა: თანამედროვე ქართულში აღარ იხმარება
სუბ-	აღნიშნავს დაქვემდებარებას, თანამდევრობას	სუბ-ალპური, სუბ-ორდინაცია
სუპერ-	აღნიშნავს აღმატებით ხარისხს	სუპერ-ფოსფატი
-ტეტ	აღნიშნავს კრებითობას საერთო ნიშნის მიხედვით	უნივერსი-ტეტ-ი
ტრა-	აღნიშნავს ცვლილებას, გადაადგილებას	ტრა-ექტორია
ტრანს-	აღნიშნავს ცვლილებას, გადაადგილებას	ტრანს-ფორმაცია
უ-	ზმნის ფუძისგან აწარმოებს უარყოფის მიმღებებს	უ-წერ-ი
უ- ელ	ზმნის ფუძისგან აწარმოებს მიმღებებს	უ-შრომ-ელ-ი
უ- -ალ	ზმნის ფუძისგან აწარმოებს მიმღებებს	გა-უვ-ალ-ი
უ- -არ	ზმნის ფუძისგან აწარმოებს მიმღებებს	გა-უცინ-არ-ი
უ- -ო	სახელებისგან აწარმოებს უქონლობის სახელებს	უ-წიგნ-ო
უ- -ობ	აწარმოებს უარყოფით აბსტრაქტულ სახელებს	უ-გულ-ობ-ა
უ- -ულ	სახელებისგან აწარმოებს უქონლობის სახელებს	უ-ფერ-ულ-ი
უ- -ურ	სახელებისგან აწარმოებს უქონლობის სახელებს	უ-საქმ-ურ-ი
უ- -ეს	აწარმოებს აღმატ. ხარისხს	უ-კეთ-ეს-ი
-უკ	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ბუმტ-უკ-ი
-უკ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ბუმტ-უკ-ა

-უკ-ან-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ვაჭრ-უკ-ან-ა
-უკ-უნ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ვაჭრ-უკ-უნ-ა
-ულ 1	აწარმოებს ნიშან-თვისებისა და წარმომ. სახელებს	ბრძნ-ულ-ი; გორ-ულ-ი;
-ულ 2	აწარმოებს ნამყო დროის საობიექტო მიმღებებს	დამალ-ულ-ი, დაბმ-ულ-ი
-ულ 3	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ბულ-ულ-ი
-ულ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	თუნგ-ულ-ა, კუნწ-ულ-ა
ულტრა-	აღნიშნავს რისამე ფარგლებს გარეთ მყოფს, უკიდურესს.	ულტრა-წითელი, ულტრა-მოკლე
-უნ	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	თამ-უნ-ი
-უნ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ბიჭ-უნ-ა
-უნ-ია	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	ჩიტ-უნ-ია
-უნ-ელ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	კარგ-უნ-ელ-ა
-ურ	აწარმოებს ნიშან-თვისების გამომხატველ ზედსართავებს; წარმომავლობის სახელებს	კაც-ურ-ი ; თბილის-ურ-ი
-ურ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	გუბ-ურ-ა, გუდ-ურ-ა
-ურა	აღნიშნავს: კრებითობას, საქმიანობას	პროკურატ-ურა, კორექტ-ურა
-ურგ	აღნიშნავს ხელობას, საქმიანობას	მეტალ-ურგ-ი, ქირ-ურგ-ი
-უს	იგივეა, რაც ძვ.ბერძნული სახ. ბრუნვის ნიშანი -ოს	პოლ-უს-ი
-უჭ	აწარმოებს ნიშან-თვისების გამომხატველ არსებითს; არსებითის კნინობით ფორმას	თაფლ-უჭ-ი, კა-უჭ-ი; პარკ-უჭ-ი
-უჭ-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	გლებ-უჭ-ა
-უჭ-ან-ა	აწარმოებს კნინობით ფორმებს	პარკ-უჭ-ან-ა
-ფა	დაერთვის რიცხვით სახელებს	ორ-ფა
-ფილ	აღნიშნავს ნიშან-თვისებას, მიდრეკილებას	ბიბლიო-ფილ-ი
ქვე-	დაერთვის პირველად ან ნაწმნარ სახელებს	ქვე-ჯგუფი, ქვე-ტექსტი
-ქვემა 1	დაერთვის სახელს	წყალ-ქვემა
-ქვემა 2	დაერთვის ნათ.ბრუნვის ფორმას	ენის-ქვემა
შინა-	დაერთვის სახელებს	შინა-მოსამსახურე
შიდა-	გამოხატავს რისამე შიგნით მყოფობას	შიდა-გაყვანილობა
-ჩა	აღნიშნავს კნინობითობას	ბად-ჩა, ჩამ-ჩა
-ცია	აწარმოებს მოქმედების სახელს	ექსპედი-ცია
-ხანა	გამოხატავს დანიშნულებას	ლუდ-ხანა, ყავა-ხანა
ჰიპერ-	აღნიშნავს აღმატებით ხარისხს	ჰიპერ-ტონია
ჰიპო-	აღნიშნავს დამცრობას	ჰიპო-ტონია

სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა ბაზა

ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე, ნ. ჯაფაშვილი
რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია სიტყვამაწარმოებელი აფიქსების მონაცემთა კომპიუტერული ბაზა, რომლის მიზანია დერეგისტრაციისთვის საჭირო ყველა მორფემის თავმოყრა, გარკვეული წესით მოწესრიგება და სათანადო ინფორმაციით უზრუნველყოფილი დიდი მოცულობის სიტყვათა სიიდან ახალი სიტყვების ავტომატური წარმოება.

სიტყვამაწარმოებელ აფიქსთა დართვა სიტყვებში გარკვეულ ენობრივ პროცესებს იწვევს. აფიქსთა ნაწილი სინონიმურ/ომონიმურია და ამ პრობლემის გადაწყვეტა კომპიუტერული მოდელების ასაგებად ძალიან მნიშვნელოვანია. ფონეტიკურ მოვლენებს და ფუძის ცვლილებებს აუცილებლად უნდა გაეწიოს ანგარიში ალგორითმების აგებისას და შემდგომ დაპროგრამირების დროსაც.

მონაცემთა ბაზაში გაერთიანებულია თანამედროვე სალიტერატურო ენაში გამოყენებული საკუთრივ ქართული და სხვა ენიდან შემოსული ქართულში დამკვიდრებული მორფემები. მიგვაჩნია, რომ ასეთი ბაზა ხელს შეუწყობს ფონეტიკური თუ სხვა ენობრივი პროცესის გამო ფუძეში თუ თვითონ აფიქსში მომხდარი ცვლილებების ადვილად აღმოჩენას.

DATABASE OF DERIVATION AFFIXES

N. AMIREZASHVILI, L. SAMSONADZE, N. JAVASHVILI

Summary

Computer-based database of word derivation affixes is described in this paper. The goal of the database is to gather all the morphemes needed for derivation, as well as arranging them by certain rules and derivating new words automatically from large amount word list provided with appropriate information.

Adding derivation affixes causes certain linguistic processes in the words. Some affixes are synonymous/homonymous, so solving this problem is very important for building computer-based models. Phonetic processes and root changing must be taken into account necessarily while constructing algorithms and further programming as well.

In the database there are combined native Georgian morphemes, also the valid morphemes entered from other languages. We consider that such database will support to discover the changes in the root or in the affixes themselves, which were caused by phonetic or other linguistic processes.

БАЗА ДАННЫХ СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АФФИКСОВ

Н. АМИРЕЗАШВИЛИ, Л. САМСОНАДЗЕ, Н. ДЖАВАШВИЛИ

Резюме

В данной работе описана компьютерная база данных деривационных аффиксов. Ее цель состоит в том, чтобы собрать все морфемы, привести их в порядок по определенным правилам и автоматически производить новые слова из списка с большим количеством слов, которые снабжены соответствующей информацией.

Добавление деривационных аффиксов вызывает определенные лингвистические процессы в словах. Некоторые аффиксы синонимичны/омонимичны и решить эту проблему очень важно для строения компьютерных моделей. Надо обратить внимание на фонетические события и изменение корня во время строения алгоритмов и дальнейшего программирования.

В базе данных объединены морфемы, которые являются родными для грузинского современного литературного языка или введенны с других языков. Мы полагаем, что такая база данных поддержит легко обнаружить изменения в корне или в самих аффиксах, которые были вызваны фонетическими или другими лингвистическими процессами.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ნიკოლაძე ქ., სიტყვაწარმოების ადგილისათვის ლინგვისტიკაში ქართული და გერმანულენოვანი საენათმეცნიერო ლიტერატურის მიხედვით; <http://www.spekali.tsu.ge/index.php/ge/article/viewArticle/8/78>;
2. ბ. ფონსუა, სიტყვაწარმოება და ლექსიკოლოგია, იკე, XV, თბ., 1966;
3. ჯორბენაძე ბ., კობაიძე მ., ბერიძე მ. ქართული ენის მორფემებისა და მოდალური ელემენტების ლექსიკონი, გამომც. "მეცნიერება", თბ. 1987;
4. შანიძე ა., თხზულებანი თორმეტ ტომად, ტ. III, ქართული ენის გრამატიკის საფუძვლები, თბილისი, 1980;
5. ლ. მარგველანი. "ქართული ენის კომპიუტერული მოდელები", გამომც. „ინტელექტი“, თბილისი, 2008;
6. მარგველანი ლ., სამსონაძე ლ. დერივაცია და მისი ალგორითმული წარმოდგენა (ქართული ენის მასალაზე). საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 1999, გვ. 168-176;
7. ჯორბენაძე ბ., ლოლაძე ნ., კიკონიშვილი მ. ქართული ენის სახელური ფუძეების ლექსიკონი. ISBN – 978-9941-13-326-8. თბილისი, 2014.

პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში მოპოვებული გრანტის მეშვეობით (ხელშეკრულება 31/65). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

საინფორმაციო სტრუქტურა და ტოპიკის სახეები

ა. ჩუტკერაშვილი

annachutkerashvili@yahoo.com

ტერმინი *საინფორმაციო სტრუქტურა* (Information structure) შემოიტანა მ. ა. კ. პალიდიემ [4]. უ. ჩეიფი საინფორმაციო სტრუქტურის ნაცვლად იყენებს ტერმინს *შეფუთვა* (packaging) და განიხილავს ინფორმაციის შეფუთვის პროცესს, რომელიც შეესაბამება მოსაუბრეთა საკომუნიკაციო მოთხოვნებს მოცემული კონკრეტული მომენტისთვის [3]. საინფორმაციო სტრუქტურის ცნება უჩეიფმა იმ ასპექტებით შემოსაზღვრა, რომლებიც უკავშირდება ადრესატისთვის დროებით დამახასიათებელ ინტელექტუალურ მდგომარეობას, რითაც გამოირიცხა შეტყობინების სხვა ასპექტები, მაგალითად, რეფერირება ხანგრძლივად დაგროვებულ ცოდნაზე, ენის არჩევანსა ან თავაზიანობის დონეზე, რაც, თავის მხრივ, ასევე შეიძლება გავიგოთ როგორც შეფუთვა. ვაღვლევი ამას *ინფორმაციის შეფუთვას* უწოდებს (information packaging), სხვები კი *ტოპიკ-ფოკუსურ სტრუქტურას* (topic focus structure) ან *ფოკუსურ სტრუქტურას* (focus structure) უწოდებენ.

ყოველ ენას აქვს საკუთარი საინფორმაციო სტრუქტურა, ანუ ის, თუ როგორ არის განლაგებული ძველი და ახალი ინფორმაცია. ინგლისურ ენაში თემა (ძველი ინფორმაცია) მოთავსებულია წინადადების საწყის პოზიციაში, თუმცა არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ჯერ მითითებულია ის, რის შესახებაც მოლაპარაკე აპირებს საუბარს. ამით იგი შეგნებულად აქცევს მას თემად.

მაგალითად, The man over there I don't like very much „აი, ის კაცი, მე დიდად არ მიყვარს“

თუმცა ამგვარი შემთხვევები ინგლისურ ენაში ხშირი არ არის; როგორც წესი, ამ მიზნით სიტყვებისა და ფრაზების საწყის პოზიციაში მოთავსება არ ხდება და თუ ასეთ შემთხვევაში წინადადების თავში მოთავსებული ფრაზა წარმოადგენს თემას, ის მარკირებულია მხოლოდ მაშინ, როდესაც სიტყვები და ფრაზები ჩვეულ პოზიციაში არ იმყოფებიან.

წინადადებაში ინფორმაციის სტრუქტურირების სხვადასხვაგვარი საშუალებები წინადადების პრაგმატიკულ შინაარსს ცვლის და იმპლიკაციურად მოიცავს უფრო ფართო კონტექსტურ შინაარსებს. ამ ფენომენის საკვლევად თანამედროვე ენათმეცნიერებაში შემუშავდა გარკვეული მეთოდოლოგია და განისაზღვრა ძირითადი ცნებები, რომელთა საშუალებით მეტ-ნაკლები წარმატებით შესაძლებელია წინადადების საინფორმაციო სტრუქტურის კვლევა. ტოპიკი, ფოკუსი, პრესუპოზიცია (წინაპირობა, მოცემულობა) – სწორედ ასეთი ძირითადი ცნებებით განისაზღვრება წინადადების საინფორმაციო სტრუქტურა. ისინი ნასესხებია კომუნიკაციის თეორიიდან და არ წამოადგენენ მარტივ ცნებებს.

ინფორმაციის სტრუქტურირება, მისი შეფუთვა ხორციელდება ოპოზიციის საფუძველზე – ინფორმაციის ერთი ნაწილი გამოიკვეთება ინფორმაციის მეორე ნაწილისგან. საკომუნიკაციო, პრაგმატიკული თვალსაზრისით, ეს გამოკვეთილი ნაწილი არის აქტუალიზებული, ხაზგასმული, მნიშვნელოვანი, იგი წარმოგვიდგენს საინფორმაციო ნაკადში დაწინაურებულ ინფორმაციას. ნებისმიერი სახის 'დაწინაურება' (ხაზგასმა, გაშუქება, ფოკუსში მოქცევა, ლოგიკური გამოკვეთა, წინ წამოწევა, თვალთახედვის ცენტრში მოქცევა და სხვა ამგვარი) შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთი, საერთო ფენომენი [2], რომელიც ასახავს ინფორმაციის ლინგვისტური სტრუქტურირების მთავარ სტრატეგიას. სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე ენებში აქტუალიზება განსხვავებული ფორმალური საშუალებებით ხორციელდება და ნებისმიერ ენობრივ დონეზე შეიძლება იყოს რეალიზებული.

ტოპიკი

ზოგიერთ შემთხვევაში სიტუაციის ასახვისას საჭირო ხდება ინფორმაციის დაზუსტება, მისი პრაგმატიკული ღირებულებების გახაზვა, მოვლენებს შორის არსებულ (ან არარსებულ) კავშირებზე მინიშნება, ინფორმაციის მოსალოდნელობა-მოულოდნელობის ასახვა, ახალი-ძველი ინფორმაციის წარმოჩენა, ინფორმაციაში იმპლიკაციური ან პრესუპოზიციული მიმართებების დაფიქსირება და სხვა ამგვარი. ყოველი ასეთი სპეციფიკური ხასიათის ინფორმაცია ვლინდება ტექსტის უფრო ფართო

ფრაგმენტში, რომელიც მეტია, ვიდრე უბრალოდ გამონათქვამი ან წინადადება. წინადადება, ტრადიციული განმარტებით, გამოხატავს დასრულებულ აზრს, მაგრამ ის, როგორც უფრო მაღალი ენობრივი დონის, ტექსტის შემადგენელი ერთეული, უფრო მეტ პრაგმატიკულ ინფორმაციასაც მოიცავს. ინფორმაციის ასეთი დამატებითი ნიუანსები, როგორც წესი, წინადადების აქტუალიზებული წევრის შესახებ გროვდება. ინფორმაციის სწორედ ამგვარ, პრაგმატიკულად აქტუალიზებულ, ნაწილს ეწოდება ტოპიკი. ტოპიკი ტექსტში, ძირითადად, ძველ ინფორმაციას წარმოგვიდგენს.

ტოპიკის სახეები

საინფორმაციო სტრუქტურის განსხვავებულობა წარმოქმნის ისეთ სირთულეებს, რომ ხშირად ჩნდება კითხვა: ის, რაც ერთ ენაში განიხილება როგორც ტოპიკი, წარმოადგენს კი იმავე ცნებას სხვა ენაშიც?

ევალდუვი [12] კატალონიური ენის საფუძველზე განსხვავებს ძველი ინფორმაციის ორ ტიპს. იმ ელემენტებს, რომლებიც წინადადების მარცხნივ მდებარეობენ, იგი უწოდებს *ბმულებს* (links), ხოლო მარჯვნივ მოთავსებულებს – *კუდებს* (tails). ვალდუვის მიხედვით, თემატიზებული ელემენტი ყოველთვის ძველია, მაგრამ თემატიზებას განიცდის მხოლოდ ის ელემენტი, რომელიც წინამავალ წინადადებაში თემას არ წარმოადგენდა (ასეთ ტიპს ევალდუვი უწოდებს *ჩართულ ტოპიკებს* switched topics/shifted topics).

ბმულები წინა პოზიციაში მოთავსებული ელემენტებია. ვალდუვი მათ განსაზღვრავს როგორც “მისამართის მანევრებლებს” იმ სისტემაში, რომელშიც ახალი ინფორმაცია მოთავსებულია მოცემული ბმულით განსაზღვრულ მისამართზე. რადგან ბმულები წარმოადგენენ რაღაც გარკვეულ მისამართზე გადასვლის ბრძანებას, ისინი ჩნდებიან მხოლოდ მაშინ, როდესაც ეს მისამართი იცვლება.

პირველი ტიპის თემატიზაცია ბმულებთან არ ხდება, რადგან ამ ტიპში წინა წინადადების თემა გადადის მეორეში. აქ მხოლოდ მეორე და მესამე ტიპი გვხვდება, რადგან თემატური პროგრესიის მეორე ტიპში წინა წინადადების რემა იქცევა მომდევნოს თემად. მესამე ტიპში კი ხდება ჰიპერთემისგან წარმოქმნილი ელემენტის თემატიზება. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ელემენტი თავისი შინაარსით დაკავშირებულია ჰიპერთემასთან, ის მაინც არ არის ნახსენები წინამავალ წინადადებაში (გერმანიკული ენებისთვის უფრო დამახასიათებელია *ჩართული* switched ტოპიკების თემატიზაცია).

ევალდუვის მიხედვით, კატალონიურში ის ელემენტი, რომელიც არ განიხილება როგორც *ბმული* (link), წინადადების ბოლოსკენ არის მოთავსებული. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასეთ ელემენტებს იგი *კუდებს* (tails) უწოდებს. როგორც ბმულები, ისე კუდები პრესუპოზიციას განეკუთვნებიან, თუმცა კუდს უნდა ჰქონდეს ანტეცედენტი წინამავალ წინადადებაში.

პ.ფ.სტროსონმა გამოყო ტოპიკის ანუ ძველი ინფორმაციის სამი ძირითადი თვისება [11].

1. ტოპიკი არის ის, რასაც ეხება გამონათქვამი;
2. ტოპიკი გამოიყენება იმისათვის, რომ მსმენელის ცნობიერებაში წამოატივტივოს ცოდნა;
3. გამონათქვამი თავისივე ტოპიკის შესახებ სავარაუდო ინფორმაციად მიიჩნევა.

ევალდუვის მიერ შემოტანილი ტერმინი *ბმული* (link) ეხება სტროსონის ამ პირველ თვისებას. *ბმული* არის ის, რასაც ეხება გამონათქვამი, რადგან ის წარმოადგენს იმ პუნქტს, საიდანაც შემოდის ახალი ინფორმაცია. აქედან გამომდინარე, ახალი ინფორმაცია არის თავისი *ბმულის* (link) რეფერენტის შესახებ.

ტოპიკის მეორე თვისება შეეხება იმას, რასაც ძველს ან მოცემულს უწოდებენ. პ.სტროსონი ზუსტად განმარტავს, რომ მაყურებელი ან მსმენელი არის ის, ვისთვისაც ინფორმაცია ძველია. კომუნიკაცია ხომ ძირითადად წარმოადგენს მსმენელისადმი ინფორმაციის გადაცემას და მოლაპარაკემ უნდა იცოდეს, თუ რა ნაწილია ცნობილი მსმენელისთვის, და რა – არა.

მესამე თვისება პ.სტროსონის ინოვაციაა. ამ თვისებას, დანარჩენ ორთან ერთად, იგი იყენებს იმისათვის, რომ ახსნას, რატომ ხდება ჭეშმარიტი მნიშვნელობის ჩავარდნა (truth value gap). პ.სტროსონი ამბობს, რომ თუ ტოპიკი არის ის, რასაც ეხება გამონათქვამი და, შესაბამისად, გამონათქვამის შეფასებაც ტოპიკის მიხედვით ხდება, მაშინ ტოპიკსაც უნდა ჰქონდეს რეფერენტი. თუ ტოპიკს არა აქვს აღსანიშნი, მაშინ წინადადება ვერ შეფასდება როგორც ჭეშმარიტი ან ყალბი. ასეთ შემთხვევაში “ის

გამონათქვამი, რომელიც, ჰიპოთეზის თანახმად, არის რაღაცის შესახებ, სინამდვილეში არის არაფრის შესახებ” [11].

პსტროსონის აზრით, თემის არჩევა ხორციელდება კონტექსტის მიხედვით. კონტექსტის შესაბამისად თემის შერჩევა განსაზღვრავს ჭეშმარიტების შეფასებას (თემის ცნებაზე ამგვარი შეხედულება ფორმალურად ჩამოაყალიბა ტ.რეინჰარტი, რომელმაც თავის განმარტებაში გამოიყენა კონტექსტური სიმრავლის ცნება - context set).

“მოცემული დისკურსის კონტექსტური სიმრავლე მოცემულ მომენტში არის იმ განსჯათა სიმრავლე, რომლებსაც ამ მომენტში მივიჩნევთ ჭეშმარიტად. ყოველი ახალი მტკიცება, თუ არ არის გამორიცხული როგორც ყალბი, პრესუპოზიციას უმატებს ახალ განსჯებს კონტექსტურ სიმრავლეში” [8].

ტ. რეინჰარტი აღნიშნავს, რომ კონტექსტურ სიმრავლეს აქვს შინაგანი ორგანიზაცია. სხვა სიტყვებით, კონტექსტურ სიმრავლეში განსჯების კლასიფიკაციას მათი ტოპიკები ახდენენ. წინადადების ტოპიკი განსაზღვრავს, თუ როგორ შეფასდება ესა თუ ის განსჯა.

ტ.რეინჰარტი არ იზიარებს ტოპიკის სტროსონის მიერ გამოყოფილ მეორე თვისებას, კერძოდ იმას, რომ ტოპიკი უნდა იყოს მსმენელის კუთვნილება, ანუ იყოს ძველი ან მოცემული. ამას ორი მიზეზი აქვს. პირველი არის ის, რომ ტოპიკი ზოგჯერ განუსაზღვრელია, განუსაზღვრელობა კი არის ახალი. მეორე პრობლემა დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ტოპიკის, როგორც ძველის, გაგება, რეინჰარტის აზრით, მოითხოვს, რომ ტოპიკის ცნება განისაზღვროს პირდაპირ რეფერენტებზე, ან ის, რომ გამონათქვამის ტოპიკური როლი შეიძლება დადგინდეს მათივე რეფერენტების თვისებების შემოწმებით.

ტოპიკის, როგორც მნიშვნელობის დადგენის მთავარი საშუალების, განსაზღვრებიდან გამომდინარეობს, რომ ყველა წინადადებას უნდა ჰქონდეს ტოპიკი იმისათვის, რომ შეფასდეს წინადადების ჭეშმარიტების ხარისხი. ეს ფაქტი გახდა მთავარი მიზეზი იმისა, რომ ვალდუვი, რომლის ტერმინი *კავშირი* (link) ძალიან ჰგავს ტოპიკის ტ.რეინჰარტისეულ განსაზღვრებას, უარყოფს აზრს, რომ კავშირები წინადადების ჭეშმარიტების შეფასების საშუალებაა.

სცენური ტოპიკი (stage topic)

არსებობს უამრავი ისეთი წინადადება, რომლებშიც ტოპიკი თითქოს არ არის მოცემული.

მაგალითად, – რა მოხდა?

“-What happened?”

– ნატომ დარეცხა ჭურჭელი.

“-Nato washed the dishes.”

თუ ტოპიკის პსტროსონისეულ განსაზღვრებას მივიღებთ მხედველობაში, რომლის მიხედვითაც ტოპიკი არის მტკიცების მთავარი პუნქტი, მაშინ ის ყოველ წინადადებას უნდა ჰქონდეს. მოყვანილ წინადადებებსაც აქვთ ტოპიკი, კერძოდ, გარკვეული სიტუაციური (დრო და ადგილი) ტოპიკი, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება მტკიცება.

ნ.ერტეშიკ-შირი ამგვარ ტოპიკს წარმოადგენს იმპლიციტურ, *სცენურ ტოპიკად* (stage topic). ასეთი ტოპიკები მიუთითებენ წინადადების სივრცულ-დროით პარამეტრებზე ("აქ" და "ახლა" დისკურსში). ისინი კონტექსტურად არიან განსაზღვრულნი. მოცემულ მაგალითში შეკითხვა ეხება მოვლენას, რომელიც მოხდა წარსულში, და აგრეთვე ამჟამინდელ მდგომარეობას. პასუხი კი უნდა შეფასდეს სივრცულ-დროითი ლოკალიზაციით. მიმდინარე დრო და ადგილი ფუნქციონირებენ როგორც იმპლიციტური ტოპიკები, რომელთა მიხედვითაც ხდება წინადადების შეფასება.

იმპლიციტური, “სცენური” ტოპიკების მნიშვნელოვანი თვისება ის არის, რომ ისინი ყოველთვის ხელმისაწვდომია. ამის მიზეზს ის ფაქტი წარმოადგენს, რომ დიალოგი ყოველთვის გარკვეულ დროსა და ადგილში ხორციელდება.

მაგალითად, თოვს!

“It’s snowing!” (a)

გარეთ, კარებთან კატაა.

“There’s a cat outside the door.” (b)

როგორ დავადგენთ, ჭეშმარიტია თუ ყალბი წინადადება (ა)? უბრალოდ, გარეთ გავიხედოთ. (ბ) წინადადებაც (ა)-ს მსგავსია. მიმდინარე დრო და ადგილი წინადადებაში ფუნქციონირებს როგორც იმპლიციტური ტოპიკები და მათი საშუალებით ხორციელდება წინადადების ჭეშმარიტების შეფასებაც.

ხსენებული პარამეტრები ფუნქციონირებენ როგორც პოტენციური ტოპიკები დიალოგის დასაწყისში, მაგრამ დიალოგის დაწყება მხოლოდ ამ ტიპის წინადადებებით არ ხდება. მოლაპარაკესა და მსმენელს ყოველთვის შეუძლიათ მოიშველიონ ტოპიკი დიალოგის დასაწყებად.

ამავე ტიპის ტოპიკს წარმოადგენს ჩვენი სამყაროს შემადგენელი მრავალი მუდმივი და დროებითი მოვლენა, რომელთაც არ სჭირდებათ წინასწარ მოხსენიება. ამ ტიპს განეკუთვნება, მაგალითად, მზე, დედამიწა, პრეზიდენტი და ა.შ. – მოვლენები, რომლებიც მსმენელისა და მოლაპარაკისათვის საერთოა.

მუდმივად წვდომადი ტოპიკები

წინასწარ მოხსენიება არ სჭირდება არც დროებით ხელმისაწვდომ ტოპიკებს – რეფერენტებს, რომლებიც არსებობენ ან ჩნდებიან მიმდინარე სცენაში, ან შეიძლება შემოვიდნენ დეიქტურად (მაგალითად, ის სკამი ულამაზოა).

დროებით და მუდმივად ხელმისაწვდომ ტოპიკებს აქვთ საერთო თვისება – მათ უნარი შესწავთ იფუნქციონირონ იმ ტოპიკების მსგავსად, რომელებიც არ არიან წინასწარ ნახსენები და, მაშასადამე, ძველ ინფორმაციას არ წარმოადგენენ. აქ ჩნდება ძველსა და მოცემულს შორის განსხვავების პრობლემა. ძველი ნიშნავს, რომ რეფერენტი უკვე ნახსენები იყო დიალოგში, მოცემული კი ნიშნავს, რომ რეფერენტი არსებობს მსმენელის გონებაში. პ.სტროსონის სიტყვებს თუ მოვიშველიებთ, ეს არის “მსმენელთა მფლობელობაში არსებული ცოდნა” [11]. აქედან გამომდინარეობს, რომ ტოპიკი უნდა იყოს მოცემული.

იმ ცოდნამ, რომელიც აუცილებელია იმისათვის, რომ რეფერენტი იქნეს მიღებული როგორც ტოპიკი, შეიძლება სხვადასხვა გზით მიადწიოს მსმენელამდე. “ძველი” ტოპიკის შემთხვევაში რეფერენტი ნახსენები უნდა იყოს მიმდინარე დისკურსში ან მიღებული უნდა იქნეს წინასწარ ნახსენები ტოპიკიდან, როგორც ეს ხდება ჰიპერთემის შემთხვევაში. ასეთ შემთხვევაში ტოპიკი არის წინასწარ ნახსენები ჰიპერთემით განსაზღვრული სიმრავლის წევრი. ტოპიკი ასევე შეიძლება წარმოიქმნას წინასწარ მოცემული რეფერენტისგან სამყაროს შესახებ ცოდნის მეშვეობით.

ინფორმაციულ სტრუქტურას უკავშირდება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხი – ის, რომ წინადადებაში შეიძლება იყოს ერთზე მეტი ტოპიკი ან ფოკუსი [6]. ამის სასარგებლოდ ერთ-ერთ არგუმენტად გამოდგება შემდეგი: თუ ნაცვალსახელები მართლაც მიიჩნევა ტოპიკებად, ხოლო წინადადებაში შეიძლება იყოს ერთზე მეტი ნაცვალსახელი, მაშინ შესაძლებელია (პოტენციურად) ერთ წინადადებაში იყოს ერთზე მეტი ტოპიკი.

ტოპიკი არ არის მხოლოდ ის ელემენტი, რომელიც მოცემულია, არამედ ისიც, რომელიც განსაზღვრავს, თუ რას ეხება წინადადება, და რომელიც ქმნის ჭეშმარიტების დადგენის მისამართს – თუ მივიღებთ ტოპიკის სტროსონ-რეინჰარტისეულ განსაზღვრებას. მაშასადამე, უნდა გადავწყვიტოთ, ორივე ნაცვალსახელის რეფერენტს ეხება წინადადება, თუ მხოლოდ ერთს, და თუ ერთს – მაშინ რომელს? ეს არ არის მარტივი დასადგენი: არ არსებობს უტყუარი ნიშნები იმისა, წინადადება უფრო მეტად სუბიექტს ეხება, თუ ობიექტს. ან პირიქით, ჭეშმარიტების შეფასება აუცილებლად ერთნაირი არ არის. ასეთ შემთხვევაში ხშირად ვვაქვს ორაზროვნება. იმისათვის, რომ მრავალი ტოპიკის შემთხვევაში თავიდან ავიცილოთ ორაზროვნება, ერთ-ერთი ტოპიკი უნდა მივიჩნიოთ მთავარ ტოპიკად. მთავარი ტოპიკი არის ის, რის შესახებაც არის ტოპიკი და არის შეფასების ადგილი (სხვა ტოპიკები კი დაექვემდებარებიან მთავარს).

ზოგიერთ ენაში ტოპიკს აქვს საინტერესო თვისება – იგი შეიძლება იქნეს საერთოდ გამოტოვებული. კ. ჰუანგი განსახვავებს ტოპიკის ჩავარდნას სუბიექტის ჩავარდნისაგან [5]. სუბიექტის ჩავარდნა დამოკიდებულია მდიდარი ფლექსიური მორფოლოგიის გამოსადგეობაზე, ხოლო ტოპიკის ჩავარდნა ასეთ დამოკიდებულებას არ გვიჩვენებს. ტოპიკი შეიძლება ადღგეს მეტყველების ნაკადში.

გერმანული არის ერთ-ერთი ენა, სადაც ხდება ტოპიკის ჩავარდნა. ეს ენა გვიჩვენებს ასიმეტრიას სუბიექტებსა და ობიექტებს შორის. იმ შემთხვევაში, როდესაც პირველი, მეორე და მესამე სუბიექტური პირები შეიძლება ამოვარდეს, ხდება მხოლოდ მესამე

ობიექტური პირის ამოვარდნა. ბ.შულციის მიხედვით, შესაძლებელია ჩავარდნილი ტოპიკის აღდგენა. “იმისათვის, რომ კომუნიკაცია არ შეწყდეს, ჩავარდნილი შემადგენლის აღდგენის აუცილებლობა გვიჩვენებს, რომ ეს შემადგენელი უნდა იყოს *განგრძობითი ტოპიკი (continued topic)*” [9]. შულცი აღნიშნავს, რომ მესამე ობიექტური პირის აღდგენა უფრო ადვილია, ვიდრე პირველი ან მეორე ობიექტური პირისა. ამის მიზეზია ის, რომ მესამე ობიექტური პირი წარმოადგენს არამარკირებულ განგრძობით ტოპიკს. აქ საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ტოპიკის ჩავარდნა გულისხმობს განგრძობით ტოპიკს. მსგავსი შეხედულება აქვს კ. ვექსლერს [13], რომელიც ამტკიცებს, რომ ჩავარდნილი სუბიექტი უნდა იყოს ძალიან ძლიერი ტოპიკი. ამ ძალიან ძლიერ ტოპიკში ის, როგორც ჩანს, გულისხმობს განგრძობით ტოპიკს.

ისეთ ენებში, რომლებსთვისაც დამახასიათებელია ტოპიკალიზაცია, მაგალითად, გერმანულში, არსებობს ტოპიკის მარკირების ორი გზა: წინ წამოწევა და გამოტოვება. მარკირების ეს ორი საშუალება დამახასიათებელია ტოპიკის ორი სხვადასხვა ტიპისთვის. მეორე ტიპის *ჩართული ტოპიკები (switched topic)* განიცდიან თემატიზაციას, მაშინ როდესაც *განგრძობითი ტოპიკები (continued topic)* გამოიტოვება. ამ მხრივ, გერმანული ჰგავს კატალონიურს, მაგრამ კატალონიური ირჩევს სხვა სტრატეგიას – იგი უკან სწევს განგრძობით ტოპიკს, ხოლო გერმანული მას წინ წამოსწევს.

ტოპიკის ოპტიმალური ცნების დადგენა არ არის ადვილი იმის გამო, რომ ტოპიკის ფუნქციონირება არაერთგვაროვანია ენების მიხედვით. ზოგიერთ ენაში ტოპიკი სინტაქსურად მარკირებული უნდა იყოს (მაგალითად, კატალონიურში) – ასეთ ენებს ტოპიკით გამოკვეთილს (topic prominent) უწოდებენ. ინგლისური არის სუბიექტით გამოკვეთილი ენა – მისთვის ამგვარი სინტაქსური მარკირება არ არის დამახასიათებელი. სუბიექტით გამოკვეთილ ენებში სუბიექტი სინამდვილეში არამარკირებული ტოპიკია.

კიდევ ერთი სიძნელე ტოპიკთან დაკავშირებით არის ის, რომ ტოპიკალიზაციის დროს არ ხდება ერთი და იმავე კლასის ელემენტების არჩევა, რასაც მივყავართ არასწორ დასკვნამდე, რომ არსებობს მრავალი სახის ტოპიკი, რომელთაგან ზოგიერთის მარკირება ხდება ენაში, ზოგისა კი არა.

საინფორმაციო სტრუქტურა და ტოპიკის სახეები

ა. ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

ზოგიერთ შემთხვევაში სიტუაციის ასახვისას საჭირო ხდება ინფორმაციის დაზუსტება, მისი პრაგმატიკული ღირებულებების გახაზვა, მოვლენებს შორის არსებულ (ან არარსებულ) კავშირებზე მინიშნება, ინფორმაციის მოსალოდნელობა-მოულოდნელობის ასახვა, ახალი-ძველი ინფორმაციის წარმოჩენა, ინფორმაციაში იმპლიკაციური ან პრესუპოზიციული მიმართებების დაფიქსირება და სხვა ამგვარი. ყოველი ასეთი სპეციფიკური ხასიათის ინფორმაცია ვლინდება ტექსტის უფრო ფართო ფრაგმენტში, რომელიც მეტია ვიდრე უბრალოდ გამონათქვამი, წინადადება. წინადადება, ტრადიციული განმარტებით, გამოხატავს დასრულებულ აზრს, მაგრამ ის, როგორც უფრო მაღალი ენობრივი დონის, ტექსტის, შემადგენელი ერთეული, როგორც წესი, უფრო მეტ პრაგმატიკულ ინფორმაციასაც მოიცავს. ინფორმაციის ასეთი დამატებითი ნიუანსები, როგორც წესი, წინადადების აქტუალიზებული წევრის შესახებ გროვდება. ინფორმაციის სწორედ ამგვარ, პრაგმატიკულად აქტუალიზებულ, ნაწილს ეწოდება ტოპიკი. ტოპიკი ტექსტში, ძირითადად ძველ ინფორმაციას წარმოგიდგენს.

INFORMATION STRUCTURE AND TYPES OF TOPIC

A. CHUTKERASHVILI

Summary

From the pragmatic point of view, sometimes it is necessary to make the information more exact, more precise and accurate in order to stress the contrast between the events, to clarify their implicational

relations or bridging, to emphasize new or old information, to underline parallel events and so on. All these are reached by foregrounding of the contrasted parts of the information. This process is called *topicalization* and the foregrounding part of information is called *topic*. By classical definition a sentence is a group of words which expresses a complete thought, however, a sentence as a text unit, usually also includes pragmatic information. This peculiar information relates mostly to an actualized member of a sentence (*topic*). As a rule topic is used in a sentence to express old information.

ИНФОРМАТИВНАЯ СТРУКТУРА И ВИДЫ ТОПИК

А. ЧУТКЕРАШВИЛИ

Резюме

В некоторых случаях при описании ситуации возникает необходимость уточнения информации, подчеркивания его прагматических значимостей, указания на существующих (или несуществующих) связей между явлениями, описания вероятности-невероятности информации, продвижение новой-старой информации, фиксирование в информации имплицативных или пресопозитивных отношений и т. д. Всякая такая специфическая информация проявляется в еще большем фрагменте текста, который больше, чем простое высказывание или предложение. Предложение в традиционном истолковании, выражает законченный смысл, но оно, как составляющая часть еще более высокого языкового уровня, текста, как правило, содержит еще больше прагматической информации. Такие дополнительные нюансы информации, как правило, собираются об актуализованном члене предложения. Именно такая, прагматично актуализованная часть информации называется топиком. Топик в тексте, обычно, представляет старую информацию.

ლიტერატურა _ REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. შენგელაია, ნ. არასრული სიტყვები და ტექსტის სემანტიკური მოდიანობა თბილისი, 2000.
2. Asatiani, R. The Main Devices of Foregrounding in the Information Structure of Georgian Sentences. Proceedings of Tbilisi Symposium on language, Logic and Computation, Amsterdam: Spriger, 2005.
3. Chafe, W. L., "Givenness, Contrastiveness, Definiteness, Subjects, Topics and Point of View". Subject and Topic, New York, Academic Press, 1976.
4. Halliday, M.A.K. Intonation and Grammar in British English, The Hague, 1967.
5. Huang, C.-T.J. On the Distribution and the Reference of Empty Pronouns. Linguistic Inquiry 15(4), 1984.
6. Krifka, M. Association with Focus Phrases, Berlin, 2006.
7. Lambrecht, K. Information Structure and Sentence Form. Topics, Focus, and the mental representation of discourse referents, Cambridge University Press, 1994.
8. Reinhart, T. Interface strategies. Utrecht, 1995.
9. Rooth, M. A Theory of Focus Interpretation. Natural Language Semantics 1, 1992.
10. Schulz, B. "Tune in – Drop Out: Harmonic Alignment as a Prerequisite for German Topic Drop, 2005.
11. Strawson, P.F. Identifying Reference and Truth -Values. Theoria, Vol. XXX, 1964.
12. Vallduvi, E. and Engdahl. Information Packaging and Grammar Architecture. Proceedings of the North East Linguistic Society 25, University of Pennsylvania, 1995.
13. Wexler, K. "Very Early Parameter Setting and the Unique Checking Constraint: A New Explanation of the Optimal Infinitive Stage". Lingua 106, 1998.

ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის მეთოდის შესახებ

ა. თუშიშვილი, მ. თუშიშვილი
tushishvili.mikheil@gmail.com

ბოლო წლებში პერსონალური კომპიუტერი გამოიყენება ადამიანის მოღვაწეობის პრაქტიკულად ყველა სფეროში. აქტუალური გახდა მათთან ურთიერთობის მეთოდების სრულყოფის საკითხი, რაც გამოიხატება კომპიუტერის მიერ მასში დამახსოვრებული ტექსტური მონაცემების (ინფორმაციული ბაზების, ელექტრონული წიგნების, გაზეთების, და სხვა) გარდა ეკრანზე ბეჭედისა მათი ერთდროული გახმოვანება ქართულ ენაზე. ამ პრობლემის ნაწილობრივად გადაწყვეტაც კი მნიშვნელოვნად გაუადვილებს მომხმარებელს სხვადასხვა ტიპის დიალოგურ სისტემებთან (საავარიო სამსახური, სასწრაფო დახმარება, საპატრულო პოლიცია, სამხედრო საქმიანობა, ლინ-გვისტური კვლევები, უსინათლოების მომსახურება) ბუნებრივ ენაზე ურთიერთობას. მეტყველების კომპილაციური სინთეზის განხორციელებისას ძირითადად გამოიყენება ორი მიდგომა: ფონემებისა და მარცვალთა კომპილაციის ხერხები. გასათვალისწინებელია სპეციალურ ლიტერატურაში ფართოდ გაგრცვლებული შეხედულება იმის შესახებ, რომ მეტყველება არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ფონემათა თანმიმდევრობითი წარმოთქმის არტიკულაციური პროცესი[1]. უფრო მართებულია ფონემები განიხილებოდეს როგორც ქვერადობის უმოკლესი ელემენტები. ფონემები განცალკევებით არსებობენ მხოლოდ ადამიანის ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში და არა თვით წარმოთქმისას ანუ გახმოვანების დონეზე. გაბმულ მეტყველებაში ცალკეულ ფონემათა აღქმა წარმოებს მინიმუმ მარცვლის კონტექსტში. ამას ადასტურებენ ექსპერიმენტული კვლევებიც სადაც ნაჩვენებია, რომ მარცვლის აღქმისას უფრო ნაკლები დროა საჭირო ვიდრე მის ნებისმიერ ნაწილისას[2].

წარმოთქმის პროცესი, როგორც ცნობილია, მიმდინარეობს არა ცალკეული იზოლირებული ფონემების მონაცვლეობის გზით, არამედ მარცვალთა გენერირებით, რომლებიც წარმოადგენენ უმცირეს ბუნებრივ საწარმოთქმო ერთეულებს. მათი მთლიანობა განპირობებულია სამეტყველო აპარატის მუსკულური დაძაბულობის თავისებურებით. საზღვარი მარცვლებს შორის განპირობებულია სამეტყველო აპარატის მუსკულური დაძაბულობის ინტერვალთა შორის, ანუ სამეტყველო სიგნალის ენერგეტიკულად ძლიერ უბნების შორის. ამას ადასტურებს ის ფაქტიც, რომ, როგორც არ უნდა შევანელოთ მეტყველების ტემპი და მიზნად დავისახოთ მეტყველების ფონემებად დაყოფა, ჩვენ ვერ შევძლებთ, მისი ბუნებიდან გამომდინარე, მარცვალზე მცირე ელემენტებად დანაწევრვებას.

ნიშანდობლივია, რომ მეტყველების პაუზებით დაყოფის შემთხვევაშიც, იგი ბუნებრივად იყოფა სწორედ მარცვლებად (სუნთქვის პროცესთან შეხამებით) და არ დანაწევრდება ცალკეულ ბგერებად[3]. მარცვლის, როგორც მთლიანი კომპლექსის, ბუნებიდან გამომდინარეობს მასში შემავალ ფონემათა ურთიერთგავლენა და მათი აკუსტიკური მრავალფეროვნება, ერთის მხრივ, და მეზობელ მარცვალთა ნაკლები კორელაცია, მეორეს მხრივ, განპირობებულია არტიკულატორთა მოძრაობის უწყვეტობით, რასაც ხსნიან სამეტყველო აპარატის არტიკულატორების ინერციულობით, ესე იგი უუნარობით მომდევნო ბგერის გენერირების დროს მყისიერად მიიღონ ახალი ბგერის შესატყვისი პოზიცია. ამის შედეგად ერთი ბგერის არტიკულაციას ზედ ედება მომდევნო ბგერის არტიკულაცია, რის გამოც წინა ბგერა აკუსტიკურად შეფერილი ხდება მომდევნო ბგერით, ხოლო მომდევნო – წინათი. აქვე უნდა ითქვას, ბგერების შეფერვას მეზობელ ბგერათა მახასიათებლებით უფრო ხშირად იწვევს წინსწრება: ბგერისათვის საწარმოთქმო მოძრაობის ადრევე წამოწყება, ჯერ კიდევ წინამავალი ბგერების უბანში. ასევე დიდი გავლენა აქვს კონტექსტს საზღვრების ვარიაციულობაზე, ბგერათა ურთიერთგავლენა ზოგჯერ ისეთი დიდია, რომ მისი აკუსტიკური სურათი უფრო ახლოს არის სხვა ბგერის სურათთან, ვიდრე განსხვავებულ კონტექსტში მოხვედრილ თავისსავე ვარიანტთან. სწორედ ამაზე მიუთითებს ფონემური კომპილაციის მეთოდის განხორციელების სიძნელებებზე, როდესაც საყრდენ ელემენტებად ფონემათა ალოფონებს ირჩევენ [4].

ყოველივე ზემოთქმული გვაფიქრებინებს, რომ მეტყველების კომპილაციური სინთეზის ძირითად ელემენტებად ავირჩიოთ სწორედ მარცვლები, თუმცა მათი რიცხვი ყველა შემთხვევაში მეტი იქნება(198) ცალკეულ ფონემათა რიცხვზე (33). თუ

გავითვალისწინებთ ინტონაციური კონტურების მიღებასაც საყრდენი ელემენტების რაოდენობა გაიზრდება სულ ცოტა რვა ელემენტით [3,6,7].

სწორედ მანქანური ხმის ბუნებრივ უღვადობასთან მიახლოების საშუალებას მოგვცემს ტექსტის ინტონაციური კონტურის შექმნა[6]. გარდა დამახსოვრებული ელემენტების ინტონაციური კონტურებისა საჭირო გახდება კომპიუტერის მიერ დამახსოვრებული ქართული ტექსტების ლინგვისტური პროცესორის ჩართვა, რათა ზუსტად დადგინდეს ის უბნები სადაც უნდა მოხდეს სხვადასხვა სახის ინტონირება. ამ ალგორითმის დამუშავება განხორციელების თვალსაზრისით საკმაოდ რთულია და შრომატევადი.

მიუხედავად საყრდენი ელემენტების არაეკონომიურობისა და კომპილაციური სინთეზის ალგორითმის სირთულისა, კომბინირებული მეთოდით გახმოვანებული სამეტყველო სიგნალი სავარაუდოდ მოგვცემს შესამჩნევ მოგებას აღქმული სიგნალების ხარისხისა და გარჩევისუნარიანობის თვალსაზრისით [6,7].

qarTuli ტექსტის კომპილაციური სინთეზის ანუ ხელოვნური მეტყველების სხვადასხვა მეთოდებიდან, რომლებიც გულისხმობენ უწყვეტი მეტყველების მიღებას მცირეგრძლივობის საყრდენი ელემენტების შეპირაპირებით, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შერჩეულ იქნას ფონემურ-მარცვლური ალგორითმი. ეს მეთოდი იძლევა საშუალებას მივიღოთ ინტონირებული სინთეზი მიახლოებული ბუნებრივ მეტყველებასთან.

მომავალში მოხდება არჩეული მეთოდის ალგორითმის დახვეწა მისი შემდგომი დაპროგრამირება.

ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის მეთოდის შესახებ

ა. თუშიშვილი, მ. თუშიშვილი

რეზიუმე

წარმოდგენილ ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ უკანასკნელ წლებში პერსონალური კომპიუტერების ინტენსიურად გამოყენებამ აქტუალური გახდა მათთან ურთიერთობის მეთოდების სრულყოფის საკითხი. ეს გამოიხატება კომპიუტერის მიერ მასში დამახსოვრებული ტექსტური მონაცემების (ინფორმაციული ბაზების, ელექტრონული წიგნების, გაზეთების, და სხვა) გახმოვანება ქართულ ენაზე. ამ პრობლემის ნაწილობრივად გადაწყვეტაც კი მნიშვნელოვნად გაადვილებს სხვადასხვა ტიპის დიალოგურ სისტემებთან (საავარიო სამსახური, სასწრაფო დახმარება, საპატრულო პოლიცია, სამხედრო საქმიანობა, ფონეტიკური და ლინგვისტური კვლევები, უსინათლოების მომსახურება) ურთიერთობას. გაანილიზებულია ქართული ტექსტის კომპილაციური სინთეზის ანუ ხელოვნური მეტყველების ერთერთი მეთოდი, რომელიც გულისხმობს უწყვეტი ინტონირებული მეტყველების მიღებას მცირეგრძლივობის საყრდენი ელემენტების (მარცვალთა და ფონემების) შეპირაპირებით.

ON ONE METHOD OF GEORGIAN TEXT COMPILATION SYNTHESIS

A. TUSHISHVILI, M. TUSHISHVILI

Summary

In the present work it is shown that the intensive use of personal computers in all fields of human activities puts questions for improving methods of interaction with them. It is manifested in the insonification of Georgian text files stored in the computer memory (information databases, electronic books, newspapers, etc.) with their consequent visualization on the screen. Even a partial solution of such problem would greatly facilitate communication with different types of dialog systems: emergency service, ambulance, patrol police, military activity, linguistic researches, and especially the service of blind people. One of the methods of the Georgian text compilation synthesis, i.e. the method of artificial speech implying the obtainment of continuous sounding based on the jointing of relatively short reference sound elements (phonemes, syllables), has been analyzed.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ КОМПИЛЯТИВНОГО СИНТЕЗА ГРУЗИНСКОГО ТЕКСТА

А. ТУШИШВИЛИ, М. ТУШИШВИЛИ

Резюме

В представленной работе показано, что интенсивное применение персональных компьютеров во всех сферах человеческой деятельности ставит вопросы усовершенствования методов взаимодействия с ними. Это проявляется в озвучивании информационных текстовых файлов, находящихся в памяти компьютера (информационные базы, электронные книги, газеты и так далее) на грузинском языке. Даже частичное решение этой проблемы значительно облегчит общение с различными типами диалоговых систем будь то: аврийные службы, скорая помощь, патрульная полиция, военная деятельность, фонетические и лингвистические исследования и особенно обслуживание незрячих. Проанализирован один из методов компилятивного синтеза грузинского текста, то есть метод искусственной речи, который подразумевает получение непрерывного интонированного звучания на основе стыковки относительно коротких опорных звуковых элементов (фонемы, слоги).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Л.А. Чистовичи др. Речь. Артикуляция и восприятие. Изд. “Наука”, М.-Л, 1965.
2. З.Н. Джапаридзе. Перцептивная фонетика. Изд. “Мецნიერება”, Тбилиси, 1985.
3. З.Н.Джапаридзе, А.М.Тушишвили. Организация интонационных контуров при компиля-тивном синтезе грузинской речи. Труды Всесоюзного семинара АРСО-16, Суздаль, 1991.
4. Z.Japaridze, G.Ramishvili, A.Tushishvili. Organization of Georgian Speech Compilative Sinthesi. proceedings of the Conference of Speech Technology, Tallinn, 1989.
5. გ.რამიშვილი, ზ. ჯაფარიძე. ქართული მეტყველების კომპილაციური სინთეზის კომბინირებული მეთოდი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის კრებული, “მეცნიერება”, თბილისი, 1997, 133-137.
6. ზ.ჯაფარიძე, ა.თუშიშვილი, ი.კორძახია. პუნქტუაციისა და ინტონაციის ურთიერთ-მიმართება ტექსტის მიხედვით ქართული მეტყველების სინთეზის პირობებში. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი კრებული, “მეცნიერება”, თბილისი, 1999, 185-188.
7. G.Ramishvili, F.Tushishvili, M.Tushishvili, M.Pirckhalava, I.Kordzakhia. The Combined Method of the Georgian Speech synthesis. – Proceeding Georgian Academy of Sciences A.Eliashvili Institute of Control Systems, Tbilisi, “Mecniereba”, 2003, № 7, 234-236

M-LEARNING განათლებაში - პრობლემები და პერსპექტივები

მ. ბებეჟკორი, ვ. ბახტაძე, თ. ლომინაძე, მ. თევზორაძე, თ. კაიშაშვილი

mgeg@gmail.com, verona64@mail.ru

დღეისათვის კომპიუტერი და ინტერნეტი აუცილებელ საგანმანათლებლო ინსტრუმენტებს წარმოადგენენ. ამიტომ, სასწავლო დაწესებულებებში სწავლების ორგანიზებისა და მართვის, სხვადასხვა პედაგოგიური ამოცანების გადაწყვეტის, ტექნიკური საშუალებებით მოსწავლეთა/სტუდენტთა მხარდაჭერის მიზნით დიდი ყურადღება ეთმობა ისეთი თანამედროვე საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების გამოყენებას, როგორცაა: დისტანციური სწავლება (distant learning), ელექტრონული სწავლება (e-learning) და მობილური სწავლება (m-learning) [1]. ამ ტექნოლოგიებიდან, ამჟამად, სულ უფრო აქტუალური ხდება მობილური სწავლება, რომელიც გულისხმობს, მობილური და პორტარტული იტ-ს - მოწყობილობების (ჯიბის კომპიუტერები PDA, მობილური ტელეფონები, ნოუტბუქები, პლანშეტის ტიპის პერსონალური კომპიუტერები) ჩართვას სწავლებისა და სწავლის პროცესში [2]. მობილური სწავლება წარმოადგენს დისტანციური სწავლების ახალ, უნივერსალურ ფორმას, რომელიც რამდენიმე საკვანძო და პერსპექტიული თავისებურებით გამოირჩევა. ესენია: საგანმანათლებლო პროცესის უწყვეტობა; განათლების საყოველთაოდ ხელმისაწვდომობა; სწავლების შესაძლებლობა ნებისმიერ ადგილზე და ნებისმიერ დროს, რაც მიიღწევა ქსელებით და ტექნოლოგიების მობილურობით; პრაგმატიზმი, როგორც აუცილებელ ცოდნაზე დამკვეთის მოთხოვნის და შეთავაზებული პასუხის თანაფარდობა.

მობილური სწავლების განვითარება უშუალოდ უკავშირდება დისტანციური სწავლების განვითარებას. რაც უფრო აქტიურად გამოიყენება ეს უკანასკნელი, მით მეტად იზრდება მოთხოვნილება მობილურ სწავლებაზე. მობილურ სწავლებაზე მოთხოვნილების ზრდას უდაოდ განაპირობებს ისიც რომ ტექნოლოგიები ხდება უფრო და უფრო პორტარტული, ხელმისაწვდომი, ეფექტური და მოხმარებისათვის მარტივი, მობილური სერვისები საკმაოდ იოლად ინტეგრირდება საგანმანათლებლო და სამეცნიერო-კვლევითი სივრცის ინფრასტრუქტურაში, მობილური მოწყობილობებით (მობილური ტელეფონი, ნოუტბუქი), რომელთაც აქვთ ინტერნეტთან წვდომის შესაძლებლობა, აღჭურვილია როგორც მოსწავლე/სტუდენტების, ასევე პედაგოგების დიდი უმრავლესობა.

საგანმანათლებლო პროცესში მობილური სწავლების შემოტანა და დანერგვა უპირველეს ყოვლისა მისი შესაძლებლობების შეფასებას მოითხოვს. ზოგიერთი ქვეყნის (შვედეთი, იაპონია, ჩინეთი, რუსეთი და ა.შ) წამყვან უმაღლეს სასწავლებლებში ჩატარდა მთელი რიგი გამოკვლევები და გამოკითხვები [3, 4, 5, 6], რომელთა შედეგებზე დაყრდნობით განისაზღვრა მობილური სწავლების პერსპექტიული მიმართულებები (ტენდენციები), გამოიყო კატეგორიები, დადგინდა მისი უპირატესობები და გამოვლინდა ნაკლოვანი მხარეები. გამოკვლევები ამ მიმართულებით კვლავაც გრძელდება.

დღეისათვის მობილური სწავლება რამდენიმე კატეგორიად იყოფა [2]. კერძოდ:

- ტექნოლოგიური მობილური სწავლება (Technology-driven mobile learning) - ზოგიერთი კონკრეტული ტექნოლოგიური ინოვაციის განთავსება აკადემიურ გარემოში, ტექნიკური მიზანშეწონილობისა და პედაგოგიური შესაძლებლობების დემონსტრირების მიზნით;
- მინიატურული, თუმცა პორტარტული ელექტრონული სწავლება (Miniature but portable e-learning) - მობილური, უკაბელო და პორტარტული ტექნოლოგიების გამოყენება იმ მიდგომებისა და გადაწყვეტილებების გასაახლებლად, რომლებიც უკვე გამოიყენება ჩვეულებრივ ელექტრონულ სწავლებაში;
- აუდიტორიასთან დაკავშირებული სწავლება (Connected classroom learning) - ტექნოლოგიების გამოყენება კლასში ერთობლივი სწავლებისათვის;
- არაფორმალური, პერსონალიზირებული, სიტუაციური მობილური სწავლება - (Informal, personalized, situated mobile learning) - საგანმანათლებლო საქმიანობის გაიოლების მიზნით ტექნოლოგიების გადღეირება დამატებითი ფუნქციებით;
- მობილური სწავლება/ეფექტურობის მხარდაჭერა (Mobile training/ performance support) - ტექნოლოგიების გამოყენება მობილური თანამშრომლების პროდუქტიულობისა და

ეფექტურობის ასამაღლებლად, ზუსტ ვადებში ინფორმაციისა და მხარდაჭერის უზრუნველსაყოფად მათი პრიორიტეტების გათვალისწინებით;

- დისტანციური/ სასოფლო/ განვითარებადი მობილური სწავლება (Remote/ rural/ development mobile learning) - ტექნოლოგიების გამოყენება განათლების სფეროში წამოჭრილი ეკოლოგიური და ინფრასტრუქტურული პრობლემების გადასაჭრელად. მობილური სწავლების უპირატესობებიდან აღსანიშნავია შემდეგი: მობილური სწავლებისას საგანმანათლებლო პროგრამების რეალიზებისთვის ჩნდება ფართო აუდიტორიის მოზიდვის შესაძლებლობა; სწავლება ხორციელდება სოციალური, ასაკობრივი და გენდერული შეზღუდვების გარეშე; მოწყობილობები, რომლებიც გამოიყენება სწავლების პროცესში, იაფია ვიდრე მაგიდის კომპიუტერები და წარმოადგენენ ინტერნეტზე წვდომის ნაკლებად ძვირადღირებულ საშუალებებს; მობილური მოწყობილობებით სწავლება ინდივიდუალურია და სტუდენტზე ორიენტირებული, ვინაიდან გათვალისწინებულია მათი ინტერესები სასწავლო მასალის შერჩევას; ამასთან იგი არის მოქნილი, აქვს ინფორმაციაზე მყისიერი წვდომის შესაძლებლობა, რაც ადამიანის მწარმოებლურობის ზრდის გარანტია; დამოუკიდებლად სწავლის შესაძლებლობა და მოთხოვნაზე კონტენტის დაუყოვნებლივი მიწოდება მობილური სწავლების ასევე ერთ-ერთი უპირატესობაა [7]. სწავლების პროცესში ახალი ტექნიკური მოწყობილობების (მობილური ტელეფონები, გაჯეტები, სათამაშო მოწყობილობები და სხვა) გამოყენება განუხრელად ზრდის მომხმარებლის (ახალგაზრდების) ინტერესს განათლებისადმი. ამასთან, ეს მოწყობილობები მსუბუქია სატარებლად და მაგიდის კომპიუტერებთან შედარებით გაცილებით მცირე ადგილს იკავებენ სასწავლო აუდიტორიებში [2].

ნიშანდობლივია ისიც, რომ მობილური სწავლება საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს/სტუდენტებს ჰქონდეთ უშუალო ურთიერთქმედება არა მარტო ერთმანეთთან, არამედ პედაგოგებთანაც; ამასთან, მას გააჩნია რესურსები როგორც სტუდენტების, ასევე პედაგოგებისთვისაც. მათ შორის: რესურსები საგანმანათლებლო კონტენტზე და ელ. ბიბლიოთეკებზე მობილური წვდომისათვის, ელ. ფოსტისთვის, ლექციებისა და სემინარების მასალის განთავსებისა და დავალებების ურთიერთ-გაცვლისათვის; ასევე რესურსები ელექტრონულ რეჟიმში ადმინისტრაციული საქმისწარმოების, დასწრების აღრიცხვიანობის, ტესტირების გავლისათვის და სხვა;

მობილური სწავლების მთელი რიგი უპირატესობების მიუხედავად არ შეიძლება გვერდი ავუაროთ მის ნაკლოვან მხარეებს. როგორცაა: რთულია ისეთი მობილური მოწყობილობის შექმნა, რომელიც დააკმაყოფილებს ნებისმიერი მომხმარებლის მოთხოვნას, როგორც ტექნიკურად, ასევე ვიზუალურად; მობილური მოწყობილობების ბაზარი (განსაკუთრებით მობილური ტელეფონები) სწრაფად ვითარდება, არსებული ტექნიკა სწრაფად ძველდება, ჩნდება ახალი გაუმჯობესებული მოწყობილობები, თუმცა უმადლეს სასწავლებლებს არ აქვთ საშუალება განაახლონ თავისი ტექნიკა იმავე ტემპებით; არ ხერხდება საგანმანათლებლო (კორპორატიული) სერვისების და მომხმარებლის პირადი ინფორმაციის გამიჯვნა. გარდა ამისა, ზოგიერთი მობილური მოწყობილობის მცირე ეკრანი ზღუდავს ასახვი ინფორმაციის რაოდენობასა და ტიპს; შეზღუდულია გრაფიკული სამუშაოების შესრულება; არსებობს მონაცემების დაკარგვის საფრთხე, თუ ბატარეები არ მუშაობს რეგულარულად და გამართულად; ერთდროულად ბევრი მომხმარებლის მიერ უკაბელო ქსელების გამოყენებისას მცირდება მოწყობილობების გამტარუნარიანობა.

დასკვნის სახით შეიძლება დავძინოთ, რომ მობილური სწავლება, რომელიც იყენებს ახალ პედაგოგიურ ტექნოლოგიებს, ავსებს სწავლების ტრადიციულ ფორმებს. ქმნის ხარისხობრივად ახალ საგანმანათლებლო სივრცეს, რომელიც პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს. სწავლებაში მის დასამკვიდრებლად აუცილებელია მობილური მწარმოებლების, მობილური სერვისების მომწოდებლებისა და სწავლების ინდუსტრიის ექსპერტების მიერ ერთობლივი ახალი სტრატეგიის შემუშავება და ორგანიზაციული ძალისხმევა.

M-LEARNING ბანათელეზაში - პრობლემაი და პერსპექტივაი

მ. გეგეჩკორი, ვ. ბახტაძე, თ. ლომინაძე, მ. თევდორაძე, თ. კაიშაური
რეზიუმე

სტატიაში განმარტებულია თანამედროვე საგანმანათლებლო ტექნოლოგიის, მობილური სწავლების (M-Learning) არსი. მოცემულია მისი დახასიათება, მოკლედ მიმოხილულია მობილური სწავლების ძირითადი თავისებურებები და ფაქტორები, რომლებიც განაპირობებენ M-Learning-ზე მოთხოვნების ზრდას. ნახვენებია სასწავლო დაწესებულებებში სწავლებისა და სწავლის პროცესში M-Learning-ის ჩართვის, დამკვიდრების და გამოყენების შესაძლებლობები, პრობლემები და პერსპექტივები. განხილულია ამ ტიპის სწავლების მთელი რიგი უპირატესი და ნაკლოვანი მხარეები. მოცემულია მობილური სწავლების კატეგორიების ჩამონათვალი და მათი მოკლე განმარტებები.

M-LEARNING IN EDUCATION - PROBLEMS AND PERSPECTIVE

M. GEGECHKORI, V. BAXTADZE, T. LOMINADZE, M. TEVDORADZE, T. KAISHAURI

Summary

The essence of Mobile Learning (M-Learning), of modern educational technology, is explained in the article. The characteristic of m-learning, also overview of its main features and factors that determine the increasing demand for mobile learning is given. The possibilities of involving and use of m-learning in the process of teaching and learning in educational institutions as well problems and perspectives of mobile learning is shown. Several advantages and restrictions of this type of learning are considered. The list of categories of mobile learning also the short definitions of these categories is given.

M-LEARNING В ОБРАЗОВАНИИ - ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

М. ГЕГЕЧКОРИ, В. БАХТАДЗЕ, Т. ЛОМИНАДЗЕ, М. ТЕВДОРАДЗЕ, Т. КАИШАУРИ

Резюме

В статье разъясняется суть современной образовательной технологии - мобильного обучения (M-Learning). Дается характеристика M-Learning, краткий обзор его основных особенностей и факторов, определяющих рост спроса на мобильное обучение. Показывается возможности внедрения и использования M-Learning в учебных заведениях в процессе преподавания и обучения, а также проблемы и перспективы мобильного обучения. Рассматриваются ряд преимуществ и ограничений обучения данного типа. Дается перечень категорий мобильного обучения и их краткие определения.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Зильберман Н.Н., Сербин В.А. Mobile Learning: современное состояние и перспективы развития. Материалы XI Международной научно-практической конференции. – Томск: Рекламная группа «Графика», 2012. – с. 103 – 104.
2. Голицына И. Н., Половникова Н. Л. Мобильное обучение как новая технология в образовании [internet] // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество". - 2011. - V.14, N1. - с.241-252. http://grouper.ieee.org/groups/ifets/russian/depository/v14_i1/pdf/1r.pdf
3. Иванченко Д. А., Хмельков И. А., Попов С.О. Актуальные вопросы внедрения мобильных технологий в высших учебных заведениях. сборник научных статей XVI Всероссийской объединенной конференции IMS-2013». Санкт-Петербург, 9-11 октября 2013 г. С. 214-217.
4. Образование в Японии <http://www.orientalica.com/lofiversion/index.php?t203.html>.
5. Mobiledu and Widsets for China. <http://mobiled.uiah.fi/?p=67>.
6. Staupе Arvid; Kolås Line. Mobile Tutoring - distributed interactive learning arena with synchronous video and audio. I: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference Annual. Association for the Advancement of Computing in Education, 2010.

ვირტუალური მანქანების გამოყენება ქსელური ტექნოლოგიების სწავლებისას
მ. გვეგეკორი, ნ. ნარიმანიძე, მ. ოდილაძე, ვ. ბახტაძე, მ. არჩუაძე, თ. ბურჭულაძე

merigeg@gmail.com, nmarimanidze@tsu.ge

ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების ერთერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს ვირტუალური ტექნოლოგიების დამუშავება და განვითარება.

ვირტუალიზაციის ქვეშ მოიაზრება ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთი ფიზიკური სერვერი დავეოთ რამდენიმე ვირტუალურ, ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად მომუშავე სერვერებად. შეიძლება გამოვეოთ ვირტუალიზაციის ორი ძირითადი ტიპი: აპარატურული და პროგრამული. პრაქტიკაში უმეტეს შემთხვევაში გამოიყენება პროგრამული გადაწყვეტილება, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთი ოპერაციული სისტემის ჩარჩოებში შევქმნათ რამდენიმე ვირტუალური მანქანა/გარემო.

პროგრამული ვირტუალიზაცია შეიძლება დავეოთ ორ ტიპად: კომპიუტერის ემულაცია (ვირტუალური მანქანა/Virtual machine, BM/VM) და ვირტუალური შესრულების გარემოს შექმნა (Virtual Environment, VE). პირველ შემთხვევაში ემულატორი საშუალებას იძლევა ერთი ოპერაციული სისტემისთვის დაწერილი დანართი შესრულდეს მეორეში. შესრულების გარემოს ვირტუალიზაცია საშუალებას გვაძლევს შევასრულოთ მხოლოდ ერთი განსაზღვრული ოპერაციული სისტემის დანართი. VM ორიენტირებულია სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემაში ერთდროულ მუშაობაზე, რესურსების ეფექტურად გამოყენების გაზრდის პრობლემა აქ მეორეხარისხოვანია. ვირტუალური შესრულების გარემოს დახმარებით შეგვიძლია მივაღწიოთ რესურსების გამოყენების დიდ ეფექტურობას და ერთი სერვერი გავყოთ რამდენიმე დამოუკიდებელ ვირტუალურ გარემოდ. პრაქტიკაში გამოიყენება ორივე მეთოდი, რადგან ზოგიერთ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია სხვადასხვა პლატფორმაზე მომუშავე პროგრამების გამოყენება (სამეცნიერო გამოკვლევები, სასწავლო პროცესები), ზოგიერთ შემთხვევაში - მიღებული შედეგის ეფექტურობა (ინფორმაციული უსაფრთხოება, ეკონომიკური ეფექტურობა¹).

პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზარზე ყველაზე გავრცელებული ვირტუალური მანქანებია: Java Virtual Machine (Sun Microsystems), Virtual PC (Microsoft), VMware Workstation, VMware GSX Server, VMware ESX Server (Vmware), Xen (XenSource), Virtuozzo (Swsoft), Parallels Workstation (Parallels), Software Virtualization Solution (Altiris), Qemu (Fabricebellard) და სხვ. ყოველ მათგანს გააჩნია სხვადასხვა უპირატესობები გამოყენების დროს, მაგრამ სხვადასხვა კვლევებმა აჩვენეს, რომ სტუდენტების პროფესიონალური მომზადებისთვის უფრო მეტად ერგება VMWare (VMware Workstation) კომპანიის პროდუქტი, იგი მარტივია გამოსაყენებლად, გააჩნია დიდი ფუნქციონალური შესაძლებლობები და გამოირჩევა მაღალი სწრაფქმედებით.

სწავლების პროცესში ვირტუალური მანქანები შეიძლება გამოვიყენოთ ერთის მხრივ, როგორც სწავლების ობიექტი და მეორეს მხრივ, როგორც სწავლების გარემო/ინსტრუმენტი. პრობლემა სწავლების საშუალებების შესახებ არ წარმოადგენს სიახლეს. ხშირად სწავლების მეთოდად აღიქმება სასწავლო პროცესის მასალები და ხელსაწყოები, რომელთა გამოყენებითაც უფრო სწრაფად და ეფექტურად მიიღწევა სწავლების მიზნები. ხშირ შემთხვევაში გამოიყოფა სწავლების საშუალებების ორი ჯგუფი: საშუალება/ინფორმაციის წყარო და საშუალება/მასალის ათვისების ინსტრუმენტი [6].

ჩვენი მიზანია ვირტუალური მანქანების გამოყენების სწავლება, როგორც სწავლების საშუალება.

სწავლების პროცესი ძირითადად დამოკიდებულია კომპიუტერული ლაბორატორიის ტექნიკურ მდგომარეობაზე და სასწავლო დაწესებულების კომპიუტერული ქსელის ადმინისტრატორის მიერ განხორციელებულ უსაფრთხოების პოლიტიკაზე.

¹ ვირტუალური მანქანების არქიტექტურის აღწერას, მუშაობის ტექნოლოგიას, ფუნქციონირების პრინციპებს და ა.შ. ეძღვნება როგორც საცნობარო, ისე სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ხასიათის მრავალი პუბლიკაცია (მაგ. Я.Метлис, А.К.Гультияев, Н.Елманова, А.Поляков, В.Смит და სხვა.)

სტუდენტებისთვის დაწესებული შეზღუდვები გამოიყენება ცალკეული კომპიუტერის ან მთლიანი ქსელის მწკობრიდან გამოყვანის რისკების შესამცირებლად. ამ შეზღუდვებით ზოგჯერ ძნელდება სწავლება (ზოგიერთ შემთხვევაში შეუძლებელიცაა).

სწორედ ამაში შეიძლება დაგვეხმაროს ვირტუალური მანქანები.

ვირტუალური მანქანები ძალიან სასარგებლოა კომპიუტერული ქსელების შესასწავლად. მათი საშუალებით შესაძლებელია სიმულაცია გავუკეთოთ ერთ კომპიუტერზე რამდენიმე მანქანას, რომელიც აღჭურვება შესაბამისი პროგრამით და დავაკავშირებთ ამ მანქანებს ქსელით. ამასთან ერთდროულად მათგან გვევლინება სერვერის როლში, სხვები - კლიენტის. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ქსელური შეერთების, სერვერების მომართვის, წვდომის სვადასხვა უფლების და სხვადასხვა საკითხების შესწავლა, რომლებიც დაკავშირებულია ქსელის აგებასთან და თუ როგორ უნდა გადაწყდეს ეს საკითხები ამა თუ იმ ოპერაციულ სისტემაში. ვირტუალური მანქანების გამოყენება შესაძლებელია ასევე სწავლების გასამარტივებლად, ვირტუალური მანქანებით აღჭურვილი სასწავლო აუდიტორიების შექმნის ხარჯზე, სადაც დაყენებულია სხვადასხვა ოპერაციული სისტემა და გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფა. იმ შემთხვევაში, როდესაც სტუდენტების ჯგუფმა აუცილებლად უნდა შეისწავლოს რაიმე პროგრამული პროდუქტი, შესაძლებელია შევქმნათ ვირტუალური მანქანის ერთი შაბლონი და დავაყენოთ ვირტუალიზაციის პლატფორმა სასწავლო აუდიტორიის ყოველ კომპიუტერზე. შემდგომში ვირტუალური მანქანა შესაძლებელია იყოს კოპირებადი ყველა კომპიუტერზე. თუ საჭირო გახდება სხვა პროგრამული პროდუქტის სწავლება, შესაძლებელია შეიქმნას ვირტუალური მანქანის სხვა შაბლონი და ასევე განთავსდეს იგი სასწავლო აუდიტორიის სხვა კომპიუტერებზე. სისტემის უსაფრთხოების უპირატესობის გარდა, ჩვენ ასევე გვექნება აბსოლუტურად იდენტური პროგრამების ნაკრები ყველა მანქანაზე, და შეგვეძლება მისი ადვილად შეცვლა, შაბლონის შეცვლის გზით. საბოლოოდ, ვირტუალური მანქანა - ეს არის ფაილზე დაფუძნებული კომპიუტერი, რომელიც შესაძლებელია კოპირებადი იყოს სარეზერვუო დისკზე, და შემდეგ ადვილად აღსადგინო.

ვირტუალური მანქანასთან სწავლებისა და მუშაობის პროცესი შეიძლება დავეყოთ 3 ჯგუფად:

1. ოპერაციული სისტემის გარემოში მუშაობა;
2. სხვადასხვა ოპერაციულ სისტემასთან და მათ პროგრამებთან მუშაობა;
3. კომპიუტერული ქსელის ორგანიზება და ადმინისტრირება.

ტრადიციული მიდგომისას ამ პროცესების ორგანიზება რთულია მასწავლებლისა და ქსელის ადმინისტრატორის აზრთა სხვადასხვაობის გამო. ამ პრობლემის მოგვარება შესაძლებელია ვირტუალური მანქანების გამოყენებით.

სწავლების საშუალებად ვირტუალური მანქანის არჩევის რამდენიმე კრიტერიუმი უნდა გავითვალისწინოთ:

1. რამდენიმე ოპერაციული სისტემის მხარდაჭერა;
2. ვირტუალური კომპიუტერის შექმნა საჭირო ოპერაციული სისტემით;
3. ვირტუალური მანქანის მომართვის გრაფიკული ინსტრუმენტების არსებობა;
4. რეალურ კომპიუტერთან მუშაობის ემულაცია (BIOS-ის მომართვა, დამატებითი მოწყობილობების დაყენება/წაშლა)
5. ქსელური შესაძლებლობები (ვირტუალურ მანქანას უნდა შეეძლოს ინტეგრირება იმავე ქსელთან, ან მისი ქსელის შექმნა).
6. გამოყენების სიმარტივე (მისი ექსპლუატაცია სპეციალური მომზადების გარეშე)
7. ლიცენზია.

სასწავლო დაწესებულების ქსელში ჩართულ კომპიუტერზე ვირტუალური მანქანების გამოყენება მასწავლებელს საშუალებას აძლევს ქსელის ადმინისტრატორის დაცვის პოლიტიკასთან კონფლიქტის გარეშე უფრო ხარისხიანად და ეფექტურად გადაწყვიტოს სწავლების პრობლემები ქსელური ტექნოლოგიების დარგში.

ყოველივე ზემოქმედულიდან შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი მტკიცებულებები:

1. სწავლების საშუალებების ტიპოლოგიაში ვირტუალური მანქანები, როგორც პროფესიონალური გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფა, შეიძლება მივაკუთვნოთ კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწავლების პროგრამულ მეთოდურ უზრუნველყოფას;

2. სტუდენტების მომზადების პროცესში ვირტუალურმა მანქანებმა შეიძლება შეასრულოს ისეთი დიდაქტიკური ფუნქციები, როგორცაა ინფორმატიულობა, ინტეგრირება, ინსტრუმენტალურობა და გადაწყვეტოს რიგი სასწავლო პროფესიონალური ამოცანები;
3. უმაღლესი სასწავლებლის სწავლების პროცესში ვირტუალური მანქანების გამოყენება, როგორც სასწავლო მასალის ათვისების ინსტრუმენტი, საშუალებას გაძლევს ჩამოეყვადიბოთ სტუდენტებს სპეციალური ცოდნა და უნარ-ჩვევები ისე, რომ არ დავარდვიოთ სასწავლო დაწესებულების მიერ შემუშავებული კომპიუტერული ქსელის უსაფრთხოების პოლიტიკა.

მაშასადამე, ვირტუალური მანქანები, როგორც მასალის ათვისების ინსტრუმენტი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სწავლების პროცესში. ვირტუალური მანქანები საშუალებას აძლევს სტუდენტებს განახორციელონ ის პრაქტიკული ამოცანები, რომლებიც წარმოიშობა თანამედროვე სწავლების დროს.

ვირტუალური მანქანების გამოყენება ქსელური ტექნოლოგიების სწავლებისას

მ. გეგეჩკორი, ნ. ნარიმანიძე, მ. ოდილაძე, ვ. ბახტაძე, მ. არჩუაძე, თ. ბურჭულაძე

რეზიუმე

სასწავლო-სამეცნიერო პროცესის მნიშვნელოვნად გაუმჯობესების ერთერთ შესაძლო გზას, როგორც შინაარსობრივად, ისე ხარისხობრივად წარმოადგენს მასში თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვა.

ნაშრომში დასაბუთებულია სასწავლო დაწესებულებებში ქსელში ჩართულ კომპიუტერზე ვირტუალური მანქანების გამოყენების უპირატესობები. კერძოდ, განხილულია პოპულარული ვირტუალიზაციის პროგრამული პროდუქტის VMware Workstation-ის გამოყენებით ქსელური ტექნოლოგიების დარგში სწავლების პრობლემების უფრო ეფექტურად და ხარისხიანად გადაწყვეტის გზები.

APPLICATION OF VIRTUAL COMPUTERS WHILE TRAINING IN NETWORK TECHNOLOGY

M. GEGECHKORI, N. NARIMANIDZE, M. ODILADZE, V. BAKHTADZE, M. ARCHUADZE, T. BURCHULADZE

Summary

One of the possible ways to improve education– scientific process in both content and quality, is the introduction of modern information technologies (IT).

The advantage of using of virtual computers involved in a network of educational institutions is substantiated in this paper. In particular, the ways of more effective and qualitative solution of training problems in the field of network technologies by using of VMware Workstation - the popular software product are considered.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ОБУЧЕНИИ СЕТЕВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

М. ГЕГЕЧКОРИ, Н. НАРИМАНИДЗЕ, М. ОДИЛАДЗЕ, В. ВАХТАДЗЕ, М. АРЧУАДЗЕ, Т. БУРЧУЛАДЗЕ

Резюме

Одним из возможных путей значительного улучшения учебно – научного процесса, как по содержанию, так и по качеству является внедрение в него современных информационных технологий (ИТ).

В работе доказывается преимущество использования виртуальных машин над компьютерами, которые включены в сеть учебных заведений. В частности, рассматриваются пути более эффективного и качественного решения проблем обучения в области сетевых технологий с помощью популярного программного продукта VMware Workstation.

ლიტერატურა _ REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев А.К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном (+CD)\ - СПб.: Питер, 2006. – 224с.;
2. Елманова Н..Виртуальные машины и средства их создания. Часть 1. Microsoft Virtual PC 2004\Компьютер пресс. – 2004. - №8. - -с. 158-162; – 2004. - №10. - -с. 154-161; – 2005. - №1. - -с. 163-165;– 2005. - №2. - -с. 179-181;
3. Метлис Я. Виртуальные машины (<http://www.osp.ru/cw/2006/22/2046857>);
4. Поляков А. Общие сведения о виртуальных машинах (http://www.posix.ru/apps/virt_mach1/);
5. Смит Б. Не упускайте возможностей виртуализации (<http://www.osp.ru/text/302/1156292/>);
6. Чернилевский Д.Б.: Дидактические технологии в высшей школе: Учеб. Пособие для вузов. – Мю: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 437 с.
7. Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Применение технологии виртуализации в образовательном процессе // Материалы VIII международной научно-технической конференции Новые информационные технологии и менеджмент качества (NIT&QM'2011) – М.:ООО "Арт-Флэш", 2011. - С.120-123.

ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდერი K1879XB1A

მ. სურბულაძე

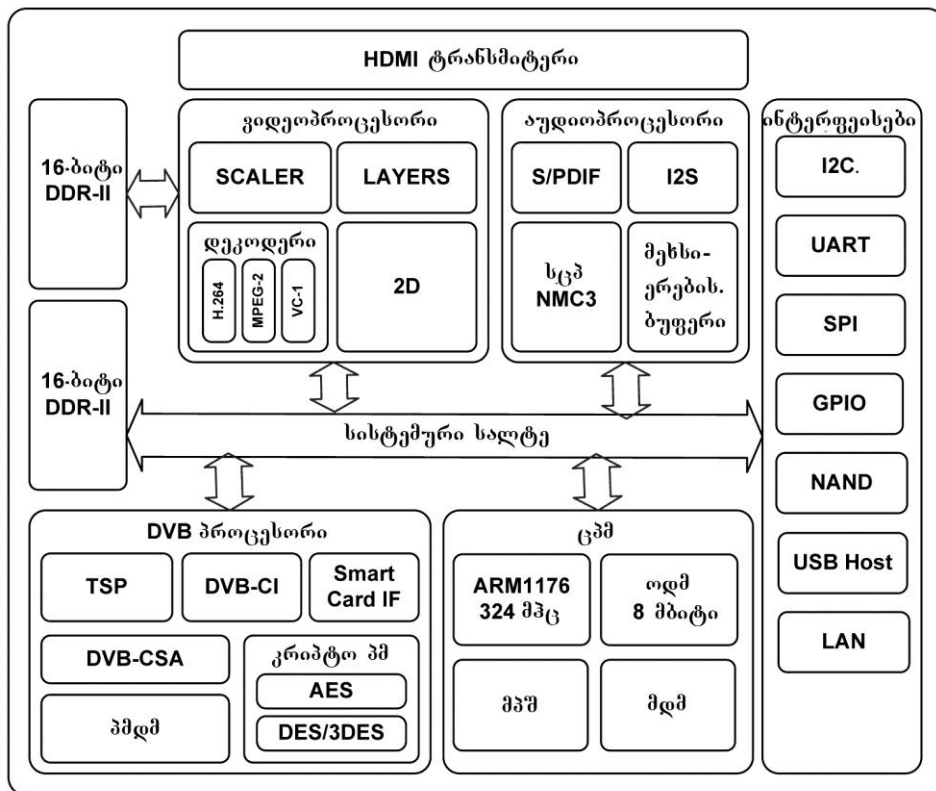
sfm12@mail.ru

1. შესავალი

ნებისმიერი თანამედროვე ციფრული სატელევიზიო მიმღებ-მისადგმელის საელემენტო ბაზის საფუძველია კრისტალზე აგებული ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდერის ელექტრონული სქემა. უახლესი ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდერის ბაზაზე აგებული სისტემა იძლევა სხვადასხვა კონფიგურაციის მქონე სატელევიზიო მიმღებ-მისადგმელის შექმნის შესაძლებლობას, ბიუჯეტურით დაწვებული და hi-end კლასით დამთავრებული. აღსანიშნავია, რომ მოცემული დეკოდერი წარმოადგენს ზედიდი და ზემაღალი სისწრაფის ინტეგრალურ ნანოსქემას, რომელიც დამზადებულია 90 ნანომეტრული ტექნოლოგიით.

2. სტრუქტურა და მახასიათებლები

ციფრული ტელევიზიის მოწყობილობებისათვის აუდიო-ვიდეო ინფორმაციის დეკოდირების და დამუშავების სისტემას საფუძვლად უდევს ცენტრალური პროცესორი ARM1176JZF-შ (იხ. ნახ. 1). მონაცემთა გაცვლა სისტემაში ხორციელდება მონაცემთა სალტების AMBA 3.0 AXI სპეციფიკაციის მეშვეობით. ARM1176JZF-S ბირთვის ძირითადი უპირატესობებია: v6 ვერსიის მაღალი წარმადობის არქიტექტურა, ბირთვში ინტეგრირებულ ბრძანებათა და მონაცემთა ქეშების, აგრეთვე ბრძანებათა და მონაცემთა ზეოპერატიული მეხსიერების TCM (Tight Couple Memory) არსებობა, სალტეს უახლესი ფორმატის - AMBA 3.0 AXI უზრუნველყოფა, თანაპროცესორის არსებობა მცოცავი წერტილის მქონე ფორმატში მონაცემებთან მუშაობისათვის. ბირთვი უზრუნველყოფს 64-ბიტიანი მონაცემებთან მუშაობას.



ნახ. 1. დეკოდერის სტრუქტურა

სისტემის სხვადასხვა მოწყობილობათა შორის ურთიერთქმედებას უზრუნველყოფს კომუტაციის ასაწყობი მატრიცა (interconnect matrix unit). კომუტაციის მატრიცა იძლევა რამდენიმე წყაროსგან რამდენიმე მიმღებზე მონაცემთა ერთდროული გადაცემის შესაძლებლობას. მათ შორის, გამოიყენება მონაცემთა გადაცემის პაკეტური რეჟიმი და მონაცემთა რამდენიმე პაკეტის ერთდროული გადაცემის შესაძლებლობა სხვადასხვა წყაროების სხვადასხვა პაკეტებიდან მონაცემთა შენაცვლებით.

მეხსიერებაში პირდაპირი შეღწევის მრავალარხიანი კონტროლერი უზრუნველყოფს მონაცემთა ჩატვირთვას მეხსიერების საჭირო არეებში. სისტემა იყენებს მეხსიერების იერარქიულ მრავალდონიან სისტემას, რათა მაქსიმალურად დატვირთოს მონაცემებით სისტემის ყველა გამოთვლელი მოწყობილობა.

მეხსიერების სისტემა მოიცავს შიდა მეხსიერების ოთხ ბანკს, საერთო მოცულობით 8 მბიტი, ორ ინტერფეისს DDR2 ტიპის გარე დინამიური მეხსიერებით, ინტერფეისებს გარე flash მეხსიერებით. ასეთი კონფიგურაცია ბრძანებათა და მონაცემთა ქეშებითან, ARM პროცესორის TCM მეხსიერებასთან შესამებით უზრუნველყოფს მაღალი გამტარუნარიანობის მქონე მეხსიერების იერარქიულ სისტემას. ვიდეოპროცესორი ოთავს ვიდეო სიგნალის დეკოდირების მულტისტანდარტულ ბლოკს, 2D გრაფიკულ მანქარებებს და მაღალი გარჩევადობის ვიდეოკონტროლერს, მასშტაბირების და გრაფიკული და ვიდეო ფენების ზედღების ფუნქციების უზრუნველყოფით.

აუდიოპროცესორი წარმოადგენს სიგნალების ციფრულ პროცესორს, რომელიც იძლევა აუდიოსიგნალის დეკოდირების ამოცანის პროგრამულად გადაჭრის შესაძლებლობას. მრავალარხიანი აუდიოკონტროლერი უზრუნველყოფს აუდიო სიგნალის გაცემას I2S და S/PDIF ინტერფეისების მეშვეობით.

ციფრული ინტერფეისი HDMI (HDCP ფუნქციით) უზრუნველყოფს აუდიო და ვიდეო ტრაქტში დამატებითი გარე კომპონენტების გამოყენების გარეშე მართვის ელექტრონულ მოწყობილობათა აგების შესაძლებლობას.

სისტემა მოიცავს DVB პროცესორს, რომელშიც შედის: სატრანსპორტო ნაკადის დემულტიპლექსორი TSP, რომელიც ახორციელებს რამდენიმე წყაროდან მომავალი სატრანსპორტო ნაკადის გარჩევას; კრიპტოპროცესორი, რომელიც უზრუნველყოფს პირობითი შეღწევის ძირითად ალგორითმებს, მათ შორის CSA, DES, 3DES. შესაძლოა პირობითი შეღწევის გარე მოდულების ჩართვა DVB-CI ინტერფეისის მეშვეობით და სმარტ-ბარათებთან მუშაობა. მოცემული ნანოსქემისათვის უნიკალური გასაღები ინახება ერთჯერადად პროგრამირებად მუდმივი მახსოვრობის მოწყობილობაში.

მრავალრიცხოვანი საკომუნიკაციო ინტერფეისები უზრუნველყოფენ ადვილი მოცემული ელექტრონული ნანოსქემის ბაზაზე სხვადასხვა სამომხმარებლო თვისებების მქონე ასიათასობით მოწყობილობების აგების შესაძლებლობას, თანაც დამატებითი ელექტრონული კომპონენტების მინიმალური ოდენობის გამოყენებით.

2. სისტემის ფორმირება IP ბლოკების ნაკრებიდან

კრისტალზე აგებული სისტემა აწყობილია მზა ფუნქციური ბლოკების საფუძველზე. ასეთი მიდგომა უზრუნველყოფს სისტემის მაქსიმალური უნიფიკაციის შესაძლებლობას და მნიშვნელოვნად ამარტივებს აუცილებელი პროგრამული უზრუნველყოფის ადაპტაციას. საკუთრივ, ARM პროცესორებისთვის ბაზარზე არსებული პროგრამული უზრუნველყოფის უმეტესი ნაწილი შეიძლება სრულდებოდეს სისტემის მიერ რაიმე ცვლილებების შეტანის გარეშე ან მინიმალური ადაპტაციით.

მოცემული ინტეგრალური ნანოსქემა თავის შემადგენლობაში მოიცავს მრავალი ცნობილი მწარმოებლის, როგორცაა ARM, Silicon Image, Fujitsu, Aeroflex Gaisler, Takumi და სხვათა მიერ გამოშვებულ IP ბლოკებს. ამავდროულად, მოცემული ნანოსქემა მოიცავს საკუთარი გამოგონების IP ბლოკების ნაკრებსაც: ვიდეო და აუდიო კონტროლერებს, ლასქ მეხსიერების კონტროლერს, სიგნალურ ციფრულ პროცესორს NMC3 ბირთვის საფუძველზე, სატრანსპორტო ნაკადის დეკოდირების ბლოკს და კრიპტოპროცესორს.

სხვადასხვა მიმწოდებლების IP ბლოკების გამოყენება წარმოშობს სისტემის შემადგენლობაში მათი მუშაობის შეთანწყობის (შეთანხმების) პოტენციურ პრობლემებს.

სისტემაში გარეშე I ბლოკების ინტეგრაციის ტიპურ ამოცანებს წარმოადგენს:

- ბლოკების ინტერფეისების შეთანწყობა როგორც ფიზიკურ დონეზე, ისე ტრანზაქციების დონეზე. მუშავდება გარსები სალტური ინტერფეისების მუშაობის პროტოკოლების შეთანწყოებისათვის;
- ბლოკების პროგრამული ინტერფეისების, მაგალითად, მონაცემთა ფორმატების შეთანწყობა მათი მეხსიერებაში განლაგებისას. ამ ამოცანების ამოსხნამ შეიძლება მოითხოვოს როგორც მოდიფიკაციები პროგრამულ კოდში, ასევე სააპარატო ბლოკების შემუშავება, რომლებიც ახდენენ მონაცემების ფორმირებას საჭირო ფორმატში.
- ტესტური გარემოცვის და ფუნქციური ტესტების დამატებითი მოდულების შემუშავება, რომლებიც ახდენენ შემუშავებული ინტეგრალური ნანოსქემისთვის დამახასიათებელ მუშაობის სცენარების შემუშავებას.
- ამრიგად, მზა IP-ების გამოყენება, მართალია, ამცირებს სისტემის ზოგად შემუშავებასთან დაკავშირებულ შრომით დანახარჯებს, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ასეთი ბლოკების ინტეგრაციის არსებობა შესაძლოა მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს მთელ რიგ შემთხვევებში.

3. ნანოსქემის მახასიათებლები

ცხრილ 1-ში მოყვანილია კრისტალის ტექნიკური პარამეტრები.

ცხრილი 1.

დამზადების ტექნოლოგია	„კლონ“ (კომპლემენტარული ლითონ-ოქსიდური ნახევარგამტარი) 90 ნმ
კრისტალის ზომა	8 x 8 მმ
კვების ძაბვა	1,2/1,8/3,3 ვ
მოხმარების ტიპური სიმძლავრე	<2 ვტ
ბირთვის სიხშირე	324 მჰც
შიდა სალტეს სიხშირე	162 მჰც
შიდა მეხსიერების მოცულობა	8 მბიტი
კორპუსის ტიპი	ბურთულკონტაქტ-BGA544

მოცემული ნანოსქემის მახასიათებლებს სავსებით შეუძლიათ ხელი შეუწყონ მას, რომ დაიკავოს ღირსეული ადგილი სამამულო და მსოფლიო ბაზრებზე, გამოყენების სხვადასხვა სფეროში, დაწეებული საბიუჯეტო დონის ციფრული სატელევიზიო მიმღებ-მისადგმელებით და დამთავრებული მრავალფუნქციური მულტიმედიაური ცენტრებით.

4. შემუშავების ორგანიზების ძირითადი პრინციპები

სისტემის შემუშავების და გამართვის ორგანიზება შემდეგ პრინციპებზეა აგებული: სისტემის ცალკეულ ბლოკებს შორის წყვილებში ურთიერთქმედების გამართვა როგორც ფიზიკურ ინტერფეისების დონეზე, ასევე პროგრამული დანართების დონეზე.

- გამართვა პროგრამულ უზრუნველყოფის შემუშავებასთან შეხამებაში, რომელიც იძლევა სისტემის ფუნქციონირების რეალისტური სცენარების დამუშავების შესაძლებლობას.
- მიზნობრივი სისტემის ადრეული პროტოტიპირება. გამართვის ძირითადი სტრატეგიაა შესაძლო შეცდომების გამოვლენა შემუშავების ადრეულ ეტაპებზე, როდესაც მათი შესწორება უფრო იაფი ჯდება.
- მოცემული ინტეგრალური ნანოსქემის სამი მეთოდითაა შესაძლებელი: სქემის ან მისი ნაწილების ლოგიკური მოდელირებით; სქემის ნაწილების პროტოტიპირებით; ტესტური კრისტალების გამართვით. ლოგიკური მოდელირება საკმაოდ ნელი პროცესია, რომელიც უზრუნველყოფს მოწყობილობის მუშაობის 102 -103 ჰც სიხშირეს, რაც 106-ჯერ ნაკლებია რეალური სამუშაო სიხშირეებისა. ტესტური კრისტალების შექმნა ხანგრძლივი და ძვირადღირებული პროცესია. ამიტომ ბლოკების გამართვის ყველაზე ეფექტური ხერხია პროტოტიპირება. გამართვისა და ტესტირებისთვის შემუშავებული იქნა სპეციალიზებული აპარატულ-პროგრამული პლატფორმა, რომელიც საშუალებას იძლევა მთელი რიგი

ფუნქციონალური შეცდომების გამოვლენაზე სხვადასხვა მოწყობილობების დაპროექტების ადრეულ სტადიებზე.

ვიმედოვნებ, რომ მოცემულ ნაოსსქემაზე აგებული სატელევიზიო მიმღები-მისადგმელი მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს საქართველოს სახმელეთო სატელევიზიო სისტემის ციფროვიზაციაში.

ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდერი K1879XB1Я

მ. სურგულაძე

რეზიუმე

ციფრული სატელევიზიო სიგნალის დეკოდერის K1879XB1Я (90 nanometruli teqნologia) ინტეგრალური ნანოსქემის მაგალითზე ნაჩვენებია მისი გამოყენების საშუალება მაღალი გარჩევადობის სატელევიზიო მრავალფუნქციური მიმღები-მისადგმელის და სხვა მრავალი სახის ელექტრონული მოწყობილობების აგებისათვის მართვის და გაშიფრვის დარგში.

DECODER OF THE DIGITAL TELEVISION SIGNAL K1879XB1Я

M. SURGULADZE

Summary

The application of construction multi-function HDTV receiver as well as many other electronic devices for control and encryption on the example of the decoder K1879XB1Я (90 nanometric technology) is shown in the paper.

ДЕКОДЕР ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА K1879XB1Я

М. СУРГУЛАДЗЕ

Резюме

На примере декодера K1879XB1Я (90 нанометрическая нанометровая технология) цифрового телевизионного сигнала высокой четкости показана возможность построения многофункционального телевизионного приемника-приставки и многих других электронных устройств управления и шифрования.

REFERENCES – ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко П.А. Платформа для разработки СБИС-декодера ТВ-сигнала. Электроника: наука, технология, бизнес. 2010, №3, с. 60-65.

ქართულენოვანი სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ ალგორითმის შემქმნის პროექტი

მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, ბ. ბუსიაშვილი, მ. ცინცაძე

manana.khachidze@tsu.ge, maia.archuadze@tsu.ge, gela.bsiashvili@tsu.ge, magda.tsintsadze@tsu.ge

შესავალი

ინფორმაციული ძებნის ამოცანა წარმოადგენს ინფორმატიკის კლასიკურ და უაღრესად აქტუალურ ამოცანას, რომელიც ინფორმაციული ნაკადების ზრდასთან ერთად სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება. მიუხედავად იმისა, რომ ამ სფეროში კვლევები აქტიურად და დიდი ხნის განმავლობაში მიმდინარეობს, თანამედროვე საძიებო სისტემები ნაკლებად „ჭკვიანები“ არიან, ამის გამო ყველა ამ სფეროში მომუშავე ფირმა, Google-ს მეთაურობით, ცდილობს საძიებო სისტემების სრულყოფას და ახალი მიდგომების შემუშავებას.

პროექტის მიზანია შეიქმნას ალგორითმი, რომელიც საფუძვლად დაედება სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ შექმნას, ზოგადად სემანტიკური ძებნის სისტემებისათვის და მოხდება მისი საცდელი რეალიზება ქართულენოვანი საძიებო სისტემის შექმნისათვის. ამ მიზნის მისაღწევად:

- უნდა შემუშავდეს ქართულენოვანი საძიებო სისტემის მაკეტი.
- უნდა შემუშავდეს არსატრუქტურირებული დოკუმენტების დაჭდევის ახალი მეთოდი. ამისათვის ანალიტიკური ვერისტიკების მეთოდის გამოყენებით შეიქმნება ცნების (კონცეპტების) „პატერნების“ ცოდნის ბაზა. ინდექსირების ეს მეთოდი საშუალებას მოგვცემს ინტერნეტში განთავსებული არა SWD-დოკუმენტები წარმოვადგინოთ „ფსევდო-SWD-დოკუმენტების“ სახით. რაც საშუალებას მოგვცემს SWSS-ზე მცირე „ძრავის“ დამატებით გამოვიყენოთ ისინი ნებისმიერი სახით წარმოდგენილი ინტერნეტ დოკუმენტებისთვისაც.
- უნდა შემუშავდეს ცნების „პატერნების“ დარგობრივ ონტოლოგიებზე დაფუძნებული სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ ალგორითმი. ცნების „პატერნების“ დარგობრივი ონტოლოგიების ცოდნის ბაზა, მანქანური სწავლების და თვითდასწავლის პროცესი საშუალებას მოგვცემს გამოვიყენოთ ეს ძრავი ინტერნეტ სტრუქტურირებული და არასტრუქტურირებული დოკუმენტებისათვის და ნებისმიერი ტიპის ელექტრონული საცავის დოკუმენტებისათვის.

საუკეთესო საძიებო სისტემა მომავალში იქნება ის, რომელიც შესძლებს ძიების სხვადასხვა ტექნოლოგიებიდან სემანტიკურ Web-ზე ორიენტირებული საუკეთესო თვისებების კომბინირებას. ამ ამოცანის გადაჭრისათვის ბუნებრივი ენის კორპუსზე დამყარებული სემანტიკური საძიებო სისტემები ამ ეტაპზე უაღრესად პერსპექტივაა.

კვლევის ობიექტი და ამოცანები

პროექტის კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ინფორმაციული ძებნა, კერძოდ კი ქართულენოვანი საძიებო სისტემის ძრავის ალგორითმის შემუშავება. დღეისათვის ძებნა Web სივრცეში ძირითადად არასტრუქტურირებულ ინფორმაციულ ნაკადებში გვიწევს, თუმცა სემანტიკური Web-ის პირობებში ინფორმაცია სტრუქტურირებული ან ნახევრად სტრუქტურირებულია, ამდენად ზოგადად ჩვენ საქმე გვაქვს ყველა ტიპის ინფორმაციასთან, თუმცა მოცემული კვლევის სტრატეგია ეფუძნება სამომავლოდ უკეთესი განვითარების პერსპექტივაზე აქცენტირებულ ინფორმაციული ძებნის ტექნოლოგიას, რომლის რეალიზაცია სემანტიკური Web-ის პირობებშია შესაძლებელი და კვლევის შედეგებიც ხვალინდელ დღეზეა ორიენტირებული.

პროექტის ძირითადი ამოცანები და განხორციელების ეტაპები შემდეგია:

- სემანტიკურ Web-ზე დამყარებული ინფორმაციული ძებნის თანამედროვე ტექნოლოგიების ანალიზი, უკანასკნელი რეალიზებული RDF, RDF Schema 1.1 სტანდარტის (რეალიზაციის თარიღი: 2014-02-25) და მასთან დაკავშირებული რეალიზაციების შესწავლა/ანალიზი.
- ტექსტების დაჭდევის მექანიზმის შემუშავება;
- სემანტიკური ძებნის ალგორითმის შემუშავება;

- მიღებული შედეგების ანალიზი და პროგრამული რეალიზაცია;

მიმდევრობით განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

სემანტიკურ Web-ზე დამყარებული ინფორმაციული ძეგლის თანამედროვე ტექნოლოგიების ანალიზი

გამომდინარე იქედან, რომ სემანტიკური Web-ის შეიქმნა, როგორც არსებული Web-ის გაფართოება და ის ორიენტირებულია არა დოკუმენტების, არამედ მონაცემთა ქსელის შემუშავებაზე, მასში განხორციელებული ინფორმაციული ძეგლის პროცესი შეიძლება წარმოვიდგინოთ ოთხი ეტაპისაგან შემდგარი პროცედურის სახით, რომლის სისრულეც დამოკიდებულია ყოველი ეტაპის წარმატებულობაზე:

- მოთხოვნის ინფორმაციული განსაზღვრა და მისი ფორმულირება;
- ინფორმაციის მასივების მფლობელების (წყაროების) განსაზღვრა;
- ინფორმაციის ამოკრება გამოვლენილი მასივებიდან;
- მიღებული ინფორმაციის გაცნობა და ძეგლის შედეგის შეფასება.

სემანტიკური Web ეფუძნება სპეციალურად მისთვის შემუშავებულ სტანდარტს RDF, რომელიც Web-ში ინფორმაციის წარმოდგენისათვის განკუთვნილი ზოგადი დანიშნულების მქონე ენაა. ამდენად, მისი თანამედროვე რეალიზაციის შესწავლა უმნიშვნელოვანესია ამ ტექნოლოგიაზე დამყარებული ინფორმაციული ძეგლის განხორციელებისათვის.

ტექსტების დაჭდევის მექანიზმის შემუშავება

ეს პროცესი გულისხმობს საძიებო ინდექსების ანუ დოკუმენტების ინფორმაციის ამსახველი ისეთი მონაცემთა სტრუქტურის შემუშავებას, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელი იქნება საძიებო „ძრავში“. ამისათვის უნდა მოხდეს საძიებო სისტემაში ინდექსირების მოქმედების ფაქტორების ანალიზი:

- უნდა გაანალიზდეს შერწყმის ფაქტორი - როგორ განისაზღვრება არსებულ საძიებო „ძრავის“ ინდექსებში მონაცემების შემადგენლობა და რას ეფუძნება ეს პროცესი. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან ყველა Web-გვერდი არ არის ერთნაირად სტრუქტურირებული და არასემანტიკური Web გვერდები ხშირ შემთხვევაში ვერ ხვდებიან ძეგლის შედეგების რელევანტურ შედეგთა სიაში;
- უნდა გაანალიზდეს ინდექსირებული მონაცემების მოცულობის განსაზღვრის და მათი შენახვის არსებული მეთოდები - თუ რა სახით ინახება: შეკუმშული თუ გაფილტრული. ეს მნიშვნელოვანია როგორც კომპიუტერში მესხიერების განაწილების, ასევე ძეგლის სისწრაფის უზრუნველსაყოფად;
- უნდა გაანალიზდეს პრაქტიკაში არსებული მეთოდებით მიღებული ინდექსების სიმტკიცე - საიმედოობა, დაზიანებისადმი მდგრადობა, განსაზღვრულობა, ინდექსის ცალკეული კომპონენტების გამოყენების შესაძლებლობა.

ამავდროულად, მნიშვნელოვანია სხვადასხვა ტიპის ინდექსურ მონაცემთა სტრუქტურების ანალიზი, განსაკუთრებით, როდესაც საქმე ეხება ლექსიკურად ისეთ რთულ ენას, როგორცაა ქართული ენა. თანამედროვე საძიებო სისტემები ძირითადად იყენებენ შემდეგი სახის ინდექსირებულ მონაცემთა სტრუქტურებს: სუფიქსური ხეები, ინვერტირებული ინდექსები, ციტირების ინდექსები, N-გრამებია სტრუქტურა, დოკუმენტების ტერმების მატრიცა. არსებული სტრუქტურების ანალიზი საშუალებას მოგვცემს განვსაზღვროთ ჩვენს მიერ შემუშავებული ინდექსირებული მონაცემთა სტრუქტურა. შესაძლოა იგი ვერ მივაკუთნოთ ვერცერთ კონკრეტულ ტიპს და წარმოვადგინოთ ჰიბრიდული სტრუქტურის სახით.

ტექსტის დაჭდევის ჩვენეული მიდგომა ეფუძნება ტექსტის სემანტიკურ ანალიზს და მის წარმოდგენას ეგრეთ წოდებული „კონცეპტის პატერნების“ სახით. კონცეპტების პატერნების ფორმირების მეთოდი ახდენს რა ბუნებრივ ენაზე დაწერილი სრულტექსტიანი დოკუმენტების ანალიზს, ქმნის ცალკეული სიტყვებისაგან შემდგარ სტრუქტურას, რომელიც აღწერს ამა თუ იმ ცნებას განზოგადოებული სახით. სხვადასხვა ტიპის ინდექსურ მონაცემთა სტრუქტურების ანალიზი საშუალებას მოგვცემს მივაკუთვნოთ ჩვენს მიერ შემუშავებული ინდექსირების მონაცემთა სტრუქტურა ერთ-ერთ რომელიმეს ან წარმოვადგინოთ იგი როგორც ახალი ჰიბრიდული მოდელი.

უნდა შეექმნათ ქართული ენის სიტყვათა \mathcal{A} სიმრავლე. \mathcal{A} სიმრავლე შესაძლებელია თავის მხრივ წარმოვადგინოთ ათი A_i მეტყველების ნაწილების შესაბამის სიტყვების ქვესიმრავლის გაერთიანებად. ყოველი $A_i, (i = \overline{1,10})$, არის $a_{i,j}, j = \overline{1, N_i}$ ელემენტებისაგან შემდგარი სიმრავლე, სადაც N_i არის სიტყვათა რაოდენობა კონკრეტულ A_i მეტყველების ნაწილში.

ლოკუმენტების სხვადასხვა წყაროებიდან (უმთავრესად ინტერნეტ დოკუმენტებიდან) ამოკრებთ სხვადასხვა ცნებების აღმწერ ტექსტებს და დავაჯგუფებთ. კონკრეტული ჩ „ცნების“ ყოველი „აღმწერი x ტექსტი“ წარმოვადგინოთ $T_C^x = \{w_{i,j}, i = \overline{1,10}, j = \overline{1, M_i}\}$, სიმრავლის სახით, სადაც $w_{i,j}$ არის ყველა განსხვავებული სიტყვა ამ ტექსტში, ხოლო M_i არის განსხვავებული სიტყვების რაოდენობა ამ ტექსტში.

ყოველი ასეთი ტექსტი წარმოდგება წონითი ნაკრებების სახით, კერძოდ ე.წ. TF-IDF სქემის საშუალებით. სემანტიკური გადამყვანი ახდენს ტექსტის სიტყვების იტერაციას, იღებს ინვერტირებული ინდექსებისაგან შემდგარ შესაბამის ჩანაწერს და აერთიანებს მას ცნების ვექტორში, რომელიც აღწერს ტექსტს.

წარმოვადგინოთ C კონცეპტის აღმწერი ყოველი ტექსტი w სიტყვების სიმრავლის სახით $T_C^x = \{w_i, i = \overline{1, \dots, M^x}\}$, რომლებსაც შეესაბამება TF-IDF (v_i^x) ვექტორი, სადაც ყოველ w_i სიტყვას შეესაბამება v_i^x წონა. სიტყვის (ტერმინის) წონა დამოკიდებულია მის სისშირეზე. ტერმინის წონების დასადგენად წარმატებით გამოიყენება წონების ავტომატური გენერაციის სქემა, რომელიც შემდეგნაირად გამოისახება:

$$tf - idf_{t,a} = tf_{t,a} \times idf_t$$

ასევე იქმნება $\langle k_i^x \rangle$ ვექტორი, რომელშიც k_i^x წარმოადგენს w_i სიტყვის ინვერტირებულ ინდექსს C კონცეპტის შესაბამისი ტექსტისათვის. C კონცეპტის შესაბამისი T_C^x ტექსტისათვის გვექნება V_C^x წონების ვექტორი რომელიც განისაზღვრება როგორც:

$$\sum_{w_i \in T_C^x} v_i^x \cdot k_i^x$$

აღწეროთ მიღებული C კონცეპტი ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდისათვის მისაღებ ფორმაში.

ტექსტების ჩვენს საცავშიც გვექნება C კონცეპტის შესაბამისი მრავალი T_C^x ტექსტი. შესაბამისად ყველა ამ ტექსტისათვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ ESA (Explicit Semantic Analysis) მეთოდი და შემდგომ აღწეროთ $w_1^x, w_2^x, \dots, w_L^x$ „სიტყვებით“ (L არის ტექსტებში შემავალი სიტყვების რაოდენობა). მივიღებთ ერთი C კონცეპტის შესაბამის რამდენიმე, შესაძლოა განსხვავებულ, აღწერას. C კონცეპტის ყოველი აღწერის შესაბამისი T_C^x ტექსტისათვის გვექნება V_C^x წონების ვექტორი.

თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ პოპულარული საძიებო „ძრავები“ ფოკუსირდებიან ბუნებრივ ენაზე დაწერილი სრულტექსტიანი დოკუმენტების ინდექსირებაზე, ჩვენი კვლევები დაეფუძნება ქართული ენის კორპუსს, რომელიც შეიქმნება ამ პროექტის ფარგლებში.

სემანტიკური ძებნის ალგორითმის შემუშავება

სემანტიკური ძებნის ალგორითმის შემუშავება პროექტის სტრატეგიის მეორე მიმართულებას წარმოადგენს. იგი მოიცავს სემანტიკურ ძებნაში გამოყენებული ალგორითმების ანალიზს და ჩვენეული ალგორითმის წარმოდგენას არსებულების გამდიდრება/მოდერნიზირებით. სემანტიკური მიდგომის თავისებურებას წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ გამოყენებულია დოკუმენტების კონცეპტუალური წარმოდგენა, რომელიც იქმნება საგნობრივი არის ცოდნის სემანტიკურ მოდელზე დაყრდნობით, ხოლო ცოდნის წარმოდგენის არსებულ ინსტრუმენტებს შორის ონტოლოგია წარმოადგენს ყველაზე ეფექტურ ხერხს. ჩვეულებრივ ონტოლოგიებში საგნობრივი არეების ცოდნა აღიწერება ცნებებისა და თვისებების იერარქიით, ასევე შეერთებული ცნებების ეგზემპლარების სემანტიკური ქსელებით. არსებულ მიდგომებთან შედარებით ონტოლოგიის გამოყენება შესაძლებლობას მოგვცემს გააუმჯობესოთ ძებნის ხარისხი. ამიტომ მნიშვნელოვანია საგნობრივი არის აღმწერი ცოდნის ბაზის შემუშავების

მოქნილი ალგორითმის შექმნა. ეს ალგორითმი იყენებს ანალიტიკური ვერისტიკების მეთოდს.

თუ გავყვებით ქართული ენის სიტყვათა \mathcal{A} სიმრავლის ზემოაღნიშნული მოდელირების გზას, შევამჩნევთ, რომ ყოველი C კონცეპტის აღმწერ სხვადასხვა „ვექტორში“ შემავალი სიტყვები მეორდება. გავაერთიანოთ ეს სიტყვები და მივიღოთ სიტყვების საერთო სიმრავლე $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{max}\}$, max - არის არსებული მაქსიმალური განსხვავებული სიტყვების რაოდენობა. ჩავთვალოთ, რომ ეს რიცხვია N . ამ აღნიშვნებში ჩვენ შეგვიძლია C კონცეპტის აღმწერი ყველა ვექტორი წარმოვადგინოთ ერთი და იგივე სიგრძის ვექტორის სახით, რომლის ელემენტებია $(\vec{w}_i, i=1, \dots, N$

$$\vec{w}_i = \begin{cases} w_i & \text{მონაწილეობს } C \text{ კონცეპტის აღწერაში;} \\ \vec{w}_i & \text{არმონაწილეობს } C \text{ კონცეპტის აღწერაში.} \end{cases}$$

რადგან ყოველი C კონცეპტის აღწერა სასრულია, სასრულია $W = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$ სიმრავლეც, ჩვენ შეზღუდვის გარეშე შეგვიძლია ეს სივრცე აღ-სიმრავლედ წარმოვიდგინოთ, და მასში განვმარტოთ ყველა ის ოპერაციები, რაც განმარტებულია ასეთი ტიპის სიმრავლეებში. თუ დავუბრუნდებით ანალიტიკური ვერისტიკების მეთოდის აღნიშვნებს და განმარტებებს სრულად, ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ C კონცეპტი იგივეა, რაც ობიექტი და ყოველი w_i ამ ობიექტის აღმწერი ნიშანთვისებების A_i -ის შესაბამისია. ეს საშუალებას გვაძლევს სრულად გამოვიყენოთ ეს მეთოდი. აქედან გამომდინარე C -ს ყოველი რეალიზაცია წარმოდგება ჩვეულებრივი იმპლიკანტის სახით და კონცეპტის პატერნის მისაღებად მოვახდენთ ნორმალური დიზიუნქციური ფორმის მინიმიზაციას. ეს იმპლიკანტები შექმნიან კონცეპტების პატერნების სიმრავლეს, რომლებიც საფუძვლად დაედება ცოდნის ბაზის შემუშავებას.

მიღებული შედეგების ანალიზი და პროგრამული რეალიზაცია

აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ ის, რომ რეალურად კონცეპტის აღწერაში ბევრად უფრო დიდი რაოდენობის სიტყვები იღებენ მონაწილეობას, მაგრამ ჩვენ შეგვიძლია შევარჩიოთ ყველაზე მაღალწონიანი სიტყვები (Explicit Semantic Analysis (ESA) მეთოდით მიღებულ ვექტორზე დაყრდნობით). სიტყვების რაოდენობის განსაზღვრა შეიძლება დამოკიდებული იყოს ტექსტში სიტყვების საერთო რაოდენობის და განსხვავებული სიტყვების რაოდენობის თანაფარდობაზე. ასეთი მიდგომა გააძლიერებს საბოლოოდ მიღებული კონცეპტის აღწერის სემანტიკურ მნიშვნელობას. ამავდროულად გასათვალისწინებელია ის ფაქტორი რომ, რაც უფრო მეტი სიტყვა მიიღებს მონაწილეობას აღწერაში, მით უფრო სემანტიკურად ადექვატური იქნება შედეგი, თუმცადა სიტყვების დიდმა რაოდენობამ შესაძლოა გაართულოს კონცეპტის გამოყენება ინფორმაციის ძებნისათვის.

საწყის ეტაპზე ტესტურ რეჟიმში პროგრამული რეალიზაცია აუცილებელი იქნება შედეგების ანალიზისათვის, რომ ოპტიმალური სიტყვების მარჯის დადგენა გაადვილდეს.

ტესტირება უნდა მოიცავდეს ორ საფეხურს: 1. ცნებების ფორმირება; 2. ძებნა ფორმირებული ცნების შესაბამისად. რადგან კონცეპტი წარმოადგენს იმპლიკანტს (დიზიუნქცია, კონიუნქცია), მას მიესადაგება ბულის ძებნის ალგორითმი. სწორედ ამ ალგორითმით მოხდება მეთოდის შემოწმება.

დასკვნა

თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ ქართულენოვანი საძიებო სისტემები ფაქტიურად არ არსებობს, ხოლო ინერნეტ სივრცეში არსებული სხვადასხვა საძიებო სისტემები უმთავრესად მოთხოვნაზე იძლევიან არასრულყოფილ შედეგს, ჩვენი კვლევის შედეგები მეტად მნიშვნელოვანია. საძიებო ძრავის გამოყენება შესაძლებელი იქნება არა მარტო ინტერნეტ საძიებო სისტემაში, არამედ სხვადასხვა ქართულენოვან Web გვერდებზე, რომლებშიც მნიშვნელოვანი რელევანტური ინფორმაციის მოძებნა ხდება დოკუმენტთა დიდი კოლექციაში.

შემოთავაზებული ალგორითმის გამოყენება ასევე შესაძლებელი იქნება სხვა ტიპის კვლევებისთვისაც. ერთერთ ასეთ მიმართულებაა ტექსტის ლატენტური სემანტიკური ანალიზი. მიღებული მეთოდის გამოყენება შესაძლებელი იქნება ტექსტის ფრაგმენტების სტრუქტურირებისა და ანალიზისათვის. ლატენტური სემანტიკური ანალიზი

მნიშვნელოვანია მარკეტინგული კვლევებისათვისაც; ასევე მნიშვნელოვანია სხვადასხვა ექსპერტული სისტემების და გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემების ცოდნის ბაზის შემუშავების პოცესში.

საქართველოში კვლევები სემანტიკური ძებნის მიმართულებით არ ხორციელდება. ასევე მწირია ქართულენოვანი სემანტიკური Web-ების მოცულობა. ეს ორი ფაქტორი ართულებს ქართული ენის სრულფასოვან ინტეგრირებას მსოფლიო საინფორმაციო სივრცეში. ასეთი შინაარსის კვლევები მნიშვნელოვანია არა მარტო ინფორმაციული ტექნოლოგიების ფუნდამენტურ კვლევებში, საქართველოს მოკრძალებული წვლილის შეტანის თვალსაზრისით, არამედ ქართული ენის მნიშვნელობის გაზრდით ამ სივრცეში.

ქართულენოვანი სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ ალგორითმის შექმნის პროექტი

მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, გ. ბესიაშვილი, მ. ცინცაძე

რეზიუმე

აღწერილია პროექტი რომლის მიზანია შეიქმნას ალგორითმი, რომელიც საფუძვლად დაედება სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ შექმნას, ზოგადად სემანტიკური ძებნის სისტემებისათვის და მოხდება მისი საცდელი რეალიზება ქართულენოვანი საძიებო სისტემის შექმნისათვის. პროექტის მიხედვით შემუშავდება არსატრუქტურირებული დოკუმენტების დაჭდევის ახალი მეთოდი. ამისათვის ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის გამოყენებით შეიქმნება ცნების (კონცეპტების) „პატერნების“ ცოდნის ბაზა. შეიქმნება ცნების „პატერნების“ დარგობრივ ონტოლოგიებზე დაფუძნებული სემანტიკური ძებნის „ძრავის“ ალგორითმი. ცნების „პატერნების“ დარგობრივი ონტოლოგიების ცოდნის ბაზა, მანქანური სწავლების და თვითდასწავლის პროცესი საშუალებას მოგვცემს გამოვიყენოთ ეს ძრავი ინტერნეტ სტრუქტურირებული და არასტრუქტურირებული დოკუმენტებისათვის და ნებისმიერი ტიპის ელექტრონული საცავის დოკუმენტებისათვის.

PROJECT - GEORGIAN LANGUAGE SEMANTIC SEARCH ENGINE ALGORITHM DEVELOPMENT

M.KHACIDZE, M.ARCHUADZE, G.BESIASHVILI, M.TSINTSADZE

Summary

The aim of the project is to develop the algorithm that might be used as a basis for semantic search engine for semantic search systems specially focused on Georgian language searching issues and the testing release will be performed. To achieve our goals the following work will be performed: the new method for non-structured document labeling based on analytical heuristics method will be presented. This method is using the concept "pattern" for appropriate knowledge base formation. Semantic engine development algorithm based on the concept patterns objective ontology will be provided. The concept patterns objective ontology base along with machine learning, will allow us to use the mentioned retrieval engine for structured, non-structured or semi-structured document electronic warehouses.

ПРОЕКТ РАЗРАБОТКИ ГРУЗИНОЯЗЫЧНОГО ПОИСКОВОГО “ДВИГАТЕЛЯ”

М.ХАЧИДЗЕ, М.АРЧУАДЗЕ, Г.БЕСИАШВИЛИ, М.ЦИНЦАДЗЕ

Резюме

Описан проект, цель которого является создания алгоритма, на основе которого будет создан поисковой двигатель для семантического поиска и его реализация для грузиноязычной поисковой

системы. По проекту будет разработан метод маркировки неструктурированных документов. Для этого с использованием метода аналитических эвристик будет создана база знаний патернов концепта. Будет создан алгоритм семантического поискового “двигателя” на основе отраслевой онтологии. База знаний отраслевых онтологии патернов понятия, машинное обучение и процесс самообучения позволит использовать этот двигатель для интернет структурированных и неструктурированных документов и для любых электронных хранилищ документов.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Jemimah Simon, K.Raja, Dr. G.Tholkappia Arasu. Relevant Pages in semantic Web Search Engines using Ontology -. International Journal of Electronics and Computer Science Engineering 578. Available Online at www.ijecse.org ISSN: 2277-1956
2. G.Madhu and Dr.A.Govardhan Dr.T.V.Rajinikanth. Intelligent Semantic Web Search Engines: A Brief Survey- - International journal of Web & Semantic Technology (IJWesT) Vol.2, No.1, January 2011
3. Semantic Web Search Based On Ontological Conjunctive Queries- Journal of Web Semantics: Preprint Server Vol 9, No 4 (2011)
4. Khadija Elbedweihy¹, Stuart N. Wrigley¹, Fabio Ciravegna, Dorothee Reinhard², and Abraham Bernstein. Evaluating Semantic Search Systems to Identify Future Directions of Research- Proceedings of the Second International Workshop on Evaluation of Semantic Technologies (IWEST 2012) May 28th, Heraklion, Greece CEUR Workshop Proceedings Vol. 843.
5. S. Latha Shanmuga Vadivu, M. Rajaram, and S. N. Sivanandam. A Survey On Semantic Web Mining Based Web Search Engines - ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. VOL. 6, NO. 10, OCTOBER 2011
6. M. Archuadze, G.Besiashvili, M.khachidze, P.Kervalishvili. Quantum concepts in Information Retrieval- -2012 6 th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT 2012) 17-19 october Tbilisi, Georgia pp: 417-421
7. M. Khachidze, M. Archuadze , Gela Besiashvili.The Method of Concept Formation for Semantic Search- 7th International Conference on APPLICATION of INFORMATION and COMMUNICATION TECHNOLOGIES, 23-25 October 2013, Baku, Azerbaijan
8. M.khachidze, M. Archuadze, G.Besiashvili, , P.Kervalishvili. Quantum concepts in Information Retrieval- - 2012 6 th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT 2012) 17-19 october Tbilisi, Georgia. conference proceedings pp: 417-421.
9. Cognitive ComputingWang, Y. (2009b),, International Journal of Software Science and Computational Intelligence, 1(3), 1-15.
10. YingxuWang_ Du Zhang, Shusaku Tsumoto. Cognitive Informatics, Cognitive Computing, and Their Denotational Mathematical Foundations (I)-. Fundamenta Informaticae, Volume 90 Issue 3, August 2009.

**ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის
ნანოსენსორული სისტემების შემუშავებისათვის**

მ. ხაჩიძე, ღ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე

manana.khachidze@tsu.ge, khachodg@yahoo.com, nia_khachidze@yahoo.com

სენსორები თანამედროვე ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი გახდა. ისინი გამოიყენებიან არამარტო სამრეწველო ტექნიკური, არამედ საყოფაცხოვრებო დანიშნულებითაც. განსაკუთრებით გაიზარდა სენსორების გამოყენების არეალი ნანოსტრუქტურული სენსორების გამოჩენის შემდეგ. ნანოტექნოლოგიის შემცველი სენსორები ახალ შესაძლებლობებს წარმოაჩენენ ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ზონდირების პროცესში, ისეთი ფართო სპექტრის მქონე მოწყობილობისათვის, რომლებიც გამოიყენება ჯანმრთელობის, უსაფრთხოების და გარემოს დაბინძურების შეფასებისა სფეროში. ყველა განვითარებული ქვეყნის მიერ აღიარებულია ნანოტექნოლოგიების გამოყენების დიდი პოტენციალი ისეთი არაძვირი პორტატული მოწყობილობების შექმნაში, რომლებიც შესძლებენ ბიოლოგიური და ქიმიური ნივთიერებების სწრაფ აღმოჩენას, იდენტიფიცირებას და რაოდენობრივ განსაზღვრასაც. ნანოსენსორების სიახვე და პორტატულობა საშუალებას იძლევა შეიქმნას სხვადასხვაგვარი ნანოსენსორებისაგან შემდგარი კომპლექსური სისტემა, რომლის მორგებაც შესაძლებელი იქნება კონკრეტული „გარემოსათვის“, ამ „გარემოს“ პოტენციური რისკების გვარობის გათვალისწინებით. რიგ შემთხვევებში „გარემოს“ შეიძლება წარმოადგენდეს ადამიანის ორგანიზმიც.

მეთოდის შემუშავება, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება კონკრეტული (ან/და სხვადასხვა) დაავადების დიაგნოსტიკისათვის შეიძენეს ქიმიური და ბიოლოგიური „კომპონენტების“ გამომგლენი ნანოსენსორები მეტად აქტუალურია.

ჯანმრთელობისათვის საშიში ქიმიური, ბიოლოგიური, რადიოლოგიური და ბირთვული „აგენტები“ შესაძლებელია იყოს ადამიანის საქმიანობის და ყოველდღიური ცხოვრების პროდუქტი. უმეტეს შემთხვევაში დაავადების საწყის ეტაპზე აღმოჩენა (დიაგნოსტიკა) შემდგომი გართულების თავიდან აცილების ერთადერთი საშუალებაა. ამიტომ ნებისმიერი ახალი მიდგომა დაავადების აღმოჩენის და მონიტორინგის მიმართულებით მნიშვნელოვანია. მითუმეტეს თუ ეს მიდგომა ეფუძნება იაფი, ადვილად გამოყენებადი, მოქნილი და დაცული მოწყობილობების შექმნა/გამოყენებას.

სისხლის ბიო-ქიმიური ანალიზი არაერთი დაავადების დიაგნოსტიკის საშუალებას იძლევა [1, 2]. თანამედროვე მედიცინაში სისხლის ბიო-ქიმიური ანალიზისათვის სხვადასხვა განსხვავებული მეთოდი არსებობს, რომელიც მეტწილად ლაბორატორიულ კვლევებთანაა დაკავშირებული. დიაგნოსტიკა ბიოსამედიცინო ნანოსენსორებით [3, 4] ერთერთი უახლესი მიმართულებაა, რომელთა გამოყენების შესაძლებლობა მჭიდროდაა დაკავშირებული ნანოტექნოლოგიური სენსორების სფეროში განსხვავებული მიზნების მქონე კვლევებთან:

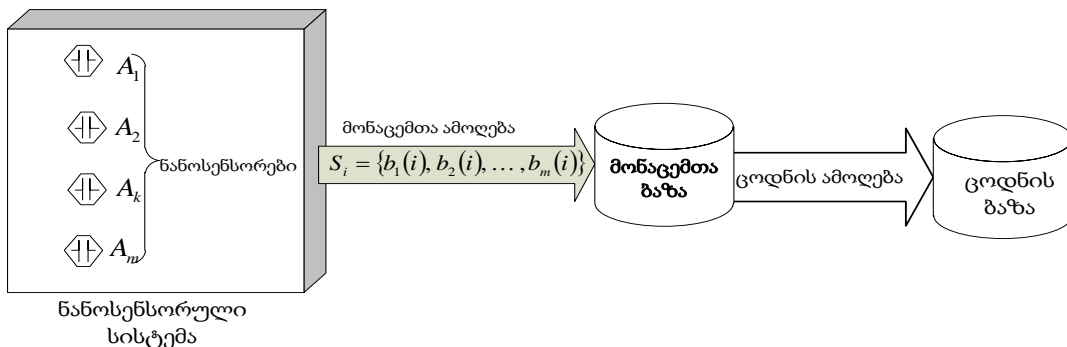
- ნანომასალების და ნანოზომის მოწყობილობების კომპონენტების კვლევა მომდევნო თაობის სენსორების შესაქმნელად, მათ შორის გადაწყობადი, თავისუფლად დაჭდევებადი და ფერმენტული სენსორების(tunable, label-free, and enzymatic sensors);
- კვლევები ინტეგრირებული და პორტატული სენსორული მოწყობილობების შესაქმნელად, რომელიც ასევე მოიცავს საინფორმაციო სისტემების შემუშავებას სენსორებიდან მიღებული დიდი მოცულობის მონაცემთა შეკრების, ანალიზის და გადაცემის უზრუნველსაყოფად;
- ნანომასალათა კვლევები, მათი უნიკალური მაგნიტური, ოპტიკური და ელექტრონული სიგნატურის იდენტიფიცირებისა და ხარისხის დასადგენად;
- ნანომასალათა კვლევები, მათში „სუროგატული“ მაჩვენებლების განსასაზღვრავად;
- ნანომასალების ისეთი „ჭდის“ და მისი დიზაინის მეთოდების კვლევა, რომელიც იძლევა მისი აღმოჩენის და გაზომვის საშუალებას გარემოში მოხვედრისას და სხვ.

უმცირესი ზომის მოწყობილობათა ოპტიმალური კონსტრუქციების შექმნა, რომლებიც ახდენენ ჯანმრთელობის მდგომარეობის დიაგნოსტიკას და მონიტორინგს,

კვლევის ამ მიმართულების ერთერთ შედეგს წარმოადგენს. ასეთი ტიპის მოწყობილობებში აუცილებელია უზრუნველყოფილი იყოს საკონტროლო ნიმუშების შეგროვება (სისხლში არსებული სხვადასხვა ქიმიური და/ან ბიოლოგიური კომპონენტების განსაზღვრა), წინასწარი დამუშავება, აღმოჩენილის ანალიზი და მონაცემთა ანალიზი ინტეგრირებულია. მნიშვნელოვანი საკითხია ასევე მოწყობილობის კომპონენტებს შორის მოძიებული მასალის სიზუსტე (არ არის „დაბინძურებული“ ან „დაკარგული“), რამდენად ზუსტად იზომება ნიმუშები მისი საცავში გადაზავენამდე. თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ მულტიმოდულური, მულტიანალიტური ნანოსენსორები ახდენენ დიდი მოცულობის მონაცემების გენერირებას, მონაცემთა ნაკადის მართვის სტრატეგიის შემუშავება აუცილებელი და უმნიშვნელოვანესი საკითხია. რიგ შემთხვევებში, როდესაც არ არსებობს დიდი მოწყობილობების გამოყენების აუცილებლობა, ეს სტრატეგია დაიყვანება მონაცემთა სწრაფ დამუშავებაზე.

ზოგადად სენსორული სისტემების მართვაში გამოიყენება სხვადასხვა მიდგომები და მეთოდები მეცნიერების სხვადასხვა დარგებიდან. მათ შორის სულ უფრო ხშირად გვხვდება მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება ხელოვნური ინტელექტს. სულ მცირე შვიდი ინსტრუმენტის გამოყოფაა შესაძლებელი, რომლებმაც თავი მყარად დაიმკვიდრეს ამ საკითხში (ცოდნაზე დაფუძნებული სისტემები, არამკაფიო ლოგიკა, ცოდნის ავტომატური შექმნა, ნეირონული ქსელები, გენეტიკური ალგორითმები, შემთხვევაზე დაფუძნებული მტკიცებები და მომცველი). ამ ინსტრუმენტების გამოყენების არეალი სენსორულ სისტემებში გაიზარდა თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების მიღწევების ხელმისაწვდომობის და სიმძლავრის გამო. მაგრამ ჯერჯერობით ნაკლებადაა ცნობილი კვლევები უშუალოდ ნანოსენსორული სისტემების მართვასათვის რაიმე სპეციფიური ინსტრუმენტების შექმნის თვალსაზრისით.

ნანოსენსორული სისტემების შემუშავების პროცესი სქემატურად შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც სამი ძირეული კომპონენტის ურთიერთდაკავშირებული კომპლექსი (ნახ.1):



ნახ.1

კომპლექსის სრულყოფილი ფუნქციონირებისათვის მნიშვნელოვანია, როგორც 1. ნანოსენსორული სისტემაში შემავალი ნანოსენსორების ტიპების და მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდის შემუშავება სისტემის ფუნქციონალრი დანიშნულების შესაბამისად, ასევე 2. ნანოსენსორული სისტემები მიერ გამოშვებული სიგალებიდან მონაცემების ამოკრფის, მათი სიზუსტის და საიმედოობის უზრუნველყოფის მეთოდების შემუშავება და მათ საფუძველზე ცოდნის ბაზის ფორმირება დიაგნოსტიკებისათვის. ორივე პრობლემის გადასაჭრელად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას კონცეპტების ფორმირების ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი [5, 6].

1. ნანოსენსორული სისტემაში შემავალი ნანოსენსორების ტიპების და მახასიათებლების განსაზღვრა

როგორც წესი, სხვადასხვა ტიპის დაავადების დიაგნოსტიკებას სისხლის შემადგენლობაში სხვადასხვა ქიმიური და/ან ბიოლოგიური „აგენტების“ კომპლექსით ანხორციელებენ. აქ იგულისხმება, როგორც „არსებობა“ „არ არსებობის“, ასევე რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრაც. ვთქვათ ცნობილია, რომ რაღაც D დაავადების დიაგნოსტიკებისათვის მნიშვნელოვანია „აგენტების“ $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ არსებობის

განსაზღვრა. ამასთან ყოველი $A_j, j=1, \dots, m$, „აგენტის“ აღმოსაჩენად გვაქვს სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე $S_j = \{s_1(j), s_2(j), \dots, s_{m_j}(j)\}$, ნანოსენსორები ამასთან ყოველი $s_i(j) \in S, j=1, 2, \dots, m$, სადაც S არის ჩვენს ხელთ არსებული ყველა ნანოსენსორების სიმრავლე. ჩვენთვის სასურველი სენსორების ნაკრებების „კონცეპტის“ შესაქმნელად გადავიდეთ ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის ტერმინებში [5, 6]. D დაავადება წარმოადგენს C ობიექტების კლასის ანალოგს, „აგენტების“ $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ სიმრავლე იგივეა, რაც ნიშან-თვისებათა სიმრავლე, ხოლო ნანოსენსორების $S_j = \{s_1(j), s_2(j), \dots, s_{m_j}(j)\}$, სიმრავლე უთანადდება მახასიათებელთა დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლეს. ნანოსენსორების მახასიათებლების გათვალისწინებით შესაძლებელია შეირჩეს რამდენიმე განსხვავებული ნაკრები. სიმრავლეთა ყოველი ნაკრები შევუსაბამოთ „ტრაექტორიას“ ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდში. ამდენად ჩვენი ამოცანა სავსებით შეესაბამება ამოცანას, რომელზეც შესაძლებელია ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის მორგება და ჩვენთვის მისაღები „ნანოსენსორული სისტემის კონცეპტის“ გამოთვლა. ამ სისტემაში შევლენ ყველა ის ნანოსენსორები, რომელიც ყველაზე მისადაგებელი იქნება კონკრეტული დაავადების დიაგნოსტიკებისათვის.

2. ნანოსენსორული სისტემები მიერ გამოქმუნებული სიგალებიდან მონაცემების დამუშავება - ცოდნის ბაზის ფორმირება დიაგნოსტიკებისათვის.

ვთქვათ ცნობილია, რომ რაღაც D დაავადების დიაგნოსტიკებისათვის მნიშვნელოვანია „აგენტების“ $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ არსებობის განსაზღვრა.

მოცემულია D დაავადების კლასი, რომელიც შედგება არაიგივური სასრული რაოდენობა „შემთხვევებისაგან“ $\{D_1, D_2, \dots, D_n\}$. ყოველი „შემთხვევა“ $D_i, i=1, \dots, n$ აღიწერება მახასიათებელთა სასრული რაოდენობით $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ და შეფასებით რომელ კლასს განეკუთვნება ეს ობიექტი $D^+ \subset D$ ან $D^- \subset D$. ყოველ მახასიათებელს $A_j, j=1, \dots, m$ შეუძლია მიიღოს მნიშვნელობა $b_{jk} \subset B, k=1, 2, \dots, n_j$.

A_1, A_2, \dots, A_m მნიშვნელობათა დალაგებულ სიმრავლეს, D_i „შემთხვევის“ აღწერის შემთხვევაში ვუწოდოთ „ტრაექტორია“. „შემთხვევა“ შეიძლება ჩაეწეროს „ტრაექტორიის“ სახით

$$D_i = \{b_1(i), b_2(i), \dots, b_m(i)\}, b_j(i) \in B, j = 1, 2, \dots, m$$

„შემთხვევაზე“ დაკვირვების შედეგად ექიმმა ექსპერტმა უნდა ჩამოაყალიბოს ცნება, რომელიც შეესაბამება D^+ და D^- ქვეკლასებს. ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი საშუალებას იძლევა შეფასებული ობიექტების საფუძველზე ავადოთ პატერნი, რომელიც შეესაბამება D^+ ან/და D^- ქვეკლასებში შემავალი „შემთხვევების“ აღწერას. ამ აღნიშვნებში და ტერმინებში წარმოდგენილი დიაგნოსტიკის ამოცანა სრულად შეესაბამება ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდს და მისი საშუალებით შესაძლებელია შეიქმნას დაავადების განზოგადოებული აღწერა „კონცეპტი“.

ამრიგად, ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი, როგორც ხელოვნური ინტელექტის ერთერთი მეთოდი, შეიძლება სრულად გამოვიყენოთ სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის ნანოსენსორული სისტემების შემუშავებისათვის. კერძოდ: მეთოდის დახმარებით შესაძლებელია სენსორული სისტემის დამპროექტებელმა, ამ სისტემის საბოლოო დანიშნულების შესაბამისად, ოპტიმალურად შეარჩიოს ის ნანოსენსორები, რომლებიც მოახდენენ სისხლის ბიოქიმიურ ანალიზს კონკრეტული დაავადებებისათვის. ასევე ამ მეთოდით შესაძლებელია შეიქმნას ცოდნის ბაზა ექიმის გადაწყვეტილების მხარდაჭერი სისტემისათვის, რომელიც საშუალებას მისცემს ექიმს ნანოსენსორული სისტემიდან მიღებული მონაცემების ავტომატური ანალიზის საფუძველზე დასვას სწორი დიაგნოზი.

**ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის
ნანოსენსორული სისტემების შემუშავებისათვის**

მ. ხაჩიძე, დ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე

რეზიუმე

განხილულია ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის გამოყენება სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის ნანოსენსორული სისტემების შემუშავებისათვის. აღწერილია ნანოსენსორების შერჩევის პროცედურა სისხლის ბიოქიმიური ანალიზის სენსორული სისტემისათვის (კონკრეტული დაავადებისათვის). ასევე განხილულია ცოდნის ბაზის შემავსებელი “დაავადების კონცეპტების” წარმოდგენა ექიმის გადაწყვეტილების მხარდაჭერი სისტემისათვის, რომელიც საშუალებას მისცემს ექიმს ნანოსენსორული სისტემიდან მიღებული მონაცემების ავტომატური ანალიზის საფუძველზე დასვას სწორი დიაგნოზი.

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR DEVELOPING NANOSENSORIAL
SYSTEMS OF BIOCHEMICAL ANALYSIS OF BLOOD**

M. KHACIDZE, D. KHACIDZE, N. KHACIDZE

Summary

The application of the analytical heuristics method for developing nanosensorial systems of biochemical analysis of blood is discussed in the paper. There is described the procedure of selecting nanosensors for sensorial system of blood biochemical analysis (for specific disease). Also, there is considered the performance of knowledge base filler “disease concepts” for system which supports physician’s decision. This system will give the physicians an opportunity to diagnose correctly on the basis of the automatic data analysis received from nanosensorial system.

**МЕТОДИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НАНОСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ
БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ**

М. ХАЧИДЗЕ, Д. ХАЧИДЗЕ, Н. ХАЧИДЗЕ

Резюме

Рассмотрен метод аналитических эвристик для разработки наносенсорных систем биохимического анализа крови. Описывается процедура подбора наносенсоров для сенсорной системы биохимического анализа крови (по конкретным заболеваниям). Также рассматривается представление “концептов заболеваний” для заполнения баз знаний в системе поддержки решения врача), которая даст возможность врачу поставить правильный диагноз на основе автоматического анализа данных полученных из наносенсорной системы.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Dr. Graham Basten. **Introduction to Clinical Biochemistry Interpreting Blood Results**. ISBN: 978-87-7681-673-5. 2 edition. 2010. P.54
2. Dailey, Jessica (2011-03-22). **New SIMBAS Blood Analysis Biochip Can Diagnose Diseases In Minutes**. Inhabitat.com.
3. **Sensors and Switches for Potential Medical Applications**. Sensing and Control. <http://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-potential-medical-brochure-000694-3-en.pdf>
4. V. Shnayder, B.Chen, K. Lorincz and all. **Sensor Networks for Medical Care**. <http://www.eecs.harvard.edu/~shnayder/papers/codeblue-techrept05.pdf>
5. Чавчанидзе В.В., Корнеева А.В. **Аналитический фильтрационный метод формирования понятий**. Сообщения АН ГССР, т.65, №3, 1972.
6. Чавчанидзе В.В. **К началам теории принятия концептуальных решений в системе искусственного интеллекта**. Сообщения АН ГССР, т.70, №2, 1973.

DHCPv6 პროტოკოლის ერთი ბაზუზობის შესახებ

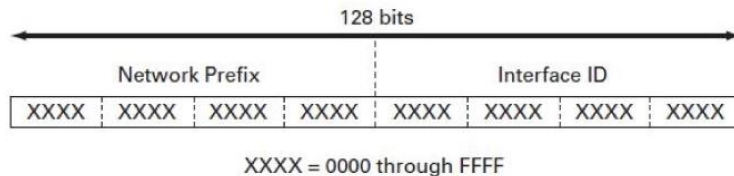
პ. ძარჩავა, ბ. ასანიშვილი

pqarchava@gmail.com

თანამედროვე მსოფლიოში დღითიდღე პოპულარობას იძენს გლობალური ქსელი და ის ადამიანის ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი ხდება. ადამიანები გლობალური ქსელის მეშვეობით კომუტირებენ ერთმანეთთან, გეგმავენ საკუთარ დასვენებას, უყურებენ ფილმებს და ა.შ. თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ბაზარზე არსებული მოწყობილობებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის ნაწილი ჩაანაცვლა ახალმა, ხოლო მეორე ნაწილი განვითარდა და შესაძლებლობებით გაუთანაბრდა ახალ მოწყობილობებსა და პროგრამული უზრუნველყოფებს. თანამედროვე ტექნოლოგიები მომხმარებლებს აძლევს საშუალებას ეფექტურად გამოიყენონ გლობალურ ქსელის გამოყენებით მიღებული უპირატესობები. ქსელში კომუნიკაციისათვის ყოველი მოწყობილობა საჭიროებს საკუთარ უნიკალურ იდენტიფიკატორს. ასეთი იდენტიფიკატორის როლში რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში გამოიყენებოდა IPv4 პროტოკოლი, რომელიც მოწყობილობების იდენტიფიცირებისათვის იყენებს 32 თანრიგა ორობით მნიშვნელობას.

გასული საუკუნის 90-იანი წლების შემდეგ, როცა გამოთვლითი ტექნიკა ხელმისაწვდომი გახდა რიგითი მომხმარებლისათვის გლობალური ქსელის პოპულარობა საგრძობად გაიზარდა. ახალმა მოწყობილობებმა და პროგრამებმა უზრუნველყოფებმა ხელი შეუწვეს გლობალური ქსელის პოპულარობას. ქსელში კომუნიკაციის შესაძლებლობის მქონე მოწყობილობების (პლანშეტები, მობილური მოწყობილობები და ა.შ.) ზრდამ პრაქტიკულად ამოწურა IPv4-ის მისამართების სივრცე და საჭირო გახდა ქსელში დამისამართების ახალი სისტემის შემოღება, რომელსაც წარმოადგენს IPv6 პროტოკოლი.

IPv6 პროტოკოლი ქსელურ მოწყობილობათა დამისამართებისათვის იყენებს 128 ბიტის ორობით მნიშვნელობას. IPv6 მისამართი შედგება 2 ტოლი (64-64 ბიტი) ნაწილისაგან: **ქსელი (Network Prefix)** და **მომხმარებელი (Interface ID)**. ერთი ქსელის ფარგლებში ქსელის მისამართი უნდა იყოს ფიქსირებული, ხოლო მომხმარებლის ნაწილი კი უნიკალური. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია IPv6 მისამართის ფორმატი, სადაც x აღნიშნავს 16-ით მნიშვნელობას.



ნახ. IPv6 მისამართის ფორმატი

IPv6 პროტოკოლით განსაზღვრულია მოწყობილობათა დამისამართების ორი მეთოდი:

- **სტატიკური** (ჩვეულებრივი, EUI-64¹);
- **დინამიური** (DHCP², SLAAC³).

დამისამართების სტატიკური მეთოდი გულისხმობს მოწყობილობებისათვის IPv6 მისამართის დანიშვნას ქსელის ადმინისტრატორის მიერ. ამ მეთოდით მოითხოვება ქსელში კომუნიკაციის შესაძლებლობის მქონე ყოველ მოწყობილობაზე მოწყობილობის იდენტიფიცირებისა და კომუნიკაციისათვის აუცილებელი ყველა პარამეტრის სათითაოდ დანიშვნა. დიდი ზომის ქსელის შემთხვევაში ეს საქმიანობა შრომატევადია და თანდართულია შეცდომებით (შესაძლებელია მოხდეს IPv6 მისამართის განმეორება).

დამისამართების დინამიური მეთოდი გულისხმობს მოწყობილობებისათვის IPv6 მისამართის ავტომატურ დანიშვნას. ამ მეთოდით ქსელში კომუნიკაციის შესაძლებლობის მქონე

¹ EUI - Extended Unique Identifier

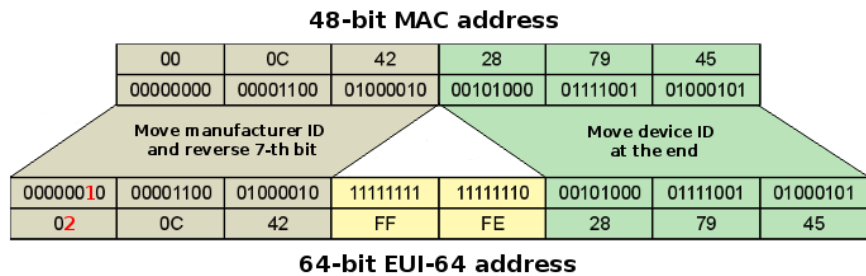
² DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

³ SLAAC - StateLess Address Auto Configuration

ყოველ მოწყობილობა მოწყობილობის იდენტიფიცირებისა და კომუნიკაციისათვის აუცილებელი ყველა პარამეტრს ღებულობს ავტომატურად. ისინი შემუშავებული იყო დიდი ზომის ქსელში ქსელის ადმინისტრატორის საჭიროების შემსუბუქების მიზნით.

ჩვენი შემდგომი საუბარი შეეხება დამისამართების EUI-64 და DHCP მეთოდებს, ამიტომ მოკლედ მიმოვიხილოთ თითოეული მათგანი.

EUI-64 არის IEEE⁴-მიერ განსაზღვრული 64 ბიტისანი განზოგადებული უნიკალური იდენტიფიკატორი. EUI-64 მეთოდი ქსელში მოწყობილობისათვის უნიკალური იდენტიფიკატორის მისანიჭებლად იყენებს მოწყობილობის ფიზიკურ მისამართს (MAC). ფიზიკურ მისამართის გამოყენებით მოწყობილობისათვის უნიკალური იდენტიფიკატორის მისაღებად გამოიყენება შემდეგი წესი: როგორც ვიცით მოწყობილობის ფიზიკური მისამართი შედგება 48 ბიტისაგან, რაც ნაკლებია IPv6 მისამართის მომხმარებლის ნაწილში ბიტების რაოდენობაზე (48<64). იმისათვის, რომ მოხდეს ბიტების რაოდენობის 64-მდე შევსება მოწყობილობის ფიზიკური მისამართი იყოფა ორ ტოლ ნაწილად 24-24 ბიტად და მათ შორის თავსდება ორობით მნიშვნელობა 1111111111110. მიღებული ორობითი ჩანაწერის მეშვიდე ბიტი თუ არის 0-ის ტოლი იცვლება 1-ით ან პირიქით. ამ წესით მიღებული IPv6 მისამართი ენიშნება შესაბამის მოწყობილობას იდენტიფიკატორის როლში. რადგანაც მოწყობილობის ფიზიკური მისამართი უნიკალურია, ასევე უნიკალური იქნება აღნიშნული წესით მიღებული IPv6 მისამართი. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია მოწყობილობის ფიზიკური მისამართისაგან IPv6 მისამართის მომხმარებლის ნაწილის მიღების პროცესი 000C.4228.7945 MAC მისამართისათვის.



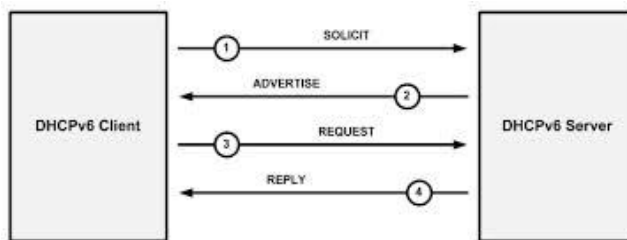
ნახ. 2. 000C.4228.7945 MAC მისამართის 64 ბიტად გარდაქმნის პროცესი

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) არის პროტოკოლი, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელში გაწვერიანებული კომპიუტერისათვის კომუნიკაციისათვის IPv6 მისამართისა და სხვა აუცილებელი პარამეტრების დინამიურ დანიშვნას (IPv6, DNS, Prefix და ა.შ.). ის შემუშავებულია დიდი ზომის ქსელში მოწყობილობის იდენტიფიცირებისათვის საჭირო IPv6 მისამართისა და კომუნიკაციისათვის სხვა აუცილებელი პარამეტრების დინამიური დანიშვნისათვის.

DHCP პროტოკოლის მუშაობის პრინციპი, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე, მდგომარეობს შემდეგში: ქსელში გაწვერიანებული მოწყობილობა (DHCP CLIENT), რომელიც საჭიროებს კომუნიკაციას, მაგრამ ჯერ არ აქვს მიღებული უნიკალური იდენტიფიკატორი და კომუნიკაციისათვის საჭირო სხვა აუცილებელი პარამეტრები, ქსელში აგზავნის შეტყობინებას (DHCP SOLICIT), რომლითაც ცდილობს აღმოაჩინოს მისსავე ქსელში ან მოშორებულ ქსელში განთავსებული მოწყობილობა, რომელიც ასრულებს DHCP SERVER-ის ფუნქციას. DHCP SERVER-ი შემოსულ მოთხოვნას პასუხობს DHCP ADVERTISE შეტყობინებით, რომლითაც DHCP CLIENT-ს უგზავნის ქსელში კომუნიკაციის შესაძლებლობისათვის აუცილებელ პარამეტრებს (IP მისამართი, prefix-ი, DNS SERVER-ის მისამართი და ა.შ.).

შევნიშნოთ, რომ თუ ქსელში რამდენიმე სერვერია გამოყენებული, მაშინ თითოეული სერვერი ღებულობს DHCP SOLICIT მოთხოვნას და ამ მოთხოვნას პასუხობს საკუთარი DHCP ADVERTISE შეტყობინებით.

⁴ Institute of Electrical and Electronics Engineers



ნახ. 3. DHCP პროტოკოლის მუშაობის პრინციპი

ამის შემდეგ, DHCP CLIENT-ი DHCP REQUEST შეტყობინებით პასუხობს მხოლოდ იმ DHCP SERVER-ს, რომლისგანაც პირველი მიიღო შესაბამისი შეტყობინება, და ამ პასუხით გამოხატავს სურვილს DHCP SERVER-ის მიერ გამოყოფილი IPv6 მისამართისა და კომუნიკაციისათვის საჭირო სხვა აუცილებელი პარამეტრების დასაკუთრების თაობაზე. სანამ DHCP CLIENT საბოლოოდ დაისაკუთრებდეს IPv6 მისამართს ის ამოწმებს ხომ არაა მისთვის გამოყოფილი IPv6 მისამართი სხვა ქსელური მოწყობილობის მიერ დასაკუთრებული და ამ მიზნით ქსელში აგზავნის ping უტილიტით დაგენერირებულ სიგნალს. სიგნალზე გამოხმაურების შემთხვევაში ქსელური მოწყობილობა ცდილობს თავიდან გააკეთოს IPv6 მისამართზე მოთხოვნა. წინააღმდეგ შემთხვევაში ის ისაკუთრებს IPv6 მისამართს და იწვევს ქსელში კომუნიკაციას. DHCP SERVER-ი, რომლისგანაც მოყობილობამ აიღო შესაბამისი პარამეტრები, DHCP CLIENT უგზავნის DHCP REPLY შეტყობინებას, რითაც უდასტურებს მისთვის აუცილებელი პარამეტრების გამოყოფას, საკუთარ ბაზაში ინიშნავს მოწყობილობის მიერ დასაკუთრებულ IPv6 მისამართს და იწვევს IPv6 მისამართის გაცემის დროის ათვლას. სხვა DHCP SERVER-ები, რომლებსაც არ მიუღიათ DHCP REQUEST შეტყობინება არანაირ მოქმედებას არ ანხორციელებენ და ელოდებიან ახალ შეტყობინებას IP მისამართისა და კომუნიკაციისათვის სხვა აუცილებელი პარამეტრების გამოყოფაზე.

როგორც ვხედავთ DHCP პროტოკოლი ქსელში კომუნიკაციისათვის აუცილებელი პარამეტრების დინამიურად გასაცემად იყენებს 4 პაკეტს. თითოეულ პაკეტს გააჩნია გარკვეული მოცულობა და დანიშნულების ადგილას მისასვლელად საჭიროებს გარკვეულ დროს. მცირე ზომის ქსელის შემთხვევაში ეს ვერ იქონიებს ზეგავლენას ქსელის მუშაობაზე, მაგრამ დიდი ზომის ქსელის შემთხვევაში ამან შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ზეგავლენა იქონიოს ქსელის გამტარუნარიანობაზე.

DHCP CLIENT-ის მიერ DHCP SOLICIT შეტყობინების შექმნისას მასში იწერება მისი MAC მისამართი. ეს MAC მისამართი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას DHCP სერვერის მიერ DHCP CLIENT-ისათვის EUI-64 მეთოდის გამოყენებით IPv6 მისამართის დაგენერირების მიზნით. რადგანაც მოწყობილობის MAC მისამართი უნიკალურია და შეუძლებელია ის განმეორდეს, ამიტომ ასევე შეუძლებელი იქნება ნებისმიერი ორი მოწყობილობისათვის ერთიდაიგივე IPv6 მისამართის.

სანამ უშუალოდ ჩვენს მიერ შემოთვალისწინებული იდეის გახილვაზე გადავიდოდეთ განვიხილოთ IPv6 ქსელში ფართოდ გამოყენებული NDP⁵ პროტოკოლი. ის წააგავს ARP⁶ პროტოკოლს IPv4 ქსელში გამოყენებულ. ARP პროტოკოლისაგან განსხვავებით NDP პროტოკოლი ქსელში შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა მიზნით, სახელდობრ:

- როუტერის აღმოჩენა;
- პრეფიქსის აღმოჩენა;
- საჭირო პარამეტრების აღმოჩენა;
- მისამართების გადაწყვეტა;
- დუბლირებული მისამართების აღმოჩენა; და ა.შ.

⁵ NDP - Neighbor Discovery Protocol

⁶ ARP - Address Resolution Protocol

მეორეს მხრივ, NDP პროტოკოლის გამოყენებით, მეზობელი მოწყობილობის აღმოჩენის პროცესი გულისხმობს ქსელში ორი შეტყობინების გადაცემას: NDP NS (Neighbor Solicitation) და NDP NA (Neighbor Advertisement). NDP NS ქსელში იგზავნება multicast მისამართზე. ის იგზავნება მხოლოდ იმ მოწყობილობებზე რომლის IP მისამართის ბოლო 6 თექვსმეტობით მნიშვნელობა ემთხვევა სასურველი IPv6 მისამართის შესაბამის მნიშვნელობას. ასეთი IP მისამართების რაოდენობა ქსელში შეიძლება იყოს 2²⁴. სასურველი IPv6 მისამართის მქონე მოწყობილობა, NDP NS შეტყობინების მაინიცირებელ მოწყობილობას, პასუხობს NDP NA შეტყობინებით, unicast მისამართზე.

DHCP პროტოკოლის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ განახლება მდგომარეობს შემდეგში:

1. DHCP პროტოკოლით ქსელური მოწყობილობებისათვის IPv6 მისამართის გამოყოფა მოხდეს EUI-64 მეთოდის გამოყენებით;
2. ორი ან მეტი DHCP SERVER-ის შემთხვევაში შემუშავებულიქნას ერთიანი (სინქრონიზირებული) ბაზა, რომელშიც ყოველი DHCP SERVER-ი გააკეთებს ჩანაწერს მოწყობილობისათვის გაცემულ IPv6 მისამართზე.

ბუნებრივია ისმის კითხვა: რა უპირატესობა შეიძლება მოყვეს შეთავაზებულ მოდელს?

ამ მოდელით მიღებული უპირატესობა მდგომარეობს შემდეგში:

1. **IP მისამართის გამოყოფა.** რადგანაც ქსელური მოწყობილობის მიერ გაგზავნილ პაკეტში ეთითება გამგზავნის MAC მისამართი, ამიტომ თავიდანვე შესაძლებელი იქნება DHCP SERVER-მა, EUI-64 მეთოდის გამოყენებით, მიღებული MAC მისამართისათვის დააგენერიროს შესაბამისი IP მისამართი, გაუგზავნოს ის DHCP CLIENT-ს და გააკეთოს გაცემულ IP მისამართზე ჩანაწერი ერთიან ბაზაში;
2. **IP მისამართის უნიკალობა.** რადგანაც DHCP SERVER-ის მიერ გაცემული IPv6 მისამართები თავს მოიყრის ერთიან ბაზაში, ამიტომ ბაზიდან ადვილი იქნება შემოწმდეს ხომ არ მეორდება IP მისამართები;
3. **მეზობელი მოწყობილობების აღმოჩენა.** რადგანაც მოწყობილობას IP მისამართის მიღების შემდეგ არ მოუწევს DHCP SERVER-ის თავიდან აღმოჩენა, ამიტომ მეზობელი მოწყობილობის აღმოჩენისათვის საკმარისი იქნება ორი unicast შეტყობინების გაგზავნა. სახელდობრ, ერთი DHCP SERVER-ზე შესაბამისი მოთხოვნისათვის, ხოლო მეორე მისგან პასუხის მისაღებად.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე ერთის მხრივ, ქსელური მოწყობილობის მიერ IPv6 მისამართის მიღებას დასჭირდება 4 შეტყობინების ნაცვლად 2 შეტყობინება და, ამასთან, აუცილებელი არ იქნება IPv6 მისამართის აუთენტურობის შემოწმება. მეორეს მხრივ, მეზობელი მოწყობილობის აღმოჩენას კვლავ დასჭირდება ორი შეტყობინება, მაგრამ ამ შემთხვევაში ორივე იქნება unicast შეტყობინება.

DHCPv6 პროტოკოლის ერთი გაუმჯობესების შესახებ

პ. ქარჩაპა, ბ. ასანიშვილი

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია IPv6 ქსელში დამისამართების არსებული მეთოდები. მოცემულია იდეა DHCPv6 პროტოკოლის ერთი გაუმჯობესების შესახებ. გაუმჯობესებულ მოდელში განახევრებულია მოწყობილობის მიერ დინამიურად IPv6 მისამართისა და სხვა აუცილებელი პარამეტრების მისაღებად საჭირო პაკეტების რაოდენობა. გარდა ამისა, აუცილებლობას არ წარმოადგენს იმის შემოწმება გამოყოფილი IPv6 მისამართი აქვს თუ არა დაკავებული რაიმე სხვა მოწყობილობას. ასევე, მეზობელი მოწყობილობის აღმოჩენა მარტივდება ერთიან ბაზაზე მიმართვით.

ON THE IMPROVEMENTS OF DHCPV6 PROTOCOL

P. QARCHAVA, G. ASANISHVILI

Summary

The existing addressing methods in the IPv6 network are discussed in this work. There is presented an idea about one improvements of the DHCPv6 protocol. In the improved model quantity of packages which are necessary for the device dynamically to receive the address IPv6 and other necessary parameters of a configuration, are decreased to a half. In addition, there is no need to check whether this address IPv6 is occupied by some other device. It also becomes simpler to detect the next (neighbor) devices.

ОБ ОДНОМ УЛУЧШЕНИЯХ ПРОТОКОЛА DHCPV6

П. КАРЧАВА, Г. АСАНИШВИЛИ

Резюме

В данной работе обсуждены существовавшие методы адресации в сети IPv6. Здесь представлен идея об одном улучшений протокола DHCPv6. В улучшенной модели количество пакетов, которые необходимы для устройства, чтобы динамически получить адрес IPv6 и другие необходимые параметры конфигурации, уменьшились до половины. Помимо этого, никакой необходимости проверять занимает ли какое то устройство выделенный для данного устройства IPv6 адрес. Также упрощается обнаружение соседних устройств.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

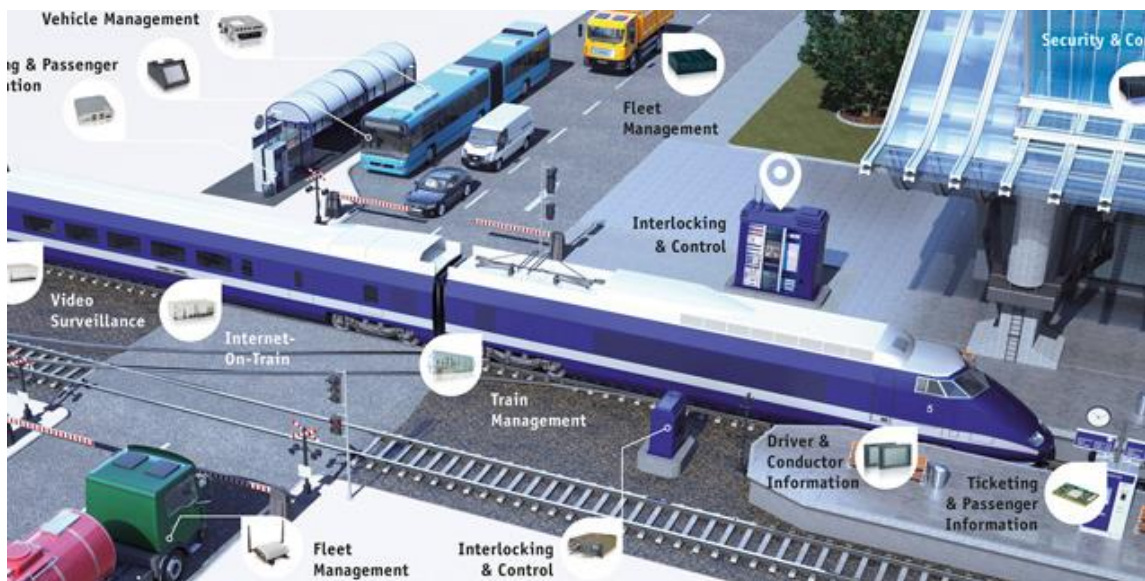
1. David C. Plummer, An Ethernet Address Resolution Protocol, RFC 826, 1982 (tools.ietf.org/html/rfc826);
2. R. Hinden, S. Deering, IP Version 6 Addressing Architecture, RFC 2373, 1998 (www.ietf.org/rfc/rfc2373.txt);
3. Droms R., Volz B., Lemon T., Perkins C., Carney M., Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6), RFC 3315, 2003 (<https://www.ietf.org/rfc/rfc3513.txt>);
4. Narten T., Nordmark E., Simpson W., Soliman H., Neighbor Discovery for IPv6, RFC 4861, 2007 (tools.ietf.org/html/rfc4861).

**რეალური დროის სისტემაში ამოცანების (Tasks)
პრიორიტეტების განსაზღვრა**

ლ. პეტრიაშვილი, თ. შვანია, მ. კიკნაძე

liapetri5@gmail.com, talizhvania@gmail.com, m.kiknadze@gtu.ge

რეალური დროის სისტემები ფართოდ გამოიყენება საინფორმაციო ტექნიკაში ისევე, როგორც ბევრ სასიცოცხლო მნიშვნელობის ობიექტებში. აღნიშნული სისტემის საშუალებით კონტროლდება ტექნიკურ პროცესებში არსებული წესების დაცვა, ასევე უსაფრთხოების სისტემებში მიმდინარე პროცესები [1]. რეალური დროის სისტემის წარმატებული ფუნქციონირებით შესაძლებელია ადამიანის და მატერიალურ საშუალებების უსაფრთხოებას მნიშვნელოვანი ზიანი მიადგეს, ამიტომ უსაფრთხოების საკითხი მოითხოვს საკმაოდ დიდ სიფრთხილეს და ზუსტი მეთოდების გამოყენებას [2]. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია რეალური დროის სისტემის ზოგადი სქემა.



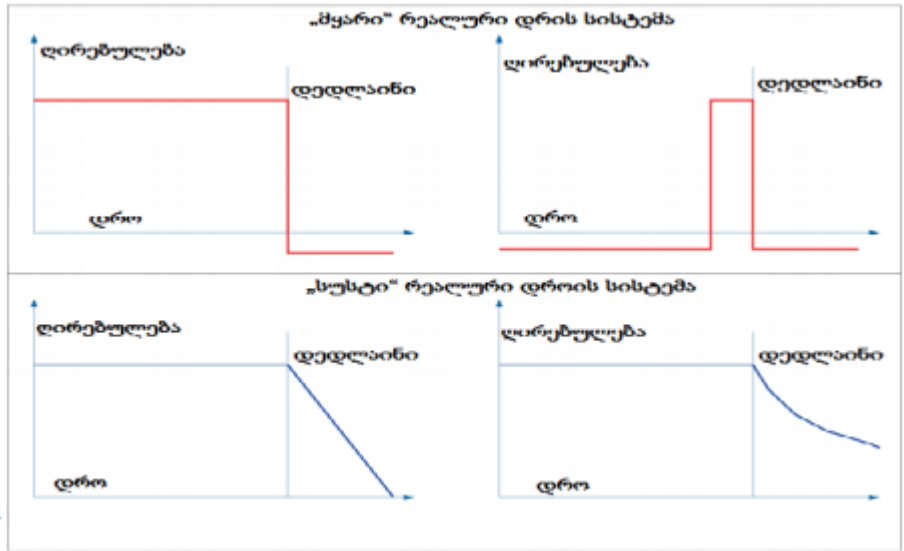
ნახ. 1

პროგრამული უზრუნველყოფა გამოიყენება სხვადასხვა პლატფორმებისთვის, რომელთაც სპეციალური გამოყენების განაწილებული სისტემები აქვთ. პლატფორმას წარმოადგენს აპარატურული ინტერფეისი, რომელსაც აქვს შესაბამისი სენსორი და მოქმედებაში მოქმედი ობიექტი (Aktoren), მათი დამოკიდებულება გარემოს მიმართ მჭიდრო კავშირით აისახება. გარემო ხასიათდება ტექნიკური პროცესებით, სადაც რეალური დროის სისტემა კონტროლდება და რეგულირდება. ასევე სისტემის რეაქცია გამოიხატება გარე სასიგნალო შეტყობინების სახით.

რეალური დროის სისტემები გამოიყენება სხვადასხვა ტექნიკური ობიექტების ან ტექნოლოგიური პროცესების სამართავად. ასეთი სისტემები ხასიათდება გარე მოვლენებზე უკიდურესად მისაღები დროითი რეაქციით, რომლის განმავლობაშიც შეიძლება შესრულებული იყოს ობიექტის სამართავი პროგრამა. სისტემის მიერ უნდა მოხდეს შემომავალი ინფორმაციის დამუშავება იმაზე სწრაფად, ვიდრე ისინი შემოედინება (ხშირ შემთხვევაში ინფორმაციის შემოდინება ხდება ერთდროულად რამდენიმე წყაროდან), რათა დროულად მოხდეს რეაგირება არსებულ ინფორმაციაზე [2]. მაგალითად, შუქნიშანზე უნდა აინთოს წითელი ფერი მანამ, სანამ მატარებელი გამოჩნდება, უნდა მოხდეს ობიექტის ამოცნობა და რეაგირება მკაცრად განსაზღვრულ ვადაში. რეალური დროის სისტემა ზოგადად შეიძლება დაიყოს ორი სახის სისტემად ეს არის მყარი რეალური დროის სისტემა და სუსტი. მყარი რეალური დროის სისტემები არის ისეთი სისტემები, რომელთა გამოყენება ხდება მაგალითად, სატრანსპორტო,

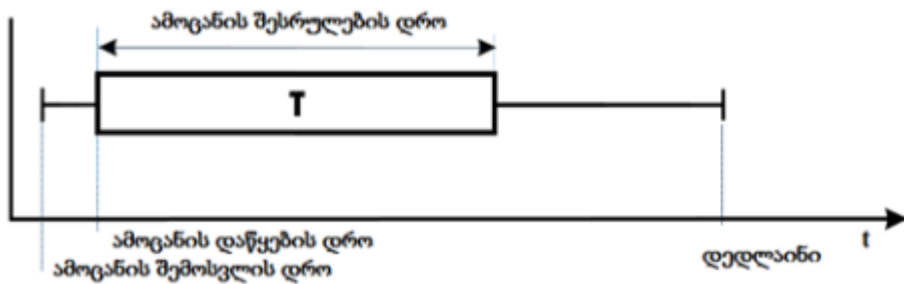
საზღვაო და საჰაერო ობიექტებში, ასევე ინდუსტრიაში ჰიდროელექტროსადგურებში და სხვა მართვის სისტემებში, ანუ ისეთ სისტემებში, სადაც რეალური დროის სისტემის არასწორად ფუნქციონირების შემთხვევაში შესაძლებელია უბედური შემთხვევის მოხდენა.

სუსტი რეალური დროის სისტემა კი არის ისეთი მულტიმედიალური სისტემა, რომლის შესაბამისი დედლაინი მხოლოდ შედგვის ხარისხს აზიანებს და მას არა აქვს შემდგომი განვითარება. გრაფიკულად მყარი და სუსტი სისტემების დროზე დამოკიდებულება გამოსახულია ნახ. 2-ზე



ნახ.2

რეალური დროის სისტემებში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია, სისტემაში არსებული ამოცანების (Tasks) პრიორიტეტების განსაზღვრის საკითხს და მათ დაგეგმვას [3]. ამოცანები ხასითდება პერიოდულობით და ურთიერთდამოუკიდებლობით ნახ.3.



ნახ.3

ამოცანის შესრულების, ანუ სისტემის რეაგირების დროის გასაგებად, განვიხილოთ ამოცანა, რომლის მახასიათებელი მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში. გამოვთვალოთ U_i - ამოცანის შესრულების დრო (რეაგირების დრო) ყველა მოცემული პირობების გათვალისწინებით [1].

ცხრილი 1

ამოცანა	T_i	C_i	P_i	U_i
τ_1	4	1		
τ_2	14	5		
τ_3	7	2		

U_i გამოითვლება ფორმულით: $U_i = \frac{C_i}{T_i}$,

სადაც T_i - არის პერიოდი, რა პერიოდშიც ამოცანა შემოდის სისტემაში, ხოლო C_i - არის ამოცანის შესრულების უკიდურესი დრო (ცხრილი 2)

ცხრილი 2

ამოცანა	T_i	C_i	P_i	U_i
τ_1	4	1		$1/4=0.25$
τ_2	14	5		$5/14=0.36$
τ_3	7	2		$2/7=0.29$

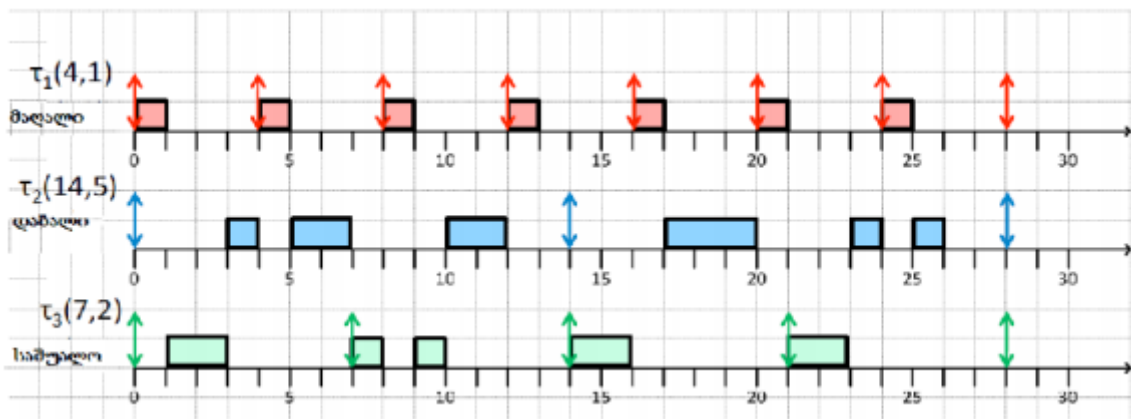
მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობების შედგენად უნდა მოხდეს პრიორიტეტების განსაზღვრა და გრაფიკზე წარმოდგენა.

P_i ($P_i \in \{1, 2, \dots, 9, 10\}$) სადაც მნიშვნელობა 1 შეესაბამება ყველაზე მაღალ პრიორიტეტს, ანუ τ_1 ამოცანას ექნება ყველაზე მაღალი პრიორიტეტი, ხოლო τ_2 ყველაზე დაბალი. (ცხრილი 3)

ცხრილი 3

ამოცანა	T_i	C_i	P_i	U_i
τ_1	4	1	1	$1/4=0.25$
τ_2	14	5	3	$5/14=0.36$
τ_3	7	2	2	$2/7=0.29$

მოცემულ შაბლონზე მოეხაზოთ ჰიპერპერიოდის მნიშვნელობა მონოტონურობის დონის შესაბამისად. შედეგად მიიღება დიაგრამა (ნახ.4):



ნახ.4

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, პირველ რიგში უნდა მოხდეს იმ ამოცანების გაშვება, რომელთა პრიორიტეტიც მაღალია.

რადგან, რეალური დროის სისტემა არის აპარატურულ-პროგრამული სისტემა, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მიმდინარე პროცესებში წარმოშობილი შეცდომის აღმოჩენა, კორექტირება და იმ დროისათვის ოპტიმალური შედეგის მიღება, ანუ ავტომატიზებული ობიექტის მართვის უსაფრთხო ფუნქციონირება, ამდენად, მნიშვნელოვანია რეალური დროის სისტემებში ამოცანების პრიორიტეტების განსაზღვრის საკითხები.

რეალური დროის სისტემაში ამოცანების (Tasks) პრიორიტეტების განსაზღვრა

ლ. პეტრიაშვილი, თ. ჯვანია, მ. კიკნაძე

რეზიუმე

რეალური დროის სისტემები გამოიყენება სხვადასხვა ტექნიკური ობიექტების ან ტექნოლოგიური პროცესების სამართავად. ასეთი სისტემები ხასიათდება გარე მოვლენებზე უკიდურესად მისაღები დროითი რეაქციით, რომლის განმავლობაშიც შეიძლება შესრულებული იყოს ობიექტის სამართავი პროგრამა. რეალური დროის სისტემებში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია, სისტემაში არსებული ამოცანების პრიორიტეტების განსაზღვრის საკითხს და მათ დაგეგმვას. ამოცანები ხასიათდება პერიოდულობით და ურთიერთდამოუკიდებლობით.

ნაშრომში განხილულია რეალური დროის სისტემებში ამოცანების პრიორიტეტების განსაზღვრის საკითხები და მათი მათემატიკური მოდელით გადაჭრის გზები, რის შედეგადაც დროულად უნდა მოხდეს მიმდინარე პროცესებში წარმოშობილი შეცდომის აღმოჩენა, კორექტირება და იმ დროისათვის ოპტიმალური შედეგის მიღება.

DETERMINING PRIORITIES OF THE TASKS IN REAL-TIME SYSTEMS

L. PETRIASHVILI, T. ZHVANIA, M. KIKNADZE

Summary

Real-time systems are used for the operation of various technical units or technological processes. Such systems are characterized by extremely acceptable time response to external events, during which the reaction may be executed by the control program of the unit. Determination of the real-time system priority tasks and planning thereof is important to the said systems. The tasks are periodic and independent.

The paper deals with the prioritization of the real-time system tasks and their solution by means of a mathematical model, which makes it possible to duly detect, correct an error in the ongoing processes in order to obtain the relevant result.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТА ЗАДАЧИ (TASKS) В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Л. ПЕТРИАШВИЛИ, Т. ЖВАНИЯ, М. КИКНАДЗЕ

Резюме

Системы реального времени используются для управления различными техническими объектами или технологическими процессами. Такие системы характеризуются крайне приемлемой временной реакцией на внешние события, в течение которого может быть выполнена программа управления объектов. В системах реального времени значительное место

занимает вопрос определения приоритетов существующих в системе задач и вопрос их планирования. Задачи характеризуются периодичностью и обоюдной независимостью.

В статье рассматриваются вопросы определения приоритетов задач в системах реального времени и пути их решения математической моделью, вследствие чего ошибки в текущих процессах должны быть своевременно выявлены, откорректированы и получены оптимальные к тому времени результаты.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Abeni L., Buttazzo G.C . Soft Real-Time Systems: Predictability vs. Efficiency. Massachusetts institute of technology -2005
2. Fohler G. Real-Time Systems. Course of lectures. 2013. <http://rts.eit.uni-kl.de/rts13>. Fohler G., Guerra R., Schorr S. ACTORS - Adaptivity and ConTrol Of Resources in embedded Systems (EU IST FP7). Germany -Ericsson Mobile Platforms, 2008-2011
3. Fohler G. MATRIX - A framework for real-time resource management for videostreaming in networks of heterogenous devices (internal)

АНАЛИЗ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СРАВНЕНИЯ ПО ПРИНЦИПУ МИНМ-МАКС

О. ШОНИА, Й. КАРТВЕЛИШВИЛИ, Л. ШОНИА

В современной технологии для сохранения рукописной информации различных видов в компьютере в цифровом виде используется сканер, который является основным средством получения автономных данных. Реализации, полученные путем сканирования рукописных данных, являются бинарными. В ней каждая клеточка представляет собой один отдельно взятый знак, принимающий значение равно единице в том случае, если эта клетка занята изображением; в противном случае его значение равно нулю. Использование бинарных реализаций в процессе распознавания гораздо удобно и целесообразно с точки зрения скорости и объема вычислений.

Одним из решающих факторов в процессе распознавания является принятие решений, состоящее из сравнения и процедуры выбора одного из альтернатив (результатов) полученных путем сравнения. Для осуществления процесса сравнения необходимо наличие какого-либо уровня сходства. Выбор уровня сходства, как правило, является эвристической процедурой и во время выбора учитываются следующие характеристики реализаций: измерение пространства знаков, степень искажения, обусловленного помехами, возможности вычислительных средств. Самым объективным средством выбора как общего, так и конкретного вида уровня сходства является проведение экспериментов распознавания с использованием кластеров. Полученные результаты надежности сходства позволяют выбрать ту степень сходства, для которой получили максимальную надежность распознавания. Таким образом, общим критерием выбора функции степени сходства является надежность процесса распознавания.

При использовании мини-макс принципа сравнения символов в качестве степени сходства мы выбрали евклидову метрику (что означает, что чем в большей степени два объекта схожи друг с другом, тем меньше разница между евклидовыми расстояниями).

При использовании представленного метода сравнения и распознавания рукописных символов сначала происходит сравнение неизвестных и оригинальных символов по следующим параметрам: длина и ширина, в пределах эмпирически установленного ограничения $[-A, +A]$, что можем представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} |H_u - H_o| &< A \\ |W_u - W_o| &< A \end{aligned} \quad (1)$$

Где H_u и W_u – соответственно, длина и ширина неизвестного символа;

а H_o и W_o – соответственно, длина и ширина оригинальных символов.

На следующем этапе, для символов, удовлетворяющих (1) неравенство, выполняется дополнительное условие, с тем чтобы осуществился подсчет «1» пикселей в изображениях неизвестных и оригинальных символов и затем, равенство их количеств в пределах эмпирически установленного ограничения $[-B, +B]$, что можем изобразить следующим образом:

$$\left| \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{j=1}^m O_j \right| < B \quad (2)$$

Где U_i – это количество «1» пикселей входящих в реализацию, отображающую неизвестный символ, а O_j – оригинальный.

После предварительного отбора, для тем множеств неизвестных и оригинальных символов, которые удовлетворяют (1) и (2) условия, для осуществления процесса сравнения используется принцип суперпозиции, подразумевающий накладку знаков с одинаковыми номерами для реализации множества каждого типа, которому предшествует процесс препарирования. Сперва происходит внешнее сглаживание (заполнение) изображения оригинального символа пикселями эмпирически установленного k количества, в результате чего получают расширенные изображения, которые расположены в допустимой полосе градаций. Расширенные оригинальные и неизвестные изображения представлены посредством сетки с одинаковыми делениями, т.е. растра.

Клетки, где расположена часть кривой символа, чернеют, т.е. им присваивается какой-нибудь численное значение «1». Значение пустых клеток равны «0». Следовательно, получаются бинарные матрицы $|Orig|$ и $|Unk|$. В результате проведения процедуры суперпозиции вычисляется результат совпадения изображений с использованием логической операции «конъюнкции» а затем вычисляется процентное соотношение количеств «1» пикселей, на основании чего определяется процент совпадения неизвестного символа с оригинальным символом:

$$\Pi_{Unk} = \frac{\sum_{(1)} (Orig \wedge Unk)}{\sum_{(1)} Orig} 100 \quad (3)$$

Где в изображении $\sum_{(1)} (Orig \wedge Unk)$ «(1)» символами обозначен результат совпадения, т.е. общее количество пикселей равных «1», а $\sum_{(1)} Orig$ - это общее количество пикселей расширенного оригинального изображения, равных «1».

В связи с тем, что на практике многие различные символы очень похожи друг на друга и они мало различаются формой, для высокой точности распознавания, указанным методом предусмотрено вторичное сравнение, или обратное сравнение символов, т.е. определяется процент сходства оригинального символа с неизвестным символом таким же образом, т.е. происходит препарирование неизвестного изображения и затем осуществляется процедура суперпозиции оригинального изображения:

$$\Pi_{Orig} = \frac{\sum_{(1)} (Unk \wedge Orig)}{\sum_{(1)} Unk} 100 \quad (4)$$

Где в изображении $\sum_{(1)} (Unk \wedge Orig)$ «(1)» символами обозначен результат совпадения, т.е. общее количество пикселей, равных «1», а $\sum_{(1)} Unk$ - это общее количество пикселей расширенного оригинального изображения, равных «1».

После таких двойных вычислений вычисляется окончательный результат совпадения неизвестных и оригинальных символов, который выражается в процентах и изображается минимумом (3) и (4) величин:

$$\Pi_k = \min(\Pi_{Unk}, \Pi_{Orig}); \quad k = \overline{1, q} \quad (5)$$

Где k Количество символов с базы оригинальных символов, которые удовлетворяют условия (1) и (2) для данных неизвестных символов.

Аналогично производятся расчеты по изображениям (3).....(5), для всех k —ых символов, взятых из той группы оригинальных символов, которая удовлетворяет условия (1) и (2) по отношению к неизвестному символу а затем, с полученных результатом, т.е. с минимума процентов совпадения, вычисляется их максимум, что установит символ, соответствующий исследуемому неизвестному символу, взятому с базы оригинальных символов.

Окончательно, результат процесса распознавания неизвестного символа в процентах изображается следующим образом:

$$\Pi_i = \max \{ \min \Pi_k \} \quad (6)$$

$$k = \overline{1, q}, \quad i = \overline{1, n}$$

Выше описанный процесс повторяется для всех символов рукописного текста. В итоге, результат распознавания рукописного текста можно изобразить в процентах следующим образом:

$$\Pi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Pi_i \quad (7)$$

Таким образом, процесс распознавания рукописного изображения можно считать завершенным, и если полученный результат удовлетворяет требования пользователя в процентом смысле, будем считать, что неизвестное рукописное изображение совпадает с оригиналом.

**ხელნაწერი სიმბოლოების ანალიზი და შედარების პროცესების
ფორმირება მინი-მაქსის პრინციპით**

ო. შონია, ი. კართველიშვილი, ლ. შონია
რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ორიგინალი და უცნობი ხელნაწერი სიმბოლოების შედარების პროცესების ფორმირება მინი-მაქსის პრინციპით, რომელიც წარმოადგენს ხელნაწერი სიმბოლოების ამოცნობის ძირითად სტადიას. სიმბოლოთა შედარების პროცესები ჩამოყალიბებულია ეტაპების სახით, სადაც თითოეული მათგანი დახასიათებულია თავისი ფუნქციონალური დანიშნულებებით.

**ANALYSES OF HAND WRITTEN SYMBOLS AND FORMATION
OF COMPARISON METHOD BASED ON MINI-MAX PRINCIPLE**

O. SHONIA, I. KARTVELISHVILI, L. SHONIA

Summary

This Work presents the formation process of the comparison method of original and unknown hand written symbols based on mini-max prionciple, that is the basic stage of the identification of hand written symbols. The processes of comparison are described stage by stage and each of them is characterized in accordance with their functions.

**АНАЛИЗ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
СРАВНЕНИЯ ПО ПРИНЦИПУ МИНМ-МАКС**

О. ШОНИЯ, Й. КАРТВЕЛИШВИЛИ, Л. ШОНИЯ

Резюме

В работе представлено формирование процессов сравнения оригинальных и неизвестных рукописных символов по принципу мини-макс, который представляет собой основную стадию распознавания рукописных символов. Процессы сравнения символов сформированы с виде этапов, где каждый из них охарактеризован по своему функциональному назначению.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Шония О.; Картвелишвили И.; Бежанишвили Л.; Основные модели рукописных символов. VII Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2013). Москва, 15-19 октября, 2013.
2. შონია ო. სახელმწიფო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდამჭერი ავტომატიზებული სისტემა თბილისი სტუ 2003წ.

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Н. ДЖАЛЯБОВА

nora_j01@yahoo.com

Введение

Компьютерные информационные технологии находят все большее применение в медицинской деятельности. За последние годы значительно увеличилось количество новых методов диагностики и лечения. Во всех областях медицины исследования на научном уровне ведутся с применением современных средств программного обеспечения.

Сложность интеллектуальных средств и систем определяется особенностью объектов исследования. Именно поэтому медицинские диагностические системы являются достаточно сложными. Проблемы с реализацией таких систем связаны с неопределенностью, неточностью знаний, с большой размерностью предметной области. При разработке систем диагностики, функционирующих в условиях неопределенности, следует учитывать неточность, нечеткость, а также недостоверность данных и знаний, что характеризуют как теоретические, так и каузальные знания. Часто высококвалифицированный эксперт не может объяснить ход своих мыслей по нахождению правильного решения, поэтому получение от него формализованных знаний – сложная и не всегда выполнимая задача. Таким образом, работа является актуальной.

Развитие современных технических и инструментальных средств показало преимущество компьютерной обработки информации перед мышлением эксперта. Использование традиционных методов (метода перебора, методов математической статистики, булевой алгебры, принятия решений) на сегодняшний день является недостаточными для удовлетворения требований к качеству современной диагностики.

Объектно - ориентированная модель разработки программного обеспечения.

В последнее время широкое распространение получила объектно - ориентированная модель разработки программного обеспечения. Основная идея программирования при таком подходе состоит в разработке классов приложения для определения новых типов, манипулировать которыми так же просто, как и встроенными.

Наиболее распространенным функциональным языком программирования на сегодняшний момент является язык C++, объединяющий в себе возможности стандартизированного языка C и объектно – ориентированного подхода.

Создавая новые типы для описания предметной области, C++ помогает программисту писать более легкие для понимания приложения. Классы позволяют отделить детали, касающиеся реализации нового типа, от определения интерфейса и операций, предоставляемых пользователю. Существенные для прикладной программы типы можно реализовывать один раз, после чего использовать повторно [1]. Существует механизм, именуемый наследованием, который вводит возможность включать во вновь разрабатываемый класс общие свойства присущие ранее разработанному классу предку.

Можно выделить три части требований к ООП:

1. ООП использует в качестве базовых элементов объекты.
2. Каждый объект является экземпляром определенного класса.
3. Классы организованы иерархически.

Одним из преимуществ объектно-ориентированного подхода является возможность сборки модели из готовых повторно используемых компонент, простота внесения изменений в проект.

Ниже приведены главные особенности сложных систем, определяющие требования к методикам и инструментальным средствам [2].

Иерархичность. Описывая характерные черты сложных систем, Г. Буч [1] особое внимание уделяет их иерархическому характеру. В иерархических структурах человек может ограничиваться рассмотрением только определенного уровня, не вдаваясь в детали реализации. Для сложной системы целесообразно моделировать два типа иерархии - *типовую* и *структурную*. Типовая иерархия отражает взаимосвязи "общее/частное". В объектно-ориентированном подходе ей соответствует иерархия классов. Структурная иерархия показывает связи типа "часть/целое". При объектно-ориентированном подходе ей соответствует иерархия объектов, образуемая атрибутами контейнерных классов.

Групповая разработка. Разработка сложной программной системы не может быть прерогативой одного человека. Для этой цели формируется группа, в которой каждый выполняет свои определенные функции. Иерархический характер сложных систем хорошо согласуется с принципом групповой разработки. В этом случае деятельность каждого участника проекта ограничивается соответствующим иерархическим уровнем. Применяемые инструментальные средства должны поддерживать групповую разработку.

Модифицируемость проекта. Сложные системы подвергаются многократной модификации. Это связано как с устранением ошибок, выявленных в процессе разработки, отладки или эксплуатации, так и с необходимостью внесения изменений и дополнений, вызванных изменениями внешних условий и требований к системе.

Сборочное проектирование. При разработке больших программных систем широко используется концепция сборочного проектирования, основанная на идее повторно используемых компонент [2]. Сборка прикладной системы из готовых компонент позволяет значительно сократить время разработки.

Использование стандартных СУБД. Современные интегрированные программные системы обычно используют в работе стандартные СУБД в основном реляционного типа.

Особенности объектно-ориентированного подхода

Стремление избавиться от недостатков традиционного структурного подхода привело к развитию идей, основанных на объектной декомпозиции. Такой подход к разработке программных систем получил название объектно-ориентированного. В основе его лежат понятия "объект" и "класс" [1,2,3]. В реальном мире, а точнее в интересующей разработчика проблемной среде, в качестве объектов могут рассматриваться конкретные предметы, а также абстрактные или реальные сущности.

Объект обладает индивидуальностью и поведением, имеет атрибуты, значения которых определяют его состояние. Каждый объект является представителем некоторого класса однотипных объектов. Класс определяет общие свойства для всех его объектов. К таким свойствам относятся состав и структура данных, описывающих атрибуты класса и соответствующих объектов, и совокупность методов - процедур, определяющих взаимодействие объектов этого класса с внешней средой. Например, описание класса "болезни" может включать такие атрибуты, как название болезни, симптомы, которые индивидуальны для каждого объекта этого класса - конкретной болезни; методы лечения данной болезни и т.д. Объекты и классы обладают характерными свойствами, которые активно используются при объектно-ориентированном подходе и во многом определяют его преимущества.

Инкапсуляция - скрытие информации [2]. При объектно-ориентированном программировании имеется возможность запретить любой доступ к атрибутам объектов, кроме как через его методы. Внутренняя структура объекта в этом случае скрыта от пользователя, объекты можно считать самостоятельными сущностями, отделенными от внешнего мира. Для того чтобы объект произвел некоторое действие, ему извне необходимо послать сообщение, которое способствует выполнению нужного метода. Инкапсуляция позволяет изменять реализацию любого класса объектов без опасения, что это вызовет нежелательные побочные эффекты в программной системе. Тем самым упрощается процесс исправления ошибок и модификации программ.

Наследование - возможность создавать из классов новые классы по принципу "от общего к частному". Наследование позволяет новым классам при сохранении всех свойств классов-родителей (называемых в дальнейшем суперклассами) добавлять свои характеристики, отражающие их индивидуальность. Наследование позволяет создавать иерархии классов, являясь эффективным средством внесения изменений и дополнений в программные системы.

Полиморфизм - способность объектов выбирать метод на основе типов данных, принимаемых в сообщении. Каждый объект может реагировать по-своему на одно и то же сообщение. Полиморфизм позволяет упростить исходные тексты программ, обеспечивает их развитие за счет введения новых методов обработки.

Объектно-ориентированная декомпозиция заключается в представлении системы в виде совокупности классов и объектов предметной области. При этом иерархический характер сложной системы отражается в виде иерархии классов, а ее функционирование рассматривается как взаимодействие объектов. Такой подход позволяет описать сложную систему наиболее естественным образом.

Структура модели сложной системы.

Объектно-ориентированная модель сложной системы включает в себя следующие основные виды моделей: [4]

1. Модель классов, содержащую множество классов(структурированных наборов информационных единиц – атрибутов и методов) для описания компонент системы, а также множество отношений между классами и методы работы с классами;

Понятия класса и объекта являются основными понятиями любого объектно-ориентированного представления. В объектной модели сложной системы в виде объекта представляется любой компонент системы - сама система в целом, ее подсистемы и элементы, а также подсистемы и элементы окружающей среды. Объект представляет собой структурированное описание конкретного описания конкретного компонента. Классы же определяют типы используемых объектов и задают соответствующие структуры описания.

Модель класса M^k включает множество классов $K=\{k^i\}$ для описания систем и компонент, на котором определено отношение наследования $R^{in} \in C \times C$, а также множество методов (присоединенных процедур) P^k для работы с классами:

$$M^k = \langle K, R^{in}, P^k \rangle$$

Класс представляет собой набор

$$k_i = \langle n(k_i), \{n(k_j) | k_i R^{in} k_j\}, A(k_j), P(k_i) \rangle,$$

где $n(k_i)$ – имя класса; $\{n(k_j)\}$ – множество имен классов, от которых наследуется данный класс; $A(k_i) = \{a_m\}$ – множество атрибутов класса; $P(k_i)$ – множество методов класса.

Каждый из атрибутов задается тройкой:

$$a_m = \langle n(a_m), t(a_m), d(a_m) \rangle,$$

где $n(a_m)$ – имя атрибута; $t(a_m)$ – тип атрибута (<string>, <real>, <integer>, <class>, ...);

$d(a_m) = \{d_k\}$ – множество значений(доменов) атрибута.

Домен задается в зависимости от типа атрибута. Например, для атрибута типа <real>, <integer> - в виде интервала, для атрибута типа <string> - в виде списка строк, для атрибута типа <Class> - в виде имени класса(списка имен класса). Посредством атрибута типа <Class> в описание объекта может включиться описание другого объекта.

Множество методов класса содержит обязательное подмножество методов доступа к значениям атрибутов, которые могут быть двух типов: get_value() - метод получения значения атрибута; set_value() – метод задания значения атрибута. Метод задания значения может быть представлен в виде множества правил-продукций, процедуры или формулы, включающих арифметические и логические операции, ссылки на атрибуты текущего или другого класса, константы и др. Посредством методов доступа одни атрибуты могут определяться через значения других.

Множество методов для работы с классами P^k включает две основные группы методов: методов наследования, позволяющие создавать новые классы на базе имеющихся классов; методы обобщения, позволяющие автоматически или в диалоговом режиме формировать иерархию наследования классов.

2. Модель объектов, содержащую описание конкретной реализации компоненты системы или множества вариантов ее реализации в виде объекта (экземпляра класса) или совокупности объектов, а также методы работы с объектами и их совокупностями;

На базе классов может быть создано множество объектов (реализаций классов) $O = \{o_k\}$. Каждый объект задается следующим образом:

$$o_k = \langle n(o_k), c(o_k), D(o_k) \rangle.$$

где $n(o_k)$ – имя объекта; $c(o_k)$ – указатель на класс, на базе которого реализован объект; $D(o_k) = \{d(a_m) \in D(a_m) | a_m \in A(c(o_k))\}$ – множество значений атрибутов, полученных как результат выполнения методов задания значения: set_value(). Множество значений может быть представлено как дизъюнкция значений с различными факторами уверенности:

$$d_1(a_m) / cf(d_1(a_m)) \vee d_2(a_m) / cf(d_2(a_m)) \vee K,$$

где $cf(d_k(a_m)) \in [0, 1]$ – фактор уверенности в значении атрибута, принимающий значение в интервале от 0 (полная недостоверность) до 1 (абсолютная достоверность). Фактор уверенности либо непосредственно задается разработчиком модели при вводе значения атрибута, либо определяется с помощью функции принадлежности, либо вычисляется с помощью формул нечеткой логики при выводе значения с помощью логических правил. Таким образом, каждый атрибут может одновременно принимать несколько значений с разными степенями уверенности. K- множество компонент системы.

3. Модель компонент системы, содержащую структуру сложной системы в виде дерева подсистемы и присоединенных элементов, множество взаимосвязей между компонентами системы, а также методы для работы со структурами;

Любую часть предметной области, которая может быть выделена и описана как самостоятельная сущность, называется компонентом системы $K=\{k_i\}$ [4]. Компонент может быть представлен в виде набора $k_i=\langle n(k_i), c(k_i) \rangle$, где $n(k_i)$ - имя компонента, а $c(k_i)$ - класс, на который ссылается компонент.

4. Модель вариантов реализации компонент системы, содержащую дерево наборов реализаций (вариантов реализаций) подсистем и присоединенных элементов, а также методы для работы с наборами реализаций.

Данная модель формируется на основе модели компонент путем сопоставления каждому компоненту его одной или нескольких реализаций, т.е. объекта.

Все методы взаимосвязаны. На базе модели классов формируется модель объектов. Модель классов используется также при формировании модели компонент. В свою очередь модель компонент и модель объектов используются при построении модели реализации компонент.

Процесс моделирования

Рассмотрим, как используется объектно-ориентированная модель на различных этапах проектирования сложной системы. Этот этап завершается созданием модели предметной области (ПО), включающей основные концепты и отношения. На этапе концептуализации определяются следующие особенности задачи: типы доступных данных; исходные и выводимые данные, подзадачи общей задачи; используемые стратегии и гипотезы; виды взаимосвязей между объектами ПО, типы используемых отношений (иерархия, причина — следствие, часть — целое и т.п.); процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых при решении задачи; типы ограничений, накладываемых на процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых для обоснования решений.

Основу модели составляет дерево компонент, т.е. иерархия этапов и подэтапов процесса проектирования [4]. Класс описания любого этапа содержит такие атрибуты, как «исходные данные», «результат», «исполнитель», «срок окончания», «стоимость» и др. Для каждого подуровня может быть составлена диаграмма взаимосвязей, отражающая связи между этапами. Затем формируются варианты реализации этапов и выбирается наиболее перспективная комбинация вариантов. Следующим этапом, как правило, является анализ, на котором исследуется существующая система. При использовании любого вида анализа сначала формируется модель компонент исследуемой системы и составляются описания классов компонент. Для формирования иерархии подсистем могут быть использованы стандартные основания декомпозиции, а для составления описания классов – типовые описания, хранящиеся в библиотеке классов в виде иерархии наследования. Затем на базе классов создаются экземпляры описаний, т.е. объекты и осуществляется сравнение объектов.

Общая стратегия поиска решений на иерархической модели – «сверху – вниз». Сначала на верхнем уровне находится агрегированный вариант всей системы в целом в пространстве обобщенных атрибутов. Далее определяются оптимальные варианты подсистем следующего уровня и т.д. При этом на каждом уровне целесообразно определять оптимальное сочетание вариантов подсистем, входящих в отдельный подуровень. В качестве критерия эффективности подуровня, как правило, выбирается критерий материнской системы, для которого задана зависимость от локальных критериев подсистем в виде некоторой обобщенной функции. Оптимальным является такое сочетание вариантов подсистем, для которого критерий подуровня достигает своего наилучшего значения.

ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომის გამოყენება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის გადაწყვეტაში

ბ. ჯაღიაბოვა

რეზიუმე

შემოთავაზებულია დიაგნოსტიკის ინტელექტუალური სისტემის სტრუქტურის აგების კონცეპცია ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომის გამოყენებით. ობიექტზე

ორიენტირებული სტრუქტურირების მეთოდოლოგიის გამოყენება აერთიანებს ობიექტური დეკომპოზიციის პროცესს და სისტემის მოდელებს - როგორც ლოგიკურ და ფიზიკურს, ასევე სტატიკურ და დინამიკურს.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის გადაჭრისას უფრო ხშირად ჩნდება კითხვა არა იმასთან დაკავშირებით, ეკუთვნის თუ არა ობიექტი ამა თუ იმ კლასს, არამედ რა ალბათობით მიეკუთვნება იგი მოცემულ კლასს. ამისათვის გამოიყენება არამკაფიო კლასიფიკაციების მეთოდები, რომლებიც ეფუძნებიან კლასის როგორც ობიექტების არამკაფიო სიმრავლის სახით წარმოდგენას, სადაც გადასვლა „ეკუთვნის“ „არ ეკუთვნის“ მოცემულ კლასს ხდება არა ნახტომით, არამედ თანდათანობით.

OBJECT-ORIENTED APPROACH IN THE SOLUTION OF PROBLEMS OF MEDICAL DIAGNOSTICS

N.JALIABOVA

Summary

The concept of creation of the intellectual system structure of diagnostics by using the object-oriented approach is offered in the work. Using the methodology of object-oriented structuring allows to unite process of object decomposition and a method of representation as logical and physical, as well as static and dynamic models of the designed system.

In the process of finding the solution of problems of medical diagnostics, often raised question is not whether this object belongs to a class, but about to what degree it can be carried to this class. To do this, there is used the methods of fuzzy classification, based on the concept of class as a diffuse (fuzzy) set of objects for which the transition from non-membership of a given class to supplies gradually, and not jump wise.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Н. ДЖАЛЯБОВА

Резюме

Предложена концепция построения структуры интеллектуальной системы диагностики с использованием объектно-ориентированного подхода. Использование методологии объектно-ориентированного структурирования позволяет соединить в себе процесс объектной декомпозиции и метода представления как логической и физической, так статической и динамической моделей проектируемой системы.

При решении задач медицинской диагностики часто ставится вопрос не о том, принадлежит ли данный объект классу, а о том, до какой степени он может быть отнесен к данному классу. Для этого используются методы нечеткой классификации, в основе которых лежит представление о классе как о размытом (нечетком) множестве объектов, для которых переход от непринадлежности к данному классу к принадлежности постепенен, а не скачкообразен.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
2. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.В., Шапот М.Д.. Статические и динамические экспертные системы. Москва. "Финансы и статистика" ,1996
3. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект. Москва-Санкт-Петербург-Киев. 2003, стр.749-756.
4. Силич В.А., Силич М.П. Проектирование сложной системы на основе объектно-ориентированного подхода. Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – №2. – С. 99-103.

**მიზეზ-შედეგობრივი ცოდნის მოდელი სამედიცინო პროგნოზირების
ინტელექტუალურ სისტემაში**

ვ. რადიევსკი

v_radzievski@yahoo.com

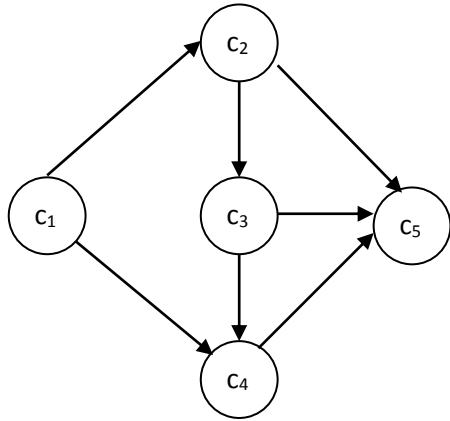
მრავალი ამოცანა, რომლის ამოხსნა დაკავშირებულია რთულ სისტემებში გადაწყვეტილების მიღებასთან, ითხოვს მომავალი სიტუაციების შეფასებას და იმ გადაწყვეტილებების არჩევას, რომლებიც არ იწვევენ არასასურველ შედეგებს. აქედან გამომდინარეობს პროგნოზირების აუცილებლობა ე.ი. მომავლის შესახებ ალბათური განმტკიცება დანამდვილების შედარებით მაღალი ხარისხით. მოცემულ სამუშაოში განიხილება სამედიცინო პროგნოზირების ამოცანა, რომელიც დაკავშირებულია დაავადებულ ორგანიზმში პათოლოგიური პროცესების განვითარებასთან. ეს ამოცანები, როგორც წესი, ხასიათდებიან არამკაფიოობით, არაცალსახობით, წინააღმდეგობრიობით. ასეთი ამოცანები მიეკუთვნებიან არაფორმალურულ ამოცანათა კლასს და, როგორც წესი, იხსნებიან ადამიანის მიერ მისი ცოდნის, გამოცდილების და ინტუიციის საფუძველზე /1, 2/. მოცემულ სამუშაოში წამოყენებულია ასეთი ამოცანის პროგნოზირების კომპიუტერული ამოხსნის მცდელობა, ინტელექტუალური სისტემების აგების გზით.

**დაავადებული ორგანიზმის შესახებ ცოდნის დეტერმინირებული მოდელის
ფორმირება**

პროგნოზირების პროცესი ჰგავს დიაგნოზის დასმის პროცესს. დიაგნოზირების ამოცანაში დაკვირვებადი დარღვევების (შედეგების) საფუძველზე ყალიბდება ჰიპოტეზა მათი გამომწვევი მიზეზების შესახებ (შებრუნებული მსჯელობა). პროგნოზირების ამოცანაში ცნობილია დაავადებული ორგანიზმის გარკვეული დარღვევები (მიზეზები). საჭიროა დაავადებით შედეგი, რომელიც გამომდინარეობს ამ მიზეზებისგან (პირდაპირი მსჯელობა). ამიტომაც პროგნოზირების ამოცანის, ისევე როგორც დიაგნოზირების ამოცანის ამოხსნას საფუძველად უდევს ორგანიზმში მიმდინარე პროცესების მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი /3/. ავადმყოფის მდგომარეობის ცვლილების პროცესი იწყება დარღვევისგან, რომელიც წინასწარ არის ცნობილი ან დადგენილია თვით ექიმის მიერ. ეს დარღვევა წარმოადგენს ორგანიზმში მომავალი პათოლოგიური პროცესების მიზეზს.

ამ მიზეზის, და ექიმის ცოდნის პათოლოგიური პროცესების განვითარების შესახებ საფუძველზე, ყალიბდება მიმდებარე სიტუაციიდან გამომდინარე სავარაუდო დასკვნები. გამოივლინება ყველაზე სარწმუნო ჰიპოტეზა (პირველადი დასკვნა). ამ პირველადი დასკვნის და პათოლოგიური პროცესების განვითარების შესახებ ცოდნის საფუძველზე ხორციელდება შემდეგი ნაბიჯი და ა.შ. სანამ მიიღება შედეგები, რომელთა საფუძველზე შეუძლებელი ხდება ახალი დასკვნის მიღება და მიმდინარე დასკვნა ხდება საბოლოო. ამ პროცესის მოდელირების მიზნით აუცილებელია შესაბამისი პრობლემური არის შესახებ ცოდნის ფორმირება. ეს ცოდნა უნდა შეიცავდეს ინფორმაციას იმის შესახებ რა გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე დარღვევები. დარღვევათა მაგალითისთვის შეიძლება მოვიყვანოთ ისეთი, როგორიც არის - პროტრომბინის რაოდენობის მომატება, შაქრის მომატება სისხლში, ფოსფორის შემადგენლობის შემცირება სისხლში, ფარისებრი ჯირკვლის გაზრდა და ა.შ. ყველა ეს მაგალითი წარმოადგენს დარღვევებს რომლებიც ეხებიან სამედიცინო სფეროს და წარმოადგენენ ორგანიზმის სხვადასხვა მახასიათებლის ნორმიდან გადახრას.

კომპიუტერში ცოდნის წარმოსადგენად გამოვიყენოთ მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი-სემანტიკური ქსელის ერთ-ერთი სახეობა (სურ 1). ქსელის წვეროები წარმოადგენენ ორგანიზმში შესაძლო დარღვევების სიტყვიერ აღნიშვნებს და რკალები მათ შორის დამოკიდებულებებს. გამოიყენება ისეთი დამოკიდებულებები, როგორიც არის: “შესაძლო მიზეზი”, “შესაძლო შედეგი”, “ხელს უწყობს”, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ უფრო ზუსტად აღვწეროთ დაავადებასთან დაკავშირებული სიტუაცია. მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი, რომელიც წარმოდგენილია გრაფის სახით შეიძლება წარმოვადგინოთ აგრეთვე მატრიცის სახით (სურ. 2). ამ მატრიცაში C_1 სტრიქონის და C_j სვეტის გადაკვეთზე იწერება 1, თუ C_i და C_j დაკავშირებულია მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულებით, და 0 წინააღმდეგ შემთხვევაში.



სურ. 1

	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅
c ₁	0	1	0	1	0
c ₂	0	0	1	0	1
c ₃	0	0	0	1	1
c ₄	0	0	0	0	1
c ₅	0	0	0	0	0

სურ. 2

აღსანიშნავია, რომ ინფორმაცია, რომელიც მიღებულია მონაცემთა უშუალო დამუშავების შედეგად, ხშირად არ არის საკმარისი ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად.

ამასთან დაკავშირებით საჭირო ხდება ცოდნის შევსების ოპერაციის ჩატარება. ეს ოპერაცია საშუალებას იძლევა დამატებითი ინფორმაციის მიღებას, რაც ქმნის წინაპირობას იმისათვის, რომ უფრო ეფექტურად მივიღოთ გადაწყვეტილება. ამ მიზნით, მიზეზ-შედეგობრივ ქსელში, ტარდება ცოდნის შევსების ოპერაცია, რომელიც ხორციელდება ობიექტის ფუნქციონირების კანონის და ქსელში არსებულ დამოკიდებულებათა ალგებრული თვისებების ხარჯზე. თუ ცნობილია, რომ R არის დამოკიდებულება მოცემულ დარღვევათა სიმრავლეზე, და აგრეთვე ცნობილია, რომ R არის ტრანზიტული, მაშინ ფაქტიდან $(c_1 R c_2) \& (c_2 R c_3)$ გამომდინარეობს $(c_1 R c_3)$, რომელიც ქსელში ცხადად არ იმყოფება. ეს ფაქტი გამოყვანილია არსებული ფაქტების საფუძველზე.

იმისათვის, რომ მივიღოთ გრაფი, რომელშიც ერთდროულად იმყოფება როგორც ცხადი დამოკიდებულებები დარღვევათა შორის, ასევე ის დამოკიდებულებები, რომლებიც იყო გამოვლენილი ცოდნის შევსების პროცესში, ტარდება ტრანზიტული ჩართვის ოპერაცია. ასე, თუ R არის რაღაც დამოკიდებულება მაშინ მისი ტრანზიტული ჩართვა \hat{R} იქნება წარმოდგენილი შემდეგი ტოლობის სახით: $\hat{R} = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \dots \cup R^n \cup \dots$. თუ ოპერაცია წარმოდგენილია გრაფის სახით მაშინ ტრანზიტული ჩართვის ოპერაცია დაიყვანება რკალის მეშვეობით ყველა ორრგოლიან, სამრგოლიან და ა.შ. წვეროების შეერთებაზე და მიღებული გრაფების გაერთიანებაზე ამოსავალ გრაფთან. მატრიცული წარმოდგენისას R^2, R^3, \dots, R^n შეესაბამება მატრიცას(სურ3), რომელიც ასახავს R დამოკიდებულებას, მეორე, მესამე და ა.შ. ხარისხში აყვანას და ამ მატრიცების გაერთიანებას. ამასთან ხარისხში აყვანის პროცესი მთავრდება როცა სრულდება პირობა: $R^{n+1} = R^n$.

ამ მატრიცის ყოველი სტრიქონი წარმოადგენს ნულ-ერთიანის ვექტორს. აღვნიშნოთ ვექტორი, რომელიც შეესაბამება i-ურ სტრიქონს – $c_i^{(1)}$. $c_i^{(1)} = (c_{i1} \ c_{i2} \ \dots \ c_{in})$ ეს ვექტორი განსაზღვრავს გადასვლას ფიქსირებული მდგომარეობიდან ნომრით i ნებისმიერ მდგომარეობაში ნომრით j ერთ ნაბიჯში. /4, 5/-ის შესაბამისად ვექტორები, რომლებიც ასახავენ გადასვლას ფიქსირებული მდგომარეობიდან ნომრით i ნებისმიერ მდგომარეობაში $j = 2, 3, \dots, n$ ნაბიჯში, განისაზღვრება ვექტორების $c_i^{(1)}, c_i^{(2)} = c_i^{(1)} C, c_i^{(3)} = c_i^{(2)} C, c_i^{(n)} = c_i^{(n-1)} C$ გამრავლებით C მატრიცაზე. ე.ი. ვექტორი $c_i^{(n)}$ მიიღება $c_i^{(n-1)}$ ვექტორისგან გარდაქმნით რომელიც შედგება C მატრიცაზე გამრავლებით. ანუ ამ ვექტორების წრფივი გარდაქმნით C მატრიცის მეშვეობით. ვინაიდან $c_i^{(2)} = c_i^{(1)} C, c_i^{(3)} = c_i^{(2)} C, c_i^{(n)} = c_i^{(n-1)} C$ შეიძლება დავწეროთ $c_i^{(3)} = c_i^{(1)} C^2, c_i^{(4)} = c_i^{(1)} C^3, c_i^{(5)} = c_i^{(1)} C^4$ და ა.შ. $c_i^{(n)} = c_i^{(1)} C^{n-1}$. თუ საწყისი მდგომარეობა აღვნიშნოთ $c_i^{(0)}$ მაშინ $c_i^{(n)} = c_i^{(0)} C^n$.

გადასვლა ნებისმიერი მდგომარეობიდან i ნებისმიერ მდგომარეობაში j n ნაბიჯში მიიღება საწყისი მდგომარეობის ვექტორის გამრავლებით C^n მატრიცაზე. ამასთან აღსანიშნავია, რომ C მატრიცის ხარისხში აყვანისას შეკრების ნიშნები იცვლება დიზიუნქციის ნიშნებით.

განვიხილოთ ექიმის მსჯელობა პროგნოზირების ამოცანის ამოხსნისას. მაგალითისთვის ავიღოთ ენდოკრინული სისტემის ერთ-ერთი დაავადება, რომელიც დაკავშირებულია ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის ცვლილებასთან და ცოდნა ამის შესახებ წარმოვიდგინოთ მიზეზ-შედეგობრივი ქსელის სახით (სურ. 4) და მატრიცის სახით (სურ. 5). ფარისებრი ჯირკვლი ამუშავებს პარათირეოიდულ ჰორმონს (პარათჰორმონს). ჰორმონის გამოყოფის შემცირება იწვევს ფოსფატების გამოყოფის დაცემას და ფოსფატების დონის სისხლში გაზრდას. ეს იწვევს

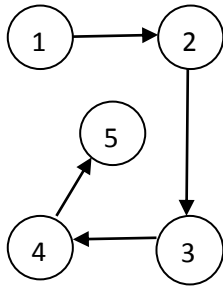
კალციუმის შემადგენლობის დაკლებას სისხლში, რის შედეგადაც ჩნდება კრუნჩხვები(ტეტანია). ამოვწეროთ და დავნომროთ შესაბამისი დარღვევები:

$$C = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

სურ. 3

1. ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის დაკლება
2. ფოსფატების გამოყოფის დაცემა
3. ფოსფატების დონის სისხლში გაზრდა
4. კალციუმის შემადგენლობის სისხლში დაკლება
5. კრუნჩხვების გამოჩენა (ტეტანია).

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული გამრავლებით რა C მატრიცაზე ავადმყოფის საწყისი მდგომარეობის აღწერას, ვიღებთ ვექტორს, რომელიც განსაზღვრავს ავადმყოფის მდგომარეობას ერთი ნაბიჯის შემდეგ. ვთქვათ, საწყისი მდგომარეობაა $C_1 = 0\ 1\ 0\ 0\ 0$. სიტუაციის პროგნოზირებისთვის, რომელიც განხილავს საწყისი სიტუაციიდან ერთი ნაბიჯის შემდეგ ვექტორი $C_1 = 0\ 1\ 0\ 0\ 0$ უნდა გავამრავლოთ C მატრიცაზე რის შედეგადაც ვიღებთ ვექტორს $C_2 = 0\ 0\ 1\ 0\ 0$. ანალოგიურად $C_2 = 0\ 0\ 1\ 0\ 0$ ვექტორს ვამრავლებთ C მატრიცაზე ვიღებთ $C_3 = 0\ 0\ 0\ 1\ 0$ ვექტორს, რომელიც აღწერს სიტუაციას, რომელიც განხილავს 2 ნაბიჯის შემდეგ და ა.შ. ე.ი. თუ ჩვენ გვაქვს ცოდნის ბაზაში C მატრიცა, ჩვენ შეგვიძლია ავადმყოფის მდგომარეობის პროგნოზირება 1,2,...,n ნაბიჯის შემდეგ.



სურ. 4

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

სურ. 5

მიზეზ-შედეგობრივი ქსელის წვეროები არის აქტივიზირებული, თუ დარღვევები, რომლებიც მათში აღნიშნულია შეესაბამება დარღვევებს, რომლებიც აღმოჩენილია პროგნოზირებად სისტემაში. ამასთან რკალები, რომლებიც გამოდიან აქტივიზირებული წვეროებიდან, შეიძლება გადაიკვეთონ რომელიღაც წვეროებში. რკალების, რომლებიც გამოდიან აქტივიზირებული წვეროებიდან და იკვეთებიან d_i წვეროში, ჯამური რიცხვი, ახასიათებს d_i წვეროს წონას. ეს წვერო ახასიათებს კონკრეტულ ავადმყოფს და იცვლება სხვა ავადმყოფის გამოკვლევისას.

წვერო, რომელსაც აქვს მაქსიმალური წონა იძლევა ყველაზე ალბათურ პროგნოზს. მატრიცული წარმოდგენისას იჯამება იმ სვეტებში სტრიქონების ელემენტების მნიშვნელობა, რომლებიც მდებარეობენ აქტივიზირებული წვეროების ქვეშ. დარღვევა c_i , რომელიც შეესაბამება ამ ჯამის მაქსიმალურ მნიშვნელობას წარმოადგენს ყველაზე ალბათურ პროგნოზს. კერძოდ, შეიძლება იყოს რამოდენიმე ასეთი შედეგი. აღსანიშნავია, რომ მოდალური დამოკიდებულებები “შესაძლო მიზეზი”, “შესაძლო შედეგი”, და აგრეთვე დამოკიდებულებები “ხელს უწყობს” და “იწვევს გართულებას”, ვიხილავთ როგორც მიზეზ – შედეგობრივ დამოკიდებულებას.

აღსანიშნავია, რომ პრაქტიკულად გვიხდება ისეთ სიტუაციებთან შეჯახება, როცა სისტემის კომპონენტების მდგომარეობა დაკავშირებულია ერთმანეთთან არამკაფიო დამოკიდებულებებით. ამ შემთხვევაში დამოკიდებულებას მიეწერება წონითი კოეფიციენტები μ_i რომლებიც შეიძლება იყონ განხილული როგორც რწმუნებულობის ხარისხი. ასე, მაგალითად, დამოკიდებულებისთვის ”შესაძლო შედეგი”, კოეფიციენტი μ_i აღნიშნავს რწმუნებულობის ხარისხს იმისა, რომ მდგომარეობათა დარღვევა S_j არის შესაძლო შედეგი S_i მდგომარეობათა დარღვევის. წონითი

კოეფიციენტები აიღება $[0,1]$ შუალედიდან. მიზეზ-შედეგობრივ ქსელზე რწმუნებულობის კოეფიციენტები მიეწერება ყოველ რკალს. აქტივიზირებული წვეროებიდან გამოსულ და d_i წვეროში გადაკვეთილ რკალებს მიწერილი რწმუნებულობის კოეფიციენტების ჯამი გვაძლევს d_i წვეროს წონას. წვერო, რომელმაც მიიღო მაქსიმალური წონა იძლევა ყველაზე ალბათურ პროგნოზს.

ტრანზიტული ჩართვის ოპერაციების შესრულებისას ყველა ოპერაციები ტარდება ისე როგორც ეს არის მიღებული არამკაფიო სიმრავლეების თეორიაში. მატრიცული წარმოდგენისას ნულ-ერთიანის მატრიცის მაგივრად გვაქვს მატრიცა, რომლის ელემენტები წარმოადგენენ μ_i რწმუნებულობის ხარისხს. პროგნოზირებისთვის იჯამება იმ სვეტების სტრიქონების ელემენტების რწმუნებულობის ხარისხი, რომლებიც იმყოფებიან აქტივიზირებული წვეროების სახელების ქვეშ. დარღვევა C_i , რომელიც შეესაბამება ამ ჯამის მაქსიმალურ მნიშვნელობას წარმოადგენს ყველაზე ალბათურ პროგნოზს. კერძოდ, შეიძლება იყოს რამოდენიმე ასეთი შედეგი. ამ შემთხვევაში უპრუნდებით საწყის მდგომარეობას და ვაფართოვებთ მონაცემთა რაოდენობას ავადმყოფის დამატებითი გამოკვლევის ჩატარების გზით. ახალი მონაცემების მიღების საფუძველზე ვიღებთ ახალ მატრიცას და ამ მატრიცის მეშვეობით ვატარებთ ზემოთ მოყვანილ ოპერაციას მანმადე, სანამ არაცალსახობა არ იქნება გადაჭრილი. წარუმატებლობის შემთხვევაში, არაცალსახობის გადაჭრა უნდა ხდებოდეს სპეციალისტის დახმარებით.

ალბათური ქსელები და მარკოვის ჯაჭვები

ზემოთ განხილული დეტერმინირებული სისტემები აგებულია იმ ვარაუდით, რომ მდგომარეობიდან მდგომარეობაში გადასვლებს აქვს დეტერმინირებული ხასიათი და ნებისმიერი მდგომარეობიდან შესაძლებელია გადასვლა ზუსტად განსაზღვრულ ერთადერთ მდგომარეობაში. ასეთი სიტუაცია იშვიათად თანხვედრა რეალობასთან. ეს განსაკუთრებით ეხება ბიოსამედიცინო სისტემებს, სადაც გადასვლები მდგომარეობიდან მდგომარეობაში, როგორც წესი, წინასწარ ძნელია ზუსტად განსაზღვროთ. ყოველი მოვლენის დასასრული დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორთან, რომლის განსაზღვრა შეუძლებელია. პროცესს გააჩნია შემთხვევითი ხასიათი და გადასვლები მდგომარეობიდან მდგომარეობაში არის ალბათური ხასიათის.

მოვლენების ასეთი მიმდევრობა წარმოადგენს სტოქასტურ პროცესს. განვიხილოთ ალბათური მიზეზ-შედეგობრივი ქსელები, რომლებიც აღწერენ შემდეგი თვისებების მქონე სისტემას: სისტემას აქვს შესაძლო მდგომარეობათა $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ სიმრავლე; სისტემა დროის ყოველ მომენტში შეიძლება იყოს ერთ-ერთ მდგომარეობაში და გადადის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში დროის $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots$ დისკრეტულ მომენტებში. ყოველი ასეთი გადასვლა არის პროცესის ნაბიჯი. S_i მდგომარეობიდან S_j მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობა დამოკიდებულია მხოლოდ S_i მდგომარეობაზე. P_{ij} ალბათობები წარმოადგენენ i მდგომარეობიდან j მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობებს. $0 < P_{ij} < 1$ ყველა i და j მდგომარეობისთვის. ყოველი სტრიქონის ელემენტთა ჯამი

უდრის ერთს
$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$
 სტოქასტური პროცესი ჩამოთვლილი თვისებებით

წარმოადგენს მარკოვის პროცესს (მარკოვის ჯაჭვს) /5, 6/.

სრული ალბათური სურათი, რომელიც განსაზღვრავს მარკოვის ჯაჭვის გადასვლას მდგომარეობიდან მდგომარეობაში მოიცემა გადასვლის ალბათობების მატრიცით P (სურნ). P მატრიცა, რომელიც აკმაყოფილებს ამ თვისებებს ეწოდება სტოქასტური მატრიცა. ამ მატრიცის ყოველი სტრიქონი წარმოადგენს ალბათურ ვექტორს $P^{(1)}$, რომელიც იძლევა გადასვლის ალბათობებს ფიქსირებული მდგომარეობიდან S_i ნებისმიერ შესაძლო მდგომარეობაში S_j ერთ ნაბიჯში. მარკოვის ჯაჭვების თეორიის შესაბამისად ალბათური ვექტორი $P^{(n)}$, რომელიც იძლევა გადასვლის ალბათობებს ნებისმიერ მდგომარეობაში n ნაბიჯში გამოითვლება ფორმულით $p^{(n)} = p^{(n-1)} \cdot P$. მაშასადამე ვექტორი $p^{(n)}$ მიიღება $p^{(n-1)}$ ვექტორისგან წრფივი გარდაქმნის მეშვეობით, რომელიც შედგება მისი გამრავლებით P მატრიცაზე. იგივე გარდაქმნის მეშვეობით ვიღებთ $p^{(n-1)}$ ვექტორს და ა.შ. მაშასადამე თუ ვიცით საწყისი ალბათური განაწილება შეიძლება განვახორციელოთ მდგომარეობის ალბათური განაწილება 2, 3, ...n ნაბიჯის შემდეგ. ვინაიდან $p^{(n)} = p^{(n-1)} \cdot P$ შეგვიძლია დავწეროთ: $p^{(1)} = p^{(0)} \cdot P$, $p^{(2)} = p^{(1)} \cdot P = p^{(0)} \cdot P^2$, $p^{(3)} = p^{(2)} \cdot P = p^{(0)} \cdot P^3$ და ა.შ. ზოგად შემთხვევაში ალბათური ვექტორი $P^{(n)}$, რომელიც იძლევა გადასვლის ალბათობებს ნებისმიერ მდგომარეობაში n ნაბიჯში გამოითვლება ფორმულით $p^{(n)} = p^{(0)} \cdot P^n$.

$$P = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_n \end{matrix} & \left(\begin{matrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

სურ. 6

ცოდნის წარმოდგენა მიზეზ-შედეგობრივი ქსელების მეშვეობით საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ მატრიცები და ახლებულად მივედგეთ ცოდნის ბაზის შემუშავებას. მატრიცების მეშვეობით შესაძლებელი ხდება განვსაზღვროთ მსჯელობის პროცესის ფორმალიზაცია. ამასთან დასკვნის გამოყვანა დაიყვანება ალგებრული ოპერაციების ჩატარებაზე ვექტორებზე და მატრიცებზე. საბოლოო დასკვნა შეესაბამება მდგომარეობას, რომელსაც აქვს მაქსიმალური ალბათობა.

მიზეზ-შედეგობრივი ცოდნის მოდელი სამედიცინო პროგნოზირების ინტელექტუალურ სისტემაში

В. Радзиевский

რეზიუმე

განიხილება ცოდნის მოდელის აგების ამოცანა პროგნოზირების ინტელექტუალური სისტემებისთვის. ნაჩვენებია, რომ ამ სახის სისტემებისთვის ხელსაყრელია მიზეზ – შედეგობრივი ქსელების გამოყენება. განსაზღვრულია ალბათური მიზეზ – შედეგობრივი ქსელების ცნება. ქსელების მეშვეობით შესაძლებელია ცოდნის წარმოდგენა სტოქასტური პათოლოგიური პროცესების შესახებ დაავადებულ ორგანიზმში. ამასთან სტოქასტური პროცესი ამა თუ იმ მიახლოებით ვთვლით მარკოვის პროცესად. შეთავაზებულია ცოდნის წარმოდგენის მეთოდი დეტერმინირებული და სტოქასტური მატრიცების მეშვეობით. მატრიცული წარმოდგენის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ლოგიკური დასკვნის აგების პროცესი დავიყვანოთ ვექტორებზე და მატრიცებზე, ალგებრული ოპერაციების ჩატარებაზე.

AUSE-EFFECT MODEL OF KNOWLEDGE IN INTELLECTUAL SYSTEMS OF MEDICAL FORECASTING

V. RADZIEVSKI

Summary

A problem of constructing a model of knowledge for intellectual systems is considered in the work. It is shown that the application of cause-effect network for such systems is the most suitable. A notion of the probabilistic cause-effect network is defined. Such networks are capable to represent knowledge about stochastic pathological processes in a sick organism. Pathological process as a Markov stochastic process is also considered. The method presenting determinate and probabilistic systems as common (determinate) and stochastic matrices, correspondingly, is proposed. The application of the matrix allows to reduce a process of the construction of logical deductions, to vectors and matrix algebraic operations.

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МЕДИЦИНСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В.С. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Рассматривается задача построения модели знаний для интеллектуальных систем прогнозирования. Показано, что для систем упомянутого типа удобным является использование причинно-следственных

сетей. Определено понятие вероятностных причинно-следственных сетей, способных представлять знания о стохастических патологических процессах в больном организме. При этом патологический стохастический процесс в некотором приближении считаем марковским. Предложен метод представления знаний в виде обычных (детерминированных) и стохастических матриц. Использование матричных представлений позволяет процесс построения логических умозаключений, свести к алгебраическим операциям над векторами и матрицами.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Радзиевский. В.С. О представлении некоторых аспектов медицинских знаний и их использовании в задачах диагностики. Труды Института Кибернетики АН ГССР, т.1, Тбилиси, 1977, стр.571 – 580.
2. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯაღიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. სამედიცინო დიაგნოსტიკების არაფორმალიზებული ამოცანის გადაწყვეტა კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მაგალითზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2013 წ. გვ. 157-162.
3. Радзиевский В.С. Компьютерный анализ процессов развития в задаче прогнозирования состояния сложных систем საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2001 წ. გვ. 201 – 208.
4. Хант Э. Искусственный интеллект, Мир, Москва 1978.
5. Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику. Издательство иностранной литературы, Москва, 1963.
6. Беллман Р. Введение в теорию матриц. Главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1969.

МЕТОД ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

dradzievski@gmail.com

В работах [2, 3] было предложено решение задачи медицинской диагностики методом причинно-следственного анализа, базирующегося на знаниях о соотношениях между симптомами и заболеваниями. В настоящей работе предложена программная реализация решения этой задачи осуществлённой на примере диагностики желудочно-кишечных заболеваний.

Как было сказано в работе [2], каждое заболевание характеризуется набором присущих ему симптомов. Так например, аллергический гастрит характеризуется такими симптомами как головокружение, головная боль, беспокойство, приступообразная боль в области желудка, рвота на коже мелкая сыпь и т.д. имеются специфические симптомы хронического гастрита и других разновидностей желудочно-кишечных заболеваний. Набор симптомов и болезней можно представить в виде таблицы. При этом симптомы задаются множеством $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, заболевания – множеством $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, а соотношения между симптомами и заболеваниями – множеством C_{ij} . Причём C_{ij} принимают значения 1 или 0 в зависимости от того связан или нет симптом x_i с заболеванием A_j .

C_{ij}	x_1	x_2	...	x_n
A_1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1n}
A_2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2n}
...
A_m	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mn}

Рис. 1

Разработанная программа представляет собой экспертную систему предназначенную для диагностики желудочно-кишечных заболеваний. Экспертная система это компьютерная система, использующая знания специалиста-эксперта и способная частично заменить его в разрешении проблемной ситуации. В данном случае – проблемная ситуация это заболевание, которое надо диагностировать исходя из имеющихся симптомов. Такие задачи решаются человеком-врачом на основе его знаний, опыта и интуиции. Автоматизация этой сферы приводит к созданию экспертных систем, способных приобретать, хранить знания полученные от специалистов и использовать их при решении поставленных задач. Подобная компьютерная система способна обрабатывать большой объём информации за короткое время, помогая врачу не упустить из вида те или иные симптомы заболевания, необходимые для постановки более точного диагноза и предписания наиболее эффективного лечения.

Процесс диагностирования производится в два этапа. На первом этапе предлагается выделить основные симптомы заболевания из предлагаемого списка. В результате ставится приблизительный диагноз с вероятностными коэффициентами для каждого из предполагаемых заболеваний. На втором этапе, на основании полученного на первом этапе вероятностного заключения о заболеваниях, выдаётся список симптомов, присущих только этим заболеваниям. Исходя уже из выбранных симптомов делается более точное заключение о заболевании.

В своей работе программа использует базу данных в которой хранится информация о заболеваниях A_j , соответствующих им симптомах x_i и вероятностных коэффициентах связи симптомов и заболеваний C_{ij} . Программа реализована в виде пакета, состоящего из трёх отдельных программ – административной программы, основной программы и вызывающего модуля.

Задача административной программы – наполнение базы данных. На рис. 2 приведён снимок экрана работающей административной части программы. В верхней её части имеются поля ввода для симптомов заболевания, самого заболевания и коэффициента связи C_{ij} . В нижней части находится сама база данных с панелью инструментов, с помощью которых можно быстро

ექსპერტული სისტემა

კუჭის დაავადებების დიაგნოსტიკა

ადმინისტრატორი

ჩანაწერის ნომერი
1

სიმპტომები
თავის ტკივილი

დაავადებები
ალერგიული გასტრიტი

ფაქტორი
1

პირველი ჩანაწერი

წინა ჩანაწერი

შემდეგი ჩანაწერი

ბოლო ჩანაწერი

დამატებითი ჩანაწერი

წაშალეთ ჩანაწერი

ჩანაწერის რედაქტირება

გაგზავნა ჩანაწერი

გაუქმება ჩანაწერი

განახლება ჩანაწერი

ჩანაწერის ნომერი	სიმპტომები	დაავადებები	ფაქტორი
1	თავის ტკივილი	ალერგიული გასტრიტი	1
2	მოუსვენრობა	ალერგიული გასტრიტი	1
3	ტკივილის შეტევები კუჭის არეში	ალერგიული გასტრიტი	1
4	ღებინება	ალერგიული გასტრიტი	1
5	გამონაყარი კანზე	ალერგიული გასტრიტი	1
6	თაგბრუსხვევა	ალერგიული გასტრიტი	1
7	მცავე ბოყინი	ალერგიული გასტრიტი	0
8	მუცლის გაბერვა	ალერგიული გასტრიტი	0
9	მშვიერი ტკივილები	ალერგიული გასტრიტი	0
10	ფაღარათი	ალერგიული გასტრიტი	0
11	შეკრულობა	ალერგიული გასტრიტი	0
12	ცული გუნება	ალერგიული გასტრიტი	0
13	დისკაპსიური მოვლენ	ალერგიული გასტრიტი	0
14	კუჭის სეკრეტორული ფუნქციის დაკლება	ალერგიული გასტრიტი	0
15	ტკივილები სიმნელეები კლაპის ღროს	ალერგიული გასტრიტი	0
16	ნერწყვდენა	ალერგიული გასტრიტი	0
17	ღებინება ლორწით და სისხლით	ალერგიული გასტრიტი	0
18	ტკივილი კუჭის არეში	ალერგიული გასტრიტი	0
19	ბოყინი ჰაერით	ალერგიული გასტრიტი	0
20	გულისრევა	ალერგიული გასტრიტი	0
21	უმაღობა	ალერგიული გასტრიტი	0
22	კუჭში სიმარის გრანობა	ალერგიული გასტრიტი	0
23	მოწუნუნ ტკივილი კუჭის არეში ჭამის შემდეგ	ალერგიული გასტრიტი	0
24	მცავე ბოყინი კუჭის მცავე შემადგენლობით	ალერგიული გასტრიტი	0
25	სუნი პირიდან	ალერგიული გასტრიტი	0
26	მეტეორიზმი	ალერგიული გასტრიტი	0
27	ბოყინი	ალერგიული გასტრიტი	0

Рис. 2

обратиться к первой или последней записи базы данных, предыдущей или следующей, добавить запись в базу данных или удалить запись из базы данных, редактировать запись и обновить базу данных введенными либо отредактированными значениями.

Основная часть программы выполняет задачу диагностики заболеваний, используя созданную в административной части программы базу данных.

На рис. 3 показан снимок экрана первого окна основной части программы. Пользователю предоставляется возможность выбрать из списка симптомы, соответствующие ощущениям пациента. Этот список соответствует симптомам для различных форм гастрита. Выбор осуществляется выставлением флажков (checkboxes) в соответствующих полях. Выбрать можно как один (как показано на рисунке), так и несколько симптомов. По завершении выбора пользователь нажимает кнопку “შერჩეულია” и выбранные значения попадают во второй список, находящийся справа от полного списка симптомов. Справа от этих двух списков жирным шрифтом отображается диагноз с весовым коэффициентом, а ниже обычным шрифтом отображается список всех симптомов, характерных для этого заболевания. Пользователь может ознакомиться с этими симптомами и проверить их наличие у пациента. Ответ пользователем может быть дан либо сразу, либо после дополнительного обследования пациента.

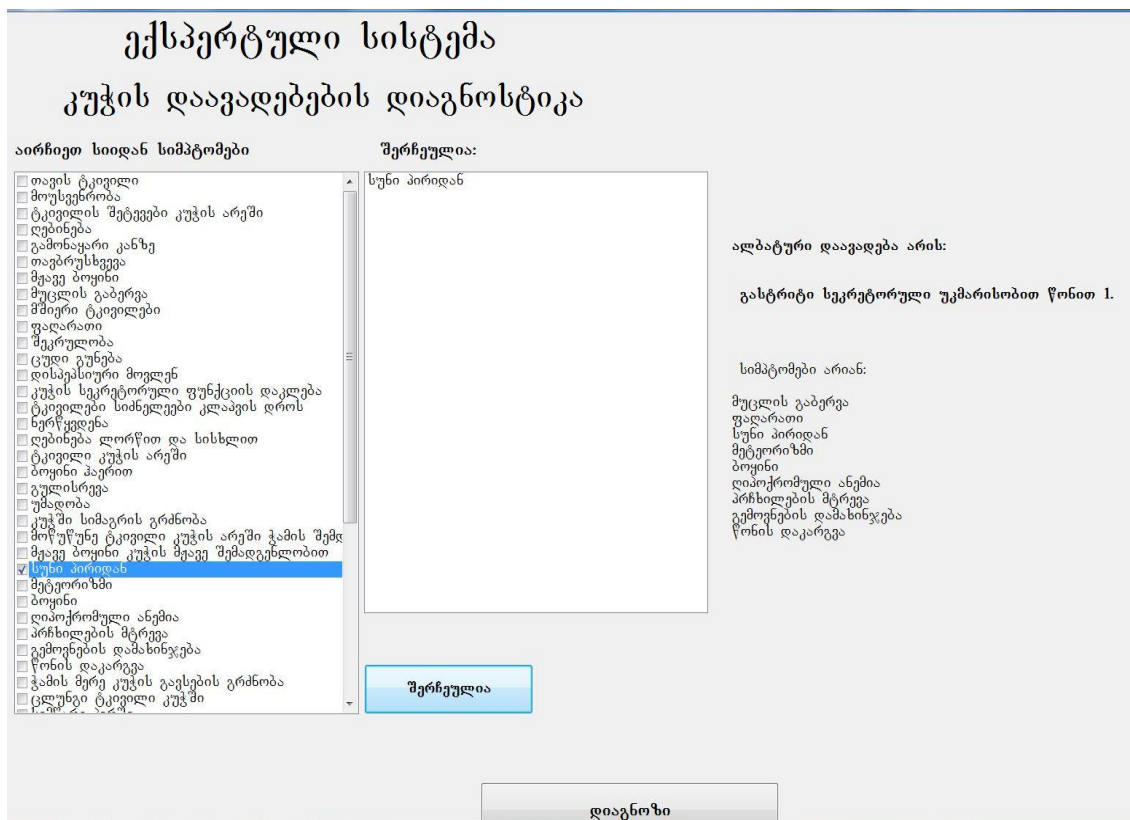


Рис. 3

Для продолжения работы программы пользователь нажимает кнопку “დიაგნოზი”. По её нажатии открывается второе окно программы, снимок экрана которого приводится на рис. 4. Это окно аналогично первому. Но в основном списке (слева) отображаются симптомы, которые были отображены в первом окне программы (рис. 3) и связанные с вероятностными диагнозами,

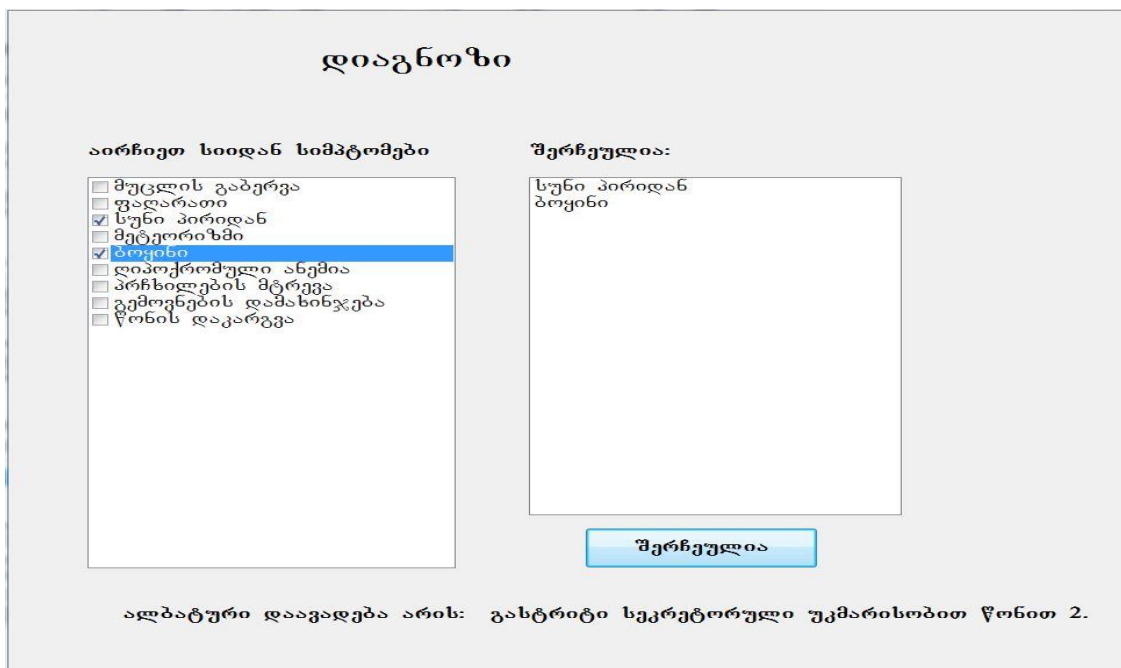


Рис. 4

полученными в этой части программы. Пользователь должен установить флажки напротив тех симптомов, которые были выявлены в результате повторного дополнительного обследования. Выбор пользователя завершается нажатием кнопки “შერჩეულია”. После этого на экране отображается уточнённый диагноз пациента.

Важно то, что разработанная программа может быть легко преобразована для нужд различных медицинских отраслей, и может включать в себя очень большое количество данных – симптомов и соответствующих им заболеваний. Количество уточнений диагнозов также может быть изменено в зависимости от поставленной задачи. Таким образом, разработанная система может иметь применение в различных областях медицины, особенно в тех, где количество симптомов очень велико и, следовательно, их анализ для человека чрезвычайно трудоёмок.

Программа реализована на языке C++ в виде C++ класса. C++ класс позволяет оперировать некой структурой, состоящей из функций и данных. Это позволяет сформировать некий объект определённого предназначения. В данном случае в программе формируется объект для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Для формирования такого объекта предназначен C++ класс diagnostic. В состав класса входят функции, отвечающие за инициализацию объекта (создание необходимых массивов, переменных и т.д.), выполнения задачи основного диагностирования и обратной задачи – уточнение диагноза. Помимо этого, программа использует базу данных Paradox.

Программа была разработана и протестирована при помощи системы CodeGear™ C++Builder® Version 11.0.2709.7128 Copyright © 2007 CodeGear™

მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის მეთოდი სამედიცინო დიაგნოსტიკების ექსპერტულ სისტემაში

დ. რადიევსკი

რეზიუმე

განიხილება ექსპერტული სისტემის აგება სამედიცინო დიაგნოსტიკების ამოცანის გადასაწყვეტად. ამოცანის ამოხსნა ხორციელდება კუჭ-ნაწლავების დაავადებათა მაგალითზე. აღწერილია მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზის მეთოდი, რომელიც იყო გამოყენებული ამოცანის ამოხსნისას. მოყვანილია პროგრამის აღწერა. პროგრამა შესდგება ადმინისტრაციული მოდულისგან, ძირითადი მოდულისგან და ადმინისტრაციული და ძირითადი პროგრამის გამოძახების მოდულისგან. განიმარტება თითოეული პროგრამული მოდულის მუშაობა და დანიშნულება. განიხილება სისტემის პროგრამული რეალიზაცია და მოყვანილია მისი მუშაობის აღწერა. აღწერილებით აღწერილია პროგრამის მუშაობა მომხმარებლის თვალსაზრისით. აღწერილია პროგრამის აგებულება C++კლასის და მონაცემთა ბაზის გამოყენებით დიაგნოსტიკების ამოცანის ამოხსნისათვის.

METHOD OF THE CAUSE-EFFECT ANALYSIS IN EXPERT SYSTEM OF MEDICAL DIAGNOSTICS

D. RADZIEVSKI

Summary

Creation of expert system for the solution of a problem of medical diagnostics is considered in the work. The solution of the task is performed for the example of gastrointestinal diseases. The method of the cause-and-effect analysis that was used in the task solution is described. The description of the program operation is provided. The program consists of the administrative module, the main module and the module of the program of calls of the administrative and main program. Purpose and operation of each program module is explained. Program realization of system is considered and the description of its work is provided. Work of the program from the point of view of the user is described in detail. Creation of the program with use of C ++ class and a database management system is described.

**МЕТОД ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ
МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Рассматривается построение экспертной системы для решения задачи медицинской диагностики. Решение задачи осуществляется на примере желудочно-кишечных заболеваний. Описан метод причинно-следственного анализа, который использовался для её решения. Приводится описание работы программы. Программа состоит из административного модуля, основного модуля и модуля программы вызовов административной и основной программы. Поясняется назначение и работа каждого программного модуля. Рассмотрена программная реализация системы и приводится описание её работы. Подробно описана работа программы с точки зрения пользователя. Описано построение программы с использованием C++ класса и системы управления базами данных.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Радзиевский Д. Система причинного анализа состояния наблюдаемого объекта на примере анализа экологической информации. Сборник трудов Института Систем управления Арчила Элиашвили Грузинского Технического университета. №17. Тбилиси 2013 г., стр. 175 – 179.
2. რადიევსკი ვ., მიქელაძე მ., ჯაღიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. სამედიცინო დიაგნოსტიკების არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტა კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მაგალითზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №17. თბილისი, 2013 წ. გვ. 157–162.
3. რადიევსკი ვ. მიზეზ-შედეგობრივი ცოდნის მოდელის სამედიცინო პროგნოზირების ინტელექტუალურ სისტემებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №18. თბილისი, 2014 წ.

ᄡᄡᄢᄢᄡᄡ

MEMORY

ПАМЯТЬ

ნოდარ ჯიბლაძე



ქართულმა სამეცნიერო და საინჟინრო საზოგადოებამ დიდი დანაკლისი განიცადა. გარდაიცვალა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილი წევრი, ღვაწლმოსილი მკვლევარი და ინჟინერინოდარ ჯიბლაძე.

ბატონმა ნოდარ ჯიბლაძემ საინტერესო შემოქმედებითი ცხოვრების გზა განვლო. იგი დაიბადა 1942 წლის 20 თებერვალს ბათუმში. საშუალო სკოლის წარმატებით დამთავრებისთანავე, 1959

წელს ჩაირიცხა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფაკულტეტზე, რომელიც წარჩინებით დაამთავრა 1964 წელს. 1965 წელს ჩაირიცხა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (დღეს მართვის სისტემების) ინსტიტუტის ასპირანტურაში, სპეციალობით ტექნიკური კიბერნეტიკა. ასპირანტურაში სწავლის პერიოდში იგი მუშაობდა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კიბერნეტიკის პრობლემური ლაბორატორიის გამოთვლითი მანქანების განყოფილების ინჟინრად.

1969-1971 წლებში ბატონი ნოდარი გახლდათ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტის უმცროსი მეცნიერი თანამშრომელი. 1971-1991 წლებში მუშაობდა სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება “მიონ“-ში, ინტეგრალური სქემების კომპიუტერული დაპროექტების სისტემების დამუშავების ლაბორატორიის გამგედ და შემდგომ განყოფილების უფროსად. 2002 წლიდან გახლდათ სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის ოპტიმალური მართვის პრობლემების განყოფილების წამყვანი მეცნიერი თანამშრომელი, განყოფილების ხელმძღვანელი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი. 1991 წლიდან მან თავისი პროფესიული მოღვაწეობა პარალელურად დაუკავშირა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს. ბატონი ნოდარი სულ მალე გახდა ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დოცენტი (1991), პროფესორი (1999), მართვის სისტემებისა და ავტომატიზაციის კათედრის გამგე (2004), სრული პროფესორი (2006).

ბატონი ნოდარი 130-ზე მეტი სამეცნიერო პუბლიკაციის ავტორია, მათ შორის 6 მონოგრაფიისა. მისმა ფუნდამენტურმა გამოკვლევებმა სამეცნიერო წრეებში ფართო აღიარება მოიპოვა. იგი მონაწილეობდა მრავალ საერთაშორისო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებში. მის სამეცნიერო ავტორიტეტზე მეტყველებს ის ფაქტიც, რომ არჩეული იყო საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილ წევრად. მისი უშუალო სამეცნიერო ხელმძღვანელობით დაცულია 10-ზე მეტი სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაცია.

1986 წელს მიენიჭა საქართველოს სახელმწიფო პრემიის ლაურეატის წოდება მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში. 2012 წელს დაჯილდოვდა ტექნიკური უნივერსიტეტის საპატიო სიგელით, 2013 წელს მიენიჭა ღირსების ორდენი.

ბატონი ნოდარი გახლდათ ჩინებული მეუღლე, მამა და ბაბუა. თავისი ქრისტიანული ცხოვრების წესით სამაგალითო იყო გარშემომყოფთათვის.

წავიდა ჩვენგან უაღრესად კეთილშობილი, ქვეყნისა და ხალხისთვის თავდადებული ღირსეული მამულიშვილი. მან ისე იცხოვრა, რომ ყველგან და ყველასთან დიდი სიყვარულისა და სიკეთის კვალი დატოვა. მას სიცოცხლის უკანასკნელ წუთამდე არ დაუკარგავს სულიერი სიმსხვევე და სიმშვიდე. ბატონი ნოდარის სახელი დიდხანს დარჩება ქართული საზოგადოებისა და მისი მეგობრების მესხიერებაში. მას არასოდეს დაივიწყებენ ინსტიტუტის თანამშრომლები..

ნათელი დაუმკვიდროს უფალმა ნოდარ ჯიბლაძის სულს ზეციურ საქართველოში.

ვილჰელმ (ვილი) მაისურაძე



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომლებს უდროოდ გამოაკლდა მაღალკვალიფიციური მეცნიერი და ერუდირებული მკვლევარი ვილჰელმ (ვილი) მაისურაძე.

ვილჰელმ მაისურაძე დაიბადა 1947 წელს ონის რაიონის სოფელ წედისში. 1961 წელს შვიდწლედის დამთავრების შემდეგ სწავლა გააგრძელა ქ. სოსუმის შოთა რუსთაველის I საშუალო სკოლაში, რომლის დამთავრების შემდეგ, 1966-69 წლებში, იხდოდა სამხედრო მოვალეობას. 1969 წელს ჩაირიცხა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კიბერნეტიკისა და გამოყენებითი მათემატიკის ფაკულტეტზე, რომელიც წარჩინებით დაამთავრა 1974 წელს და განაწილებით დაიწყო მუშაობა სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება

“ელვა“-ში მათემატიკური უზრუნველყოფის განყოფილებაში.

1977 წლიდან ბატონი ვილჰელმ მაისურაძე მუშაობდა მართვის სისტემების ინსტიტუტში სხვადასხვა თანამდებობებზე. 2006 წლიდან გარდაცვალებამდე იყო ინსტიტუტის ოპტიმალური მართვის პრობლემების განყოფილების ხელმძღვანელი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი. იგი წლების განმავლობაში ამ განყოფილების სამეცნიერო საქმიანობის ორგანიზატორი და პასუხისმგებელი შესრულებული იყო.

1998 წელს აკადემიკოს მინდია საღუქვაძის ხელმძღვანელობით თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის უნივერსიტეტში დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე “არასკალარული ოპტიმიზაცია დალაგებულ სივრცეებში” და მიიღო ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი.

ბატონ ვილჰელმ მაისურაძის სამეცნიერო ინტერესების სფერო მოიცავდა ფუნქციონალურ ანალიზს, ამოხსნეკილ და არამოხსნეკილ ანალიზს, ოპტიმალური მართვის თეორიას, მათემატიკურ თამაშთა თეორიას, არასკალარული ოპტიმიზაციის თეორიას, პროგრამირების ენებსა და რიცხვით მეთოდებს. მას გამოქვეყნებული აქვს 55 სამეცნიერო ნაშრომი და სამი მონოგრაფია. ბატონ ვილი აქტიურად მონაწილეობდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებში.

ვილჰელმ მაისურაძე იყო საქართველოს მათემატიკოსთა საზოგადოების წევრი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი.

ბატონ ვილჰელმ მაისურაძეს 1999 წლიდან გარდაცვალებამდე თბილისის წმ. გრიგოლ ფერაძის ჰუმანიტარულ-ეკონომიკურ უნივერსიტეტში დაკავებული ჰქონდა დოცენტის თანამდებობა, 2006-2007 წლებში იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი.

ვილჰელმ მაისურაძე კოლეგებისა და სპეციალისტების დამსახურებული ყურადღებით და სიყვარულით სარგებლობდა, არ ეპუებოდა ცხოვრებისეულ თუ მეცნიერულ სირთულეებს და წარმატებით სძლედა მათ.

მისი ოჯახის წევრები – მეუღლე მანანა, რუსული ენის პედაგოგი, ვაჟები: თამაზი, და თემური, მუდამ მოიგონებენ მას, როგორც მზრუნველ და მოსიყვარულე მეუღლესა და მამას. მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომლებისა და კოლეგების მეხსიერებაში იგი სამუდამოდ დარჩება, როგორც მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტი, გაწონასწორებული, ვაჟაკური, დინჯი, უკონფლიქტო, იუმორის მქონე მოსაუბრე, ყველასათვის მისაღები კეთილშობილი პიროვნება.

ედიშერ ჩიქოვანი



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომელთა რიგებს გამოაკლდა საინჟინრო-ტექნიკური განყოფილების უფროსი, ინსტიტუტის პროფკავშირული ორგანიზაციის ხელმძღვანელი, ღვაწლმოსილი თანამშრომელი ედიშერ ჩიქოვანი.

ბატონი ედიშერი დაიბადა 1943 წლის 12 თებერვალს ქ. თბილისში. 1966 წელს, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მექანიკა-მათემატიკის ფაკულტეტის დამთავრებისთანავე, მუშაობა დაიწყო მართვის სისტემების ინსტიტუტის (მაშინდელი ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტი) ავტომატური მართვისა და რეგულირების

განყოფილებაში უმცროს მეცნიერ თანამშრომლად. 1972 წლიდან იგი სამეცნიერო მოღვაწეობას ეწეოდა ოპტიმალური მართვის სისტემების განყოფილებაში, 1983 წლიდან კი ოპტიმიზაციის მეთოდების განყოფილებაში მუშაობდა ჯგუფის ხელმძღვანელად.

1986 წლიდან ედიშერ ჩიქოვანი მუშაობდა გამოთვლითი სამუშაოების განყოფილებაში წამყვან ინჟინრად, სადაც ემსახურებოდა ახალი გამოთვლელი მანქანის (EC1055) ექსპლუატაციას. იმ დროისთვის ასეთი მანქანა ერთ-ერთი პირველი (თუ არა ერთადერთი) იყო თბილისში და ამის გამო მისი მომსახურება ადვილი არ გახლდათ. მან ამ საქმეს მისთვის ჩვეული საქმისადმი სერიოზული და პროფესიონალური დამოკიდებულებით ადვილად გაართვა თავი. 1995 წლიდან, როდესაც ახალი თაობის პერსონალური კომპიუტერები გაჩნდა, ბატონი ედიშერი მუშაობდა მეცნიერ-თანამშრომლად ოპტიმალური მართვის სისტემების განყოფილებაში.

2007 წლიდან გარდაცვალებამდე ედიშერ ჩიქოვანი ხელმძღვანელობდა საინჟინრო-ტექნიკურ განყოფილებას.

წლების განმავლობაში, როდესაც ბატონი ედიშერი ხელმძღვანელობდა მართვის სისტემების ინსტიტუტის პროფკავშირულ ორგანიზაციას, მისთვის ჩვეული სიტბოთი და გულისხმიერებით შეძლებისდაგვარად ეხმარებოდა და გვერდში ედგა ყველა თანამშრომელს.

ედიშერ ჩიქოვანი იყო პრინციპული, პასუხისმგებლობის გრძნობით სავსე, საქმის ერთგული, გულისხმიერი ადამიანი. ის ყოველთვის პირნათლად ასრულებდა მასზე დაკისრებულ მოვალეობებს.

ბატონი ედიშერი იყო კარგი მეუღლე, მზრუნველი მამა, ერთგული მეგობარი და მოსიყვარულე ბაბუა. იგი ძალიან დააკლდება ინსტიტუტს. მისი სახელი დიდხანს დარჩება თანამშრომლებისა და კოლეგების სსოვნაში. მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომლები მუდამ დიდი სიტბოთი და სიყვარულით გაისვენებენ ედიშერ ჩიქოვანს.